

INTRODUZIONE

Oggetto di approfondimento del presente elaborato sono le implicazioni delle neuroscienze nell'ambito del diritto penale. Nello specifico, le neuroscienze sono quel complesso di discipline eterogenee che hanno l'obiettivo di indagare come le connessioni neuronali possono determinare i comportamenti umani: non solo i semplici movimenti corporei ma anche quelli più complessi, come ad esempio le emozioni. Tuttavia, lo studio della mente è un tema complesso che ha sollevato diverse problematicità sia in campo etico che giuridico-filosofico. La suddetta relazione, però, ha l'obiettivo di approfondire soprattutto le applicazioni e criticità dell'utilizzo delle pratiche neuroscientifiche nel diritto penale sostanziale. Questo poiché una copiosa discussione si è generata negli ultimi anni a seguito dell'irrompere delle neuroscienze all'interno del diritto penale. La presente tesi si suddivide in due capitoli.

Il primo, dopo un iniziale delucidazione delle nozioni chiave, è rivolto alle moderne neuroscienze in qualità di nuova materia di studio; si ripercorre la loro evoluzione dall'800 fino ad oggi e, soprattutto, si affronta il ruolo svolto da Cesare Lombroso, il quale con i suoi studi sviluppò la teoria atavica della criminalità, ponendo così le basi di una possibile ragione somatica dell'aggressività andando a ricercare nel cervello i moventi del comportamento umano. Tuttavia, il fallimento delle teorie lombrosiane è riscontrabile nell'idea che la frenologia potesse essere usata nell'approfondimento del comportamento criminale. Inoltre, l'elaborato mette in luce gli sviluppi scientifici riguardanti le tecniche di esplorazione cerebrale, le quali rilevano direttamente la funzionalità cerebrale grazie alla misurazione dell'attività neuronale o dei correlati elettrici. Tali strumenti sono stati esaminati utilizzando un approccio comparatistico, sottolineandone sia le problematicità che i vantaggi. Si è andati a distinguere le tecniche di *brain imaging* in funzione del loro scopo, ovvero: se approfondiscono le forme e la struttura cerebrale, si denominano metodi di visualizzazione strutturale, mentre, se effettuano indagini su quali aree cerebrali specifiche e quali connessioni neuronali sono coinvolte in una qualsiasi attività psichica, si stanno menzionando gli strumenti di visualizzazione funzionale. Questi strumenti sono stati utilizzati sia in campo medico, per individuare le anomalie cerebrali, sia in ambito penale per dare chiarezza sull'esistenza o meno di una specifica patologia e evidenziare il livello con cui ha inciso sulla capacità di intendere e di volere, andando a incidere sull'imputabilità. Secondariamente, si effettua un breve *excursus* sulla diffusione di numerose discipline collegate alle scienze sociali, le quali si occupano del suffisso "neuro", come ad esempio la neurofisiologia e la neuroetica. Si richiamano i diversi studi effettuati su alcune parti del cervello, analizzando il comportamento aggressivo in

relazione al mal funzionamento del lobo frontale e dell'amigdala. Tale studio viene affrontato attraverso l'utilizzo di metodi di visualizzazione strutturali e funzionali, i quali vengono esaminati nello specifico.

