

Presidenza del Consiglio dei Ministri



**NEUROSCIENZE ED ESPERIMENTI SULL'UOMO:
OSSERVAZIONI BIOETICHE**

17 dicembre 2010

PRESENTAZIONE

L'avanzamento delle conoscenze nell'ambito delle neuroscienze e delle applicazioni delle neurotecnologie consente di realizzare esperimenti sull'uomo, con bassa invasività, volti alla migliore comprensione del funzionamento del cervello e del suo rapporto con il pensiero e i comportamenti. Tali esperimenti hanno dato un contributo significativo alla discussione in ambito cognitivo, stimolato un dibattito filosofico sul libero arbitrio/responsabilità e suscitato interesse da parte dell'opinione pubblica.

Il CNB riconosce la rilevanza di tali ricerche e studi che potranno consentire una maggiore conoscenza scientifica sulle correlazioni delle aree cerebrali con i pensieri e le azioni. Nel contesto di tale riconoscimento, il Comitato evidenzia alcuni elementi di problematicità in riferimento alla attendibilità dei risultati, alla possibilità di estrapolare generalizzazioni e alla interpretazione dei risultati. In tal senso emerge la necessità di assumere un atteggiamento critico nei confronti di tali esperimenti esortando ad una comunicazione scientifica – sia da parte degli sperimentatori che dei media - che sappia mettere in luce in modo equilibrato le novità e i limiti delle applicazioni, con particolare attenzione ai pericoli del riduzionismo e determinismo neurologico.

Il CNB sottolinea la necessità che tali esperimenti siano sottoposti all'attenzione dei Comitati etici e ai requisiti etici di ogni sperimentazione (la valutazione rischi/benefici, il consenso libero e informato, preceduto da adeguata consulenza; il bilanciamento tra difesa della *privacy* ed esigenze della società).

Infine il Comitato sollecita un maggiore confronto interdisciplinare ed un adeguato dibattito pubblico - richiamato anche da documenti europei e internazionali - per aumentare la comprensione da parte dei cittadini, promuovendo una informazione scientifica critica, obiettiva e fondata.

Il documento affronta un tema specifico nell'ambito dell'ampio tema della 'neuroetica'. E' stato elaborato nell'ambito di un gruppo di lavoro sulla base di un testo predisposto dai Proff. Lorenzo d'Avack e Laura Palazzani. Hanno contribuito alla discussione e alla definitiva stesura del testo i Proff. Salvatore Amato, Adriano Bompiani, Francesco D'Agostino, Antonio Da Re, Silvio Garattini, Marianna Gensabella, Laura Guidoni, Assunta Morresi, Andrea Nicolussi.

Il documento è stato approvato a vasta maggioranza, con i voti favorevoli dei Proff. Salvatore Amato, Luisella Battaglia, Adriano Bompiani, Stefano Canestrari, Cinzia Caporale, Francesco D'Agostino, Bruno Dallapiccola, Antonio Da Re, Lorenzo d'Avack, Riccardo Di Segni, Emma Fattorini, Romano Forleo, Silvio Garattini, Marianna Gensabella, Aldo Isidori, Assunta Morresi, Andrea Nicolussi, Laura Palazzani, Vittorio Possenti, Lucetta Scaraffia, Monica Toraldo di Francia, Giancarlo Umani Ronchi. I voti contrari sono stati dei Proff. Claudia Mancina e Demetrio Neri. La Prof.ssa Grazia Zuffa si è astenuta..

