

Creatività e Neuroscienze

La neuroplasticità dei processi creativi

Paola De Bartolo, Università degli studi Guglielmo Marconi

SOMMARIO

The concept of creativity is hard to define. Creativity is the human capability to solve new problems by using unusual solutions, creating innovative techniques, and producing or appreciating art and beauty. Divergent thinking is the basis of creative thoughts and recent studies showed that the right hemisphere has a key role in this peculiar capability. In spite of this, creativity encloses several processes in addition to divergent thinking. The neuronal mechanisms involved in these capabilities are complex and difficult to evaluate but the modern functional neuroimaging methods are shedding light on these questions, demonstrating that both horizontal and vertical cerebral networks are recruited. In fact, creative functions are based on the synchronization of neuronal activity belonging to specialized and widely distributed networks. However, these networks are not immutable but changing in response to the environmental requirements during the lifespan. The ability of the brain to change its structure and function is neuroplasticity. The exposure to complex environmental stimulation influences neuroplasticity, inducing wide structural and functional changes in the brain. Consequently, complex brain networks could mediate complex cognitive functions, allowing the subject to increase creative processes, to adapt or to cope with highly conflicting and demanding environmental situations.

KEYWORDS:

Cerebral Reserve, cognitive neuroscience, environmental enrichment, experiential factors, neuroplasticity

Introduzione

I bambini imparano giocando. E la cosa più importante è che imparano come imparare attraverso il gioco (Donaldson, 1993)

Definire il concetto di creatività dal punto di vista psicologico è assai arduo, dal momento che il termine racchiude in sé molteplici accezioni. Possiamo, in generale, definire la creatività come una capacità specifica del cervello umano, che rende possibile la messa a punto di soluzioni efficaci e innovative di fronte a nuove e continue sfide. Si può affermare che la creatività, al pari del ragionamento e del comportamento intelligente, può essere considerata uno strumento evolutivo che consente all'uomo, con il suo cervello di grandi dimensioni dotato di una quantità enorme di neuroni e connessioni, di adattarsi meglio di altre specie ad un ambiente mutevole. Inoltre, gli consente di creare apparecchiature sofisticate e un altro ambiente culturale, sociale e linguistico complesso, che a sua volta influisce sullo sviluppo cerebrale in un modo che è specifico dell'ambiente (Swaab, 2017).

Dal momento che la creatività è un fenomeno naturale che emerge dalla complessità del cervello umano, come tale deve avere una spiegazione scientifica ma, al momento, il suo studio suscita più domande che risposte (Lazar, 2018). Un grande apporto conoscitivo allo studio dei processi creativi è stato arrecato dallo sviluppo crescente delle neuroscienze cognitive, che, con l'unione di discipline come la psicologia, la neurobiologia, la matematica, la fisica e l'intelligenza artificiale, cercano di dirimere da molteplici punti di vista importanti questioni. In particolare, negli ultimi decenni il *neuroimaging* funzionale ha cambiato volto alle neuroscienze cognitive, e con il costante miglioramento dei metodi e delle tecniche questo cambiamento prosegue ancora. Queste tecniche consentono di osservare il cervello umano in azione. Tra esse, la risonanza magnetica funzionale (fMRI) è diventata particolarmente popolare, ma ne esistono altre come la tomografia ad emissione di positroni (PET) e il *neuroimaging* ottico. Usando principi fisici differenti e misurando differenti variabili biologiche (per esempio i livelli di ossigenazione del sangue nella fMRI), queste tecniche consentono di esaminare i pattern di attivazione cerebrale in un soggetto a riposo o che esegue un compito cognitivo mentre è dentro lo scanner (Delazer et al., 2003). Questa rivoluzione scientifica sta consentendo lo studio sempre più puntuale delle basi neurali di processi psichici molto complessi, come i processi creativi, e sta trasformando la visione obsoleta secondo cui specifici processi siano mediati da specifiche e circoscritte aree cerebrali a favore dell'idea che sia una connettività ampia e diffusa nel cervello, in cui

complessi network neuronali orizzontali e verticali interagiscono simultaneamente tra loro, a garantire alla nostra specie le peculiari caratteristiche adattive della sua mente. Queste potenti connessioni non sono stabili durante la vita dell'individuo ma si modificano in risposta all'interazione con l'ambiente, garantendo al cervello e alle sue funzioni una dinamicità nell'arco di vita. La capacità del cervello di modificare le proprie funzioni e la propria struttura è nota come plasticità cerebrale, o neuroplasticità (Kolb et al., 2003; Kolb, Gibb, 2008), il cui studio sta consentendo di allargare infinitamente gli orizzonti per quanto riguarda la prevenzione, la cura e la riabilitazione di danni cerebrali, oltre alla messa a punto di innovative idee per potenziare la nostra mente.

Psicologia della creatività

La creatività di un individuo può essere valutata dalla quantità e dalla qualità dei suoi prodotti, che devono essere originali (innovativi o molto inusuali) e/o utili (che servono a risolvere problemi o che sono adattivi) per la propria vita, per un gruppo di persone o per la società intera (Stein, 1953; Mumford, 2003). D'altro canto va sottolineato che anche una idea, che potrebbe risolvere un problema e o che sia innovativa, può essere considerata un elemento creativo (Prabhu et al., 2008). Infatti i ricercatori sono ormai concordi nel valutare la creatività non solo in termini di prodotti ma anche in termini di processi cognitivi che portano ad essi, come i processi attentivi e associativi, il pensiero logico-analitico o l'utilizzo di una alternanza efficiente tra processi cognitivi non sistematici/defocalizzati e sistematici/focalizzati (Simonton, 2011).