Oltre all'analisi cerebrale, viene posta l'attenzione sui contributi derivanti dalla genetica comportamentale, la quale ha aperto nuovi possibili interventi sull'interpretazione del comportamento umano. In effetti, grazie alle moderne tecnologie, si è potuti affermare la stretta correlazione tra lo sviluppo del comportamento aggressivo e le alterazioni genetiche. Risulta però chiaro come la genetica molecolare non possa essere considerata un presupposto sufficiente per determinare tali comportamenti, perché fondamentale rimane sempre l'ambiente sociale e personale circostante. Per queste motivazioni si mette in evidenza come i comportamenti violenti abbiano un aspetto multifattoriale. In conclusione al primo capitolo, si affronta brevemente l'utilizzo delle neuroscienze negli Stati Uniti, facendo richiamo alla sentenza della Corte Suprema *Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals* del 1993 che ha posto i criteri necessari per l'utilizzo giudiziario delle teorie scientifiche. In definitiva, oggi è possibile raffigurare, grazie ai sofisticati strumenti di esplorazione del cervello, le connessioni tra le relazioni sinaptiche e le aree cerebrali. Nel secondo capitolo, *in primis*, si richiamano le differenze strutturali tra scienza naturale e scienze giuridiche, facendo venire in rilievo come, pur essendo due saperi ben distinti. Essi rappresentano due facce della stessa medaglia. Tuttavia, si andrà a sottolineare come gli approcci puramente scientifici non sono sufficienti per modificare radicalmente concetti giuridici come l'imputabilità e la colpevolezza. Secondariamente, si entrerà nel dettaglio dell'applicabilità degli strumenti neuroscientifici e degli sviluppi tecnologici ad essi collegati con il diritto penale sostanziale. Questo perché l'utilizzo del *brain imaging* è diventato sempre più frequente per trovare risposte a domande alle quali si riteneva fosse impossibile dare una spiegazione. L'attenzione viene rivolta soprattutto verso i problemi sistematici dell'imputabilità e la sua relazione con la colpevolezza. Si evidenzia, inoltre, come gli strumenti neuroscientifici abbiano determinato un punto di svolta sul concetto di vizio di mente, soprattutto riguardo l'accertamento della capacità di intendere e di volere di soggetti affetti da tali infermità, in quanto riescono a fornire una prova scientifica dell'incisività del vizio di mente sulla capacità di autodeterminazione, perché il rapporto diretto tra tale giudizio e la scienza psichiatrica ne ha influenzato l'evoluzione. La domanda principale, a cui il presente scritto cerca di rispondere, è se le neuroscienze possono o meno essere considerate come uno strumento utilizzabile dal giudice per appurare se l'autore di reato, affetto da un vizio di mente, fosse capace o meno di autodeterminarsi al momento della commissione del reato. Si menziona la sentenza dalla Cassazione c.d. Raso che ha seguito il modello psicologico, facendo

così rientrare i disturbi della personalità nelle cause di esclusione dell'imputabilità e andando a superare la concezione dualistica di matrice cartesiana. Per queste ragioni, negli ultimi anni si è sviluppato il dibattito tra neuroscienziati e criminologi riguardante i problemi delle ricerche aventi come oggetto i vari aspetti morfofunzionali del sistema nervoso. In particolare, queste moderne metodologie hanno permesso di giungere a fondamentali scoperte, come ad esempio i neuroni a specchio e le relazioni tra onde cerebrali anomale e comportamento antisociale. In conclusione al capitolo, si tratterà dell'aumento dell'interesse dei dati scientifici nei tribunali italiani, facendo riferimento ai vantaggi e svantaggi di tali prove e al ruolo del perito. Dunque, lo scopo di questo capitolo è mettere in luce le diverse posizioni assunte dalla giurisprudenza e dalla dottrina nei confronti dell'utilizzo giurisprudenziale delle pratiche di *neuroimaging* e di genetica molecolare. La questione principale è se gli strumenti neuroscientifici moderni sono in grado di determinare il superamento della psicologia ingenua, la quale caratterizza il codice Rocco, e, quindi, se si può modificare l'immagine che l'essere umano ha del libero arbitrio e della responsabilità penale.

