



Il corpo nell'apprendimento. Da oggetto di valutazione a soggetto di cognizione

The body in the learning process. From being object of the evaluation to being subject of cognition

Filippo Gomez Paloma

Università degli Studi di Salerno - fgomez@unisa.it

Cristiana D'Anna

Università degli Studi di Salerno - cristianadanna@alice.it

Roberto Zotti

Università degli Studi di Salerno - rzotti@unisa.it

ABSTRACT

The emerging methodology in the field of cognitive sciences such as the Embodied Cognition (EC) approach considers physicality a favourable or necessary condition for the development of cognitive processes. Physicality might help the building knowledge process due to the fact that, while going through educational activities, the body active participation allows the student to live and develop deep emotions; this can be seen as the result of the total involvement of the person as a whole (Gomez Paloma, 2014).

Therefore, the aim of this paper is to analyse the possible effects on learning of two different approaches: the innovative and the traditional teaching methods. Specifically, the study has focused on a number of aspects related to the learning process in schools such as learning environments moving from multi-sensory experience, repressing and storage of knowledge, the level of pupils cortisol and its possible effects on learning.

Our empirical evidence firstly shows that the introduction of the experimental teaching increases pupils' academic performances. Secondly, the effect is higher when pupils' outcomes are measured in the long-run, suggesting that the innovative teaching method influences the storing knowledge process. Finally, the estimated positive effects on learning due to the introduction of the new teaching method seem to be related to a not particularly high level of cortisol; in other words, a level of cortisol too high, corresponding to a level of excessive stress, can have a negative effects on the pupil's learning process.

L'approccio emergente nel settore delle scienze cognitive dell'Embodied Cognition (E.C.) considera la corporeità una condizione favorevole/necessaria per lo sviluppo dei processi cognitivi. La corporeità può facilitare la costruzione della conoscenza in quanto la partecipazione attiva del corpo durante una consegna didattica consente all'alunno di vivere ed alimentare emozioni profonde, intese come input di rinforzo, prodotto del totale coinvolgimento della persona nella sua globalità. (Gomez Paloma, 2014).

Obiettivo della presente ricerca è stato quello di analizzare scientificamente le possibili ricadute sull'apprendimento di due diversi approcci: didattica innovativa e didattica tradizionale. In particolare la studio ha focalizzato l'attenzione su una serie di aspetti legati all'apprendimento in ambito scolastico quali gli ambienti di apprendimento che muovono dall'esperienza pluri-sensoriale, la rielaborazione e memorizzazione delle conoscenze, il livello del cortisolo degli alunni e sue possibili ricadute sull'apprendimento.

Lo studio ha evidenziato che l'introduzione della didattica sperimentale contribuisce ad un miglioramento delle prestazioni scolastiche degli alunni, che il miglioramento delle performances scolastiche è maggiore nelle verifiche effettuate a lungo termine, un dato che conferma la valenza della didattica innovativa sui processi di memorizzazione delle conoscenze ed infine che gli effetti positivi sull'apprendimento dovuti all'introduzione del nuovo metodo d'insegnamento sono presenti per quegli alunni a cui è stato misurato un livello di cortisolo non particolarmente alto. In altre parole, un livello di cortisolo troppo alto, a cui corrisponde un livello di stress eccessivo, può avere un effetto negativo sull'apprendimento e le performances degli alunni.*

KEYWORDS

Learning, Embodied Cognition, Teaching, Cortisol, Primary School.

Apprendimento, Cognizione incarnata, Insegnamento, Cortisolo, Scuola primaria.

* La presente ricerca è stata condotta dal team degli autori. Filippo Gomez Paloma è responsabile del frame-work scientifico (Introduzione), del disegno di ricerca (Obiettivo e Metodologia) e della riflessione sull'analisi dei risultati (Discussione e Conclusioni). Cristiana D'Anna ha selezionato gli strumenti (Metodologia) e contribuito all'analisi dei dati (Discussione). Roberto Zotti, esperto di statistica, ha catalogato i dati (Dati), condotto l'analisi statistica e prodotto le tabelle (Risultati).

Introduzione

Il superamento della visione meccanicistica di un corpo considerato solo *setting*, separato dalle facoltà alte e astratte della mente, ha dato il via, in questi ultimi decenni, alla rivalutazione del ruolo della corporeità nei processi educativi e di apprendimento.

L'approccio emergente nel settore delle scienze cognitive dell'*Embodied Cognition* (E.C.) considera la corporeità la condizione favorevole/necessaria per lo sviluppo dei processi cognitivi.

Secondo questa visione l'attività cognitiva è sempre "situata", ciò che noi facciamo fisicamente e/o percepiamo emotivamente, la struttura e le dinamiche dell'ambiente sono tutti aspetti che condizionano fortemente l'apprendimento.

I teorici dell'E.C. favoriscono quindi, un'analisi relazionale che vede l'organismo, l'azione che compie e l'ambiente in cui si svolge tale azione come indissolubilmente legati (Gomez Paloma, 2014, p. 45).

I contributi della neurofisiologia e della neuropsicologia, grazie all'ausilio delle nuove tecnologie, come *PET* e *FMRI*, hanno fornito un fondamento biologico ad alcune teorie della psicologia, chiarendo alcuni processi che sono alla base dei meccanismi di apprendimento e memoria. Questi studi hanno dimostrato l'importanza fondamentale dei sistemi percettivi e motori nella formazione di strutture da cui scaturiscono le "funzioni globali", cioè, quelle " [...] attività che danno origine alla categorizzazione, alla memoria, all'apprendimento" (Frauenfelder, Santoianni, 2002, p. 222).

La corporeità ha, dunque, la funzione di motore di accesso per la costruzione della conoscenza, una funzione che il docente non può sminuire. La partecipazione del corpo, infatti, durante una consegna didattica, consente al discente di vivere ed alimentare emozioni profonde, intese come input di rinforzo, in quanto prodotto del totale coinvolgimento della persona nella sua globalità. Gomez Paloma F., 2014 p 57).

Le relazioni umane, che ci aiutano a tessere le relazioni tra i nostri neuroni, sono poche. La maggioranza delle esperienze scolastiche, infatti, si concentra sull'acquisizione di capacità e conoscenze legate ai contenuti delle varie discipline, ma il benessere personale ed il comportamento prosociale richiedono la coltivazione della capacità di comprendere se stessi ed essere empatici fin da quando si è piccoli, qualità che emergono quando si apprende ad essere riflessivi (Gomez Paloma, 2009, p. 82).

L'apprendimento è la capacità di acquisire conoscenze e modificare il proprio comportamento utilizzandole. Tale capacità è influenzata, in gran parte, dal nostro stato emotivo; si tende, infatti, a ricordare episodi associati a contesti particolarmente gioiosi, tristi o dolorosi. Questi stati mentali implicano il rilascio di ormoni steroidei, come il cortisolo, meglio conosciuto come ormone dello stress, nel corso di eventi imprevisi, ansiosi e stressanti.

Naturalmente, poco stress fa nascere noia, disinteresse, man mano che la competizione cresce aumentano l'attenzione e la motivazione, che ad un livello normale determinano la massima funzionalità cognitiva ed il maggiore risultato; al contrario, se le competizioni persistono valicando la capacità di controllarsi, lo stress si potenzia ed il profitto precipita (Cristini, Ghilardi, 2009). In letteratura scientifica esistono pochissime ricerche in ambito pedagogico che studiano l'apprendimento cognitivo servendosi anche del contributo delle scienze neurobiologiche, intrecciando i dati relativi ai risultati e/o processi di apprendimento scolastico con il livello di rilascio ormonale del cortisolo.

