



Σχολή Θετικών Σπουδών και Τεχνολογίας

Μεταπτυχιακές Σπουδές Στα Μαθηματικά

Διπλωματική Εργασία

**Διερεύνηση του γραμματισμού και των αντιλήψεων των εν
δυνάμει και εν ενεργεία εκπαιδευτικών που διδάσκουν
μαθηματικά, σχετικά με την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη**

Ελευθερία Κιλίτσογλου

Επιβλέπων καθηγητής: **ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΔΟΥΚΑΚΗΣ**

Πάτρα, Σεπτέμβριος, 2022

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

**Διερεύνηση του γραμματισμού και των αντιλήψεων των εν
δυνάμει και εν ενεργεία εκπαιδευτικών που διδάσκουν
μαθηματικά, σχετικά με την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη**

Ελευθερία Κιλίτσογλου

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Σπυρίδων Δουκάκης

Τμήματος Πληροφορικής

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Ανδρέας Μούτσιος Ρέντζος

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής

Εκπαίδευσης

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο

Αθηνών

Πάτρα, Σεπτέμβριος, 2022

«Ευχαριστίες & Αφιέρωση»

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία, εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, με τίτλο «Μεταπτυχιακές σπουδές στα Μαθηματικά» του Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου, Κο Δουκάκη Σπυρίδων τόσο για το ενδιαφέρον θέμα που μου πρότεινε, την πολύτιμη καθοδήγηση του, τις συστάσεις και τις στοχευμένες παρατηρήσεις του όσο και για την εμπιστοσύνη και την υπομονή που μου έδειξε. Επίσης ευχαριστώ και τον συνεπιβλέποντα Κο Ρέντζο Μούτσιο Ανδρέα για την κριτική και τις υποδείξεις του πάνω στην εργασία.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στο σύζυγο μου, τα παιδιά μου και την οικογένεια μου για την ενθάρρυνση τους, την στήριξη τους όλο αυτό το διάστημα και την αμέριστη υπομονή τους. Αποτέλεσαν πηγή δύναμης για την εκπλήρωση αυτού του στόχου.

*Στα παιδιά μου,
Μάριο και Ελισάβετ*

Περίληψη

Η σύνδεση του τομέα της νευροεπιστήμης με αυτόν της εκπαίδευσης, θεωρείται πλέον αναγκαία. Το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση των δυο αυτών τομέων έγκειται στο γεγονός ότι υπάρχει δυνατότητα αυτοί οι δύο κλάδοι να εναρμονιστούν με στόχο τη βελτίωση των εκπαιδευτικών και διδακτικών πρακτικών. Η επικράτηση των νευρομύθων και η έλλειψη μιας κοινής γλώσσας μεταξύ των ερευνητών και των εκπαιδευτικών έχουν δημιουργήσει την ανάγκη της περαιτέρω εκπαίδευσης των νέων εκπαιδευτικών. Αυτή η εργασία έχει σκοπό να μετρήσει τον γραμματισμό φοιτητών και εκπαιδευτικών μαθηματικών στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη και να διερευνήσει τις γνώσεις και τις αντιλήψεις τους σχετικά με τη νευροεπιστήμη στην εκπαίδευση προκειμένου να ενημερώσει τη μελλοντική ανάπτυξη της αρχικής εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών.

Στην εν λόγω εργασία εξετάστηκε ο γραμματισμός σε σχέση με την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη 121 εκπαιδευτικών χρησιμοποιώντας ένα σταθμισμένο ερωτηματολόγιο προσαρμοσμένο σε παρόμοιες έρευνες. Πιο συγκεκριμένα μεταφράστηκε ένα ερωτηματολόγιο, που δόθηκε πρώτη φορά σε εκπαιδευτικούς στο Χονγκ Κονγκ, και αφορά Έλληνες εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων και φοιτητές για να κατανοήσουμε τις γνώσεις τους σχετικά με την Νευροεκπαίδευση. Τα δεδομένα αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το στατιστικό εργαλείο SPSS.

Οι περισσότεροι από τους εκπαιδευτικούς φάνηκε ότι έχουν περιορισμένες γνώσεις για τον εγκέφαλο και σχεδόν τις ίδιες απόψεις για τους νευρομύθους. Ωστόσο δείχνουν να κρατούν θετική στάση απέναντι στην εφαρμογή της νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση.

Η γνώση της νευροεπιστήμης μπορεί να προστατέψει τους εκπαιδευτικούς από τους νευρομύθους. Αν σκεφτούμε πως η εκπαίδευση σχετίζεται με την καθημερινή τροποποίηση του εγκεφάλου, τότε θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στους τρόπους με τους οποίους αυτός λειτουργεί. Η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών στην νευροεπιστήμη αξίζει μια θέση στην εκπαίδευση τους με σκοπό να μπορούν να προσαρμόζουν τις εκπαιδευτικές τεχνικές και να υιοθετήσουν κατάλληλες παιδαγωγικές μεθόδους.

Λέξεις – Κλειδιά

Νευροεκπαίδευση, Νευροεπιστήμη, Γνωσιακή Επιστήμη, Μαθηματικά, Νευρομύθοι

Exploring the literacy and perceptions of in-service and pre- service teachers of mathematics regarding educational neuroscience

Eleftheria Kilitsoglou

Abstract

The connection of the field of neuroscience with that of education is now considered necessary. The interest in the utilization of these two fields lies in the fact that there is a possibility for these two fields to be harmonized to improve educational and teaching practices. The prevalence of neuromyths and the lack of a common language between researchers and teachers have created the need for further training of new teachers. This paper aims to measure student and teacher neuroscience literacy and explore teachers' perceptions in relation about education in order to inform future development of initial teacher education. The literacy in educational neuroscience of 121 teachers was examined using a weighted questionnaire adapted from similar research. More specifically, a questionnaire was translated, given for the first time to teachers in Hong Kong, and it concerns Greek teachers of all levels and students in order to understand their knowledge about Neuroeducation. The SPSS statistical tool was used for the analysis of the data.

Most of the teachers seemed to have limited knowledge about brain and almost the same views on neuromyths. However, they were positive to application of neuroscience in education.

Knowledge of neuroscience can protect educators from neuromyths. If we consider that education is related to the daily modification of the brain, then more attention should be paid to the ways in which it works. The professional development of teachers in neuroscience deserves a place in their education in order to be able to adapt educational techniques and adopt appropriate pedagogies methods.

Keywords

Neuroeducation, Neuroscience, Cognitive Science, Mathematics, Neuromyths

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	vii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	viii
Κατάλογος Πινάκων	ix
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια	x
1. Εισαγωγή	1
2. Εγκέφαλος	4
2.1 Η Λειτουργία του Εγκεφάλου	4
2.2 Η Ανάπτυξη του Εγκεφάλου	6
2.3 Μάθηση και Μνήμη	9
2.3.1 Βραχυπρόθεσμη Μνήμη	11
2.3.2 Μακροπρόθεσμη Μνήμη	12
2.4 Η Σημασία της Χωρικής Σκέψης στην Εκπαίδευση	12
3. Από τη Νευροεπιστήμη στη Νευροεκπαίδευση	14
3.1. Νευροεπιστήμη	14
3.2. Γνωσιακή Νευροεπιστήμη	15
3.3. Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη	16
3.4. Νευρομύθοι στην Εκπαίδευση	21
3.5. Μελέτες στην Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη	24
4. Μαθηματικά και Νευροεκπαίδευση	28
4.1. Τι είναι τα Μαθηματικά;	28
4.2. Μαθηματικά και Νόηση	29
4.3. Μαθηματικά και Νευροεκπαίδευση	32
4.4. Μαθηματική Εκπαίδευση και η Σημασία της	33
5. Ερευνητική Διαδικασία	35
5.1. Στόχοι και Ερευνητικές Υποθέσεις	35
5.2. Ερευνητική Μέθοδος	35
5.3. Συμμετέχοντες – Δείγμα Έρευνας	35
5.4. Εργαλείο Έρευνας	36
5.5. Διαδικασία	38
6. Στατιστικά Αποτελέσματα	39
6.1. Γενικές Γνώσεις του Εγκεφάλου	39
6.2. Νευρομύθοι	41
6.3. Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη σημασία της κατανόησης των λειτουργιών του εγκεφάλου στην εκπαίδευση	45
6.4. Η Σημασία Διαφορετικών Θεμάτων στην Εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην Εκπαίδευση	46
7. Συζήτηση και Σχολιασμός	50
7.1 Συζήτηση	50
7.2. Συμπεράσματα	55
Βιβλιογραφικές Αναφορές	58
Παράρτημα Α: Πίνακες Ποσοστών Συμμετεχόντων	63

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1. Οι λοβοί του Εγκεφάλου (mevgeia.gr)	5
Εικόνα 2. Βασικές λειτουργίες του Εγκεφάλου (google sites/εγκέφαλος).....	6
Εικόνα 3. Δύο κατευθύνσεις που συνδέουν την εκπαίδευση με τη νευροεπιστήμη	19
Εικόνα 4. Παράγοντες οι οποίοι είναι συνυφασμένοι σε μεγαλύτερο και σε μικρότερο βαθμό με την αλλαγή στα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως προτείνεται από τον Bronfenbrenner (1992)	21
Εικόνα 5. Συμμετέχοντες/Συμμετέχουσες	36
Εικόνα 6. Γενικές γνώσεις για τον εγκέφαλο.....	37
Εικόνα 6. Τι πιστεύουν για τους νευρομύθους	38

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Έκδηλη και Άδηλη Μνήμη.....	11
Πίνακας 2. Ομαδοποίηση ηλικιών	36
Πίνακας 3. Φύλο συμμετεχόντων/-ουσών.....	36
Πίνακας 4. Γενικές Γνώσεις για τον εγκέφαλο.....	39
Πίνακας 5. Νευρομύθοι.....	42
Πίνακας 6. Αντιλήψεις για τη σημασία της κατανόησης των λειτουργιών του εγκεφάλου στην εκπαίδευση	45
Πίνακας 7. Αντιλήψεις για τη σημασία των διαφορετικών θεμάτων στην εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση.....	47

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕΠΥ	Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας
ΟΟΣΑ	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
NRC	National Research Council
NSF	National Science Foundation
STEM	Science, Technology, Engineering and Math

1. Εισαγωγή

Παρά τη σημαντική πρόσφατη πρόοδο, η κατανόησή μας για τις αρχές και τους μηχανισμούς που διέπουν τη σύνθετη λειτουργία και τη γνωστική λειτουργία του εγκεφάλου σε σχέση με τη μάθηση παραμένει ελλιπής (Bassett & Sporns, 2017). Στο πλαίσιο αυτό η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη επιχειρεί να συμβάλλει στη διερεύνηση του σχετικού πεδίου και στην αντιμετώπιση των προκλήσεων στους τομείς της διδασκαλίας και της μάθησης. Αναλυτικότερα, προσεγγίζοντας τη δομή και τη λειτουργία του εγκεφάλου από μια ρητά ολοκληρωμένη προοπτική, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη επιδιώκει να αναδείξει την αναγκαιότητα της σύνδεσης του τομέα της νευροεπιστήμης με αυτόν της εκπαίδευσης. Το ενδιαφέρον για την αξιοποίηση των δύο αυτών πεδίων έγκειται στο γεγονός ότι υπάρχει η δυνατότητα οι δύο αυτοί κλάδοι να εναρμονιστούν και η εναρμόνιση αυτή μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση των εκπαιδευτικών και διδακτικών πρακτικών. Απώτερος στόχος είναι το πλαίσιο της εκπαίδευσης να προσαρμόζεται στις εκπαιδευτικές ανάγκες των εκπαιδευόμενων, δεδομένου ότι οι μαθητές βρίσκονται στο επίκεντρο του εκπαιδευτικού έργου, πρέπει να προετοιμαστούν για παγκόσμιο και διεθνή ανταγωνισμό και όχι μόνο για ανταγωνισμό μέσα στα στενά ελληνικά όρια. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος της προετοιμασίας των μαθητών και έτσι να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον δημιουργικότητας και καινοτομίας που θα δώσει το έναυσμα για νέες ιδέες και προσεγγίσεις. Αυτό το νέο ακαδημαϊκό περιβάλλον θα εξοπλίζει τους μαθητές με γνώσεις, δεξιότητες και συναισθήματα για να τους βοηθήσει να προετοιμαστούν για τοπικά και παγκόσμια περιβάλλοντα και διαφορετικές κοινωνίες. Τα σχολεία σήμερα μπορούν και πρέπει να θέτουν στόχους και να παρέχουν το εκπαιδευτικό περιβάλλον μάθησης που χρειάζονται οι μαθητές για να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητές τους για να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις του σήμερα και του αύριο στον 21ο αιώνα. Αυτές οι υψηλές προσδοκίες αντικατοπτρίζουν την πραγματική ανάγκη προώθησης και βελτίωσης της εκπαίδευσης και αντιμετώπισης της ήδη πολύπλοκης ζωής του 21ου αιώνα, λόγω της έκρηξης των πληροφοριών και του πληθυσμού και της μείωσης του χώρου και του χρόνου που προκαλείται από τις τηλεπικοινωνίες και την παγκοσμιοποίηση. Είναι απαραίτητο επίσης να σημειωθεί ότι τα αξιοσημείωτα επιτεύγματα της τεχνολογικής έκρηξης/επανάστασης στον 20ο αιώνα έχουν προωθήσει σε μεγάλο βαθμό την πρόοδο της επιστήμης, αλλά στον αντίποδα έχουν φέρει και κάποια νέα προβλήματα στην εκπαίδευση.

Όσον αφορά τη μάθηση, αξίζει να επισημανθεί ότι είναι ένα σύνθετο φαινόμενο που έχει μελετηθεί από διάφορους κλάδους της επιστήμης όπως η ψυχολογία, η παιδαγωγική, η φυσιολογία, η ιατρική, η βιολογία κ.λπ. καθώς οι μαθησιακές διαδικασίες είναι τόσο διαφορετικές και ποικίλες που είναι αδύνατο να συμπεριληφθούν σε μια κατηγορία αποτελεσματικά και πλήρως. Σύμφωνα με πολλούς ειδικούς, η μάθηση εξακολουθεί να είναι μια διαδικασία που δεν έχει ακόμη εξηγηθεί και κατανοηθεί ολοκληρωτικά, παρά τις πολυάριθμες μελέτες για αυτήν (Kalantzis & Cope, 2013· Bransford, 2006). Ως εκ τούτου, κρίσιμο ερώτημα παραμένει το πώς μαθαίνουν οι μαθητές, πώς οι εκπαιδευτικοί διευκολύνουν τη μάθηση και πώς η έρευνα μπορεί να συμβάλει στα παραπάνω. Για να καλύψουν αυτές τις ανάγκες, τις τελευταίες δύο δεκαετίες, οι νευροεπιστήμονες ξεκίνησαν μια σειρά ερευνών με στόχο τη μελέτη του εγκεφάλου και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την εκπαίδευση (Φλουρής, 2005· Κασσωτάκης & Φλουρής, 2013· Bransford et. al. 2006· Kandel et. al., 2006· Gaillard & Karapetsas, 2009· Martin, 2011· Kalantzis & Cope, 2013). Από την άλλη μεριά, η κάλυψη αυτών των αναγκών δε σημαίνει ότι οι εκπαιδευτικοί που θέλουν να ασχοληθούν με τη νευροεκπαίδευση πρέπει να έχουν εξειδικευμένες γνώσεις. Ωστόσο, πρέπει να γνωρίζουν τι είναι πραγματικά σχετικό, όπως η συναπτική πλαστικότητα στον ανθρώπινο εγκέφαλο καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Η αξία του ύπνου, η διαχείριση του άγχους, η διατροφή και η σωματική δραστηριότητα επηρεάζουν την ομοιοστατική λειτουργία του εγκεφάλου. Επομένως, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τις πολύπλοκες νοητικές δραστηριότητες ή εκτελεστικές λειτουργίες και τους συναισθηματικούς παράγοντες που εμπλέκονται με αυτές.

Η ενσωμάτωση και η εφαρμογή της γνώσης για τον εγκέφαλο στην εκπαίδευση, ενισχύθηκε όταν το 2000 η Αμερικανική Ομοσπονδία εκπαιδευτικών δήλωσε ότι είναι ζωτικής σημασίας να προσδιοριστεί ποια επιστήμη θα μπορέσει να δια φωτίσει το πώς μαθαίνουν οι άνθρωποι, ώστε να βελτιωθούν κατ' επέκταση οι διδακτικές πρακτικές και τα εκπαιδευτικά προγράμματα σπουδών (Radin, 2009). Η πρόσφατη έρευνα που σχετίζεται με τη νευροεπιστήμη και τη γνωστική επιστήμη έχει οδηγήσει σε σημαντικές προόδους στην κατανόηση της εκπαίδευσης και της σχέσης της με το μυαλό, τον εγκέφαλο και το σώμα. Αυτό το νέο πεδίο μελέτης αναφέρεται με διαφορετικά ονόματα, συμπεριλαμβανομένης της «νευροεκπαίδευσης» (Ansari, De Smedt & Grabner, 2012· Howard-Jones, 2011), ή «Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης» (Campbell, 2011· Geake, 2009). Αυτοί οι όροι αναφέρονται σε ένα αυξανόμενο σύνολο εργασιών που συσχετίζει την επιστήμη του

εγκεφάλου με την εκπαιδευτική θεωρία και πρακτική. Φυσικά, ο όρος "Νευροεκπαίδευση" αναφέρεται εδώ για να την περιγράψει ως ένα διεπιστημονικό πεδίο που δημιουργήθηκε από συνδέσεις μεταξύ νευροεπιστήμης, γνωστικής επιστήμης, γνωστικής ψυχολογίας και εκπαίδευσης για να διαμορφώσει την εμφάνιση ενός νέου είδους επιστημονικής μάθησης με κύριο στόχο τον μετασχηματισμό και τη βελτίωση των μαθησιακών φαινομένων, καθώς και της εκπαίδευσης και της διδακτικής πρακτικής.

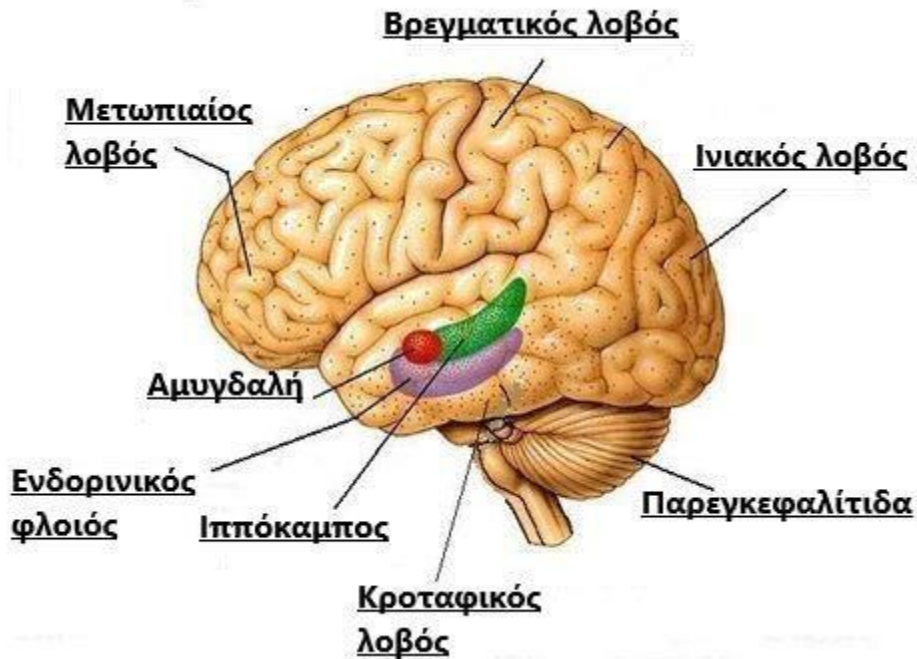
Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει το γραμματισμό, τις αντιλήψεις και τις δεξιότητες των εκπαιδευτικών που διδάσκουν μαθηματικά σχετικά με τη λειτουργία και την εκπαίδευση του εγκεφάλου. Πιο αναλυτικά, ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να καταδείξει εάν οι δάσκαλοι σε όλα τα επίπεδα κατανοούν τον τομέα της Νευροεπιστήμης και τις δυνατότητές του, να συμβάλει στη βελτίωση της μάθησης και ακόμη και στη διδασκαλία. Για ερευνητικούς σκοπούς, επιλέχθηκε ως εργαλείο ένα ερωτηματολόγιο που ήδη χρησιμοποιήθηκε σε εκπαιδευτικούς στο Χονγκ Κονγκ, το οποίο δημιουργήθηκε με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία για το θέμα. Το αρχικό ερωτηματολόγιο δόθηκε σε 968 εκπαιδευτικούς κατά την διάρκεια της προ-υπηρεσιακής τους εκπαίδευσης. Για το αντίστοιχο ελληνικό ερωτηματολόγιο, ζητήθηκε άδεια από τους Ching Fiona N.Y., So Winnie W.M., Lo Sing Kai και Wong Savio W.H. και μεταφράστηκε. Ερευνητικά ερωτήματα σχετικά με τη γνώμη καθώς και τη γνώση των εκπαιδευτικών περιστρέφονται γύρω από τα ακόλουθα ζητήματα: α) γενικές γνώσεις του εγκεφάλου, β) υιοθέτηση των νευρομύθων, γ) αντιλήψεις για τη σημασία της κατανόησης των λειτουργιών του εγκεφάλου στην εκπαίδευση και δ) αντιλήψεις για τη σημασία των διαφορετικών θεμάτων στην εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση.

2. Εγκέφαλος

2.1 Η Λειτουργία του Εγκεφάλου

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος ζυγίζει περίπου 1,5 kg και ορίζεται ως το πολυπλοκότερο όργανο του ανθρώπινου σώματος, βρίσκεται μέσα στο κρανίο και ρυθμίζει τη δραστηριότητα του νευρικού συστήματος. Ο εγκέφαλος είναι υπεύθυνος για σημαντικές λειτουργίες όπως η αναπνοή, η λειτουργία της καρδιάς, ο ύπνος και ακόμη ανώτερες λειτουργίες όπως η λογική, η μνήμη, η συμπεριφορά αλλά και ο έλεγχος των συναισθημάτων. Η έκταση των ικανοτήτων του εγκεφάλου παραμένει αδιευκρίνιστη. Αυτό που κάνει κάθε άτομο μοναδικό είναι ο εγκέφαλός του, καθώς αυτός ελέγχει όλη τη σωματική δραστηριότητα καθώς και τη μάθηση. Ο εγκέφαλος ανήκει στο νευρικό σύστημα, το οποίο παράγει σκέψεις και συνεπώς συμπεριφορά. Πολλές έρευνες έχουν γίνει με σκοπό την μελέτη του εγκεφάλου από διάφορους επιστήμονες και πολλούς εξειδικευμένους γιατρούς, από εκείνους που μελετούν τη μοριακή βιολογία έως την πειραματική ψυχολογία, την ανατομία, τη φυσιολογία και τη φαρμακολογία. Το κοινό ενδιαφέρον όλων των επιστημόνων έχει οδηγήσει σε μια νέο επιστημονικό πεδίο που ονομάζεται νευροεπιστήμη - η επιστήμη του εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος χωρίζεται σε δύο ημισφαίρια, το δεξί και το αριστερό και ανάμεσά τους βρίσκεται το μεσολόβιο, το οποίο ευθύνεται για την επικοινωνία μεταξύ των ημισφαιρίων (Εικόνα 1). Τα δύο ημισφαίρια περιλαμβάνουν τους τέσσερις λοβούς καθένας από αυτούς έχει συγκεκριμένα καθήκοντα:

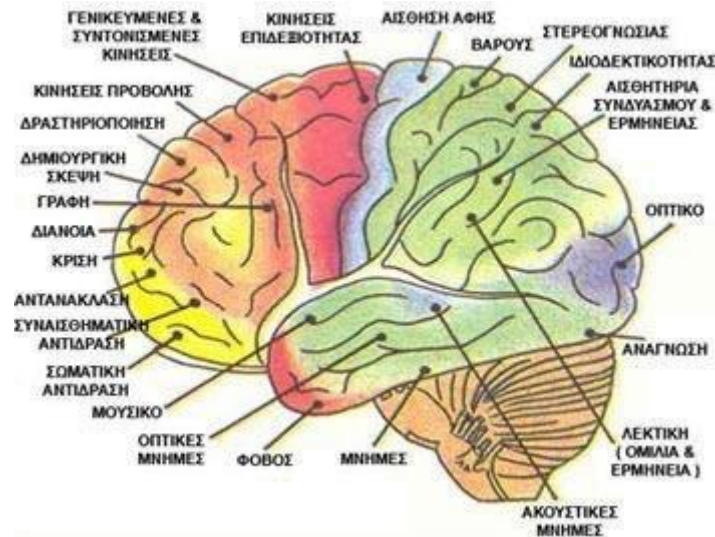
- τον μετωπιαίο, (Frontal) σχετίζεται με τη σκέψη, τη δημιουργικότητα τον προγραμματισμό και τη δράση
- τον βρεγματικό, (Parietal) βρίσκεται στο άνω μέσο, σχετίζεται με την αίσθηση, με χωρικές ικανότητες, είναι υπεύθυνος για την αίσθηση του πόνου, καθώς επίσης και με τα Μαθηματικά και τη λογική.
- τον κροταφικό, (Tempora) βρίσκεται στην κάτω πλευρά του κάθε ημισφαιρίου και έχει σχέση με την ακοή, τη μνήμη και την επεξεργασία των συναισθημάτων.
- τον ινιακό, (Occipital) βρίσκεται στο πίσω μέρος και επεξεργάζεται τις οπτικές πληροφορίες.