Il Presidente
Prof. Francesco Paolo Casavola

DOCUMENTO

Premessa

I progressi notevoli compiuti nell'ambito delle neuroscienze sono sempre più sottoposti non solo all'attenzione dei bioeticisti ma anche dell'opinione pubblica secondo modalità a volte esasperate e grossolane. Data l'ampiezza della letteratura su questi temi a carattere fortemente specialistico ma anche di interesse per l'opinione pubblica e la velocità con cui si modifica il quadro teorico di riferimento, il CNB si limita, al momento, a proporre alcune osservazioni preliminari in merito ai rapporti tra esperimenti sull'uomo e problematiche bioetiche, riservandosi di tornare su altri temi, già in parte analizzati nel gruppo di lavoro, successivamente (potenziamento, postumano, robotica, diritto penale ecc.). Il presente documento si inserisce sulla linea di altri documenti del CNB sul tema della sperimentazione sull'uomo¹.

1. Introduzione

1.1. Avanzamento delle neuroscienze e delle neurotecnologie

L'avanzamento delle conoscenze nell'ambito della anatomia e microanatomia del sistema nervoso e della neurobiologia unitamente ai progressi tecnici nello sviluppo di metodologie e strumenti per lo studio dell'attività cerebrale umana (le c.d. tecniche diagnostiche per immagini o *neuroimaging*) hanno consentito una rapida espansione delle ricerche delle neuroscienze anche in relazione alle previste potenzialità diagnostiche e terapeutiche per la comprensione delle patologie. Ricerche e risultati in questo settore hanno suscitato grande interesse anche nel campo filosofico e bioetico, dando vita ad una ampia riflessione e discussione indicata come 'neuroetica'².

Fino a pochi decenni fa la conoscenza delle funzioni cerebrali era limitata in quanto si basava su tecniche sperimentali neurofisiologiche applicate agli animali (primati non umani e altri mammiferi) - con rilevanti problemi bioetici per la loro estrema invasività³ - mediante l'inserimento di elettrodi nella corteccia e la registrazione dell'attività neurologica in relazione all'esecuzione di alcuni compiti percettivi, motori o cognitivi. A tale metodo si è aggiunto lo studio di lesioni indotte su una determinata area cerebrale e l'analisi dei deficit comportamentali conseguenti.

Il trasferimento all'uomo delle conoscenze ottenute su modelli animali può essere solamente parziale: non può riguardare le funzioni più complesse, come

¹ *L'uso improprio del placebo*, 2010; *Il segreto nelle procedure riguardanti il sistema regolatorio dei farmaci*, 2010; *Problemi bioetici nella sperimentazione clinica con disegno di non inferiorità*, 2009; *La sperimentazione farmacologica sulle donne*, 2008; *La sperimentazione dei farmaci*, 1992.

² Va distinta la 'neuroetica applicata', che si occupa delle questioni etiche, sociali e giuridiche che possono sorgere nel momento in cui le scoperte riguardanti il cervello si riflettono e trovano applicazione nella pratica clinica, nelle politiche sociali e nel diritto, dalla 'neuroetica filosofica' che riguarda i riflessi filosofici ed antropologici di quei filoni di ricerca miranti ad indagare i fondamenti neurali del comportamento morale.

³ Si rimanda ad un precedente documento del CNB, *Metodologie alternative, comitati etici e l'obiezione di coscienza alla sperimentazione animale*, 18 dicembre 2009.

ad esempio il linguaggio, che caratterizzano il cervello umano. Uno studio più accurato delle funzioni cognitive complesse dell'uomo (ambito della neuropsicologia e delle scienze cognitive) è stato possibile mediante le conoscenze acquisite dalla stimolazione elettrica diretta della corteccia cerebrale durante interventi neurochirurgici e con il metodo della correlazione anatomico-clinica tra sede lesionata e deficit cognitivi conseguenti. L'introduzione di metodiche radiologiche di studio della struttura del cervello in-vivo ha in seguito consentito la localizzazione più precisa della sede lesionata, e ciò ha fatto avanzare - indirettamente - anche lo studio della attività mentale e psicologica. Nonostante questi sviluppi radiologici, lo studio neurologico del cervello umano aveva bisogno di strumenti adeguati di "visualizzazione" dell'attività cerebrale in-vivo, che potessero consentire di misurare l'attività cerebrale in individui sani durante lo svolgimento di diversi compiti.

