



## ***Neurodidattica: uno spazio dialogico tra saperi per innovare i processi di insegnamento e apprendimento***<sup>1</sup>

**Concetta Tino, Monica Fedeli, Daniela Mapelli**

### **1. Introduzione**

La prospettiva *lifelong learning* interessa oggi tutti i livelli dell'istruzione e della formazione, spingendo i professionisti del settore di interrogarsi continuamente non solo sui bisogni, ma anche sulle modalità di apprendere dei soggetti di ogni età nel tentativo di riuscire a coinvolgerli in un processo di apprendimento continuo e di insegnamento efficace.

Facendo specifico riferimento al processo di apprendimento degli adulti si fa solitamente rimando all'andragogia, al self-directed learning (Fedeli: 2014; Knowles: 1980; Merriam & Bierema: 2014), al transformative learning (Mezirow: 2000; Cranton & Taylor: 2012), ma ultimamente anche a dimensioni rimaste per troppo tempo lontane dalla cultura occidentale e che si basano su un approccio olistico, considerando anche il ruolo fondamentale delle emozioni (Dirkx: 2008), del corpo (Giacconi, Rodriguez, Rossi, Capellini, & Vastola: 2013; Margiotta: 2018): nei processi di apprendimento. Proprio l'approccio olistico ha la potenzialità dunque di guidare lo sguardo, le azioni e le scelte del docente nel perseguire il superamento della dicotomia tra pensare e fare, tra corpo e mente, durante la progettazione e la realizzazione dell'azione didattica e formativa. Volgendo l'attenzione verso questo approccio, e con l'intenzionalità di rafforzarlo, il contributo qui presentato vuole focalizzarsi sulla relazione tra apprendimento degli adulti e funzioni del cervello, quest'ultimo oggetto delle neuroscienze, e capire quali implicazioni tale relazione possa avere nelle pratiche didattiche.

### **2. Relazione tra apprendimento degli adulti e neuroscienze**

Negli ultimi anni, in letteratura, si riscontra una certa attenzione sul contributo che le neuroscienze possono offrire alla pedagogia nel comprendere i processi di apprendimento e insegnamento degli adulti e soprattutto le conseguenti implicazioni per la pratica didattica rivolta agli adulti in formazione. Per la stesura di questo contributo, la letteratura selezionata sul database Ebschost, nell'arco temporale compreso tra il 2000 e il 2018, è stata guidata dalla combinazione delle seguenti coppie di parole: adult learning AND neuroscience / adult learning, didactics AND neuroscience. Tramite questa procedura

---

<sup>1</sup> Sebbene l'articolo sia stato teorizzato congiuntamente da tutte le autrici, l'effettiva stesura dei paragrafi segue le seguenti attribuzioni: *Concetta Tino* ha redatto i paragrafi: 2; 2.2; 2.3; 2.4. *Monica Fedeli* ha redatto i paragrafi 1; 2.1 e le *Conclusioni*. *Daniela Mapelli* ha supervisionato l'intera stesura dell'articolo, offrendo un notevole contributo sul tema delle neuroscienze.



sono stati ottenuti 98 contributi tra i quali sono stati ulteriormente selezionati solo quelli che risultavano focalizzati intorno ai temi sulle relazioni: a) tra i processi di apprendimento e le funzioni del nostro cervello (Burn: 2011; Caine & Caine: 2006; Cozolino & Sprokay: 2006; Hagen & Park: 2016; Hill: 2001; Taylor e Lamoreaux: 2008; Zull: 2006; Wolfe: 2006); b) tra attività neuronale, processi di apprendimento e emozioni (Cozolino & Sprokay:2006; Hill: 2006; Johnson: 2006; McGinty, Radin & Kaminski: 2013; Morse: 2004; Taylor: 2006; Perry: 2006; Putcha: 2014; Rager: 2009; Saleh, 2011; Samur & Duman, 2011; Trapp, 2005; Wolfe, 2006; Zull, 2006); c) tra neuroscienze e alcune teorie dell'apprendimento (Caine & Caine: 1994, 2006; Cozolino & Sprokay: 2006; Duman: 2010; Glisczinski: 2011; Gulpinar: 2005; Hagen & Park, 2016; Kahveci & Ay, 2008; Morse: 2004); d) tra neuroscienze e implicazioni pratiche per la didattica (Akyurek & Afacan: 2013; Burns: 2011; Caine & Caine: 1994; 2006; Cozolino: 2002; Cozolino & Sprokay: 2006; Duman, 2010; Freeman & Wash, 2013; Frith, 2005; Glisczinski: 2011; Gulpinar: 2005; Hagen & Park: 2016; Hill: 2001; Kahveci & Ay: 2008; Taylor & Lamoreaux: 2008; Saleh: 2011; Smith: 2007). Nello specifico, occorre precisare che, sulla base dei criteri esposti, gli articoli a fondamento di tale contributo sono stati 28 a carattere concettuale e 6 a carattere empirico.