L'effetto dell'esposizione ad una situazione di stress sulla capacità di appren-

dimento è stato già affrontato il letteratura con particolare attenzione agli effetti dello stress causato dal rilascio (incremento) di cortisolo sulle performances della memoria (tra gli altri vedi Duncko, 2009). Elzinga e Roelofs (2008) hanno studiato l'effetto del cortisolo sulla memoria trovando nel cortisolo l'unico predittore statisticamente significativo sulle performances della cosiddetta *working memory* durante momenti di stress. Oggetto di analisi sono stati anche gli effetti dei livelli di istruzione sulla reattività del cortisolo; Fiocco et al. (2007) hanno trovato, infatti, che gli individui in possesso di un'istruzione terziaria tendono a secernere livelli di cortisolo più alti anche se sono coloro con un livello di istruzione più basso a mostrare una maggiore risposta a specifici stress tests. Mattarella-Micke et al. (2011) hanno trovato che negli individui con un'alta capacità di *working memory* e con un'avversa reazione emozionale alla prospettiva di fare matematica, ad un'alta concentrazione salivare di cortisolo corrisponde un peggioramento delle performances; mentre per coloro con un'alta capacità di *working memory* e con una minore avversione emozionale alla prospettiva di fare matematica, ad un'alta concentrazione salivare di cortisolo corrisponde un miglioramento delle performances. Vedi anche Pani et al. (2010) sull'uso del cortisolo salivare come biomarker. Qurrat-ul-Aen et al. (2011) hanno invece mostrato l'esistenza di una relazione che segue l'andamento di una U rovesciata tra livelli self-reported di stress da esame percepito dagli studenti e le performances accademiche. Gli stessi studiosi trovano che un moderato livello di stress incrementa la performance accademica mentre un alto livello la riduce.

Il presente studio, attraverso una ricerca sperimentale condotta sugli alunni della scuola primaria, ha analizzato le prestazioni scolastiche di 250 bambini allo scopo di verificare scientificamente le possibili ricadute sull'apprendimento di due diversi approcci d'insegnamento quali una didattica tradizionale e una forma di didattica innovativa.

La didattica laboratoriale, messa in atto nella presente sperimentazione, ha creato le occasioni per esprimere le potenzialità conoscitive ed espressive del corpo.

Partendo dall'azione e dall'esperienza, coinvolgendo tutti i canali sensoriali, gli alunni hanno avuto l'opportunità di esprimersi, muoversi, agire e interagire in ambienti di apprendimento liberi da confini nozionistici e stereotipi didattiche.

Metodologie innovative che esaltano i momenti d'interazione, coinvolgimento e condivisione emotiva hanno favorito la realizzazione di ambienti di apprendimento:

- collaborativi
- interattivi
- motivanti
- partecipativi
- personalizzati
- pragmatici

Le esplorazioni sensoriali e motorie hanno creato le occasioni per vivere esperienze condivise di rappresentazione e simbolizzazione, un continuo fluire dalla sensazione alla coscienza, alla consapevolezza dell'emozione percepita, substrato ideale per facilitare e amplificare la memorizzazione degli apprendimenti.

Il resto del lavoro è organizzato come segue: il paragrafo 2 descrive gli obiettivi dello studio, il paragrafo 3 fornisce maggiori dettagli sulla modalità di raccolta dei dati e sull'analisi degli stessi, il paragrafo 4 illustra i dati, il paragrafo 5 descrive i risultati e infine il paragrafo 6 conclude.

1. Obiettivo dello studio

L'obiettivo della ricerca è stato quello di analizzare scientificamente le possibili ricadute sull'apprendimento di due diversi approcci: didattica innovativa e didattica tradizionale.

In particolare la studio ha focalizzato l'attenzione su una serie di aspetti legati all'apprendimento in ambito scolastico:

- ambienti di apprendimento che muovono dall'esperienza pluri-sensoriale;
- rielaborazione e memorizzazione delle conoscenze;
- livello del cortisolo degli alunni e possibili ricadute sull'apprendimento

2. Metodologia

2.1. Campione

La ricerca ha coinvolto tre istituti scolastici di primo grado che hanno aderito volontariamente al progetto di sperimentazione e ricerca. All'interno delle tre scuole sono state selezionate casualmente 10 classi: 2 prime, 2 seconde, 2 terze, 2 quarte e 2 quinte.

Gli alunni coinvolti, complessivamente, sono stati in numero di 250.

È opportuno precisare che, nell'ambito pedagogico, il controllo assoluto delle variabili si presenta molto complesso da realizzare. Non sempre sono possibili la scelta casuale di due gruppi e contemporaneamente la scelta casuale dell'assegnazione del trattamento sperimentale (Notti, 2008). Nel nostro caso, si è ricorso ad un processo di randomizzazione allo scopo di costruire il gruppo di alunni da sottoporre alla didattica sperimentale (gruppo di trattamento) e il gruppo di alunni cui impartire, invece, la didattica tradizionale (gruppo di controllo).

- *Treatment Group* (TG) – Gruppo sottoposto alla sperimentazione costituito da cinque classi (dalla prima alla quinta della Scuola primaria);
- *Control Group* (CG) – Gruppo di controllo costituito da altre cinque classi (dalla prima alla quinta della Scuola primaria).

Tale procedura permette di avere due gruppi di alunni che, in media, non si differenziano nelle loro caratteristiche osservabili e non osservabili. Inoltre, l'organizzazione dell'esperimento è avvenuta in modo tale che i bambini coinvolti non potevano influenzarne lo svolgimento e tantomeno non potevano auto-selezionarsi in uno dei due gruppi. Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a osservazioni in partenza (per definirne l'equivalenza) e in seguito ad osservazioni in uscita, al termine della sperimentazione (per determinare in termini quantitativi gli effetti del trattamento).

Allo scopo di rendere più chiara l'organizzazione della ricerca, la Tabella n. 1, che segue, riassume schematicamente l'idea alla base di una ricerca sperimentale.

Tabella 1 – Rappresentazione grafica di una ricerca sperimentale

	<i>Pre</i>	<i>Esposizione al programma</i>	<i>Post</i>
<i>Trattamento</i>	A_1	<i>Si</i>	A_3
<i>Controllo</i>	A_2	<i>No</i>	A_4

Come già sopra brevemente accennato, una delle questioni più importanti in un esperimento, quale quello oggetto dell'analisi, è l'assegnazione random dei potenziali partecipanti al gruppo di trattamento e al gruppo di controllo in maniera tale che i due gruppi siano equivalenti (per una descrizione non tecnica sull'intuizione alla base degli esperimenti e sui metodi di valutazione vedi Schlotter et al. 2009). Vedi il paragrafo 4 per maggiori dettagli sull'effetto della randomizzazione dei due gruppi. In particolare, la possibilità di poter controllare per la misurazione delle performances e di alcune caratteristiche degli studenti prima dell'introduzione del programma ci permette di poter ottenere delle stime dell'effetto dell'introduzione della didattica sperimentale tenendo in considerazione l'eventuale differenza che potrebbe esistere tra il gruppo di trattamento e quello di controllo nonostante la randomizzazione. Di conseguenza, la differenza $(A_3 - A_4) - (A_1 - A_2)$ rappresenta la differenza nelle verifiche degli alunni tra il gruppo di trattamento e controllo dovuto all'introduzione della didattica sperimentale. In altre parole un gruppo di studenti è esposto al trattamento nel secondo periodo (Post) ma non nel primo (Pre); mentre un altro gruppo non è esposto al trattamento né nel primo periodo (Pre) né nel secondo (Post). Noi compariamo le differenze nei risultati delle prove tra il gruppo di trattamento e di controllo nel secondo periodo rispetto al primo.

