

IL CERVELLO MORALE E IL COMPORTAMENTO CRIMINALE

Manuela Fumagalli e Alberto Priori

Abstract

In questo articolo, partendo dal presupposto che il comportamento aggressivo e violento è la manifestazione di un alterato giudizio morale, si cercherà di comprendere quali sono le regioni del cervello che sono maggiormente implicate nelle decisioni e nei comportamenti morali, a partire dalla revisione della letteratura in ambito neuroscientifico, dalla neurologia alle neuroimmagini, dalla psichiatria alla genetica comportamentale. Le strutture cerebrali maggiormente coinvolte sono il lobo frontale, che pianifica e regola il comportamento morale, il lobo temporale, implicato nell'attribuzione di stati mentali e intenzioni, e strutture sottocorticali quali l'amigdala, principale centro emotivo. Nel cervello umano esiste quindi uno specifico e complesso circuito coinvolto nel comportamento morale che include strutture cerebrali sia corticali che sottocorticali e che è modulato da neurotrasmettitori e sistemi ormonali. Tale circuito interagisce con l'ambiente in tutte le fasi della vita umana anche in relazione al patrimonio genetico dell'individuo. Le potenziali implicazioni cliniche, forensi e legali degli studi in tale ambito aprono nuovi scenari sia per la cura e la riabilitazione sociale di soggetti violenti tramite trattamenti specifici (farmaci, neurostimolazione, psicoterapia) sia, in ambito forense, ai fini del giudizio di soggetti che hanno commesso atti criminali.

Introduzione

Il comportamento e il giudizio morale sono da circa un decennio oggetto di interesse di diverse discipline di ambito neuroscientifico, dalla neurologia alle neuroimmagini, dalla psichiatria alla genetica comportamentale alla psiconeuroendocrinologia¹.

Prima di comprendere quali sono le regioni del cervello maggiormente implicate nel giudizio morale, è necessario precisare da un punto di vista pratico che cosa esso sia e quali sono le sue manifestazioni comportamentali. Mentre su un piano teorico e filosofico non è semplice dare una definizione univoca ed esaustiva di morale (il dibattito filosofico dura ormai da secoli), da un punto di vista comportamentale gli studi si sono focalizzati sul comportamento umano di fronte a situazioni problematiche, note come dilemmi morali, che chiedono di giudicare l'appropriatezza di una violazione morale, quale, per esempio, uccidere una persona per ottenere un grande bene come salvare altre vite. Gli studi su pazienti si sono invece focalizzati su alcune forme di comportamento aggressivo e violento (in assenza di altre grossolane alterazioni psichiche o cognitive) che può essere considerato "amorale".

La presenza di disturbi mentali e neurologici (es. schizofrenia, disturbi affettivi, traumi cranici, lesioni cerebrali), fattori ambientali (es. scarso successo lavorativo e personale, condizioni socio-economiche, storia di abusi familiari, separazione dei genitori) e genetici (es. familiarità per disturbi psichiatrici e abuso di sostanze) contribuiscono a determinare il comportamento violento: tali elementi sono anche responsabili dello sviluppo di psicopatia, sociopatia e del disturbo antisociale di personalità. Nel contesto delle anomalie del comportamento morale si possono includere anche i disturbi del comportamento sessuale, come la pedofilia e le parafilie. In tali patologie il denominatore comune è infatti l'incapacità di conformarsi alle norme e alle regole sociali manifestando comportamenti immorali.

Sebbene sia noto che è il nostro cervello a determinare il comportamento, solo negli ultimi anni vanno chiarendosi le specifiche strutture anatomiche cerebrali più direttamente implicate nel comportamento e nel giudizio morale.