A favorire questi progressi sono state le conquiste combinate nelle conoscenze di base delle attività cellulari e della rete neurale (neurobiologia) e nello sviluppo delle tecniche di immagine applicate allo studio dell'attività cerebrale umana. Se da una parte alcune di queste tecniche hanno permesso la definizione di patologie con l'identificazione del danno in specifiche aree cerebrali, dall'altra lo sviluppo di metodiche specifiche con l'ausilio di strumenti fisici e matematici complessi, consente oggi di studiare i meccanismi di collegamento fra neuroni e la localizzazione delle aree dedicate a specifiche funzioni. Due aspetti sono infatti di particolare importanza: lo studio della propagazione del segnale e le connessioni fra neuroni (reti neurali biologiche).

1.2. Esperimenti e studi

La disponibilità di tante nuove tecnologie complesse morfologiche e funzionali con cui riconoscere meglio alcuni circuiti cerebrali, caratterizzate da una bassa invasività, permette di realizzare esperimenti sull'uomo volti alla migliore comprensione del funzionamento del cervello e delle sue relazioni con le funzioni cognitive e gli aspetti comportamentali normali e patologici. Lo sviluppo di questo tipo di conoscenza sugli individui sani, che è uno degli obiettivi delle neuroscienze attuali - come risulta dal proliferare dei contributi sulle riviste di psico-neuro-biologia - è l'aspetto che può risultare più critico sotto il profilo bioetico, mentre lo sviluppo delle conoscenze con finalità terapeutiche o diagnostiche rientra nel quadro più consolidato della sperimentazione clinica.

In generale gli esperimenti in oggetto utilizzano una varietà di moderne tecnologie (vedi appendice) che hanno lo scopo di descrivere e/o misurare i comportamenti di singoli o gruppi di neuroni appartenenti ad una determinata area cerebrale oppure le relazioni tra due o più aree cerebrali. Queste ricerche mirano ad indagare in soggetti sani o ammalati, ad esempio se determinate scelte di comportamento siano il risultato di reazioni immediate automatiche o risposte mediate/razionali, nonché quali siano i rapporti tra risposte emotive o capacità cognitive e stimoli indotti dall'ambiente. Gli esperimenti possono riguardare l'identificazione di aree cerebrali coinvolte nella dinamica della elaborazione di una decisione o di un giudizio morale oppure le modificazioni cerebrali indotte da esperienze di dolore morale, perdono, altruismo. Importanti sono anche le ricerche sulle modificazioni cerebrali in rapporto con comportamenti violenti o antisociali nonché in relazione con la capacità di

intendere e di volere o con la possibilità di distinguere l'asserzione della verità e della menzogna. Particolarmente rilevanti sono anche le ricerche che mirano a caratterizzare l'attività di specifiche aree cerebrali in persone incapaci di interagire con altre persone o con l'ambiente, come quelle in stato vegetativo o di minima coscienza. Queste e altre problematiche possono essere studiate in rapporto a variabili come la differenza sessuale, diversità socio-culturali nonché a differenti profili psicologici.

1.3. Problematicità delle ricerche

Per quanto tali esperimenti e ricerche sul rapporto cervello/pensiero/comportamento abbiano dato un contributo significativo alla ricerca e alla discussione che ne è conseguita in ambito scientifico e cognitivo, abbiano stimolato un rinnovato dibattito filosofico su antiche questioni (come il rapporto 'cervello-corpo e mente-corpo' o il tema della libertà e del libero arbitrio) e abbiano suscitato interesse da parte dell'opinione pubblica, molte sono a livello scientifico le perplessità avanzate.