### *2.1 Relazione tra caratteristiche e funzionamento del nostro cervello e apprendimento*

Tutti gli studi selezionati fanno riferimento al funzionamento del nostro cervello. Tuttavia, alcuni tra questi si soffermano maggiormente su questa dimensione delineandone le connessioni con i processi di apprendimento in maniera più puntuale. Hill (2001) presenta la struttura cerebrale come un tessuto complesso costituito da bilioni di cellule neuronali collegate tra loro da sinapsi in un numero diecimila volte superiore al loro stesso numero, anche se queste per il 50% falliscono nel creare connessioni e muoiono. Venti settimane dopo la nascita il cervello è organizzato in quaranta mappe fisiche diverse per la gestione di tutte le attività che è destinato a compiere (Wolfe: 2006). Memoria e apprendimento sono legate al contesto e il cervello seleziona le informazioni a seconda che il collegamento sia con il contenuto o con il contesto. Se il collegamento è del primo tipo è guidato da un processo che richiede molti sforzi e perciò è poco compatibile con la struttura cerebrale (Jensen, 1996); mentre se è del secondo tipo, legato al contesto, l'apprendimento sembra realizzarsi senza particolari sforzi e l'aggiornamento delle informazioni avviene in modo più semplice, proprio perché in realtà esso è un processo sociale che si realizza attraverso l'attribuzione di significato all'esperienza, alla luce di quanto già conosciamo (Kahveci & Ay: 2008): è quello che Hill (2001) chiama *brain-friendly learning* (p.75).

Diversi studi collegano la plasticità del cervello con la capacità di apprendere, spiegando come questa sia strettamente dipendente dalle modifiche relative all'architettura e alla chimica del nostro cervello (Caine & Caine: 2006; Cozolino & Sprokay: 2006). Zull (2006) descrive la neocorteccia nelle sue funzioni più importanti e in stretta relazione tra loro: *sensory-association-motor* (p.3). La funzione sensoriale consente al cervello di essere sensibile (*sensory*) ai cambiamenti ambientali e adattarsi ad essi sia tramite i movimenti fisici (*motor*) sia tramite l'organizzazione e la pianificazione comportamenti interni (*association*).



Con riferimento all'apprendimento degli adulti, alcuni principi dell'andragogia trovano giustificazione nella struttura del nostro cervello (Hagen & Park: 2016). La consapevolezza di sé nel processo di *self-directed learning* è intesa come convergenza di abilità soggettive: intenzionalità, intelligenza e capacità di agire, autoregolazione, attenzione e presa di decisione; è proprio l'area prefrontale che regola tali processi. Il richiamo all'esperienza precedente aziona diverse emozioni e parti del cervello, attivando per esempio l'ippocampo, area cerebrale deputata alla memoria episodica. La propensione ad apprendere è strettamente collegata al ruolo sociale e alla consapevolezza di sé, per cui le aree corticali aiutano a costruire un'immagine di sé; l'applicabilità immediata di ciò che si apprende è legata invece alla plasticità neuronale e quindi alla capacità di adattarsi ai cambiamenti ambientali. La metafora del *teaching with the brain in mind* usata da Taylor e Lamoreaux (2008, p. 49), spiega dunque come per un docente sia importante avere la consapevolezza che il cervello cambia attraverso l'apprendimento; le continue connessioni, generate dall'esposizione a nuovi stimoli, modificano le sinapsi, creando connessioni sempre più complesse e più forti: *they fire together, they wire together* (ibidem, p.50). Più facilmente trovano connessioni con le informazioni precedenti, maggiore è il senso attribuito alle nuove informazioni e più semplice diventa la possibilità di ricordarle.

