



LE CAPACITÀ GIURIDICHE
ALLA LUCE DELLE
NEUROSCIENZE

Memorandum Patavino

9 Ottobre 2015

INDICE

PREAMBOLO	3
INTRODUZIONE	4
LE NEUROSCIENZE IN AMBITO PENALE	5
LE NEUROSCIENZE IN AMBITO CIVILE	9
IL DANNO PSICHICO DA TOSSICODIPENDENZA	13
I LIMITI DELLA NEUROGIURISPRUDENZA	15
BIBLIOGRAFIA	20

PREAMBOLO

L'ambito forense, in cui la psicologia negli ultimi anni ha trovato applicazione, è principalmente quello della valutazione delle capacità in senso giuridico e delle sue limitazioni (Grisso, 2003; Gulotta, 2011). Di recente si è affacciato in questo campo il possibile utilizzo di queste valutazioni provenienti dalle moderne scoperte delle *neuroscienze cognitive*.

Vista l'importanza delle neuroscienze nel panorama scientifico e legale (basti pensare che la *Law and Neuroscience Bibliography* conta 155 articoli pubblicati nel solo 2013 e 78 nel 2014), il Presidente Obama in persona ha deciso di commissionare alla *Bioethics Commission* (President's Council on Bioethics, 2015) il compito di stilare delle norme etiche alle quali le neuroscienze dovrebbero attenersi, sia nel campo della ricerca che in tutte le sue forme applicative. Un intero capitolo è dedicato alle neuroscienze cognitive applicate al sistema legale, ossia al cosiddetto *Neurodiritto* (Jones, Schall & Shen, 2014).

La *Neurolaw*, come viene chiamata negli Stati Uniti, sta assumendo un ruolo chiave all'interno delle acquisizioni probatorie inerenti i processi, tanto che nel solo 2012 sono state registrate oltre 250 sentenze in ambito penale che citano l'uso di una prova neuroscientifica, proposta dalla difesa, con la tesi che fosse un difetto del cervello dell'imputato ad aver causato il fatto criminoso, al fine di ricevere uno sconto di pena (President's Council on Bioethics, 2015). Negli Stati Uniti, infatti, viene data molta importanza all'avanzata delle neuroscienze, tanto che vengono investiti milioni di dollari in un campo che ha ripercussioni sulla medicina, sulla psicologia e ora anche sulla giurisprudenza; tuttavia, anche l'Europa si sta facendo promotrice di scoperte e importanti pubblicazioni attraverso cospicui finanziamenti quali lo Human Brain Project (HBP; www.humanbrainproject.eu).

Per questo motivo, alla luce delle competenze neuroscientifiche che si stanno sempre più acquisendo tra i periti e i consulenti italiani, si è resa necessaria la predisposizione di un **memorandum per tutti i cosiddetti operatori del diritto sullo stato dell'arte inerente le più aggiornate scoperte neuroscientifiche applicabili all'ordinamento normativo del nostro Paese**.

L'iniziativa della redazione di tale documento è stata promossa dall'Università degli Studi di Padova (master in Psicopatologia e Neuropsicologia Forense), dall'associazione DI.ME.CE. (Diritto-Mente-Cervello) e dalla Fondazione Guglielmo Gulotta di Psicologia Forense e della Comunicazione.

INTRODUZIONE

Da qualche tempo in Italia si indagano i rapporti tra neuroscienze e diritto (Bianchi, Gulotta & Sartori, 2009; Stracciari, Bianchi & Sartori, 2010; Lavazza & Sammiceli, 2012; Merzagora, 2011) nel tentativo di fornire elementi utili alla prova scientifica nell'ambito del processo decisionale giuridico.

Nell'articolato panorama applicativo delle neuroscienze un posto di primaria importanza è occupato dalla valutazione della CAPACITÀ.

Da un punto di vista clinico, la capacità definisce una serie di eterogenee abilità funzionali, fisiche e, per quanto ci interessa nel presente documento, psichiche che consentono di svolgere le attività della vita quotidiana, di compiere determinate e specifiche azioni o di prendere particolari decisioni. Dal punto di vista giuridico si considera la capacità psichica con riferimento all'ambito penalistico e civilistico.

L'ambito penalistico può prevedere una valutazione dell'autore di reato, maggiorenne o minorenni, al momento del compimento del reato considerando la capacità di intendere e di volere (imputabilità), durante il giudizio valutando la capacità di stare in giudizio, durante l'espiazione della pena valutando la capacità di comprendere il significato della pena. Nell'ambito penale sussistono valutazioni anche della vittima di reato, a titolo esemplificativo nella violenza sessuale o nella circonvenzione di incapace.

L'ambito civilistico prevede principalmente una valutazione della capacità d'agire con specifico riferimento a determinati atti di natura civilistica (capacità di testare, di fare una donazione, di contrarre matrimonio, di prestare il consenso agli atti di natura sanitaria...).

La valutazione forense in questi contesti, finalizzata a rilevare eventuali alterazioni delle suddette capacità, deve essere ovviamente integrata nel contesto di un approccio metodologico-accertativo psicologico-psichiatrico-forense.

LE NEUROSCIENZE IN AMBITO PENALE

*Perché malvagio nessuno è di sua volontà,
ma il malvagio diviene malvagio per qualche sua prava disposizione del corpo
e per un allevamento senza educazione, e queste cose sono odiose a ciascuno
e gli capitano contro sua voglia.*

Platone, (Timeo, 86 e)

La sfida della prova neuroscientifica in ambito processuale penale, ai fini dell'attribuzione di responsabilità, è quella di: a) identificare i circuiti cerebrali necessari alla formazione della consapevolezza e delle intenzioni; b) dimostrare se e in che misura i circuiti cerebrali dell'imputato fossero difettosi al momento di pianificare l'azione; c) valutare quanto l'eventuale deficit possa aver influito sul compimento dell'azione illecita.

Nel sistema penale italiano sono indispensabili per l'esistenza dell'illecito penale gli elementi oggettivi, rappresentati dall'azione e dall'evento, e gli elementi soggettivi, rappresentati dallo scopo e dalla colpevolezza. Lo scopo è il motivo dell'azione, la colpevolezza è l'atteggiamento psicologico del soggetto che volontariamente trasgredisce la norma penale. La colpevolezza è sussistente quando il soggetto agisce con coscienza e volontà. Espressione tipica della colpevolezza è il dolo. Sussistono altre forme di colpevolezza che comprendono la preterintenzione e la colpa.

Cause di esclusione della colpevolezza sono previste da alcuni articoli del codice penale e comprendono il caso fortuito, la forza maggiore, la violenza fisica, l'errore sul fatto che costituisce reato.

Grazie all'analisi critica e sistematica della letteratura è stato possibile operationalizzare le capacità umane giuridiche partendo dalle capacità psicologiche ampiamente studiate (cognitive, affettive, relazionali), individuare le aree cerebrali e le caratteristiche fisio-endocrine sottese ad ogni capacità, convogliare ove possibile deficit a questo livello in categorie nosografiche patologiche già riconosciute (per esempio citate nel Manuale Diagnostico e Statistico dei Disturbi Mentali 5, DMS 5; APA, 2014), traguardando quanto effettivamente tale deficit/disturbo abbia inficiato la capacità dell'individuo ai fini decisionali del processo. Viene, quindi, ampliato il dialogo già esistente tra la ricerca sul diritto e l'apporto delle scienze cognitive (Caterina, 2008).

