

Neuroscienze della volontà e della decisione

Filippo Tempia

English title Neuroscience of will and decision making

Abstract In the last decades neuroscience began to study the brain mechanisms of conscious decision making. The results regarding voluntary movements have shown the activation of a cerebral area before the subject becomes aware of his/her own will to act. This finding led to paradoxical conclusions, like the denial of any causal role of consciousness and of the freedom of the will. Such interpretation is questioned by the fact that perceived time is a mental construction and not a faithful report of reality; that the experimental paradigm used in these studies is not adequate to allow a really free decision; that the cerebral area involved is not the first one to become active, but it is preceded by a neural encoding of the required task. A better paradigm of conscious decision making is constituted by moral judgments, for which recent neuropsychological and functional imaging studies have shown a primary role of emotions. However, in moral decision making, emotion laden intuitions are integrated with rational thinking by processes to which the subject has only partial conscious access. The judgment that derives from such integration can be consciously reassessed until a different decision is made. It is proposed that the mind-brain causal relationship should be replaced by considering that the global ignition that involves most brain areas is simultaneous to the mental experience: it consists in an immense neuronal network that is active and synchronized, and which constitutes a common workspace, in which all aspects processed in different areas are shared. It is such an ensemble of active and synchronized cerebral areas which is conscious, and conscious decisions are taken by these areas when they are in such a conscious functional state. It is proposed that the mind/matter dualism should be overcome, so that the conscious neuronal network constituted by the shared workspace unified by global ignition and by neural signal synchronization should be considered. The mystery of the nature of consciousness present inside this material structure when it is in such functional state remains unsolved.

Keywords conscious decision making, voluntary movement, moral judgment, cerebral areas, mind/brain dualism, global ignition

1. Introduzione

Le neuroscienze negli ultimi due decenni hanno iniziato ad affrontare la tematica delle basi cerebrali di vari tipi di comportamento in cui la volontà gioca un ruolo centrale. Gli atti volontari comprendono comportamenti come le azioni motorie intenzionali e decisioni coscienti come i giudizi morali e i comportamenti che ne conseguono. Gli approcci sperimentali e le metodologie utilizzate per gli studi neuroscientifici dei movimenti volontari presentano importanti differenze rispetto a quelli usati per comprendere i meccanismi cerebrali delle decisioni e dei giudizi. Inizieremo a considerare il primo aspetto che è stato indagato storicamente, quello del movimento volontario, che ha fornito risultati paradossali, che hanno portato alla negazione del libero arbitrio. Nella seconda parte di questo contributo vedremo lo stato attuale delle conoscenze neuroscientifiche sui giudizi morali e il ruolo svolto dalla volontà rispetto a meccanismi non coscienti.

2. L'attivazione cerebrale nel movimento volontario

Il concetto di partenza degli esperimenti sull'attivazione cerebrale che precede e causa il movimento volontario era che la volontà del soggetto, evento mentale, avesse un effetto causale sulla materia cerebrale. In altre parole, la decisione del soggetto di compiere un movimento si doveva trasformare in un segnale nervoso in grado di dare inizio all'esecuzione dell'azione voluta. I primi esperimenti sono stati compiuti dal gruppo di ricerca di Hans H. Kornhuber, che indentificò per la prima volta l'area di corteccia cerebrale che per prima iniziava ad attivarsi per generare i segnali nervosi necessari per compiere il movimento.¹

¹ H.H. Kornhuber, L. Deecke, "Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale", in «Pflügers Archiv», 284, 1965, pp. 1-17.

Kornhuber utilizzò come tecnica di misurazione dell'attività cerebrale l'elettroencefalogramma (EEG), una metodica che possiede una notevole precisione temporale. Il tipo di movimento volontario scelto da Kornhuber era in realtà un'azione molto semplice, come la flessione del polso o di un dito. Il soggetto poteva eseguire tale movimento a proprio piacimento, senza essere influenzato da segnali esterni. In queste condizioni, il comando motorio poteva solo partire dall'intenzione interna del soggetto. Rispetto al tempo zero d'inizio del movimento, Kornhuber trovò un'attivazione cerebrale che lo precedeva sistematicamente, a cui diede il nome di *Bereitschaftspotential* (potenziale elettrico di preparazione o di prontezza, tradotto in inglese con *readiness potential*). La localizzazione di tale potenziale elettrico era presso il vertice del cranio, centrato nella regione attualmente nota come "area supplementare motoria". La conclusione fu che, per iniziare un movimento, la volontà agiva su tale area producendo i segnali nervosi alla base del *Bereitschaftspotential*. Fin qui nulla di sorprendente, se non fosse per il fatto che il *Bereitschaftspotential* iniziava quasi un secondo prima del movimento (in media circa 0,8 secondi). Questo anticipo così accentuato non era previsto, perché un intervallo di tempo di tale lunghezza dovrebbe dare la netta sensazione di un ritardo tra la consapevolezza della volontà di agire rispetto al movimento che ne deriva.

Solo quasi vent'anni più tardi un altro neuroscienziato, il ricercatore statunitense Benjamin Libet, inventò un sistema per situare nella scala del tempo l'evento mentale della consapevolezza della volontà di agire.² Il soggetto doveva seguire con lo sguardo un punto luminoso che ruotava in uno schermo, come se fosse la punta della lancetta di un orologio. Doveva semplicemente memorizzare la posizione del punto luminoso nell'istante in cui decideva di compiere il movimento. Il risultato fu molto diverso da qualsiasi previsione: la presa di coscienza di voler agire avveniva appena 0,2 secondi prima del movimento! Invece l'attivazione cerebrale avveniva in molti casi circa 0,8 secondi prima, e nei casi in cui il soggetto riferiva di aver deciso istantaneamente e aver eseguito il movimento senza esitazione, 0,55 secondi prima. Quindi l'area

² B. Libet, C.A. Gleason, E.W. Wright, D.K. Pearl, "Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential). The unconscious initiation of a freely voluntary act", in «Brain», 106, 1983, pp. 623-642.

supplementare motoria si attiva e dà inizio ai segnali motori almeno un terzo di secondo (0,35 secondi o più) prima che il soggetto sia cosciente di voler compiere il movimento. Questa attivazione cerebrale “inconscia” sarebbe la vera responsabile del movimento. La presa di coscienza di aver voluto il movimento avviene in un secondo tempo, quando i segnali nervosi sono già in stato molto avanzato e nel giro di 0,2 secondi si tradurranno nell’azione vera e propria.