## 2.2 *Relazione tra emozioni e apprendimento*

All'interno del processo di apprendimento l'azione del sistema cerebrale e delle sue funzioni è determinata anche dal ruolo fondamentale svolto dai neurotrasmettitori, 'sostanze chimiche emozionali' (per esempio: adrenalina, dopamina, serotonina). Vengono secreti prevalentemente a livello del tronco encefalico, ma la dopamina ad esempio viene prodotta anche in altre aree cerebrali, tra le quali il nucleo centrale dell'amigdala e alcune zone della corteccia frontale. I neurotrasmettitori si diramano in tutte le parti della neocorteccia costituendo le fondamenta dell'apprendimento (Zull 2006). Sono regolati dall'amigdala, la cui funzione è di assicurare che noi possiamo avere un *total body reponse* (Perry: 2006, p.23) e quindi reagire velocemente dinanzi a situazioni pericolose o cariche di emozioni. In risposta a situazioni di stress, accanto a reazioni fisiologiche, spesso accade che proprio la memoria sia la prima ad essere minacciata (McGinty, Radin & Kaminski: 2013; Morse. 2004; Taylor: 2006) facendo fatica a recuperare le informazioni utili ad affrontare le emergenze (Wolfe: 2006). Semplificando possiamo affermare che mentre l'ippocampo "ricorda" i fatti l'amigdala e la sede del nostro archivio di memoria emozionale, analizza l'esperienza corrente con quanto già accaduto in passato. L'amigdala fornisce ad ogni stimolo il giusto livello di attenzione, lo arricchisce di emozioni, ed infine ne avvia il processo di immagazzinamento sotto forma di ricordo. Questo spiega come il docente possa far leva sulle emozioni per promuovere l'apprendimento, ricorrendo a strategie che generano coinvolgimento e intensificano lo stato emozionale di chi apprende, creando un ambiente sicuro per la partecipazione, la costruzione di significati e il sostegno alla memoria (Perry: 2006; Rager: 2009; Wolfe: 2006). Essere supportati da un docente o facilitatore che con equilibrio incoraggia e crea ottime condizioni ambientali, consente a coloro che apprendono di essere supportati nel loro viaggio neuronale volto alla riorganizzazione del pensiero, perché il *brain-friendly learning* include connessioni *mind-to-mind* e *heart-to-*



*heart* (Cozolino & Sprokay: 2006). L'amigdala e l'ippocampo, come sede delle emozioni e della memoria, giocano quindi un ruolo fondamentale nell'apprendimento e nella funzione della memoria. Occorre dunque creare ambienti di apprendimento coinvolgenti (Trapp: 2005) ed emozionanti che non implicano diminuire le sfide cognitive (Morse: 2004), ma essere consapevoli che per il pensiero, la memoria e l'apprendimento, che sono tra loro interconnessi, le emozioni svolgono una funzione vitale (Hill: 2001; Putcha: 2014; Saleh: 2011; Samur & Duman: 2011).

### 2.3. *Relazione tra neuroscienze e alcune teorie dell'apprendimento degli adulti*

Caine e Caine (1994; 2006) elaborando il framework teorico del *brain-based learning (BBL)*, hanno distinto l'apprendimento superficiale da quello significativo, il primo basato sulla memoria, il secondo sulla possibilità per chi apprende di creare connessioni tra le diverse conoscenze possedute e quindi con le esperienze precedenti. Questo significa che secondo il *BBL* l'apprendimento si realizza in contesti utili a garantire a chi apprende la significatività dell'esperienza.

Il compito del nostro cervello è apprendere e i dodici principi sui quali Caine e Caine (1991) hanno sviluppato l'approccio *BBL* lo spiegano chiaramente:

- Il cervello è un processore parallelo.
- L'apprendimento impegna l'intera fisiologia.
- La ricerca di significati è innata.
- La ricerca di significati avviene attraverso schemi mentali.
- Le emozioni sono fondamentali per gli schemi.
- Il cervello elabora parti e interi simultaneamente.
- L'apprendimento implica sia l'attenzione focalizzata che la percezione periferica.
- L'apprendimento coinvolge sempre i processi consci e inconsci.
- Abbiamo almeno due diversi tipi di memoria: un sistema di memoria spaziale/temporale/contestuale e un insieme di sistemi per l'apprendimento meccanico.
- Capiamo e ricordiamo meglio quando fatti e competenze sono appresi utilizzando la memoria spaziale evocata attraverso quello che viene chiamato "apprendimento esperienziale". In questo senso l'utilizzo di immagini, dimostrazioni pratiche, esperienze sul campo facilitano l'apprendimento.
- L'apprendimento è sostenuto dalla sfida e inibito dalla minaccia.
- Ogni cervello è organizzato in modo unico (pp.87-96).