Le ricerche sperimentali neuroscientifiche, rivolte alla distinzione tra "capacità" e "prestazione" (che riprendono le vecchie categorie psicologiche degli "stati" e dei "tratti"), possono aprire nuovi spazi di valutazione dell'elemento soggettivo del reato, campo in cui al momento le decisioni vengono prese

sostanzialmente sulla base delle intuizioni della psicologia del senso comune, per cui spesso l'imputato viene "intenzionato" inferendo dalla sua condotta e dall'evento risultante, secondo massime di esperienza (Rigoni D., Sammicheli L., Sartori G., 2015).

Le neuroscienze hanno avuto anche il merito di importare significative riflessioni su assunti giuridici ormai standardizzati, in particolare per quanto riguarda la distinzione tra un reato commesso da un individuo di minore età ed uno di maggiore età. Se per l'individuo maggiorenne l'imputabilità è sempre presente in assenza delle cause che valgono generalmente ad escluderla, poiché si parte dal presupposto della libertà di autodeterminazione dell'essere umano (Gulotta, 1987, 2002), per i minori la situazione è differente in quanto dipende dall'aver raggiunto una certa fascia di età. Secondo l'articolo 97 c.p. "*Non è imputabile chi, nel momento in cui ha commesso il fatto, non aveva compiuto i quattordici anni*", mentre secondo l'articolo 98 c.p. "*È imputabile chi, nel momento in cui ha commesso il fatto aveva compiuto i quattordici anni, ma non ancora i diciotto, se aveva capacità di intendere e di volere, ma la pena è diminuita*". Se da un lato questa condizione di sviluppo, caratterizzata da un periodo di transizione e preparazione verso l'età adulta, sembra essere condizionata da cambiamenti sociali e culturali (Arnett, 2007), dall'altro i risultati delle ricerche neuroscientifiche (Luna et al., 2001; Spear, 2000) suggeriscono che comportamenti autocontrollati, pianificati, socialmente cooperativi, moderati e di evitamento del rischio sono talvolta "incompatibili" con l'infanzia, l'adolescenza e l'emergente età adulta, non solo per una questione di "capricciosità", ma per un'imaturità neurofunzionale, psicologica e relazionale (Keating, 2004). Da queste ricerche emerge quindi la necessità di verificare, attraverso metodi scientifici e neuroscientifici, se gli adolescenti siano in grado *maturazionalmente* di controllare il loro comportamento, evitare il rischio e comprendere le conseguenze delle loro azioni. La differenza tra un bambino e un adulto risiede quindi nell'emergere delle funzioni esecutive e nel loro perfezionamento. In linea con la letteratura precedente alcuni studi condotti da Pontius (2003) confermano come il sistema frontale non sia ancora propriamente maturo negli adolescenti delinquenti o comunque risulti in molti casi disfunzionale (Pontius & Rutting, 1976; Pontius & Yudowits, 1980) ed è per questa immaturità cerebrale che gli adolescenti si comportano in modo più rischioso rispetto agli adulti.

Durante l'adolescenza il cervello è anche influenzato dal sistema limbico e dalle regioni sottocorticali associative quali l'amigdala e l'ippocampo, regioni cerebrali che governano gli impulsi, le emozioni e la memoria. Negli adolescenti, essendo quest'area ancora non completamente sviluppata, la modulazione e il controllo delle emozioni e degli impulsi potrebbe essere compromessa creando difficoltà anche nell'elaborazione delle ipotesi su cosa potrebbe accadere in conseguenza di un'azione. Lo sviluppo della sostanza grigia dal punto di vista strutturale avviene a quest'età secondo un processo *back to front* (Giedd et al., 1999), che prevede lo sfoltoimento delle connessioni neurali in disuso in linea con la maturazione del cervello e il processo di postura delle connessioni neurali.

Per l'ordinamento italiano un ragazzo di 18 anni, in quanto maggiorenne, è passibile di pena a pari modo di un adulto; per la scienza, invece, le facoltà cognitive non si perfezionano al compimento della maggiore età, ma sono ancora in fase di sviluppo e maturazione insieme alle competenze sociali e affettive e alle

caratteristiche personologiche, almeno fino ai 20 anni di età (Strata, 2014). Partendo da questo assunto, la valutazione del giovane adulto dovrebbe tener conto di questo importante e oggettivo dato scientifico.

La coscienza e la consapevolezza vanno intese dal punto di vista neuroscientifico, non come una componente statica, ma si inseriscono nel contesto dell'interazione tra funzionamento cognitivo, risposte psicologiche e psicofisiologiche individuali, influenze socio-ambientali e culturali. In quest'ottica, la responsabilità individuale appare espressione del cosiddetto "cervello sociale", secondo un costrutto che esiste proprio nel contesto dell'interazione umana.

Di importante interesse e novità risulta essere una nuova metodica per la valutazione della *pericolosità sociale* (art. 203 c.p.), fino ad ora affidata all'intuito (pur sempre soggettivo) del perito, la quale ha subito uno spostamento di analisi in direzione di prove maggiormente "tangibili" provenienti dal campo della genetica e delle neuroscienze cognitive.

Dagli studi recenti di genetica comportamentale, ad esempio, emerge sempre più chiaramente come il profilo genetico di ciascun individuo, unitamente all'ambiente, possa influire sulla sua capacità di autodeterminazione. Esistono infatti alcuni geni, indicati come geni di plasticità, che aumentano la suscettibilità dell'individuo fin da piccolo all'ambiente che lo circonda (Belsky et al., 2009, 2011; Simons et al., 2011; Van IJzendoorn et al., 2012). Quindi, se un bambino si trova a crescere in un ambiente negativo, maltrattato, abusato, senza cure, avrà una probabilità maggiore di sviluppare un comportamento antisociale da adulto rispetto a coloro che non hanno queste varianti. Se invece è cresciuto in un ambiente favorevole, ricco di stimoli, ne trarrà un vantaggio maggiore. E' bene rimarcare che non esiste alcun determinismo genetico, vale a dire che nessuna variante genetica determina un dato comportamento, ma anzi modula la vulnerabilità dell'individuo ai fattori ambientali.

La valutazione clinica della pericolosità è altamente affidabile per quanto concerne un tempo futuro breve. L'affidabilità a medio e lungo termine, secondo le ricerche, è da attribuirsi ad una valutazione che tenga conto sia degli aspetti clinici che di quelli che si possono evincere utilizzando strumenti che si stanno mettendo a punto per le valutazioni prospettiche: si tratta, per esempio, di valutare come, a proposito del recidivismo, il passato possa influenzare il futuro (Zara & Farrington, 2016).

La valutazione del rischio consiste nell'anticipare anche le situazioni pericolose e prevenire le circostanze che possono portare a riprodurle (Buchanan, 2008). In quest'ambito occorre tener conto che evidenze empiriche sempre più numerose mostrano che chi ha un comportamento criminale persistente e cronico ha delle differenze significative di tipo strutturale e funzionale nell'amigdala e nella corteccia frontale; ciò è vero non solo negli adulti psicopatici, ma anche nei minorenni. Il che può aiutare a spiegare molti aspetti del recidivismo.

Tutto lascia intendere che queste persone possano avere un fenotipo distinto bisognoso di essere compreso, sia per quanto riguarda la prevenzione sia, eventualmente, la punizione e il trattamento (Reine, 2013; Zara & Farrington, 2016).