Il termine creatività può riferirsi anche a tratti comportamentali relativamente stabili e ad abilità cognitive caratteristiche di personalità creative (Guilford, 1950). Le differenze individuali sottostanti i processi creativi possono essere relative a variazioni nella flessibilità cognitiva e nella capacità di utilizzare in modo efficiente le conoscenze pregresse, l'apertura mentale o l'orientamento dell'attenzione verso stimoli esterni non associati e apparentemente irrilevanti per un dato problema. Queste caratteristiche permettono nuove associazioni di esperienze e rendono possibili nuove soluzioni.

Nella loro teoria della creatività, Sternberg e Lubart (1991, 1992) sostengono che la creazione di prodotti innovativi e utili richiede la confluenza di sei risorse: l'intelligenza, la conoscenza, gli stili di

pensiero (per esempio la preferenza di specifici modi per elaborare l'informazione), i tratti di personalità (per esempio riuscire a tollerare l'ambiguità, il desiderio di evolvere, il coraggio nei confronti del rischio), una motivazione intrinseca e un ambiente supportivo. Sebbene l'ambiente stabilisca le condizioni del contesto (per esempio un clima positivo per l'innovazione, mezzi stimolanti, assenza di pressioni) per favorire la creatività, le altre cinque componenti possono essere considerate caratteristiche interne e individuali relativamente stabili piuttosto che vere e proprie risorse.

Il ruolo dei tratti di personalità e dell'intelligenza è stato enfatizzato da molti altri ricercatori (Barron, Harrington, 1981; Simonton, 2014). Le differenze individuali nella tolleranza dell'ambiguità e nel desiderio di evolvere, come anche la flessibilità cognitiva, la fantasia, l'apertura mentale, la curiosità verso molte cose (per esempio le scienze, l'arte, l'estetica) possono essere sinteticamente descritte in termini di apertura all'esperienza. Questo tratto di personalità è caratterizzato da ampiezza, profondità e permeabilità della coscienza e coinvolge la preferenza per la varietà, la curiosità intellettuale e un bisogno perenne di stimoli nuovi e di nuove idee al fine di aumentare la conoscenza e l'esperienza (Denissen, Penke, 2008). Inoltre l'apertura è associata ad un'ampia gamma di specifiche caratteristiche intrinsecamente motivazionali, in particolare interessi culturali-intellettuali e artistici-creativi (Barrick et al., 2003; Kandler et al., 2011). Non sorprende che l'apertura sia stata concettualizzata come tratto fondamentale della creatività (McCrae, 1987). Il comportamento di assunzione del rischio e l'orientamento verso stimoli esterni sono sfaccettature dell'estroversione. Questo tratto di personalità comprende la generale tendenza a ricercare stimoli e a godere delle interazioni e attenzioni sociali (Ashton et al., 2002; Denissen, Penke, 2008): questo fornisce vari *input* per il pensiero creativo e, così, per la creazione di prodotti innovativi. Inoltre gli estroversi tendenzialmente sono maggiormente capaci rispetto agli introversi di esprimere e condividere le loro idee innovative nel loro contesto sociale. In questo modo vengono percepiti dagli altri come più creativi. Alla luce di ciò, emerge che l'atto creativo non è un evento singolo ma un processo molto complesso di interazione tra elementi di personalità, affettivi e cognitivi. Da un punto di vista prettamente cognitivo appare costituito da due fasi, una generativa e una esplorativa o valutativa (Finke, 1996).

Durante il processo generativo la mente creativa immagina una serie di

nuovi modelli mentali come nuove soluzioni ad un problema, nella fase esplorativa vengono valutate le diverse opzioni e poi viene selezionata quella migliore. Si tende a caratterizzare le due fasi, rispettivamente, come pensiero divergente e pensiero convergente (Guilford, 1950). Il pensiero divergente è la capacità di produrre una vasta gamma di associazioni o di arrivare a molteplici soluzioni in riferimento ad un problema, va oltre ciò che è contenuto nella situazione di partenza, supera la chiusura dei dati del problema, esplora varie direzioni e produce qualcosa di nuovo (Han et al., 2018; Jopardi et al., 2018). Di contro, il pensiero convergente si riferisce alla capacità di concentrarsi rapidamente sulla migliore soluzione ad una difficoltà, rimane quindi circoscritto all'interno degli schemi del problema (Han et al., 2018; Jopardi et al., 2018). Vari studi hanno dimostrato che l'intelligenza contribuisce sia al pensiero divergente che al pensiero convergente (Batey et al., 2010; Lee e Therriault, 2013). Il costrutto dell'intelligenza come abilità cognitiva generale comprende il ragionamento, la velocità mentale, come anche la capacità di concettualizzare e collegare, strutturare, conservare e usare conoscenza. Così un alto quoziente intellettivo dovrebbe contribuire positivamente a generare prodotti creativi; tuttavia, è ormai confermato che l'intelligenza è una condizione necessaria ma non sufficiente per essere creativi (Sternberg, 2012). La creazione di prodotti innovativi e creativi richiede anche processi cognitivi come l'analisi logica e sistematica, la selezione, l'integrazione di idee che può essere facilitata dalla disponibilità e dall'utilizzo di abilità rilevanti e dall'esperienza (Sternberg, 2006, 2012; Gabora, 2011). Inoltre, una varietà di funzioni cognitive e abilità basilari risultano correlare con le misure di creatività. Per creare qualcosa di nuovo, un individuo dovrebbe essere in grado di immagazzinare e richiamare le informazioni, così da poter fare facilmente associazioni tra concetti e/o oggetti (Avitia, Kaufman, 2014).