Il lobo frontale

La prima evidenza clinica di un legame tra personalità, comportamento, moralità e lobo frontale è rappresentata dal caso di Phineas Gage, l'operaio che nel 1848 subì un incidente in cui una sbarra di ferro attraversò la parte anteriore del suo cranio provocando una lesione di entrambi i lobi frontali². Il paziente dopo l'incidente cambiò personalità divenendo intrattabile, incapace di perseguire uno scopo, di umore variabile, irriverente e blasfemo.

In virtù della stretta connessione tra lobo frontale e comportamento, nel 1936 il neurologo portoghese Egas Moniz propose di trattare alcune malattie mentali resecando chirurgicamente le connessioni tra corteccia frontale e talamo. Dopo essere stata praticata per circa un decennio, questa tecnica fu gradualmente abbandonata quando iniziarono a comparire i primi psicofarmaci e quando ci si rese conto che i risultati non sempre erano positivi, e che in una piccola percentuale di casi (circa il 14%) si manifestavano epilessia, alterazioni del comportamento, dell'umore e delle funzioni cognitive. Tra gli effetti collaterali, si annovera anche la disinibizione del comportamento, e la tendenza ad atti violenti e criminali³. A parte la variabilità dei risultati, spiegabile con tecniche chirurgiche al tempo ancora molto rudimentali e prive di strumenti tecnologici di neuroimaging, ciò che risulta chiaro dalle esperienze psicochirurgiche è che lesioni del lobo frontale possono indurre alterazioni del comportamento morale.

Pazienti con lesioni acquisite della *corteccia ventromediale prefrontale* presentano un comportamento disinibito, caratterizzato da impulsività e mancata considerazione delle conseguenze delle azioni, con tendenza all'aggressività. Tali pazienti mantengono una conoscenza astratta delle norme sociali, ma non sono in grado di applicarle nelle situazioni sociali in cui si trovano. Posti di fronte a dilemmi morali sono freddi calcolatori, privi di empatia.

Talvolta il comportamento è deviante da un punto di vista sessuale: la riduzione della sostanza grigia nella corteccia frontale orbitale è riportata in pazienti pedofili⁴, inoltre in letteratura è descritto il caso di un paziente con un tumore orbitofrontale destro che presentava pedofilia,

risoltasi in seguito alla rimozione chirurgica del tumore. La corteccia prefrontale è coinvolta anche nello sviluppo morale, infatti studi lesionali su pazienti in età evolutiva con lesioni acquisite in tale regione mostrano un'alterazione del comportamento morale.

In pazienti antisociali e psicopatici, in assenza di lesioni cerebrali, la corteccia prefrontale mostra una riduzione di sostanza grigia e dal punto di vista funzionale una ridotta attivazione⁵.

Anche studi di neuroimaging in soggetti sani riportano l'attivazione di tale area durante decisioni morali. Uno studio condotto dal nostro gruppo ha impiegato una tecnica di neurostimolazione non invasiva, la stimolazione transcranica a correnti dirette o transcranial direct current stimulation (tDCS) per studiare il ruolo della corteccia ventromediale prefrontale nel giudizio morale e ha dimostrato che il passaggio di correnti anodiche nel cervello femminile rende le donne meno "moralì", ovvero meno altruiste rispetto ad una condizione basale, mentre ciò non si verifica nel cervello maschile. L'ipotesi è che la stimolazione anodica riduca l'attività prefrontale durante la valutazione emotiva di una situazione morale, tale riduzione risulta significativa nel cervello femminile che sarebbe più propenso a mettere in atto un comportamento altruistico e di aiuto⁶. Questo studio suggerisce la possibilità della neurostimolazione non invasiva di interferire con la capacità di giudizio e decisione e apre possibilità future di applicazione anche in ambito clinico. Attualmente si ipotizza che nel complesso la corteccia ventromediale prefrontale sia coinvolta nel processamento emotivo di contenuti morali.

La *corteccia prefrontale dorsolaterale* costituisce invece la sua controparte razionale: tale regione è coinvolta in compiti di problem-solving e decision-making ed è in competizione con la corteccia ventrale prefrontale nel controllare e reprimere reazioni emotive a situazioni sociali⁷.

