

Margherita Panettieri*

Neuroscienze e apprendimento

Esiste un terreno comune tra neuroscienze e processi educativi, generalmente chiamato *neuroeducazione*¹, un campo di ricerca interdisciplinare che cerca di connettere più prospettive con l'intenzione dichiarata di migliorare le pratiche educative, indagando i processi di apprendimento-insegnamento.

Tutto questo ha a che fare con la modificabilità cognitiva, ossia con la caratteristica dell'organismo umano, come di tutti i viventi, di interagire con l'ambiente circostante, modificandosi e modificando l'ambiente stesso. Corrispettivo neurobiologico di questo modellamento reciproco è il concetto *plasticità neuronale*, fulcro della neuroeducazione.

Per plasticità neuronale si intende la disposizione del sistema nervoso a modificarsi strutturalmente e funzionalmente in risposta a una varietà di fattori e di stimoli interni ed esterni: in alcuni nuclei nervosi, ed in particolare nell'ippocampo, la plasticità implica la formazione di nuove sinapsi (punti di contatto tra neurone e neurone) e la ristrutturazione delle reti nervose, sulla base dell'esperienza. La plasticità agisce a più livelli dell'organizzazione cerebrale, non soltanto nel micro, attraverso la formazione di nuovi contatti sinaptici o modificazione/eliminazione dei contatti sinaptici già esistenti, ma anche nel macro, tramite l'arborizzazione dendritica o assonale o mediante la produzione di neuromodulatori o neuroormoni².

Il concetto di plasticità neuronale risale alla fine dell'800, quando Ramon y Cajal³ sottolineava come l'apprendimento, per essere tale, richiedesse la formazione di nuove connessioni fra neuroni, ma solo con lo sviluppo di tecniche non invasive per lo studio dell'attività cerebrale si è potuta confermare la sua intuizione secondo la quale il cervello è un organo dinamico che va incontro a modificazioni lungo tutto il corso della vita, rivoluzionando l'idea del cervello

* Docente di materie scientifiche e Socia OPPI.

¹ Szűcs e Goswami lo definiscono come termine ombrello volto a indicare diversi gradi di combinazione delle neuroscienze cognitive con la psicologia cognitiva, comportamentale e con le prassi educativo-didattiche. Si veda Szűcs D., Goswami U., *Educational Neuroscience: Defining a New Discipline for the Study of Mental Representations in Mind, Brain, and Education* vol. 1, n° 3, 2007, pp. 114-127.

² Valenza E., *Promuovere lo sviluppo della mente*, Il Mulino, Bologna, 2019, p. 130.

³ Premio Nobel per la medicina nel 1906, viene considerato il padre della neuroscienza moderna.

come organo statico e immutabile, dove qualunque cellula può morire, ma niente di nuovo si può creare⁴, come pensavano i neuroscienziati per buona parte del secolo scorso.

Questa concezione accompagna un modello di sviluppo che non concepisce la dimensione genetica e quella ambientale in opposizione, piuttosto si concentra sulle loro possibili interazioni: il continuo scambio bidirezionale tra ambiente e individuo, non soltanto interviene nel processo di modificazione strutturale del cervello, ma numerosi studi hanno dimostrato che può anche regolare gli ormoni che normano l'espressività genica, facendo sì che alcuni geni possano esprimersi ed altri invece restare "silenziali".

Può succedere quindi che il fenotipo (caratteristiche osservabili in un essere vivente) venga alterato in maniera persistente, senza che si modifichi il genotipo (insieme delle caratteristiche genetiche di un essere vivente).

Secondo l'epigenetica⁵ infatti, i fattori ambientali possono modificare l'espressione dei geni pur senza modificare la sequenza del DNA, ciò implica che il risultato dei processi di sviluppo, piuttosto che essere predeterminato, sia probabilistico e cioè derivante da una costellazione di fattori connessi all'individuo e all'ambiente⁶. Proprio quest'ultimo, unitamente all'esperienza, assume un ruolo rilevante nella promozione dello sviluppo cerebrale. Si consideri il fatto che, già a partire dalla fase prenatale, gli input ai circuiti neurali derivano sia da attività spontanee generate all'interno del sistema stesso (proteine e ormoni), sia dalle stimolazioni sensoriali esterne, che il feto è via via in grado di cogliere.