La ricerca neuroscientifico ha dato incoraggianti risultati, per quanto ancora embrionali, anche in campo della psicologia della testimonianza in cui l'esperienza e la ricerca mostrano quanto complesso sia il

distinguere la sincerità dalla menzogna e dalla confusione. Lo studio dei correlati neuropsicologici ha condotto, per esempio, a vagliare la genuinità del ricordo attraverso un test chiamato autobiographical Implicit Association Test (aIAT), che è basato sulla rilevazione dei tempi di reazione nella risposta a combinazioni duali di quesiti, di cui uno attinente a circostanze estranee al fatto di indagine e l'altro attinente all'oggetto d'indagine, consentendo di determinare quale delle due versioni alternative corrisponda al ricordo (Sartori et al., 2008).

LE NEUROSCIENZE IN AMBITO CIVILE

Secondo il nostro codice civile la *capacità di agire* (art. 2 c.c.) si acquisisce con la maggior età e si perde, in tutto o in parte, con la morte o con l'applicazione di una delle misure di protezione (interdizione, inabilitazione, amministrazione di sostegno). L'acquisto della capacità di agire e la sua perdita o diminuzione si basano sulla effettiva capacità del soggetto di autoregolamentare i propri interessi, cioè di intendere (di comprendere il valore e le conseguenze delle proprie azioni) e di volere (di determinarsi in modo autonomo, resistendo agli impulsi). Nel caso della maggiore età, vi è una valutazione legale (come si è già detto, non del tutto conforme ai risultati delle neuroscienze) del momento a partire dal quale questa capacità si può presumere completamente sviluppata. Talvolta, anche il diritto civile attribuisce poi rilevanza anche alla capacità di intendere e di volere in sé e per sé considerata (a prescindere dalla capacità di agire).

La capacità di agire presuppone l' idoneità di un soggetto di autoregolamentare i propri interessi.

Indagando i processi decisionali, emerge come le scelte compiute dagli individui non siano così razionali come si pensa, essendo in larga misura inconsapevoli e/o dettate dall'incapacità di elaborare contemporaneamente tutte le informazioni necessarie per compiere una scelta ottimale (Bona & Rumiati, 2013).

A livello cognitivo, la capacità di agire presuppone che il soggetto abbia *capacità decisionale*, ciò significa che egli: *(i)* sia in grado di comprendere, ovvero ritenere, le informazioni a disposizione per poter compiere la scelta; *(ii)* sia in grado di articolare un ragionamento di pro e contro su tale informazione; *(iii)* sia in grado di valutare tale informazione in relazione al suo caso specifico; *(iv)* sia in grado di esprimere una scelta consapevole.

Qualora la scelta comporti danno all'agente, si valuta se tale scelta sia stata libera e consapevole e se non siano intervenuti fattori perturbativi dei suoi processi decisionali.

La capacità decisionale si valuta attraverso strumenti di indagine neuropsicologica volti a verificare le seguenti funzioni cognitive: *a)* attenzione, *b)* memoria, *c)* funzioni esecutive, *d)* linguaggio, *e)* abilità visuo-spaziali. In ogni caso la valutazione della capacità, in tutte le sue sfaccettature, deve implicare un approccio multidimensionale di tipo neuropsicofisiologico.

Il percorso valutativo ideale della capacità dovrebbe includere: *a)* una dettagliata (ed eventualmente strutturata) anamnesi con il soggetto da esaminare e tutti coloro che possono dare informazioni (familiari, amici, colleghi di lavoro, medico curante, ecc.); *b)* una batteria di test neuropsicologici che, laddove possibile, contenga test empiricamente validati, esploranti sia lo stato cognitivo generale, sia quelle funzioni cognitive la cui integrità è ritenuta indispensabile per quella singola capacità (es. funzioni esecutive per la capacità di fare una scelta, memoria per la capacità a testimoniare, funzioni di controllo ed attentive per la guida, ecc.), e che fornisca utili informazioni quantitative sul livello di abilità; *c)* *assessment* delle abilità correlate alla singola capacità attraverso l'osservazione del comportamento o altri tipi di valutazione funzionale, ivi incluso l'utilizzo di strumenti che permettano una rappresentazione ecologicamente valida della capacità individuale; *d)* valutazione del funzionamento affettivo-emotivo; *e)* interpretazione dei risultati alla luce della patologia

(caratteristiche cliniche, decorso, ecc.), graduando i rilievi agli standard legali di riferimento (vedasi ad esempio soglie legali per il consenso informato nella malattia di Alzheimer). Infine, un approccio etico prevede anche *f)* l'identificazione e la raccomandazione di interventi di adattamento e supporti ambientali tesi a migliorare le capacità decisionali del soggetto, nonché percorsi di stimolazione cognitiva e riabilitazione neuropsicologica finalizzati a potenziare i domini cognitivi che sottendono la capacità decisionale (Rudebeck & Murray, 2014). Occorre segnalare che l'introduzione dell'istituto dell'amministrazione di sostegno ha fornito il diritto di uno strumento più duttile rispetto a interdizione e abilitazione, consentendo di ritagliare le limitazioni della capacità e i poteri dell'amministratore "su misura" del singolo beneficiario. L'amministrazione di sostegno apre maggiori opportunità ma insieme richiede una valutazione più complessa e articolata della situazione del beneficiario, consentendo, ad esempio, di valorizzare le competenze residue anche in persone gravemente compromesse o, al contrario, di costruire un regime di incapacità particolarmente "leggero" di fronte a disfunzioni cerebrali assai circoscritte. Si stanno affermando tecniche empiricamente fondate per favorire "decisioni supportate", Supported Decision-Making (SDM) (Davidson et al., 2015).

Di specifico interesse, per l'ambito civile, risultano essere la capacità di prendere decisioni in ambiti giuridicamente rilevanti (per esempio il disporre testamento, la firma di un contratto, il contrarre matrimonio o il cambiamento del sesso biologico): in queste situazioni è importante valutare la capacità di intendere e volere al momento dell'atto, al fine di tutelare i reali interessi della persona in questione. Ad esempio, un matrimonio o un testamento sono invalidi, anche se la persona ha la capacità legale di agire, se si dimostra la sua incapacità di intendere e di volere nel momento in cui li ha posti in essere; lo stesso vale per un contratto se la condizione di incapacità di intendere e di volere è nota alla controparte o facilmente riconoscibile.

Un altro campo molto esplorato nell'ambito civile è quello della valutazione delle capacità genitoriali, sia in fase di divorzio (in presenza quindi di una coppia più o meno conflittuale), sia in fase di adozione e affidamento di minori in momentaneo o permanente stato di abbandono. Precedentemente veniva applicata la valutazione del singolo genitore, dell'unità familiare e del contesto sociale all'interno del quale la famiglia è inserita: con l'avvento delle neuroscienze sono state studiate funzioni cognitive, sia pure non esclusive, concernenti la genitorialità (funzioni esecutive, empatia, regolazione emotiva, circuito della ricompensa; Swain et al., 2014) e i correlati neurali ad esse sottesi.

Corollario della valutazione genitoriale è la valutazione del discernimento del minore. In caso di divorzio o separazione, il minore di anni 12 ha il diritto di essere udito nelle sue volontà e preferenze; diritto spettante anche a minore di età inferiore nel caso disponga di capacità di discernimento. Suddette capacità si basano, in modo molto riassuntivo, sulle capacità cognitive di comprensione e sui processi decisionali consapevoli mirati al proprio benessere.

La capacità di agire risulta quindi un insieme di capacità principalmente cognitive. Esistono situazioni o eventi di vita che portano tali capacità a scemare a diversi livelli di gravità. In primo luogo la dipendenza da sostanze psicotrope di cui si dirà più avanti.