Questo risultato portò molti a concludere che tutte le decisioni che attribuiamo alla nostra volontà vengono in realtà prese dal cervello. La sensazione di essere dei soggetti liberi e capaci di agire in base alla propria volontà non sarebbe altro che una percezione generata da un’appropriata area cerebrale, che ci illude di essere noi i padroni delle nostre azioni (si veda per esempio Wegner³). Si tratterebbe di un inganno generato dal cervello in modo simile a una sensazione tattile o visiva o dolorifica. In quest’ottica non esisterebbe libertà nell’universo, e tutte le azioni umane sarebbero una conseguenza dell’attività della materia cerebrale, che a sua volta non può far altro che seguire le leggi della fisica. In questa prospettiva, una conoscenza completa della situazione fisica del cervello in un certo istante permetterebbe di ricavare tutti i segnali cerebrali successivi, comprese tutte le azioni che illusoriamente percepiamo come libere e volontarie. In realtà, tutto quel che faremo e penseremo è previsto e predestinato dallo stato iniziale del cervello e dalle leggi della fisica della materia. Se si accetta questa interpretazione dei risultati, la volontà non è altro che una sensazione senza alcun effetto. Lo stesso si può dire di qualsiasi altro evento mentale.

Questa paradossale temporizzazione dell’attivazione cerebrale rispetto alla presa di coscienza della volontà di agire è stata confermata da numerosi laboratori. Uno studio piuttosto recente, che ha aumentato ulteriormente lo iato tra l’attivazione cerebrale e la coscienza di voler agire, è stato eseguito dal gruppo di ricerca di John-Dylan Haynes.⁴ In questo caso veniva utilizzata la tecnica delle immagini ricavate con la

³ D.M. Wegner, *The illusion of conscious will*, Bradford Books (MIT Press), Cambridge, Massachusetts 2002.

⁴ C.S. Soon, M. Brass, H.J. Heinze, J.D. Haynes, “Unconscious determinants of free decisions in the human brain”, in «Nature Neuroscience», 11, 2008, pp. 543-545.

risonanza magnetica funzionale (fMRI: functional Magnetic Resonance Imaging) e il segnale veniva elaborato mediante algoritmi che permettevano di decodificare diversi aspetti dell'attività cerebrale. La temporizzazione della volontà veniva ottenuta presentando su uno schermo due consonanti al secondo, quindi con una precisione di mezzo secondo. La volontà di iniziare il movimento veniva avvertita circa un secondo prima dell'azione, mentre l'attivazione cerebrale era decodificabile già cinque secondi prima dell'inizio del movimento. Come è possibile che per quattro lunghi secondi il soggetto non sia consapevole della decisione motoria già presa?

Attualmente la maggioranza degli studiosi ritiene che questi risultati dimostrino che non siamo soggetti liberi e che la nostra volontà è un epifenomeno dell'attività cerebrale, privo di efficacia causale. Tuttavia esistono vari tipi di critiche alle conclusioni che negano la libertà della volontà e dell'azione. Una di queste, parte dal concetto che la stessa percezione del tempo è un costrutto mentale generato dal nostro cervello non in modo fedele alla realtà, ma modificato e adattato alla necessità del momento.⁵ Il risultato di questa distorsione della percezione temporale è una maggiore coerenza della nostra immagine di noi stessi e del mondo. La temporizzazione della volontà, comunque venga eseguita, porrà l'istante della presa di coscienza nella scala temporale distorta generata dal cervello. È logico pensare che, al fine di rendere la nostra percezione della realtà più coerente, l'istante della volontà venga posto vicino all'inizio dell'azione, in modo da suscitare la naturale impressione dell'immediata esecuzione della decisione motoria. Questa distorsione percettiva è presente anche in tutti i sistemi sensoriali, col fine di aumentare l'acuità, il contrasto, il rapporto segnale-rumore, di evitare la percezione di aree prive di segnale grazie all'interpolazione dei dati mancanti. È un dato ormai accettato da tutti i ricercatori nel campo

⁵ B. Libet, *Mind time. The temporal factor in consciousness*, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts 2004; trad. it. di P.D. Napolitani, *Mind time*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2007, pp. 141-144. P. Haggard, S. Clark, J. Kalogera, "Voluntary action and conscious awareness", in «Nature Neuroscience», 5, 2002, pp. 382-385. F. Tempia, "Decisioni libere e giudizi morali: la mente conta", in M. De Caro, A. Lavazza, G. Sartori (a cura di), *Siamo davvero liberi? Le neuroscienze e il mistero del libero arbitrio*, Codice Edizioni, Torino 2010, pp. 87-108.

delle neuroscienze che la percezione sensoriale è una rappresentazione mentale non fedele alla realtà, ma costruita in modo da ottimizzare la sua utilità ai fini di ricavare informazioni dall'ambiente in cui viviamo e di poterle utilizzare per muoversi e agire al suo interno.

La critica, a mio parere, più importante alle interpretazioni dei risultati di Libet e di Haynes che negano la libertà della volontà umana, parte dalla considerazione del tipo di azione analizzata in questi studi. Analizzando gli esperimenti di Libet e di Haynes, si può constatare che in realtà sono composti da diverse fasi. La prima fase è quella in cui lo sperimentatore illustra al soggetto il compito che dovrà svolgere, ossia di rimanere inizialmente fermo e a riposo e da questa situazione iniziale generare un determinato movimento (escludendo tutte le altre possibili azioni). Tale movimento può essere generato a piacimento, quando il soggetto decide autonomamente di eseguirlo. Allo stesso tempo il soggetto dovrà osservare e tenere a mente la posizione del punto luminoso ruotante nello schermo o la consonante proiettata nell'istante in cui decide di agire. Le condizioni sperimentali sono dunque molto restrittive, e il movimento "volontario" deve partire senza una reale necessità se non l'istruzione ricevuta inizialmente dallo sperimentatore. La seconda fase è l'accettazione del soggetto di eseguire le istruzioni ricevute, che fa seguito a un'accettazione precedente di prender parte allo studio. La terza fase è quella su cui è normalmente focalizzata tutta l'attenzione: l'esecuzione del movimento richiesto. L'unica libertà lasciata al soggetto in realtà è la sola decisione di "quando" compiere l'azione. Ma tale "quando" è completamente privo di significato e non implica alcuna conseguenza per il soggetto. Considerare un paradigma siffatto come rappresentativo di una decisione libera è quantomeno un volo pindarico.