Εικόνα 1. Οι λοβοί του Εγκεφάλου (megeia.gr)

Ο ιππόκαμπος είναι απαραίτητος για τη λειτουργία της μνήμης. Ο θάλαμος λειτουργεί ως το σημείο όπου ο ανθρώπινος εγκέφαλος λαμβάνει όλες τις πληροφορίες, ενώ στον υποθάλαμο, οι νευρώνες του παίζουν σημαντικό ρόλο και είναι υπεύθυνοι για τον έλεγχο των πληροφοριών από το αυτόνομο νευρικό σύστημα. Ο Μέσος εγκέφαλος περιέχει τα διδύμια (άθροισμα κυττάρων) που είναι υπεύθυνα για τις αισθητηριακές πληροφορίες. Τέλος, ο Ρομβοειδής εγκέφαλος αποτελείται από τη γέφυρα, την παρεγκεφαλίδα και τον προμήκη μυελό, που εμπλέκονται στην κινητική λειτουργία και τον ακριβή συγχρονισμό. Η ύπαρξη του εγκεφάλου οφείλεται στις δομικές και λειτουργικές ιδιότητες των νευρώνων. Οι νευρώνες είναι οι βασικές λειτουργικές μονάδες του εγκεφάλου, τα κύτταρα που είναι υπεύθυνα για τη μετάδοση πληροφοριών. Οι νευρώνες μεταδίδουν σήματα στέλλοντας ηλεκτρικά ερεθίσματα κατά μήκος των αξόνων τους. Οι νευρικές ίνες περιλαμβάνουν το άνοιγμα και το κλείσιμο διαύλων ιόντων που επιτρέπουν σε φορτισμένα άτομα ή μικρά μόρια να εισέλθουν και να εξέλθουν από τα κύτταρα. Η ροή των ιόντων κατά μήκος της μεμβράνης δημιουργεί ένα ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο δημιουργείται από τη διαφορά δυναμικού σε όλη τη μεμβράνη, απελευθερώνοντας μια χημική ουσία που ονομάζεται νευροδιαβιβαστής, ο οποίος έχει τη λειτουργία της μετάδοσης της ώθησης στον επόμενο νευρώνα. Ο ρόλος των νευροδιαβιβαστών στον εγκέφαλο παίζει ζωτικό ρόλο στις βασικές

σωματικές λειτουργίες από τη μάθηση και τη μνήμη μέχρι την κίνηση και το συναίσθημα (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Βασικές λειτουργίες του Εγκεφάλου ([google sites/εγκέφαλος](https://www.google.com/search?q=εγκέφαλος))

2.2 Η Ανάπτυξη του Εγκεφάλου

Ο εγκέφαλός μας χρειάζεται αλλαγές για να παραμείνει ζωντανός. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η εκμάθηση μιας νέας γλώσσας, η πραγματοποίηση νέων δραστηριοτήτων ή η εξερεύνηση νέων χώρων βοηθά τους νευρώνες μας να ενσωματωθούν και να δημιουργήσουν συνδέσεις. Η πραγματοποίηση αυτών των αλλαγών στη ζωή μας βοηθά τους νευρώνες μας να επιβιώσουν και να προσαρμοστούν σε νέα περιβάλλοντα. Αν και οι περισσότεροι από τους μηχανισμούς ανάπτυξης του εγκεφάλου παραμένουν άγνωστοι έως και σήμερα, ωστόσο μελέτες, κυρίως σε ζώα όπως το σκουλήκι, ο ποντικός, γάτες, πίθηκοι κ.α. δίνουν ορισμένες απαντήσεις στους νευροεπιστήμονες για τα στάδια ανάπτυξης του. Τα αρχικά στάδια έχουν αρκετές ομοιότητες όμως αργότερα εμφανίζονται διαφορές.

Δυο βασικά στάδια καθορίζουν την ανάπτυξη του εγκεφάλου. Η κυτταρική διαίρεση, η οποία είναι το πρώτο βήμα ως προς την ανάπτυξη και η κυτταρική διαφοροποίηση, κατά την οποία σταματάει η διαδικασία της διαίρεσης ορισμένων κυττάρων και τα κύτταρα αυτά λαμβάνουν κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Οι νευρώνες παράγονται στον νευρικό σωλήνα και έπειτα πηγαίνουν στην οριστική τους θέση από την οποία είναι υπεύθυνοι για τη μετάδοση μηνυμάτων. Στην διάρκεια της ανάπτυξης ένα νευρικό κύτταρο γίνεται

νευρώνας ειδικού τύπου, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται ένα ακριβές δίκτυο εκατό δισεκατομμυρίων νευρώνων υπεύθυνο για κάθε κίνηση, αίσθηση, αντίληψη και σκέψη. Πολλές κρίσιμες πτυχές της ανάπτυξης του εγκεφάλου έχουν ολοκληρωθεί πριν από τη γέννηση. Ο νευρικός σωλήνας αναπτύσσεται κατά τις πρώτες εβδομάδες της εγκυμοσύνης. Οι διάφορες περιοχές του λειτουργούν ως «πολλαπλασιαστικές ζώνες» όπου σχηματίζονται τα εγκεφαλικά κύτταρα. Τα εγκεφαλικά κύτταρα μεταναστεύουν στα τμήματα του ώριμου εγκεφάλου στα οποία θα χρησιμοποιηθούν πριν από τη γέννηση. Μέχρι τον 7ο μήνα της κύησης έχουν σχηματιστεί σχεδόν όλοι οι νευρώνες που θα αποτελούν τον ώριμο εγκέφαλο. Μετά τη γέννηση, ο εγκέφαλος αναπτύσσεται κυρίως μέσω της αύξησης των συνάψεων, των αξόνων και των νευρωνικών συνδέσεων. Για τον οπτικό και ακουστικό φλοιό, υπάρχει σημαντική πρόωμη ανάπτυξη νευραξόνων, με μέγιστη πυκνότητα περίπου 150% των επιπέδων των ενηλίκων μεταξύ 4 και 12 μηνών ακολουθούμενη από μείωση. Η πυκνότητα των συνάψεων του οπτικού φλοιού επιστρέφει στα επίπεδα των ενηλίκων μεταξύ 2 και 4 ετών. Για άλλες περιοχές όπως ο προμετωπιαίος φλοιός (που πιστεύεται ότι υποστηρίζει τον σχεδιασμό και τη λογική), η πυκνότητα αυξάνεται πιο αργά και κορυφώνεται μετά τον πρώτο χρόνο. Η μείωση στα επίπεδα πυκνότητας των ενηλίκων δεν παρατηρείται πριν από κάποιο χρονικό διάστημα μεταξύ 10 και 20 ετών. Κάπου στην ηλικία των 4 έως 5 ετών, ο μεταβολισμός του εγκεφάλου ενός παιδιού είναι περίπου το 150% του μεταβολισμού ενός ενήλικα. Με την πάροδο του χρόνου, αυτή η τιμή μειώνεται. Μέχρι την ηλικία περίπου των 10 ετών, ο μεταβολισμός του εγκεφάλου μειώνεται στα επίπεδα των ενηλίκων για τις περισσότερες περιοχές του φλοιού. Το γενικό μοτίβο ανάπτυξης του εγκεφάλου είναι ορατό. Υπάρχουν εκρήξεις συναπτογένεσης, κορυφές πυκνότητας και στη συνέχεια αναδιάταξη και σταθεροποίηση των συνάψεων, που συμβαίνουν σε διαφορετικούς χρόνους και ρυθμούς για διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου. Η περίοδος κύησης και η πρόωμη παιδική ηλικία θεωρούνται ευαίσθητες αναπτυξιακές περιόδους. Διαφορετικές μορφές γνώσης αναπτύσσονται σε διαφορετικές ευαίσθητες περιόδους. Αυτό συμβαίνει επειδή ο εγκέφαλος έχει διαφορετικές ευαίσθητες περιόδους ανάπτυξης. Ωστόσο, ο εγκέφαλος είναι εξαιρετικά πλαστικός κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων. Οι ενήλικες μπορούν να αναπτύξουν νέες συνδέσεις λόγω της έκθεσης σε νέα περιβάλλοντα ή πληροφορίες. Εκτός από τους ενήλικες, τα παιδιά μπορούν να αναπτύξουν νέες συνδέσεις χάρη στην πλαστικότητα του εγκεφάλου τους. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο εγκέφαλός τους αυξάνεται περισσότερο από τέσσερις φορές τον όγκο μεταξύ γέννησης και ενηλικίωσης.

Οι εγκέφαλοι των γενετικά πανομοιότυπων διδύμων εξακολουθούν να διαφέρουν σημαντικά ως προς το μέγεθος και τον αριθμό των νευρώνων. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό, είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι οι εγκέφαλοι έχουν μεγάλες ατομικές διαφορές. Αυτή η παραλλαγή μας βοηθά στον εντοπισμό της λειτουργίας. Αν και όλοι οι εγκέφαλοι ενηλίκων εμφανίζουν τη βασική δομή, πιστεύεται ότι η ανάπτυξη πιθανότατα σχετίζεται με τους περιορισμούς στην ανάπτυξη που υπάρχουν στο περιβάλλον. Το περιβάλλον επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις γνωστικές ικανότητες του παιδιού. Σημαντικά διαφορετικά περιβάλλοντα μπορούν να αλλάξουν σε μεγάλο βαθμό τη νοημοσύνη τους. Τα παραδείγματα δείχνουν ότι οι τυφλοί ενήλικες επεξεργάζονται τις ακουστικές πληροφορίες πολύ πιο γρήγορα από τους ενήλικες με όραση και οι εκ γενετής κωφοί επεξεργάζονται οπτικές πληροφορίες στην περιφέρεια πιο γρήγορα από τους ελέγχους ακοής (Neville & Bavelier, 2000). Οι νευρώνες του ανώριμου εγκεφάλου είναι εναλλάξιμοι. Αυτό σημαίνει ότι οι δραματικές περιβαλλοντικές διαφορές μπορούν να οδηγήσουν σε δραστικά διαφορετικά αναπτυξιακά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, οι κωφοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν οπτική χωρική ανάλυση αντί για ακουστική ανάλυση, επειδή η νοηματική τους γλώσσα υποστηρίζει οπτική/χωρική ανάλυση. Η οπτική ανάλυση χρησιμοποιείται επίσης από τυφλούς για την ανάγνωση της γραφής Braille (Röder & Neville, 2003). Έχει μάλιστα αναφερθεί ότι ένας τυφλός ενήλικας που υπέστη ένα εγκεφαλικό επεισόδιο ειδικά στις οπτικές περιοχές του εγκεφάλου της έχασε κατά συνέπεια την ικανή της ικανότητα ανάγνωσης σε γραφή Braille, παρά το γεγονός ότι οι ικανότητές της σωματοαισθητηριακής αντίληψης δεν επηρεάστηκαν (Jackson, 2000). Κατά τη βρεφική ηλικία, η αισθητηριακή διέγερση από έναν τρόπο μπορεί να προκαλέσει αποκρίσεις σε άλλους τρόπους. Για παράδειγμα, ο λευκός θόρυβος μπορεί να ενισχύσει τις σωματοαισθητηριακές αποκρίσεις και η ακουστική διέγερση μπορεί να προκαλέσει οπτικές αποκρίσεις στον εγκέφαλο (Neville, 1995). Έχει προταθεί ότι όλες οι λεπτομέρειες συνδέονται αρχικά με αυτόν τον τρόπο. αυτό είναι παρόμοιο με τη «συναισθησία». Πιστεύεται ότι αυτή η σύνδεση θα μπορούσε να επιτρέψει στα βρέφη να σχηματίσουν σχήματα που είναι ανεξάρτητα από συγκεκριμένες αισθήσεις. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει χρόνο, αριθμό, ένταση και ένταση (Röder & Neville, 2003). Εάν αυτή η σύνδεση παραμείνει σε όλη την παιδική ηλικία, θα μπορούσε να εξηγήσει γιατί τα μικρά παιδιά ανταποκρίνονται καλά στις πολυαισθητηριακές μεθόδους διδασκαλίας.

Στην παιδική ηλικία ο εγκέφαλος είναι περισσότερο ενεργητικός και ευέλικτος από οποιοδήποτε άλλο στάδιο της ζωής. Για αυτό, διανοητικές ικανότητες συμπεριλαμβανομένου των Μαθηματικών πρέπει να γίνονται πριν την εφηβεία. Η εφηβεία είναι μια περίοδος ταχείας ανάπτυξης του εγκεφάλου που επιτρέπει στους έφηβους να αναπτύξουν ένα αποτελεσματικό σύστημα επεξεργασίας. Η μεγιστοποίηση αυτής της περιόδου απαιτεί διοχέτευση ενέργειας στην εκμάθηση νέων πραγμάτων: μουσική, τέχνη, ταξίδια και βιβλία βοηθούν τους εφήβους να αναπτύξουν υγιεινό τρόπο ζωής. Σύμφωνα με έρευνες περίπου από την ηλικία των 25 ετών έως και 65 ετών ο εγκέφαλος αρχίζει να χάνει εγκεφαλικά κύτταρα σε κρίσιμες περιοχές όπως ο υπόκαμπος- η περιοχή όπου γίνεται η επεξεργασία των αναμνήσεων. Η ικανότητα του εγκεφάλου να ανανεώνεται παραμένει ακόμη και σε προχωρημένη ηλικία.

2.3 Μάθηση και Μνήμη

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι μια άγνωστη περιοχή που κανείς έως τώρα δεν ήξερε στο μεγαλύτερο μέρος του πώς δουλεύει κατά τη στιγμή που το άτομο επιδίδεται σε συγκεκριμένες δεξιότητες. Διαθέτει τεράστια χωρητικότητα και βρίσκεται σε ετοιμότητα για την εισροή νέων πληροφοριών, ώστε να τις μετατρέψει σε νέες συνάψεις και νέα κυκλώματα. Κάθε νέο ερέθισμα τον ωθεί σε αναπαραγωγή και βελτίωσή του. Διάφοροι μελετητές, μάλιστα, επισημαίνουν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος διαθέτει τέτοιες δυνατότητες, οι οποίες επιδρούν και μπορεί να επηρεάσουν σε πάρα πολύ μεγάλο βαθμό τη μάθηση, τη μνήμη και την κρίση των ατόμων (Μανούσου & Πρόσκολλη, 2005· Kandel, 2006· Gaillard & Karapetsas, 2009· Πασιάς, Φλουρής & Φωτεινός, 2015). Μεταξύ των ιδιοτήτων ενός νευρωνικού δικτύου, η πιο σημαντική είναι η ικανότητά του να μαθαίνει από το περιβάλλον, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση μέσω της μάθησης. Αυτή η βελτίωση επιτυγχάνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου, σύμφωνα με ορισμένες σαφείς μετρήσεις. Η μάθηση επιτυγχάνεται μέσω μιας επαναληπτικής διαδικασίας προσαρμογής. Προσαρμόζοντας τις ελεύθερες παραμέτρους του νευρωνικού δικτύου μέσω της έκθεσης στο περιβάλλον τους, η μάθηση επιτρέπει στο δίκτυο να αποκτήσει γνώση για το περιβάλλον του. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω της προσαρμογής των παραμέτρων του δικτύου σε μια διαδικασία που ονομάζεται προσαρμογή μέσω συνεχούς ενεργοποίησης από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το δίκτυο. Μπορούν να επιτευχθούν διαφορετικοί τύποι μάθησης ανάλογα με τον τρόπο αλλαγής των παραμέτρων (Vlamos, 2015).

Η μνήμη είναι ζωτικής σημασίας για όλες τις μαθησιακές προσπάθειες. Ο άνθρωπος θυμάται τις εμπειρίες, τις εντυπώσεις και τις γνώσεις που έχει αποκτήσει, άρα μπορεί και μαθαίνει σε όλη του τη ζωή. Υπάρχουν μερικές σημαντικές διαφορές στον τρόπο λειτουργίας της μνήμης. Η πρώτη διάκριση περιλαμβάνει τρία κύρια στάδια της λειτουργίας της μνήμης:

- Κωδικοποίηση (encoding),
- αποθήκευση (storage) και
- ανάκτηση (retrieval).

Η φάση κωδικοποίησης περιλαμβάνει τη μετατροπή πληροφοριών από το περιβάλλον σε μια φόρμα που μπορεί να επεξεργαστεί από τη μνήμη, όπως νέα ονόματα. Τα δεδομένα για αυτό το νέο ερέθισμα, όπως ένα ηχητικό κύμα, λαμβάνουν μια συγκεκριμένη αναπαράσταση και αποθηκεύονται στη μνήμη. Η φάση αποθήκευσης περιλαμβάνει τη διατήρηση των πληροφοριών στη μνήμη μέχρι τη στιγμή της ανάκλησής τους. Τέλος, η φάση ανάκτησης αφορά τον εντοπισμό και την ανάκτηση πληροφοριών όταν χρειαστεί κάποια στιγμή στο μέλλον.

Η δεύτερη διάκριση αφορά το είδος της πληροφορίας που απομνημονεύεται. Κάθε τύπος πληροφοριών χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό μνημονικό σύστημα: γεγονότα (όπως όταν συνέβη ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος), συγκεκριμένες δεξιότητες (όπως να οδηγείς ποδήλατο), αριθμητικά δεδομένα (όπως η τετραγωνική ρίζα του 13 είναι 169), προσωπικές εμπειρίες (όπως συμπαθώ τον καθηγητή των μαθηματικών).

Τέλος, μια τρίτη διάκριση περιλαμβάνει τη διαίρεση της μνήμης σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη μνήμη. Η μακροπρόθεσμη διατήρηση της μνήμης μπορεί να εκτείνεται σε ημέρες, ώρες, εβδομάδες ακόμη και χρόνια. Η βραχυπρόθεσμη μνήμη διαρκεί μόνο μερικά δευτερόλεπτα - μεταξύ 15 και 30 - και στη συνέχεια εξασθενεί.

Η μνήμη μπορεί να διακριθεί σε διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με τα είδη των πληροφοριών που αποθηκεύονται:

- μη-συνειρμική μνήμη
- αισθητική μνήμη
- έκδηλη επεισοδιακή μνήμη (αυτοβιογραφική)
- συναισθηματική μνήμη
- διαδικαστική μνήμη

- συνειρμική μνήμη (κλασσική και συντελεστική)
- μνήμη εργασίας (Σιδηροπούλου, 2015)

Οι άνθρωποι έχουν δύο διαφορετικά συστήματα αποθήκευσης πληροφοριών την έκδηλη ή αλλιώς δηλωτική και την άδηλη μνήμη. Στην έκδηλη μνήμη αποθηκεύεται υλικό που είναι διαθέσιμο στη συνείδηση και η έκφρασή του επέρχεται μέσω του λόγου, όπως για παράδειγμα ο αριθμός ενός τηλεφώνου. Ουσιαστικά, η έκδηλη μνήμη εστιάζει την απομνημόνευση αντικειμένων, προσώπων, περιβαλλόντων ή γεγονότων. Υπάρχουν πολλές πειραματικές διαδικασίες για τη μελέτη της έκδηλης μνήμης στα τρωκτικά, οι οποίες εστιάζουν κυρίως στη χωρική μνήμη (Σιδηροπούλου, 2015).

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της έκδηλης και άδηλης μνήμης.

Πίνακας 1. Έκδηλη και Άδηλη Μνήμη

Έκδηλη Μνήμη	Άδηλη Μνήμη
Βραχυπρόθεσμη	Μακροπρόθεσμη
Τροποποιείται εύκολα	Δεν τροποποιείται εύκολα
Συνειδητή	Μη-συνειδητή
Ρητή έκφραση	Μη-ρητή έκφραση
Δηλωτική μάθηση	Διαδικαστική μάθηση
Απαιτούνται διαδικασίες στην έσω μούρα του κροταφικού λοβού και σε τμήματα του θαλάμου	Δεν απαιτούνται διαδικασίες στην έσω μούρα του κροταφικού λοβού και σε τμήματα του θαλάμου.

2.3.1 Βραχυπρόθεσμη Μνήμη

Η καταγραφή πληροφοριών στη βραχυπρόθεσμη μνήμη βασίζεται, καταρχήν, στην εστίαση της προσοχής σε συγκεκριμένα ερεθίσματα. Η ικανότητα να θυμόμαστε κάτι για σύντομες χρονικές περιόδους περιορίζεται σε 7 πράγματα. Αυτό οφείλεται στην έλλειψη χώρου για την κωδικοποίηση και την αποθήκευση μνημών. Η εγγραφή βραχυπρόθεσμης μνήμης

μπορεί να επιτευχθεί με ακουστικά ή οπτικά μέσα. Ωστόσο, δεν είναι εγγυημένο και τα στοιχεία μπορεί να ξεχαστούν λόγω αντικατάστασης άλλων στη μνήμη ή λόγω εξασθένησης της μνήμης με την πάροδο του χρόνου. Ο μόνος τρόπος βελτίωσης της βραχυπρόθεσμης μνήμης είναι η συνεχής επανάληψη.

2.3.2 Μακροπρόθεσμη Μνήμη

Η μακροπρόθεσμη μνήμη περιλαμβάνει την ανάμνηση πληροφοριών για το πρόσφατο παρελθόν, αλλά περιλαμβάνει επίσης μια σειρά αναμνήσεων, όπως αναμνήσεις της παιδικής ηλικίας. Η μακροπρόθεσμη μνήμη αποθηκεύει πληροφορίες με βάση το νόημα αυτού που είναι αποθηκευμένο. Η χωρητικότητά του είναι απεριόριστη και τα προβλήματα με την ανάκληση πληροφοριών προέρχονται κυρίως από την έλλειψη αποθήκευσης ή ανάκτησης στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Γενικά, η οργάνωση του προς απομνημόνευση υλικού συμβάλλει καθοριστικά στη βελτίωση της μακροπρόθεσμης μνήμης: η δημιουργία πραγματικών ή φανταστικών συνδέσεων, η κατανόηση και η εις βάθος επεξεργασία του υλικού διευκολύνει την καλύτερη κωδικοποίηση και ανάκτηση.

2.4 Η Σημασία της Χωρικής Σκέψης στην Εκπαίδευση

Η χωρική σκέψη περιλαμβάνει την κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με το διάστημα, τους διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης αυτών των εννοιών, τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι συλλογίζονται μέσω χωρικών πληροφοριών και συμπεράσματα που προέρχονται από χωρικές πληροφορίες (NRC, 2006). Η χωρική σκέψη ορίζεται ως η ικανότητα οπτικοποίησης και ερμηνείας θέσεων, αποστάσεων, κατευθύνσεων, σχέσεων, αλλαγών και κινήσεων σε σχέση με το χώρο. Χρησιμοποιεί τις ιδιότητες του χώρου ως μέσο επίλυσης προβλημάτων, εύρεσης απαντήσεων και διατύπωσης λύσεων (NRC, 2006). Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ δημοσίευσε μια έκθεση το 2006 δηλώνοντας ότι η χωρική σκέψη είναι μια σημαντική δεξιότητα για την επιστήμη και τη σύγχρονη ζωή. Σύμφωνα με το NRC (National Research Council), τα εκπαιδευτικά συστήματα δεν μπορούν να εκπληρώσουν το καθήκον τους να προετοιμάσουν τους μαθητές για τον 21ο αιώνα χωρίς να επικεντρωθούν στον χωρικό γραμματισμό.

Η χωρική σκέψη είναι η ικανότητα σκέψης σε τρεις διαστάσεις. Θεωρείται θεμελιώδης δεξιότητα στην επιστήμη, την τεχνολογία, τη μηχανική και τα μαθηματικά, γνωστή ως STEM (Science, Technology, Engineering and Maths). Οι μελέτες δείχνουν ότι οι μαθητές

που αναπτύσσουν τις γεωχωρικές τους δεξιότητες είναι πιο πιθανό να ακολουθήσουν σταδιοδρομία σε κλάδους STEM. Από την άλλη πλευρά, οι μαθητές που δεν κατέχουν αυτές τις δεξιότητες είναι επιρρεπείς στο να εγκαταλείψουν το σχολείο (Uttal & Cohen, 2012). Εξαιτίας αυτού, το εκπαιδευτικό σύστημα έχει αγνοήσει σε μεγάλο βαθμό αυτό το ζωτικό ταλέντο (NSF, 2010· Wai, 2009). Πιο πρόσφατα, ωστόσο, η χωρική σκέψη θεωρείται χρήσιμη εκτός του STEM, ειδικά στις κοινωνικές και ανθρωπιστικές επιστήμες (Goodchild & Janelle, 2010). Αυτό συμβαίνει επειδή απαιτείται για βασικές εργασίες όπως η παροχή και η λήψη οδηγιών και η πλοήγηση σε άγνωστα ή οικεία μέρη. Επιπλέον, οι άνθρωποι που μπορούν να σκέφτονται χωρικά πιστεύεται ότι έχουν ένα πλεονέκτημα όταν πρόκειται για την ανάπτυξη καινοτομιών που σχετίζονται με τη μηχανική και τους επιστημονικούς κλάδους. Η εκπαιδευτική μεταρρύθμιση που εστιάζει στον χωρικό αλφαριθμητισμό - την ικανότητα κατανόησης γραφημάτων, γραφημάτων, εικόνων και κλίμακας - είναι απαραίτητη για την ενίσχυση της εκπαίδευσης της επιστημονικής σκέψης. Η κατανόηση αυτών των εννοιών είναι παρόμοια με το πώς οι άνθρωποι αντιμετωπίζουν καθημερινά προβλήματα, επικοινωνούν και μαθαίνουν νέες ιδέες.