2.2. Strumenti

Sono stati utilizzati i seguenti strumenti di valutazione¹:

- VMI (Visual Motor Integration) con test supplementare di Percezione Visiva e Coordinazione Motoria, per valutare le abilità visuo-motorie;
- Test di verifica dei contenuti (tipologia A/B/C) per misurare il livello degli apprendimenti;
- Analisi salivare del cortisolo per stimare l'intensità dell'Arousal.

2.3. Tempi /Attività/Variabili

Fase I – Pre-sperimentale

Corrisponde alla fase iniziale del progetto di ricerca, che ha preceduto il periodo della sperimentazione didattica. In tale fase è stato prelevato un campione di saliva agli alunni per permettere l'analisi del livello di cortisolo in circolo

1 Le procedure metodologiche utilizzate sono descritte dettagliatamente nei capitoli precedenti.

(CORT_PRE1 e CORT_PRE2). Sempre in questa fase della pre-didattica, sono state raccolte informazioni relative ad alcune performances degli studenti in merito alla loro capacità motoria e visiva (VMI, COORD_MOT, e PERC_VIS). Infine, si è anche proceduto alla misurazione delle performances degli alunni attraverso delle verifiche (VERIFICA_PRE) che hanno permesso l'individuazione del livello di conoscenza degli argomenti oggetto della futura didattica

Fase II – Sperimentale – introduzione della didattica innovativa

In questa fase le attività sono state differenziate: il gruppo di controllo ha svolto attività didattiche tradizionali, mentre quello sperimentale ha svolto la didattica sperimentale corporea.

Durante tale periodo di sperimentazione, per tutti i partecipanti (Gruppo di trattamento e Gruppo di Controllo) sono stati prelevati 5 campioni salivari (CORT_S1, CORT_S2, CORT_S13, CORT_S4, CORT_S5).

Fase III – Post-sperimentale

Corrisponde al periodo che ha seguito la sperimentazione, in cui è stato prelevato un altro campione salivare dai bambini, seguendo lo stesso procedimento utilizzato nella fase precedente per verificare l'andamento del livello di cortisolo al termine delle attività didattiche (CORT_POST1, CORT_POST2 e CORT_POST3).

Al fine di misurare l'eventuale effetto del nuovo metodo d'insegnamento, le performances degli studenti sono state nuovamente misurate attraverso le verifiche scolastiche. In particolare tale misurazione è stata effettuata in due momenti temporali (a distanza di diverse settimane l'una dall'altra). L'idea è quella di analizzare un eventuale effetto della didattica sperimentale di breve (VERIFICA_POST1) e lungo periodo (VERIFICA_POST2).

2.4. Tipologie e tempi di somministrazione delle verifiche degli apprendimenti

Al fine di verificare il grado di apprendimento degli alunni, il gruppo di ricerca ha deciso di utilizzare diverse tipologie di prove che si differenziano in base al loro grado di strutturazione in un continuum che va dalle prove strutturate, definite anche prove oggettive, a quelle tradizionali. Tale scelta è stata adottata per poter disporre di maggiori dati quantitativi riflettendo a posteriori anche sulla validità, attendibilità e funzionalità delle prove stesse nello spirito specifico della ricerca-azione.

Classificazione delle tre tipologie di prove:

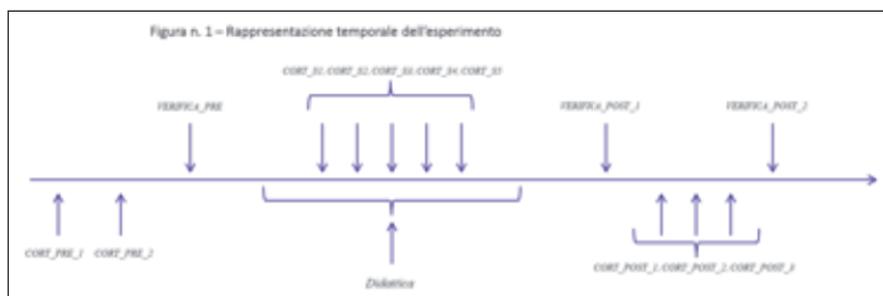
- *Tipologia A:* Composta da 3 items (A1, A2, A3)
Stimolo chiuso – Risposta chiusa
- *Tipologia B:* Composta da 3 serie di items (B1, B2, B3)
Stimolo chiuso – Risposta chiusa
- *Tipologia C:* Composta da un unico item (C1)
Stimolo aperto – Risposta aperta.

La rilevazione degli apprendimenti è stata effettuata in tre momenti temporali differenti:

- Verifica in entrata (PRE) presentata nel mese di *Aprile*, prima che gli alunni iniziassero le attività didattiche definite dal progetto di ricerca e quindi antecedente l'introduzione della didattica innovativa.

- Verifiche in uscita (POST_1) presentata nel mese di *Maggio*, subito dopo la fase sperimentale per misurare eventuali effetti della didattica innovativa sulle performances degli alunni a breve termine.
- Verifica in uscita (POST_2), presentata nel mese di *Giugno*, al termine dell'anno scolastico, per misurare eventuali effetti della didattica innovativa a lungo termine.

Di seguito, nella Figura n.1, si riporta, dal punto di vista temporale, la tempistica globale seguita nell'effettuare l'esperimento, indicando i diversi steps seguiti nelle misurazioni dei livelli di cortisolo e delle performances degli alunni.



3. Dati

Come precedentemente accennato, 250 bambini sono stati assegnati in maniera random o ad un gruppo di insegnamento con un una forma di didattica tradizionale o ad un gruppo di insegnamento con un approccio didattico di tipo innovativo. Si evidenzia come, in media, il livello di cortisolo è relativamente allo stesso livello per i due gruppi al momento di partenza, è maggiore durante l'attività d'insegnamento per poi diminuire nuovamente alla sua conclusione. L'incremento nei livelli di cortisolo durante l'attività d'insegnamento è stato registrato per entrambi i gruppi anche se in misura maggiore per gli alunni sottoposti al metodo sperimentale d'insegnamento (gruppo di trattamento). Le performances degli studenti (di entrambi i gruppi) migliorano, in termini di maggiori percentuali di risposte giuste, in entrambe le verifiche fatte al termine dell'insegnamento. Ciò suggerisce che in generale l'insegnamento sia esso tradizionale o sperimentale ha migliorato le performances degli alunni.

In particolare, non c'è nessuna differenza statisticamente significativa tra i due gruppi nelle performances tranne che per la domanda A3 e per la domanda B3. Inoltre, in media, le performances per il gruppo di controllo sono più alte del gruppo di trattamento nelle domande A1, A2, A3, B1 e C1. Inoltre, per quanto riguarda, invece, il livello di cortisolo misurato in partenza, non c'è nessuna differenza statisticamente significativa per la prima rilevazione di cortisolo tra i due gruppi, mentre nella seconda rilevazione pre-didattica, il gruppo di controllo ha in media un livello di cortisolo più alto, statisticamente significativo, del gruppo di trattamento. Infine, relativamente ad altre caratteristiche misurate agli alunni prima dell'inizio dell'insegnamento, non c'è nessuna differenza statisticamente rilevante tra i due gruppi relativamente ad un indice di coordinazione motoria e di percezione visiva, mentre in media il gruppo di controllo ha un valore di VMI più alto del gruppo di trattamento. In generale, sembra che la randomizzazione abbia funzionato. Poche sono le differenze evidenziate tra i due gruppi e potreb-

bero essere anche attribuite al caso. Allo scopo di tenere in considerazione tali sporadiche differenze si è preferito (oltre a misurare esclusivamente le differenze nelle performances come uno studio controllato randomizzato richiederebbe) controllare per tali differenze in modo da misurare in maniera più corretta l'eventuale effetto della didattica sperimentale. Vedi le tabelle 6, 7 e 8 in Appendice per maggiori dettagli sulle statistiche descrittive e sul test delle medie.