Capitolo I

Le neuroscienze come nuova materia di studio

1. Concetti definatori

Le neuroscienze o neurobiologie comprendono tutti quegli studi condotti con metodo scientifico sugli aspetti morfofunzionali del sistema nervoso centrale. Tale sistema, essendo formato da un insieme di neuroni interconnessi, permette di elaborare stimoli interni ed esterni grazie a segnali bioelettrici e viene dunque considerato il fautore della relazione tra organismo vivente e il suo ambiente. L'ambito principale di studio delle neuroscienze, oltre a quello di approfondimento della conoscenza circa il sistema cerebrale normale, è quello di analizzare i sistemi nervosi caratterizzati da disturbi dello sviluppo e da quelli psichiatrici e neurologici con l'intento di trovare nuove strade per prevenirli o curarli. Questa disciplina si propone, quindi, di studiare il comportamento umano basandosi su dati scientifici ed empiricamente dimostrabili, ritenendo l'azione umana determinata, per la maggior parte, dal semplice risultato delle interconnessioni cerebrali fra neuroni. In particolare, le neuroscienze sono un campo interdisciplinare del sapere, perché si poggiano sull'insieme di diverse branche della ricerca, tra cui: la fisiologia, la biologia molecolare, la biochimica, la genetica, la biologia evuzionistica, la chimica, la fisica, la matematica e la statistica, con un grande contributo da parte della psicologia. Con approcci multidisciplinari e interdisciplinari le neuroscienze prospettano, dunque, nel futuro, la possibilità di far luce sui meccanismi tramite i quali i neuroni, organizzati in strutture tridimensionali di varia natura e di varia entità, elaborano l'informazione in arrivo, la memorizzano ed emettono una risposta comportamentale¹. Molto esemplificativa è la definizione di Angelo Bianchi, autore di numerose pubblicazioni scientifiche nei settori della neuropsicologia clinica e professore dell'Università degli Studi di Padova, sulle neuroscienze; il quale affermò: "Il termine neuroscienze indica un gruppo di discipline scientifiche tra loro eterogenee, ma che condividono un fondamentale programma comune: quello di comprendere come il cervello renda possibili i fenomeni mentali ed i comportamenti umani, anche quelli più complessi e tradizionalmente considerati inaccessibili

¹ Definizione tratta da www.treccani.it/enciclopedia/.

all'indagine scientifica"². Oggi le neuroscienze sono lo strumento più efficace per comprendere l'essere umano come lo è la fisica per comprendere il mondo che ci circonda³.

2. *Sviluppo storico delle neuroscienze*

Lo studio basato sull'osservazione scientifica dei sistemi neuronali si sviluppò soprattutto nella seconda metà del XX secolo ma già molti anni prima, diversi studiosi si concentrarono sull'analisi del cervello umano e su quali fossero i processi sottostanti.

Già Alcmeone di Crotona, nel V secolo a.C., dopo la scoperta dei nervi ottici e delle loro dissezioni, ritenne che fosse il cervello il luogo dove risiedevano i pensieri e le emozioni. Anche Platone ipotizzò che il cervello fosse la sede della parte razionale dell'anima, in contrasto con l'opinione maggioritaria dell'epoca, la quale riteneva che i ragionamenti intellettivi risiedessero nel cuore; tesi sostenuta anche da Aristotele. Tale teoria fu generalmente accettata fino a Galeno, medico dell'antica Grecia, esponente della teoria ippocratica o umorale che, analizzando i solchi del cervelletto e del cervello, poté osservare che i suoi pazienti perdevano le facoltà mentali nel momento in cui subivano danni al cervello. Successivamente Renato Cartesio, tra gli anni 1630 e 1650, diffuse la teoria meccanicistica, secondo cui il cervello controlla la condotta, consacrando così come padre del dibattito mente-cervello. Teoria questa che continua a creare problemi ancora oggi ai neuroscienziati⁴. L'Ottocento, però, fu il secolo dove maggiormente si sviluppò la ricerca scientifica sul cervello, infatti, si parlò di una vera e propria "rivoluzione". Centrali furono gli sviluppi dell'istologia che, alla fine del secolo, culminarono nella "teoria del neurone" e permisero di scoprire il meccanismo dei movimenti riflessi ma soprattutto si individuò la funzione specifica di varie parti dell'asse cerebrospinale, tra cui la corteccia cerebrale ed anche la natura elettrica dell'impulso nervoso. L'individuazione della natura elettrica dell'impulso nervoso la si deve alle dimostrazioni di Carlo Matteucci (1811-1868) ed Emil Du Bois-Reymond (1818-1896) anticipati da Luigi Galvani (1737-1798), che permisero di superare la diafrasi tra la dottrina degli "spiriti animali" o del "fluido nervoso".