In quest'ottica appare evidente come le conoscenze neuroscientifiche amplifichino di fatto le responsabilità della comunità educante che proprio sull'ambiente può intervenire, favorendo nell'individuo il passaggio verso livelli di funzionamento sempre più complessi.

Non è un caso se il rapporto tra psicologia dell'educazione e neuroscienze sembra oggi essere molto stretto: lo studio dello sviluppo cerebrale può contribuire a comprendere meglio i processi sottostanti l'apprendimento e viceversa la psicologia dell'educazione può orientare la ricerca neuroscientifica verso fenomeni che hanno maggior rilievo sul piano educativo ed applicativo. Howard-Jones⁷ e colleghi indicano alcune linee (qui sintetizzate) lungo le quali l'approccio neuroscientifico potrebbe contribuire allo sviluppo della psicologia dell'educazione:

⁴ Boninelli M.L., Bullegas D. e Damnotti S., *La modificabilità cognitiva e la plasticità cerebrale nell'età adulta*, Formazione & insegnamento. European Journal of Research on Education and Teaching, Pensa MultiMedia, anno XIV, 2016, n. 1, in ojs.pensamultimedia.it/index.php/siref/article (ultimo accesso luglio 2023).

⁵ Termine usato per descrivere tutte quelle modificazioni ereditabili che variano l'espressione genica pur non alterando la sequenza del DNA.

⁶ Valenza E., *Promuovere lo sviluppo della mente*, op. cit., p. 25.

⁷ Howard-Jones P., *Neuroscience and education: myths and messages*, Nat Rev Neurosci, n. 15, 2014, in researchgate.net/publication/266945518_Neuroscience_and_education_Myths_and_messages (ultimo accesso luglio 2023).

- le scoperte neuroscientifiche possono convalidare o circoscrivere ipotesi o modelli teorici;
- le neuroscienze possono motivare un pensiero educativo o una pratica educativa;
- le scoperte neuroscientifiche possono orientare un intervento precoce;
- le neuroscienze possono contribuire a una comprensione più profonda delle strategie di apprendimento, incluse quelle compensative.

Il presente contributo intende sottoporre al lettore informazioni, strategie didattiche e principi sostenuti da studi neuroscientifici che motivano pratiche d'aula costruttiviste.

Come si apprende

Azione e cognizione

L'attenzione è uno dei primi strumenti cognitivi utilizzati dal bambino grazie al quale può selezionare solo le informazioni per lui più rilevanti e non essere sopraffatto dalle infinite stimolazioni provenienti dall'ambiente esterno⁸. Questo meccanismo di selezione/repressione e di sostegno ad uno stimolo ritenuto maggiormente significativo per il bambino, è a carico della corteccia prefrontale: quando il bambino presta attenzione ad un oggetto i neuroni sensoriali che codificano quell'oggetto sono attivati e le loro scariche si propagano alla corteccia, dove si produce un aumento considerevole dell'attività elettrica che è esattamente ciò di cui hanno bisogno le sinapsi per mantenere in memoria l'oggetto in questione⁹.

In un lattante le capacità attentive e di concentrazione sono minime perché la corteccia prefrontale non è ancora completamente sviluppata, man mano che il bambino cresce queste ultime aumentano in correlazione con lo sviluppo e la maturazione cerebrale.

Secondo un'indagine di Microsoft¹⁰ del 2015 le capacità di concentrazione nelle nuove generazioni risulterebbero in calo a causa dei tempi di esposizione agli schermi sempre maggiori: bambini che consumano un'ora di tv al giorno alla scuola primaria, avranno il 50% di rischio in più di sviluppare deficit attentivi nel corso dell'adolescenza¹¹. Ciò ha inevitabili ricadute in classe, dove l'apprendimento è strettamente correlato con l'attenzione e più nello specifico con le funzioni esecutive, che orientano l'alunno al raggiungimento dell'obiettivo: si tratta di quell'insieme di processi cognitivi che permette al bambino di esercitare autocontrollo, di focalizzarsi su un compito controllandone l'esecuzione e di trattenere in memoria un'esperienza.

⁸ Valenza E., *Promuovere lo sviluppo della mente*, op. cit., p. 87.

⁹ Dehaene S., *Imparare*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2019, p. 190 e s.