4. Risultati e Discussione

4.1. Ha la didattica sperimentale migliorato le performances degli alunni?

La tabella 2 riporta la differenza dei risultati nelle verifiche scolastiche sostenute dagli alunni confrontando il livello base della verifica (quella effettuata prima di intraprendere l'insegnamento) prima con la verifica fatta immediatamente dopo l'attività d'insegnamento (colonne 1a e 2a) e poi con quella effettuata dopo qualche giorno la conclusione dello stesso (colonne 3a e 4a). In particolare le colonne 1a e 3a mostrano la differenza nelle performances degli alunni, tra il gruppo di trattamento e quello di controllo, senza variabili di controllo (livello di cortisolo, vmi1, coordmot1 e percvis1). Le colonne 2a e 4a, invece, riportano la stessa differenza, ma questa volta controllando per il livello di cortisolo, vmi1, coordmot1 e percvis1².

Considerando quello che potremmo definire come l'effetto di breve periodo dovuto all'introduzione della didattica sperimentale (colonna 2a, in Tabella 2) e con riguardo alle domande relative alla verifica di tipo A, la colonna 2a mostra come l'effetto del trattamento è pari a 0.14, 0.17 e 0.12 circa, rispettivamente per le domande A1, A2 e A3. Questo significa che l'introduzione della didattica sperimentale ha portato ad un miglioramento statisticamente significativo delle performances degli alunni nel gruppo di trattamento del 14% per la domanda A1, del 17% per la domanda A2 e di circa il 12% per la domanda A3. Relativamente, invece, agli effetti di lungo periodo, la colonna 4a mostra come l'effetto sul gruppo di trattamento è pari a 0.14, 0.22 e 0.16 circa, rispettivamente per le domande A1, A2 e A3. In altre parole, la didattica sperimentale ha portato ad un miglioramento statisticamente significativo delle performances degli alunni del gruppo di trattamento del 14% per la domanda A1, del 22% per la domanda A2 e di circa il 17% per la domanda A3. In generale troviamo un miglioramento, tra gli alunni del gruppo di trattamento, delle verifiche per l'intero gruppo di domande A. Questi effetti sono significativi sia nel breve che nel lungo periodo.

- 2 Ciò ci permette di escludere, se i risultati dovessero rimanere gli stessi (come avviene), possibili canali attraverso i quali il miglioramento delle performances è avvenuto quali il livello di cortisolo o le capacità motorie e visive degli alunni; in altre parole, si rafforza l'evidenza che il risultato trovato è frutto della metodologia d'insegnamento sperimentale.

Tabella n. 2 – Differenza nelle performances (singole domande)

	(1a) Pre-POST 1 (senza controlli)	(2a) Pre-POST 1 (con controlli)	(3a) Pre-POST 2 (senza controlli)	(4a) Pre-POST 2 (con controlli)
Domanda_A1	0.130***	0.140***	0.135***	0.145***
Domanda_A2	0.167***	0.172***	0.225***	0.225***
Domanda_A3	0.107***	0.115***	0.155***	0.166***
Domanda_B1	0.005	0.006	0.151***	0.158***
Domanda_B2	-0.066	-0.068*	-0.027	-0.029
Domanda_B3	-0.168***	-0.171***	-0.079**	-0.077**
Domanda_C1	-0.016	-0.008	0.057	0.067*

(1a)-(3a) Senza controlli

(2a)-(4a) Controllando per il valore del cortisolo e per alcune performances degli studenti in merito alla loro capacità motoria e visiva (VMI, COOD_MOT, e PERC_VIS)

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

In particolare il miglioramento delle performances scolastiche è maggiore nelle verifiche effettuate a lungo termine, un dato che conferma la valenza della didattica innovativa sui processi di memorizzazione delle conoscenze.

Infatti, la funzione della memoria nei processi di assimilazione delle conoscenze è di fondamentale importanza in quanto consente, attraverso il ruolo di ponte tra percezione e apprendimento, di generalizzare, organizzare e significare tutto ciò che ci circonda e ci appartiene compresa l'identità personale. I processi della memoria sono di natura dinamica, coinvolgono diversi livelli e in modalità differenti con l'obiettivo primario di integrare le informazioni provenienti dall'esterno e dall'interno dell'individuo (Gomez Paloma, F., 2009). L'emozione gioca un ruolo centrale nella didattica influenzando in modo molto significativo la memorizzazione delle conoscenze in quanto consente di dare significato diverso ai dati interni e a quelli entranti nel sistema mente-corpo, facilitando la capacità di selezionare e organizzare il senso dell'esperienza. (Gomez Paloma, 2009).

La didattica innovativa sperimentata in tale progetto di ricerca ha messo in primo piano la corporeità come medium di apprendimento e comunicazione favorendo le relazioni interpersonali ed enfatizzando i momenti di vissuto emozionale positivo. "La corporeità si costituisce come primo strumento di apprendimento, comunicazione e sviluppo relazionale [...] in essa si imprimono, attraverso il sistema percettivo le memorie primordiali delle esperienze umane. Quanto è stato vissuto rimane, seppur come lontano reperto mnestico, a testimonianza delle vicende trascorse" (Galimberti, 1983, p. 25). Il legame tra cognizione ed emozione è condizionato dalle connessioni nervose che esistono tra la corteccia cerebrale e sistema limbico, associati tra loro da molteplici connessioni nervose: l'emozione colora i ricordi e gli eventi significativi, assicurando una dimensione temporale alla memoria (Oliviero, 2004).

Ci sarà capitato tante volte di dover memorizzare informazioni in poco tempo in modo mnemonico e meccanico magari immagazzinando un'enorme quantità di conoscenze; dopo diverso tempo però, nell'intento di andare a ritrovare quelle stesse informazioni, abbiamo la sensazione di non ricordare più nulla, cerchiamo di richiamare concetti e ricordi agganciandoli a qualcosa, ma spesso ci ritroviamo a scavare inutilmente. Le innovazioni didattiche che hanno caratterizzato questa ricerca hanno preso atto di tale aspetto negativo della memorizzazione delle conoscenze impiantando una metodologia che, partendo dal coin-

volgimento emozionale, ha dato spazio alla partecipazione attiva degli alunni. Il risultato delle verifiche effettuate a lungo termine si presenta con un valore più alto rispetto alle precedenti e questo dato dimostra che la metodologia d'insegnamento, cui è stato sottoposto il gruppo di trattamento, ha prodotto un effetto positivo in quanto gli studenti hanno assimilato le conoscenze apprese tanto da migliorare le loro performances nel lungo periodo. Senza alcun dubbio tale aspetto conferma il valore della didattica innovativa della ricerca.