Tuttavia c'è un altro aspetto di cui bisogna tenere conto. Il fatto che le istruzioni memorizzate nella prima fase e accettate nella seconda hanno portato a un'attivazione cerebrale che permane durante tutto l'esperimento. Esiste un tipo di memoria, detta "memoria di lavoro" che mantiene le informazioni per il tempo necessario affinché vengano utilizzate per vari compiti mentali.⁶ Per esempio un concetto può esse-

⁶ A.D. Baddeley, G.J. Hitch, "Working memory", in G.S. Bower (a cura di), *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*, Academic Press, New York, 1974, pp. 47-89.

re tenuto nella memoria di lavoro in modo da poter essere manipolato per cercare la soluzione di un problema (per esempio nei giochi di carte e nel gioco degli scacchi). Altre funzioni che richiedono la memoria di lavoro sono il pensiero astratto, il ragionamento, il giudizio, il prendere decisioni e la comprensione del linguaggio. Nel nostro caso l'istruzione deve essere mantenuta nella memoria di lavoro finché non venga eseguita e il compito sia terminato. Infatti, registrazioni da singoli neuroni cerebrali in scimmie hanno dimostrato che nelle aree prefrontali implicate nella memoria di lavoro alcuni neuroni si attivano quando il soggetto riceve l'istruzione sul compito da svolgere, e rimangono attivi durante tutto l'intervallo di tempo in cui devono rimanere in attesa del segnale di "via" che indica l'istante in cui il compito deve essere eseguito.⁷ L'attività di tali neuroni codifica il compito che deve essere portato a termine. Recentemente questa attività neuronale persistente, alla base della memoria di lavoro, è stata registrata anche in soggetti umani, che dovevano essere sottoposti a un intervento neurochirurgico.⁸ Quindi non si può affermare, come solitamente viene fatto, che il potenziale di preparazione è la prima attivazione cerebrale che precede il movimento volontario. Infatti, alcuni neuroni erano attivi già prima dell'insorgenza del potenziale di preparazione, codificando con la loro attività l'istruzione che doveva essere eseguita.

Questo concetto s'inserisce nel filone molto più ampio dei meccanismi che influenzano le decisioni in base alle esperienze precedenti. Infatti, ogni esperienza che viviamo corrisponde a uno specifico schema di attivazione dei neuroni cerebrali. L'esperienza viene memorizzata da un cambiamento dei neuroni interessati, formando il cosiddetto "engramma". In realtà non è solo ciò che esperiamo coscientemente a modificare i neuroni e a essere depositato in un engramma, ma anche segnali e aspetti della situazione che non raggiungono il livello di co-

⁷ J.M. Fuster, "Unit activity in prefrontal cortex during delayed-response performance: Neuronal correlates of transient memory", in «J. Neurophysiol.», 36, 1973, pp. 61-78.

⁸ J. Kamiński, S. Sullivan, J.M. Chung, I.B. Ross, A.N. Mamelak, U. Rutishauser, "Persistently active neurons in human medial frontal and medial temporal lobe support working memory", in «Nat. Neurosci.», 20, 2017, pp. 590-601.

scienza. Un filone di pensiero⁹ considera come determinanti ultimi di ogni decisione tutta la storia precedente del cervello e il contesto in cui il compito si svolge. Si tenga presente che gran parte dei segnali nervosi che entrano in gioco nella decisione non arriva a livello di coscienza, quindi le decisioni sarebbero quasi completamente determinate da fattori non consci. Questa visione considera le decisioni “libere” umane come completamente determinate dallo stato funzionale del cervello a sua volta determinato dallo stato cerebrale precedente. In una versione meno rigorosa, la coscienza e gli elementi non consci non determinano ma comunque condizionano la decisione. Siamo di nuovo al limite tra determinismo e negazione del libero arbitrio rispetto alla possibilità di efficacia causale della nostra volontà e delle nostre decisioni coscienti.

3. L'attivazione cerebrale correlata con l'esperienza cosciente

In definitiva, la presenza di potenziali cerebrali precedenti all'intenzione cosciente del singolo atto motorio semplice, come negli esperimenti di Kornhuber e di Haynes, sono inconclusivi rispetto all'efficacia causale della coscienza. Tuttavia nelle decisioni coscienti entrano in gioco una moltitudine di segnali nervosi, della maggioranza dei quali non siamo consci. È noto che anche nella semplice elaborazione dei segnali sensoriali, per esempio visivi ma non solo, il sistema nervoso analizza molti elementi della scena visiva, dei quali solo una piccola parte arriverà a livello cosciente.¹⁰ Questa analisi non cosciente non avviene solo nelle prime fasi di elaborazione dei segnali, che nel caso della visione consistono nel marcare tutti i punti del campo visivo in cui è presente un contrasto di luminosità o di colore, ma raggiungono stadi intermedi in cui viene addirittura decodificato il significato delle parole o dei numeri, senza che il soggetto si accorga ancora della loro pre-

⁹ S. Bode, C. Murawski, C.S. Soon, P. Bode, J. Stahl, P.L. Smith, “Demystifying ‘free will’: the role of contextual information and evidence accumulation for predictive brain activity”, in «Neurosci. Biobehav. Rev.», 47, 2014, pp. 636-645.

¹⁰ S. Dehaene, *Consciousness and the brain – Deciphering how the brain codes our thoughts*, Penguin Group, New York 2014.

senza.¹¹ Alla fine di questo processo solo l'aspetto su cui è concentrata l'attenzione diventa cosciente. Studiando l'attivazione cerebrale nei casi in cui la percezione cosciente si verificava, rispetto a quelli in cui lo stimolo non arrivava a livello di coscienza, è stato possibile riconoscere quattro caratteristiche specifiche della risposta cerebrale collegata alla coscienza: 1) un'improvvisa amplificazione dell'attività nervosa delle aree cerebrali che elaborano il segnale dello stimolo, associata a un'immediata accensione di ampie aree prefrontali e parietali; 2) la comparsa di una particolare onda di potenziale elettrico (onda P3) rilevabile con l'elettroencefalogramma; 3) un'esplosione di oscillazioni di voltaggio ad alta frequenza; 4) una sincronizzazione dell'attività elettrica di molte aree cerebrali anche distanti, formando un sorta di rete globale di attività.¹² È interessante notare che tale accensione globale si verificava con circa un terzo di secondo di ritardo dalla presentazione dello stimolo visivo. È per questo motivo che immagini mostrate per tempi inferiori a questo e seguite da un'interferenza che arresta l'elaborazione cerebrale, vengono processate esclusivamente in modo non conscio. Quindi, un tipo molto semplice di decisione cosciente, come riportare se un determinato oggetto mostrato un istante prima è stato visto o no, è associato a una speciale attivazione cerebrale, in questo caso simultanea all'esperienza cosciente.