Le ricerche sperimentali in genere si svolgono in condizioni altamente 'controllate', creando elementi di problematicità in riferimento alla loro ripetibilità. Questi assumono una maggiore rilevanza nell'ambito delle neuroscienze, per varie ragioni. Tra queste:

a) la scelta dei soggetti è predeterminata da criteri, che già di per sé possono condizionare lo stesso esito dell'esperimento e non sono sempre rappresentativi della popolazione;

b) i soggetti coinvolti in uno studio spesso non agiscono in modo spontaneo, ma vengono istruiti a collaborare con le modalità sperimentali (spesso l'elevato numero di prove richieste può trasformare il movimento volontario in un automatismo rendendo lo studio inattendibile);

c) l'apprendimento dei dettagli sperimentali può determinare stati ansiosi che possono interferire con i risultati;

d) la rappresentatività del campione esaminato è molto spesso insufficiente per potere realizzare adeguate analisi statistiche;

e) i soggetti pensano e agiscono in situazioni 'artificiali' lontane dalla realtà;

f) gli studi si riferiscono a soggetti mentre le conclusioni degli studi presentano generalizzazioni che non considerano/non possono considerare con precisione la variabilità individuale (data la plasticità cerebrale, i diversi influssi dell'ambiente) e la variabilità dello stesso individuo nel tempo.

Da tali dati esemplificativi si comprende - pur non togliendo nulla alla importanza dei singoli esperimenti - la difficoltà di fare estrapolazioni e generalizzazioni, essendo l'attuale fase della ricerca ancora ad un livello descrittivo: i risultati sono ancora incerti, e solo in tempi ulteriori potranno essere validati da una più adeguata maturazione scientifica. Andrebbe, pertanto, definita di volta in volta la possibilità di generalizzare i dati sperimentali, mettendo in evidenza il limite nella applicazione alla realtà. L'esercizio costante dello spirito critico deve essere comunque accompagnato da un atteggiamento di apertura nei confronti di questi esperimenti, evitando il timore che possano modificare convinzioni acquisite.

Oltre alla problematicità degli esperimenti, va anche rilevata la problematicità che riguarda più specificamente l'interpretazione dei risultati, con

particolare riferimento alla 'correlazione' tra aree cerebrali, pensieri e azioni/esecuzione di compiti dell'uomo. Bisogna distinguere diverse accezioni di 'correlazione': la correlazione come causazione esclusivamente deterministica, secondo la quale esiste una causa unica, totale e predeterminata di un unico evento o più cause necessarie e sufficienti di uno stesso evento (rapporto univoco causa/effetto); la correlazione come causazione multifattoriale, che ammette la possibilità che un evento-effetto possa avere più cause, ossia con-cause di vario ordine (fisiche e non fisiche). All'interno di questa ultima accezione si possono evidenziare rapporti statisticamente più o meno significativi tra con-cause ed effetti, mai predeterminabili a priori ma solo associabili a posteriori.

Il fatto che una determinata regione del cervello evidenziata da *neuroimaging* si attivi con particolare intensità durante la formulazione di un pensiero o la esecuzione di un compito specifico, non consente di desumere con certezza che tale ragione sia l'unica coinvolta o l'unica responsabile. La correlazione, anche quando individuata con un sufficiente grado di significatività, non implica una causazione deterministica. I dati di *neuroimaging* funzionale non consentono di dire se l'attivazione di un'area sia un epifenomeno o sia necessaria alla elaborazione di un pensiero o determini in senso causale l'esecuzione di un compito. Ciò significa che la visualizzazione di aree cerebrali e la individuazione di 'correlati neurali' di certi stati mentali o azioni non consentono di 'leggere la mente' (sapere se un soggetto dice la verità o una bugia) o di 'predire certi comportamenti' (collegare in modo automatico comportamenti intenzionali o non intenzionali), ma semmai solo di prevederli con una soglia di approssimazione non precisa. In questo senso le conoscenze acquisite ed acquisibili mediante le nuove applicazioni neurotecnologiche non possono essere usate come 'dati certi'.