¹⁰ Microsoft, *Attention spans Consumer Insights*, Microsoft Canada, p. 6 e s., in dl.motamem.org/microsoft-attention-spans-research-report.pdf (ultimo accesso luglio 2023).

¹¹ Oliverio A., *Il cervello che impara*, Giunti, Firenze, 2018, p. 110 e s.

Le funzioni esecutive dipendono dalla maturazione della corteccia cingolata, situata nella parte interna dei due emisferi cerebrali. L'efficienza di queste aree corticali aumenta con la crescita dell'individuo e con la corrispondente diminuzione dell'attività di quei neuroni che si scambiano informazioni tramite la dopamina, infatti nei bambini di diciotto mesi, in cui si verifica in anticipo una riduzione dell'attività della dopamina, i livelli di attenzione sono migliori.

Questo spiegherebbe perché secondo i neuroscienziati è possibile potenziare le funzioni esecutive attraverso il movimento: quando corriamo, saltiamo, cantiamo, la quantità di ossigeno che entra nel nostro corpo aumenta, aiutando il cervello a inviare informazioni più velocemente e in maniera più efficiente. L'attività fisica incrementa il rilascio di adrenalina, serotonina ed endorfine, ormoni e neurotrasmettitori che svolgono funzioni fondamentali nella regolazione dell'attività del sistema nervoso e accrescono la sensazione di benessere¹².

L'esigenza di movimento da parte di bambini e ragazzi è spesso trascurata, si è visto però che dopo meno di 30 minuti di attività aerobica, la capacità di concentrazione migliora notevolmente, per questo motivo sarebbe utile anticipare le ore di educazione fisica nella prima parte della giornata scolastica o comunque utilizzare il movimento per ritrovare la concentrazione nelle attività. Nel momento in cui l'attenzione dei bambini si perde, un'attività motoria, anche breve, può servire a creare una pausa per poi riprendere con un'attività che richiede concentrazione. È bene considerare infatti che un bambino di 6-7 anni comincia a distrarsi dopo appena 15 minuti, mentre un ragazzo di 15-16 anni può prestare attenzione fino a circa 45 minuti. Considerando i tempi scuola di bambini e ragazzi sarà opportuno favorire tra i più piccoli, esperienze di breve durata alternando argomenti e codici sensoriali differenti e più in generale, rimodulare quando necessario il setting d'aula, anch'esso utile al recupero dell'attenzione.

Esercizi basati sul controllo motorio aumentano le capacità di concentrazione anche nei bambini con deficit attentivi, mentre la pratica di uno strumento musicale, fin dalla tenera età, ha effetti significativi sui circuiti attenzionali del cervello, compreso un aumento bilaterale dello spessore della corteccia prefrontale¹³.

Il Centro per la Neurobiologia e l'Apprendimento dell'Università di Ulm suggerisce inoltre una strategia per l'apprendimento di una seconda lingua che sfrutta il fatto che le memorie motorie (legate alle ripetizioni e al raffinemento dell'esecuzione di un determinato movimento) sono più robuste di quelle semantiche (legate al significato delle parole). Questa tecnica è definita "apprendimento recitato" e consiste nel far recitare in gruppo una serie di vocaboli accompagnandoli a gesti che ne rappresentano il significato. Uno

¹² Valenza E., *Promuovere lo sviluppo della mente*, op. cit., p. 185 e s.

¹³ Dehaene S., *Imparare*, op. cit., p. 202 e s.

studio su questo metodo ha riportato risultati tre volte superiori rispetto ai metodi convenzionali ed a ciò si aggiunge il fatto che lavorare in gruppo agisce anche sulla maturazione sociale.

Sono ormai numerosi gli studi che indicano la centralità del corpo e delle esperienze corporee per lo sviluppo e l'apprendimento, come scrivevano H. Maturana e F. Varela “Ogni azione è conoscenza e ogni conoscenza è azione”¹⁴. In particolare, alcune ricerche condotte sugli animali hanno evidenziato che l'attività motoria comporta un aumento e una proliferazione di cellule nell'ippocampo e maggiori connessioni a livello di sinapsi. Volendo estendere queste ricerche agli umani, è stato sottolineato che i soggetti che praticavano una maggiore attività fisica presentavano una migliore struttura e funzione dell'ippocampo implicata negli apprendimenti. Non esiste quindi, alcuna esperienza cognitiva priva dell'implicazione del corpo¹⁵, ma è altrettanto importante sottolineare che, sebbene l'attività stimoli lo sviluppo, corpo e cervello hanno in egual misura la necessità di riposo poiché il sonno aiuta a integrare e connettere informazioni e a fissare in memoria ciò che si è appreso.