La *corteccia cingolata anteriore* media il conflitto tra le componenti emotive e razionali del ragionamento morale⁷.

In conclusione quindi il lobo frontale è ampiamente implicato nel controllo del comportamento morale, particolarmente attraverso tre aree corticali: la corteccia prefrontale ventromediale, la corteccia prefrontale dorsolaterale e la corteccia cingolata.

Il lobo temporale

È ancora una volta la psicochirurgia ad aprire la strada allo studio della relazione tra lobo temporale e comportamento violento: nel 1891, Burckhardt rimosse il lobo temporale in 5 pazienti con disturbo psichiatrico e aggressività. La rimozione del lobo temporale è una tecnica impiegata anche per il trattamento di pazienti con epilessia del lobo temporale, che spesso presentano disturbi psichiatrici, cognitivi e comportamentali.

Nei soggetti sani si è dimostrato che il *solco temporale superiore* interviene nell'elaborazione dei dilemmi morali ed è implicato nel processamento emotivo e sociale delle informazioni (Greene et al., 2004). La *giunzione temporo-parietale* è invece coinvolta nella teoria della mente (la capacità di comprendere i pensieri, le credenze e le intenzioni altrui). Studi con la stimolazione magnetica transcranica (TMS) durante compiti morali hanno mostrato che tale regione è implicata nel giudizio sull'ammissibilità morale di azioni dannose per gli altri.

Il ruolo del lobo temporale nel comportamento amorale è dimostrato anche dal riscontro di una ridotta attivazione funzionale, da alterazioni strutturali e riduzione del volume del lobo temporale in pazienti psicopatici⁵.

Infine l'*ippocampo* ha un ruolo importante nelle emozioni e nel comportamento: uno studio ha riportato una correlazione negativa significativa tra il volume ippocampale e il grado di psicopatologia in criminali violenti, mentre un altro lavoro ha riscontrato una morfologia ippocampale anomala in tali soggetti. Infine la stimolazione dell'ippocampo nell'uomo genera reazioni di rabbia.

Il lobo parietale

Vi sono poche evidenze che documentano il coinvolgimento del *lobo parietale inferiore* nel giudizio morale in soggetti sani, tuttavia attribuito a funzioni quali la working memory e il controllo cognitivo⁷. In soggetti criminali violenti solo alcuni studi di neuroimaging funzionale riportano

un'alterazione del metabolismo cerebrale nella corteccia parietale. Tale area potrebbe non avere un ruolo primario ma essere attivata solo per “assistere” il funzionamento di altre regioni cerebrali più direttamente implicate nel giudizio morale.

Strutture sottocorticali

Diversi studi hanno evidenziato l'attivazione dell'*amigdala* durante la valutazione di giudizi morali e durante la violazione di norme morali in soggetti sani⁷. Anomalie strutturali, perdita di sostanza grigia e riduzione di volume dell'*amigdala* caratterizzano pazienti psicopatici e criminali violenti. Un ridotto volume dell'*amigdala* soprattutto di destra si evidenzia anche in pazienti pedofili⁸. Studi di neuroimaging funzionale in pazienti psicopatici riportano dati contrastanti: alcuni documentano un'aumentata attività durante compiti di elaborazione di emozioni negative, altri invece riportano una riduzione dell'attività in compiti analoghi.

In generale, gli studi su sani e su pazienti concordano nell'attribuire all'*amigdala* un ruolo chiave nel processamento delle emozioni morali. L'*amigdala* rappresenta quindi una sorta di interruttore tra il processamento cerebrale delle emozioni morali e la traduzione in azione eventualmente aggressiva o violenta.