² A. BIANCHI, *Neuroscienze e diritto, spiegare di più per comprendere meglio*, cit., p. XI, in BIANCHI A., GULOTTA G., SARTORI G. (a cura di), *Manuale di neuroscienze forensi*, Milano, Giuffrè, 2009

³ A. LAVAZZA, L. SAMMICHELI, *Il delitto del cervello. La mente tra scienza e diritto*, Codice edizione, 2021, p. XIV

⁴ Cfr. <https://lamenteemeravigliosa.it/breve-storia-delle-neuroscienze/>.

La vera e propria svolta, però, fu la pubblicazione di Franz Joseph Gall, medico tedesco, che, nel 1808, decretò l'inizio di una vera e propria nuova disciplina: la frenologia. L'opera di Gall, improntata al carattere pratico in contrapposizione alle teorie metafisiche e idealistiche, affermò che tutti i processi mentali avvengono nel cervello nel quale vi risiede un'area specifica per ognuno di essi. Da questa pubblicazione si sviluppò la teoria del localizzazionismo che indusse le ricerche in ambito mentale a concentrarsi sul cervello. Per cui, si giunse a ritenere che fosse possibile riconoscere abilità cognitive e morali tramite la forma e le dimensioni della testa. Gall, però, fu molto criticato per il suo metodo, in quanto veniva ritenuto troppo osservativo e non scientifico. Nonostante ciò, queste teorie furono fondamentali per lo sviluppo della frenologia tanto che, grazie alle tecniche di *neuroimaging*, ancora oggi rappresentano un valido approccio allo studio del rapporto mente-cervello. Nel 1861, Paul Broca presentò alla Società Antropologica di Parigi il caso di un paziente, che dopo una lesione in un'area del cervello che oggi porta il suo nome, perse l'uso della parola ma mantenne la capacità di comprensione del linguaggio. Questa conclusione suggerì che alcune regioni del cervello fossero responsabili di determinate funzioni, in particolare, accertò che l'emisfero sinistro era destinato all'uso della parola. Questo fatto provocò grande entusiasmo nella storia delle neuroscienze, poiché era la prima prova che si dimostrò la relazione tra cervello e linguaggio. Dodici anni dopo, si sviluppò la corrente del connettivismo su cui si basano le teorie di Carl Wernicke, neurologo tedesco, che si occupò di soggetti che potevano parlare ma non avevano la capacità di comprendere. Grazie allo studio di questi pazienti, riuscì ad evidenziare una lesione localizzata nella parte posteriore del lobo frontale⁵. Partendo da queste conclusioni, sviluppò la teoria secondo cui vi sarebbe un'alta specializzazione di strutture cerebrali: una specifica area cerebrale sarebbe deputata alla comprensione del linguaggio ed un'altra area, altrettanto specifica e separata da quest'ultima, sarebbe deputata alla produzione. Sostanzialmente si può affermare che il connettivismo è fondato sul principio che alcune tra le funzioni più semplici del cervello sono limitate ad aree specifiche mentre quelle più complesse sono frutto della interazione di diverse zone localizzate. Ulteriore ruolo determinante lo ebbe Angelo Mosso, fisiologo e medico, che, studiando le variazioni del flusso ematico nelle arterie cerebrali, questa infatti fu la prima tecnica di *neuroimaging* denominata "bilancia della circolazione umana". I maggiori progressi compiuti nel XIX riguardanti le ricerche neuroscientifiche, furono legati allo sviluppo degli strumenti e delle tecniche d'osservazione microscopica ed anche al miglioramento di alcune delle tecniche di osservazione utilizzate come