Scoperta e costruzione

Una delle indicazioni più importanti che giungono dalle neuroscienze è che a livello cerebrale la conoscenza non si trasferisce, ma viene prodotta nella mente di ogni studente attraverso un processo attivo ed è proprio questo processo di costruzione che giunge a creare modifiche fisiche nella struttura corticale del cervello¹⁶. Il termine “attivo” non va inteso in senso comportamentale, quanto in senso mentale, ossia quando il bambino mobilita le risorse mentali a disposizione per giungere alla formazione di nuove rappresentazioni nelle sue strutture di conoscenza. Secondo il neuroscienziato Dehaene, imparare significa rifiutare la passività, essere coinvolti, esplorare e generare attivamente delle ipotesi, accettando il rischio di commettere errori. Per imparare il nostro cervello deve prima formare per sé un modello mentale ipotetico del mondo esterno e, solo in seguito, proiettarlo nel suo ambiente e metterlo alla prova confrontando le sue predizioni con la realtà sensoriale, ciò implica chiaramente un atteggiamento attivo¹⁷.

Secondo Barbara Arfé e Lucia Mason¹⁸ gli studenti sono attivi quando:

- selezionano le informazioni in arrivo prestando attenzione agli aspetti rilevanti, trasferendole alla memoria di lavoro;

¹⁴ Maturana H. e Varela F., *L'albero della conoscenza*, Garzanti, Milano, 1987, p. 43.

¹⁵ Gomez Paloma F., Ascione A. e Tafuri D., *Embodied Cognition: il ruolo del corpo nella didattica*, in *Formazione & insegnamento. European Journal of Research on Education and Teaching*, Pensa MultiMedia, anno XIV, 2016, n. 1, p. 81, in u-pad.unimc.it/GomezPaloma_Embodied-Cognition-Didattica_2016.pdf (ultimo accesso luglio 2023).

¹⁶ Capurso M., *Educazione e Neuroscienze*, Erickson, Trento, Vol. 14, n. 1, 2015, pp. 49-60, si veda rivistedigitali.erickson.it/integrazione-scolastica-sociale/it/visualizza/pdf (ultimo accesso luglio 2023).

¹⁷ Dehaene S., *Imparare*, op. cit., p. 218 e s.

- organizzano nella memoria di lavoro le informazioni selezionate, costruendo una struttura coerente;
- integrano mentalmente le nuove informazioni con le conoscenze preesistenti, richiamate dalla memoria a lungo termine.

In classe quindi, l'insegnante dovrà considerare che la capacità di elaborazione della memoria di lavoro è limitata e dovrà soppesare il carico cognitivo¹⁹ che un determinato apprendimento può porre al sistema mentale del discente.

Oliverio suggerisce di favorire nel bambino l'assunzione di un ruolo attivo anche attraverso semplici tecniche, spingendolo ad esempio a individuare ciò che più lo attrae nella pagina o le associazioni suscitate da un particolare argomento²⁰.

Uno dei fondamenti del coinvolgimento attivo è la curiosità che a livello cerebrale si attua attraverso l'innescò di due regioni essenziali del circuito della dopamina (*nucleus accumbens* e area tegmentale ventrale). Queste regioni si attivano proporzionalmente alla curiosità del soggetto ed ancor prima di conoscere una nuova informazione, poiché già il fatto di sapere che si saprà eccita i circuiti dopaminergici.