Per quando riguarda, invece, le domande del gruppo B, la colonna 2a in tabella 2 mostra come, a differenza di quanto accade per le domande A, l'introduzione del metodo d'insegnamento sperimentale ha portato ad un peggioramento statisticamente significativo delle performances degli alunni del 6.8% per la domanda B, del 17.1% per la domanda C nel breve periodo. Nel lungo periodo si conferma (anche se con una percentuale minore) che l'introduzione del metodo d'insegnamento sperimentale ha portato ad un peggioramento statisticamente significativo delle performances degli alunni del 7.7% per la domanda B3. Il miglioramento nel lungo periodo si trova invece per la domanda B1, dove l'effetto della nuova formula dell'insegnamento si traduce in un incremento delle performances del 15.8%. Le prove della tipologia B corrispondono a prove strutturate con stimolo chiuso e risposta chiusa. Come già anticipato nella descrizione delle prove di verifica questa tipologia di prova prevede delle affermazioni che il discente deve riconoscere come esatte o errate. Si tratta di performance che sollecitano in particolar modo la memoria rievocativa. Il risultato si presenta meno oggettivo di quello evidenziato nelle prove strutturate della tipologia A, in quanto la risposta potrebbe essere anche dovuta al caso. Ciò potrebbe giustificare il segno negativo trovato. I risultati delle verifiche della tipologia C, infine, mostrano che non c'è (o quasi) nessun effetto statisticamente significativo del nuovo metodo d'insegnamento sul gruppo di trattamento rispetto a quello di controllo. Questa tipologia di domande corrisponde alle prove non strutturate, maggiormente utilizzate nella didattica tradizionale, che prevedono stimolo aperto e risposta aperta. Dal punto di vista docimologico si presentano come le prove più complesse da valutare. Il risultato trovato relativamente alle prove della tipologia A si presentano invece le più oggettive in quanto sono organizzate riducendo al minimo la mediazione dell'allievo nel manifestare il suo apprendimento e dell'insegnante nell'apprezzarlo. Lo stimolo richiesto è specifico e chiede una prestazione altrettanto specifica.

La tabella 3 mostra i risultati quando si ripete l'analisi effettuata precedentemente (i cui risultati sono mostrati in tabella 2) con la differenza che le domande del gruppo A e B sono state raggruppate. L'idea è di verificare l'effetto del nuovo metodo d'insegnamento non sulle singole domande ma sulle verifiche in generale. I risultati in tabella 3 confermano quanto sopra specificato. L'introduzione del metodo d'insegnamento sperimentale ha portato ad un miglioramento statisticamente significativo delle performances degli alunni nel gruppo di trattamento di circa il 14% nel breve periodo e di circa il 18% nel lungo periodo. Allo stesso modo si conferma che l'introduzione del metodo d'insegnamento sperimentale ha portato ad un peggioramento statisticamente significativo delle performances degli alunni nel gruppo di trattamento di circa l'8%, ma solo nel breve periodo.

Tabella n. 3 – Differenza nelle performances (domande aggregate)

	(1b) Pre-post1 (senza controlli)	(2b) Pre-post1 (con controlli)	(3b) Pre-post2 (senza controlli)	(4b) Pre-post2 (con controlli)
Verifica_A	0.134***	0.142***	0.172***	0.179***
Verifica_B	-0.076**	-0.077**	0.014	0.017
Verifica_C	-0.016	-0.008	0.057	0.067

(1b)-(3b) Senza controlli

(2b)-(4b) Controllando per il valore del cortisolo e per alcune performances degli studenti in merito alla loro capacità motoria e visiva (VMI, COOD_MOT, e PERC_VIS)

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

4.2. Qual è il ruolo del cortisolo?

L'analisi svolta fino a questo momento ci ha permesso di attribuire un effetto positivo legato all'introduzione del metodo sperimentale di insegnamento sul gruppo di trattamento, con particolare riferimento ai risultati delle verifiche di tipologia A. Avendo controllato, tra le altre variabili, anche per il livello di cortisolo degli alunni, possiamo affermare che il canale attraverso il quale il miglioramento delle performances degli studenti passa sembra essere proprio la didattica sperimentale. Questo, però, non significa che il livello di cortisolo non possa comunque avere un ruolo importante. Allo scopo di approfondire questo argomento, abbiamo cercato di esplorare l'idea che il miglioramento/peggioramento delle performances degli studenti dovute alla nuova tecnica d'insegnamento possano avere degli effetti differenti in base al livello di cortisolo degli studenti stessi. In altre parole, vogliamo controllare se un eccessivo livello di cortisolo, associato ad un livello di stress particolarmente alto, possa in qualche modo avere un ruolo nel tipo di esperimento oggetto dell'analisi.

Infatti, ognuno di noi quando deve affrontare una performance, indipendentemente se sia di tipo lavorativo, sportivo o scolastico come nel nostro caso, si predispone inconsciamente a fronteggiare quella specifica situazione mettendo in atto diversi processi che coinvolgono il sistema nervoso centrale, il sistema muscolo-scheletrico e il sistema vegetativo simpatico e che a loro volta si traducono in sintomi specifici di tipo fisico, comportamentale e psicologico. Tale stato psico-fisiologico, definito Arousal, comporta un'attivazione neurovegetativa dell'organismo legata anche a cambiamenti dell'assetto fisico e psicologico. Oltre al sistema nervoso autonomo è coinvolto in questo stato di attivazione anche il sistema endocrino e in particolare la concentrazione di cortisolo, unitamente ad altri valori come frequenza cardiaca, sudorazione corporea, frequenza respiratoria, pressione arteriosa, rappresenta uno dei parametri per misurarne l'intensità. Il livello di Arousal, oltre a condizionare il nostro stato motorio a carattere prestazionale (Raiola, 2012), condiziona enormemente il nostro stato psicologico orientando le nostre capacità di memoria, attenzione, presa di decisioni, espressione delle emozioni e messa in atto di comportamenti e pertanto incide fortemente sul rendimento generale del soggetto. La teoria di Yerkes e Dodson (1908), in particolare, afferma che il livello della prestazione in relazione allo stato di attivazione segue l'andamento di una U rovesciata. Tale teoria, studiata in modo specifico nell'ambito sportivo, si può applicare a tutte le tipologie di performances (dall'ambito lavorativo a

quello scolastico) che richiedono una prestazione globale del soggetto che coinvolge in modo olistico la sua unità psico-fisica³.

In campo educativo le variabili che agiscono contemporaneamente sul livello di Arousal sono molteplici e certamente per il docente risulta molto complesso averne il totale controllo e la capacità di condizionarle. La situazione ideale sarebbe quella di far lavorare tutti gli studenti di una data classe a un livello ottimale di Arousal, in quanto un livello basso li vedrebbe assennati, demotivati, poco partecipi, mentre al contrario un livello troppo alto potrebbe portare sintomi di panico o forte ansia. Numerosi studi hanno dimostrato che vista, udito e tutti gli altri canali sensoriali sono le fonti principali di Arousal. Diviene determinante, però, per l'effetto che possono produrre non tanto la quantità degli input, ma soprattutto la loro intensità e significatività. Le Doux sostiene che "Il corpo, condizionato da stimoli senso-precettivi, tattili, cinestetici modifica il proprio approccio alla conoscenza e l'utilizzo di sensi alternativi alla canonicità classica come modalità di raccolta di informazioni emotivamente coinvolgenti, rappresenta un sostrato essenziale per un costruttivo processo di memorizzazione ed apprendimento" (Le Doux, 2002).

Allo scopo di approfondire quanto sopra descritto, è stata calcolata, per ogni alunno, la media tra le rilevazioni di cortisolo effettuate durante l'attività d'insegnamento. Partendo da questa variabile, si è poi proceduto a creare una media delle rilevazioni, per il gruppo di trattamento e per il gruppo di controllo. In altre parole è stata calcolata la media del livello di cortisolo, misurato durante l'attività d'insegnamento, prima per il gruppo di trattamento e poi per il gruppo di controllo. Questo permette di confrontare il livello individuale di cortisolo con la media del gruppo di appartenenza. Infine è stata ripetuta la nostra analisi per misurare l'effetto, dovuto all'introduzione della didattica sperimentale, sulle verifiche degli studenti, innanzitutto per gli studenti che hanno un livello individuale di cortisolo al di sotto della media del gruppo di appartenenza e poi per coloro che hanno un livello al di sopra della media. In questo modo possiamo misurare l'effetto dell'insegnamento per il gruppo di trattamento versus il gruppo di controllo in base al livello di cortisolo (i.e. al di sotto e al di sopra del livello di cortisolo dei due gruppi)⁴.