Nel momento in cui scatta l'accensione globale di attività con la sincronizzazione di aree vastissime di corteccia cerebrale, la coscienza che ne deriva è allo stesso tempo unitaria e differenziata.¹³ Unitaria perché la rete di attività sincronizzata è estesa globalmente a tutte le aree di corteccia cerebrale che stanno elaborando i segnali su cui è focalizzata l'attenzione. Questo fenomeno cerebrale fornisce una spiegazione per il paradosso dell'elaborazione in aree ben distinte della corteccia, mentre la percezione che ne deriva non è frammentata ma unitaria. Infatti, se prendiamo come esempio la visione, la forma di un oggetto, il suo colore, la sua posizione nell'ambiente e il suo movimento sono analizzati in aree cerebrali separate. Tuttavia la percezione cosciente che ne deriva è unitaria, per esempio un'automobile rossa alla nostra destra che si

¹¹ *Ibidem.*

¹² *Ibidem.*

¹³ *Ibidem.*

sta rapidamente avvicinando a noi mentre attraversiamo la strada. La rete globale di attività corticale è costituita da una miriade di neuroni, ma la loro attività è legata reciprocamente, quindi formano una rete funzionale in cui lo scambio reciproco di segnali nervosi ne amplifica il livello di attivazione. Tale rete globale di attività è quindi uno stato funzionale unitario, come unitaria è la percezione cosciente. È interessante notare che tale accensione globale coinvolge sempre anche il lobo frontale, che non ha funzioni sensoriali, ma di pianificazione ed esecuzione delle azioni e dei pensieri. Tuttavia, il fatto che l'attivazione sia globale non significa che sia indiscriminata. Infatti non tutti i neuroni delle aree cerebrali coinvolte sono attivi allo stesso modo, anzi alcuni diminuiscono il loro grado di attività. È come se il contrasto tra i neuroni attivi e quelli inattivi scolpisse uno specifico *pattern* di attività, corrispondente alla specifica esperienza cosciente a cui è associato.

Una volta che un oggetto su cui è focalizzata l'attenzione entra nello spazio di lavoro della coscienza, questo diviene un'esperienza cosciente che il soggetto può utilizzare per selezionare un'azione, per prevedere gli sviluppi futuri della situazione, per combinarla con altre precedenti e seguenti al fine di arrivare alla soluzione di un problema. In altre parole, ciò che diventa esperienza cosciente viene condiviso nell'intero spazio globale della corteccia cerebrale e può essere utilizzato dal soggetto per qualunque tipo di compito.¹⁴ Per questo motivo la coscienza è da considerarsi un elemento potentissimo per guidare i pensieri e le azioni. Questi dati sono in contrasto con le conclusioni degli esperimenti di Libet e Haynes, che analizzavano un comportamento in cui la decisione cosciente era irrilevante.

4. L'attivazione cerebrale durante le decisioni morali

Per studiare un esempio di decisione cosciente ci si deve dunque rivolgere a situazioni in cui i tempi sono più dilatati, in modo che la coscienza abbia modo di elaborare i dati e arrivare a una conclusione. Un ottimo modello sperimentale è costituito dai giudizi morali, in cui il

¹⁴ *Ibidem.*

soggetto prende coscienza di una situazione di forte conflitto tra fattori pro e contro una decisione difficile. Il tempo a disposizione per arrivare a formulare un giudizio morale è di vari minuti, e permette un'elaborazione cosciente degli elementi in gioco.

Il dibattito filosofico sulle decisioni morali è stato incentrato per secoli sulla dicotomia ragione/emozione. Da un lato filosofi come Immanuel Kant hanno sostenuto che la ragione debba prevalere nelle decisioni morali. In questo filone, la tradizione razionalista considerava il giudizio morale come un prodotto del ragionamento razionale esplicito basato su principi espressi verbalmente.¹⁵ Sul versante opposto filosofi come David Hume,¹⁶ sostenevano che i giudizi morali sono delle reazioni istintive che scaturiscono dall'emozione scatenata dalla situazione.

4.1. Il ruolo dell'emozione

Le neuroscienze negli ultimi decenni hanno fornito una grande mole di dati a favore del ruolo centrale delle emozioni e delle reazioni istintive nelle decisioni morali. Questa tesi è sostenuta dai risultati di neuropsicologia di Antonio Damasio e dai dati di psicologia morale di Jonathan Haidt. Una dimostrazione scientifica di un'azione causale delle emozioni nei giudizi morali non si può basare sulla semplice osservazione dell'attivazione di aree cerebrali deputate all'analisi delle emozioni stesse. Infatti, il fatto che un'area cerebrale si attivi mentre il soggetto analizza un dilemma morale non dimostra che tale attività abbia un'influenza sull'esito del giudizio. Potrebbe trattarsi di un'attivazione associata agli esiti del ragionamento morale. Per evitare questo problema, Damasio decise di valutare i deficit di giudizio morale in pazienti con un danno a un'area corticale implicata nell'analisi delle emozioni. Inizialmente analizzò il cranio di un paziente, Phineas Gage, che nel 1848 subì una lesione traumatica dei lobi frontali dell'encefalo. Clinicamente Phineas Gage presentava capacità razionali intatte ma mostrava un grave deficit nell'uso delle emozioni per alcune decisioni

¹⁵ L. Kohlberg, *Essays on Moral Development, vol. 1: The philosophy of moral development*, Harper & Row, San Francisco 1981.