⁵ A. CERRONI, F. RUFO, (a cura di), *Neuroetica. Tra neuroscienze, etica e società*, UTET Università, 2009, p. 6

per esempio quella di colorazione o metodo Golgi. La tecnica di colorazione o tecnica di microscopia ottica, usata per la prima volta nel 1873, si è sviluppata in modo proporzionale con l'industria chimica dei coloranti ed è fondata sulla colorazione di diversi tessuti del corpo per avere una rapida diagnosi del tessuto osservato, per questo motivo fu inizialmente chiamata reazione nera, perché colorava di nero la zona anatomica interessata. Poco tempo dopo, Santiago Ramón y Cajal, ricercatore spagnolo, osservò alcuni campioni di tessuto nervoso utilizzando la reazione nera di Golgi, ma apportando alcune variazioni, che consentirono di osservare il tessuto nervoso con una precisione mai vista prima. Nel 1889 il ricercatore arrivò a confermare la “teoria cellulare del sistema nervoso”, secondo cui le cellule nervose sono unità indipendenti tra loro. Tutto questo portò nel 1891 alla pubblicazione di un'opera divisa in sei parti dove per la prima volta venne coniato il termine neurone, trasformando la “teoria cellulare” in “teoria del neurone”. Oggi gli scienziati sono concordi nell'individuare la nascita delle neuroscienze con identificazione del neurone quale unità cellulare autonoma e indipendente del sistema nervoso. L'importanza di questo momento è sottolineata dal fatto che, successivamente, si iniziò a parlare di fase “rivoluzionaria” degli studi sul sistema nervoso.

2.1. L'eredità di Cesare Lombroso

Personaggio chiave per lo sviluppo delle neuroscienze fu Cesare Lombroso, il quale curò anche la tesi di laurea di Golgi. Lombroso, emblema del positivismo scientifico dell'800 e padre dell'antropologia criminale, nella sua opera “Il delinquente nato” rispose alle esigenze dell'epoca: individuare preventivamente un soggetto deviante. Il positivismo è caratterizzato, a differenza della scuola classica del XVIII secolo, ritiene l'uomo un essere privo di libero arbitrio ma spinto da pulsioni interne ed esterne. Venne introdotto il concetto di determinismo biologico secondo cui il comportamento umano è simile a quello degli animali e doveva essere spiegato secondo la teoria meccanicistica, ripresa da Cartesio. Da qui è chiaro lo scopo dei positivisti: scoprire i meccanismi che determinano l'agire umano fino ad arrivare a una anticipazione del comportamento stesso. Secondo Lombroso solo ciò che poteva essere misurato poteva essere spiegato, per questo motivo si concentrò non solo sulla misurazione del volto del criminale ma anche sulla conformazione del cranio e sul linguaggio verbale e corporeo, fino ad arrivare a spiegare il crimine su una logica multifattoriale a differenza di Edwin Sutherland, altro criminologo che cercò di individuare solo un fattore specifico come origine della devianza. Alla base dell'opera di Lombroso vi fu lo studio