- 3 Uno studio italiano del 2004 ha indagato sui rapporti tra esposizione a strumenti multimediali, processi di attenzione sostenuta ed ecologica e rendimento scolastico. È stato dimostrato, infatti, che la velocità e la pregnanza emotiva del messaggio televisivo sono fattori che condizionano i livelli di Arousal e di attenzione (Lang et al., 1999). La ricerca, svolta su 250 studenti, ha confermato ulteriormente che il rapporto tra quantità di esposizione alla televisione e prestazioni attentive e scolastiche mostra il medesimo andamento ad U capovolta; all'aumentare del tempo di ascolto e visione televisiva (oltre tre ore) si registra un progressivo peggioramento dell'attenzione e del rendimento scolastico (Fabio, 2004). L'andamento curvilineo tra Arousal e prestazioni cognitive è stato oggetto anche di altri studi (Anderson e Revelle, 1982; Boggs e Simon, 1968) dimostrando, ancora prima dei più recenti studi esaminati, che le migliori performance sono associate a livelli intermedi di Arousal. Vedi anche Brehm e Self (1989) sulla relazione tra Arousal e motivazione negli studenti.
- 4 Come robustezza, abbiamo ripetuto lo stesso esercizio, solo che invece di prendere in considerazione la media del livello di cortisolo durante la fase di insegnamento nel gruppo di controllo e di trattamento, abbiamo considerato la differenza tra la rilevazione di cortisolo al momento dell'insegnamento e quello a livello di partenza. Nello specifico, abbiamo fatto la differenza, a livello individuale, tra il livello di cortisolo al mo-

La tabella 4 mostra i risultati relativamente alle singole domande delle verifiche mentre nella tabella 5 sono riportati i risultati per le intere verifiche. Innanzitutto, una prima indicazione è che l'effetto dell'insegnamento potrebbe essere diverso sul gruppo di trattamento in relazione al livello di cortisolo. Le colonne 2a e 4a (tabella 4) mostrano gli effetti dell'insegnamento nel breve periodo (controllando per alcune caratteristiche degli studenti). In particolare per gli studenti che hanno un livello di cortisolo al di sotto della media del proprio gruppo di appartenenza (colonna 4° in (tabella 4), l'introduzione del metodo d'insegnamento sperimentale ha portato ad un miglioramento statisticamente significativo delle performances degli alunni nel gruppo di trattamento di circa il 30% per le domande A1, A2, A3 e C1 e di circa il 12% per la domanda B1. Come invece la colonna 2° (tabella 4) mostra, gli effetti dell'insegnamento sugli studenti che hanno un livello di cortisolo al di sopra della media del proprio gruppo di appartenenza sono diversi; in particolare le performances del gruppo di trattamento peggiorano di circa l'8% per le domande A3 e B1, di circa il 20% per la domanda B2 e infine di circa il 45% per la domanda B3. Questi risultati si confermano sulle verifiche del lungo periodo. Infatti, per gli studenti che hanno un livello di cortisolo al di sotto della media del proprio gruppo di appartenenza (colonna 8° in tabella 4), l'introduzione del metodo d'insegnamento sperimentale ha portato ad un miglioramento statisticamente significativo delle performances degli alunni nel gruppo di trattamento di circa il 30% per le domande A1, A2, A3, B1 e C1.

Tabella n. 4 - Differenza nelle performances per livelli di cortisolo (singole domande)

	Maggiore media (1a) Pre-post1 (senza controlli)	Maggiore media (2a) Pre-post1 (con controlli)	Minore media (3a) Pre-post1 (senza controlli)	Minore media (4a) Pre-post1 (con controlli)	Maggiore media (5a) Pre-post2 (senza controlli)	Maggiore media (6a) Pre-post2 (con controlli)	Minore media (7a) Pre-post2 (senza controlli)	Minore media (8a) Pre-post2 (con controlli)
A1	-0.047	-0.041	0.343***	0.326***	0.011	0.018	0.283***	0.271***
A2	0.053	0.059	0.332***	0.332***	0.272***	0.282***	0.360***	0.330***
A3	-0.075*	-0.087*	0.308***	0.307***	-0.022	-0.025	0.321***	0.321***
B1	-0.062*	-0.080**	0.120***	0.123***	0.069**	0.059*	0.317***	0.317***
B2	-0.204***	-0.196***	-0.008	-0.019	-0.074***	-0.072***	0.043	0.031
B3	-0.412***	-0.403***	-0.076**	-0.089***	-0.148***	-0.140***	-0.029	-0.038
C1	-0.434***	-0.448***	0.317***	0.306***	-0.394***	-0.395***	0.377***	0.364***

(1a)-(3a)-(5a)-(7a) Senza controlli

(2a)-(4a)-(6a)-(8a) Controllando per il valore del cortisolo e per alcune performances degli studenti in merito alla loro capacità motoria e visiva (VMI, COOD_MOT, e PERC_VIS)

* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01

Come invece la colonna 6° (tabella 4) mostra, gli effetti dell'insegnamento sugli studenti che hanno un livello di cortisolo al di sopra della media del proprio gruppo di appartenenza sono diversi; in particolare le performances del gruppo di trattamento peggiorano di circa il 7% per la domanda B2, di circa il 15% per la domanda B3 e infine di circa il 40% per la domanda C1.

mento dell'insegnamento e quello al momento iniziale. Da questi valori abbiamo poi calcolato la media nel gruppo di trattamento e nel gruppo di controllo. Questo ci permette di analizzare gli effetti del nuovo metodo sulle performances degli alunni con un livello di cortisolo al di sopra e al di sotto della media del loro gruppo di appartenenza, tenendo in considerazione la differenza tra il livello di cortisolo della fascia centrale e quello della fase iniziale. I risultati, non mostrati ma disponibili su richiesta, non cambiano.

I risultati si confermano quando guardiamo le verifiche nella loro interezza (tabella 5). Nel breve periodo l'introduzione del nuovo metodo d'insegnamento comporta un aumento delle performances di circa il 30% per gli studenti con un livello di cortisolo al di sotto della media del loro gruppo di appartenenza, relativamente alla verifica A (colonna 4b in tabella 5). Mentre per coloro con un livello di cortisolo al di sopra della media risulta un peggioramento delle performances, in particolare di circa il 20% e statisticamente significativo per la verifica B (colonna 2b in tabella 5).

Nel lungo periodo l'effetto negativo legato alle verifiche A e B si riduce, ma comunque non si riscontra nessun effetto positivo nell'introduzione del nuovo metodo di insegnamento statisticamente positivo per coloro che hanno un livello di cortisolo al di sopra della media, che invece rimane intorno al 30% sia per la verifica A che per la verifica B, per coloro che hanno un livello di cortisolo al di sotto della media del proprio gruppo di appartenenza (vedi colonne 6b e 8b in tabella 5)⁵.