¹⁶ D. Hume, *A treatise of human nature*, John Noon, London 1739-1740; D. Hume, *An enquiry concerning the principles of morals*, A. Millar, London 1751.

di comportamento sociale. Studi recenti hanno dimostrato che il danno cerebrale di Phineas Gage era localizzato alla corteccia prefrontale ventro-mediale¹⁷ (VMPFC). In uno studio esteso a più soggetti analizzati direttamente, il laboratorio di Damasio ha dimostrato che, in alcuni dilemmi morali, i pazienti con una lesione di VMPFC, formulavano giudizi più utilitaristici rispetto ai soggetti di controllo.¹⁸ Tuttavia questo fenomeno era limitato alle situazioni in cui una delle opzioni scatenava un'intensa risposta emotiva, mettendo in atto una forte sensazione di repulsione emotiva dell'atto che il soggetto avrebbe dovuto immaginare di compiere. Era come se i pazienti con lesione di VMPFC non provassero tale avversione emotiva o non ne tenessero conto nei loro giudizi, che di conseguenza erano meno emotivi, più razionali e utilitaristici. Per tutti gli altri tipi di scenario morale non vi era differenza tra i pazienti e i soggetti sani. La dimostrazione che una lesione dell'area VMPFC, importante per l'analisi delle emozioni, modifica l'esito dei giudizi morali emotivamente coinvolgenti implica che alcuni elementi emotivi giocano un ruolo causale nel processo del giudizio.

La teoria del ruolo causale delle emozioni nelle decisioni morali è confermata dagli esperimenti di psicologia del gruppo di ricerca di Jonathan Haidt.¹⁹ Questo autore afferma che i giudizi morali normalmente nascono da intuizioni non coscienti. L'intuizione morale viene definita come una comparsa repentina di un giudizio morale a livello di coscienza, comprendente le valenze affettive in gioco, ma senza consapevolezza di aver percorso stadi di ricerca di prove, di aver soppesato le evidenze o di aver inferito una conclusione. Haidt introduce il principio del *primato dell'intuizione*. Tale supremazia dell'intuizione è dimo-

¹⁷ H. Damasio, T. Grabowski, R. Frank, A. M. Galaburda, A.R. Damasio, "The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient", in «Science», 264, 1994, pp. 1102-1105.

¹⁸ M. Koenigs, L. Young, R. Adolphs, D. Tranel, F. Cushman, M. Hauser, A. Damasio, "Damage to the prefrontal cortex increases utilitarian moral judgments", in «Nature», 446, 2007, pp. 908-911.

¹⁹ J. Haidt, "The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment", in «Psychological review», 108, 2001, pp. 814-834; J. Haidt, "The new synthesis in moral psychology", in «Science», 316, 2007, pp. 998-1002.

strata da una serie di osservazioni sperimentali, in cui il soggetto arrivava al giudizio morale prima di compiere una valutazione razionale. Infatti, quando Haidt chiedeva ai soggetti di giustificare la loro decisione, questi fornivano una spiegazione razionale. Ma Haidt ha potuto dimostrare in molti casi che il processo di tale spiegazione non poteva aver giocato un ruolo causale nel giudizio. La spiegazione razionale era dunque una costruzione fabbricata *post hoc* dal cervello. È sorprendente il fatto che solitamente i soggetti non si rendevano conto dell'incongruenza che rendeva impossibile la loro spiegazione del percorso seguito per giungere alla decisione finale. Haidt è riuscito a dimostrare che le reazioni affettive dei soggetti predicevano l'esito del giudizio morale molto meglio delle loro affermazioni sulle conseguenze dannose della situazione.²⁰ Con un'altra serie di esperimenti, Haidt ha dimostrato che, in seguito alla richiesta di giustificare i loro giudizi, i soggetti erano "moralmente esterrefatti" e si sbalordivano della propria incapacità di trovare delle ragioni a sostegno della propria decisione.²¹

In accordo con il primato dell'intuizione nei giudizi morali, Haidt ha dimostrato che l'intuizione morale è realmente permeata e fortemente influenzata dalle emozioni, senza che il soggetto ne sia cosciente. In uno dei suoi esperimenti, Haidt evocava un'emozione di disgusto mediante la presenza di odori sgradevoli. L'emozione di disgusto causava una maggiore severità nei giudizi delle azioni altrui.²² In un altro esperimento veniva utilizzata la suggestione post-ipnotica per evocare disgusto, con lo stesso risultato.²³ Haidt concluse che «il pensiero umano di alto livello è preceduto, permeato e influenzato da reazioni affettive (semplici sensazioni di attrazione o di avversione) che ci spingono

²⁰ J. Haidt, "The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment", cit.

²¹ J. Haidt, M. Hersh, "Sexual morality: The cultures and emotions of conservatives and liberals", in «Journal of Applied Social Psychology», 31, 2001, pp. 191-221.

²² S. Schnall, J. Haidt, G. L. Clore, A. H. Jordan, "Disgust as embodied moral judgment", «Personality and Social Psychology Bulletin» 34, 2008, pp. 1096-1109.

²³ T. Wheatley and J. Haidt, "Hypnotically induced disgust makes moral judgments more severe", in «Psychological science», 16, 2005, pp. 780-784.

ad avvicinarci o a evitare». ²⁴ Al contrario, «il ragionamento morale solitamente è un processo *post hoc* in cui andiamo alla ricerca di evidenze in sostegno della nostra reazione intuitiva iniziale». ²⁵ Sembra quindi che le decisioni morali nascano in modo istintivo senza controllo della ragione, ma dominate da spinte emotive di cui il soggetto non è cosciente. In questo scenario non ci sarebbe posto per la libertà dell'io del soggetto, perché le decisioni avverrebbero in modo forzato in base ai segnali cerebrali affettivo/emotivi.

Tuttavia, Haidt stesso afferma che il primato dell'intuizione è sì una spinta a decidere in una determinata direzione, ma non è una dittatura, perché «le reazioni affettive spingono in una determinata direzione, ma non forzano in modo assoluto». ²⁶ Propone tre meccanismi, che ci possono permettere di correggere le nostre reazioni intuitive immediate:

1. il ragionamento verbale cosciente, soppesando i costi e i benefici delle possibili decisioni: questo viene utilizzato molto raramente, in casi in cui c'è un conflitto tra le intuizioni iniziali; in questo caso una disamina cosciente del problema ci può evocare delle intuizioni differenti, e in questo modo il giudizio procede con ripetuti cicli di ragionamento e intuizione; questo processo è utilizzato raramente;
2. reinquadrare la situazione e vederla da una nuova prospettiva o con nuove conseguenze; anche in questo caso una nuova disamina della situazione può evocare un secondo *flash* di intuizione diverso dal primo; anche questo processo è utilizzato raramente;
3. parlare con persone che sollevano nuove argomentazioni, che ci possono evocare nuovi *flash* di intuizione seguiti da vari generi di ragionamento (questa è l'unica via utilizzata frequentemente in base al modello di Haidt); secondo quest'ultimo meccanismo, il cambiamento di giudizio morale deriva dall'interazione sociale.

²⁴ J. Haidt, "The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment", cit., p. 998.