Il modello descritto trova elementi in comune con alcune teorie dell'apprendimento per diversi aspetti. Se per la costruzione di significati è indispensabile un contesto sociale, bisogna riconoscere che per quanto un pari, un docente/facilitatore possano fornire supporto e aiuto, esiste sempre anche una dimensione soggettiva. Il successo della costruzione di significato da parte del soggetto è la possibilità di vedere la realtà in un modo completamente nuovo, permettendogli di indossare nuove lenti con cui guardare il mondo. È quello che Caine e Caine (2006) chiamano *embodied meaning* (p.2) poiché assicura un cambio di prospettiva grazie al coinvolgimento della dimensione razionale e



dell'intero sistema fisiologico. La costruzione di significati si realizza dunque solo grazie a un'esperienza rilevante che coinvolge la dimensione soggettiva e quella sociale della persona.

Altri studiosi hanno identificato legami tra il *BBL* e il costruttivismo. Gulpinar (2005), infatti, riconosce la compatibilità dei modelli costruttivisti (*Experiential Learning, Problem-Based Learning, Cooperative Learning*) con il modo di funzionare del nostro cervello, poiché guardano ai soggetti che apprendono nella loro globalità, situati nei contesti socioculturali di riferimento, in ambienti di apprendimento volti a coniugare fiducia e sicurezza, ma anche sfide ed esperienze ricche e complesse, grazie all'uso di metodi partecipativi (*active learning, business game, metodi creativi e peer-learning*) che consentono di costruire contesti didattici e formativi per valorizzare le potenzialità e l'esperienza di chi apprende (Fedeli & Frison, *in press*). Anche Kahveci e Ay (2008) identificano tra i due approcci (*BBL* e costruttivismo) alcuni elementi in comune quali: l'apprendimento significativo che si realizza attraverso associazioni con i frame concettuali presenti nella nostra memoria e costruiti attraverso le esperienze precedenti nel rapporto con il mondo e la vita reale; le componenti affettive, poiché ritenute dai due approcci fattori che sostengono o inibiscono l'apprendimento; i fattori personali e contestuali e le molteplici rappresentazioni dell'apprendimento con il focus sulle parti e il tutto da un lato, e sulle diverse strategie per promuoverlo, dall'altro. Duman (2010) analizzando la relazione tra il *BBL* e l'*Experiential Learning (EL)* (Kolb:1984) ha evidenziato come l'esperienza sia il punto di collegamento più forte tra i due approcci. Lo studioso ha messo in rilievo che se per il *BBL* il cervello è un unico processore e ha una sua unicità, questo trova riscontro sia nell'apprendimento circolare sia nei diversi stili di apprendimento dell'*EL*; la capacità del cervello di elaborare parti e interi simultaneamente e di assicurare sia un'attenzione focalizzata che una percezione periferica sono elementi affini al ciclo dell'apprendimento dell'*EL* che definisce due dimensioni dell'apprendimento: la raccolta delle informazioni e l'elaborazione delle stesse. Anche Glisczinski (2011), identifica collegamenti tra la biologia cerebrale, apprendimento esperienziale, apprendimento trasformativo e neuroscienze. Nello specifico, richiama sia la teoria di Kolb (1984) secondo il quale l'apprendimento profondo, significativo e duraturo si realizza grazie ai cicli di esperienza, riflessione, concettualizzazione e astrazione, rispettando le modalità con cui le persone apprendono; sia la teoria dell'apprendimento trasformativo di Mezirow (2000) secondo il quale l'apprendimento significativo si realizza attraverso cicli di esperienza, riflessione, discorso razionale e azione. Infatti, il processo trasformativo si realizza quando modifichiamo in nostri sistemi di riferimento rendendoli più aperti, divenendo emotivamente più capaci di riflettere e cambiare fino a generare credenze e opinioni più giustificate e veritiere che possano guidare la nostra azione. È una prospettiva sostenuta anche Brookfield (2000), Cranton (2006), Mezirow e Taylor (2009), secondo i quali l'apprendimento trasformativo è generato dalla dissonanza cognitiva innescata dall'evento disorientante, seguito da una riflessione critica sulle nostre premesse di riferimento, dal discorso razionale e dal rinnovamento dell'azione. Il modello esperienziale e quello dell'apprendimento trasformativo presentano legami con la ricerca sul modo di operare del cervello, di cui, chi si occupa della formazione degli adulti, dovrebbe dunque tenerne conto. Zull (2002), infatti, precisa che l'apprendimento dovrebbe esser promosso cercando di interessare le quattro aree della neocorteccia impegnate in un processo che va dalla raccolta dati mediante l'area sensoriale, al