Tabella n. 5 – Differenza nelle performances per livelli di cortisolo (domande aggregate)

	Maggiore media (1b) Pre-post1 (senza controlli)	Maggiore media (2b) Pre-post1 (con controlli)	Minore media (3b) Pre-post1 (senza controlli)	Minore media (4b) Pre-post1 (con controlli)	Maggiore media (5b) Pre-post2 (senza controlli)	Maggiore media (6b) Pre-post2 (con controlli)	Minore media (7b) Pre-post2 (senza controlli)	Minore media (8b) Pre-post2 (con controlli)
A	-0.023	-0.022	0.334***	0.322***	0.087*	0.091*	0.321***	0.307***
B	-0.226***	-0.226**	0.011	0.004	-0.050*	0.051	0.110***	0.317***
C	-0.434***	-0.448***	0.317***	0.306***	-0.394***	-0.395***	0.377***	0.364***

(1b)-(3b)-(5b)-(7b) Senza controlli

(2b)-(4b)-(6b)-(8b) Controllando per il valore del cortisolo e per alcune performances degli studenti in merito alla loro capacità motoria e visiva (VMI, COOD_MOT, e PERC_VIS)

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Conclusioni

Il presente studio, attraverso una ricerca sperimentale condotta sugli alunni della scuola primaria, ha analizzato le prestazioni scolastiche di 250 bambini allo scopo di verificare scientificamente le possibili ricadute sull'apprendimento di due diversi approcci d'insegnamento quali una didattica tradizionale e una forma di didattica innovativa.

- 5 Allo scopo di effettuare un'ulteriore analisi di robustezza, abbiamo ripetuto l'analisi descritta nella sezione 4, solo che invece di considerare gli alunni con un valore di cortisolo al di sopra o al di sotto della media del relativo gruppo di appartenenza, ora abbiamo considerato la mediana. Rispetto alla media, la mediana è una misura robusta, in quanto poco influenzata dalla presenza di dati anomali, e quindi ci permette di analizzare più approfonditamente se gli effetti della didattica sperimentale sono differenti in base al livello di cortisolo degli alunni. I risultati, omessi nell'articolo ma disponibili su richiesta, mostrano come, in generale, i risultati rafforzano l'idea che gli effetti della didattica sperimentale possono essere diversi in base al livello di cortisolo, ed in particolare che l'introduzione della didattica sperimentale ha portato ad un miglioramento dei risultati per gli alunni nel gruppo sperimentale che hanno un livello di cortisolo non eccessivamente alto. In altre parole, si conferma che se lo stato di attivazione continua ad aumentare, il livello di performance potrebbe iniziare a decrescere.

Un primo importante risultato che l'analisi mostra è che l'introduzione della didattica sperimentale ha portato a un miglioramento delle prestazioni scolastiche degli alunni, in particolare in quelle prove strutturate più oggettive, basate su uno stimolo specifico cui deve corrispondere da parte dell'allievo una prestazione altrettanto specifica e che inducono maggiormente l'alunno alla rielaborazione cognitiva delle conoscenze acquisite. Un'ulteriore rilevante evidenza è rappresentata dal fatto che il miglioramento delle performances scolastiche è maggiore nelle verifiche effettuate a lungo termine, un dato che conferma la valenza della didattica innovativa sui processi di memorizzazione delle conoscenze. Infine, un ultimo importante risultato, che l'analisi ci ha permesso di ottenere, è legato al possibile ruolo che il cortisolo avrebbe potuto giocare nel nostro esperimento. Emerge, infatti, che gli effetti positivi sull'apprendimento dovuti all'introduzione del nuovo metodo d'insegnamento sono presenti per quegli alunni ai quali è stato misurato un livello di cortisolo non particolarmente alto. In altre parole, un livello di cortisolo troppo alto, a cui corrisponde un livello di stress eccessivo, può avere un effetto negativo sull'apprendimento e le performances degli alunni.

L'analisi salivare del cortisolo rende particolarmente interessante il presente studio. La complessità di tale analisi, che comporta precise procedure scientifiche che possano garantire l'attendibilità delle rilevazioni e le difficoltà operative e organizzative per metterle in atto, rendono questa ricerca innovativa e originale. In ambito scolastico predomina lo studio delle variabili attraverso test qualitativi provenienti dalla ricerca dell'ambito psico-pedagogico o docimologico; ben diverso però si presenta il dato scientifico dell'ambito biologico del cortisolo.

Certamente questo allargamento di prospettiva può aiutarci a riflettere, e soprattutto evidenziare dal punto di vista scientifico, possibili relazioni tra variabili che le scienze umane non sempre riescono a verificare in ambito didattico.

Questa ricerca, a prescindere dai risultati tangibili, ha avuto anche la finalità di promuovere la cultura euristica attraverso una breve riflessione su un nuovo parametro biologico sul quale poter costruire proposte e protocolli di ricerca applicativa nell'ambito della neurodidattica.

Oggi non è necessario studiare cosa insegnare e forse nemmeno più il come insegnare in senso assoluto, ma il come insegnare in relazione al come si apprende. Quindi, prima padroneggiamo il come si apprende e poi cuciamo sopra un impianto organizzativo e didattico che soddisfi in pieno i principi di cui sopra. Considerando, però, che l'apprendimento è un processo cognitivo basato su meccanismi neurobiologici, è diventato indispensabile studiare le neuroscienze cognitive e comprendere se esistono elementi che orientano la didattica senza lederle il diritto e l'autonomia di rappresentare, nella comunità internazionale, una scienza educativa.

In Italia, attualmente, non esistono centri di ricerca addetti esclusivamente alla Neuro-Education. Il nostro studio ha lanciato per la prima volta in Italia una sfida scientifica, a livello applicativo, che assume un peso culturale di enorme valore. Prima ancora di far acquisire senso e significato ai dati statistici emersi, infatti, è necessario far riconoscere che si è varcata quella barriera culturale e di pregiudizi che ha consentito, così, alla neurobiologia di mettere piede nella scuola, evidenziando come parametri biologici non sono rilevabili e valutabili solo per finalità sanitarie, ma anche per offrire maggior contributi alle Scienze dell'Educazione.

Sono diverse le future ipotesi progettuali di ricerca a carattere applicativo che seguiranno questo primo studio. Oltre al cortisolo, infatti, molti sono i parametri biologici che attestano una diretta o indiretta connessione con i processi co-

gnitivi attivati tramite la didattica scolastica. Potrebbe essere interessante studiare: l'andamento del livello del glutammato, che è il principale neurotrasmettitore eccitatorio del Sistema Nervoso Centrale; la Frequenza Cardiaca, unitamente al controllo del valore del cortisolo, monitorando il battito cardiaco attraverso un cardiofrequenzimetro durante le attività didattiche per stimare, in maniera più oggettiva, il livello di attivazione del soggetto (Arousal) e analizzare eventuali correlazioni di questo con la motivazione, l'attenzione e le performances scolastiche.

Si è consapevoli della necessità di analizzare e approfondire maggiormente l'oggetto di questo studio su un campione più ampio di studenti allo scopo di irrobustire i risultati sopra evidenziati, ma al tempo stesso si è coscienti della complessità di tale realizzazione.

È importante sottolineare, con un pizzico di orgoglio, che, nonostante le innumerevoli difficoltà che il gruppo di ricerca e tutti gli attori delle istituzioni scolastiche hanno dovuto affrontare, questo progetto ha consentito di realizzare pienamente la ricerca-azione: il mondo della ricerca ha avuto la possibilità di calarsi nella realtà scolastica, vivendo le esperienze didattiche in sinergia con i docenti ed il mondo della scuola, invece, ha potuto comprendere sul campo le ripercussioni in termini di miglioramento degli apprendimenti dei nuovi approcci pedagogici attraverso la scientificità dei risultati.

Il nostro studio ha cercato di avviare attraverso un umile, ma grandioso, passo il motore applicativo in Italia delle future Neuro-educational Sciences nella speranza che il mondo dell'Educazione prenda atto che è giunto il momento di:

- riconoscere l'utilità di molte ricerche neuroscientifiche;
- assumere il ruolo di orientare e guidare i possibili campi specifici di interesse;
- condividere i disegni di ricerca "non lineare" ed interdisciplinare;
- estrapolare dati biologici contestualizzabili e spendibili;
- conservare la titolarità interpretativa che consente di offrire senso e significatività alle possibili ricadute.