Un'altra struttura strettamente connessa al comportamento aggressivo è la regione posteromediale dell'*ipotalamo*. Una riduzione del volume di questa struttura si associa a pedofilia⁸, e la sua stimolazione con elettrodi di profondità in pazienti con malattia di Parkinson ha indotto comportamento aggressivo, mentre in pazienti aggressivi ha migliorato il quadro comportamentale. Questa regione inoltre mostra un'attività neuronale tipica in casi di aggressività patologica⁹.

In studi di stimolazione in pazienti con malattia di Parkinson, si è evidenziato che il *nucleo subtalamico*, quando stimolato, può provocare comportamento disinibito, ipersessualità e variazioni di umore. In uno studio condotto nel nostro laboratorio, abbiamo registrato l'attività del nucleo subtalamico in pazienti con malattia di Parkinson durante un compito di giudizio di frasi a contenuto socio-morale. Gli esperimenti hanno rivelato che tale struttura è coinvolta in processi

decisionali riguardanti contenuti morali e in particolare quando il soggetto è chiamato ad esprimere un giudizio su frasi morali conflittuali (ovvero contenenti argomenti sui quali non c'è completo accordo tra le persone come per esempio aborto, pena di morte, etc.)¹⁰. Infine, le parafilie e l'ipersessualità possono essere conseguenza di lesioni nel talamo, nell'ipotalamo, nel setto e nei gangli della base.

Quindi, in conclusione, il “cervello morale” include anche strutture filogeneticamente antiche e localizzate nella profondità del cervello.

Il ruolo di geni e ormoni

Sebbene Cesare Lombroso e la sua teoria sull'esistenza di caratteristiche fenotipiche specifiche dei criminali sia ormai un lontano ricordo, è ancora oggi vivo l'interesse sull'esistenza di un nesso tra alterazioni genetiche, anormalità cerebrali e comportamento criminale.

In seguito agli importanti avanzamenti nel settore della genetica e della biologia molecolare, si sta facendo strada il tentativo di localizzare geni specifici associati a tratti comportamentali e di comprendere la complessa interazione che esiste tra geni e ambiente. Studi osservazionali che prevedono il confronto tra gemelli e fratelli comuni, sia biologici che adottivi, cresciuti nello stesso ambiente o in ambienti diversi hanno evidenziato che sia i geni che l'ambiente svolgono un ruolo chiave nello sviluppo di anomalie del senso morale e della psicopatologia e, sebbene il loro peso sia oggetto di ampio dibattito, studi recenti sostengono che i geni possono essere più importanti dell'ambiente.

Negli ultimi anni gli studi in tale ambito iniziano a fornire risposte più precise sui geni coinvolti¹¹. La prima evidenza è quella del gene che codifica l'enzima monoamino ossidasi A (*MAO-A*), enzima centrale nel metabolismo della serotonina, neurotrasmettitore coinvolto nella regolazione dell'umore e nella modulazione del comportamento. La tendenza a manifestare comportamento violento si associa alla presenza della variante del gene che codifica per una ridotta attività enzimatica in individui che sono cresciuti in un ambiente psico-sociale sfavorevole caratterizzato da

abusi e maltrattamenti. Allo stesso modo, un polimorfismo del gene *COMT* che codifica per una ridotta attività enzimatica aumenta la probabilità di comportamento aggressivo. Un recente studio ha infine dimostrato una diretta connessione tra la presenza di un polimorfismo del gene del recettore dell'ossitocina (*OXTR*) e la tendenza a ritenere colpevole chi commette accidentalmente un'azione dannosa e immorale¹².

Sebbene questi ed altri polimorfismi siano oggetto di studio, allo stato attuale delle conoscenze non esiste alcun gene che sia direttamente responsabile del comportamento: possedere una specifica combinazione allelica non è probabilmente condizione sufficiente né necessaria per lo sviluppo di un comportamento deviante¹³.