3. Από τη Νευροεπιστήμη στη Νευροεκπαίδευση

3.1. Νευροεπιστήμη

Οι νευροεπιστήμες είναι ένα σχετικά νέο πεδίο μελέτης που ενσωματώνει τη βιολογία, τη νευρολογία και την ψυχολογία. Έχει ήδη κάνει μεγάλα βήματα τα τελευταία 100 χρόνια. Βελτιώνει την κατανόησή μας για τη χημεία του ανθρώπινου εγκεφάλου, τη δομή, το μεταβολισμό και τις βασικές συναισθηματικές, αντιληπτικές και γνωστικές λειτουργίες. Μια πιο πρόσφατη εξέλιξη στον τομέα ονομάζεται γνωστική νευροεπιστήμη. Επικεντρώνεται σε γνωστικές διαδικασίες υψηλότερου επιπέδου μέσω της χρήσης τεχνολογίας απεικόνισης για την καλύτερη κατανόηση της ομιλίας, της γλώσσας, της σκέψης, του συλλογισμού και των μαθηματικών. Επιπλέον, οι επιστήμονες μπόρεσαν να μελετήσουν τον ανθρώπινο εγκέφαλο *in vivo* για να κατανοήσουν καλύτερα τις περίπλοκες διαδικασίες του.

Η νευροεπιστήμη εξετάζει τις διαδικασίες με τις οποίες ο εγκέφαλος μαθαίνει και θυμάται. Αυτό μπορεί να εξεταστεί σε πολλαπλά επίπεδα, συμπεριλαμβανομένων των νευροδιαβιβαστών, των συνάψεων και των ηλεκτρικών σημάτων μεταξύ των νευρώνων. Κατανοώντας την κυτταρική σηματοδότηση και τους συναπτικούς μηχανισμούς, είναι δυνατό να κατανοήσουμε καλύτερα τη μάθηση. Οι νευρώνες περνούν πληροφορίες μέσω ηλεκτρικών σημάτων που μπορούν να περάσουν μεταξύ των κυττάρων μέσω συνάψεων. Ο εγκέφαλος περιέχει περίπου 100 δισεκατομμύρια νευρώνες, με κάθε νευρώνα να συνδέεται με τεράστιους άλλους. Η κατανόηση των τρόπων με τους οποίους λειτουργούν οι νευροδιαβιβαστές είναι ένας από τους μεγαλύτερους στόχους της νευροεπιστήμης. Η μάθηση γενικά περιλαμβάνει αλλαγές στη συνδεσιμότητα του εγκεφάλου. Αυτό μπορεί να προκληθεί από αλλαγές στην ενίσχυση της σύνδεσης συνάψεων ή από αυξημένη αντοχή σύνδεσης. Επηρεάζοντας άμεσα τη συνδεσιμότητα, οι επιτυχημένες μέθοδοι διδασκαλίας μπορούν να αλλάξουν τη λειτουργία του εγκεφάλου, καθιστώντας έτσι τη διδασκαλία ένα σημαντικό θέμα στη νευροεπιστήμη.

Οι εγκέφαλοι μεμονωμένων μαθητών αλληλεπιδρούν με το ευρύτερο περιβάλλον προκειμένου να μάθουν. Το σχολικό περιβάλλον, η οικογένεια, οι δάσκαλοι και το πρόγραμμα σπουδών συμβάλλουν στην επιτυχία του μαθητή στη μάθηση. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί συνήθως δεν μελετούν τη μάθηση σε κυτταρικό επίπεδο. Αντίθετα, επικεντρώνονται σε θέματα ευρύτερης εικόνας, όπως το πλαίσιο και η ποιότητα των

εκπαιδευτικών. Ο εγκέφαλος ενός παιδιού δεν μπορεί να διδαχθεί να ανταποκρίνεται με τον ίδιο τρόπο όταν η διατροφή του είναι κακή. Αντίθετα, ένας εγκέφαλος που τρέφεται καλά θα επιτρέψει στο παιδί να μάθει σωστά. Είναι ήδη δυνατό να μελετηθούν οι επιδράσεις διαφόρων φαρμάκων στη γνωστική λειτουργία. Η μεθυλφαινιδάτη (ριταλίνη), ένα φάρμακο που συνταγογραφείται συχνά για παιδιά με ΔΕΠΥ (Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας), έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την αναγνώριση ερεθισμάτων σε παιδιά που λαμβάνουν φαρμακευτική αγωγή. Η μελέτη των επιπτώσεων διαφορετικών διατροφών, πρόσθετων τροφίμων και πιθανών τοξινών μπορεί να γίνει μέσω τεχνικών νευροαπεικόνισης. Αυτό προσφέρει την ευκαιρία να γνωρίζουμε ποιες τροφές βοηθούν τους ανθρώπους να έχουν καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά τη μάθηση.

3.2. Γνωσιακή Νευροεπιστήμη

Είναι παράλογο να περιμένουμε ότι η νέα επιστήμη της γνωστικής ή γνωστικής νευροεπιστήμης θα απαντήσει γρήγορα σε μακροχρόνια ζητήματα εκπαίδευσης στα μαθηματικά. Η γρήγορη πρόοδος είναι δυνατή, αλλά πρέπει να σημειωθεί ότι η νευροεπιστήμη δεν παρέχει μια γρήγορη λύση ή θεραπεία. Αντίθετα, οι βελτιώσεις γίνονται σταδιακά με τη βοήθεια μετρήσεων και αναλύσεων. Επιπλέον, οι εικασίες και οι διαψεύσεις είναι κοινές όταν οι επιστήμονες κάνουν νέες θεωρίες και ευρήματα.

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι κοινωνικοί επιστήμονες έχουν συσσωρεύσει μεγάλη γνώση μέσω μελετών συμπεριφοράς. Θεωρείται ότι οι νευροεπιστημονικές μέθοδοι και θεωρίες μπορούν να βοηθήσουν τους κοινωνικούς επιστήμονες να συμπληρώσουν και να επεκτείνουν αυτή τη γνώση (Cacioppo et al., 2008· De Smedt & Verschaffel, 2009· Lieberman, Schreiber, & Ochsner, 2003). Αυτό θα ήταν χρήσιμο για τους εκπαιδευτικούς ερευνητές στο μέλλον, παρόλο που δεν μπορούμε επί του παρόντος να προβλέψουμε πόσο χρήσιμες θα είναι αυτές οι μέθοδοι και θεωρίες. Θα τους βοηθούσε να διευρύνουν τα θεωρητικά τους πλαίσια και να ανοίξουν νέους ορίζοντες στη νευροεπιστήμη. Σε περιπτώσεις όπου η γνωστική νευροεπιστήμη μπορεί να προσφέρει, η πρόοδος σημειώνεται στη σύγκλιση της χρήσης διαφορετικών ερευνητικών μεθόδων, δηλαδή της μεθοδολογικής τριγωνοποίησης (Lieberman et al., 2003). Τα δεδομένα της νευροεπιστήμης υποστηρίζουν αυτό που ήδη γνωρίζουμε από εκπαιδευτικές μελέτες. Η αξία του προέρχεται από το γεγονός ότι πολλές διαφορετικές μέθοδοι έρευνας παρέχουν περισσότερη εμπειρική υποστήριξη για μια θεωρία ή υπόθεση παρά για μια μέθοδο μόνη της. Η νευροεπιστήμη δεν

σκοπεύει να αντικαταστήσει προηγούμενες εκπαιδευτικές πρακτικές ή θεωρίες, σκοπεύει να συμπληρώσει και να επεκτείνει όσα ήδη γνωρίζουμε. Μια επισήμανση είναι ότι μόνο ορισμένες ερωτήσεις μπορούν να απαντηθούν καλύτερα με τη χρήση θεωριών και μεθόδων της γνωστικής νευροεπιστήμης. Οι ερωτήσεις που πρέπει να τεθούν κατά την επιλογή μιας μεθόδου είναι ποια θα ωφεληθεί από μια επιλεγμένη προσέγγιση και ποιες είναι ακόμη εφαρμόσιμες στην πρώτη θέση.

Η νευροεπιστήμη δεν έχει ακόμη μελετήσει την τέχνη της διδασκαλίας. Η επιτυχής διδασκαλία ισοδυναμεί με επιτυχή μάθηση και θεωρείται «φυσική γνώση» (Strauss, 2003). Σε όλο το ζωικό βασίλειο, μπορούν να βρεθούν πολλές μορφές διδασκαλίας που σχετίζονται με την απόκτηση τροφής. Η έρευνα στην εκπαίδευση περιλαμβάνει την κατανόηση της επιτυχημένης παιδαγωγικής μέσω της ανάλυσης των μεθόδων της. Αυτό το πεδίο έρευνας δεν διερευνάται επί του παρόντος από νευροεπιστήμονες λόγω της μοναδικής φύσης της διδασκαλίας ως κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Ορισμένες πτυχές της διδασκαλίας έχουν ήδη διερευνηθεί από νευροεπιστήμονες, όπως η ερμηνεία των συναισθημάτων και των κινήτρων των άλλων. Η μελέτη της διδασκαλίας απαιτεί εξέταση των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων που εμπλέκονται. Ορισμένες πτυχές της διδασκαλίας, όπως η κατανόηση των συναισθημάτων και των προθέσεων των άλλων, έχουν ήδη μελετηθεί από τη γνωστική νευροεπιστήμη. Επομένως, όταν χρησιμοποιούνται δημιουργικά, οι μέθοδοι της γνωστικής νευροεπιστήμης έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν σημαντικές πληροφορίες σχετικές με το σχεδιασμό και την παράδοση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων σπουδών καθώς και με την ποιότητα της ίδιας της διδασκαλίας. Εκτός από τον έγκαιρο εντοπισμό των αναγκών ειδικής αγωγής, η γνωστική επιστήμη μπορεί να παρέχει μεθόδους για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των προγραμμάτων ειδικής αγωγής.

3.3. Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη

Το πεδίο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης είναι μια διεπιστημονική μελέτη που εστιάζει στις επιπτώσεις της μάθησης στον εγκέφαλο. Είναι επίσης μια βασική επιστήμη που μελετά πώς οι διαφορετικές μέθοδοι εκπαίδευσης αλλάζουν τη συμπεριφορά και ποιοι μηχανισμοί προκαλούν αυτές τις αλλαγές στον εγκέφαλο. Με αυτές τις πληροφορίες, οι εκπαιδευτικοί νευροεπιστήμονες στοχεύουν να δημιουργήσουν πρακτικές εκπαιδευτικές μεθόδους και πολιτικές που βοηθούν τους μαθητές να μάθουν. Η συνάφεια της νευροβιολογίας με την εκπαίδευση αναγνωρίστηκε καθ' όλη τη διάρκεια του 20ου αιώνα (Thorndike, 1926), αλλά

μόλις τη δεκαετία του 1990 και τη «Δεκαετία του εγκεφάλου» (Jones & Mendell, 1999) η τεχνολογική πρόοδος στην in vivo απεικόνιση του οδήγησε στη θεωρητική πρόοδο που έκανε την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη βιώσιμη ως πεδίο (Varma, McCandliss, & Schwartz, 2008). Πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο εξετάζουν τη σύνδεση μεταξύ νευροεπιστήμης και εκπαίδευσης. Έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά ονόματα για να περιγράψουν αυτή τη σύνδεση, όπως Νευροεκπαίδευση, Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη και Νους, Εγκέφαλος και Εκπαίδευση. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία νέων κοινωνιών και ομάδων, όπως η International Mind, Brain and Education Society, επίσης γνωστή ως IMBES η οποία ιδρύθηκε το 2004. Από το 2009, η European Association for Research on Learning and Instruction (EARLI) έχει φιλοξενήσει εξαμηνιαίες συναντήσεις για την ομάδα ειδικού ενδιαφέροντος «Νευροεπιστήμη και Εκπαίδευση». Έχουν δημιουργηθεί νέα περιοδικά, όπως το Trends in Neuro Science and Education », «Mind, Brain and Education και «Educational Neuroscience», που προσελκύουν θεωρητική και εμπειρική εργασία που διερευνά τις διατομές της νευροεπιστήμης, της ψυχολογίας και της εκπαίδευσης. Επιπλέον, πολλά κορυφαία πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο προσφέρουν πλέον μεταπτυχιακά εκπαιδευτικά μαθήματα νευροεπιστήμης, συμπεριλαμβανομένων του Χάρβαρντ και των Πανεπιστημίων του Λονδίνου και του Μπρίστολ. Είναι δύσκολο να εφαρμοστεί η έρευνα της νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση. Ωστόσο, η μετάφραση από την έρευνα της νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση είναι δύσκολη. Αυτό συμβαίνει γιατί το θέμα είναι πολύπλοκο και η κατάσταση της επιστημονικής γνώσης είναι υψηλή. Αυτό καθιστά υψηλό τον κίνδυνο παρερμηνείας. Υπάρχει καχυποψία μεταξύ των ερευνητών της εκπαίδευσης σχετικά με τη διαφημιστική εκστρατεία γύρω από την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη. Αυτό οφείλεται στην πεποίθησή τους ότι οι πολιτικές επιστήμης και εκπαίδευσης πρέπει να είναι ξεχωριστές. Πιστεύουν επίσης ότι ο ανταγωνισμός μεταξύ των τομέων της εκπαίδευσης, της ψυχολογίας και των νευροεπιστημών είναι πιο συνηθισμένος από τη συνεργασία. Επιπλέον, ο ενθουσιασμός των εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση της γνώσης του εγκεφάλου στις μεθόδους διδασκαλίας τους αυξάνει τον κίνδυνο διαφημιστικής εκστρατείας (Brookmkan-Byrne & Thomas, 2018· Goswami, 2006· Howard-Jones, 2014a). Συγκεκριμένα, η θεμιτή επιθυμία των υπευθύνων χάραξης πολιτικής να χρησιμοποιούν επιστημονικά στοιχεία στις εκπαιδευτικές τους πολιτικές αυξάνει τον κίνδυνο ακόμη περισσότερο (Willetts, 2018). Οι εμπορικές εταιρείες είναι πρόθυμες να πουλήσουν νέες τεχνικές στα σχολεία που παρουσιάζουν τα πιο πρόσφατα ευρήματα της νευροεπιστήμης.

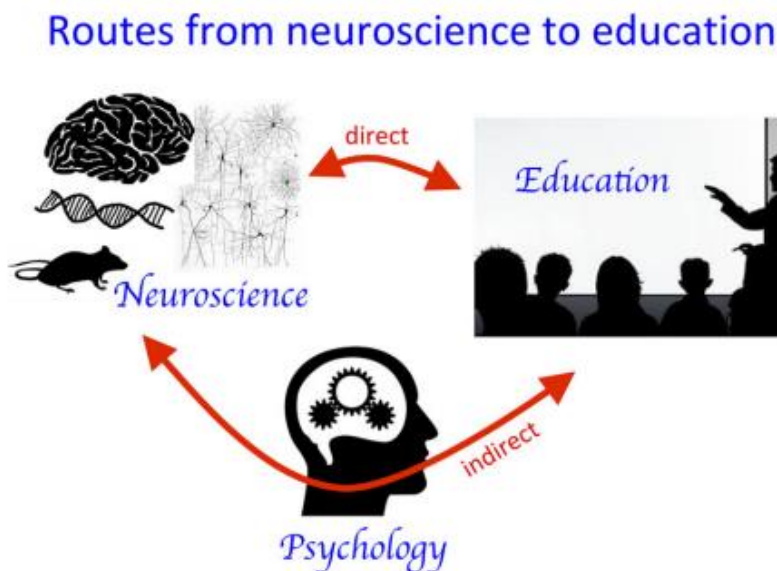
Υπάρχουν δύο βασικοί λόγοι για τους οποίους ο στόχος της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης είναι τόσο δύσκολος. Πρώτον, η μέθοδος μάθησης του εγκεφάλου είναι πολύπλοκη. Δεύτερον, η μάθηση είναι μόνο μια πτυχή της εκπαίδευσης. Είναι δύσκολο να μεταφραστεί επιτυχώς η ψυχολογία σε εκπαιδευτική πράξη. Εκτός από αυτά τα ζητήματα, οι στόχοι της κοινωνίας στην εκπαίδευση δεν είναι ξεκάθαροι. Ακόμη και για την ψυχολογία, η κατανόηση της θεωρίας της εκπαίδευσης είναι δύσκολη (Εικόνα 3).

Ο όρος «μαθαίνω» έχει πολλαπλές έννοιες στον εγκέφαλο. Εκτός από το ότι εμφανίζεται σε μια τάξη, η λέξη αναφέρεται σε πολλές περιοχές του εγκεφάλου. Μπορούμε να διακρίνουμε 8 διαφορετικά συστήματα μάθησης στον εγκέφαλο, το καθένα από αυτά αλληλεπιδρά με τα υπόλοιπα:

- (α) Ο υπόκαμπος και οι γύρω δομές είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία επεισοδιακής μνήμης. Αυτό είναι το σύστημα που επιτρέπει στους ανθρώπους να θυμούνται συγκεκριμένες στιγμές και γεγονότα. Η δυνατότητα δημιουργίας στιγμιότυπων οφείλεται στο γεγονός ότι οι συνδέσεις αυτού του συστήματος μπορούν να αλλάξουν πολύ γρήγορα.
- (β) Ο εγκέφαλος μαθαίνει τις συσχετίσεις μεταξύ των αισθητηριακών εισροών και των κινητικών αποκρίσεων. Προσδιορίζει επίσης μεγαλύτερες έννοιες που αποτελούνται από πολυάριθμα χρονικά και χωρικά μοτίβα που περιέχονται σε αυτή τη γνώση. Αυτές οι έννοιες μπορούν να εντοπιστούν γρήγορα χάρη στην ευελιξία των συναπτικών συνδέσεων που περιέχονται μέσα σε ένα νευρικό κέλυφος. Αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει λεπτά, ώρες ή και μέρες.
- (γ) Ορισμένες συσχετίσεις είναι ασυνείδητες και περιλαμβάνουν τις δομές του συναισθήματος (μεταιχμιακές) πιο μέσα στον εγκέφαλο, συσχετίσεις μεταξύ ερεθίσματος και απόκρισης που συνήθως αναφέρονται ως «κλασική προετοιμασία». Ο σχηματισμός αυτών των συσχετισμών μπορεί να διαρκέσει δευτερόλεπτα ή λεπτά.
- (δ) Ο προμετωπιαίος φλοιός συνεργάζεται με τις μεταιχμιακές δομές για να συνδυάσει τον συναισθηματικό προγραμματισμό με συγκεκριμένα συστήματα περιεχομένου στον οπίσθιο φλοιό. Ο εγκέφαλος μαθαίνει να ελέγχει αυτά τα συστήματα, ώστε να ενεργοποιούνται στο κατάλληλο πλαίσιο.
- (ε) Ο εγκέφαλός μας καθορίζει αμέσως τι πρέπει να κάνουμε για να πετύχουμε αυτό που θέλουμε, να αποφύγουμε αυτά που δεν θέλουμε και να επιτύχουμε μικρούς και

μακροπρόθεσμους στόχους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός συστήματος ανταμοιβής που λειτουργεί σε δευτερόλεπτα και λεπτά.

- (στ) Ο εγκέφαλός μας έχει ένα σύστημα διαδικαστικής μάθησης που περιλαμβάνει την παρεγκεφαλίδα, τον θάλαμο, τα βασικά γάγγλια και τα κυκλώματα του φλοιού. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται για την εκμάθηση ασυνείδητων δραστηριοτήτων που εκτελούμε τακτικά, όπως η οδήγηση αυτοκινήτου ή το δέσιμο των κορδονιών. Αυτές οι αυτόματες δεξιότητες απαιτούν ώρες, μερικές φορές εκατοντάδες ή δεκάδες, εξάσκησης για να μάθουν.
- (ζ) Ο εγκέφαλος μπορεί να εκμεταλλευτεί τα ευρέως διαδεδομένα κυκλώματά του για την αντίληψη και την κατανόηση των άλλων ανθρώπων, έτσι ώστε οι δεξιότητες να μπορούν να μάθουν απλά παρατηρώντας άλλους ανθρώπους, το λεγόμενο «μοντελοποίηση».
- (η) Ο εγκέφαλος μπορεί να επωφεληθεί από τα ευρέως διαδεδομένα κυκλώματά του για τη χρήση της γλώσσας για την κατασκευή νέων εννοιών και σχεδίων, έτσι ώστε οι δεξιότητες να μπορούν να διδαχθούν μέσω της διδασκαλίας.



Εικόνα 3. Δύο κατευθύνσεις που συνδέουν την εκπαίδευση με τη νευροεπιστήμη

(*Journal of Child Psychology and Psychiatry*)

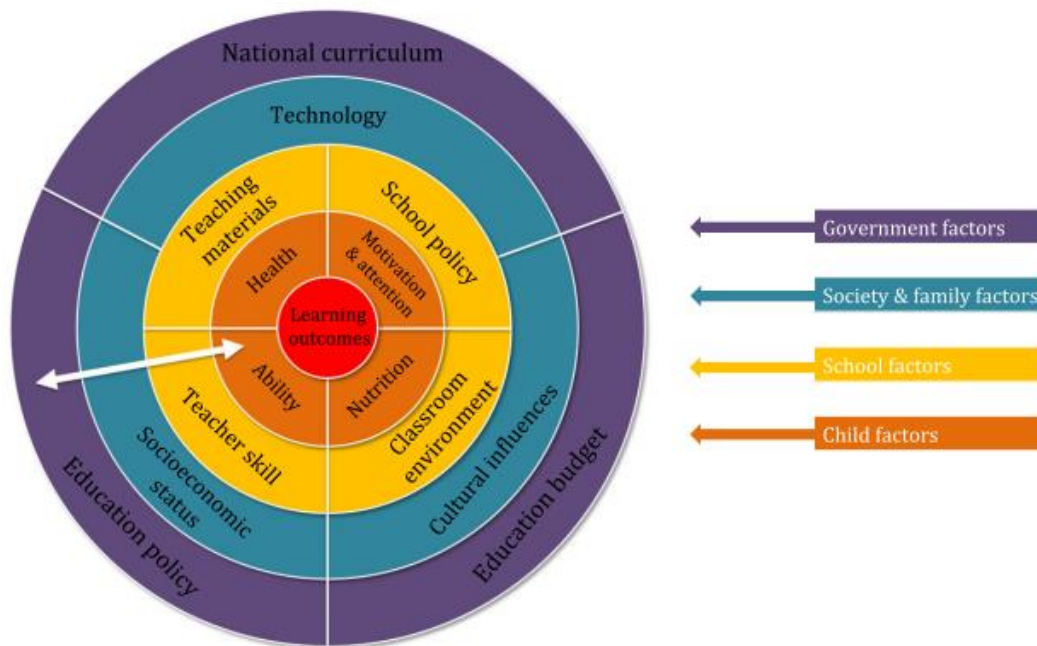
Εκτός από αυτά τα πολλαπλά συστήματα, λειτουργεί μια ευρύτερη αρχή: να γίνονται όλες οι διαδικασίες αυτόματες, ώστε να συμβαίνουν γρήγορα, ομαλά και χωρίς ανάγκη γνωστικής προσπάθειας ή ακόμα και επίγνωσης. Καθώς οι δεξιότητες που μαθαίνονται

χρησιμοποιούνται πιο συχνά, γίνονται πιο αυτόματες. Αντίθετα, όταν παραμελούνται, οι ξεχασμένες γνώσεις και δεξιότητες τείνουν να φθείρονται πιο γρήγορα. Διαφορετικά συστήματα μάθησης επιδεινώνονται με διαφορετικούς ρυθμούς όταν παραμελούνται. Ωστόσο, όλα είναι πιθανό να χαθούν εάν δεν χρησιμοποιηθούν. Μπροστά σε αυτήν την πολυπλοκότητα, η κατανόηση των επιπτώσεων αυτού του αστερισμού μηχανισμών για τον όρο «μάθηση» όπως ερμηνεύεται από τους εκπαιδευτικούς, είναι μια τεράστια πρόκληση. Για να είναι επιτυχής, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη πρέπει να ασχολείται με τη μάθηση εκτός από άλλες συνιστώσες της εκπαίδευσης (Doukakis & Alexopoulos, 2020).