²⁵ *Ibidem*.

²⁶ Ivi, p. 999.

A partire da queste conclusioni, Haidt propone il “*modello intuizionista sociale*”.²⁷ Questo modello, oltre al principio del primato dell'intuizione, contiene altri nuovi principi, come le idee che la morale sia utile per vivere in una società e per creare una coesione sociale costruttiva. Inoltre, Haidt riconosce cinque fondamenti della morale. Due di questi erano da tempo considerati alla base della giustizia e della morale: il primo è il principio di non nuocere ma far del bene agli altri; il secondo è il comportarsi in modo onesto e giusto, e di ricambiare i favori o i torti subiti. Nei suoi studi di paragone di diverse culture, Haidt trova che questi sono i due valori maggiormente sentiti dalle persone colte delle civiltà occidentali (soprattutto Stati Uniti), che possiedono un dominio morale più limitato. Considerando le culture di tutto il mondo, Haidt riconosce altri tre importanti fondamenti della morale: 1. la lealtà al proprio gruppo sociale; 2. il riconoscimento dell'autorità, che porta al rispetto e all'obbedienza; 3. la purezza corporale e spirituale, che corrisponde a condurre una vita di santità anziché carnale. Tuttavia, anche nelle società occidentali, si trovano persone che attingono al completo spettro dei cinque fondamenti. Si tratta soprattutto delle persone religiose e degli individui più tradizionalisti.²⁸

4.2. Il rapporto emozioni/razionalità nei giudizi morali

L'incapacità dei pazienti con lesione di vmPFC di utilizzare le emozioni nelle decisioni morali porta a ipotizzare che l'attivazione di quest'area cerebrale dovrebbe portare a scelte morali guidate dagli aspetti emotivi. Nell'ultimo decennio vari laboratori hanno studiato le aree cerebrali che si attivano durante le decisioni morali. Lo schema sperimentale tipico consiste nella presentazione di un dilemma morale, ovvero di uno scenario in cui esiste un conflitto tra fattori contrastanti, in modo da rendere difficile la decisione morale. Mediante la tecnica fMRI, durante la ponderazione degli elementi in gioco viene registrato il grado di attivazione cerebrale, in modo da mappare le aree in cui si verifica un cambiamento di attività rispetto alla condizione basale di controllo.

²⁷ J. Haidt, “The new synthesis in moral psychology”, cit.

²⁸ Ivi.

Il gruppo di ricerca di Joshua Greene utilizzò dei dilemmi che permettevano di distinguere il ruolo degli elementi emotivi rispetto a quelli razionali.²⁹ In accordo con l'ipotesi che l'area VMPFC fosse coinvolta nella valutazione degli elementi emozionali, si osservava una sua maggiore attivazione nei casi che comportavano un maggiore coinvolgimento emotivo personale e in cui la decisione era in accordo con l'emozione suscitata dallo scenario. Al contrario, nelle decisioni morali particolarmente difficili, in cui il soggetto pensava a lungo prima di scegliere la soluzione che riteneva più giusta, si osservava una maggiore attivazione dell'area dorso-laterale della corteccia pre-frontale (DLPFC), coinvolta nel pensiero razionale. In questi casi il giudizio era dettato da una logica utilitaristica che portava a massimizzare il beneficio e a ridurre al minimo il danno. Greene concluse che l'attivazione di VMPFC era associata ai giudizi guidati da risposte emotivo-sociali (giudizi personali), mentre DLPFC si attivava nei casi di giudizi utilitaristici che dipendono da fattori cognitivi (giudizi impersonali). In base a questi risultati Greene e collaboratori proposero che l'esito della decisione morale dipendesse dalla competizione tra aree cerebrali emotive (VMPFC) e aree cognitive (DLPFC). Si tratta di una concezione meccanicistica, che non tiene conto del contenuto degli elementi emotivi e razionali né del decorso del ragionamento, ma semplicemente della loro natura, che recluterebbe o l'area emotiva (VMPFC) o quella razionale (DLPFC). A seconda dell'area maggiormente attivata il giudizio sarebbe emotivo o razionale.

Questa teoria della competizione tra aree cerebrali è stata smentita da osservazioni sperimentali successive. In un test denominato *ultimatum game*, che comporta un forte coinvolgimento emotivo, i pazienti con lesione di VMPFC, anziché comportarsi in modo più distaccato e utilitaristico, mostravano un maggiore coinvolgimento emotivo.³⁰ Nell'*ultimatum game* due giocatori si devono dividere una somma di denaro: il proponente offre una parte di soldi all'altro giocatore, che

²⁹ J.D. Greene, L.E. Nystrom, A.D. Engell, J.M. Darley, J.D. Cohen, "The neural basis of cognitive conflict and control in moral judgment", in «Neuron», 44, 2004, pp. 389-400.

³⁰ M. Koenigs, D. Tranel, "Irrational economic decision-making after ventromedial prefrontal damage: evidence from the Ultimatum Game", in «Journal of Neuroscience», 27, 2007, pp. 951-956.

può solo accettare o rifiutare l'offerta. In quest'ultimo caso, entrambi i giocatori non ottengono nulla. Le offerte troppo basse vengono solitamente rifiutate, perché sono percepite come ingiuste e quindi evocano una reazione emotiva negativa. In realtà, qualunque rifiuto è una scelta irrazionale, perché impedisce al soggetto di ricevere la pur piccola somma che viene offerta. Il rifiuto è spiegabile solo assumendo una reazione emotiva che scatena il desiderio istintivo di punire l'avversario ritenuto eccessivamente iniquo. I pazienti con lesione di VMPFC hanno un tasso di rifiuto più alto rispetto ai soggetti di controllo e si comportano quindi in modo più irrazionale ed emotivo, che è l'esatto contrario di quanto previsto in assenza dell'area che media le decisioni emotive.