trasferimento di questi alla corteccia temporale per poter essere associati alle informazioni preesistenti fino a modificarle. Dopo l'interpretazione delle informazioni, grazie alle aree associative, i significati vengono trasportati attraverso le reti neuronali alla corteccia frontale analitica dove avvengono la concettualizzazione astratta e la metacognizione razionale. A questo punto, i pensieri razionali dalla corteccia frontale sono inviati alla corteccia motoria, dove prendono la forma di sperimentazione attiva e quindi di azione. Questo ciclo di apprendimento si ripete nel cervello umano grazie alla ricezione di nuovi stimoli spiegando quello che Zull (2002) definisce *brained-learning cycle* (Fig.1)

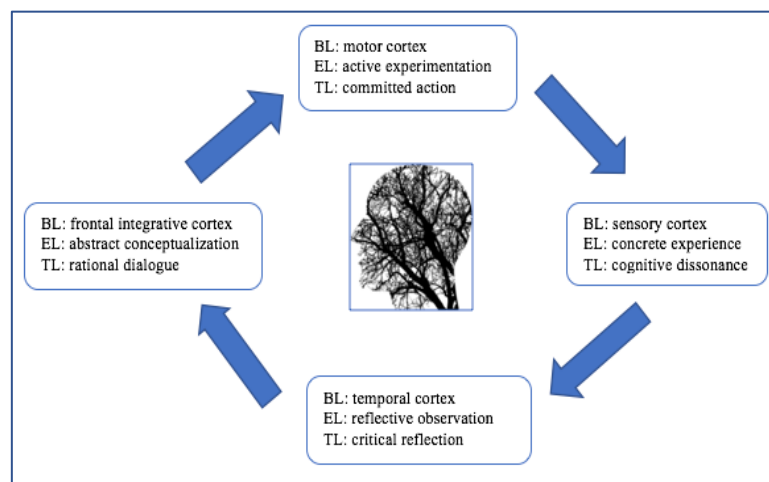


Figura 1. Relazione tra (BL) *Brained-learning*, (EL) *Experiential Learning* e (TL) *Transformative Learning*. Tratto e modificato da: Glisczinski (2011).

#### 2.4. Le implicazioni pratiche per la didattica

Dall'analisi delle risorse sono emerse diverse implicazioni per la pratica didattica:

- l'importanza di conoscere l'apporto che le neuroscienze possono apportare ai processi di insegnamento/apprendimento, grazie alla conoscenza sulla modalità di funzionamento e l'anatomia del nostro cervello (Caine & Caine: 2006; Cozolino & Sprokay: 2006; Hill: 2001; Taylor & Lamoreaux: 2008), perché questo consente di costruire, con maggiore consapevolezza, ambienti di apprendimento orientati a promuovere e a sostenere le attività di connessioni neuronali utili a generare apprendimento;
- l'importanza per i docenti/facilitatori di riflettere sulle numerose connessioni tra l'approccio *BBL* e le teorie costruttiviste, e l'andragogia cercando di reinterpretare la propria pratica alla luce del *BBL*. Formare soggetti protagonisti della società del cambiamento implica, oggi, costruire percorsi che non si limitino ad abituare la mente a riportare in superficie le informazioni, ma che promuovano stimolazioni multisensoriali, riflessione critica, analisi situate e sperimentazioni, attivando così connessioni di reti neuronali e mantenendo sempre vivo il ciclo evolutivo dell'apprendere;