La capacità di agire può essere compromessa anche da *stress* e traumi cranici: lo *stress* iperattiva l'asse ipotalamo-ipofisi-surrene, il quale causa il rilascio di ormoni che in quantità eccessiva (in particolare del

cortisolo) può risultare neurotossico con effetti in primo luogo sulla memoria; i traumi cranici possono causare una tangibile lesione al cervello la quale prevede deficit diversi in base alla particolare area colpita.

Un altro fattore di recente interesse dal punto di vista neuroscientifico nel campo civile è la valutazione del *dolore*, il quale ha una duplice rilevanza: la prima riguarda il risarcimento del danno cagionato da terzi, la seconda, più inerente allo scopo di questo lavoro, riguarda il dolore cronico e la possibilità che esso causi danni temporanei al cervello, sia funzionali che strutturali, tali da indurre incapacità di intendere e volere al momento di una decisione rilevante giuridicamente.

In un contesto risarcitorio ovviamente l'esistenza del dolore è facilmente simulabile e proprio tale natura soggettiva ha influenzato la considerazione giuridica e legale del dolore, tanto che vari sistemi giurisprudenziali si sono occupati della sofferenza, della difficoltà di dimostrarla e della possibilità che si tratti di falsità (Pryor, 1991).

Fino ad oggi la questione veniva affrontata valutando la congruità fra le caratteristiche anatomico-cliniche e la soggettività riferita dal paziente. In altri termini, quanto riferisce il paziente è proporzionato rispetto al danno anatomico documentato oggettivamente? La valutazione di indizi, quali la presenza di traumi o malattie, è utile solo quando tali indizi sono effettivamente disponibili. Nei casi di dolore cronico, come la fibromialgia, è difficile dimostrare l'esperienza soggettiva della sofferenza e anche se il 10% della popolazione sperimenta il dolore cronico, spesso coloro che se ne lamentano vengono considerati dei simulatori.

Attualmente non si è in grado di distinguere sperimentalmente il dolore cronico di taluni confrontandolo con soggetti sani, per quel che concerne la cosiddetta "matrice del dolore". Ciò che si sa è che il dolore cronico è associato ad un aumento della reattività emotiva e ad una diminuzione di attività del circuito della ricompensa (Loggia et al., 2014; Marthur et al., 2015; Seminowicz, 2015). Oggi le neuroscienze mettono a disposizione nuove metodologie per ovviare a questo problema e lavorano per sviluppare metodi che consentano di osservare in maniera più affidabile l'esperienza soggettiva del dolore (Rainville et al., 1997), così che si possa identificare la sofferenza quando essa è realmente presente e, contemporaneamente, risolvere i dubbi quando non lo è.

La risonanza magnetica funzionale (fMRI, functional Magnetic Resonance Imaging), per esempio, permette di evidenziare le alterazioni nel funzionamento cerebrale che accompagnano il dolore genuino e che invece mancano nel dolore solo riferito sebbene non provato perché simulato. Un caso emblematico è quello dell'arto fantasma: sono state fatte numerose ricerche di validazione che permettono, ad esempio, di distinguere il dolore dell'arto in questione rispetto alle percezioni tattili dell'arto amputato senza dolore.

A tal proposito è rilevante la distinzione tra dolore fisico e dolore psicologico. Gli ordinamenti giurisprudenziali differiscono, ma in molti casi le cure e le terapie per il dolore psicologico non sono disponibili se non viene dimostrato un danno fisico. Recenti risultati delle neuroscienze, però, dimostrano che il dolore psicologico coinvolge le stesse regioni cerebrali attivate dal dolore fisico (Eisenberger, 2012). Inoltre, le tecniche di brain imaging sono risultate in grado di dimostrare la base fisica di alcuni disturbi classificati come psicologici, quali ad esempio il Disturbo Post-traumatico da Stress (PTSD, Post-Traumatic Stress Disorder) e

altri disturbi d'ansia (Shen, 2013). Ciò apre le porte all'idea che il trauma fisico e il trauma psichico possano essere potenzialmente considerati unitariamente.

Di interesse anche bioetico risulta essere la valutazione delle attività interpersonali in quegli stati di coscienza assenti, o minimi, in casi di apparente stato vegetativo permanente (Giacino et al., 2002). In un famoso esperimento è stato dimostrato che, sebbene incapaci di rispondere agli stimoli, i pazienti in stato vegetativo per gravi danni neuronali sono in grado di immaginare lo svolgimento di una partita di tennis (Owen et. al, 2006): questo è stato dedotto dall'attivazione dell'area motoria supplementare in questi pazienti e in un gruppo di volontari sani.

L'applicazione neuroscientifica può dunque assumere rilievo ai fini della decisione se interrompere le cure o l'alimentazione forzata grazie alla possibilità di rilevare attivazioni cerebrali simili a quelle di controlli sani a fronte di un'incapacità quasi totale di ricevere un feedback comportamentale. La questione se a data attivazione cerebrale corrisponda un adeguato stato mentale, pensiero e/o consapevolezza non ha ancora risposta.

IL DANNO PSICHICO DA TOSSICODIPENDENZA

L'approccio neuroscientifico può offrire una visione più scientifica alle valutazioni di carattere forense.

Nel nostro Ordinamento, se l'ubriachezza o l'uso di sostanze stupefacenti è volontario, colposo e preordinato non incide sull'imputabilità ed anzi nell'ultimo caso la pena è aumentata. Diversamente avviene se tali comportamenti sono cronici. Essi sono tali se provocano, secondo la Cassazione (sez. III, n° 805/2007), alterazioni patologiche permanenti di carattere ineliminabile, quali patologie a livello cerebrale, tali da far apparire indiscutibile che ci si trovi di fronte a una vera e propria malattia psichica, indipendentemente dal rinnovarsi di un'azione strettamente collegata all'assunzione delle sostanze stupefacenti.

La rassegna di Yucel e colleghi (2007) analizza e discute i risultati di 20 anni di studi su vulnerabilità prepatologiche, comorbidità, neurosviluppo evolutivo, al fine di fare il punto sullo stato dell'arte della letteratura che si è occupata delle conseguenze neuropsicologiche dell'uso a lungo termine di alcol, cannabis, inalanti, oppiacei, psicostimolanti ed ecstasy. La ricerca evince che gli individui con storia di uso cronico di sostanze mostrano gravi deficit neuropsicologici a livello di controllo esecutivo (inibitorio), memoria e processi decisionali, oltre ad anomalie neurobiologiche che interessano in particolare i circuiti fronto-temporali e i gangli della base. Il comportamento patologico, i tratti di personalità e i disturbi mentali, comuni fra chi fa uso di droghe, sono associati a deficit neuropsicologici simili.