Un altro esperimento che contraddice l'ipotesi della competizione tra aree è stato eseguito utilizzando la tecnica della stimolazione magnetica transcranica, che permette di inattivare selettivamente un'area cerebrale. Durante inattivazione funzionale di DLPFC le decisioni dovrebbero diventare meno razionali; al contrario, in questa condizione sperimentale i soggetti accettavano più facilmente offerte intenzionalmente ingiuste, scegliendo quindi una soluzione più razionale.³¹

È quindi chiaro che le decisioni morali non nascono semplicemente dalla competizione tra aree emotive e razionali, ma da un processo più complesso. In accordo con questa concezione più articolata, il gruppo di ricerca di Jorge Moll ha posto in rilievo il fatto che il contrasto tra decisioni comportamentali non può essere diviso in scelte cognitive ed emotive.³² Infatti, in realtà, la competizione che si presenta nei dilemmi morali avviene all'interno di alternative ognuna delle quali possiede un contenuto misto emotivo-cognitivo. Un esempio di dilemma più vicino alla realtà è il seguente:³³ «Devo scegliere di uccidere un innocente per

³¹ D. Knoch, A. Pascual-Leone, K. Meyer, V. Treyer, E. Fehr, "Diminishing reciprocal fairness by disrupting the right prefrontal cortex", in «Science», 314, 2006, pp. 829-832.

³² J. Moll, R. Zahn, R. de Oliveira-Souza, F. Krueger, J. Grafman, "Opinion: the neural basis of human moral cognition", in «Nature Reviews Neuroscience», 6, 2005, pp. 799-809.

³³ J. Moll, R. de Oliveira-Souza, R. Zahn, "The neural basis of moral cognition: sentiments, concepts, and values", in «Annals of the New York Academy of sciences», 1124, 2008, pp. 161-180.

salvare altre cinque vite e avere per sempre il rimorso di essere un assassino, o devo scegliere di astenermi da tale azione ed essere responsabile d'aver consentito la morte di altre cinque persone, commettendo in tal modo un terribile atto di omissione?» In entrambe le alternative è in gioco una valutazione razionale e allo stesso tempo è presente una considerazione che scatena una forte reazione emotiva. Di conseguenza, le scelte razionali o puramente cognitive non si possono considerare come scelte reali perché manca loro la forza della motivazione. Piuttosto, tutte le scelte moralmente rilevanti sono da considerare come complessi di associazioni emotivo-cognitive. Secondo questa concezione, la razionalità e l'emozione, anziché essere in competizione, vengono continuamente integrate nel corso delle decisioni morali. Nelle valutazioni morali entra quindi in gioco l'attività di aree cerebrali che sono correlate con il pensiero cosciente, senza che il risultato possa scaturire automaticamente da una competizione tra aree. Dunque, siamo nuovamente di fronte a un processo decisionale in cui l'attività cerebrale avviene in parallelo con il pensiero cosciente, senza che sia possibile ridurre uno di questi due elementi all'altro.

Il rapporto tra le aree cerebrali coinvolte nell'elaborazione dei fattori emotivi e cognitivi del giudizio morale è stato studiato più a fondo in una recente ricerca.³⁴ Nonostante le aree identificate non coincidano completamente con quelle degli studi precedenti, questa ricerca conferma che esistono due circuiti separati per l'analisi emotiva e per quella razionale/utilitaristica, basati il primo sulla corteccia cingolata anteriore (ACC) e il secondo sulla corteccia prefrontale dorsomediale (DMPFC). Le valutazioni effettuate grazie all'attività di queste due aree vengono integrate in un giudizio globale nell'area VMPFC. Lo studio di Hutcherson e collaboratori ha anche permesso di chiarire il ruolo dell'emozione rispetto al ragionamento. Haidt aveva proposto che l'analisi razionale fosse una costruzione *post hoc* di una decisione

³⁴ C.A. Hutcherson, L. Montaser-Kouhsari, J. Woodward, A. Rangel, "Emotional and utilitarian appraisals of moral dilemmas are encoded in separate areas and integrated in ventromedial prefrontal cortex", in «J. Neurosci.», 35, 2015, pp. 2593-12605.

morale presa in base a segnali emotivi.³⁵ In questo caso ci si aspetta che anche nelle decisioni utilitaristiche sia presente un'attivazione delle aree di valutazione emotiva, come la ACC. Al contrario, nelle decisioni utilitaristiche Hutcherson e collaboratori non vedevano attivazione del circuito coinvolto nell'analisi emotiva, ma solo di quello legato alla valutazione razionale.³⁶ Questo dimostra che la valutazione razionale avviene anche durante l'analisi della situazione e non solo in seguito, e verosimilmente gioca un ruolo importante nei giudizi morali, soprattutto nei casi di decisioni utilitaristiche. Questo è particolarmente vero nell'analisi di dilemmi in condizioni in cui il tempo a disposizione è molto esteso, come negli esperimenti di Hutcherson. Rimane comunque possibile che, in casi più semplici della vita reale, il *flash* di intuizione, permeato di contenuti emotivi, sia il fattore determinante delle decisioni morali.

5. Considerazioni conclusive

Le ricerche neuroscientifiche degli ultimi anni hanno dimostrato definitivamente che le emozioni e i ragionamenti razionali vengono integrati nel processo di valutazione che porta alla decisione morale. Tuttavia, le risposte morali sono sovente frutto di intuizioni di cui il soggetto non è consapevole. Elementi emotivi e razionali vengono analizzati in una serie di aree cerebrali, comprendenti ACC, DLPFC/DMPFC e VMPFC, mediante processi che sono solo parzialmente accessibili alla coscienza del soggetto. Tuttavia, il risultato di tale analisi non forza dittatorialmente il giudizio ma, se il soggetto ne ha la volontà, esso può essere rielaborato consapevolmente.³⁷ In alcuni casi è possibile che tale riesame dello scenario faccia cambiare radicalmente il giudizio. Quindi, la conoscenza di questi meccanismi non consci non solo

³⁵ J. Haidt, "The emotional dog and its rational tail: a social intuitionist approach to moral judgment", cit.

³⁶ C. A. Hutcherson, L. Montaser-Kouhsari, J. Woodward, A. Rangel, "Emotional and utilitarian appraisals of moral dilemmas are encoded in separate areas and integrated in ventromedial prefrontal cortex", cit.

³⁷ J. Haidt, "The new synthesis in moral psychology", cit.

non elimina la responsabilità del soggetto, ma evidenzia la possibilità e l'importanza di vagliare a fondo la validità dei giudizi che appaiono in modo intuitivo. Sapendo che sono il frutto di un'intuizione di cui non siamo coscienti, è ancora più importante vagliarne accuratamente la validità. I metodi enunciati da Haidt per riconsiderare un giudizio intuitivo sono il re-inquadramento della situazione da un nuovo punto di vista, la valutazione razionale e il dibattito con altre persone che hanno opinioni diverse dalla nostra.³⁸ In questo processo è bene non dimenticare che sarebbe disumano eliminare le emozioni. Infatti, nei casi in cui una lesione cerebrale di vmPFC impedisce una corretta integrazione degli elementi emotivi con quelli razionali, i giudizi diventano freddi e distaccati, ma non per questo umanamente più giusti.