Il mancato o difettoso funzionamento di un'area cerebrale importante diminuisce o perfino potrebbe impedire totalmente la funzione corrispondente (ad es. il linguaggio). Nel caso di rilevazione neurologica di 'difetto dello strumento' (ossia di disfunzionalità di un'area del cervello deputata ad una funzione importante) è possibile attribuire alla diminuita o mancante funzionalità dell'area la compromissione dei compiti ad essa assegnati ed eventuali disturbi del comportamento (o assenza di comportamento) conseguenti. In questo senso, tecniche di imaging funzionale del cervello, che stanno facendo ingresso nei tribunali, possono condurre alla richiesta di vedere riconosciuta una minorata capacità di intendere o di volere.

2. Problemi bioetici

a) Gli studi riportati (solo alcuni, tra i più rilevanti e conosciuti) dimostrano come l'avanzamento tecnologico abbia consentito di ampliare notevolmente gli ambiti di ricerca delle neuroscienze e di affrontare tematiche di complessità crescente, così da delineare nuovi settori 'disciplinari' come ad es. quello delle neuroscienze sociali, all'interno del quale la c.d. 'neuroeconomia' sta acquistando un peculiare rilievo. Le nuove tecniche di *neuroimaging* hanno portato ad un'esplosione di studi nell'ambito delle neuroscienze cognitive e psico-sociali⁴. Inoltre, la semplicità di lettura e la spettacolarità delle immagini

⁴ Nuove prospettive potrebbero aprirsi, ad esempio, in relazione ad esperimenti di risonanza magnetica funzionale che si propongono di sondare l'attività cerebrale, con particolare

hanno indotto una maggiore divulgazione dei risultati di tali ricerche ad un pubblico non specialistico.

L'applicazione delle neurotecnologie in tali studi e ricerche può suscitare, per i risultati e le informazioni che fornisce, inevitabili apprensioni, con conseguenze psicologiche sul soggetto e sui familiari. Tutto ciò implica una necessaria valutazione delle ragioni e degli scopi che richiedono tali esperimenti.

I criteri etici della sperimentazione vanno applicati anche in questo ambito e l'autorizzazione degli esperimenti dovrebbe essere data obbligatoriamente nell'ambito dei Comitati etici. Va richiamato l'*Additional Protocol to the Convention on human rights and biomedicine, concerning biomedical research* (2005) e, in particolare, l'*Explanatory Report* che estende la ricerca biomedica a tutti gli ambiti di intervento sull'essere umano, non solo in senso biologico ma anche psicologico⁵. L'autorizzazione degli esperimenti dovrebbe essere data a condizione che si rispettino 'protocolli' precisi e predeterminati che vincolino i ricercatori al rispetto di alcuni limiti⁶:

- la valutazione rischi/benefici, con riferimento agli obiettivi attesi, ove 'rischi' non siano da intendersi solo in senso fisico ma anche psico-sociale e 'benefici' possano anche intendersi in senso non diretto e reale (nell'ambito della ricerca non terapeutica);
- il consenso libero e informato - preceduto da adeguata consulenza - di coloro che si sottopongono a tali indagini del soggetto o del tutore (con specifica attenzione a chi è in condizione di vulnerabilità personale e istituzionale o in condizione di dipendenza).
- l'uso dei risultati, bilanciando la difesa della *privacy* con le esigenze della società.

b) Anche nell'ambito dei dati acquisiti attraverso tali studi e ricerche si aprono due ordini di problemi.

1. Innanzitutto, la necessità di un'autorizzazione consapevole del soggetto sull'uso delle informazioni che lo riguardano. Alcune applicazioni delle neuroscienze, che portano alla "lettura del cervello" mettono in discussione la riservatezza, anche detta '*privacy* cerebrale'. Si pensi alla possibilità che esami del cervello, originariamente finalizzati ad ottenere determinate informazioni, finiscano per fornirne altre in grado di essere utilizzate a detrimento del soggetto dello studio clinico (c.d. *incidental findings*) o comunque risultino rischiose sotto il profilo emotivo o psicologico. Si presentano problematiche analoghe a quelle date nel contesto delle indagini genetiche.