Già da tempo, studi strutturali avevano evidenziato differenze nei lobi prefrontali dei poliassuntori (Liu et al., 1998) rispetto ai gruppi di controllo, non assuntori, evidenziando e documentando lesioni cerebrali correlate all'uso di sostanze stupefacenti. Tali studi vennero in seguito riconfermati anche grazie all'impiego di tecnologie più avanzate (Schlaepfer et al., 2006). Un grande e ulteriore apporto è giunto successivamente con l'utilizzo di tecniche in grado di cogliere non solo le caratteristiche strutturali ma anche quelle funzionali dell'attività cerebrale, quali la fMRI e la Tomografia ad Emissione di Positroni (PET, Positron Emission Tomography), che hanno permesso di osservare diversi aspetti collegati al funzionamento e alle attività cerebrali sotto l'azione di sostanze stupefacenti, oltre che a cambiamenti strutturali di particolari aree del cervello in seguito all'uso ripetuto di sostanze. Importanti osservazioni al proposito sono state fatte già da alcuni anni in merito all'attività di strutture fondamentali, quali il nucleo accumbens (NAc o NAcc) (Breiter et al., 1997), e altre aree cerebrali coinvolte nei meccanismi di *craving* (Kufahl et al., 2005; Risinger et al., 2005), aprendo nuove prospettive di conoscenza per la comprensione del meccanismo che porta alla conservazione dello stato di dipendenza. Oggi, infatti, il craving ed il suo correlato comportamentale di ricerca attiva della sostanza possono essere "visualizzati" attraverso una mappatura delle aree cerebrali che si attivano in relazione a stimoli trigger in grado di elicitare tali condizioni.

Le ricerche effettuate con la tecnica di risonanza magnetica (RM) hanno sostanzialmente confermato fin dall'inizio la riduzione di sostanza bianca e grigia negli alcolisti, l'allargamento ventricolare e un'ipertensione endocranica subaracnoidea. Altre aree del cervello, che vengono particolarmente colpite nei soggetti con dipendenza da alcol sono i lobi frontali, che sono coinvolti nel ragionamento, nella presa di decisioni e nel problem solving. La sostanza grigia delle regioni frontali risulta, inoltre, particolarmente compromessa nei

pazienti alcolodipendenti più anziani rispetto ai soggetti di controllo di pari età, segno questo di una maggiore vulnerabilità del cervello più vecchio agli effetti dell'alcol. Alterazioni strutturali appaiono anche in altre regioni coinvolte nei processi di memoria, quali l'ippocampo, i corpi mammillari, il talamo e la corteccia cerebellare (Pfefferbaum et al., 1997). La riduzione di volume nella sostanza bianca è risultata assai diffusa, con un picco del 10% nel corpo calloso. Le minori prestazioni ai test per le funzioni frontali correlavano con la perdita di volume di sostanza grigia nel lobo frontale, nell'insula, nell'ippocampo, nel talamo e nel cervelletto con la compromissione della sostanza bianca nel tronco dell'encefalo. Un'età di inizio più precoce è risultata essere associata ad una maggiore diminuzione di sostanza grigia nel cervelletto, nel ponte e nelle regioni frontali. Le alterazioni riscontrate nei volumi cerebrali hanno mostrato un'associazione significativa con la compromissione delle funzioni esecutive (Charnaud et al., 2009).

In un recente studio (Maurage et al., 2012), gli autori hanno voluto indagare le alterazioni cerebrali funzionalmente coinvolte nei sentimenti di esclusione sociale. I risultati hanno mostrato che nei soggetti alcolisti avviene un aumento dell'attivazione nell'insula ed una diminuzione nella corteccia prefrontale ventrolaterale. L'alcol-dipendenza sembra quindi associata ad una maggiore attivazione in zone che elicitano sentimenti di esclusione sociale (dACC e insula) e ad una incapacità ad inibire questi sentimenti (indicata dalla ridotta attivazione frontale). Gli autori suggeriscono che l'alterata regolazione frontale sia implicata nei problemi di interazione sociale spesso evidenti negli alcolisti, aggravata dalla compromissione della connettività fronto-cingolata. Per quanto riguarda la neurobiologia dell'alcol-dipendenza, si è constatato (Anstee et al., 2013) che un determinato genotipo può essere predisponente alla dipendenza da sostanze alcoliche: un difetto del gene *Gabrb1* spingerebbe a preferire l'alcol ad altre bevande; probabilmente questo gene influenzerebbe il metabolismo e/o il sistema neurotrasmettitoriale, in particolare quello delle proiezioni dopaminergiche (Di Nuovo, 2014; Jones, Schall e Shen, 2014).

I LIMITI DELLA NEUROGIURISPRUDENZA

Una riflessione generale induce a guardarsi dall'incorrere nel riduzionismo. Per riduzionismo si intende la necessità di presentare l'evidenza neuroscientifica, perché essa sia compresa, in maniera talmente semplice da aggiungere molto poco all'evidenza comportamentale. Il problema che si pone è quello di riuscire ad estrarre dall'evidenza neuroscientifica inferenze che siano traducibili all'interno del contesto giudiziario che caratterizza ogni singolo caso.

Il cervello cambia. Il nostro cervello non è quello di ieri. Non è possibile misurare costantemente il funzionamento cerebrale così che sia possibile ricollegare l'attività cerebrale registrata in un momento specifico ad un momento successivo. Quindi può essere difficile sapere, nel momento attuale, come lo stesso cervello funzionava sei mesi fa, nel momento in cui è accaduto l'evento giuridicamente rilevante. Per esempio, potrebbe essere che dopo molti anni la detenzione in regime di isolamento determini una modificazione a livello cerebrale. Interpretare la rilevanza e il significato di un simile dato non è facile. Da un lato, esiste la possibilità che un'anomalia strutturale o funzionale possa rimettere in discussione le conclusioni tratte dal giudicante riguardo alla colpevolezza dell'imputato al tempo dell'atto criminale. D'altro canto, è più probabile che le anomalie rilevate siano di natura indeterminata e casuale. Non è possibile dimostrare che un cervello caratterizzato da tali anomalie era sano al tempo in cui il fatto criminoso è stato compiuto. Occorre riflettere sul fatto che stimare una connessione causale tra la funzione cerebrale e l'atto compiuto, sulla base di una RM, è discutibile poiché non è certo che qualsiasi anomalia cerebrale rilevata possa aver causato l'atto che ha portato una persona ad essere incarcerata piuttosto che essere una conseguenza dell'essere in carcere.

Le funzioni mentali non sono ipso facto attivazioni di specifiche aree cerebrali, se non altro perché i cervelli delle persone sono diversi e ogni cervello è plastico e soggetto a mutamenti nel tempo. Se è scontato che la gran parte dei neuroscienziati si muova in una cornice (implicitamente) "riduzionistica", secondo la quale gli stati mentali sono identici agli stati cerebrali, il diritto (implicitamente) non fa proprio tale approccio, dato che quest'ultimo è estraneo alla psicologia.

Sembra che si debba quindi costruire un "ponte" teorico-concettuale o, comunque, trovare una cornice che consenta di collegare ciò che le neuroscienze possono dire sul funzionamento del cervello del soggetto e l'impianto psicologico del diritto e del giudizio.

Al crescere della conoscenza e della precisione degli strumenti diagnostici, la correlazione tra stati cerebrali e stati mentali potrà divenire progressivamente meglio accertata e supportare altri tipi di diagnosi nel segnalare deficit o lesioni cerebrali (persistenti o transitori/e) che si associano al malfunzionamento delle operazioni mentali in questione, al fine di valutare la colpevolezza o l'imputabilità di un soggetto. La potenza di tale modello non può essere sottovalutata in quanto le correlazioni in molti casi sono significative e stabili. Al punto che è possibile ipotizzare che in talune situazioni siano sufficienti le sole correlazioni tra anomalie degli stati cerebrali e presunte anomalie delle funzioni psicologiche per decretare la non colpevolezza o la non imputabilità di un soggetto, o comunque il suo non essere in possesso delle capacità rilevanti per l'atto giuridico considerato.