Η θεωρία των οικολογικών συστημάτων του Bronfenbrenner δηλώνει ότι η διαδικασία μάθησης ενός παιδιού επηρεάζεται από πολλούς διαφορετικούς παράγοντες (Bronfenbrenner, 1992). Αυτά περιλαμβάνουν την υγεία τους, την ποιότητα της εκπαίδευσής τους, τους νόμους και τους θεσμούς που τους διέπουν, το κοινωνικό τους περιβάλλον και τους γονείς ή τους φροντιστές τους. Αυτοί οι παράγοντες πρέπει να θεωρηθούν ως ένα διασυνδεδεμένο σύστημα (Εικόνα 4). Στόχος της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης είναι η βελτίωση της ικανότητας μάθησης των παιδιών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί βελτιώνοντας την προσοχή, τα κίνητρα και τη δέσμευσή τους στη μαθησιακή διαδικασία. Η αλλαγή συμπεριφοράς πρέπει να εξεταστεί στο ευρύτερο πλαίσιο της επιστήμης εφαρμογής (Michie, Van Stralen & West, 2011).

Τέλος, ακόμη και με μια σταθερή κατανόηση της επιστήμης της μάθησης, η μετάφραση στην πρακτική στην τάξη είναι δύσκολη. Με την πολύ μεγαλύτερη, 125χρονη ιστορία της στη μελέτη της μάθησης, η ψυχολογία εξακολουθεί να αγωνίζεται να ενημερώσει σωστά τις διδακτικές πρακτικές. Παρά τα στοιχεία από ψυχολόγους που δείχνουν ότι η επισήμανση και η υπογράμμιση κειμένου δεν έχει καμία επίδραση στη μάθηση, οι δάσκαλοι εξακολουθούν να χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνική στην τάξη. Επιπλέον, οι δάσκαλοι επιμένουν ότι οι μαθητές ξαναδιαβάζουν το κείμενο πολλές φορές, παρόλο που αυτό είναι επίσης αναποτελεσματικό (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan & Willingham, 2013). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι τεχνικές επιμένουν στην τάξη παρά τα πολλά στοιχεία που υποδηλώνουν την έλλειψη αποτελέσματος (Roediger, 2013). Ο Joha δεν είναι εύκολο να μεταφράσει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η μάθηση συμβαίνει στον εγκέφαλο σε τρόπους αναστολής της βελτίωσης των μαθησιακών αποτελεσμάτων μέσω διαφορετικών τύπων εκμάθησης διδασκαλίας ούτε είναι απλό να μεταφραστεί η κατανόηση της αιτίας των μαθησιακών δυσλειτουργιών σε κατάλληλες παρεμβάσεις (Bowers, 2016α). Η διδασκαλία

στην τάξη απαιτεί την παροχή διαδραστικών δεξιοτήτων (Doukakis et al., 2021). Επειδή η θεωρία δεν μπορεί να καθοδηγήσει άμεσα τους δασκάλους αυτή τη στιγμή, ο Willingham ισχυρίστηκε πρόσφατα ότι οι δάσκαλοι δεν χρειάζεται να γνωρίζουν νευροεπιστήμες ή ψυχολογία. Αντίθετα, μπορούν να επικεντρωθούν στην εφαρμογή των γνώσεων τους για να διδάξουν καλύτερα τους μαθητές τους. Οι δάσκαλοι θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τα αναπτυξιακά μοτίβα των παρατηρήσεων συμπεριφοράς και τις συνέπειες στη γνώση των παιδιών, το κίνητρο και το συναίσθημα, που ισοδυναμεί με την «κατανόηση των παιδιών».



Εικόνα 4. Παράγοντες οι οποίοι είναι συνυφασμένοι σε μεγαλύτερο και σε μικρότερο βαθμό με την αλλαγή στα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως προτείνεται από τον Bronfenbrenner (1992)

(Journal of Child Psychology and Psychiatry)

3.4. Νευρομύθοι στην Εκπαίδευση

Ο όρος «νευρομύθος», που επινοήθηκε από την έκθεση του ΟΟΣΑ για την κατανόηση του εγκεφάλου (ΟΟΣΑ, 2002), υποδηλώνει την ευκολία και την ταχύτητα με την οποία τα επιστημονικά ευρήματα μπορούν να μεταφραστούν σε παραπληροφόρηση σχετικά με το τι μπορεί να προσφέρει η νευροεπιστήμη. Οι τρεις μύθοι που δέχονται τη μεγαλύτερη προσοχή στην έκθεση του ΟΟΣΑ είναι

- Η ιδέα ότι ο εγκέφαλος χωρίζεται σε ένα αριστερό και το δεξί ημισφαίριο που επεξεργάζονται τις πληροφορίες με διαφορετικό τρόπο θεωρείται συνήθως.

- Η εκπαίδευση σε ορισμένες δεξιότητες πρέπει να πραγματοποιηθεί κατά τις αντίστοιχες κρίσιμες χρονικές περιόδους. Αυτή η πεποίθηση πηγάζει από την ιδέα ότι ο εγκέφαλος γίνεται πλαστικός για συγκεκριμένες πληροφορίες κατά τη διάρκεια αυτών των χρονικών περιόδων και
- Ο συγχρονισμός των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στις στιγμές σχηματισμού συνάψεων οδηγεί στην ιδέα ότι είναι οι πιο αποτελεσματικές.

Όσον αφορά τον πρώτο νευρομύθο, πιστεύεται ότι η ιδέα ενός χωρισμένου εγκεφάλου προέρχεται από την ιδέα ότι τα δύο ημισφαίρια ειδικεύονται σε διαφορετικές δεξιότητες. Για παράδειγμα, πολλές πτυχές της γλωσσικής επεξεργασίας είναι πλευρικές στο αριστερό ημισφαίριο. Ωστόσο, ορισμένες πτυχές της αναγνώρισης προσώπου είναι πλευρικές στο δεξί ημισφαίριο. Παρά αυτή την εξειδίκευση, τα δύο ημισφαίρια εξακολουθούν να συνεργάζονται μεταξύ τους για κάθε εργασία που διερευνάται από τη νευροαπεικόνιση, ακόμη και εκείνα που αφορούν τη γλώσσα και την αναγνώριση προσώπου.

Όσον αφορά τον δεύτερο νευρομύθο, ο όρος «κρίσιμη περίοδος» αναφέρεται σε μια περίοδο κατά την οποία μια ευκαιρία για μάθηση χάνεται για πάντα. Ωστόσο, οι περισσότερες γνωστικές ικανότητες δεν μπορούν να χαθούν κατά τη διάρκεια μιας κρίσιμης περιόδου. Αντίθετα, αυτές οι περίοδοι αναφέρονται ως ευαίσθητες περίοδοι, επειδή οι περιβαλλοντικές επιρροές κατά την ανάπτυξη μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά ορισμένες λειτουργίες. Για παράδειγμα, το βάθος της όρασης και η εκμάθηση της γραμματικής επωφελούνται από την έκθεση σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα από νωρίς. Παρόλα αυτά, αυτές οι λειτουργίες εξακολουθούν να είναι δυνατές για εκμάθηση παρόλο που δεν έχετε βιώσει μια ευαίσθητη περίοδο. Είναι μάλλον καλύτερο να εκπαιδεύσουμε τα παιδιά κατά τη διάρκεια της ευαίσθητης περιόδου κατάκτησης της γλώσσας σε άλλες γλώσσες. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι οι ενήλικες δεν μπορούν να μάθουν μια ξένη γλώσσα αργότερα στη ζωή τους, απλώς μπορεί να μην μιλούν τόσο άπταιστα όσο κάποιος κατά τη διάρκεια της ευαίσθητης περιόδου τους.

Ο τρίτος νευρομύθος σχετίζεται με το ότι η πυκνότητα των συνάψεων καθορίζει τη νοημοσύνη. Ωστόσο, αυτή η πεποίθηση πιθανότατα πηγάζει από έρευνα σε αρουραίους σε εμπλουτισμένα και διεγερτικά περιβάλλοντα. Αυτές οι μελέτες διαπίστωσαν ότι οι εγκέφαλοι αυτών των αρουραίων σχημάτιζαν περισσότερες συνάψεις από ό,τι συνήθως (Greenough, Black & Wallace, 1987). Επιπλέον, οποιαδήποτε συγκεκριμένη μορφή περιβαλλοντικής διέγερσης έκανε τον εγκέφαλο ενός αρουραίου να σχηματίσει νέες

συνδέσεις. Ωστόσο, αυτά τα ευρήματα δεν σημαίνουν ότι η αυξημένη συναπτική πυκνότητα οδηγεί σε ανώτερες μαθησιακές ικανότητες.

Οι όροι «ανδρικός εγκέφαλος» και «γυναικείος εγκέφαλος» προορίζονταν να αναφέρονται σε διαφορές στο γνωστικό στυλ αντί για φυσικές διαφορές (Baron-Cohen, 2003). Αυτός είναι ένας από τους πολλούς νευρομύθους, για το νευρικό σύστημα που δεν είναι αληθινός. Ο Baron-Cohen υποστήριξε ότι οι άνδρες κατανοούν καλύτερα τα μηχανικά συστήματα και οι γυναίκες είναι καλύτερες στο να κατανοούν και να επικοινωνούν με τους άλλους. Ενώ πίστευε ότι ο ανδρικός και ο γυναικείος εγκέφαλος ήταν σημαντικά διαφορετικοί, ο Baron-Cohen αναφέρθηκε στον ανδρικό και στον γυναικείο εγκέφαλο ως ψυχολογική συντομογραφία για τα διαφορετικά γνωστικά τους προφίλ.

Κάποιοι από τους παρακάτω θεωρούνται οι πιο διαδεδομένοι νευρομύθοι, σύμφωνα με έρευνα του Paul Howard-Jones από το πανεπιστήμιο του Bristol:

- «Κάθε άνθρωπος χρησιμοποιεί μόνο το 10% των δυνατοτήτων / των νευρώνων του εγκεφάλου του».
- «Κάθε άνθρωπος μαθαίνει καλύτερα όταν λαμβάνει πληροφορίες με συγκεκριμένο τύπο ερεθισμάτων (π.χ. οπτικά, ακουστικά, κιναισθητικά) που του ταιριάζει».
- «Σύντομες συνεδρίες ασκήσεων συντονισμού μπορούν να βελτιώσουν τη συνεργασία των δύο ημισφαιρίων του εγκεφάλου. Ο συντονισμός έχει να κάνει με τη συνεργασία περιοχών του εγκεφάλου, αλλά όχι απαραίτητα των δύο ημισφαιρίων».
- «κατανάλωση ζάχαρης επιδρά αρνητικά στη συγκέντρωση των παιδιών (π.χ. στην τάξη)».
- «Αν κάποιος δεν πίνει τουλάχιστον 6-8 ποτήρια νερό την ημέρα, ο εγκέφαλός του κινδυνεύει να συρρικνωθεί».

Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν ένα σοβαρό πρόβλημα. Σε πολύ μεγάλο ποσοστό, οι καθηγητές πιστεύουν και αναπαράγουν αυτούς τους μύθους στην εκπαίδευση. Η ανάλυση των δημοφιλών πεποιθήσεων για τον εγκέφαλο διαπίστωσε ότι πολλές από αυτές στερούνται επιστημονικής υποστήριξης. Ένας από τους πιο σημαντικούς νευρομύθους είναι η ιδέα ότι οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν διδάσκονται σε μια συγκεκριμένη μέθοδο. Σύμφωνα με τους ερευνητές, αυτή η πεποίθηση ήταν ευρέως διαδεδομένη λόγω της κακής επικοινωνίας μεταξύ εκπαιδευτικών, νευροεπιστημόνων και υπευθύνων χάραξης πολιτικής. Αυτή η έλλειψη επικοινωνίας εμποδίζει την ενσωμάτωση

σχετικών πληροφοριών από νευροεπιστήμες στα σχολεία λόγω της έλλειψης κριτικής προσέγγισης σε μη επιστημονικά αποδεδειγμένες πληροφορίες για τον εγκέφαλο. Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί δείχνουν θετική στάση απέναντι στην ενημέρωση και στην κατάρτιση τους σε θέματα Νευροεπιστήμης και εκπαίδευσης, τόσο κατά τη διάρκεια των σπουδών τους, όσο και κατά τη διάρκεια που διδάσκουν στα σχολεία (Yfanti & Doukakis, 2021). Η πλαστικότητα του εγκεφάλου επιτρέπει τη λειτουργία, τη δομή και τις συνδέσεις του να αλλάζουν σύμφωνα με σύγχρονες μελέτες. Σε αυτήν την αλλαγή μπορεί να βοηθήσει η εκπαιδευτική διαδικασία με σκοπό να αποτρέψει τη δημιουργία νέων νευρομύθων και μακροπρόθεσμα να συμβάλει στην προώθηση πιο αποτελεσματικών πρακτικών στην τάξη.

3.5. Μελέτες στην Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη

Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, γνωστή και ως επιστήμη του μυαλού, του εγκεφάλου, της εκπαίδευσης, είναι ένα αναπτυσσόμενο πεδίο που επιστρά την προσοχή στις πιθανές πρακτικές επιπτώσεις της έρευνας της νευροεπιστήμης για εκπαιδευτικά πλαίσια. Αυτό το νέο πεδίο αντιπροσωπεύει τη διασταύρωση της εκπαίδευσης με τη νευροεπιστήμη και τις γνωστικές και αναπτυξιακές επιστήμες, μεταξύ άλλων τομέων, προκειμένου να αναπτυχθούν συστάσεις βασισμένες σε στοιχεία για τη διδασκαλία και τη μάθηση (Fischer et al., 2010). Στον τομέα της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, μερικές από τις πιο διάχυτες και επίμονες παρεξηγήσεις σχετικά με τη λειτουργία του εγκεφάλου και τον ρόλο του στη μάθηση ονομάζονται «νευρομύθοι» (ΟΟΣΑ, 2002).

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που συμβάλλουν στην εμφάνιση και τον πολλαπλασιασμό των νευρομύθων, κυρίως:

- 1) «διαφορές στο εκπαιδευτικό υπόβαθρο και το επαγγελματικό λεξιλόγιο της εκπαίδευσης και της νευροεπιστήμης» (Howard-Jones, 2014),
- 2) «διαφορετικά επίπεδα έρευνας που καλύπτουν τη βασική επιστήμη» (Goswami, 2006),
- 3) «η μη προσβασιμότητα της εμπειρικής έρευνας πίσω από τα paywalls που ενθαρρύνει την αυξημένη εξάρτηση από τις αναφορές των μέσων ενημέρωσης και όχι από την αρχική έρευνα» (Ansari and Coch, 2006),
- 4) «η έλλειψη οργανωμένων εκπαιδευτικών εκδηλώσεων για να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ εκπαίδευσης και νευροεπιστήμης» (Ansari και Coch, 2006·Goswami, 2006) και

- 5) «Οι άνθρωποι έλκονται από νευροεπιστημονικά βασισμένες εξηγήσεις ανεξάρτητα από τη νομιμότητά τους» (McCabe και Castel, 2008· Weisberg et al., 2008).

Πολλοί ηγέτες στον τομέα της εκπαίδευσης έχουν επισημάνει τα πιθανά οφέλη της αμφίδρομης συνεργασίας μεταξύ εκπαίδευσης και νευροεπιστήμης (Ansari and Coch, 2006· Goswami, 2006· Howard Jones, 2014), αλλά η πραγματική πρόοδος θα στηριχθεί σε μια κοινή βάση βασικών γνώσεων και στους δύο τομείς. Η διάλυση των κοινών νευρομύθων είναι ένα σημαντικό πρώτο βήμα προς την κατανόηση του εγκεφάλου. Για το σκοπό αυτό, διάφορες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό τον εντοπισμό και την ποσοτικοποίηση των πεποιθήσεων των νευρομύθων που επιμένουν στους εκπαιδευτικούς κύκλους.

Οι έρευνες δείχνουν ότι οι δάσκαλοι γενικά πιστεύουν περίπου τους μισούς νευρομύθους (Dekker et al., 2012· Simmonds, 2014). Διαπίστωσαν ότι οι δάσκαλοι πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο Ηνωμένο Βασίλειο και την Ολλανδία πίστευαν κατά μέσο όρο περίπου τους μισούς νευρομύθους. Μια άλλη μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο επιπολασμός των νευρομύθων μεταξύ των δασκάλων μπορεί να είναι υψηλός (Dekker et al., 2012).

Πολλοί επίμονοι νευρομύθοι περιλαμβάνουν την ιδέα ότι οι άνθρωποι πρέπει να ταξινομούνται είτε ως «δεξιού εγκεφάλου» ή «αριστερού εγκεφάλου». Άλλοι νευρομύθοι περιλαμβάνουν την πεποίθηση ότι οι μαθητές πρέπει να διδάσκονται με τον τρόπο μάθησης που προτιμούν (ακουστικό, οπτικό ή κιναισθητικό) και την πεποίθηση ότι οι ασκήσεις συντονισμού μπορούν να βελτιώσουν τη λειτουργικότητα των ημισφαιρίων.

Οι εκπαιδευτικοί που είχαν υψηλή εκπαίδευση σχετικά με τον εγκέφαλο ήταν επίσης πιο πιθανό να πιστεύουν στους νευρομύθους (Dekker et al, 2012). Αυτοί οι εκπαιδευτικοί μπορεί να έχουν εκτεθεί σε περισσότερη παραπληροφόρηση κατά την έρευνα του θέματος. Θα μπορούσαν επίσης να παρερμηνεύσουν πληροφορίες που σχετίζονται με τον εγκέφαλο, κάνοντάς τους να πιστεύουν πράγματα που δεν είναι αλήθεια. Παρόλα αυτά, οι εκπαιδευτικοί που πίστευαν στους νευρομύθους ήταν εξίσου πιθανό να αναζητήσουν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με το θέμα.

Το Wellcome Trust δημοσίευσε τα αποτελέσματα της μεγαλύτερης μελέτης εκπαιδευτικών μέχρι σήμερα. Πάνω από 1.200 δάσκαλοι ερωτήθηκαν και η μελέτη αυτή διεξήχθη το 2014. Η έρευνα χρησιμοποίησε μια διαδικτυακή έρευνα νευρομύθων (Simmonds, 2014). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 76% των εκπαιδευτικών που ερωτήθηκαν χρησιμοποιούν επί

του παρόντος τον μύθο των μαθησιακών στυλ στην πρακτική τους. Ο επόμενος πιο δημοφιλής μύθος ήταν η αριστερή/δεξιά εκμάθηση του εγκεφάλου, τον οποίο το 18% των δασκάλων που ερωτήθηκαν επιβεβαίωσαν ότι χρησιμοποίησαν (Simmonds, 2014). Αυτά τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι πολλοί εκπαιδευτικοί εξακολουθούν να πιστεύουν τους νευρομύθους και να τους χρησιμοποιούν στις διδακτικές τους πρακτικές.

Μια έρευνα του 2015 από τον Gleichgerricht ανέφερε σημαντικές παρανοήσεις σχετικά με τις νευροεπιστήμες μεταξύ των δασκάλων της Λατινικής Αμερικής. Επιπλέον, η έρευνα του Tardif το 2015 ανέφερε σημαντικές παρανοήσεις μεταξύ των δασκάλων γυμνασίου, των δασκάλων κολεγίων και των πρωτοετών μαθητών του δημοτικού σχολείου στο γαλλόφωνο τμήμα της Ελβετίας. Τέλος, άλλες μελέτες παρήγαγαν παρόμοια ευρήματα σε όλο τον κόσμο. Αυτές οι μελέτες αποκάλυψαν ότι τόσο οι δάσκαλοι όσο και οι μαθητές δάσκαλοι πίστευαν στην κυριαρχία του ημισφαιρίου.

Οι νευρομύθοι φαίνεται να υιοθετούνται από εκπαιδευτικούς και στην Ολλανδία, με τους δασκάλους να πιστεύουν στο 49% των νευρομύθων σε μια εθνική έρευνα σε 242 δασκάλους πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Dekker et al., 2012). Οι Rato et al. (2013) ερεύνησαν 583 Πορτογάλους δασκάλους που δίδασκαν από την προσχολική ηλικία έως το γυμνάσιο και διαπίστωσαν ότι απέτυχαν να διακρίνουν τους μύθους από τα γεγονότα, ανεξάρτητα από την περιοχή που διδάσκονταν και το επίπεδο διδασκαλίας. Το 2015 πραγματοποιήθηκαν διάφορες έρευνες που δημοσιεύθηκαν και έδωσαν παρόμοια ευρήματα από άλλα μέρη του κόσμου. Οι Tardif et al. (2015) ερεύνησαν 44 εν ενεργεία εκπαιδευτικούς γυμνασίου, 57 καθηγητές κολεγίου, 160 πρωτοετείς φοιτητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και 22 εκπαιδευτές δασκάλων στο γαλλόφωνο τμήμα της Ελβετίας και διαπίστωσε ότι τόσο οι δάσκαλοι όσο και οι μαθητές δάσκαλοι πιστεύουν στην πραγματικότητα κυριαρχία του ημισφαιρίου. Οι Karakus et al. (2015) ερεύνησαν 278 δασκάλους πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Τουρκία και ανέφερε ότι οι Τούρκοι εκπαιδευτικοί είχαν πολλές από τις παρανοήσεις του εγκεφάλου που έχουν παρατηρηθεί αλλού, για παράδειγμα το 97,1% των δασκάλων πίστευαν ότι τα άτομα Στην Ανατολική Κίνα, οι Pei et al. ρώτησαν 238 εκπαιδευτικούς σχετικά με τους νευρομύθους. Ανακάλυψαν πολλές κοινές πεποιθήσεις που μοιράζονται οι δάσκαλοι σε όλο τον κόσμο. Αυτά περιλάμβαναν τον μύθο των στυλ μάθησης, τον μύθο της χρήσης μόνο του 10% του εγκεφάλου τους και τον μύθο του δεξιού και αριστερού εγκεφάλου. Επιπρόσθετα, οι Δεληγιαννίδης και Χάουαρντ-Τζόουνς ερεύνησαν 217 εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και

δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πολλοί από αυτούς τους δασκάλους υιοθέτησαν νευρομύθους. Αυτό περιλάμβανε την πεποίθηση ότι οι διαφορές στην κυριαρχία του ημισφαιρίου θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην εξήγηση των ατομικών διαφορών μεταξύ των μαθητών. Επιπλέον, το 97% αυτών των δασκάλων πίστευε ότι η διδασκαλία του μαθησιακού στυλ ήταν αποτελεσματική. Τέλος, οι Ferrero et al. εξέτασαν 284 Ισπανούς εκπαιδευτικούς από 15 διαφορετικές περιοχές. Σχεδόν όλοι, το 91,1%, πίστευαν στον μύθο των μορφών μάθησης. Πιο πρόσφατα, οι Ching, So, Lo και Wong (2020) στο Hong Kong εξέτασαν 968 εκπαιδευτικούς για τον γραμματισμό και τις αντιλήψεις τους για την εφαρμογή της νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση με αποτέλεσμα το 97% των εκπαιδευτικών να συμφωνεί πως οι άνθρωποι επεξεργάζονται καλύτερα τις πληροφορίες όταν τους παρουσιάζονται με τον τρόπο που τους αρέσει περισσότερο.

Πέρα από τον αντίκτυπο των εμπορικών προγραμμάτων που βασίζονται στον εγκέφαλο και τους νευρομύθους, φαίνεται πιθανό ότι τα πολιτισμικά πλαίσια επηρεάζουν τους νευρομύθους που επικρατούν σε μια συγκεκριμένη χώρα. Για παράδειγμα στη Βραζιλία, οι άνθρωποι της οποίας επιδεικνύουν ιδιαίτερα υψηλή θρησκευτική συμμετοχή, μια μικρή έρευνα εκπαιδευτικών (πλήθος=42) έδειξε ότι το 43% πίστευε ότι το μυαλό ήταν το αποτέλεσμα της υπέρτατης δράσης της ψυχής στον εγκέφαλο (Bartoszeck & Bartoszeck, 2012). Η Ελλάδα έχει υψηλότερο επίπεδο θρησκευτικών πεποιθήσεων από άλλες ευρωπαϊκές χώρες (Hirschon, 2009). Ως εκ τούτου, περιμέναμε οι δάσκαλοι στη μελέτη μας να πιστεύουν ότι η σύνδεση μυαλού-εγκεφάλου έχει μια θρησκευτική πτυχή. Με επιστημονικούς και φιλοσοφικούς όρους, η κατανόησή μας για το πώς σχετίζεται το μυαλό με τον εγκέφαλο σχετίζεται στενά με άλλες έννοιες όπως η ελεύθερη βούληση και η ευελιξία των νευρικών και γνωστικών μας ικανοτήτων. Είναι πιθανό ότι οι πεποιθήσεις για τους νευρομύθους στην Ελλάδα προέρχονται από το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό πλαίσιο της χώρας. Αυτό είναι ένα σημαντικό πρώτο βήμα προς την αξιοποίηση της γνώσης της νευροεπιστήμης στα ελληνικά σχολεία. Οι έρευνες δείχνουν ότι η κουλτούρα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την κατανόηση του εγκεφάλου των δασκάλων και η περαιτέρω κατανόηση αυτών των πολιτισμικών παραγόντων θα ήταν χρήσιμη για μελλοντική έρευνα.