Emerge anche il problema etico e giuridico della esistenza o non esistenza di un obbligo di comunicazione dei risultati a terze persone, qualora queste possano avere un obiettivo interesse medico e sociale alla informativa. Si tratta, ancora una volta, di contemperare il diritto individuale alla *privacy* con

attenzione alla possibilità di comunicazione in persone con gravi disordini della coscienza (ad es. quelle in stato vegetativo, minima coscienza, *locked in*).

⁵ All'art. 2 (campo di applicazione): "ai fini del presente Protocollo il termine intervento comprende: 1. interventi fisici; e 2. ogni altro intervento nella misura in cui questo implichi un rischio per la salute psichica della persona interessata". Il protocollo sottolinea come ogni esperimento sull'uomo che riguardi la sua salute, anche psichica, deve obbligatoriamente essere approvato da un comitato etico in via preliminare.

⁶ Su questi aspetti il CNB si è espresso nei documenti: *La sperimentazione dei farmaci* (17 novembre 1992); *Informazione e consenso all'atto medico* (20 giugno 1992).

altri diritti fondamentali quali la vita e la salute di altre persone che potrebbero risultare seriamente in pericolo. In particolare il diritto alla riservatezza sulle "informazioni neurologiche" potrebbe essere controbilanciato dall'esigenza di tutela della sicurezza dei familiari con i quali la persona è quotidianamente a contatto. Naturalmente tale temperamento non può ridursi al semplice informare queste terze persone sui dati, ma occorre accompagnare l'informazione (come già detto) con una adeguata consulenza circa il significato dei dati, le difficoltà psicologiche dell'interessato - come ad esempio gli ovvi timori di abbandono o discriminazione - che possono avere impedito una comunicazione spontanea ai familiari, nonché le eventuali misure da adottare, affinché l'informazione non si risolva in un puro scarico di responsabilità, ma in uno strumento per eliminare e ridurre rischi e in generale, ove possibile e consigliabile, adeguare la convivenza familiare alla nuova consapevolezza derivante dalla conoscenza dell'informazione

2. Un ulteriore aspetto di problematicità relativamente all'uso dei risultati della ricerca è quello, in senso generale, costituito dall'impatto delle neuroscienze su alcune categorie tradizionali del pensiero filosofico che, oggi, possono essere indagate, almeno in parte, a partire dalle funzioni cerebrali. Si aprono, a partire da tali studi, 'problemi teorici e pratici' che hanno/possono avere, soprattutto nel medio e lungo periodo, una certa influenza sulle categorie fondamentali, sui modelli e pratiche comportamentali, elaborati dalle scienze sociali e dalle scienze naturali.

Molti risultati delle neuroscienze, che mettono in relazione l'attività neuronale con il pensiero e il comportamento, producono nuovi modelli filosofici di comprensione dell'uomo. Sulla base di evidenze empiriche si riscontra un paradigma concettuale orientato verso il riduzionismo e determinismo neurobiologico. E' analogo a quanto già accaduto in ambito genetico, ove il riduzionismo e il determinismo genetico (l'idea che l'identità umana fosse riducibile alla somma di geni e il comportamento umano spiegabile sulla base delle predisposizioni genetiche) hanno oscurato altri fattori di natura personale, oltre che sociale-culturale-ambientale che esercitano comunque un ruolo importante nella genesi di stati/disposizioni mentali e di comportamenti. E' dunque già in atto, a livello filosofico, una considerevole discussione sulla 'compatibilità/incompatibilità' tra nuovi dati neurologici e libertà/responsabilità soggettiva. Si tratta di un punto fondamentale che necessita una discussione che il CNB ritiene indispensabile affrontare in senso interdisciplinare.