“*I cervelli non commettono crimini; le persone commettono crimini*”, così scrive Stephen Morse (2006, p. 397) riferendosi al fascino delle neuroscienze che, per le immagini che presentano, appaiono suggestive nei processi con lo scopo di introdurre spiegazioni del comportamento umano. È facile rispondere però che anche la “mente” non commette crimini, eppure il codice penale è *mentalistico* in quanto parla di “intendere e volere”, “coscienza e volontà”, ecc. Secondo l’autore, il fatto di incolpare i cervelli dei fatti criminosi porta ad una forte riflessione morale e giuridica sul concetto di responsabilità. Ironicamente, l’ossessione di dare una spiegazione “cerebrale” ad ogni evento viene da lui chiamata “Brain Overclaim Syndrome” (BOS) traducibile in “Sindrome da Cervello che Spiega Troppo”. Morse pone due argomentazioni che rendono fallace l’inserimento delle neuroscienze come giustificazione di mancata responsabilità: una di tipo *interna* e una di tipo *esterna*. Le argomentazioni interne addotte da Morse riguardano il fatto che le prove neuroscientifiche riferiscono dati del presente e non un’analisi del cervello dell’imputato al momento del crimine: questo porterebbe ad inferenze sullo stato mentale della persona che potrebbero non corrispondere al vero. Le neuroscienze non sono dunque abbastanza avanzate e precise da risultare “*genuinamente rilevanti dal punto di vista legale*” (*ibidem*, p. 400).

Occorre notare però che ogni valutazione relativa all’imputabilità è sempre rivolta al passato, soprattutto con indagini psicologiche, psichiatriche e medico-legali svolte nel presente, con tutte le difficoltà già segnalate vista la mutevolezza biologica del cervello.

Le argomentazioni esterne sono invece due: la prima afferma che le neuroscienze evidenziano come la mente umana sia dotata di automatismi, dallo spasmo al sonnambulismo, sovente indipendenti da qualsiasi stato mentale e questo rende il pensiero un’illusione; la filosofia della mente associa queste affermazioni al *materialismo* riduttivo. La seconda afferma che, alla luce del determinismo, le neuroscienze dimostrano che tutta la condotta umana è “*meccanicamente*” predeterminata e ciò crea incompatibilità con la responsabilità soggettiva; l’autore riferisce di essere più propenso alla corrente del “*compatibilismo*”, il quale invece prevede che la responsabilità sia attribuibile ad alcuni e negabile ad altri. La disputa non può essere risolta dalle neuroscienze stesse, in quanto essa è di natura metafisica e normativa e non logica.

Occorre aggiungere che Jones e Shen (2012) analizzano le critiche poste dagli accademici sulla questione neurogiurisdizionale. Prima tra tutte: una fMRI, per esempio, cosa mostra? Essa rileva il cambiamento di ossigenazione di una determinata area cerebrale presupponendo che maggiore ossigeno implichi maggiore attività; ma dire che quella determinata area si attiva in tale modo significa dare per certo che quella persona stia avendo quegli specifici pensieri o abbia specifici stati mentali? Ricondurre un pensiero ad un’area cerebrale attivata richiede delle inferenze, le quali possono essere fallaci. In effetti, lo scanner della fMRI non genera immagini del cervello, ma esse sono generate attraverso una serie di decisioni (prese dall’operatore) riguardo le procedure di analisi da operare, i confronti statistici più appropriati da eseguire e la soglia statistica da utilizzare. L’inferenza, anche se giustificata, confermata, resistente alle falsificazioni, rimane pur sempre un’inferenza e come tale va apprezzata. La fMRI permette di fare inferenze sulla mente, che a loro volta si basano su inferenze relative all’attività neurale e che a loro volta si basano sulla rilevazione di funzioni fisiologiche che sono associate all’attività cerebrale.

Un'altra critica rilevata da Jones e Shen (2012), ripresa da Meixner (2015), riguarda la teoria *G2i* (abbreviazione di *Group to individual*) la quale si riferisce ad una dimensione più *normativa*, nel senso statistico e non giuridico del termine. Prendendo ad esempio le scansioni di fMRI, per dimostrare un deficit a qualsiasi livello dell'imputato si potrebbe misurare l'attività di individui con quel deficit e dimostrare che il cervello dell'imputato è omogeneo al gruppo. Non è però detto che questo faccia corrispondere all'imputato tale deficit, in quanto bisogna sempre tener conto delle differenze individuali (Hariri, 2009). Ciò significa che le evidenze scientifiche ottenute attraverso un'analisi di gruppo, non sono automaticamente o necessariamente applicabili a casi individuali. L'inferenza statistica, per essere significativa, si presuppone rasenti la massima probabilità di esattezza, ma questo non avviene: il livello di significatività, per quanto possa rasentare lo zero per cento di errore, non lo raggiungerà mai per definizione.

I neuroscienziati dunque possono aiutare il giudice a non sovrainterpretare o sottointerpretare l'evidenza neuroscientifica. Sono questi i tipi di chiarimento che il giudice ha la necessità di sapere e che il neuroscienziato deve fornire. Ciò per rendere il suo ruolo di "peritus peritorum" - nel senso che può venirsi a trovare nella condizione di dover scegliere tra due consulenze di segno opposto - maggiormente consapevole ed informato (Fusaro N., 2015).

L'altro nodo cruciale delle neuroscienze in campo forense, e non solo, è l'irrisolta questione del libero arbitrio e della conseguente responsabilità del soggetto (De Caro et al., 2014): se la concezione del soggetto in grado di agire autonomamente risulta compromessa, in quanto i neuroni si attivano prima che io possa divenire consapevole dell'atto da compiere, che colpa ho se ho commesso qualcosa di moralmente o giuridicamente inaccettabile? Già Socrate affermava "*nemo sua sponte peccat*".

Un aspetto molto importante ma estraneo ai limiti del presente documento sarà il definire come i contributi della neurocriminologia possono influire sulla nostra concezione e sulle nostre attività concernenti la prevenzione, la punizione e il trattamento dei reati.

Emerge, nello stesso senso di quanto ritenuto nel *Brain Waves Module 4: Neuroscience and the law* (2011), che allo stato attuale le neuroscienze possono aprire un utile ma non autonomo contributo alle diagnosi giudiziarie dovendo interagire con altre discipline quali la psicologia, la sociologia, la psichiatria, la medicina legale, le scienze del comportamento e la genetica comportamentale.

Stante i continui avanzamenti della ricerca nel campo, occorrerà che il presente memorandum sia rivisto ed aggiornato ogni tre anni, predisponendo standard di validità, obiettività, ripetibilità, accettazione del metodo e della prova da parte della comunità scientifica di riferimento, nonché di sottoposizione della prova stessa alla cosiddetta verifica di resistenza.

Umberto Castiello, Professore Ordinario di Psicobiologia e Psicologia Fisiologica Università degli Studi di Padova, membro del Centro Linceo Beniamino Segre all'Accademia Nazionale dei Lincei.

Raffaele Caterina, Professore Ordinario di Diritto Privato, Università di Torino, Direttore del Dipartimento di Scienze Giuridiche, Università di Torino, Direttore del CLEI - Centre for the Comparative Analysis of Law and Economics, Economics of Law, Economics of Institutions.

Mario De Caro, Professore Associato in Filosofia Morale, Università Roma Tre.

Luisella De Cataldo, Avvocato Foro di Milano, Psicologa, Presidente Società di Psicologia Giuridica.

Stefano Ferracuti, Professore Associato di Psicologia Clinica, Dirigente Medico I livello.

Antonio Forza, Avvocato, Foro di Venezia, Docente Master Psicopatologia e Neuropsicologia Forense Università degli Studi di Padova, Membro del Direttivo Società di Psicologia Giuridica.