Brandt e Eagleman (2019) propongono una recentissima formulazione teorica secondo cui i processi creativi deriverebbero da uno schema nel quale sono divise le varie operazioni cognitive in base a tre strategie fondamentali: *bending* (piegare), *breaking* (frammentare) e *blending* (mescolare). Queste tre strategie sono i mezzi principali attraverso cui tutte le idee evolvono. Nel *bending*, la forma dell'originale viene piegata o distorta; nel *breaking*, un intero viene frammentato; nel *blending*, due o più elementi di partenza vengono mescolati l'uno con l'altro. La creatività umana, secondo gli autori, emerge da questo

meccanismo. Si distorce, si frammenta e si mescola tutto ciò che viene osservato, potendo così esplorare il mondo molto lontano dalla realtà circostante. La versatilità con cui si applicano queste strategie creative è un grande vantaggio perché consente di ottenere una varietà sbalorditiva da un numero limitato di opzioni.

Un importante filone di ricerca inerente lo studio della creatività riguarda la sua componente genetica. A partire dall'influente libro di Galton *Hereditary genius* (1869), è stata discussa la possibilità che la creatività sia ereditabile. Gli studi sui gemelli sono stati lo strumento principale per la valutazione delle basi genetiche dei processi creativi. Studi recenti hanno evidenziato una moderata ereditabilità della creatività (Grigorenko, et al., 1992), sebbene l'ereditabilità tendesse ad essere maggiore per le misure di creatività percepita, con meno prove di contributi ambientali condivisi (Bouchard et al., 1993). Altri studi hanno dimostrato forti contributi ambientali alle differenze individuali nel comportamento e nelle prestazioni creative. Questi risultati sono in linea con diverse prospettive che propongono il ruolo dei fattori ambientali come la fonte più importante per il pensiero e per il comportamento creativo (Amabile, 1983; Sternberg, 2006). Recentemente Kandler e colleghi (2016) hanno confermato questo risultato, spiegandolo con la natura multideterminata dei processi creativi.

Le basi neurali della creatività

La creatività, oltre ad essere un concetto difficile da definire e da operazionalizzare nella ricerca scientifica, sembra essere determinata da fattori ascrivibili a più livelli (caratteristiche di personalità, aspetti motivazionali, molteplici abilità e strategie cognitive). Una delle sfide più importanti degli ultimi anni è lo studio delle sue basi neurali con la finalità di individuare strategie di potenziamento dei processi creativi.

Un filone di ricerca in questo campo ha esaminato il ruolo dell'asimmetria emisferica (Martindale, 1999). Da studi di fMRI si interpreta la differente funzionalità dei due emisferi cerebrali come duplice capacità di mettere in correlazione la Memoria a Lungo Termine (MLT) con i processi di Memorizzazione a Breve Termine (MBL), da cui consegue la maggiore o minore capacità e rapidità di azione/reazione del pensiero. Il pensiero è infatti determinato dal flusso di attività mnestiche che utilizzano differenti schemi di

relazioni tra MLT e MBT, i quali vanno ad interporre il vecchio ed il nuovo flusso di informazione circolante tra il mondo esterno e la nostra abilità cerebrale fisiologica (Gabora, 2018; Khalil et al., 2019). La modalità del pensiero convergente, logico, attribuibile alla predominanza delle attività dell'emisfero sinistro, indirizza l'attenzione ed il confronto attuabile in termini di riconoscimento e di identità, con la passata esperienza acquisita della MLT.

Il pensiero logico, mediante i suoi operatori analitici, ha la capacità di scoprire il miglior modo di combinare sezioni del flusso di informazione separandolo, selezionandolo e combinandone le sezioni prescelte ed infine generandone una estensione capace di determinare un pronostico sul da farsi; in questo modo diviene possibile risolvere i problemi complessi mediante una elaborazione significativa del flusso di informazione. Certamente tale metodologia contiene il rischio di consolidare le proprie modalità di pensiero attivando sistematicamente le aree cerebrali che permettono di combinare nel miglior modo il risultato di una riflessione logica, ma di fatto ciò non permette al cervello nella sua intelligenza funzionale di riorganizzare intuitivamente l'informazione complessiva mediante percorsi paralleli più propri delle modalità di pensiero dell'emisfero destro. In questo emisfero ha luogo la modalità di pensiero divergente, che favorisce l'intuito ed anche la fantasia, consistente con le attività cerebrali che indubbiamente divengono necessarie proprio per la valutazione complessiva di schemi logici applicati troppo rigidamente, i quali tendono ad impedire la capacità di delineare nuove significazioni sulla base di rinnovate aspettative, non facilmente prevedibili mediante la ripetitiva applicazione delle sequenze combinatorie degli operatori logico formali (Gabora, 2018; Khalil et al., 2019). Originariamente la creatività era considerata una funzione dell'emisfero destro, sede dei processi divergenti. L'idea principale che i creativi utilizzassero l'emisfero destro mentre le persone razionali, meno creative, usassero principalmente l'emisfero sinistro, è stata infatti per lungo tempo al centro delle credenze principali sull'argomento. Tale teoria, affascinante per la sua linearità, appare oggi semplicistica, a fronte della complessità del cervello. Studi sul pensiero divergente, che hanno usato l'elettroencefalogramma (EEG) per rilevare l'attività elettrica del cervello, non hanno confermato infatti una specifica lateralizzazione destra della creatività (Dietrich, Kanso, 2010).