Per quanto riguarda le implicazioni delle nuove scoperte neurologiche sul diritto e specificamente sulla cogenza delle norme giuridiche, va detto che il principio per cui l'incapace di intendere o di volere non risponde dei suoi illeciti - appunto perché o non sa o non è in grado di volere - è da molto tempo acquisito nel nostro ordinamento come del resto nella gran parte degli ordinamenti occidentali. Si tratta semmai di capire se i nuovi strumenti di diagnosi e di accertamento neurologico siano riconosciuti come attendibili oppure no, in conformità al principio della imputabilità/non imputabilità del soggetto incapace. Vi sono già state molteplici riflessioni e diverse utilizzazioni delle neuroscienze nel campo del diritto in generale e del diritto penale in particolare (imputabilità del soggetto in rapporto al suo libero arbitrio; valore della testimonianza; macchina della verità; senso di giustizia, ecc.)⁷. Si

⁷ In Italia cfr. Sentenza della Corte di Assise di Appello di Trieste del 18 settembre 2009. Negli USA cfr. il caso *Perry v. Lynaugh* 1989, commentato da A.S. Barth, *A double edged sword: the role of neuroimaging in federal capital sentencing*, in "American Journal of Law and Medicine",

ribadisce l'assunto che la finalità del diritto di influenzare i comportamenti e di educare i destinatari delle norme non possa prescindere dalla capacità di questi ultimi di comprendere ed utilizzare le norme come premesse per orientare le proprie scelte.

Raccomandazioni

Alla luce delle problematiche emergenti, il CNB esprime le seguenti raccomandazioni.

1. Alcuni studi nell'ambito delle neuroscienze e delle neurotecnologie potranno consentire una maggiore conoscenza e comprensione delle cause del comportamento umano con la possibilità di modificare e arricchire il significato della responsabilità etica, sociale e giuridica. Le neuroscienze possono rappresentare una interessante opportunità per dare nuovi contributi al dibattito bioetico sul rapporto tra razionalità e irrazionalità, tra razionalità e dimensione emozionale-sentimentale, nonché sulla comprensione delle modalità con cui vengono prese le decisioni.

2. E' tuttavia indispensabile sottolineare l'importanza di assumere un atteggiamento critico nei confronti dei risultati di questi esperimenti che vengono spesso proposti all'opinione pubblica senza una adeguata riflessione che ne sappia evidenziare non solo le novità, ma contestualmente anche i limiti. Il CNB richiama la responsabilità degli sperimentatori e dei medici e quella dei media, che spesso enfatizzano in modo acritico i risultati acquisiti, ad una cautela nella comunicazione dei dati scientifici al pubblico, distinguendo la semplice correlazione dal rapporto causa-effetto. E' necessaria una validazione delle tecnologie impiegate ed una costante revisione delle ipotesi che scaturiscono dai risultati degli esperimenti per evitare forme di discriminazione in ambito sociale. Il richiamo alla prudenza è d'obbligo nel rapporto tra neuroscienze e diritto, con particolare riferimento alla valutazione della responsabilità in giudizio e dell'attendibilità della testimonianza.

3. Considerando la scoperta di aree cerebrali correlate con lo sviluppo di condotte impulsive e violente, va riconosciuto che le neuroscienze possono aiutare a scoprire disfunzioni cerebrali che ostacolano l'adempimento di certe funzioni o che favoriscono esiti disturbati, per potere suggerire alcune terapie. Alcuni studiosi, ad esempio, ritengono di potere individuare precocemente soggetti a rischio e di fondare giudizi di non imputabilità/imputabilità sulla base di questi criteri. Al di là della problematicità di tali categorie, peraltro è importante, sul piano teorico, evidenziare come le conoscenze neurologiche acquisite ed acquisibili mediante le nuove tecnologie - per quanto aumentino le nostre conoscenze - non potranno costituire in quanto tali il 'corrispettivo cerebrale' della "verità, libertà e responsabilità", perché tali qualità sono proprie delle 'persone' e non dei 'cervelli'. Il CNB intende mettere in guardia da un approccio fortemente riduzionistico.