del cranio per individuare i fattori del comportamento deviato; questo, come già anticipatamente detto, non fu una sua invenzione ma fu sviluppata da Franz Gall alla fine del XVIII secolo, anche se Lombroso pose al centro degli studi il criminale e non più il crimine, come era sempre stato fatto, ma utilizzando un approccio medico-anatomico individuò varie cause che potrebbero determinare il crimine. Per cui fu evidente che per individuare le cause del crimine si dovessero analizzare i fattori biologici e da ciò ne derivò la conseguenza di dover rinvenire una cura specializzata per l'individuo e di dover pensare alla prevenzione. Collegato a quest'ultimo concetto nasce l'elaborazione teorica dell'atavismo, secondo la quale le cosiddette "stimate criminali" fisiche rappresentano indicatori visibili di una personalità primitiva ed arretrata rispetto alla scala Darwiniana dell'evoluzione umana⁶. Questa teoria cardine del pensiero lombrosiano, grazie alle nuove teorie di Darwin, gli permise di superare il trattamento moraleggiante del deviante. L'atavismo fu un concetto chiave soprattutto perché anticipò la scoperta dei geni e dei fattori genetici; infatti, proprio alla fine dell'Ottocento si può individuare la nascita dell'eugenetica con Francis Galton, antropologo britannico, che nel corso XX secolo sarà poi strumentalizzata⁷. Nonostante le critiche al pensiero lombrosiano è possibile rinvenire nelle moderne neuroscienze lo stesso fine: determinare l'agire umano sulla base di patologie di carattere neurologico. Attualmente c'è chi afferma che Lombroso è stato il primo criminologo del mondo ad aver ragione nell'approfondire le anomalie strutturali del cervello, in quanto predisposizione ad atteggiamenti violenti. Tuttavia, egli "potrebbe essersi sbagliato sulla precisa ubicazione del verme del cervelletto o sull'ereditarietà etnica di questi tratti ma aveva ragione a proposito del marchio di Caino"⁸.

2.2. Le moderne neuroscienze

Oggi si fa risalire il termine "neuroscienze" dall'inglese "*neurosciences*", termine coniato nel 1962 dal neurofisiologo americano Francis O. Schmitt durante il "*Neurosciences Research Program*". Schmitt colse l'importanza di unire le diverse discipline per giungere a una maggiore comprensione della complessità del funzionamento del cervello. Dopo 7 anni, si istituì a

⁶ G. MAROTTA, *Criminologia storia, teorie, metodi*, CEDAM, 2017, p. 131

⁷ M. COSTA, *Lombroso e le neuroscienze*, in S. MONTALDO e P. TAPPERO (a cura di), *Cesare Lombroso cento anni dopo*, UTET, 2009, p. 369

⁸ A. RAINE, *L'autonomia della violenza, le radici biologiche del crimine*, Mondadori, 2016, p. 182

Washington la “*Society for Neuroscience*”, la società di neuroscienze più grande al mondo che, tutt’oggi svolge un ruolo chiave nelle nuove scoperte neuroscientifiche. Nel 1990 il comitato consultivo del *National Institute of Neurological Disorders and Stroke* pubblicò un articolo chiamato “*Decade of the Brain: Answers Through Scientific Research*”, in cui si introdussero quattordici nuove categorie di disturbi neurologici. Infatti, il 1° gennaio del 1990 George Bush, 43° Presidente degli Stati Uniti d’America diede inizio formalmente al secolo “*Decade of the Brain*”⁹.

Negli ultimi anni, a partire dalla rivista “*Philosophical Transactions*” della Royal Society di Londra, sono sempre più frequenti le pubblicazioni riguardanti neuroscienze e diritto. In Italia, il primo evento specificamente dedicato all’impatto delle neuroscienze sul diritto è il convegno svoltosi a Milano il 19 dicembre 2008, “Le neuroscienze e il diritto”. Le pubblicazioni in materia sono tutte successive alla conferenza “*Neuroethics: Mapping the Field*” svoltasi il 13-14 giugno 2002 a San Francisco su iniziativa della Stanford University e dell’University of California, dove si definirono le neuroscienze come “lo studio delle questioni etiche, giuridiche e sociali che sorgono quando le scoperte scientifiche sul cervello vengono portate nella pratica medica, nelle interpretazioni giuridiche e nella politica sanitaria e sociale. Queste scoperte stanno avvenendo nel campo della genetica, del *brain imaging* e nella diagnosi e predizione delle malattie”¹⁰. Sempre nel 2002 venne lanciato il progetto “*Blue Brain*” con l’idea di creare una simulazione del cervello mammifero a livello molecolare per studiarne la struttura. Successivamente il 44° presidente americano, Barack Obama, annunciò l’inizio di un progetto scientifico denominato “*Brain*” il cui l’obiettivo era quello di arrivare alla più minuziosa mappatura del cervello umano possibile. In Europa il progetto “*Human Brain*” fu avviato già prima di quello americano. L’obiettivo era quello di riuscire a fare un salto quantitativo delle nostre conoscenze sul cervello nei prossimi dieci anni. Anche il panorama italiano non fu esente da questo tipo di ricerche, infatti a Milano nell’aprile del 2011, curata da Viviana Kasam e ispirata da Rita Levi Montalcini, fu svolta la seconda edizione del *Brain forum* che fece il punto sullo stato delle neuroscienze e sulle ultime frontiere della ricerca sul cervello¹¹. I finanziamenti nel corso del XXI in ambito neuroscientifico e genetico sono notevolmente aumentati e ciò portò allo sviluppo di differenti neuroscienze. Tra le più importanti