Il punto fondamentale, comune a molte teorie sul movimento volontario e sui giudizi morali, è se l'attività mentale cosciente svolga un ruolo causale nelle decisioni umane. Dalla risposta a questa domanda dipende l'affermazione o la negazione del libero arbitrio. Abbiamo visto che i ricercatori, focalizzati sugli aspetti biologici dei processi cerebrali, tendono solitamente a negare qualunque ruolo causale alla coscienza. Nel caso dei movimenti volontari, tale negazione si basa sulla presenza di segnali cerebrali antecedenti la consapevolezza della decisione; nel caso dei giudizi morali, si basa più superficialmente sulla focalizzazione dell'attenzione dei ricercatori sulle variazioni di attività cerebrale o sugli effetti di lesioni a specifiche aree. In entrambi i casi, propongo di ripensare agli elementi in gioco nelle decisioni che consideriamo libere, alla luce dell'ipotesi che durante lo stato di coscienza l'attività mentale e quella cerebrale siano simultanee e non una il prodotto dell'altra. Questa concezione supera alcuni dei problemi posti da un'ottica dualistica, in cui mente e cervello non solo sono distinti, ma devono interagire tra di loro con rapporti di causa effetto in cui la causa precede temporalmente l'effetto. Questa concezione crea uno iato tra mente e cervello, portando facilmente a negare l'efficacia causale di uno dei due.

Grazie agli studi di Dehaene ora sappiamo che la comparsa di un elemento sensoriale a livello di coscienza è simultanea all'accensione

³⁸ *Ibidem.*

globale di ampie aree cerebrali connesse tra di loro, con un'amplificazione del *pattern* di attività neuronale e con sincronizzazione dei segnali nervosi. L'accensione globale di questa serie di aree, che costituiscono oltre metà della corteccia cerebrale, è simultanea alla coscienza sensoriale studiata da Dehaene, e costituisce uno spazio di lavoro comune in cui tutti gli aspetti elaborati in aree diverse vengono condivisi. Sarebbe sbagliato trascurare la presenza della coscienza in questa accensione globale e in questo spazio comune di lavoro. Non esiste attualmente alcuna dimostrazione valida che la coscienza sia semplicemente uno spettatore inefficace nel guidare l'attività neuronale. Al contrario, questi studi hanno rivelato il tipo di attivazione cerebrale e le aree coinvolte nella coscienza: è questo insieme di aree attive e sincronizzate a essere cosciente. Quindi le decisioni coscienti vengono prese da queste aree quando si trovano nello stato funzionale cosciente. Come molti autori prima di me, propongo di superare il dualismo mente/materia, e di ragionare in termini di rete neuronale cosciente costituita dallo spazio di lavoro unificato dall'accensione globale e dalla sincronizzazione dei segnali nervosi. Rimane dunque il mistero della natura della coscienza presente in questa struttura materiale quando è in tale stato funzionale.

Riassunto Le neuroscienze negli ultimi decenni hanno iniziato a studiare i meccanismi cerebrali delle decisioni coscienti. I risultati sul movimento volontario hanno mostrato che un'area cerebrale si attiva prima che il soggetto sia cosciente della propria volontà di agire. Questo dato ha portato a conclusioni paradossali, come la negazione di qualsiasi ruolo causale della coscienza e del libero arbitrio. Tale interpretazione è messa in discussione dal fatto che il tempo percepito è una costruzione mentale non fedele alla realtà; che il paradigma sperimentale utilizzato non permette una decisione veramente libera; che l'area cerebrale in questione non è la prima ad attivarsi ma è preceduta da una codifica del compito da svolgere. Un esempio migliore di decisione cosciente è fornito dai giudizi morali, per i quali recenti studi di neuropsicologia e di *imaging* funzionale hanno evidenziato un ruolo primario delle emozioni. Tuttavia, nelle decisioni morali, le intuizioni permeate dalle emozioni vengono integrate con il ragionamento razionale mediante processi di cui il soggetto è solo parzialmente consapevole. Il giudizio che scaturisce da tale integrazione può essere rielaborato coscientemente fino a giungere a una diversa decisione. Si propone che il concetto di rapporto causale mente-cervello debba essere superato dalla considerazione che l'accensione globale che coinvolge quasi tutte le aree cerebrali è simultanea all'esperienza cosciente: si tratta di un'immensa rete neuronale attiva e sincronizzata, che costituisce uno spazio di lavoro comune, in cui tutti gli aspetti elaborati in aree diverse vengono condivisi. È questo insieme di aree attive e sincronizzate a essere cosciente e le decisioni coscienti vengono prese da queste aree quando si trovano nello stato funzionale cosciente. Si propone di superare il dualismo mente/materia, e di ragionare in termini di rete neuronale cosciente costituita dallo spazio di lavoro unificato dall'accensione globale e dalla sincronizzazione dei segnali nervosi. Rimane il mistero della natura della coscienza presente in questa struttura materiale quando si trova in tale stato funzionale.

Parole chiave decisione cosciente, movimento volontario, giudizio morale, aree cerebrali, dualismo mente/cervello, accensione globale

Filippo Tempia Laureato in Medicina e Chirurgia e Dottore di Ricerca in Scienze Neurologiche, è Professore Ordinario di Fisiologia presso il Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Torino. Insegna nei corsi di laurea in Medicina e Chirurgia e in Biotecnologie. Ha svolto ricerche in Svizzera, Germania, Giappone e Stati Uniti. È membro del Collegio Docenti del Dottorato di Ricerca in Neuroscienze Sperimentali dell'Università di Torino. È membro del Rita Levi Montalcini Center for Brain Repair, dell'Istituto Nazionale di Neuroscienze e del Neuroscience Institute of Turin. È membro del Consiglio Scientifico del DISF (Documentazione Interdisciplinare di Scienza e Fede) e collabora con la Scuola Internazionale Superiore per la Ricerca Interdisciplinare (SISRI). Dirige un gruppo di ricerca presso il Neuroscience Institute Cavalieri Ottolenghi (NICO). Svolge ricerche su modelli di malattie neurodegenerative e psichiatriche ed è autore di pubblicazioni scientifiche in questi campi. È inoltre autore di saggi in volumi sulle basi neurofisiologiche della libertà delle azioni umane, del giudizio estetico e della morale.