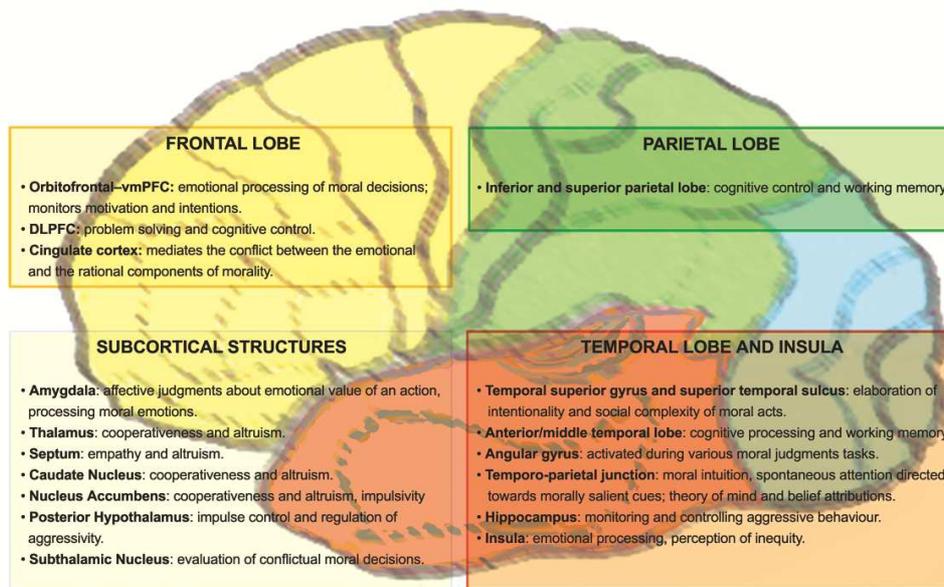
Una nuova prospettiva per spiegare la relazione tra geni e comportamento è rappresentata dall'epigenetica (l'epigenetica è una branca della biologia molecolare, che descrive i fenomeni ereditari in cui il fenotipo è determinato non tanto dal genotipo ereditato in sé, quanto dalla sovrapposizione al genotipo stesso di "un'impronta" data dall'ambiente e dall'esperienza). In uno studio sui topi sono stati valutati gli effetti delle cure materne sul comportamento della prole in termini di *modifiche epigenetiche*. L'inadeguatezza delle cure parentali alla nascita determina nel cucciolo un comportamento ansioso e timoroso, e una volta adulto diventerà un genitore passivo e distratto. Ciò è dovuto al fatto che le cure di una madre passiva e timorosa inducono un eccesso dei processi di metilazione delle sequenze del DNA regolatrici di un gene che codifica per il recettore di una proteina che media la risposta dell'animale al cortisolo. L'eccesso di metilazione induce le cellule nervose a produrre meno recettore e poiché l'attivazione di questi recettori segnala all'organismo di rallentare la produzione di cortisolo, la riduzione epigenetica del numero di recettori peggiora la risposta allo stress nei topi, rendendoli più ansiosi e timorosi¹⁴. È noto che un topo esposto a deprivazione dalle cure materne mostra maggiore aggressività: se la scienza dimostrerà che tali meccanismi possono influenzare anche il comportamento aggressivo umano si apriranno nuove prospettive di ricerca, prevenzione e trattamento per alcuni disturbi comportamentali.

Infine, anche gli ormoni possono influenzare il comportamento e le funzioni cognitive interferendo con il metabolismo cerebrale e il funzionamento neuronale. Molte delle aree cerebrali coinvolte nel processamento di informazioni sociali ed emotive sono connesse al sistema endocrino. Come già visto sopra, il *cortisolo* svolge un ruolo chiave nell'apprendimento modulato dall'emozione e nel comportamento sociale e si associa a sintomi ansiosi. Il ridotto funzionamento dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene in bambini ed adolescenti si associa ad una maggiore probabilità di sviluppo di psicopatia e bassi livelli di cortisolo caratterizzano spesso pazienti psicopatici e adolescenti con disturbo della condotta.