- un buon insegnamento dovrebbe includere gli assunti di base del *BBL*, sintetizzate da Gulpinar (2005) in: a) *Relaxed Alertness*, creando un contesto con un clima sociale ed emozionale, esperienze sfidanti ma sicure; b) *Orchestrated Immersion in Complex Experience*, fornendo agli studenti esperienze di apprendimento complesse e realistiche, opportunità per stabilire significative connessioni riflettendo sull'esperienza; c) *Active Processing of Experience*, facilitando la costruzione di modelli mentali, grazie alla combinazione di abilità, conoscenze e soluzione di problemi;
- l'utilizzo di strategie compatibili con il *BBL* implica creare contesti con elevate aspettative, ma un contesto a basso livello di stress, sicuro e dove ci sia il rispetto delle diverse intelligenze e del naturale funzionamento del cervello; l'uso di pratiche di *active /experiential learning*, di compiti reali /rilevanti come le simulazioni, le discussioni autentiche e esperienze di problem solving (Freeman & Wash:2013);
- la formazione dei docenti sull'approccio del *BBL* è sicuramente un'implicazione pratica importante, perché un docente dovrebbe essere consapevole dell'importanza di costruire ambienti di apprendimento a sostegno di relazioni sicure e fiduciose, di pensieri ed emozioni, di autoriflessione, della costruzione di una buona visione di sé (Cozolino: 2002), oltre che di un apprendimento significativo, capace di attivare il processo biologico dell'apprendere (Glisczinski: 2011; Zull: 2006).

## Conclusioni

La dimostrazione di come gli assunti fondamentali dell'apprendimento abbiano una connessione con le reti neuronali relative alla memoria e alla cognizione (Hagen & Park: 2016), richiede di riflettere sul modo in cui le pratiche didattiche possano essere migliorate al fine di supportare e facilitare l'apprendimento. L'esistenza della relazione tra la qualità degli ambienti di apprendimento e il funzionamento del cervello ha ricadute importanti sui processi di insegnamento/apprendimento (Cozolino & Sprokay: 2006; Sheckley & Bell: 2006). L'affermazione che l'apprendimento sia cambiamento non è una semplice metafora, ma una condizione fisica (Zull: 2006); infatti, il cervello cambia dal punto di vista 'fisico' mentre impariamo. Pertanto, le esperienze di apprendimento dovrebbero essere progettate per utilizzare le aree principali della neocorteccia coinvolgendo i quattro pilastri fondamentali dell'apprendimento identificati da Zull (2006): i) la *raccolta* di dati e informazioni attiva l'area sensoriale della corteccia cerebrale, area importante per l'apprendimento che non equivale all'accumulo di informazioni; ii) la *riflessione*, grazie alla quale le informazioni passano attraverso le aree associative alle regioni posteriori del cervello, favorendo le categorizzazioni e le associazioni delle informazioni tra i nuovi eventi e quelli passati; iii) il *creare* implica che i significati costruiti dalle aree associative posteriori della corteccia muovano verso l'area associativa anteriore costruendo le basi per un pensiero consapevole e la pianificazione dell'azione; iv) il *testare* le nostre teorie completa il processo, richiedendo di verificare la teoria attraverso l'azione. È un'attività importante per scoprire come la



nostra comprensione corrisponda alla realtà, evitando il rischio che rimanga una conoscenza inerte, depositata nella mente senza essere utilizzata.