4. Μαθηματικά και Νευροεκπαίδευση

4.1. Τι είναι τα Μαθηματικά;

Τα μόνα μαθηματικά που μπορούν να κατανοήσουν οι άνθρωποι βασίζονται στον εγκέφαλό τους και τις νοητικές τους ικανότητες. Αυτό το γεγονός έχει μια σημαντική συνέπεια: τα μαθηματικά όπως τα ξέρουμε είναι περιορισμένα και δομημένα από ανθρώπινους εγκεφάλους. Δημιουργήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν από ανθρώπους. Συγκεκριμένα, μαθηματικούς, επιστήμονες υπολογιστών, οικονομολόγους και φυσικούς. Ο άνθρωπος εγκέφαλος και το σώμα εξελίχθηκαν μαζί. Αυτός είναι ο λόγος που λειτουργούν καλύτερα όταν και οι δύο είναι υγιείς. Δεδομένου ότι η ουσιαστική γνώση για τον εγκέφαλο και τις λειτουργίες του έχει αποκτηθεί από τη γνωστική επιστήμη και τη νευροεπιστήμη, είναι πλέον γνωστό ότι ο εγκέφαλος δεν είναι μια συσκευή γενικού σκοπού. Αντίθετα, το μεγαλύτερο μέρος του εγκεφάλου είναι αφιερωμένο στην όραση, τη χωρική κατανόηση, την κίνηση, τον συναισθηματικό έλεγχο, τη γλώσσα, το συντονισμό και τη διαπροσωπική αλληλεπίδραση. Τα μαθηματικά θεωρούνται ως η επιτομή της ακρίβειας, που εκδηλώνεται με τη χρήση συμβόλων στους υπολογισμούς και στις επίσημες αποδείξεις. Οι ιδέες πίσω από τις μαθηματικές έννοιες είναι αυτές που συνθέτουν το πνευματικό περιεχόμενο του θέματος. Αντί για σύμβολα, είναι αυτές οι ιδέες που βρίσκονται στην ουσία των μαθηματικών. Αλλά τα μαθηματικά από μόνα τους δεν μελετούν και δεν μπορούν να μελετήσουν εμπειρικά τον άνθρωπο, η ανθρώπινη γνώση απλά δεν είναι το αντικείμενό τους. Εναπόκειται στη γνωστική επιστήμη και τις νευροεπιστήμες να κάνουν αυτό που τα ίδια τα μαθηματικά δεν μπορούν να κάνουν δηλαδή, να εφαρμόσουν την επιστήμη του νου στις ανθρώπινες μαθηματικές ιδέες (Nunez & Lakoff, 2000).

Τα μαθηματικά είναι μια από τις πιο όμορφες προσπάθειες της φαντασίας που έχουν εμπλακεί ποτέ τα ανθρώπινα όντα. Ωστόσο, πολλές από τις ομορφιές ήταν απρόσιτες στους μη μαθηματικούς, επειδή το μεγαλύτερο μέρος της γνωστικής δομής των μαθηματικών δεν περιγράφεται. Οι Lakoff και Nunez, στο βιβλίο τους «Where Mathematics Comes From» πιστεύουν ότι η γνωστική επιστήμη μπορεί, σε πολλές περιπτώσεις, να διαλύσει τα παράδοξα και να αποκαλύψει με πλήρη σαφήνεια το μεγαλείο αυτών των ιδεών. Για να γίνει αυτό, πρέπει να αποκαλύψει πώς τα μαθηματικά βασίζονται στην ενσωματωμένη εμπειρία και πώς οι εννοιολογικές μεταφορές δομούν τις μαθηματικές ιδέες (Lakoff & Nunez, 2000).

Το μόνο είδος μαθηματικών που γνωρίζουν οι άνθρωποι είναι τα ανθρώπινα μαθηματικά. Δεν μπορεί να θεωρηθεί υποείδος μαθηματικών ανώτερου επιπέδου που είναι αφηρημένο ή υπερβατικό. Αντίθετα, φαίνεται ότι τα ανθρώπινα μαθηματικά είναι αποτέλεσμα της φύσης του εγκεφάλου και του σώματός μας.

Τα τελευταία χρόνια σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στην κατανόηση των μαθηματικών μέσω της προόδου στον τομέα της γνωστικής επιστήμης. Οι πιο βαθιές από αυτές τις νέες ιδέες είναι οι ακόλουθες:

1. *Η ενσάρκωση του νοῦ.* Η φύση του σώματος, του εγκεφάλου μας και η καθημερινή ζωή στον κόσμο διαμορφώνουν την ανθρώπινη λογική και έννοιες. Αυτό περιλαμβάνει επίσης μαθηματικές έννοιες και τον μαθηματικό λόγο.
2. *Το γνωστικό ασυνείδητο.* Τα μαθηματικά και άλλες σκέψεις χαμηλού επιπέδου επεξεργάζονται ασυνείδητα. Αυτό σημαίνει ότι οι περισσότεροι άνθρωποι δεν μπορούν να δουν τις δικές τους διαδικασίες σκέψης ή συστήματα πεποιθήσεων. Ωστόσο, οι άνθρωποι μπορούν να παρατηρήσουν τις υψηλού επιπέδου σκέψεις τους, οι οποίες επεξεργάζονται συνειδητά.
3. *Μεταφορική σκέψη.* Οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τις αφηρημένες έννοιες μέσω των αισθήσεων και της φυσικής τους κατανόησης. Χρησιμοποιούν επίσης εννοιολογική μεταφορά για να συσχετίσουν αφηρημένες ιδέες με συγκεκριμένους όρους. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι κατανοούν τους αριθμούς ως σημεία σε μια γραμμή μέσω της μεταφοράς που χρησιμοποιείται στη μαθηματική σκέψη.

Μιλώντας για τα μαθηματικά, δεν μπορούμε να αγνοήσουμε ότι είναι ένα αντικείμενο που πρέπει να εξεταστεί στο ιστορικό πλαίσιο στο οποίο δημιουργήθηκε. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο κλάδος των μαθηματικών, εκτός από ένα σύνολο θεωρημάτων και αξιωμάτων, απαιτεί μια προοδευτική προοπτική στην οποία τα μαθηματικά έχουν αλλάξει με την πολιτιστική ανάπτυξη εδώ και έναν αιώνα και συμβαδίζουν με την πορεία της ιστορικής πραγματικότητας.

4.2. Μαθηματικά και Νόηση

Η Νόηση και τα Μαθηματικά είναι έννοιες στενά συνδεδεμένες. Από τα αρχαία χρόνια, η μέτρηση της νοημοσύνης είναι συνυφασμένη με τη μαθηματική ικανότητα. Το μυαλό ταξινομεί, συνδυάζει, αποθηκεύει, επεξεργάζεται και εξάγει πληροφορίες. Επίσης,

συνδυάζει, επεξεργάζεται και αποθηκεύει μηνύματα, εικόνες και ιδέες. Οι διαδικασίες αυτές είναι άμεσα συνδεδεμένες με την αριθμητική και τα Μαθηματικά.

Πώς όμως κατανοεί ο εγκέφαλος τα μαθηματικά ; Ποια είναι η φύση της μαθηματικής διαίσθησης; Παρά τη στενή σχέση μεταξύ των μαθηματικών και της επιστήμης, ούτε ο εγκέφαλος ούτε η συσχέτιση μεταξύ των δύο θεμάτων έχουν καθοριστεί με σαφήνεια. Πρόσφατες μελέτες έχουν επεκτείνει τα δίκτυα του εγκεφάλου που υποστηρίζουν τη μαθηματική επεξεργασία. Πρώτον, το οπτικοχωρικό δίκτυο περιλαμβάνει τυπικά τη μεσαία μετωπιαία έλικα και τον κατώτερο βρεγματικό λοβό. Το οπτικοχωρικό δίκτυο υποστηρίζει την ικανότητα χειρισμού νοητικών αναπαραστάσεων και σχέσεων αφηρημένων συμβόλων. Δεύτερον, το σημασιολογικό δίκτυο περιλαμβάνει τυπικά τη μέση κροταφική έλικα, τη γωνιακή έλικα, την κατώτερη μετωπιαία έλικα και τον ραχιαίο προμετωπιαίο φλοιό, όπως αποκαλύπτεται μετά από αναλύσεις στη σημασιολογική επεξεργασία που βασίζεται στη γλώσσα και έχει βρεθεί στις μαθηματικές αρχές και στην επίλυση μαθηματικών προβλημάτων. Το σημασιολογικό δίκτυο υποστηρίζει την κατανόηση, την επιλογή και την εφαρμογή της μαθηματικής εννοιολογικής γνώσης. Αυτά τα αποτελέσματα μας δίνουν μια ιδέα για το πώς ο εγκέφαλος επιτυγχάνει τη μαθηματική επεξεργασία. Τα μαθηματικά αντικατοπτρίζουν συνήθως την αριθμητική συσχέτιση που βρίσκεται κάτω από τον κόσμο της επιστήμης. Πολλές μελέτες έχουν αφιερωθεί στη διερεύνηση του εγκεφαλικού μηχανισμού της μαθηματικής επεξεργασίας και λίγες μελέτες έχουν διεξαχθεί σχετικά με τον μηχανισμό του εγκεφάλου σε σχέση με την επιστημονική επεξεργασία (π.χ. φυσική, χημεία), που είναι επίσης ένα θεμελιώδες σύστημα γνώσης στην ανθρώπινη ζωή. Πρόσφατη έρευνα εξέτασε το επίπεδο νευρικής ενεργοποίησης, το μοτίβο νευρικής ενεργοποίησης και τη νευρική συνδεσιμότητα για να διερευνήσει τις νευρικές συσχετίσεις μεταξύ των μαθηματικών και της επιστήμης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθηματικές αρχές προκάλεσαν παρόμοιο επίπεδο νευρικής ενεργοποίησης και μοτίβο νευρικής ενεργοποίησης στο οπτικοχωρικό δίκτυο (κυρίως στη μέση μετωπιαία έλικα και στον κάτω βρεγματικό λοβό), τα οποία ήταν διαφορετικά από αυτά που προκύπτουν από την κατανόηση προτάσεων. Οι μαθηματικές αρχές προκάλεσαν επίσης παρόμοιο επίπεδο νευρικής ενεργοποίησης και μοτίβο νευρικής ενεργοποίησης στο σημασιολογικό δίκτυο (κυρίως στη μέση κροταφική έλικα, στη γωνιακή έλικα, στην κάτω μετωπιαία έλικα και στον ραχιαίο προμετωπιαίο φλοιό), σε αντίθεση με αυτό που προκύπτει από τον αριθμητικό υπολογισμό. Οι αποτελεσματικές αναλύσεις συνδεσιμότητας έδειξαν ισχυρότερη

συνδεσιμότητα μεταξύ της μέσης κροταφικής έλικας και του κατώτερου βρεγματικού λοβού για μαθηματικές αρχές παρά για την κατανόηση προτάσεων. Τόσο τα μαθηματικά όσο και η επιστήμη απαιτούν κατανόηση τόσο μέσω του οπτικού χώρου όσο και του νοήματος. Συγκριτικά, και τα δύο απαιτούν περισσότερη ενεργοποίηση από το σημασιολογικό δίκτυο παρά αριθμητικούς υπολογισμούς. Κατά την επεξεργασία μαθηματικών ή επιστημονικών εννοιών, ενεργοποιείται το σημασιολογικό δίκτυο.

Η έρευνα καταλήγει ομόφωνα στην παρόμοια οργάνωση του εγκεφάλου των μαθηματικών και της επιστήμης. Σε σύγκριση με τη γλωσσική επεξεργασία, το οπτικοχωρικό δίκτυο ενεργοποιήθηκε όταν εκτελούσε επιστημονικές ή μαθηματικές εργασίες. Επιπλέον, το σημασιολογικό δίκτυο ενεργοποιήθηκε κατά την εκτέλεση μαθηματικών ή επιστημονικών εργασιών. Ωστόσο, δεν ενεργοποιήθηκε κατά την εκτέλεση αριθμητικών εργασιών. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι τόσο τα οπτικοχωρικά όσο και τα σημασιολογικά δίκτυα υποστηρίζουν επιστημονικές και μαθηματικές εργασίες λόγω της χρήσης αφηρημένων συμβόλων, σχέσεων και κατανόησης της επιστήμης και των μαθηματικών με σημασιολογική έννοια. Η αποτελεσματική ανάλυση συνδεσιμότητας έδειξε ότι τα δύο δίκτυα μπορούν να αλληλοεπιδράσουν πιο έντονα με τις αρχές επεξεργασίας παρά με την επεξεργασία γλώσσας. Η μελέτη τόσο των μαθηματικών όσο και των φυσικών επιστημών μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη κατανόηση και των δύο θεμάτων. Αυτές οι μελέτες δείχνουν ότι και τα δύο πεδία γνώσης χρησιμοποιούν παρόμοια μοτίβα στον εγκέφαλο όταν εφαρμόζονται. Με την ενσωμάτωση της επιστήμης με τα μαθηματικά στα προγράμματα σπουδών, οι μαθητές θα εκτεθούν σε πιο συγκεκριμένες έννοιες. Από την άλλη πλευρά, τα μαθηματικά μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να πλαισιώσουν ερωτήσεις σε διαφορετικά πλαίσια, όπως η χημεία ή η βιολογία, και να προωθήσουν την αφηρημένη σκέψη. Επιπλέον, η ανάμειξη της επιστήμης και των μαθηματικών θα μπορούσε να οδηγήσει τους μαθητές σε πλουσιότερη κατανόηση και των δύο θεμάτων. Είναι σημαντικό για τους μαθητές να μάθουν μαθηματικά και φυσικές επιστήμες. Η εκμάθηση αυτών των θεμάτων δίνει στους μαθητές βασικές ικανότητες και παίζει μεγάλο ρόλο στην ανάπτυξη των χωρών. Μέθοδοι όπως η μάθηση βάσει έργου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενσωμάτωση της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά (Thibaut, 2018). Αυτές οι μέθοδοι περιλαμβάνουν μάθηση βάσει διερεύνησης, συνεργατική μάθηση και προκλήσεις σχεδιασμού μηχανικής.

4.3. Μαθηματικά και Νευροεκπαίδευση

Για τα μαθηματικά, η γνωστική νευροεπιστήμη αρχίζει να υπερβαίνει τα υπάρχοντα γνωστικά μοντέλα. Πολλαπλά συστήματα στον εγκέφαλο χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση αριθμών, αν και ορισμένοι πιστεύουν ότι υπάρχουν ακόμη περισσότερα από ένα συστήματα. Ένα φυλογενετικά παλιό σύστημα «αίσθησης αριθμών», που βρίσκεται σε ζώα και βρέφη καθώς και σε μεγαλύτερους συμμετέχοντες, φαίνεται να υποστηρίζει τη γνώση σχετικά με τους αριθμούς και τις σχέσεις τους (Dehaene, Dehaene-Lambertz & Cohen, 1998). Το σύστημα που βρίσκεται και στις δύο πλευρές της ενδοβρεγματικής αύλακας ενεργοποιείται όταν οι άνθρωποι εκτελούν εργασίες όπως η σύγκριση αριθμών. Αυτό το σύστημα ενεργοποιείται είτε η σύγκριση περιλαμβάνει αραβικούς αριθμούς, σύνολα κουκκίδων ή αριθμητικές λέξεις.

Η μελέτη των αναπτυξιακών σταδίων αποκαλύπτει ότι τα παιδιά χρησιμοποιούν τα ίδια μέρη των βρεγματικών περιοχών τους για να ολοκληρώσουν εργασίες σύγκρισης αριθμών (Temple & Posner, 1998). Αυτό αποδεικνύει ότι ένα διαφορετικό είδος αριθμητικής γνώσης στεγάζεται στο γλωσσικό σύστημα (Dehaene, 1999). Αυτό το νευρικό σύστημα αποθηκεύει επίσης γνώσεις σχετικά με την ποίηση και τις λεκτικές αλληλουχίες που έχουν μάθει πολύ καλά, όπως οι μήνες του έτους. Μαθηματικά, στηρίζει τη μέτρηση και τις γνώσεις που αποκτήθηκαν περιληπτικά, όπως οι πίνακες πολλαπλασιασμού. Αυτό το γλωσσικό σύστημα φαίνεται να αποθηκεύει «αριθμητικά γεγονότα» αντί να υπολογίζει υπολογισμούς. Ο πιο περίπλοκος υπολογισμός φαίνεται να περιλαμβάνει οπτικοχωρικές περιοχές (Zago, 2001), πιθανώς επιβεβαιώνοντας τη σημασία της οπτικής νοητικής απεικόνισης σε πολυψήφια λειτουργίες. Τέλος, ο υπολογισμός και η μέτρηση των δακτύλων ενεργοποιούν την ίδια ευδιάκριτη περιοχή της βρεγματικής-προκινητικής περιοχής. Αυτή η τελευταία παρατήρηση μπορεί να υποδηλώνει ότι οι νευρικές περιοχές που ενεργοποιούνται κατά την καταμέτρηση των δακτύλων υποστηρίζει τελικά εν μέρει τις δεξιότητες αριθμητικής χειραγώγησης στους ενήλικες. Το μέτρημα των δακτύλων στο σχολείο θα μπορούσε να έχει σημαντικά οφέλη για τον εγκέφαλο, γεγονός που το καθιστά χρήσιμο.

Χρησιμοποιώντας τεχνικές νευροαπεικόνισης, μπορεί κανείς να ανακαλύψει τη ρίζα της δυσαριθμησίας στα παιδιά. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των λόγων πίσω από τις σχετικές μαθηματικές δυσκολίες σε παιδιά με δυσλεξία. Ορισμένα δυσλεξικά παιδιά έχει παρατηρηθεί ότι έχουν επιπλέον μαθηματικές δυσκολίες. Εάν η δυσλεξία βασίζεται φωνολογικά, είναι πιθανό ότι το λεκτικό σύστημα που

κρύβει τα μαθηματικά και τους υπολογισμούς, καθώς και η μέτρηση, επηρεάζεται σε αυτά τα παιδιά. Τα δυσλεξικά παιδιά χωρίς μαθηματικές δυσκολίες μπορεί να εμφανίσουν διαφορετικά συμπτώματα αναπηρίας. Μελέτες έχουν δείξει ότι αυτά τα παιδιά μπορεί να έχουν ανωμαλίες στα νευρωνικά τους συστήματα ενεργοποίησης. Αυτές οι μελέτες έδειξαν επίσης ότι τα παιδιά με δυσλεξία και μαθηματικές δυσκολίες μπορεί να έχουν παρόμοιες ανωμαλίες. Αυτό υποδηλώνει μια σύνδεση μεταξύ της δυσλεξίας και των μαθηματικών δυσκολιών και μπορεί να προσφέρει μια εικόνα για εξατομικευμένα διορθωτικά μαθήματα.

4.4. Μαθηματική Εκπαίδευση και η Σημασία της

Παρά το μεγάλο ενδιαφέρον που δίνεται στην μαθηματική εκπαίδευση, τα προβλήματα που εμφανίζονται σε αυτήν είναι αρκετά. Η διαστρωμάτωση και η διαίρεση της μαθηματικής εκπαίδευσης, από το νηπιαγωγείο έως το μεταπτυχιακό, είναι μια σημαντική πηγή προβλημάτων και ένα σημαντικό εμπόδιο για την επίλυσή τους. Πολλές φορές η επικοινωνία μεταξύ εκπαιδευτικών διαφορετικών βαθμίδων είναι ανεπαρκής.

Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής πρέπει κατανοούν τη φύση των μαθηματικών ή των μαθηματικών μαθηματικής εκπαίδευσης. Οι αλλαγές που εφαρμόζονται σε διαφορετικά σχολικά συστήματα θα πρέπει να ευθυγραμμίζονται. Αυτό που χρειαζόμαστε είναι η καλύτερη κατανόηση των προβλημάτων, όχι απλώς η αναγνώριση ότι υπάρχουν και ότι είναι σημαντικά.

Ένα χαρακτηριστικό των μαθηματικών που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στην εκπαίδευση είναι η έκταση τους, δηλαδή ο βαθμός στον οποίο οι έννοιες οικοδομούνται σε προηγούμενες έννοιες. Ο συλλογισμός στα μαθηματικά μπορεί να είναι πολύ σαφής και βέβαιος, και, μόλις θεμελιωθεί μια αρχή, μπορεί να βασιστεί σε αυτήν. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατό να κατασκευαστούν εννοιολογικές δομές που είναι ταυτόχρονα πολύ αξιόπιστες και εξαιρετικά ισχυρές.

Γιατί λοιπόν είναι σημαντική η μαθηματική εκπαίδευση ;

- *Τα μαθηματικά στη ζωή.*

Πρώτον, τα μαθηματικά είναι βασικό εργαλείο της καθημερινής ζωής. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τα μαθηματικά σχεδόν σε κάθε πτυχή της ζωής τους. Δεύτερον, τα μαθηματικά είναι ένα εργαλείο που απαιτείται για πολλές θέσεις εργασίας στην υποδομή της ολόενα και πιο περίπλοκης και τεχνολογικής κοινωνίας μας. Αυτές οι χρήσεις είναι διάχυτες και ποικίλες. Τρίτον, τα μαθηματικά χρησιμοποιούνται

εντατικά στους περισσότερους κλάδους της επιστήμης. Μεγάλο μέρος της θεωρητικής επιστήμης είναι πραγματικά τα μαθηματικά. Τα στατιστικά αποτελέσματα είναι μια από τις πιο κοινές χρήσεις των μαθηματικών.

- ο *Τα μαθηματικά είναι ζωντανά.*

Τα μαθηματικά έχουν μια αξιοσημείωτη ομορφιά, δύναμη και συνοχή, περισσότερο από όσο θα μπορούσε να φανταστεί κάποιος. Το να κάνουμε μαθηματικά έχει την αίσθηση της φανταστικής εφεύρεσης, αλλά είναι πραγματικά μια διαδικασία όξυνσης της αντίληψής μας, ώστε να ανακαλύπτουμε μοτίβα που υπάρχουν παντού. Στην περίφημη Απολογία του για τα μαθηματικά, ο Γ.Χ. Χάρντι επαίνεσε τη θεωρία των αριθμών για την καθαρότητά της, την αφαιρετική της ικανότητα και την αυτονόητη αδυναμία να τη χρησιμοποιήσει ποτέ στην πράξη. Τώρα αυτό ακριβώς το θέμα εφαρμόζεται ευρέως, ιδιαίτερα για την κωδικοποίηση και την αποκωδικοποίηση επικοινωνιών.

Είναι σημαντικό στη διδασκαλία των μαθηματικών να εργαστούμε σκληρά για να ξεπεράσουμε τα εμπόδια και να ξεφύγουμε αρκετά ώστε να δίνουμε στους μαθητές την ευκαιρία να επιλύσουν τα προβλήματα μόνοι τους. Το να μοιραστούμε την απόλαυση και την πνευματική εμπειρία των μαθηματικών για να πετάξουμε εκεί που πριν περπατούσαμε, αυτός είναι ο στόχος μιας μαθηματικής εκπαίδευσης (Thurston, 1990).

5. Ερευνητική Διαδικασία

5.1. Στόχοι και Ερευνητικές Υποθέσεις

Λόγω της επικράτησης των νευρομύθων στην εκπαίδευση, έχει γίνει προσπάθεια για μεγαλύτερη επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών στις νευροεπιστήμες. Ωστόσο, η νευροεπιστήμη σπάνια εμφανίζεται στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών. Αυτή η μελέτη διερεύνησε τον γραμματισμό και τις αντιλήψεις για τις νευροεπιστήμες στην εκπαίδευση μεταξύ των εκπαιδευτικών προκειμένου να ενημερώσει τη μελλοντική ανάπτυξη της αρχικής εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών.

Πρώτος στόχος αυτής της μελέτης είναι να καλύψει εν μέρει το ερευνητικό κενό διερευνώντας τον γραμματισμό στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ενός δείγματος φοιτητών και εκπαιδευτικών μαθηματικών σε όλη την Ελλάδα και τις αντιλήψεις τους για την νευροεπιστήμη στην εκπαίδευση.

Δεύτερος στόχος αυτής της μελέτης είναι να συμβάλει στο ερευνητικό κενό με τον εντοπισμό των παραγόντων που επηρεάζουν τον γραμματισμό στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη και τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τις νευροεπιστήμες στην εκπαίδευση.

5.2. Ερευνητική Μέθοδος

Αυτή η έρευνα περιλαμβάνει μια ποσοτική προσέγγιση προκειμένου να διερευνηθούν στοιχεία και μεταβλητές παρέχοντας ταυτόχρονα συγκεκριμένες και ακριβείς πληροφορίες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ποιοτική έρευνα έχει περισσότερο ερμηνευτικό χαρακτήρα και επικεντρώνεται στην κατανόηση γιατί συμβαίνει ένα φαινόμενο χωρίς να ελέγχονται οι υποθέσεις του, σε αντίθεση με την ποσοτική έρευνα.

5.3. Συμμετέχοντες – Δείγμα Έρευνας

Το δείγμα της παρούσας έρευνας απαρτίζεται από 121 συμμετέχοντες με το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετεχόντων να αποτελείται από άνδρες (Εικόνα 5).