Il *testosterone* è anch'esso coinvolto nel comportamento aggressivo. Alti livelli di testosterone aumentano l'attenzione verso stimoli aggressivi (es. facce con espressione arrabbiata), riducono la sensibilità verso segnali affettivi e comportamenti empatici e si associano a comportamento aggressivo. Il rapporto testosterone/cortisolo è stato proposto come marker endocrinologico per il rischio di comportamenti aggressivi: quando il testosterone è alto e il cortisolo è basso, il soggetto è ad elevato rischio di aggressività e può essere socialmente pericoloso.

Conclusione

Nel cervello umano esiste uno specifico, quanto complesso e ancora solo parzialmente conosciuto, circuito, coinvolto nel comportamento morale che include strutture cerebrali corticali e sottocorticali ed è modulato da neurotrasmettitori e sistemi ormonali (Figura 1).



Tale complesso circuito interagisce con l'ambiente in tutte le fasi della vita umana anche in relazione al patrimonio genetico dell'individuo.

Una prima considerazione è che la morale è un processo complesso che coinvolge strutture cerebrali implicate anche nelle emozioni, nel controllo del comportamento e nella comprensione delle intenzioni altrui quali il lobo frontale, il lobo temporale e l'amigdala.

La seconda considerazione è che vi è una sovrapposizione tra le strutture cerebrali coinvolte nell'esecuzione di compiti specifici di giudizio e decisione morale nel soggetto normale, quelle la cui lesione determina alterazioni comportamentali e, infine, quelle che risultano disfunzionali in pazienti psichiatrici con psicopatia, disturbo antisociale di personalità, pedofilia o parafilie.

Infine, sebbene le neuroscienze in questo settore siano ancora in fase iniziale, gli studi sottolineano sempre più il ruolo fondamentale svolto dai geni, dagli ormoni e dai fattori ambientali nel comportamento.

Comprendere il cervello morale ha importanti potenziali implicazioni cliniche, forensi e legali.

Da un punto di vista clinico, la diagnosi precoce di disturbi neurologici che possono generare alterazioni del comportamento morale o violento consentirebbe la migliore gestione di tali patologie e la possibilità di prevenirne le conseguenze sociali e familiari. Conoscere meglio tali disturbi

permetterebbe di promuovere lo sviluppo di trattamenti specifici, dai farmaci alla neuromodulazione alla psicoterapia, per favorire la neuroplasticità cerebrale che potrebbe ripristinare un corretto funzionamento del circuito cerebrale morale.

In campo forense, si sta facendo sempre più strada l'utilizzo di compiti psicologici volti ad indagare specificatamente la capacità di giudizio morale del soggetto accusato di comportamento violento e lesivo dei diritti e delle libertà altrui (dall'omicidio alla pedofilia, alle parafilie). In particolare, la Batteria di Cognizione Sociale¹⁸, con il sub test di Distinzione Morale/Convenzionale valuta la capacità di distinguere se un comportamento è giusto o sbagliato e di riconoscere il peso che viene attribuito alle regole sociali esplicite e a quelle legate al "buon senso". Anche il test dei dilemmi morali di Greene et al.⁷ si sta profilando come strumento utile per una valutazione della capacità di decisione morale. In una visione più ampia, in ambito giuridico si sta negli ultimi anni sempre più dibattendolo sul peso della "natura" nell'orientare il comportamento umano: la presenza di anomalie biologiche in grado di spiegare la predisposizione del criminale verso comportamenti violenti e, in generale, lesivi della dignità e della libertà altrui, possono ridurre la sua responsabilità per l'atto criminale e quindi la sua punibilità? In Italia, sono già due le sentenze che sulla base dei dati provenienti dalla genetica, dall'imaging funzionale e dalla valutazione cognitiva e psichiatrica hanno riconosciuto un vizio parziale di mente a due soggetti accusati di omicidio^{16,17}. Questo costituisce un importante passo verso l'integrazione dei dati neuroscientifici con quelli ricavati dalle valutazioni psicologiche e psichiatriche ai fini del giudizio in ambito forense e renderà l'approccio neuroscientifico allo studio del comportamento un aspetto sempre più determinante nella prevenzione dei comportamenti antisociali o devianti in soggetti a rischio e nel giudizio di soggetti che hanno commesso atti criminali.