APPENDIX

Tabella n.6- Statistiche descrittive – Livelli di cortisolo per gruppo di trattamento e gruppo di controllo

Variabili	Trattamento		Controllo	
	Media	Dev. Std.	Media	Dev. Std.
CORT_S1	1192.247	255.4654	1185.57	372.9285
CORT_S2	1214.963	323.1544	819.6386	261.9391
CORT_S3	1546.817	480.7228	1170.634	430.7268
CORT_S4	946.7555	219.5718	746.4887	472.8868
CORT_S5	918.8012	341.9205	797.245	452.6871
CORT_POST_1	1434.618	482.2973	1582.596	1369.78
CORT_POST_2	563.4829	248.6216	561.5453	266.8684
CORT_POST_3	586.168	179.503	551.2706	107.9697

Tabella n.7 - Statistiche descrittive – Esito verifiche per gruppo di trattamento e gruppo di controllo

Variabili	Trattamento		Controllo	
	Media	Dev. Std.	Media	Dev. Std.
domanda_A1_POST_1	0.7214	0.1392	0.6082	0.2228
domanda_A2_POST_1	0.6526	0.0992	0.5288	0.2250
domanda_A3_POST_1	0.6786	0.1179	0.7116	0.1841
domanda_B1_POST_1	0.5953	0.1978	0.6297	0.1712
domanda_B2_POST_1	0.6750	0.2418	0.6972	0.1684
domanda_B3_POST_1	0.6153	0.1984	0.6864	0.1510
domanda_C1_POST_1	0.6677	0.0959	0.7149	0.1475
domanda_A1_POST_2	0.8120	0.1244	0.6935	0.2152
domanda_A2_POST_2	0.7966	0.0934	0.6144	0.3110
domanda_A3_POST_2	0.8165	0.1224	0.8016	0.1749
domanda_B1_POST_2	0.7554	0.1380	0.6440	0.1695
domanda_B2_POST_2	0.7367	0.1714	0.7204	0.1484
domanda_B3_POST_2	0.6947	0.1939	0.6760	0.1832
domanda_C1_POST_2	0.8167	0.1171	0.7901	0.1665

Tabella n. 8 – differenza delle medie

Variabili	Trattamento		Controllo		Differenza		Pr(T > t)
	Media	Dev. Std.	Media	Dev. Std.	Media	Dev. Std.	
domanda_A1_PRE	0.4845	0.0166	0.5015	0.0209	0.0170	0.0265	0.5223
domanda_A2_PRE	0.3536	0.0209	0.3972	0.0280	0.0435	0.0346	0.2098
domanda_A3_PRE	0.5090	0.0125	0.6491	0.0227	0.1400	0.0253	0.0000
Verifica_A (media A1, A2, A3)	0.4490	0.0153	0.5159	0.0209	0.0668	0.0256	0.0098
domanda_B1_PRE	0.4646	0.0265	0.5041	0.0194	0.0395	0.0334	0.2380
domanda_B2_PRE	0.5326	0.0229	0.4886	0.0245	-0.0440	0.0335	0.1912
domanda_B3_PRE	0.5404	0.0229	0.4426	0.0186	-0.0977	0.0299	0.0013
Verifica_B (media B1, B2, B3)	0.5125	0.0232	0.4785	0.0194	-0.0340	0.0306	0.2675
domanda_C1_PRE	0.4495	0.0291	0.4803	0.0188	0.0308	0.0354	0.3856
CORT_PRE_1	410.264	20.905	423.997	18.663	13.733	28.226	0.6271
CORT_PRE_2	349.894	16.092	416.146	12.950	66.251	20.900	0.0017
CORTISOLO (Media PRE1, PRE2)	380.079	11.600	420.071	14.443	39.992	23.119	0.0851
VMI	88.928	3.255	96.061	2.623	7.133	4.185	0.0900
COORD_MOT	95.989	1.911	99.521	2.444	3.531	3.089	0.2544
PERC_VIS	110.071	2.442	106.372	2.760	108.260	3.678	0.3158

Riferimenti bibliografici

- Cristini, C., Ghilardi, A. (2009) *Sentire e pensare: emozioni e apprendimento fra mente e cervello*. Milano: Springer.
- Duncko, R., Johnson, J., Merikangas, K. and Grillon, C. (2009). Working memory performance after acute exposure to the cold pressor stress in healthy volunteers. *Neurobiol Learn Mem.* 91 (4), 377–381.
- Elzinga, B.M. and Roelof, K. (2005). Cortisol-Induced Impairments of Working Memory Require Acute Sympathetic Activation. *Behavioral Neuroscience*, 119 (1), 98 –103.

- Fabio R.A., Antonietti A. e Balconi M. (2004). *Fruizione multimediale, processi attentivi e rendimento scolastico*. *Rassegna di Psicologia*, 21 (3), 107-135
- Fiocco, A.J., Joobar, R. and Lupien, S.J. (2007). Education modulates cortisol reactivity to the Trier Social Stress Test in middle-aged adults. *Psychoneuroendocrinology*, 32, 1158-1163.
- Frauenfelder, E., Santoianni, F. (2002) (a cura di) *Le scienze bioeducative: prospettive di ricerca*. Napoli: Liguori.
- Galimberti, U.(1983). *Il Corpo*. Milano: Feltrinelli.
- Gomez Paloma F. (2009). *Corporeità, didattica e apprendimento. Le nuove neuroscienze dell'educazione*. Salerno: Edisud.
- Gomez Paloma, F. (2009). *Corporeità, didattica e apprendimento. Le nuove neuroscienze dell'educazione*. Sarno (Sa): Edisud Salerno.
- Gomez Paloma, F. (2014). *Scuola in movimento. La didattica tra scienza e coscienza*. Roma: Edizioni Nuova Cultura.
- Le Doux J. (2002). *Il sé sinaptico. Come il nostro cervello ci fa diventare quelli che siamo*. Milano: Cortina
- Mattarella-Micke, A., Mateo, J., Kozak, M.N., Foster, K. and Beilock, S.L. (2011). Choke or Thrive? The Relation Between Salivary Cortisol and Math Performance Depends on Individual Differences in Working Memory and Math-Anxiety. *Emotion*, 11 (4), 1000-1005.
- Notti A.M., (2008). *Strumenti per la ricerca educativa*. Salerno: Edisud
- Oliviero, A. (2004). *La mente*. Milano: Biblioteca Universale Rizzoli.
- Pani, S.C., Al Askar, A.M., Al Mohrij, S.I. and Al Ohali, T.A. (2010). Evaluation of Stress in Final-Year Saudi Dental Students Using Salivary Cortisol as a Biomarker. *Transfer of Advances in Sciences into Dental Education*, 75 (3), 377-384.
- Qurrat-ul-Aen Inam, Shireen, E., Haider, S. and Haleem, D.J. (2011). Perception of academic examination stress: effects on serum leptin, cortisol, appetite and performance. *J Ayub Med Coll Abbottabad*, 23 (2), 97-99.
- Raiola, G. (2012). *La complessità dello studio in ambito sportivo educativo*. Lecce: Pensa Editore
- Schlotter, M., Schwerdt, G. e Woessmann, L. (2011). *Econometric methods for causal evaluation of education policies and practices: a non-technical guide*. *Education Economics*, 19 (2), 109-137.
- Yerkes, R.M., Dodson, J.D., (1908). *The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation*. *J. Comp. Neurol. Psychol.*