Statistics

ΗΛΙΚΙΑ		
N	Valid	121
	Missing	0
Mean		44,73
Median		43,00
Std. Deviation		10,486
Range		55
Minimum		20
Maximum		75

Εικόνα 5. Συμμετέχοντες/Συμμετέχουσες

Το ηλικιακό εύρος του δείγματος ήταν ηλικίας από 20 έως 75 ετών, με μέση τιμή τα 44,73 έτη και τυπική απόκλιση 10,48 (Πίνακας 2). Η χορήγηση του εργαλείου της έρευνας είχε χρονική διάρκεια περίπου 2 μήνες.

Πίνακας 2. Ομαδοποίηση ηλικιών

Ηλικιακή Ομάδα	Κεντρική Τιμή	Συχνότητα	Ποσοστό
[20,35)	27,5	16	13,2
[35,50)	42,5	64	52,8
[50,65)	57,5	37	30,6
[65,80)	72,5	4	3,4
Σύνολο	-	121	100

Πίνακας 3. Φύλο συμμετεχόντων/-ουσών

ΔΕΙΓΜΑ		
ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΕΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ
Άνδρες	69	57%
Γυναίκες	51	42,2%
Δεν επιθυμώ να απαντήσω	1	0,8%
Σύνολο	121	100%

5.4. Εργαλείο Έρευνας

Ως εργαλείο έρευνας χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο 59 ερωτήσεων. Η έρευνα περιέχει τέσσερις κύριες ενότητες που σχετίζονται με τον γραμματισμό στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη και τις αντιλήψεις για τη νευροεπιστήμη στην εκπαίδευση: γενικές γνώσεις

του εγκεφάλου (19 ερωτήσεις), νευρομύθοι (18 ερωτήσεις), αντιλήψεις για τη σημασία της κατανόησης των λειτουργιών του εγκεφάλου στην εκπαίδευση (8 ερωτήσεις) και αντιλήψεις για τη σημασία των διαφορετικών θεμάτων στην εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση (14 ερωτήσεις). Εκτός από τη συλλογή δεδομένων για την ηλικία, το φύλο και τα έτη υπηρεσίας των εκπαιδευτικών, η έρευνα συγκέντρωσε πληροφορίες για το μορφωτικό τους υπόβαθρο, τις αναγνωστικές τους συνήθειες και τις προτιμήσεις τηλεθέασης. Οι επιλογές απάντησης για τις ενότητες που αξιολογούν το γραμματισμό ήταν «συμφωνώ», «διαφωνώ» και «δε γνωρίζω», ενώ η ενότητα αξιολόγησης αντιλήψεων χρησιμοποίησε μια κλίμακα Likert έξι βαθμών (1 = καθόλου σημαντικό, 2 = λίγο σημαντικό, 3 = αρκετά σημαντικό, 4 = σημαντικό, 5 = πολύ σημαντικό και 6 = εξαιρετικά σημαντικό). Τα δεδομένα της έρευνας συλλέχθηκαν μέσω Διαδικτύου. Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είχε χρονική διάρκεια περίπου τα 15 λεπτά.

Η περιγραφική στατιστική χρησιμοποιήθηκε για να παρέχει μια επισκόπηση του γραμματισμού στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη των εκπαιδευτικών και των αντιλήψεών τους για τις νευροεπιστήμες στην εκπαίδευση. Στην Εικόνα 6, παρουσιάζονται οι γενικές γνώσεις για τον εγκέφαλο και στην Εικόνα 7 οι αντίστοιχες τιμές για τους νευρομύθους.

Γενικές Γνώσεις του Εγκεφάλου

	N Valid	Mean	Median	Std. Deviation	Variance
Ερώτηση1	121	,38	,00	,698	,488
Ερώτηση2	121	,18	,00	,532	,283
Ερώτηση3	121	,47	,00	,607	,368
Ερώτηση4	121	,15	,00	,401	,161
Ερώτηση5	121	,22	,00	,491	,241
Ερώτηση6	121	,39	,00	,663	,440
Ερώτηση7	121	,81	1,00	,623	,389
Ερώτηση8	121	,82	1,00	,847	,717
Ερώτηση9	121	,91	,00	,966	,933
Ερώτηση10	121	1,12	1,00	,702	,493
Ερώτηση11	121	1,03	1,00	,314	,099
Ερώτηση12	121	1,17	1,00	,441	,195
Ερώτηση13	121	,59	,00	,782	,611
Ερώτηση14	121	1,07	1,00	,739	,546
Ερώτηση15	121	,16	,00	,466	,217
Ερώτηση16	121	,50	,00	,621	,385
Ερώτηση17	121	1,14	1,00	,505	,255
Ερώτηση18	121	,99	1,00	,303	,092
Ερώτηση19	121	1,09	2,00	,957	,917

Εικόνα 6. Γενικές γνώσεις για τον εγκέφαλο

Νευρομύθοι

	N Valid	Mean	Median	Std. Deviation	Variance
Ερώτηση1	121	1,01	1,00	,890	,792
Ερώτηση2	121	1,35	1,00	,642	,412
Ερώτηση3	121	,25	,00	,636	,405
Ερώτηση4	121	1,22	1,00	,811	,658
Ερώτηση5	121	,10	,00	,436	,190
Ερώτηση6	121	,19	,00	,488	,239
Ερώτηση7	121	1,06	1,00	,942	,888
Ερώτηση8	121	,87	,00	,939	,882
Ερώτηση9	121	1,12	1,00	,509	,260
Ερώτηση10	121	,62	,00	,878	,771
Ερώτηση11	121	,81	,00	,897	,805
Ερώτηση12	121	,28	,00	,661	,437
Ερώτηση13	121	,41	,00	,792	,628
Ερώτηση14	121	,82	,00	,949	,900
Ερώτηση15	121	1,03	1,00	,966	,932
Ερώτηση16	121	1,50	2,00	,647	,419
Ερώτηση17	121	,31	,00	,684	,467
Ερώτηση18	121	1,04	1,00	,860	,740

Εικόνα 7. Τι πιστεύουν για τους νευρομύθους

5.5. Διαδικασία

Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς που διδάσκουν μαθηματικά και σε φοιτητές μαθηματικών. Μετά τη συλλογή των ερωτηματολογίων, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση και επεξεργασία των πληροφοριών που συλλέχθηκαν. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό εργαλείο SPSS εκδ.28 (Statistical Package for Social Sciences). Το συγκεκριμένο εργαλείο έρευνας χαρακτηρίζεται ως ένα από τα ευέλικτα, εύχρηστα και δημοφιλή στατιστικά πακέτα για την ανάλυση ποσοτικών δεδομένων.

6. Στατιστικά Αποτελέσματα

6.1. Γενικές Γνώσεις του Εγκεφάλου

Ο Πίνακας 4 δείχνει τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών για κάθε στοιχείο γενικής γνώσης του εγκεφάλου. Από τις 19 ερωτήσεις, οι 14 έλαβαν σωστές απαντήσεις σε ποσοστό πάνω από 50% και 10 ερωτήσεις έλαβαν σωστές απαντήσεις σε ποσοστό πάνω από 70%. Η πιο κοινή παρανόηση για τον εγκέφαλο αφορούσε τη μάθηση σε σχέση με τη δημιουργία νέων συνάψεων στον εγκέφαλο. Σχεδόν το 78% των εκπαιδευτικών θεωρούν ότι η μάθηση οφείλεται στη δημιουργία νέων συνάψεων στον εγκέφαλο. Μια άλλη κοινή παρανόηση για τον εγκέφαλο αφορά την αποθήκευση μνήμης. Σχεδόν το 47% των εκπαιδευτικών πιστεύουν πως η μνήμη αποθηκεύεται στον εγκέφαλο όπως αποθηκεύονται οι πληροφορίες σε έναν υπολογιστή. Τέλος, σχεδόν το 50% των εκπαιδευτικών δε γνωρίζει αν ο όγκος του αίματος στον εγκέφαλο αυξάνεται με την σωματική άσκηση. Το 26% των εκπαιδευτικών συνολικά απάντησε λάθος στις ερωτήσεις γενικής γνώσης του εγκεφάλου.

Πίνακας 4. Γενικές Γνώσεις για τον εγκέφαλο

Ερώτηση	Σωστή Απάντηση	Συμφωνώ (%)	Διαφωνώ (%)	Δε γνωρίζω (%)
1. Χρησιμοποιούμε τον εγκέφαλο μας 24 ώρες την ημέρα.	Συμφωνώ	74,4	13,2	12,4
2. Το περιβάλλον ενός ατόμου μπορεί να επηρεάσει βιολογικούς παράγοντες (π.χ. παραγωγή ορμονών) και, με τη σειρά τους, την προσωπικότητα.	Συμφωνώ	88,4	5	6,6
3. Για να κατακτήσει κάποιος/α μια έννοια, είναι απαραίτητο να την εφαρμόσει.	Συμφωνώ	58,7	35,5	5,8
4. Η μάθηση συντελείται μέσω της ενεργοποίησης συνάψεων στον εγκέφαλο.	Συμφωνώ	86,8	1,6	11,6
5. Η απόδοση σε μια δραστηριότητα βελτιώνεται ως συνάρτηση των ωρών	Συμφωνώ	81	15,7	3,3

Ερώτηση	Σωστή Απάντηση	Συμφωνώ (%)	Διαφωνώ (%)	Δε γνωρίζω (%)
που αφιερώνονται στην εξάσκηση.				
6. Βιώνουμε την ευτυχία, το θυμό και το φόβο με τον εγκέφαλο, όχι με την καρδιά.	Συμφωνώ	71,1	19	9,9
7. Οι βιολογικοί παράγοντες (π.χ. ορμόνες) επηρεάζουν την εσωτερική κατάσταση του σώματος και όχι την προσωπικότητα του ατόμου.	Διαφωνώ	30,5	57,9	11,6
8. Το αποτέλεσμα της μάθησης αποθηκεύεται στον εγκέφαλο όπως σε έναν υπολογιστή. Δηλαδή, κάθε αποτέλεσμα καταλαμβάνει ένα ελάχιστο μικρό χώρο στον εγκέφαλο.	Διαφωνώ	46,3	25,6	28,1
9. Το αποτέλεσμα της μάθησης αποθηκεύεται σε νευρωνικά δίκτυα που κατανέμονται σε ολόκληρο τον εγκέφαλο.	Συμφωνώ	51,2	42,1	6,7
10. Η διατήρηση ενός τηλεφωνικού αριθμού στη μνήμη μέχρι την κλήση καθώς και η ανάκληση πρόσφατων γεγονότων και μακρινών εμπειριών χρησιμοποιούν το ίδιο σύστημα μνήμης.	Διαφωνώ	19	41,3	39,7
11. Σε κατάσταση ύπνου, η λειτουργία του εγκεφάλου βρίσκεται σε παύση.	Διαφωνώ	3,3	90,1	6,6
12. Η μάθηση δεν οφείλεται στην δημιουργία νέων συνάψεων στον εγκέφαλο.	Συμφωνώ	2,5	77,7	19,8
13. Η δραστηριότητα του εγκεφάλου εξαρτάται εξ ολοκλήρου από το	Διαφωνώ	22,3	59,5	18,2

Ερώτηση	Σωστή Απάντηση	Συμφωνώ (%)	Διαφωνώ (%)	Δε γνωρίζω (%)
εξωτερικό περιβάλλον. Χωρίς να διεγείρονται οι αισθήσεις, δεν βλέπουμε, δεν ακούμε ή δεν αισθανόμαστε τίποτα.				
14. Οι συναισθηματικές διεργασίες του εγκεφάλου διακόπτουν τις διεργασίες του εγκεφάλου που εμπλέκονται με τη λογική.	Διαφωνώ	24	45,5	30,5
15. Οι γνωστικές ικανότητες κληρονομούνται και δε μπορούν να τροποποιηθούν από το περιβάλλον ή από την εμπειρία της ζωής.	Διαφωνώ	4,2	88,4	7,4
16. Η επικοινωνία μεταξύ διαφόρων τμημάτων του εγκεφάλου γίνεται μέσω ηλεκτροφυσιολογικών ερεθισμάτων και χημικών ουσιών.	Συμφωνώ	57	6,6	36,4
17. Κάθε περιοχή του εγκεφάλου μπορεί να εκτελέσει οποιαδήποτε λειτουργία.	Διαφωνώ	6,6	72,7	20,7
18. Η νοητική εξάσκηση δεν βελτιώνει την απόδοση.	Διαφωνώ	5	90,9	4,1
19. Ο όγκος του αίματος στον εγκέφαλο αυξάνεται με την σωματική άσκηση.	Διαφωνώ	41,3	8,3	50,4

6.2. Νευρομύθοι

Ο Πίνακας 5 δείχνει τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών για κάθε στοιχείο γνώσης σχετικά με τους νευρομύθους. Ο πιο γνωστός νευρομύθος ανάμεσα στους εκπαιδευτικούς είναι η ερώτηση 5. Σε αυτήν την έρευνα το 95% των ερωτηθέντων συμφωνεί ότι «τα περιβάλλοντα που είναι πλούσια σε ερεθίσματα βελτιώνουν τον εγκέφαλο των παιδιών προσχολικής ηλικίας». Ένας άλλος κοινός νευρομύθος είναι ότι «Τα άτομα μαθαίνουν καλύτερα όταν

λαμβάνουν πληροφορίες με το μαθησιακό στυλ που προτιμούν (π.χ. οπτικό, ακουστικό, κιναισθητικό)», το 85,1% των εκπαιδευτικών συμφωνούν με αυτή την άποψη. Από το σύνολο των ερωτηθέντων, σχεδόν στο 75%- 85%, επικρατούν οι απόψεις ότι «οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες δείχνουν προτιμήσεις για τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνουν πληροφορίες (π.χ. οπτική, ακουστική, κιναισθητική)» και ότι «οι ασκήσεις που εξασκούν τον συντονισμό των δεξιοτήτων κινητικής αντίληψης μπορούν να βελτιώσουν τις δεξιότητες γραφής και ανάγνωσης». Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί δεν γνώριζαν σχετικά με τα οφέλη των συμπληρωμάτων Ω3 στην ενίσχυση της νοητικής ικανότητας των παιδιών και πως η τακτική κατανάλωση αναψυκτικών με καφεΐνη μειώνει την εγρήγορση. Επίσης δεν είχαν γνώση για το ότι η εκτεταμένη επανάληψη ορισμένων νοητικών διαδικασιών μπορεί να αλλάξει το σχήμα και τη δομή ορισμένων τμημάτων του εγκεφάλου. Κάθε ερώτηση έλαβε περίπου 44%-48% των απαντήσεων «δε γνωρίζω». Το μεγαλύτερο όμως ποσοστό των εκπαιδευτικών, περίπου το 59%, δεν γνωρίζει αν η κατανάλωση λιγότερων από 6-8 ποτήρια νερό την ημέρα μπορεί να προκαλέσει συρρίκνωση του εγκεφάλου. Το 66,6% των εκπαιδευτικών έδωσε λανθασμένη απάντηση σχετικά με τους νευρομύθους.

Πίνακας 5. Νευρομύθοι

Ερώτηση	Σωστή Απάντηση	Συμφωνώ (%)	Διαφωνώ (%)	Δε γνωρίζω (%)
20. Τα παιδιά είναι λιγότερο συγκεντρωμένα μετά την κατανάλωση ζαχαρούχων ποτών και σνακ.	Διαφωνώ	38,8	21,5	39,7
21. Τα συμπληρώματα Ω3 δεν ενισχύουν τη νοητική ικανότητα των παιδιών στον γενικό πληθυσμό.	Συμφωνώ	9,1	47,1	43,8
22. Η διατροφή παίζει σημαντικό ρόλο στις εκπαιδευτικές επιδόσεις.	Συμφωνώ	86	3,3	10,7
23. Η τακτική κατανάλωση αναψυκτικών με καφεΐνη μειώνει την εγρήγορση.	Συμφωνώ	24	29,8	46,2
24. Τα περιβάλλοντα που είναι πλούσια σε ερεθίσματα βελτιώνουν τον εγκέφαλο	Διαφωνώ	95	0	5

Ερώτηση	Σωστή Απάντηση	Συμφωνώ (%)	Διαφωνώ (%)	Δε γνωρίζω (%)
των παιδιών προσχολικής ηλικίας.				
25. Τα άτομα μαθαίνουν καλύτερα όταν λαμβάνουν πληροφορίες με το μαθησιακό στυλ που προτιμούν (π.χ. οπτικό, ακουστικό, κιναισθητικό).	Διαφωνώ	85,1	10,7	4,2
26. Η έκθεση σε επαναληπτικού τύπου ασκήσεις σύντομης διάρκειας μπορούν να βελτιώσουν την ολοκληρωμένη λειτουργία του αριστερού και του δεξιού ημισφαιρίου του εγκεφάλου.	Διαφωνώ	41,3	11,6	47,1
27. Οι διαφορές στην κυριαρχία των ημισφαιρίων (αριστερός εγκεφάλος, δεξιός εγκεφάλος) μπορούν να βοηθήσουν στην εξήγηση των ατομικών διαφορών μεταξύ των μαθητών.	Διαφωνώ	51,2	10,8	38
28. Τα μαθησιακά προβλήματα που σχετίζονται με τις αναπτυξιακές διαφορές στη λειτουργία του εγκεφάλου δε μπορούν να διορθωθούν με την εκπαίδευση.	Διαφωνώ	7,4	72,7	19,7
29. Κατά την παιδική ηλικία του ατόμου υπάρχουν σημαντικές περίοδοι όπου η κατανόηση των μαθηματικών εννοιών είναι ευκολότερη.	Συμφωνώ	64,5	9,1	26,4
30. Η έντονη άσκηση μπορεί να βελτιώσει τη νοητική λειτουργία.	Συμφωνώ	51,2	16,5	32,3

Ερώτηση	Σωστή Απάντηση	Συμφωνώ (%)	Διαφωνώ (%)	Δε γνωρίζω (%)
31. Οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες δείχνουν προτιμήσεις για τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνουν πληροφορίες (π.χ. οπτική, ακουστική, κιναισθητική).	Συμφωνώ	83,5	5	11,5
32. Οι ασκήσεις που εξασκούν τον συντονισμό των δεξιοτήτων κινητικής αντίληψης μπορούν να βελτιώσουν τις δεξιότητες γραφής και ανάγνωσης.	Διαφωνώ	77,7	3,3	19
33. Η παραγωγή νέων συνδέσεων στον εγκέφαλο μπορεί να συνεχιστεί και στην τρίτη ηλικία.	Συμφωνώ	55,4	7,4	37,2
34. Η εκτεταμένη επανάληψη ορισμένων νοητικών διαδικασιών μπορεί να αλλάξει το σχήμα και τη δομή ορισμένων τμημάτων του εγκεφάλου.	Συμφωνώ	44,6	7,5	47,9
35. Η κατανάλωση λιγότερων από 6-8 ποτήρια νερό την ημέρα μπορεί να προκαλέσει συρρίκνωση του εγκεφάλου.	Διαφωνώ	8,3	33,1	58,6
36. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος λειτουργεί μέσω πολλαπλών τύπων νοημοσύνης (λογικομαθηματική, λεκτική, διαπροσωπική, χωρική, μουσική, κίνηση και ενδοπροσωπική).	Διαφωνώ	81	6,6	12,4
37. Ο άνθρωπος ως επί το πλείστον, χρησιμοποιεί το 10% του εγκεφάλου του.	Διαφωνώ	34,7	26,5	38,8

6.3. Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη σημασία της κατανόησης των λειτουργιών του εγκεφάλου στην εκπαίδευση

Στον Πίνακα 6 παρατηρούμε τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών για την σημασία κατανόησης της λειτουργίας του εγκεφάλου στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Οι απαντήσεις επικεντρώθηκαν κυρίως στο επίπεδο 5 (πολύ σημαντικό). Οι εκπαιδευτικοί θεώρησαν την κατανόηση του εγκεφάλου κρίσιμη για πολλές εκπαιδευτικές προσπάθειες. Έδωσαν σε αυτές τις δραστηριότητες ένα υψηλό επίπεδο σημασίας που κυμαίνεται από 4 έως 6.

Πίνακας 6. Αντιλήψεις για τη σημασία της κατανόησης των λειτουργιών του εγκεφάλου στην εκπαίδευση

Ερώτηση	Στάθμη Σημαντικότητας (%)					
	Λιγότερο Σημαντικό ... Περισσότερο Σημαντικό					
	1	2	3	4	5	6
1. Με σκοπό οι εκπαιδευτικοί μαθηματικών να γνωρίσουν την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι σημαντικός ο σχεδιασμός επιμορφωτικών προγραμμάτων.	0,8	0,8	4,1	19,8	30,6	43,8
2. Με σκοπό οι εκπαιδευτικοί μαθηματικών να γνωρίσουν την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι σημαντική η εφαρμογή ειδικών επιμορφωτικών προγραμμάτων.	0,8	1,7	7,4	15,7	33,1	41,3
3. Η έγκαιρη διάγνωση πιθανών γνωστικών ειδικών εκπαιδευτικών αναγκών είναι ιδιαίτερα σημαντική για το έργο των εκπαιδευτικών στα μαθηματικά.	0	0	4,1	13,2	32,2	50,4
4. Το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών στα μαθηματικά, είναι σημαντικό να λαμβάνει υπόψη τα ευρήματα των ερευνών της εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης.	0,8	1,7	7,4	19	30,6	40,5

Ερώτηση	Στάθμη Σημαντικότητας (%)					
	Λιγότερο Σημαντικό ... Περισσότερο Σημαντικό					
	1	2	3	4	5	6
5. Στο πλαίσιο της μαθηματικής εκπαίδευσης, είναι σημαντική η υποστήριξη παιδιών με γνωστικές ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες, σύμφωνα με τα ευρήματα των ερευνών της εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης	0	0	2,5	21,5	34,7	41,3
6. Στο πλαίσιο της μαθηματικής εκπαίδευσης, είναι σημαντική η υποστήριξη παιδιών με σωματικές/αισθητηριακές ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες, σύμφωνα με τα ευρήματα των ερευνών της εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης	0	0,8	5	22,3	31,4	40,5
7. Στο πλαίσιο της μαθηματικής εκπαίδευσης, είναι σημαντική η υποστήριξη παιδιών με συμπεριφορικές/συναισθηματικές εκπαιδευτικές ανάγκες, σύμφωνα με τα ευρήματα των ερευνών της εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης.	0	0	5,8	24,8	32,2	37,2
8. Η αξιοποίηση των ευρημάτων των ερευνών της εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης, είναι σημαντική στη διαδικασία μάθησης μαθηματικών.	0,8	2,5	4,1	23,1	34,7	34,7

6.4. Η Σημασία Διαφορετικών Θεμάτων στην Εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην Εκπαίδευση

Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών στη σημασία των διαφορετικών θεμάτων στην εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 και είναι συγκεντρωμένες μεταξύ του επιπέδου 4 (δηλαδή, αρκετά σημαντικό) και του επιπέδου 6 (πολύ σημαντικό). Οι περισσότεροι από τους εκπαιδευτικούς έδωσαν υψηλές βαθμολογίες στη σημασία των διαφορετικών ζητημάτων που μπορεί να προκύψουν κατά την εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση. Η «πληροφορία είναι εύκολα προσβάσιμη στους εκπαιδευτικούς» θεωρήθηκε η πιο σημαντική με 97,6% υψηλών

βαθμολογιών από τους εκπαιδευτικούς. Ακολούθησε η «αποφυγή παρερμηνείας της επιστήμης» λαμβάνοντας 96,7% υψηλές βαθμολογίες σπουδαιότητας. Στην πραγματικότητα, οι υπόλοιπες 12 ερωτήσεις έλαβαν όλες υψηλές αξιολογήσεις σπουδαιότητας από το 85%-95% των εκπαιδευτικών σε αυτήν την μελέτη.