Le tendenze più recenti sono quelle di considerare la non esistenza chiara di una lateralizzazione emisferica della creatività e l'esistenza

di diverse aree cerebrali attivate a seconda della natura del processo creativo in atto. Quando un individuo è impegnato con qualsiasi tipo di processo creativo, un gran numero di regioni cerebrali si attiva. Le stesse regioni cerebrali sono quelle che si attivano anche in molti processi cognitivi cosiddetti ordinari (ad esempio la memoria, l'attenzione, il controllo, il monitoraggio delle prestazioni), pertanto alcuni studi suggeriscono come la creatività possa essere considerata come il prodotto di una complessa interazione tra processi cognitivi ordinari ed emozione.

Altri studi di neuroanatomia funzionale, realizzati utilizzando la fMRI e la PET, hanno riportato un coinvolgimento maggiore della corteccia prefrontale come substrato neuroanatomico critico per il pensiero divergente (Folley, Park, 2005; Dietrich, Kanso, 2010). Altri studi di *neuroimaging* riportano una costante attivazione della corteccia prefrontale nel cervello di persone coinvolte in compiti di pensiero creativo (Carlsson et al., 2000; Folley, Park, 2005; Chavez-Eakle et al., 2007; Fink et al., 2009). Ciò che dall'analisi degli studi sull'argomento appare meno chiaro è quali siano le aree specifiche della corteccia prefrontale che si attivano in risposta a compiti creativi. Anche se alcuni studi hanno riportato una attivazione prefrontale diffusa (Carlsson et al., 2000; Folley, Park, 2005; Sieborger et al., 2007), altri invece hanno fatto riferimento a regioni specifiche. Ad esempio, per quanto riguarda la regione prefrontale ventrolaterale, Goel e Vartanian (2005) riportano una attivazione unilaterale a destra, mentre Chavez-Eakle (2007) evidenziano una attivazione prevalente del lato sinistro. Per quanto riguarda il giro frontale e il polo frontale, alcuni studi hanno riportato un aumento dell'attività nell'emisfero sinistro (Goel, Vartanian, 2005; Chavez-Eakle, 2007). Altre ricerche riferiscono una attivazione della corteccia cingolata anteriore sinistra (Howard-Jones et al., 2005), dell'area prefrontale dorsolaterale sinistra e dell'area motoria supplementare (Fink et al., 2009). Infine, un numero di altre strutture cerebrali, sia corticali che sottocorticali, pare svolgano un ruolo nel pensiero divergente. Ci sono evidenti riscontri per le aree visive (Howard-Jones et al., 2005), il talamo, lo striato e l'ippocampo, il giro cingolato anteriore (Fink et al., 2009), il cervelletto (Chavez-Eakle, 2007) e il corpo calloso (Moore et al., 2009). Sebbene ancora non ci sia un accordo unanime su quali aree cerebrali siano coinvolte nel processo creativo, rimane chiaro il coinvolgimento della corteccia prefrontale, anche se non è stata ancora ben chiarita la natura di tale coinvolgimento.

I processi creativi divergenti hanno origini a livello non cosciente (inconscio cognitivo): i processi a questo livello, attivi anche durante il periodo di riposo, possono occuparsi simultaneamente, in maniera ordinata e coerente, di vari elementi mentre l'attenzione cosciente può concentrarsi su una quantità molto limitata di informazioni (Kihlstrom, 1987). Questo processo non è gerarchico e offre più flessibilità nella generazione di nuove associazioni di idee. Quando queste associazioni emergono alla coscienza si attivano circuitazioni che coinvolgono anche l'emisfero sinistro (Kihlstrom, 1987).

Goldberg (2019) ha sistematizzato in una recentissima teoria varie acquisizioni. Secondo questa teoria, denominata *novità – riduzione a routine*, la differenza fondamentale tra i due emisferi cerebrali si fonda sulla distinzione tra *novità cognitiva* e *familiarità cognitiva*. L'emisfero sinistro eccelle nell'elaborazione di informazioni tramite il ricorso a pattern cognitivi e strategie già ben strutturati, mentre l'emisfero destro interviene quando l'organismo incontra una situazione veramente inedita, a cui non è possibile applicare nessuno dei pattern, delle strategie o delle soluzioni pronte sviluppate in precedenza. Goldberg sostiene che man mano che il grado di novità di un compito diminuisce, decresce l'attività nell'emisfero destro e aumenta quella dell'emisfero sinistro, almeno in senso relativo, come evidenziato da numerosi studi di *neuroimaging* funzionale (Martin, 1999; Lezak et al., 2012).

In conclusione, si può affermare che se ogni idea nuova nasce in larga misura come combinazione *ex novo* di elementi delle conoscenze accumulate in precedenza e di concetti che in precedenza non erano stati integrati in reti coerenti, un cervello fortemente interconnesso è il prerequisito per la riuscita di uno sforzo creativo (Dietrich, 2007; Golberg, 2019). La capacità di diverse regioni cerebrali di interagire e cooperare al servizio di un atto creativo non è stabile durante l'arco di vita ma si modifica grazie all'interazione con l'ambiente, grazie al fenomeno della neuroplasticità.