Si potrebbe dunque dedurre che la curiosità predice l'apprendimento anche se questo avviene in modo spesso non consapevole. Sin dalla prima infanzia infatti i bambini sono in grado di cogliere le regolarità statistiche nell'ambiente in cui vivono, ricavandone informazioni in maniera del tutto implicita e senza esserne consapevoli. L'apprendimento implicito fa parte dell'architettura di base dell'attività cognitiva e sembra essere un mattone fondamentale nello sviluppo linguistico: ricerche svolte nell'area della lettura e scrittura hanno dimostrato che parte dell'apprendimento di queste abilità avviene in maniera inconsapevole già in età prescolare. Tramite l'esposizione alla lingua scritta nell'ambiente di vita i bambini riuscirebbero ad astrarre le corrispondenze tra grafema e fonema e successivamente a generalizzarle in nuove sequenze di lettere imparando così a leggere²¹. In termini didattici, questa capacità del bambino di cogliere le regolarità dall'ambiente ci suggerisce che una larga parte degli apprendimenti avviene attraverso meccanismi impliciti non associativi e quindi non attraverso l'insegnamento esplicito di una regola o di una nozione, ma tramite la mera esposizione a una regolarità dell'ambiente a cui è esposto.

Ad esempio, nell'ambito dell'insegnamento delle discipline scientifiche, le caratteristiche fondamentali del metodo galileiano possono essere dedotte dagli studenti grazie ad abbondanti esperienze laboratoriali, così come la corretta scrittura di una frase aritmetica o l'impostazione formale di un problema geometrico possono essere apprese tramite apprendimento implicito.

¹⁸ Si veda Valenza E., *Promuovere lo sviluppo della mente*, op. cit., p. 160 e s.

¹⁹ Quantità di impegno di elaborazione che si produce nella memoria di lavoro.

²⁰ Oliverio A., *Il cervello che impara*, op. cit., p. 56 e s.

²¹ Valenza E., *Promuovere lo sviluppo della mente*, op. cit., p. 167 e s.

Sbagliare significa imparare

Nel 1972 Rescorla e Wagner scrivevano: “Gli organismi imparano solo quando gli eventi violano le loro aspettative”²² dando così all’errore un ruolo fondamentale nell’apprendimento. I due ricercatori descrivono questo tipo di apprendimento nel seguente modo:

- il cervello crea una predizione pesando gli input sensoriali;
- successivamente calcola l’errore di predizione (differenza tra predizione e stimolo ricevuto) e determina il grado di sorpresa associato allo stimolo;
- corregge la propria rappresentazione interna in relazione al valore dell’errore di predizione, di modo che la predizione successiva sia più vicina alla realtà.

La teoria di Rescorla e Wagner venne poi ampiamente utilizzata nelle reti neurali artificiali sotto il nome di “regola delta”.

L’errore quindi gioca un ruolo fondamentale nell’apprendimento, al punto che tutte le aree del cervello emettono e scambiano messaggi di errore: rilevando gli errori il cervello riesce a correggere i propri modelli del mondo.

Per imparare in maniera efficace è quindi fondamentale sfruttare al massimo i segnali di errore che le aree del cervello si scambiano, non a caso il feedback (che deve essere specifico e orientato al compito e non alla persona) è considerato dalle neuroscienze una delle strategie più efficaci per facilitare l’apprendimento a scuola.

L’ambiente di apprendimento

L’ambiente arricchito

Come precedentemente detto la specializzazione delle strutture neuronali è strettamente legata all’ambiente di cui il bambino fa esperienza, diventa fondamentale quindi la qualità dell’ambiente allestito²³. Quando gli ambienti di apprendimento sono ottimali, le differenze individuali nelle abilità di apprendimento emergono sulla base delle differenze genetiche. Al contrario, se i bambini si trovano a interagire con ambienti poveri, i danni causati dalla scarsa qualità dell’ambiente si aggiungeranno a quelli legati ai geni, amplificando le differenze²⁴. Per questo motivo l’istruzione costituisce un contesto privilegiato per lo sviluppo dell’individuo.

²² Dehaene S., *Imparare*, op. cit., p. 241 e s.

²³ “Il termine ambiente va inteso in senso lato. Certamente come luogo fisico o virtuale (e relative strumentazioni), con la conseguente disposizione e collocazione delle persone, ma anche come luogo mentale, considerando le caratteristiche del compito proposto, le azioni richieste, le modalità relazionali che vengono sollecitate, il tipo di valutazione, l’azione di sostegno del docente e più in generale il clima emotivo e cognitivo che lo caratterizza”. Carletti A. e Varani A., *Per una didattica costruttivista. Un atteggiamento che si espone al mondo interrogandolo*, Pedagogica, maggio 2006, in oppi.it/wp-content/uploads/2013/09/carletti-varani-didattica-costruttivista.pdf (ultimo accesso luglio 2023).