Πίνακας 7. Αντιλήψεις για τη σημασία των διαφορετικών θεμάτων στην εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση

Ερώτηση	Στάθμη Σημαντικότητας (%)					
	Λιγότερο Σημαντικό ... Περισσότερο Σημαντικό					
	1	2	3	4	5	6
1. Η περαιτέρω κατάρτιση στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι σημαντική για τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν μαθηματικά.	0,8	2,5	8,3	22,3	30,6	35,5
2. Για την σύνδεση της επιστήμης του εγκεφάλου με την εκπαίδευση είναι σημαντικό να μεσολαβήσουν νευροψυχολόγοι.	2,5	5	9,1	29,8	28,1	25,6
3. Είναι σημαντικό να πραγματοποιηθούν πρόσθετες μελέτες που να συνδέουν την νευροεπιστημονική προοπτική με το σχολικό περιβάλλον.	1,7	0,8	5,8	18,2	34,7	38,8
4. Είναι σημαντική η δημιουργία μιας διεπιστημονικής επιστήμης για τη σύνδεση της Νευροεπιστήμης και της εκπαίδευσης.	2,5	0,8	7,4	22,3	33,9	33,1
5. Είναι σημαντική η δημιουργία ενός κοινού λεξιλογίου μεταξύ νευροεπιστημόνων και εκπαιδευτικών.	1,7	2,5	8,3	25,6	30,6	31,4
6. Η κατάρριψη μύθων σχετικά με τον εγκέφαλο είναι σημαντική για την εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση.	0,8	1,7	6,6	13,2	34,7	43

Ερώτηση	Στάθμη Σημαντικότητας (%)					
	Λιγότερο Σημαντικό ... Περισσότερο Σημαντικό					
	1	2	3	4	5	6
7. Είναι σημαντική η συνεργασία μεταξύ σχολείων και πανεπιστημίων, με σκοπό την ένταξη των αρχών της εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης στην εκπαιδευτική πράξη.	1,7	1,7	5,8	19,8	34,7	36,4
8. Είναι σημαντικός ο αμφίδρομος διάλογος μεταξύ εκπαιδευτικών και νευροεπιστημόνων, με σκοπό την ένταξη των αρχών της εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης στην εκπαιδευτική πράξη.	2,5	0,8	5,8	22,3	32,2	36,4
9. Είναι σημαντική η μεταφορά των εργαστηριακών ερευνών στην «πραγματική» τάξη.	0,8	0,8	5,8	13,2	37,2	42,1
10. Για την εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση είναι σημαντική η αποφυγή της παρερμηνείας της επιστήμης.	0	0	3,3	14,9	34,7	47,1
11. Για την εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση είναι σημαντικό οι πληροφορίες να είναι εύκολα προσβάσιμες στους εκπαιδευτικούς.	0	0	2,4	17,4	33,9	46,3
12. Για την εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση είναι σημαντική η αποσαφήνιση ηθικών θεμάτων στην έρευνα του εγκεφάλου.	0	0	5,8	23,1	31,4	39,7
13. Η συμμετοχή νευροεπιστημόνων και εκπαιδευτικών σε συνέδρια είναι σημαντική για την εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση.	0,8	4,1	6,6	18,2	33,9	36,4

Ερώτηση	Στάθμη Σημαντικότητας (%)					
	Λιγότερο Σημαντικό ... Περισσότερο Σημαντικό					
	1	2	3	4	5	6
14. Με σκοπό οι εν δυνάμει εκπαιδευτικοί να γνωρίσουν την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι σημαντική η ένταξη σχετικών μαθημάτων στα προπτυχιακά προγράμματα σπουδών στα τμήματα μαθηματικών.	2,5	1,7	8,3	25,6	29,8	32,2

7. Συζήτηση και Σχολιασμός

7.1 Συζήτηση

Η παρούσα μελέτη εξέτασε τις επιπτώσεις των νευρομύθων, καθώς και τον γραμματισμό στις νευροεπιστήμες σε προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές Τμημάτων Μαθηματικών των ελληνικών πανεπιστημίων, σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που διδάσκουν μαθηματικά αλλά και σε συνταξιούχους εκπαιδευτικούς. Παράλληλα, ερευνήθηκαν οι παράγοντες που σχετίζονται με αυτά τα αποτελέσματα τα οποία δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί στην Ελλάδα έχουν περιορισμένη κατανόηση του εγκεφάλου και προσυπογράφουν πολλούς από τους κοινούς νευρομύθους, αλλά είναι θετικοί στην εφαρμογή της Νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση. Ο πιο διαδεδομένος μύθος ήταν η πίστη ότι «περιβάλλοντα που είναι πλούσια σε ερεθίσματα βελτιώνουν τον εγκέφαλο των παιδιών προσχολικής ηλικίας» τον οποίο ασπάστηκε το 95% του δείγματος μας. Μαζί με την προηγούμενη πεποίθηση, η τριάδα των πιο δημοφιλών νευρομύθων αποτελείται από "τα άτομα μαθαίνουν καλύτερα όταν λαμβάνουν πληροφορίες με το προτιμώμενο μαθησιακό στυλ (π.χ. ακουστικό, οπτικό, κιναισθητικό)" (85,1%) και «Ο ανθρώπινος εγκέφαλος λειτουργεί μέσω πολλαπλών τύπων νοημοσύνης (λογικομαθηματική, λεκτική, διαπροσωπική, χωρική, μουσική, κίνηση και ενδοπροσωπική)» (81%). Η σημαντική επικράτηση των νευρομύθων μεταξύ των εκπαιδευτικών στην Ελλάδα είναι σύμφωνη με τις προηγούμενες μελέτες που αφορούν εκπαιδευτικούς σε διάφορες περιοχές σε όλο τον κόσμο. Έχουν γίνει πολλές μελέτες σχετικά με τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τα λεγόμενα στυλ μάθησης. Οι Δεληγιαννίδης και Χάουαρντ-Τζόουνς το 2015 εξέτασαν Έλληνες εκπαιδευτικούς όπου το 97% πίστευαν τόσο στα πλούσια περιβάλλοντα όσο και στους μύθους των μορφών μάθησης. Οι Karakus et al. το 2015 βρήκαν ότι το 97,1% των Τούρκων εκπαιδευτικών πίστευαν στον μύθο του πλούσιου περιβάλλοντος. Οι Tardif et al. το 2015 εξέτασαν γαλλόφωνους Ελβετούς δασκάλους και βρήκαν ότι το 87% πιστεύει ότι μια προσέγγιση που διακρίνει τα στυλ μάθησης ενθαρρύνει τη μάθηση. Οι δάσκαλοι στο Χονγκ Κονγκ φαίνεται επίσης να υιοθετούν αυτούς τους μύθους σε παρόμοια ποσοστά, καθώς ενδεικτικά το 97% υιοθετεί τον μύθο των στυλ μάθησης, το 82,4% τον μύθο για τα πλούσια περιβάλλοντα και το 55,5% τον μύθο των ασκήσεων (Ching, So, Lo & Wong, 2020). Διάφορες έρευνες έχουν

πράγματι δείξει ότι οι μύθοι για το μαθησιακό στυλ και τα πλούσια περιβάλλοντα είναι εξαιρετικά δημοφιλείς στις περισσότερες χώρες.

Ωστόσο, υπάρχουν και διαφορές. Για παράδειγμα, το δείγμα μας ήταν πιο ενθουσιώδες για την προσοχή (58,7% πιστεύει ότι «Για να κατακτήσει κάποιος/α μια έννοια, είναι απαραίτητο να την εφαρμόσει»), σε σύγκριση με τους δασκάλους της Ανατολικής Κίνας (40%). Επιπλέον, μόνο το 7,4% του δείγματος μας και το 16% του δείγματος του Ηνωμένου Βασιλείου πιστεύουν ότι «τα μαθησιακά προβλήματα που σχετίζονται με τις αναπτυξιακές διαφορές στη λειτουργία του εγκεφάλου δεν μπορούν να διορθωθούν με την εκπαίδευση», ενώ το ποσοστό αυτό ήταν 50% για τους δασκάλους της Ανατολικής Κίνας (Dekker et al., 2012· Pei et al., 2013), 11,2% για Περουβιανούς δασκάλους, 5,6% για δασκάλους από την Αργεντινή και 6% για δασκάλους από τη Χιλή (Gleichgerrcht et al., 2015).

Κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσής τους, οι εκπαιδευτικοί δεν φάνηκαν να αποκτούν πολλές γνώσεις σχετικά με τους μύθους του εγκεφάλου ή τη νευροεπιστήμη. Αυτό υποδηλώνει ότι δεν έμαθαν πολλά για τον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια των σπουδών τους. Προηγούμενη έρευνα έχει δείξει ότι οι εκπαιδευτικοί με χρόνια προϋπηρεσίας τείνουν να βασίζονται σε πηγές όπως το Διαδίκτυο και η τηλεόραση για να λάβουν πληροφορίες για τον εγκέφαλο.

Ορισμένες μελέτες υποδεικνύουν ότι η γνώση του εγκεφάλου είναι ένας προγνωστικός παράγοντας της νοημοσύνης. Ωστόσο, τα αποτελέσματα μιας μελέτης δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί με περισσότερες εγκεφαλικές γνώσεις είναι λιγότερο πιθανό να πιστεύουν στους νευρομύθους. Επιπλέον, αυτό επιβεβαιώνουν τα ευρήματα της προσέγγισης των Howard-Jones και πιο συγκεκριμένα ότι η γνώση του εγκεφάλου συσχετίζεται θετικά με την ικανότητα αναγνώρισης νευρομύθων. Παρόμοιες έρευνες έδειξαν ότι ένας ισχυρός προγνωστικός παράγοντας της μειωμένης αποδοχής του νευρομύθου ήταν η εκπαίδευση στις νευροεπιστήμες. Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στη μελέτη επιβεβαίωσαν επίσης την πεποίθησή τους ότι η συνεχής εκπαίδευση στις νευροεπιστήμες ήταν απαραίτητη για την εφαρμογή της στην διδασκαλία τους.

Οι καθηγητές μαθηματικών έχουν έλλειψη γνώσης για τις νευροεπιστήμες. Αυτό σε συνδυασμό με μια θετική στάση απέναντι στην επιστήμη του εγκεφάλου, τους κάνει επιρρεπείς σε ψευδείς πληροφορίες για τον εγκέφαλο. Προφανώς, εάν η εκπαίδευση στις νευροεπιστήμες λείπει από την κατάρτιση των εκπαιδευτικών, δεν είναι περίεργο το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να καταφύγουν σε πιο άμεσα διαθέσιμες αλλά πιθανώς μη διαπιστευμένες πηγές για πληροφορίες σχετικά με τις νευροεπιστήμες στην εκπαίδευση.

Με το να μην λαμβάνουν εκπαίδευση στην αξιολόγηση της επιστημονικής έρευνας, οι εκπαιδευτικοί μπορεί να πιστέψουν πληροφορίες που έχουν παραπλανηθεί ή υπεραπλουστευθεί από τα μέσα ενημέρωσης. Όλα αυτά υποδεικνύουν την ανάγκη ενίσχυσης της εκπαίδευσης στις νευροεπιστήμες, είτε στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών είτε στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Πρώτον, η νευροεπιστήμη θα πρέπει να παρουσιάζεται ως μέρος της αρχικής εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών. Στην Ελλάδα, η αρχική κατάρτιση των εκπαιδευτικών παρέχεται κυρίως από 11 πανεπιστήμια και κάποια από αυτά κατέχουν σημαντικές θέσεις στην παγκόσμια κατάταξη. Λαμβάνοντας υπόψη πόσο ανθεκτικοί είναι οι δάσκαλοι στην αλλαγή, είναι σημαντικό οι γνώσεις τους για τον εγκέφαλο και τη νευροεπιστήμη να ξεκινήσουν νωρίς. Κανένα από τα κορυφαία πανεπιστήμια δεν έχει βασικά μαθήματα σχετικά με αυτά τα θέματα, πράγμα που σημαίνει ότι οι υποψήφιοι δάσκαλοι δεν εκτίθενται στην επιστήμη του εγκεφάλου που σχετίζεται με την εκπαίδευση. Η αλλαγή είναι δύσκολη για τους εκπαιδευτικούς και πολλοί θεωρούν την επαγγελματική ανάπτυξη εμπόδιο. Είναι σημαντικό να εκτεθούν αυτοί οι υποψήφιοι εκπαιδευτικοί στην έρευνα κατά την αρχική τους εκπαίδευση. Αυτό τους βοηθά να ξεκινήσουν με μια πιο εύπλαστη νοοτροπία και να διαλύσουν πιθανές παρανοήσεις από νωρίς. Ιδανικά, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να λαμβάνουν περισσότερες γνώσεις σχετικά με τις μεθόδους έρευνας και τα νευροεπιστημονικά ευρήματα, ώστε να μπορούν να είναι πιο επικριτικοί κατά την εξέταση επιστημονικών δεδομένων. Για το σκοπό αυτό, προτείνεται να συμπεριληφθούν στην Ελλάδα πολλά από τα βασικά μαθήματα που είναι αφιερωμένα στη διδασκαλία της «Νευροεπιστήμης και της εκπαίδευσης» στα προγράμματα αρχικής εκπαίδευσης εκπαιδευτικών. Ένας κύριος στόχος του προαναφερόμενου μαθήματος είναι να βελτιώσει τις γνώσεις των εκπαιδευτικών για τον εγκέφαλο, ιδιαίτερα σε τομείς που σχετίζονται με την εκπαίδευση και στους οποίους εργάζονται οι νευροεπιστήμονες όπως η μνήμη, η προσοχή, το συναίσθημα, η συλλογιστική, βασική και ανώτερη λειτουργία και επεξεργασία γλώσσας. Προκειμένου να ενθαρρυνθούν οι εκπαιδευτικοί να ενσωματώσουν τη νευροεπιστήμη στο πρόγραμμα σπουδών τους, είναι χρήσιμο να παρουσιάζονται τα θέματα με τρόπο που τον βρίσκουν ενδιαφέρον. Αν και οι εκπαιδευτικοί είναι γενικά θετικοί σχετικά με την εφαρμογή της νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση, δεν ενδιαφέρονται τόσο να μάθουν για τις δομές και τις λειτουργίες του εγκεφάλου. Στην πραγματικότητα, πολλοί νευροεπιστήμονες γνωρίζουν θέματα που μπορούν εύκολα να διδαχθούν στα σχολεία, όπως

η μουσική, το άγχος, ο ύπνος, η άσκηση και η μνήμη. Αυτά τα θέματα μπορούν να χρησιμεύσουν ως σημεία εισόδου για τη διδασκαλία των εκπαιδευτικών σχετικά με τη σκέψη, τη μνήμη και την προσοχή, έννοιες που σχετίζονται με τον εγκέφαλο.

Ωστόσο, οι άμεσες εφαρμογές των ευρημάτων της έρευνας της Νευροεπιστήμης σε ένα ευρύ εκπαιδευτικό πλαίσιο είναι ασυνήθιστες. Έτσι, η επιτυχής έμφαση και το περιεχόμενο του μαθήματος «Νευροεπιστήμη και εκπαίδευση» θα πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά, ώστε να αποφευχθεί η εμπλοκή στο μάθημα αναγωγής και μάθησης που επικεντρώνεται στις παιδαγωγικές και τις τεχνικές διαχείρισης της τάξης, υπεραπλουστεύοντας ή υπερβάλλοντας τα ευρήματα της Νευροεπιστήμης.

Όπως επισημαίνεται από τους ερευνητές, η λήψη μαθημάτων Νευροεπιστήμης που δεν αφορούσαν ειδικά τους νευρομύθους μπορεί να μην είναι χρήσιμη για τους εκπαιδευτές. Επομένως, η ξεκάθαρη απομυθοποίηση των νευρομύθων θα πρέπει να αποτελέσει σημείο έμφασης στο μάθημα «νευροεπιστήμη και εκπαίδευση». Είναι σημαντικό για τους εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν την προέλευση των κοινών νευρομύθων. Επιπλέον, η επιστήμη θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να καταρρίψει αυτούς τους μύθους, ειδικά επειδή υπάρχουν τόσες πολλές αμφίβολες εκπαιδευτικές στρατηγικές που εστιάζονται στον εγκέφαλο. Πολλοί εκπαιδευτικοί έχουν αποδεχτεί τους ψευδοεπιστημονικούς νευρομύθους λόγω της απόλυτης επικράτησης και εξάπλωσής τους. Κατά συνέπεια, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να διδάσκονται μεθόδους αξιολόγησης των εκπαιδευτικών προϊόντων. Για παράδειγμα, τις βήμα προς βήμα κατευθυντήριες γραμμές που προσφέρονται από τους Sylvan και Christodoulou (2010).

Εκτός από τις γνώσεις Νευροεπιστήμης, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να διαθέτουν τις απαραίτητες δεξιότητες για την αξιολόγηση των ερευνητικών ευρημάτων, ιδίως εκείνων που σχετίζονται με τη νευροεπιστήμη και την εκπαίδευση. Μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας υποδηλώνει ότι οι εκπαιδευτικοί γενικά υποτιμούν την εκπαιδευτική έρευνα καθώς αντιλαμβάνονται ότι οι πληροφορίες δεν σχετίζονται με τις δικές τους πρακτικές και τις τάξεις τους. Οι ερευνητές έχουν δηλώσει ότι οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν εμπιστοσύνη στην καθοδήγηση που βασίζεται στην έρευνα. Ωστόσο, μια πρόσφατη μελέτη αποκάλυψε ότι οι εκπαιδευτικοί είναι γενικά θετικοί στην έρευνα και όσοι διαθέτουν ερευνητική εμπειρία είναι περισσότερο πιθανό να εκτιμήσουν την έρευνα. Η ενεργή συμμετοχή στην έρευνα μπορεί να μετατρέψει τους μαθητές εκπαιδευτικούς από παθητικούς καταναλωτές της έρευνας σε ενεργούς συνεισφέροντες της γνώσης. Αξίζει να ληφθούν υπόψη

προσεγγίσεις μέσω των οποίων οι εκπαιδευτικοί μπορούν να συμμετάσχουν στην έρευνα και τη διερεύνηση: καθοδηγούμενη από έρευνα (μάθηση σχετικά με την τρέχουσα έρευνα στον κλάδο), προσανατολισμένη στην έρευνα (ανάπτυξη ερευνητικών και ερευνητικών δεξιοτήτων και τεχνικών), διδάσκουσα έρευνα (συμμετοχή σε ερευνητικές συζητήσεις) και βασισμένη έρευνα (ανάληψη έρευνας και διερεύνησης). Συμπεριλαμβάνοντας την αξιολόγηση της επιστημονικής έρευνας στην αρχική κατάρτιση των εκπαιδευτικών, αναμένεται ότι οι δάσκαλοι θα αναπτύξουν ένα υψηλότερο επίπεδο σκεπτικισμού απέναντι στην αντιληπτή ψευδό-επιστήμη. Αναμένεται επίσης να γίνουν πιο ανοιχτοί στην έρευνα νέων ιδεών, κάτι που θα τους οδηγήσει σε αυξημένη κατανόηση σχετικά με τη συνάφεια της εκπαιδευτικής και νευρολογικής έρευνας. Η αυξημένη έκθεση των εκπαιδευτικών στην έρευνα αναμένεται επίσης να επηρεάσει θετικά τις απόψεις τους σχετικά με την έρευνα και να τους κάνει πιο πιθανό να συμμετάσχουν σε μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες.

Έχει αποδειχθεί μέσω έρευνας ότι τα παιδιά μαθαίνουν για το νευρικό σύστημα, ένα από τα πιο ζωτικά συστήματα του σώματος, μέσω άτυπης μαρτυρίας από άλλους ανθρώπους. Σπάνια μαθαίνουν για θέματα που σχετίζονται με τον εγκέφαλο μέχρι να μπου στο γυμνάσιο. Ο εγκέφαλος θεωρείται το κέντρο μάθησης. Συνεπώς, θα πρέπει να παρέχεται στους μαθητές περισσότερη εκπαίδευση σχετικά με τη σημασία του. Αυτό θα τους επιτρέψει να κατανοήσουν πώς να φροντίζουν τον εγκέφαλό τους πρακτικά. Αυτό θα περιλαμβάνει να γνωρίζουν πώς να προστατεύουν τον εγκέφαλό τους από τη φυσική εξερεύνηση, να κατανοούν τη σημασία μιας υγιεινής διατροφής και να αποφεύγουν τη χρήση ναρκωτικών. Η πλαστικότητα του εγκεφάλου μπορεί να δώσει στους μαθητές εμπιστοσύνη στην ικανότητά τους να αλλάξουν τη νοημοσύνη τους. Η εκμάθηση για την εύπλαστη φύση του εγκεφάλου τους μπορεί να ενισχύσει την απόδοση των μαθητών στο σχολείο και να τους πείσει ότι έχουν τον έλεγχο της δικής τους νοημοσύνης. Οι μαθητές θα πρέπει επίσης να διδάσκονται για την πλαστικότητα του εγκεφάλου, επειδή η έρευνα έχει δείξει ότι οι μαθητές που λαμβάνουν οδηγίες για αυτήν έχουν καλύτερες επιδόσεις από εκείνους που δεν το έχουν. Επιπρόσθετα, η διδασκαλία των μαθητών σχετικά με την πλαστικότητα του εγκεφάλου μπορεί να αυξήσει την πίστη τους στην ελαστικότητά του, κάτι που μπορεί να τους παρακινήσει να εξερευνήσουν νέες δυνατότητες και να αυξήσουν την ορμή τους για επιτυχία. Αυτή η κατανόηση παρακινεί τους μαθητές να προσαρμόσουν τον εαυτό τους στις εκπαιδευτικές τροχιές. Στην πραγματικότητα, η νευροεπιστήμη έχει μια εξέχουσα φύση, καθώς σχετίζεται με ό,τι συμβαίνει μέσα στον εγκέφαλο αναφορικά με

συμπεριφορές. Αυτό καθιστά τη μάθηση του εγκεφάλου ουσιαστική και δίνει κίνητρο στους μαθητές. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι μαθητές όλων των ηλικιών ενδιαφέρονται για τον εγκέφαλο. Ωστόσο, η απαίτηση από τους εκπαιδευτικούς να γίνουν ειδικοί στις νευροεπιστήμες για να διδάξουν σχετικά δεν είναι πρακτικό. Αντίθετα, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εμπλέξουν τους μαθητές τους στην εκπαίδευση νευροεπιστημών χρησιμοποιώντας τους διαθέσιμους πόρους.

7.2. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, όπως και οι συνάδελφοί τους σε άλλα μέρη του κόσμου, οι εκπαιδευτικοί στην Ελλάδα έχουν περιορισμένη γνώση του εγκεφάλου και προσυπογράφουν πολλούς κοινούς νευρομύθους. Η νευροεπιστήμη μπορεί να βοηθήσει τους δασκάλους να αποφύγουν τις λανθασμένες αντιλήψεις σχετικά με το θέμα. Επιπρόσθετα, η θετικότητά τους για την εφαρμογή της νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση φαίνεται μέσα από αυτή τη μελέτη. Οι δάσκαλοι που είναι εκπαιδευμένοι στις νευροεπιστήμες πιστεύεται ότι είναι πιο αποτελεσματικοί στο επάγγελμά τους. Για να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να αποκτήσουν βασικές γνώσεις νευροεπιστήμης που σχετίζονται με την εκπαίδευση, αυτή η έρευνα προτείνει να συμπεριληφθεί στα προγράμματα αρχικής εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών ένα βασικό μάθημα αφιερωμένο στη διδασκαλία «νευροεπιστήμη και εκπαίδευση» που εστιάζει στη συνάφεια με αυθεντικές καταστάσεις στην τάξη, δίνει έμφαση στην απομυθοποίηση των νευρομύθων, στην ενίσχυση των δεξιοτήτων κριτικής ανάγνωσης και στην αντιμετώπιση θεμάτων που σχετίζονται με την ειδική αγωγή.

Έχουν υπάρξει πολλά ευρήματα σχετικά με τον εγκέφαλο που δεν διδάσκουν τα σημερινά σχολεία. Προκειμένου να μειωθούν αυτές οι παρανοήσεις, προτείνουμε στους καθηγητές να προσθέσουν μαθήματα νευροεπιστήμης στην αρχική τους εκπαίδευση. Αυτή η ιδέα είναι παρόμοια με αυτή που έχουν προτείνει άλλοι συγγραφείς και οργανισμοί: ότι η νευροεπιστήμη πρέπει να αποτελεί μέρος της προπτυχιακής εκπαίδευσης και της επαγγελματικής ανάπτυξης κάθε εκπαιδευτικού (π.χ. Ansari & Coch, 2006· Goswami, 2006· Pickering & Howard Jones, 2007· Lindell & Kidd, 2011· Tardif et al., 2015). Η ποιότητα του εκπαιδευτικού είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχία του παιδιού στην εκπαίδευση. Κατά συνέπεια, η βελτίωση της ποιότητας της διδασκαλίας αποτελεί σημαντική προτεραιότητα. Τα στοιχεία δείχνουν ότι η βελτίωση της ποιότητας της διδασκαλίας είναι δυνατή με τη βοήθεια εφαρμογών, κάτι που είναι ένα κρίσιμο σημείο που

πρέπει να ληφθεί υπόψη. (Οργανισμός Ανάπτυξης Οικονομικής Συνεργασίας, 2004). Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα μας και όπως προτείνεται από τη Royal Society (2011), η εκπαίδευση και η συνεχής επαγγελματική ανάπτυξη θα πρέπει να περιλαμβάνουν στοιχεία της νευροεπιστήμης που σχετίζεται με την ειδική εκπαίδευση. Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να αξιολογήσουν τις αλλαγές στο γραμματισμό των μελλοντικών δασκάλων στις νευροεπιστήμες και στην πίστη στους νευρομύθους μετά την παρακολούθηση μαθημάτων στις νευροεπιστήμες, προκειμένου να παράσχουν στοιχεία για την αποτελεσματικότητά τους και να ποσοτικοποιήσουν περαιτέρω την επίδρασή τους. Πιστεύουμε ότι η εκπαίδευση πρέπει να αναπτύσσεται και να αλλάζει καθώς ανακαλύπτονται νέες ιδέες. Επί του παρόντος, η ψυχολογία, συμπεριλαμβανομένης της εκπαιδευτικής, κοινωνικής και γνωστικής νευροεπιστήμης, περιλαμβάνεται στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών. Ωστόσο, οι εν δυνάμει εκπαιδευτικοί πιθανότατα δεν έχουν λάβει κανένα όφελος από τα μαθήματα νευροεπιστήμης κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσής τους. Αντίθετα, θα πρέπει να ενθαρρύνονται να συμμετέχουν σε μαθήματα συνεχούς επαγγελματικής ανάπτυξης που ενσωματώνουν τη νευροεπιστήμη. Αυτό θα τους παρείχε καλύτερη κατανόηση των θεμάτων που σχετίζονται με την εκπαίδευση, συμπεριλαμβανομένης της αναπτυξιακής, κοινωνικής και γνωστικής νευροεπιστήμης. Η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών στις νευροεπιστήμες θα πρέπει να αναπτυχθεί με βάση έναν αμφίδρομο διάλογο μεταξύ ερευνητών και επαγγελματιών, προκειμένου να εντοπιστούν και να καλυφθούν θέματα σχετικά με πολλαπλές μαθησιακές καταστάσεις, αλλά και να μεταφραστεί η νευροεπιστήμη σε μια γλώσσα που μοιράζονται οι εκπαιδευτικοί. Η επικοινωνία μεταξύ νευροεπιστημόνων και εκπαιδευτικών έχει συζητηθεί από πολλούς ερευνητές. Ο Goswami πρότεινε το 2006 ότι η επικοινωνία μεταξύ αυτών των ομάδων θα μπορούσε να διευκολυνθεί καλύτερα από τους ερευνητές επικοινωνίας. Αυτοί θα μπορούσαν να μεταφράσουν ευρήματα από τη νευροεπιστήμη σε γλώσσα που οι καθηγητές μπορούν να κατανοήσουν και να μεταδώσουν ερωτήσεις, ιδέες και κριτικές από τους δασκάλους σε νευροεπιστήμονες.