Creatività e neuroplasticità

La funzione cerebrale si basa sulla sincronizzazione dell'attività neuronale presente in reti specializzate e ampiamente distribuite. Tuttavia, come già accennato, queste reti non sono immutabili ma possono cambiare in risposta alle esigenze imposte dall'ambiente. Questa capacità del cervello di modificare le proprie funzioni e la propria struttura è la neuroplasticità. Così, l'efficienza delle connessioni sinaptiche può aumentare o diminuire in modo più o meno prolungato in funzione della loro attività. La plasticità a breve termine si riferisce ai cambiamenti transitori che subisce una sinapsi subito dopo la sua stimolazione. La plasticità a lungo termine comporta cambiamenti durevoli nell'efficienza delle connessioni sinaptiche. In questo modo il cervello si trasforma in risposta all'esperienza. La generazione creativa origina da questo fenomeno, ubiquitario nel cervello (Brandt, Egelman, 2019; Goldberg, 2019). Il concetto di neuroplasticità è ampiamente correlato a quello che Greenough e Black (1987) hanno chiamato «sviluppo dipendente dall'esperienza», riferendosi a un aspetto della vita cerebrale che coinvolge gli input ambientali che contribuiscono attivamente alla struttura e alla funzione cerebrale. Un modello sperimentale esplicativo che ha consentito e consente di studiare gli effetti della neuroplasticità dipendente dall'esperienza è l'arricchimento ambientale (AA), in cui viene manipolata la complessità dell'ambiente di stabulazione nei roditori di laboratorio (Rosenzweig, 1966; Rosenzweig, Bennet, 1996). Un ambiente arricchito è definito come una combinazione di complesse stimolazioni inanimate e sociali. Nel protocollo sperimentale è necessaria la manipolazione di quattro variabili basilari: l'interazione sociale, l'esplorazione ambientale, l'esposizione alle novità e l'attività fisica (Sale et al., 2009; Petrosini et al., 2009; 2013). Vari studi hanno dimostrato che gli effetti dell'esposizione ad ambienti arricchiti sono massimi in seguito all'interazione di tutte e quattro le variabili, evidenziando la crucialità della complessità dell'ambiente in sé e non le singole variabili isolate. Inoltre, è stato dimostrato che è determinante anche l'esposizione alla novità, che potrebbe fornire idee aggiuntive per la formulazione di nuove associazioni (Nithianantharajah, Hannan, 2006). L'impatto positivo dell'AA sulla struttura del cervello e sulle sue funzioni è stato ampiamente descritto. I cambiamenti nella struttura cerebrale sono stati riscontrati in un aumento del peso

e dello spessore della corteccia cerebrale, un ingrandimento degli emisferi, una estensione delle ramificazioni dendritiche, un aumento della densità delle spine dendritiche e della grandezza delle aree di contatto sinaptico (Greenough et al., 1987; Kolb et al., 2003; Leggio et al., 2005; Gelfo et al., 2009). Questi ultimi parametri sono considerati validi indicatori di neuroplasticità. Infatti la superficie dendritica riceve più del 95% delle sinapsi di un neurone, così il cambiamento nel numero delle sinapsi può essere inferito misurando l'estensione degli alberi dendritici. Inoltre la densità sinaptica riflette la distribuzione delle spine dendritiche sui dendriti poiché più del 90% delle sinapsi coinvolge le spine dendritiche. Un altro importante cambiamento strutturale indotto dall'AA è l'incremento della neurogenesi ippocampale e la successiva integrazione delle cellule neonate in circuitazioni funzionali (Kempermann et al., 1997; Bruel-Jungerman et al., 2005). Una delle proprietà più intriganti dell'AA è la capacità di modificare il comportamento, in particolare in compiti che coinvolgono funzioni cognitive molto complesse. I soggetti arricchiti mostrano una maggiore capacità ad adattarsi e ad affrontare situazioni ambientali molto articolate e conflittuali, che necessitano di complesse strategie cognitive per essere risolte (De Bartolo et al., 2008; Mandolesi et al., 2008; Foti et al., 2011). Tali evidenze supportano l'idea che l'interazione con molteplici fattori ambientali stimolanti nel corso della vita crea un substrato ottimale per allenare la creatività, mediata da complessi processi cognitivi supportati da sincronizzate e ampie circuitazioni neuronali. Vari studi hanno sottolineato questo aspetto. Ad esempio, in un elegante esperimento, Frith e Loprinzi (2018) hanno dimostrato che l'esercizio fisico ripetuto, così come l'ascolto della musica, aumentavano le prestazioni di creatività verbale, misurata in termini di fluenza, flessibilità, originalità ed elaborazione.

Un altro filone di ricerche ha indagato se l'esposizione a complessi stimoli ambientali potesse aumentare la resilienza del cervello ad eventuali danni. Nel contesto delle neuroscienze le proprietà della resilienza cerebrale sembrano essere collegate ad aspetti sia funzionali che strutturali in grado di tamponare gli effetti di un danno neuropatologico. Infatti fattori neuroanatomici e funzionali interagiscono nella costruzione di una riserva, che rende il cervello più resiliente (Milgram et al., 2006; Petrosini et al., 2009). L'ipotesi della riserva è stata introdotta da Stern (2002; 2006; 2009) per spiegare le differenze individuali che permettono ad alcune persone