²⁴ Valenza E., *Promuovere lo sviluppo della mente*, op. cit., p. 160 e s.

Pioniera delle strategie di arricchimento è stata senza dubbio Maria Montessori, proponendo tecniche e procedure per migliorare l'attenzione e le funzioni cognitive stimolando i sensi e le capacità senso motorie. Le sue intuizioni furono riprese da molti neuroscienziati tra cui Mark Rosenzweig, il quale, compiendo degli esperimenti su animali, verificò che gli animali vissuti in ambiente stimolante presentavano maggiori capacità cognitive, legate da vere e proprie trasformazioni delle strutture della corteccia cerebrale caratterizzata da neuroni con un maggior numero di diramazioni²⁵.

L'ambiente sociale

Le osservazioni di Bandura degli anni Sessanta sull'importanza dell'imitazione sociale come fattore fondamentale nel modellamento della personalità sin dai primi anni, hanno trovato continue conferme: per esempio, il bambino già dalla nascita è predisposto ad attenzionare gli agenti sociali che lo circondano, osservando volti e mani dei caregiver. Anche l'apprendimento precoce di una lingua straniera è favorito dall'esposizione ad un contesto sociale: alcuni studi hanno dimostrato che bambini americani di nove mesi apprendono parole cinesi solo se l'esposizione avviene attraverso l'interazione sociale e non attraverso un meccanismo inanimato²⁶.

L'importanza dell'interazione sociale nello sviluppo è avvalorata dall'identificazione di un sistema di neuroni denominato "neuroni specchio", scoperta che si deve al gruppo di ricerca dell'Università di Parma, guidato da Giacomo Rizzolatti²⁷. Questo sistema di neuroni si attiva sia quando un individuo compie un'azione, sia quando osserva la stessa azione compiuta da un altro soggetto, per cui il bambino, mediante l'imitazione si appropria delle conoscenze altrui e al contempo utilizza l'esperienza personale per fare attribuzioni sugli stati mentali degli individui con cui interagisce.

A scuola l'ambiente sociale ha una grande valenza motivazionale perché può rendere particolarmente salienti certi obiettivi di apprendimento²⁸. Com'è noto, gli aspetti cognitivi, motivazionali ed emotivi nell'apprendimento sono fortemente correlati ed in effetti, a livello biologico, i rapporti tra emozione e cognizione dipendono da quelli tra corteccia cerebrale e il sistema limbico, associati tra loro da numerose connessioni nervose. Questo porta ad evidenziare quanto sia importante curare gli aspetti affettivi ed in generale il clima d'aula che ha forti ripercussioni sull'apprendimento e sulle prestazioni, intralciandoli se negativo o stimolandoli se positivo.

A questo proposito, il neuroscienziato Dehaene raccomanda agli insegnanti di far sì che ogni giorno di scuola sia un piacere²⁹: per i discenti è fondamentale sentirsi apprezzati e va considerato che le esperienze di successo o

²⁵ Oliverio A., *Il cervello che impara*, p. 73 e s.

²⁶ Valenza E., *Promuovere lo sviluppo della mente*, op. cit., p. 16.

²⁷ Ivi, p. 25 e s.

²⁸ Ivi, p. 168.

²⁹ Dehaene S., *Imparare*, op. cit., p. 286 e s.

di insuccesso e le valutazioni degli adulti significativi formano nel bambino un'immagine di sé, che influenza il senso di autoefficacia. Mentre Sousa³⁰ consiglia di utilizzare l'umorismo per creare un clima positivo in classe: l'umorismo deve essere secondo lui, un elemento essenziale della lezione.

L'ambiente a scuola

Come visto, le associazioni mentali nascono spontaneamente in seguito al riconoscimento delle regolarità che ci circondano, associando per esempio eventi che accadono a poca distanza temporale, attribuendogli relazioni causali. Nel corso del tempo e a seconda delle esperienze personali, le associazioni si accumulano formando strutture più ampie e complesse che riflettono l'organizzazione mentale.

A scuola, il curriculum scolastico e le scelte didattiche dell'insegnante incidono sul modo in cui l'architettura dei circuiti nervosi dello studente si struttura.