⁹ I, George Bush, President of the United States of America, do hereby proclaim the decade beginning January 1, 1990, as the “Decade of the Brain”, Presidential Proclamation 6158, Office of the Federal Register, 12:11 p.m., July 18, 1990

¹⁰ Il passo è tratto dalla Editor’s Note del volume a stampa S. J. Marcus (ed.), *Neuroethics. Mapping the field. Conference proceedings*. The Dana Press, New York, 2002

¹¹ L. LANZA, L. SAMMICHELI, G. SARTORI, *Diritto, Processo e Neuroscienze, in giustizia e scienza*, in *Giustizia e Scienza*, n. 3, 2010, p. 39

si può menzionare le neuroscienze forensi, criminologiche, cognitive, neurofisiologia e la neuroscienza del comportamento.

Per quanto riguarda le neuroscienze forensi si noti come l'Italia è all'avanguardia; infatti, è qui che è nato il primo centro di studi e ricerche condiviso tra le Università di Pisa e di Padova grazie a Pietro Pietrini. Le neuroscienze forensi comprendono l'applicazione di tecniche e metodologie scientifiche applicabili alle investigazioni tradizionali di carattere giudiziario per l'accertamento di un reato o di un comportamento sociale. Questo tipo di approccio è anche noto come "criminalistico". Le neuroscienze criminologiche, invece, si occupano di studiare l'applicazione della ricerca neuroscientifica, biologica, genetica e psicologica all'ambito criminologico per comprendere origini, cause e concause dei reati e delle motivazioni del comportamento deviante¹². Negli ultimi decenni, l'aumento di contatto tra psicologia e neuropsicologia cognitiva ha sviluppato la cosiddetta neuroscienza cognitiva; la quale si occupa dei substrati biologici, neurologici e cerebrali che sono implicati nelle diverse funzioni e processi mentali cognitivi, come ad esempio la memoria, l'attenzione, la categorizzazione, le funzioni esecutive. In particolare, tale neuroscienza affronta la relazione tra sintomi psicopatologici ed alterata attività cerebrale, al fine di giungere ad una descrizione delle dinamiche cerebrali patologiche¹³.

La neurofisiologia, invece, è una branca della biologia ed in particolare della fisiologia umana che studia il funzionamento dei neuroni e delle reti neurali nell'uomo. Caratteristica peculiare della neurofisiologia è lo studio dell'attività chemio-elettrica delle singole cellule nervose e delle strutture nervose più complesse. La psicofisiologia e la psicologia fisiologica sono fondamentali per lo sviluppo di questa moderna neuroscienza. In particolare, gli strumenti utilizzati dalla neurofisiologia molto spesso sono gli stessi usati dalle neuroscienze cognitive¹⁴ con lo scopo di trovare le relazioni tra fisiologia e i processi cognitivi. Nella seconda metà del XX secolo si è poi sviluppata la neuroscienza del comportamento, il cui obiettivo principale di è comprendere le relazioni che legano il comportamento e l'esperienza ai rispettivi substrati biologici. In

¹² Cfr. M.T. COLLICA, *Gli sviluppi delle neuroscienze sul giudizio di imputabilità*, in *Dir. Pen. Cont.*, 20 febbraio 2018, pp. 2-5