Natale Fusaro, Avvocato penalista, Coordinatore Didattico Scientifico Master Universitario di II livello in Scienze Forensi.

Guglielmo Gulotta, Avvocato Foro di Milano, Psicologo, Psicoterapeuta, Già Docente di Psicologia Giuridica, Università degli Studi di Torino, Socio A.R.I.P.T. - Associazione Ricerche Interdisciplinari Psicologia Turismo - e membro del Consiglio Scientifico, Consigliere Società di Psicologia Giuridica, Presidente e fondatore della Fondazione Guglielmo Gulotta di Psicologia Forense e della Comunicazione. Direttore scientifico della Scuola di Alta Qualificazione in Psicologia Interpersonale, Investigativa, Criminale e Forense, Presidente dell'Associazione Di.Me.Ce (Diritto Mente e Cervello).

Francesco Mauro Iacoviello, Giudice Corte di Cassazione.

Cataldo Intrieri, Avvocato, Foro di Roma, Socio Società di Psicologia Giuridica.

Andrea Lavazza, Giornalista Scientifico de l'Avvenire, Docente al Master di Psicopatologia e Neuropsicologia forense dell'Università degli Studi di Padova.

Andrea Mascherin, Avvocato penalista, Presidente del Consiglio Nazionale Forense.

Silvia Pellegrini, Associate Professor of Clinical Biochemistry and Molecular Biology Department of Clinical and Experimental Medicine_University of Pisa - Dirigente Biologa SD Patologia Clinica Azienda Ospedaliero Universitaria Pisana_AOUP.

Pietro Pietrini, Specialista in Psichiatria, Direttore U.O. complessa di Psicologia Clinica - Azienda Ospedaliero Universitaria Pisana, Ordinario di Biochimica Clinica e Biologia Molecolare Clinica Dipartimento di Patologia Chirurgica, Medica e Molecolare e dell'Area Critica - Università di Pisa, Direttore della Scuola di Specializzazione in Biochimica Clinica, Presidente del Corso di Laurea in Scienze e Tecniche di Psicologia della Salute e del CdL Magistrale in Psicologia Clinica - Università degli Studi di Pisa.

Rino Rumiati, Professore Ordinario di Psicologia Generale e di Psicologia del giudizio e della decisione, Università degli Studi di Padova.

Luca Sammiceli, Professore a contratto, Università degli Studi di Padova.

Giuseppe Sartori, Professore Ordinario di Neuropsicologia e Psicopatologia Forense Università degli Studi di Padova, Direttore della Scuola di Specializzazione in Neuropsicologia e Direttore del Master in Psicopatologia e Neuropsicologia Forense Università degli Studi di Padova, Membro del Direttivo Società di Psicologia Giuridica.

Claudia Squassoni, Giudice Corte di Cassazione, Socio Onorario Società di Psicologia Giuridica.

Andrea Stracciari, Docente a contratto presso l'Università di Bologna, Docente a Master Universitari di Perfezionamento, Università degli Studi di Bologna, Padova e Pavia, Dirigente Medico di Neurologia.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., (2011). *Brain Waves Module 4: Neuroscience and the law*. London: The Royal Society, Science Policy Centre, December I.
- Anstee Q.M., Knapp S., Maguire E.P., Hosie A.M., Thomas H.C. (2013). Mutations in the *Gabrb1* gene promote alcohol consumption through increased tonic inhibition. *Nature Communications*, 4(10), 1038-ss.
- APA (2014). *Manuale diagnostico e statistico dei disturbi mentali*. 5 edizione. Milano: Cortina.
- Arnett J.J. (2007). Socialization in emerging adulthood. From family to the wider world, from socialization to self-socialization. In J.E. Grusec & P.D. Hastings (eds.) *Handbook of socialization. Theory and research* (pp. 208-231). New York: Guilford.
- Aspinwall L.G., Brown T.R., Tabery J. (2012). The double-edged sword: does biomechanism increase or decrease judges' sentencing of psychopaths? *Science*, 337(6096), 846-849.
- Belsky J., Jonassaint C., Pluess M., Stanton M., Brummett B., Williams R. (2009). Vulnerability genes or plasticity genes? *Mol Psychiatry*, 14, 746-754.
- Belsky J., Beaver K.M. (2011). Cumulative-genetic plasticity, parenting and adolescent self-regulation. *J Child Psychol Psychiatry*, 52, 619-626.
- Bianchi A., Gulotta G., Sartori G. (2009). *Manuale di neuroscienze forensi*. Milano: Giuffrè.
- Bona C., Rumiati R. (2013). *Psicologia cognitiva per il diritto*. Bologna: Mulino.
- Breiter H.C., Gollub R.L., Weisskoff R.M., Kennedy D.N., Makris N., Berke J.D., Hyman S.E. (1997). Acute effects of cocaine on human brain activity and emotion. *Neuron*, 19(3), 591-611.
- Buchanan A. (2008). Risk of violence by psychiatric patients: beyond the "actuarial versus clinical" assessment debate. *Psychiatric Services*, 59, 184-190.
- Caterina R. (2008). *I fondamenti cognitivi del diritto*. Bologna: Mondadori.
- Chanraud S., Reynaud Martinot, J.L. (2009). Diffusion tensor tractography in mesencephalic bundles: relation to mental flexibility in detoxified alcohol-Dependent subjects. *Neuropsychopharmacology*, 34, 1223-1232.
- Davidson G., Kelly B., Macdonald G., Rizzo M., Lombard L., Abogunrin O., Clift-Matthews V., Martin A. (2015). Supported decision making: a review of the international literature. *International Journal of Law and Psychiatry*, 38, 61-67.
- De Caro M., Mori M., Spinelli E. (2014). *Libero arbitrio. Storia di una controversia filosofica*. Roma: Carocci.
- Di Nuovo S. (2014). *Prigionieri delle neuroscienze?* Milano: Giuffrè.
- Eisenberger N.I. (2012). The pain of social disconnection: examining the shared neural underpinnings of physical and social pain. *Nature Reviews Neuroscience*, 13, pp. 421-434.
- Fusaro N. (in press) *Prova scientifica e ragionamento probatorio tra emozionalità e metodo*. Intervento al convegno *Prova scientifica, ragionamento probatorio e decisione giudiziale*, Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano, 10-11 ottobre 2014, Napoli.
- Giacino J.T., Ashwal S., Childs N., Cranford R., Zasler N.D. (2002). The minimally conscious state: definition and diagnostic criteria. *Neurology* 58: 349-353.
- Giedd J.N., Blumenthal J., Jeffries N.O., Castellanos F.X., Liu H., Zijdenbos A., Paus T., Evans A.C., Rapoport, J.L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI STUDY. *Nature Neuroscience*, 2: 861-863.