L'indicazione delle neuroscienze è quella di organizzare efficacemente le conoscenze attraverso ricchi collegamenti poiché i processi di costruzione di categorie, di generalizzazioni e di significati, così come la differenziazione tra concetti rendono stabile un ricordo. Per imparare una particolare materia è quindi necessario rappresentarsela mentalmente attraverso l'utilizzo mappe e schemi che ne facciano emergere punti di contatto o di differenza secondo la propria logica interna³¹.

Una giusta stimolazione didattica realizza la costruzione di nuove sinapsi e/o il rafforzamento delle sinapsi già esistenti (processo di sinaptogenesi), per questo motivo secondo i neuroscienziati Dehaene, Sousa e Ambrose in classe è bene applicare:

- il consolidamento: attraverso il riconoscimento (*recognition*) e il richiamo (*recall*), le informazioni immagazzinate nella memoria a lungo termine vengono riportate nella memoria di lavoro e diventano modificabili dalle nuove informazioni ivi contenute;
- l'esercizio: essenziale nell'apprendimento delle abilità strumentali (come la lettura, la scrittura, e il calcolo) poiché, automatizzando le procedure, si libera la corteccia prefrontale da lavori gravosi e ripetitivi e ciò permette al soggetto di dedicarsi a funzioni psichiche superiori;
- il transfert: facendo applicare agli alunni le competenze di base anche in contesti diversi queste sedimentano più facilmente³²;
- attività riflessive: secondo Sousa³³ è necessario del tempo per la riflessione dopo l'introduzione di concetti chiave, mentre per Ambrose³⁴ gli

³⁰ Sousa A., *How the brain learns*, Corwin, Thousand Oaks California (USA), 2017, p. 101 e s.

³¹ Oliverio A., *Il cervello che impara*, Giunti, Firenze, 2018, p. 68.

³² Sousa A. *How the brain learns*, op. cit., p. 154 e s.

³³ Ivi, p. 198.

³⁴ Ambrose S. A., *Come impariamo*, Zanichelli, Bologna, 2017, p. 177 e s.

studenti dovrebbero imparare a valutare le attività richieste, le proprie conoscenze e abilità attraverso lo sviluppo della metacognizione e la valutazione tra pari.

Appare evidente come il ripasso, il richiamo e il riuscire a fare emergere i collegamenti tra i contenuti potenzino il processo di sinaptogenesi, evitando la perdita di alcune connessioni neurali che se non utilizzate vengono eliminate o comunque indebolite, questo fenomeno, definito pruning, o «potatura»³⁵ permette di sostenere il principio «ciò che non viene utilizzato, viene perso». L'esercizio continuo delle strategie appena elencate, quindi, si dimostra un elemento essenziale sia per il mantenimento sia per lo sviluppo³⁶.

Conclusioni

Sebbene alcuni autori, sfruttando i risultati che emergono dai diversi campi di ricerca e con l'obiettivo di voler caratterizzare lo sviluppo della mente umana, si siano recentemente spinti ad affermare che sia possibile gettare le fondamenta di una nuova scienza dello sviluppo, è pur vero che ad oggi le informazioni derivanti dalle scoperte neuroscientifiche confermano più che altro le teorie già presenti e consolidate e le interconnessioni esistenti tra percezione, azione, emozione e cognizione: il loro ruolo determinante nell'apprendimento efficace motiva di fatto l'approccio didattico costruttivista.

Altresì le neuroscienze possono sicuramente fornire contributi importanti ai processi di insegnamento/apprendimento orientando insegnanti e decisori nel formulare proposte sensate e scientificamente valide, ripensando il funzionamento e la struttura del sistema scolastico e riconsiderando aspetti come l'organizzazione del "tempo scuola", l'importanza del movimento e della cura degli aspetti emotivi e motivazionali.

³⁵ Damiani P., *Neuroscienze e Disturbi Specifici dell'Apprendimento: verso una «neurodidattica»?», L'integrazione scolastica e sociale, Erickson*, Vol. 11, n° 4, 2012, pp. 367-78, in rivistedigitali.erickson.it/integrazione-scolastica-sociale/it (ultimo accesso luglio 2023).

³⁶ Boninelli M.L., Bullegas D. e Damnotti S., *La modificabilità Cognitiva e la plasticità cerebrale nell'età adulta*, op. cit., p. 62.