4. Gli studi e le ricerche in ambito neurologico devono comunque osservare i requisiti di eticità propri di qualsiasi sperimentazione effettuata sull'uomo, riscontrabili nella valutazione rischi/benefici, nel consenso informato

e nell'autorizzazione all'uso dei risultati, bilanciando la difesa della *'privacy'* con le necessità del progresso delle conoscenze e le esigenze della società. Un ruolo di particolare importanza è rivestito dai Comitati etici che dovranno dotarsi di specifiche competenze nell'ambito delle neuroscienze. E' auspicabile che le società scientifiche formulino dei codici di condotta, al fine di assicurare la crescita di consapevolezza e un comportamento etico condiviso.

5. Il CNB sollecita un maggiore confronto interdisciplinare con le scienze umane, ed in particolare con la filosofia ed un adeguato ed effettivo dibattito pubblico - peraltro ripetutamente richiamato da documenti europei e internazionali rivolti a governi nazionali - per favorire le conoscenze e delle problematiche sollevate dai nuovi sviluppi delle neuroscienze al fine di aumentare la comprensione da parte dei cittadini e promuovere una informazione scientifica critica, obiettiva e fondata.

Appendice - Neurotecnologie

Negli ultimi trent'anni l'avanzamento delle metodiche di registrazione dei segnali elettrofisiologici e l'avvento delle nuove tecniche di *neuroimaging* funzionale hanno ampliato enormemente le possibilità di studio delle funzioni cognitive complesse. Tra queste:

- le tecniche elettroencefalografiche (EEG) permettono di registrare direttamente l'attività elettrica del cervello attraverso degli elettrodi posti sullo scalpo del soggetto;

- la tecnica dei potenziali evento relati (ERP) consente di registrare con alta risoluzione temporale l'attività elettrica correlata all'esecuzione di specifici compiti percettivi, motori o cognitivi;

- la magnetoencefalografia (MEG) registra il campo magnetico associato all'attività elettrica dei neuroni;

- la risonanza magnetica per immagini (RMI) utilizza radiofrequenze in presenza di campi magnetici;

- la spettroscopia di risonanza magnetica (SRM) permette di individuare alterazioni del metabolismo di alcune aree cerebrali, per esempio in relazione alla perdita della funzionalità neuronale, riconoscendo i singoli composti chimici associati alla funzionalità/disfunzionalità;

- la *brain-computer interface* consente la lettura di segnali elettroencefalografici, la loro correlazione con le intenzioni del soggetto e la traduzione di questa correlazione in comandi d'azione;

- la tomografia ad emissione di positroni (PET) consente la costruzione di una mappa tridimensionale dell'attività cerebrale avvalendosi della distribuzione di un radioisotopo (ad es. nel glucosio), che si distribuisce nel cervello nelle zone che si attivano in relazione ad uno stimolo o ad una sollecitazione anche emotiva;

- la risonanza magnetica funzionale (fMRI) consente la costruzione di una mappa tridimensionale, localizzando le zone attivate dagli stimoli; in generale il contrasto è fornito dal richiamo di flusso ematico nelle zone del cervello attivate, con una tecnica chiamata BOLD (blood oxygenation level dependent); altri approcci prevedono l'uso di mezzi di contrasto, non radioattivi;

- la stimolazione magnetica transcranica (TMS) consiste nell'applicazione sullo scalpo di campi magnetici con determinate caratteristiche di intensità e frequenza e consente di verificare gli effetti comportamentali di stimolazioni;

- il *brain fingerprint* misura le onde cerebrali quando viene riscontrata una informazione depositata nel cervello

- il *multifaceted electroencephalographic response analysis* (MERA) misura onde cerebrali che si formano in reazione a parole o a figure/immagini significative che scorrono in rapida sequenza su un monitor.