LEGENDA FIGURA

Figura 1. Rappresentazione delle strutture cerebrali coinvolte nel comportamento morale e loro funzioni. vmPFC: corteccia prefrontale ventromediale; DLPFC: corteccia dorso laterale prefrontale.

(Riproduzione autorizzata da Oxford University Press¹).

¹ Fumagalli M, Priori A. Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain* 2012;135:2006-2021.

Bibliografia essenziale

- Bianchi A, Gulotta G, Sartori G. *Manuale di neuroscienze forensi*. Milano: Giuffrè, 2009.
- Codognotto S, Sartori G. *Neuroscienze in tribunale: la sentenza di Trieste. Sistemi Intelligenti* 2010; a. XXII, n. 2, 269-280.
- Craig IW, Halton KE. Genetics of human aggressive behaviour. *Hum Genet* 2009;126:101-113.
- Damasio H, Grabowski T, Frank R, Galaburda AM, Damasio AR. The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science* 1994;264:1102-1105.
- Feldman RP, Goodrich JT. Psychosurgery: a historical overview. *Neurosurgery* 2001;48:647-657; discussion 657-649.
- Franklin TB, Russig H, Weiss IC, et al. Epigenetic transmission of the impact of early stress across generations. *Biol Psychiatry* 2010;68:408-415.
- Fumagalli M, Giannicola G, Rosa M, et al. Conflict-dependent dynamic of subthalamic nucleus oscillations during moral decisions. *Soc Neurosci* 2011;6:243-256.
- Fumagalli M, Priori A. Functional and clinical neuroanatomy of morality. *Brain* 2012;135:2006-2021.
- Fumagalli M, Vergari M, Pasqualetti P, et al. Brain switches utilitarian behavior: does gender make the difference? *PLoS One* 2010;5.
- Greene J. From neural 'is' to moral 'ought': what are the moral implications of neuroscientific moral psychology? *Nat Rev Neurosci* 2003;4:846-849.
- Greene JD, Nystrom LE, Engell AD, Darley JM, Cohen JD. The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. *Neuron* 2004;44:389-400.
- Harenski CL, Harenski KA, Shane MS, Kiehl KA. Aberrant neural processing of moral violations in criminal psychopaths. *J Abnorm Psychol* 2010;119:863-874.
- Prior M, Marchi S, Sartori G. *Cognizione sociale e comportamento*. VOI 1. *Uno strumento per la misurazione*. Padova: Upsel Domeneghini Editore, 2003.
- Rosa M, Franzini A, Giannicola G, Messina G, Altamura AC, Priori A. Hypothalamic Oscillations in Human Pathological Aggressiveness. *Biol Psychiatry* 2012.
- Schiffer B, Peschel T, Paul T, et al. Structural brain abnormalities in the frontostriatal system and cerebellum in pedophilia. *J Psychiatr Res* 2007;41:753-762.

Schiltz K, Witzel J, Northoff G, et al. Brain pathology in pedophilic offenders: evidence of volume reduction in the right amygdala and related diencephalic structures. *Arch Gen Psychiatry* 2007;64:737-746.

Sentenza Tribunale Como, GIP, 20/05/2011-20/08/2011.

Walter TN, Montag C, Markett S, Felten A, Voigt G, Reuter M. Ignorance is no excuse: Moral judgments are influenced by a genetic variation on the oxytocin receptor gene. *Brain and Cognition* 2012;78:268–273.