di affrontare meglio di altre il danno cerebrale. La riserva sembra essere costituita da una componente strutturale passiva (riserva strutturale) e una componente funzionale più attiva (riserva cognitiva) (Stern, 2002; 2006). La riserva strutturale è basata sul potenziale protettivo di caratteristiche anatomiche come la grandezza del cervello, densità neuronale e connettività sinaptica; è passiva perché è definita in termini di quantità di danno cerebrale che può essere sostenuto prima di raggiungere la soglia dell'espressione clinica. Di contro la riserva cognitiva è basata sull'efficienza delle circuitazioni neuronali, che rendono il cervello più pronto a reagire. Quando le circuitazioni sono rafforzate dall'uso ripetuto permettono un efficace processamento dell'informazione, migliorano il recupero delle memorie e la soluzione di situazioni problematiche. Questa riserva è attiva poiché il cervello tenta dinamicamente e in modo creativo di affrontare un danno, usando circuitazioni già esistenti o reclutandone nuove in modo compensatorio. Queste due componenti non si escludono ma sono l'una l'evidenza dell'altra (Stern, 2006; Petrosini et al., 2009). Vari studi hanno messo in relazione il concetto della riserva cognitiva con il costrutto della creatività. In particolare Colombo e colleghi (2018) hanno condotto un raffinato esperimento su soggetti adulti in cui è stata misurata la riserva cognitiva, tramite un sottoinsieme di test della WAIS (vocabolario, similarità e digit span) e un test *self report* in cui venivano indagati fattori che promuovono la riserva (scolarità, attività di svago, storia lavorativa) e la creatività, misurata come abilità di fluenza verbale e flessibilità di pensiero (acronimi, usi alternativi). Gli autori hanno dimostrato che i soggetti che esibivano prestazioni migliori nei compiti creativi erano quelli dotati di maggiore riserva cognitiva.

Conclusioni

In sintesi è possibile affermare che il costrutto della creatività, essendo complesso e multideterminato, è difficile da approfondire in ogni suo aspetto. La ricerca ancora non ha definito chiaramente tutti i meccanismi genetici, neuroanatomici e cognitivi coinvolti, anche se le neuroscienze cognitive hanno contribuito all'acquisizione di conoscenze molto importanti. Infatti, a differenza del passato, la creatività è considerata un processo dinamico, che può essere allenata grazie ad una stimolante e continua interazione con l'ambiente. Avere la possibilità di una vita dinamica e interessante

tramite un'alta scolarizzazione, un lavoro soddisfacente che pone ogni giorno sfide cognitive nuove e intriganti, un'attività sociale intensa, esercizio fisico costante, viaggi frequenti, interessi culturali e molto altro, consente di avere più materiale a disposizione per essere creativi; inoltre il cervello si allena a modificare, in base alle esigenze ambientali, le proprie circuitazioni in modo veloce ed efficace, garantendo risposte rapide e adattive nei contesti più disparati e mutevoli. Essere creativi allena ad esserlo, aumentando la resilienza sia in condizioni fisiologiche che patologiche.

Bibliografia

Amabile Teresa M. (1983), *The social psychology of creativity: a componential conceptualization*, "Journal of personality and social psychology", V. 45, pp. 357-376

Ashton Michael C., Lee Kimbeom, Paunonen Sampo V. (2002), *What is the central feature of extraversion? Social attention versus reward sensitivity*, "Journal of personality and social psychology", V. 83, pp. 245-252

Avitia Maria J., Kaufman James C., (2014), *Beyond g and c: the relationship of rated creativity to long-term storage and retrieval (Glr)*, "Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts", V. 8, pp. 293-302

Barrick Murray R., Mount Michael K., Gupta Rashmi (2003), *Meta-analysis of the relationship between the five-factor model of personality and Holland's occupational types*, "Personnel psychology", V. 56, pp. 45-74

Barron Frank X., Harrington David M. (1981), *Creativity, intelligence, and personality*, "Annual review of psychology", V. 32, pp. 439-476

Batey Mark, Furnham Adrian, Safiullina Xeniya, (2010), *Intelligence, general knowledge and personality as predictors of creativity*, "Learning and individual differences", V. 20, N.5, pp. 532-535

Brandt Anthony, Eagleman David (2019), *La specie creativa – L'ingegno umano che dà forma al mondo*, Torino, Codice Edizioni

Bruel-Jungerman Elodie, Laroche Serge, Rampon Claire (2005), *New neurons in the dentate gyrus are involved in the expression of enhanced long term memory following environmental enrichment*, "European journal of neuroscience", V. 21, pp. 513-521

Bouchard Thomas J., Lykken David T., Tellegen Auke, Blacker Dawn M., Waller Nies G. (1993), *Creativity, heritability, familiarity: which word does not belong?*, "Psychological inquiry", V. 4, pp. 235-237

Carlsson Ingegerd, Wendt Peter, Risberg Jarl (2000), *On the neurobiology of creativity: differences in frontal lobe activity between high and low creative subjects*, "Neuropsychologia", V. 38, pp. 873-885

Chavez-Eakle Rosa Aurora et al. (2007), *Cerebral blood flow associated with creative performance: a comparative study*, "Neuroimage", V. 30, pp. 519-528

Colombo Barbara, Antonietti Alessandro, Daneau Brendan (2018), *The relationships between cognitive reserve and creativity. A study on american aging population*, "Frontiers in Psychology", V. 9, pp. 1-11

Delazer Margarete, Domahs Frank, Bartha Lisa, Brenneis Christian, Lochy Aliette, Trieb Thomas, Benkè Thomas (2003), *Learning complex arithmetic – an fMRI study*, "Brain research: cognitive brain research", V. 18, pp. 76-88

De Bartolo Paola, Leggio Maria G., Mandolesi Laura, Foti Francesca, Gelfo Francesca, Ferlazzo Fabio, Petrosini Laura (2008), *Environmental enrichment mitigates the effects of basal forebrain lesions on cognitive flexibility*, "Neuroscience", V. 154, pp. 444-453

Denissen Jaap J.A., Penke Lars (2008), *Motivational individual reaction norms underlying the five-factor model of personality: first step towards a theory-based conceptual framework*, "Journal of research in personality", V. 42, pp. 1285-1302