¹³ G. UBERTIS, (a cura di), *Prospettive interdisciplinari per la giustizia penale. Neuroscienze e processo penale*, in *Cass. pen.*, n. 9, 2010, p. 360

¹⁴ Il percorso logico comune a tutte le neuroscienze cognitive è sostanzialmente il seguente: risalire all'indietro dall'esperienza fenomenica e dal comportamento (oggetto tradizionale delle vecchie scienze della mente) verso componenti elementari misurabili, chiamati endofenotipi, e da questi ai rispettivi correlati neurobiologici (anatomici, fisiologici, biochimici, ecc.) ed infine ai determinanti genetici, esplorandone a fondo i meccanismi di funzionamento molecolare. Oltre che al cervello ed ai geni, molta importanza viene pure attribuita all'evoluzione, cioè ai processi regolatori che determinano la sopravvivenza delle specie viventi.

conclusione, si può evidenziare come ancora oggi gli studi delle nuove neuroscienze sono “*theory laden*”, ossia i giudizi di fatto sono intrinsecamente legati ai giudizi di valore¹⁵

3. Il ruolo delle strutture cerebrali nel comportamento umano

Ai nostri fini, hanno importanza quelle strutture cerebrali che influenzano maggiormente il processo decisionale, *decision making*, e il comportamento aggressivo e si ritiene che queste siano: il lobo temporale, le strutture sottocorticali quali l'ipotalamo, l'amigdala e il lobo frontale. Per una più completa analisi seguono delle brevi indicazioni riguardanti le funzioni di ogni parte del cervello elencata. Il lobo temporale è situato nella parte inferiore degli emisferi cerebrali ed è sede dell'area acustica, elabora l'affettività, la vita di relazione, le reazioni e i comportamenti istintivi, il riconoscimento visivo, la percezione uditiva e la memoria. Talamo e l'ipotalamo sono le due strutture principali del diencefalo, una delle cinque parti in cui è diviso il cervello. Il talamo riceve segnali dai recettori sensoriali e li trasmette, elaborati, alla corteccia sensoriale. L'ipotalamo ha invece una funzione fondamentale soprattutto per quanto riguarda i comportamenti motivati, sessuali e alimentari. L'amigdala è considerata “una sentinella, un computer emotivo del cervello”¹⁶ in quanto risponde in modo diverso alle differenti situazioni cognitive, emotive e comportamentali.

Fondamentali però sono le scoperte riguardanti il lobo frontale. Esso è in buona parte deputato alle cosiddette “funzioni esecutive” (FE) cioè le funzioni corticali e sottocorticali superiori designate al controllo e alla pianificazione del comportamento. È stato evidenziato che esse hanno un ruolo nel determinare la personalità; infatti modulano gli stimoli attraverso una risposta sociale adatta al contesto. Alcuni studi hanno evidenziato come con lo sviluppo del cervello nei mammiferi, aumenti proporzionalmente anche il volume dei lobi frontali in relazione all'aumento della complessità della vita sociale. Infatti, gran parte dei lobi frontali è dedicata alla vita sociale. Fu per primo Leonardo Bianchi, neurologo, psichiatra e accademico italiano, che alla fine dell'800 intuì

¹⁵ G. CARLIZZI e G. TUZET, (a cura di), *La prova scientifica nel processo penale*, Torino, G. Giappichelli, 2018, p. 314

¹⁶ L'espressione è di P. PIETRINI, *ResponsabilMente: dai processi cerebrali al processo penale: prospettive e limiti dell'approccio neuroscientifico*, pp. 325 ss., in DE CATALDO NEUBURGER L. (a cura di), *La prova scientifica nel processo penale*, Padova, CEDAM, 2007.

Inoltre M.T. COLLICA, *Il riconoscimento del ruolo nelle neuroscienze nel giudizio di imputabilità*, in *Dir. Pen. Cont.*, 12 febbraio 2012, cit., p. 9