- Grisso T. (2003). *Evaluating competencies: Forensic assessments and instruments*. New York: Springer Science & Business Media.
- Gulotta G. (1987). La questione imputabilità. In G. Gulotta (a cura di), *Trattato di psicologia giudiziaria nel processo penale* (pp. 75-145). Milano: Giuffrè.
- Gulotta G. (2002). *Elementi di psicologia giuridica e di diritto psicologico*. Milano: Giuffrè.
- Gulotta G. (2011). *Compendio di psicologia giuridico-forense, criminale e investigativa*. Milano: Giuffrè.
- Hariri A.R. (2009). The neurobiology of individual differences in complex behavioral traits. *Annual review of neuroscience*, 32, 225.
- Jones O. D., Schall J. D., Shen F.X. (2014). *Law and neuroscience*. New York: Wolters Kluwer Law & Business.
- Jones D.O., Shen F.X. (2012). Law and neuroscience in the United States. In TM Spranger (a cura di), *International Neurolaw*. Verlag Berlin: Springer.
- Keating D.P. (2000). What's inside the teenage brain? *Current Health*, 2, 27 (3), 6.
- Kufahl P.R., Li Z., Risinger R.C., Rainey C.J., Wu G., Bloom A.S., Li S.J. (2005). Neural responses to acute cocaine administration in the human brain detected by fMRI. *Neuroimage*, 28(4), 904-914.
- Lavazza A., Sammiceli, L. (2012). *Il delitto del cervello*. Torino: Codice.
- Liu X., Matochik J.A., Cadet J.L., London E.D. (1998). Smaller volume of prefrontal lobe in polysubstance abusers: a magnetic resonance imaging study. *Neuropsychopharmacology*, 18(4), 243-252.
- Loggia M.L., Berna C., Napadow V. (2014). Disrupted Brain Circuitry for Pain-Related Reward/Punishment in Fibromyalgia. *Arthritis & Rheumatology*, 66(1), 203-212.
- Luna B., Thulborn K.R., Munoz D.P., Merriam E.P., Garver K.E., Minshew N.J., Keshavan M.S., Genovese C.R., Eddy W.F., Sweeney J.A. (2001). Maturation of widely distributed brain functions sub serves cognitive development. *Neuroimage*, 13 (5), pp. 786-793.
- Mathur V.A., Khan S.A., Keaser M.L., Hubbard C.S., Goyal M., Seminowicz D.A. (2015). Altered cognition-related brain activity and interactions with acute pain in migraine. *Neuroimage: Clinical*, 7, 347-358.
- Maurage P. et al. (2012) Disrupted Regulation of Social Exclusion in Alcohol-Dependence: An fMRI Study. *Neuropsychopharmacology*, 1-9.
- Meixner Jr, J.B. (2015). Applications of neuroscience in criminal law: legal and methodological issues. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 15(2), 1-10.
- Merzagora I. (2011). Il colpevole è il cervello: imputabilità, neuroscienze, libero arbitrio: dalla teorizzazione alla realtà. *Rivista italiana di medicina legale*, 1, 175-208.
- Morse S. (2006). Brain Overclaim Syndrome and criminal responsibility: a diagnostic note. *Faculty Scholarship*, 117, 397-412.
- Owen A.M., Coleman M.R., Boly M., Davis M.H., Laureys S., Pickard J.D. (2006). Detecting awareness in the vegetative state. *Science*, 313(5792), 1402-1402.
- Pfefferbaum A., Sullivan E.V., Hedehus M., Adalsteinsson E., Lim K.O., Moseley M. (2000) In vivo detection and functional correlates of white matter microstructural disruption in chronic alcoholism. *Alcohol Clin Exp Res* 24: 1214-1221.
- Pontius A.A. (2003). From volition action to automatized homicide: changing levels of self and consciousness during partial limbic seizures. *Aggression and violent Behavior*, 8: 547-561.
- Pontius A.A., Rutting K. (1976). Frontal lobe system maturational lag in juvenile delinquents as shown in the narratives test. *Adolescence*, 11: 509-518.

- Pontius A.A., Yudowits B.S. (1980). Frontal lobe system dysfunction in some criminal actions as shown in the narratives test. *Journal of nervous and mental disease*, 168: 111-117.
- President's Council on Bioethics (2004). *Staff working paper: an overview of the impact of the neuroscience*. Retrieved from http://bioethics.georgetown.edu/pcbe/background/neuroscience_evidence.html.
- President's Council on Bioethics (2015). *Gray matters volume 2: topics at the intersection of neuroscience, ethics, and society*. Retrieved from http://bioethics.gov/sites/default/files/GrayMatter_V2_508.pdf.
- Pryor E.S. (1991). Compensation and the ineradicable problems of pain. *George Washington Law Review*, 59: 239.
- Raine A. (2013). *The anatomy of violence: the biological roots of crime*. New York: Pantheon Books.
- Rainville P., Duncan G.H., Price D.D., Carrier B., Bushnell M.C. (1997). Pain affect encoded in human anterior cingulate but not somatosensory cortex. *Science*, 277, (5328): 968-971.
- Rigoni D., Sammiceli L., Sartori G. (2015). Looking for the right intention: can neuroscience benefit from the law, *Frontiers in neuroscience*, 9: 1-3.
- Risinger R.C., Salmeron B.J., Ross T.J., Amen S.L., Sanfilippo M., Hoffmann R.G., Stein E.A. (2005). Neural correlates of high and craving during cocaine self-administration using BOLD fMRI. *Neuroimage*, 26(4), 1097-1108.
- Rudebeck, P.H., Murray E.A. (2014). The Orbitofrontal Oracle: Cortical Mechanisms for the Prediction and Evaluation of Specific Behavioral Outcomes. *Neuron*, 84(6), 1143-1156.
- Sartori G., Agosta S., Zogmaister C., Ferrara S.D., Castiello U. (2008). How to Accurately Detect Autobiographical Events. *Psychological science*, 19(8): 722-780.
- Schlaepfer T.E., Lancaster E., Heidbreder R., Strain E.C., Kosel M., Fisch H.U., Pearlson G.D. (2006). Decreased frontal white-matter volume in chronic substance abuse. *The International Journal of Neuropsychopharmacology*, 9(02): 147-153.
- Seminowicz D. (2015). *Emotion and pain: Beyond "all in your head"*. Retrieved from <http://blogs.law.harvard.edu/billofhealth/2015/07/30/emotion-and-pain-beyond-all-in-your-head/>
- Shen F.X. (2013). Mind, body, and the criminal law. *Minnesota Law Review*, 97 (2036-2175).
- Simons R.L., Lei M.K., Beach S.R. (2011). Social Environmental Variation, Plasticity Genes, and Aggression: Evidence for the Differential Susceptibility Hypothesis. *Am Sociol Rev*, 76, 833-912.
- Spear L.P. (2000). The adolescent brain and age-related behavioural manifestations. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 24, 417-463.
- Stracciari A., Bianchi A., Sartori G. (2010). *Neuropsicologia forense*. Bologna: Mulino.
- Strata P. (2014). *La strana coppia. Il rapporto mente-cervello da Cartesio alle neuroscienze*. Roma: Carocci.
- Swain J.E., Kim P., Abel K.M. (2014). Approaching the biology of human parental attachment: Brain imaging, oxytocin and coordinated assessments of mothers and fathers. *Brain Research*, 1580, 78-101
- Van Ijzendoorn M.H., Belsky J., Bakermans-Kranenburg M.J. (2012). Serotonin transporter genotype 5HTTLPR as a marker of differential susceptibility? A meta-analysis of child and adolescent gene-by-environment studies. *Transl Psychiatry*, 2: e147.
- Yücel M., Yücel M., Lubman D.I. (2007). Neurocognitive and neuroimaging evidence of behavioural dysregulation in human drug addiction: implications for diagnosis, treatment and prevention. *Drug and Alcohol Review*, 26(1), 33-39.
- Yucel M., Lubman D.I., Solowij N., Brewer W.J. (2007). Understanding drug addiction: a neuropsychological perspective. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 41(12), 957-968.
- Zara G., Farrington D.P. (2016). *Criminal recidivism. Explanation, prediction and prevention*. London: Routledge.