Le emozioni sono state considerate per lungo tempo d'intralcio ai processi di insegnamento e apprendimento, un ostacolo alla ragione e alla costruzione della conoscenza. Oggi, invece, si assiste a un elevato riconoscimento del potere delle emozioni e degli effetti generati nei processi di apprendimento degli adulti (Dirkx:2008; Merriam, Caffarella & Baumgartner: 2007). Tutto questo significa che maggiore è la conoscenza delle basi biologiche dell'apprendimento da parte dei professionisti della formazione, maggiore è la loro consapevolezza nell'operare delle scelte durante l'azione didattica, oltre che la comprensione della ragione per cui è necessario rivisitare le proprie pratiche e i propri ruoli all'interno dei processi di insegnamento e apprendimento. Tutto questo genera una profonda riflessione sulla ricerca pedagogica e didattica, che non può più essere considerata né autosufficiente né lineare, ma uno spazio che è e necessita di essere attraversato da diversi saperi in un rapporto dialogico e interdisciplinare (Rivoltella: 2018), capace di orientare l'apprendimento e l'azione didattica, di sostenere una visione olistica della persona che apprende, interconnettendo la dimensione cognitiva ed emozionale, di innovare l'agire didattico grazie all'uso di strumenti utili ad arricchire e stimolare le connessioni sinaptiche e le capacità funzionali. Proprio la creazione e la promozione di uno spazio interstiziale comune tra neuroscienze e didattica apre quindi un nuovo territorio di ricerca definito da diversi autori come *neurodidattica* (Compagno & Di Gesù: 2013; Rosati: 2005; Rivoltella: 2012).

## Bibliografia

- Akyurek E., & Afacan O. (2013), "Effects of Brain-Based Learning Approach on Students' Motivation and Attitudes Levels in Science Class". *Online Submission* 3(1): 104-119.
- Brookfield S. D. (2000), *Transformative learning as ideology critique*. In Mezirow J. (Ed.) *Learning as transformation: Critical perspectives on a theory in progress* (pp. 125- 148), Jossey-Bass, San Francisco.
- Burns M. S. (2011), "Our Plastic Brains: New Neuroscience research tells us that specific technological interventions can actually build critical brain structures in struggling learners", *The Journal (Technological Horizons In Education)*, 38(5):12.
- Caine R. N., & Caine G. (1991), "*Making Connections: Teaching and the Human Brain*" Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria, Va.
- Caine G., & Caine R. N. (2006), "Meaningful learning and the executive functions of the brain" *New Directions for Adult and Continuing Education*, 110: 53-61.
- Compagno G. & Di Gesù F. (2013). *Neurodidattica, lingua e apprendimenti. Riflessione teorica e proposte operative*, Aracne, Roma.
- Cozolino L. J. (2002), *The Neuroscience of Psychotherapy: building and rebuilding the human Brain*, Norton, New York.
- Cozolino L., & Sprokay S. (2006), "Neuroscience and adult learning", *New Directions for Adult and Continuing Education*, 110: 11-19.
- Cranton P. (2006), *Understanding and promoting transformative learning: A guide for educators of adults*, Jossey-Bass, San Francisco.





- Duman B. (2010), “The Effects of Brain-Based Learning on the Academic Achievement of Students with Different Learning Styles”, *Educational Sciences: Theory and Practice*, 10(4): 2077-2103.
- Dirkx J. M. (2008), “Adult Learning and the emotional self”, *New Directions for Adult and Continuing Education*, 120: 7-18.
- Fedeli M. (2014), *L’uso del Learning Contract nel contesto italiano*. In Fedeli M. (Ed.), *Self-Directed Learning, Strumenti e Strategie per promuoverlo* (pp. 9-21), Franco Angeli: Milano.
- Fedeli M. & Frison D. (in press), *Metodi e tecniche per il supporto e la facilitazione dei processi di apprendimento nei diversi contesti sociali*.
- Freeman G. G. & Wash P. D. (2013), “You Can Lead Students to the Classroom, and You Can Make Them Think: Ten Brain-Based Strategies for College Teaching and Learning Success”, *Journal on Excellence in College Teaching*, 24(3): 99-120.
- Frith U. (2005), “Teaching in 2020: The impact of neuroscience”, *Journal of Education for Teaching*, 31(4):289-291.
- Giaconi C., Rodrigues M. B., Rossi P. G., Capellini S. A. & Vastola R. (2013), “Body and didactics. Possible directions of international research”, *Education Sciences & Society*, 4(1):135-150.
- Glisczinski D. J. (2011), “Lighting up the mind: Transforming learning through the applied scholarship of cognitive neuroscience”, *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 5(1):1-13.
- Gülpinar M. A. (2005), “The Principles of Brain-Based Learning and Constructivist Models in Education”, *Educational Sciences: Theory & Practice*, 5(2): 299-306.
- Hagen M. & Park S. (2016), “We knew it all along! Using cognitive science to explain how andragogy works”, *European Journal of Training and Development*, 40(3): 171-190.
- Hill L. H. (2001), “The brain and consciousness: Sources of information for understanding adult learning”, *New Directions for Adult and Continuing Education*, (89):73-82.
- Jensen, E. (1996), *Brain-Based Learning*, Del Mar, CA: Turning Point.
- Johnson S. (2006), “The neuroscience of the mentor-learner relationship”, *New Directions for Adult and Continuing Education*, 110: 63-69.
- Kahveci A. & Ay S. (2008), “Different approaches-common implications: Brain-based and constructivist learning from a paradigms and integral model perspective”, *Journal of Turkish Science Education*, 5(3): 124-129.
- Kolb D. (1984), *Experiential learning as the science of learning and development*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Knowles M. (1980), *The modern practice of adult education: From pedagogy to andragogy*. 2nd ed., Cambridge Books, New York.
- Margiotta U. (2018), “Embodied cognition and education sciences: the question of talent”, *Fundamental and applied researches in practice of leading scientific schools*, 26(2): 3-18.
- Merriam S.B. & Bierema, L.L. (2014), *Adult learning: Linking theory and practice*. San Francisco:
- Merriam, S B., Caffarella, R.S., & Baumgartner, L. (2007). *Learning in adulthood*, Jossey-Bass, San Francisco.