Dietrich Arne (2007), *Introduction to consciousness*, London, Palgrave Macmillan

Dietrich Arne, Kanso Riam (2010), *A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight*, "Psychological Bulletin", V. 136, pp. 822-848

Donaldson O. Fred (1993), *Playing by Heart: The Vision and Practice of Belonging*, 2nd ed., Boca Raton, Health Communications Inc

Fink Andreas, Graif Barbara, Neubauer Aljoscha C. (2009), *Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs novice dancers*, "NeuroImage", V. 46, pp. 854-862

Finke Ronald A. (1996), *Imagery, cognition and emergent structure*, "Consciousness and cognition", V.5, pp. 381-393

Folley Bradley S., Park Sohee (2005), *Verbal creativity and schizotypal personality in relation to prefrontal hemispheric laterality: a behavioral and near-infrared optical imaging study*, "Schizophrenia research", V. 80, pp. 271-282

Foti Francesca, Laricchiuta Daniela, Cutuli Debora, De Bartolo Paola, Gelfo Francesca, Angelucci Francesco, Petrosini Laura (2011), *Exposure to an enriched environment accelerates recovery from cerebellar lesion*, "Cerebellum", V. 10, pp. 104-119

Frith Emily, Loprinzi Paul D. (2018), *Experimental effects of acute exercise and music listening on cognitive creativity*, "Physiological Behavior", V. 1, pp. 21-28

Gabora Liane (2011), *An analysis of the blind variation and selective retention theory of creativity*, "Creativity research journal", V. 23, pp. 155-165

Gabora Liane (2018), *The neural basis and evolution of divergent and convergent thought*, in Oshin Vartanian, Rex E. Jung R (eds.), *The Cambridge Handbook of the Neuroscience of Creativity*, Cambridge, Cambridge University Press

Galton Francis (1869), *Hereditary genius: an inquiry into its laws and consequences*, London, Macmillan

Gelfo Francesca, De Bartolo Paola, Giovine Angela, Petrosini Laura, Leggio Maria G. (2009), *Layer and regional effects of environmental enrichment on the pyramidal neuron morphology of the rat*, "Neurobiology of learning and memory", V. 91, pp. 353-365

Goel Vinod, Vartanian Oshin (2005), *Dissociating the roles of right ventral lateral and dorsal lateral prefrontal cortex in generation and maintenance of hypotheses in self-shift problems*, "Cerebral cortex", V. 15, pp. 1170-1177

Golberg Elkhonon (2019), *La vita creativa del cervello – Le neuroscienze nell'era dell'innovazione*, Milano, Adriano Salani Editore

Greenough William T., Black James E., Wallace Christopher S. (1987), *Experience and brain development*, "Child development", V. 58, pp. 539-559

Grigorenko Elena L., LaBuda Michele C., Carter AS (1992), *Similarity in general cognitive ability, creativity, and cognitive style in a sample of adolescent Russian twins*, "Acta geneticae medicae et gemellologiae: twin research", V. 41, pp. 65-72

Guilford Joy Paul (1950), *Creativity*, "American Psychologist", V. 5, pp. 444-454

Han Wei, Zhang Mi, Feng Xue, Gong Guihua, Peng Kaiping, Zhang Dan (2018), *Genetic influences on creativity: an exploration of convergent and divergent thinking*, "Peer J – The journal of life and environmental sciences", V. 6, pp. e5403

Howard-Jones Paul B., Blakemore Sarah-Jayne, Samuel Elspeth A., Summers Ian R., Claxton Guy (2005), *Semantic divergence and creative story generation: an fMR investigation*, "Cognitive brain research", V. 25, pp. 240-250

Japardi Kevin, Bookheimer Susan, Knudsen Kendra, Ghahremani Dara G., Bilder Robert M. (2018), *Functional magnetic resonance imaging of divergent and convergent thinking in Big-C creativity*, "Neuropsychologia", V. 118, pp. 59-67

Kandler Christian, Bleidorn Wiebke, Reimann Rainer, Angleitner Alois, Spinath Frank M. (2011), *The genetic links between the big five personality traits and general interest domains*, "Personality and social psychology bulletin", V. 37, pp. 1633-1643

Kandler Christian, Riemann Rainer, Spinath Frank M., Borkenau Peter, Penke Lars (2016), *The nature of genetic factors, personality traits, cognitive abilities, and environmental sources*, "Journal of personality and social psychology", V. 111, pp. 230-249

Kempermann Gerd, Kuhn Hans Geord, Gage Fred H. (1997), *More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment*, "Nature", V. 386, pp. 493-495

Khalil Radwa, Godde Ben, Karim Ahmed A. (2019), *The link between creativity, cognition, and creative drives and underlying neural mechanisms*, "Frontiers in neural circuits", V. 13 N. 18, pp. 1-16

Kihlstrom John F. (1987), *The cognitive unconscious*, "Science", V. 237, pp. 1445-1452

Kolb Bryan, Gibb Robin, Robinson Terry E. (2003), *Brain Plasticity and Behavior*, "Current direction in psychological science", V. 12 N. 1, pp. 1-5

Kolb Bryan, Gibb Robin (2008), *Principles of neuroplasticity and behavior*, in Stuss DT, Winocur G, Robertson IH (Eds.), *Cognitive neurorehabilitation: Evidence and application*, New York, Cambridge University Press, pp. 6-21

Lazar Leslee (2018), *The cognitive neuroscience of design creativity*, "Journal of experimental neuroscience", V. 12, pp. 1-6

Lee Christian Bae, Therriault David J. (2013), *The cognitive underpinnings of creative thought: a latent variable analysis exploring the roles of intelligence and working memory in three creative thinking processes*, "Intelligence", V. 41, pp.306–320

Leggio Maria G., Mandolesi Laura, Federico Francesca, Spirito Francesca, Ricci Benedetta, Gelfo Francesca, Petrosini Laura (2005), *Environmental enrichment promotes improved spatial abilities and enhanced dendritic growth in the rat*, "Behavioral brain research", V. 163, pp. 78-90

Lezak Muriel, Howieson Diane B., Bigler Erin D., Tranel Daniel (2012), *Neuropsychological assessment*, New York, Oxford University Press

Mandolesi Laura, De Bartolo Paola, Foti Francesca, Gelfo Francesca, Federico Francesca, Leggio Maria G., Petrosini Laura (2008), *Environmental enrichment provides a cognitive reserve to be spent in the case of brain lesion*, "Journal of Alzheimer's disease", V. 15, pp. 11-28

Martin Alex (1999), *Automatic activation of the medial temporal lobe during encoding: lateralized influences of meaning and novelty*, *Hippocampus*, V. 9, pp. 62-70

Martindale Colin (1999), *Handbook of creativity*, Cambridge, Cambridge University Press

McCrae Robert R. (1987), *Creativity, divergent thinking, and openness to experience*, "Journal of personality and social psychology", V. 52, pp. 1258-1265

Milgram Norton W., Siwak-Tapp Christina T., Arahujo Joseph, Head Elizabeth (2006), *Neuroprotective effects of cognitive enrichment*, "Ageing research reviews", V. 5, pp. 354-369

Moore Dana W., Bhadelia Rafeeqe A., Billings Rebecca L., Fulwiler Carl, Heilman Kenneth M., Rood Kenneth M.J., Gansler David A., (2009), *Hemispheric connectivity and the visual-spatial divergent thinking component of creativity*, "Brain and cognition", V. 70, pp. 267-272

Mumford Michael D. (2003), *Where have we been, where are we going? Taking stock in creativity research*, "Creativity research journal", V. 15, pp. 107-120

Nithianantharajah Jess, Hannan Anthony J. (2006), *Enriched environments, experience dependent plasticity, and disorders of the nervous system*, "Neuroscience", V. 7, pp. 697-709

Petrosini Laura, Cutuli Debora, De Bartolo Paola (2013), *Environmental influences on development of the nervous System*, in Nelson RJ, Mizumori SJY, *Behavioral neuroscience*, V. 3, pp. 461-479, in Weiner IB (ed.), *Handbook of psychology*, Hoboken, John Wiley & sons, inc.

Petrosini Laura, De Bartolo Paola, Foti Francesca, Gelfo Francesca, Cutuli Debora, Leggio Maria G., Mandolesi Laura (2009), *On whether the environmental enrichment may provide cognitive and brain reserves*, "Brain research reviews", V. 61, pp. 221-239

Prabhu Veena, Sutton Charlotte, Sauser William (2008), *Creativity and certain personality traits: understanding the mediating effect of intrinsic motivation*, "Creativity research journal", V. 20, pp. 53-66

Rosenzweig Mark R. (1966), *Environmental complexity, cerebral change, and behavior*, "American Psychology", V. 21, pp. 3221-3232

Rosenzweig Mark R., Bennet Edward L. (1996), *Psychobiology of plasticity: effects of training and experience on brain and behavior*, "Brain research", V. 70, pp. 57-65

Sale Alessandro, Berardi Nicoletta, Maffei Lamberto (2009), *Enrich the environment to empower the brain*, "Trends in neuroscience", V. 32, pp. 233-239

Sieböcker Florian Th., Ferstl Evelyn C., von Cramon D. Yves (2007), *Making sense of nonsense: an fMRI study of task induced inference processes during discourse comprehension*, "Brain research", V. 3, pp. 77-91

Simonton Dean Keith (2011), *Creativity and discovery as blind variation: Campbell's (1960) BVSR model after the half century mark*, "Review of general psychology", V. 15, pp. 158-174

Simonton Dean Keith (2014), *Creative performance, expertise acquisition, individual differences, and developmental antecedents: an integrative research agenda*, "Intelligence", V. 45, pp. 66-73

Stein Morris I. (1953), *Creativity and culture*, "The journal of psychology: interdisciplinary and applied", V. 36, pp. 311-322

Stern Yaakov (2002), *What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept*, "Journal of international neuropsychological society", V. 8, pp. 448-460

Stern Yaakov (2006), *Cognitive reserve and Alzheimer's disease*, "Alzheimer's disease and associated disorders", V. 20, pp. 112-117

Stern Y (2009), *Cognitive reserve*, *Neuropsychologia*, V. 47, pp.2015-2028

Sternberg Robert J., Lubert TI (1991), *An investment theory of creativity and its development*, "Human development", V. 34, pp. 1-31

Sternberg Robert J., Lubert TI (1992), *Buy low and sell high: an investment approach to creativity*, "Current direction in psychological science", V. 1, pp. 1-5

Sternberg Robert J. (2006), *The nature of creativity*, "Creativity research journal", V. 18, pp. 87-98

Sternberg Robert J., (2012), *The assessment of creativity: an investment-based approach*, "Creativity research journal", V. 24(1), pp. 3-12

Swaab Dick, Santoro D. (2017), *Il cervello creativo*, 1st ed., Roma, Lit edizioni