- Mezirow J. (2000), *Learning to think like an adult: Core concepts of transformation theory*. In Mezirow J. & Associates, *Learning as transformation: Critical perspectives on a theory in process* (pp. 3-33), Jossey-Bass, San Francisco.
- Mezirow J. & Taylor E. (Eds.) (2009), *Transformative learning in practice: Insights from community, workplace, and higher education*, Jossey-Bass, San Francisco.
- McGinty J., Radin J. & Kaminski K. (2013), “Brain-friendly teaching supports learning transfer” *New Directions for Adult and Continuing Education*, 137: 49-59.
- Morse M. (2004), “Enhancing the learning and retention of biblical languages for adult students”, *Teaching Theology & Religion*, 7(1): 45-50.
- Perry, B. D. (2006). Fear and learning: Trauma-related factors in the adult education process. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 110, 21-27.
- Rager K. B. (2009) “I feel, therefore, I learn: The role of emotion in self-directed learning”, *New Horizons in Adult Education and Human Resource Development*, 23(2): 22-33.
- Rivoltella P.C. (2012). *Neurodidattica. Insegnare al cervello che apprende*, Raffaello Cortina, Milano.
- Rivoltella P. (2018), “La didattica come scienza bioeducativa. Questioni epistemologiche, prospettive di ricerca”, *RESEARCH TRENDS IN HUMANITIES Education & Philosophy*, 5:22-28.
- Rosati L. (2005), *Il metodo della didattica. L'apporto delle Neuroscienze*, La Scuola, Brescia.
- Saleh S. (2011), “The effectiveness of brain-based teaching approach in dealing with the problems of students’ conceptual understanding and learning motivation towards physics”, *Educational Studies*, 38(1):19-29.
- Samur Y. & Duman B. (2011), How an awareness of the biology of learning may have an effect on performance, *Education as Change*, 15(2): 257-270.
- Sheckley B. G. & Bell S. (2006), “Experience, consciousness, and learning: Implications for instruction”, *New directions for adult and continuing education*, 110: 43-52.
- Smith S. (2007), Using Action Research to Evaluate the use of Brain Based Teaching Strategies in the Classroom. *International Journal of Learning*, 13(9):121-126.
- Taylor E.W. & Cranton P. (2012), (Eds) *Handbook of Transformative Learning Theory*, Jossey-Bass, San Francisco.
- Taylor K. (2006), “Brain function and adult learning: Implications for practice”, *New Directions for Adult and Continuing Education*, 110: 71-85.
- Taylor K. & Lamoreaux A. (2008), “Teaching with the brain in mind”, *New directions for adult and continuing education*, 119: 49-59.
- Trapp P. (2005), “Engaging the body and mind with the spirit of learning to promote critical thinking” *The Journal of Continuing Education in Nursing*, 36(2): 73-76.
- Wolfe P. (2006), “The role of meaning and emotion in learning”, *New directions for adult and continuing education*, 110: 35-41.
- Zull J. E. (2006), “Key aspects of how the brain learns”, *New directions for adult and continuing education*, 110: 3-9.