Αντί να μαθαίνουμε γεγονότα που είναι πιθανό να καταστούν παρωχημένα σε λίγα χρόνια, είναι πιο σημαντικό να κατανοήσουμε πώς διεξάγεται και παρουσιάζεται η έρευνα της νευροεπιστήμης (Ansari & Coch, 2006). Οι νευροεπιστήμες είναι ένα πεδίο που συνεχώς αναπτύσσεται και αλλάζει, επομένως οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να είναι εξοπλισμένοι για να παρακολουθούν τις νέες εξελίξεις, διαβάζοντας αποτελεσματικά και αξιολογώντας

κριτικά τις πληροφορίες που λαμβάνουν, με σκοπό την υιοθέτηση κατάλληλων παιδαγωγικών μεθόδων.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Ansari, D., De Smedt, B., & Grabner, R. H. (2012). NeuroEducation—a critical overview of an emerging field. *Neuroethics*, 5(2), 105-117
- Ansari, D., and Coch, D. (2006). Bridges over troubled waters: Education and cognitive neuroscience. *Trends Cogn. Sci.* 10, 146–151
- Baron-Cohen, S. (2003). *The essential difference: Men, women and the extreme male brain*. London: Penguin/Allen Lane
- Bartoszeck, A.M. and Bartoszeck, F.K. (2012) How In-Service Teachers Perceive Neuroscience as Connected to Education: an Exploratory Study, *European Journal of Educational Research*, 1(4), 301-319.
- Bassett, D. and Sporns, O. (2017). Network Neuroscience. *Nat Neurosci* 20, 353-364
- Bowers, J. (2016). Theoretical Note, The Practical and Principled Problems with Educational Neuroscience. University of Bristol
- Bransford et al., (2006). Πώς μαθαίνει ο άνθρωπος. Εγκέφαλος, Νους, Εμπειρία και Μάθηση στο Σχολείο. (Μτφρ. Κρομμύδα Ελένη). Αθήνα: Κέδρος.
- Bronfenbrenner, U. (1992). Ecological systems theory. In U. Bronfenbrenner (Ed.), *Making human beings human: Bioecological perspectives on human development* (pp. 106–173). Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd
- Brookman-Byrne, A., & Thomas, M.S.C. (2018). Neuroscience, psychology, and education: Emerging links. *Impact*, 2, 5–8.
- Campbell, S. (2011) *Educational Neuroscience: Motivations, methodology, and implications*.
- Cacioppo, J. T., Berntson, G. G., & Nusbaum, H. C. (2008). Neuroimaging as a new tool in the toolbox of psychological science. *Current Directions in Psychological Science*, 17, 62–67
- Ching, Fiona N.Y, So, Winnie W.M., Sing Kai Lo, Savio W.H. Wong. (2020) Trends in Neuroscience and Education. Preservice teachers' neuroscience literacy and perceptions of neuroscience in education: Implications for teacher education.
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain: The science and evolution of a human invention*. New York, NY: Viking.
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., & Cohen, L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neuroscience*, 21(8), 355–611
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., and Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Front. Psychol.* 3:429
- Deligiannidi, K., and Howard-Jones, P. (2015). The neuroscience literacy of teachers in Greece. *Proc. Soc. Behav. Sci.* 174, 3909–3915.
- De Smedt, B., & Verschaffel, L. (Eds.). (2009). *Cognitive neuroscience meets mathematics education [Conference program]*. Leuven, Belgium: Katholieke Universiteit Leuven

- Doukakis, S., Sfyris, P., Niari, M., & Alexopoulos, E. (2021, April). Exploring educational practices in emergency remote teaching. The role of educational neuroscience. In *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1026-1034). IEEE.
- Doukakis, S., & Alexopoulos, E. C. (2020, October). The role of educational neuroscience in distance learning. Knowledge transformation opportunities. In *International Conference on Interactive Collaborative and Blended Learning* (pp. 159-168). Springer, Cham.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*
- Ferrero, M., Garaizar, P., and Vadillo, M.A. (2016). Neuromyths in education: prevalence among Spanish teachers and an exploration of cross-cultural variation. *Front. Hum. Neurosci.* 10:496
- Fischer, K., Daniel, D.B., Immordino-Yang, M.H., Stern, E., Battro, A. & Koizumi, H. (Eds.). (2007). Why mind, brain, and education? Why now? *Mind, Brain, and Education*, 1 (1), 1-2.
- Fischer, K. W., Goswami, U., and Geake, J. (2010). The future of educational neuroscience. *Mind Brain Educ.* 4, 68–80.
- Gaillard, F & Karapetsas, A. (2009). Bridging neuropsychology and education, *Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών, Άνοιξη*, 54, σ.σ. 229-280.
- Geake, J. G. (2009). *The Brain at School: Educational neuroscience in the classroom.* Maidenhead, McGraw Hill-Open University Press.
- Gleichgerrcht, E., Lira Luttges, B., Salvarezza, F., and Campos, A. L. (2015). Educational neuromyths among teachers in latin America. *Mind Brain Educ.* 9, 170–178
- Goodchild, M., & Janelle, D. (2010). Toward Critical Spatial Thinking in the Social Sciences and Humanities. *GeoJournal*, 75(1), 3-13.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 7,406-11.
- Greenough, W.T., Black, J.E., & Wallace, C.S. (1987). Experience and brain development. *Child Development*, 58, 539–559.
- Hirschon, R. (2009) in *When God Comes to Town: Anthropological Perspectives on Religion and Secularization* eds R. Pixten & L. Dikomitis), Berghan, p 3-16.
- Howard-Jones, P. (2010). *Introducing neuroeducational research: Neuroscience, education and the brain from contexts to practice.* Taylor & Francis.
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nat. Rev. Neurosci.* 15, 817–824.
- Jackson, S. (2000). Seeing what you feel. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 257.
- Jones, E.G., & Mendell, L.M. (1999). Assessing the decade of the brain. *Science*, 284, 739.

- Kalantzis, M. & B. Cope (2013). *Νέα Μάθηση: Βασικές Αρχές για την Επιστήμη της Εκπαίδευσης*. Αθήνα: Κριτική.
- Kandel, E., Schwarts, J. & Jessell, T. (2006). *Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Karakus, O., Howard-Jones, P., and Jay, T. (2015). Primary and secondary school teachers' knowledge and misconceptions about the brain in Turkey. *Proc. Soc. Behav. Sci.* 174, 1933–1940.
- Lakoff, G., & Núñez, R. E. (2000). *Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being*. Basic Books.
- Lee, K. & Fong, Sw. (2011). *Neuroscience and the Teaching of Mathematics*
- Lieberman, M. D., Schreiber, D., & Ochsner, K. N. (2003). Is political cognition like riding a bicycle? How cognitive neuroscience can inform research on political thinking. *Political Psychology*, 24, 681–704
- McCabe, D. P., and Castel, A. D. (2008). Seeing is believing: the effect of brain images on judgments of scientific reasoning. *Cognition* 107, 343–352.
- Michie, S., van Stralen, M.M., & West, R. (2011). The behavior change wheel: A new method for characterizing and designing behavior change interventions. *Implementation Science*, 6, 42.
- National Research Council. (2006). *Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K-12 Curriculum*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Science Foundation. (2010). *Preparing the Next Generation of Stem Innovators: Identifying and Developing our Nation's Human Capital*.
- Neville, H.J. (1995). Developmental specificity in neurocognitive development in humans. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 219–231). Cambridge, MA: MIT Press.
- Neville, H.J., & Bavelier, D. (2000). Specificity and plasticity in neurocognitive development in humans. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp. 83–98). Cambridge, MA: MIT Press
- OECD (2002). *Understanding the brain: Towards a new learning science*. Available online from oecd.org
- OECD (2010). *The High Cost of Low Educational Performance: The Long-Run Economic Impact of Improving PISA Outcomes*. Paris: OECD.
- Pei, X., Howard-Jones, P., Zhang, S., Liu, X., and Jin, Y. (2015). Teachers' understanding about the brain in East China. *Proc. Soc. Behav. Sci.* 174, 3681–3688.
- Radin, J., (2009). *Brain-Compatible Teaching and Learning: Implications for Teacher Education*
- Roder, B., & Neville, H. (2003). Developmental functional plasticity. In J. Grafman & I.H. Robertson (Eds.), *Handbook of neuropsychology* (2nd ed., Vol.9, pp 231–270), Oxford: Elsevier Science.

- Roediger, H. L. (2013). Applying cognitive psychology to education translational educational science. *Psychological Science in the Public Interest*, 14, 1–3.
- Schwartz, M., & Gerlach, J. (2011). The birth of a field and the rebirth of the laboratory school. *Educational Philosophy and Theory*, 43 (1), 67–74.
- Shapiro, S. (2000). *Thinking about mathematics: The philosophy of mathematics*. OUP Oxford.
- Simmonds, A. (2014). *How Neuroscience is Affecting Education: Report of Teacher and Parent Surveys*. Wellcome Trust.
- Srikoon, S. (2021). *The Development of Teaching Model based-on Educational Neuroscience to Enhance Mathematics Achievement*.
- Strauss, V. (2013) Multiple intelligences are not learning styles. *The Washington Post: Blogs & Columns*. Washington, DC
- Sylvan, L.J., Christodoulou, J.A., (2010). Understanding the role of neuroscience in brain based products: A guide for educators and consumers, *Mind, Brain and Education* 4 (1), 1-7.
- Tardif, E., Doudin, P. A., and Meylan, N. (2015). Neuromyths among teachers and student teachers. *Mind Brain Educ.* 9, 50–59.
- Thorndike, E.L. (1926). *Educational psychology*. Volume 1: The original nature of man. PhD thesis, Teachers College, New York.
- Temple, E., & Posner, M.I. (1998). Brain mechanisms of quantity are similar in 5-year-old children and adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95 (June), 7836–7841
- Thibaut L, Ceuppens S, De Loof H, De Meester J, Goovaerts L, Struyf A, Depaep F. (2018). Integrated STEM education: a systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*. 31: 1–12
- Thurston, W. (2005). *Mathematical Education*
- Uttal, D., & Cohen, C. (2012). Spatial Thinking and STEM Education: When, Why, and How? *Psychology of Learning and Motivation*, 57.
- Varma, S., McCandliss, B.D., & Schwartz, D.L. (2008). Scientific and pragmatic challenges for bridging education and neuroscience. *Educational Research*, 37, 140–152
- Vlamos, P., Plerou, A., & Bobori, C. (2015). *Cognitive Science: From Molecular Biology to Brain Function*.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101, 817–835.
- Wang, L., Li, M., Wang, T. and Zhou, X. (2022). *Mathematics Meets Science in the Brain*
- Weisberg, D. S., Keil, F. C., Goodstein, J., Rawson, E., and Gray, J. R. (2008). The seductive allure of neuroscience explanations. *J. Cogn. Neurosci.* 20, 470–477.
- Willetts, D. (2018). *A university education*. Oxford, UK: Oxford University Press.

- Willingham, D.T. (2018). Unlocking the science of how kids think: A new proposal for reforming teacher education.
- Yfanti, A., & Doukakis, S. (2021). Debunking the Neuromyth of Learning Style. In *GeNeDis 2020* (pp. 145-153). Springer, Cham.
- Zago, L, Pesenti, M., Mellet, E., Crivello, F., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2001). Neural correlates of simple and complex mental calculation. *NeuroImage*, 13, 314–327
- Zhang X, Hu B, Y, Ren L, Fan X. (2017). Pathways to reading, mathematics, science: examining domain-general correlates in young Chinese children.
- Μουτζούρη- Μανούσου, Ε., & Πρόσκολλη, Α., (2005). Τα Μονοπάτια της Μάθησης. Εφαρμογές στην Εκπαιδευτική Πράξη. Αθήνα: Πατάκη.
- Πασιάς, Γ., Φλουρής, Γ., Φωτεινός, Δ., (2015). Εισαγωγή στην Παιδαγωγική και την Εκπαίδευση. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Σαμπέρη, Ε. (2018). Πόσο απέχει η έρευνα της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης από τη διδακτική των μαθηματικών.
- Σιδηροπούλου Κ. (2015). Βασικές Αρχές Λειτουργίας Του Νευρικού Συστήματος. Από Τη Νευροφυσιολογία Στη Συμπεριφορά. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. ISBN: 978-960-603-476-3
- Στεφανίδης, Β. (2013). Μαθηματική Νόηση: Μελέτη Νευροφυσιολογικών Δεικτών Ικανών Να Περιγράψουν Τη Δυσκολία μαθηματικών Προβλημάτων

Παράρτημα Α: Πίνακες Ποσοστών Συμμετεχόντων

		Report									
ΣωστήΑπάντηση		Ερ.1	Ερ.2	Ερ.3	Ερ.4	Ερ.5	Ερ.6	Ερ.7	Ερ.8	Ερ.9	Ερ.10
Διαφωνώ	Mean	1,00	,60	,50	1,00	,45	,25	,35	,35	,40	,55
	Std. Deviation	,000	,503	,513	,000	,510	,444	,489	,489	,503	,510
	% of Total Sum	54,1%	48,0%	43,5%	54,1%	52,9%	31,3%	46,7%	43,8%	42,1%	45,8%
Συμφωνώ	Mean	1,00	,76	,76	1,00	,47	,65	,47	,53	,65	,76
	Std. Deviation	,000	,437	,437	,000	,514	,493	,514	,514	,493	,437
	% of Total Sum	45,9%	52,0%	56,5%	45,9%	47,1%	68,8%	53,3%	56,3%	57,9%	54,2%
Total	Mean	1,00	,68	,62	1,00	,46	,43	,41	,43	,51	,65
	Std. Deviation	,000	,475	,492	,000	,505	,502	,498	,502	,507	,484
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

		Report									
ΣωστήΑπάντηση		Ερ.11	Ερ.12	Ερ.13	Ερ.14	Ερ.15	Ερ.16	Ερ.17	Ερ.18	Ερ.19	Ερ.20
Διαφωνώ	Mean	,35	,30	,25	,25	,40	,40	,35	,25	,55	,45
	Std. Deviation	,489	,470	,444	,444	,503	,503	,489	,444	,510	,510
	% of Total Sum	46,7%	37,5%	38,5%	33,3%	40,0%	38,1%	43,7%	31,3%	47,8%	56,3%
Συμφωνώ	Mean	,47	,59	,47	,59	,71	,76	,53	,65	,71	,41
	Std. Deviation	,514	,507	,514	,507	,470	,437	,514	,493	,470	,507
	% of Total Sum	53,3%	62,5%	61,5%	66,7%	60,0%	61,9%	56,2%	68,8%	52,2%	43,8%
Total	Mean	,41	,43	,35	,41	,54	,57	,43	,43	,62	,43
	Std. Deviation	,498	,502	,484	,498	,505	,502	,502	,502	,492	,502
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

		Report									
ΣωστήΑπάντηση		Ερ.21	Ερ.22	Ερ.23	Ερ.24	Ερ.25	Ερ.26	Ερ.27	Ερ.28	Ερ.29	Ερ.30
Διαφωνώ	Mean	,35	,10	,35	,35	,30	,25	,65	,45	,45	,40
	Std. Deviation	,489	,308	,489	,489	,470	,444	,489	,510	,510	,503
	% of Total Sum	38,9%	33,3%	50,0%	41,2%	30,0%	35,7%	52,0%	50,0%	50,0%	47,1%
Συμφωνώ	Mean	,65	,24	,41	,59	,82	,53	,71	,53	,53	,53
	Std. Deviation	,493	,437	,507	,507	,393	,514	,470	,514	,514	,514
	% of Total Sum	61,1%	66,7%	50,0%	58,8%	70,0%	64,3%	48,0%	50,0%	50,0%	52,9%
Total	Mean	,49	,16	,38	,46	,54	,38	,68	,49	,49	,46
	Std. Deviation	,507	,374	,492	,505	,505	,492	,475	,507	,507	,505
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

		Report									
ΣωστήΑπάντηση		Ερ.31	Ερ.32	Ερ.33	Ερ.34	Ερ.35	Ερ.36	Ερ.37	Ερ.38	Ερ.39	Ερ.40
Διαφωνώ	Mean	,40	,40	,80	,30	,10	,35	,35	,55	,30	,30
	Std. Deviation	,503	,503	,410	,470	,308	,489	,489	,510	,470	,470
	% of Total Sum	57,1%	47,1%	51,6%	50,0%	25,0%	41,2%	50,0%	55,0%	40,0%	37,5%
Συμφωνώ	Mean	,35	,53	,88	,35	,35	,59	,41	,53	,53	,59
	Std. Deviation	,493	,514	,332	,493	,493	,507	,507	,514	,514	,507
	% of Total Sum	42,9%	52,9%	48,4%	50,0%	75,0%	58,8%	50,0%	45,0%	60,0%	62,5%
Total	Mean	,38	,46	,84	,32	,22	,46	,38	,54	,41	,43
	Std. Deviation	,492	,505	,374	,475	,417	,505	,492	,505	,498	,502
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Report

ΣωστήΑπάντηση		Ερ.41	Ερ.42	Ερ.43	Ερ.44	Ερ.45	Ερ.46	Ερ.47	Ερ.48	Ερ.49	Ερ.50
Διαφωνώ	Mean	,25	,35	,40	,40	,25	,25	,75	,35	,45	,55
	Std. Deviation	,444	,489	,503	,503	,444	,444	,444	,489	,510	,510
	% of Total Sum	29,4%	38,9%	36,4%	50,0%	35,7%	29,4%	53,6%	43,8%	52,9%	50,0%
Συμφωνώ	Mean	,71	,65	,82	,47	,53	,71	,76	,53	,47	,65
	Std. Deviation	,470	,493	,393	,514	,514	,470	,437	,514	,514	,493
	% of Total Sum	70,6%	61,1%	63,6%	50,0%	64,3%	70,6%	46,4%	56,3%	47,1%	50,0%
Total	Mean	,46	,49	,59	,43	,38	,46	,76	,43	,46	,59
	Std. Deviation	,505	,507	,498	,502	,492	,505	,435	,502	,505	,498
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Report

ΣωστήΑπάντηση		Ερ.51	Ερ.52	Ερ.53	Ερ.54	Ερ.55	Ερ.56	Ερ.57	Ερ.58	Ερ.59	Ερ.60
Διαφωνώ	Mean	,25	,00	,20	,70	,45	,30	,35	,45	,25	,20
	Std. Deviation	,444	,000	,410	,470	,510	,470	,489	,510	,444	,410
	% of Total Sum	38,5%	0,0%	28,6%	50,0%	45,0%	37,5%	36,8%	40,9%	29,4%	25,0%
Συμφωνώ	Mean	,47	,29	,59	,82	,65	,59	,71	,76	,71	,71
	Std. Deviation	,514	,470	,507	,393	,493	,507	,470	,437	,470	,470
	% of Total Sum	61,5%	100,0%	71,4%	50,0%	55,0%	62,5%	63,2%	59,1%	70,6%	75,0%
Total	Mean	,35	,14	,38	,76	,54	,43	,51	,59	,46	,43
	Std. Deviation	,484	,347	,492	,435	,505	,502	,507	,498	,505	,502
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Report

ΣωστήΑπάντηση		Ερ.61	Ερ.62	Ερ.63	Ερ.64	Ερ.65	Ερ.66	Ερ.67	Ερ.68	Ερ.69	Ερ.70
Διαφωνώ	Mean	,35	,45	,25	,40	,40	,60	,35	,25	,30	,35
	Std. Deviation	,489	,510	,444	,503	,503	,503	,489	,444	,470	,489
	% of Total Sum	38,9%	56,3%	38,5%	40,0%	38,1%	60,0%	38,9%	41,7%	50,0%	38,9%
Συμφωνώ	Mean	,65	,41	,47	,71	,76	,47	,65	,41	,35	,65
	Std. Deviation	,493	,507	,514	,470	,437	,514	,493	,507	,493	,493
	% of Total Sum	61,1%	43,8%	61,5%	60,0%	61,9%	40,0%	61,1%	58,3%	50,0%	61,1%
Total	Mean	,49	,43	,35	,54	,57	,54	,49	,32	,32	,49
	Std. Deviation	,507	,502	,484	,505	,502	,505	,507	,475	,475	,507
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Report

ΣωστήΑπάντηση		Ερ.71	Ερ.72	Ερ.73	Ερ.74	Ερ.75	Ερ.76	Ερ.77	Ερ.78	Ερ.79	Ερ.80
Διαφωνώ	Mean	,15	,40	,40	,45	,40	,20	,45	,35	,30	,20
	Std. Deviation	,366	,503	,503	,510	,503	,410	,510	,489	,470	,410
	% of Total Sum	42,9%	36,4%	50,0%	40,9%	47,1%	36,4%	40,9%	53,8%	37,5%	40,0%
Συμφωνώ	Mean	,24	,82	,47	,76	,53	,41	,76	,35	,59	,35
	Std. Deviation	,437	,393	,514	,437	,514	,507	,437	,493	,507	,493
	% of Total Sum	57,1%	63,6%	50,0%	59,1%	52,9%	63,6%	59,1%	46,2%	62,5%	60,0%
Total	Mean	,19	,59	,43	,59	,46	,30	,59	,35	,43	,27
	Std. Deviation	,397	,498	,502	,498	,505	,463	,498	,484	,502	,450
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Report

ΣωστήΑπάντηση		Ερ.81	Ερ.82	Ερ.83	Ερ.84	Ερ.85	Ερ.86	Ερ.87	Ερ.88	Ερ.89	Ερ.90
Διαφωνώ	Mean	,35	,40	,35	,35	,20	,20	,30	,35	,45	,25
	Std. Deviation	,489	,503	,489	,489	,410	,410	,470	,489	,510	,444
	% of Total Sum	41,2%	38,1%	43,8%	46,7%	44,4%	25,0%	30,0%	50,0%	56,2%	35,7%
Συμφωνώ	Mean	,59	,76	,53	,47	,29	,71	,82	,41	,41	,53
	Std. Deviation	,507	,437	,514	,514	,470	,470	,393	,507	,507	,514
	% of Total Sum	58,8%	61,9%	56,3%	53,3%	55,6%	75,0%	70,0%	50,0%	43,7%	64,3%
Total	Mean	,46	,57	,43	,41	,24	,43	,54	,38	,43	,38
	Std. Deviation	,505	,502	,502	,498	,435	,502	,505	,492	,502	,492
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Report

ΣωστήΑπάντηση		Ερ.91	Ερ.92	Ερ.93	Ερ.94	Ερ.95	Ερ.96	Ερ.97	Ερ.98	Ερ.99	Ερ.100
Διαφωνώ	Mean	,35	,35	,25	,30	,45	,30	,40	,40	,50	,30
	Std. Deviation	,489	,489	,444	,470	,510	,470	,503	,503	,513	,470
	% of Total Sum	41,2%	46,7%	41,7%	35,3%	45,0%	33,3%	47,1%	40,0%	41,7%	37,5%
Συμφωνώ	Mean	,59	,47	,41	,65	,65	,71	,53	,71	,82	,59
	Std. Deviation	,507	,514	,507	,493	,493	,470	,514	,470	,393	,507
	% of Total Sum	58,8%	53,3%	58,3%	64,7%	55,0%	66,7%	52,9%	60,0%	58,3%	62,5%
Total	Mean	,46	,41	,32	,46	,54	,49	,46	,54	,65	,43
	Std. Deviation	,505	,498	,475	,505	,505	,507	,505	,505	,484	,502
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Report

ΣωστήΑπάντηση		Ερ.101	Ερ.102	Ερ.103	Ερ.104	Ερ.105	Ερ.106	Ερ.107	Ερ.108	Ερ.109	Ερ.110
Διαφωνώ	Mean	,25	,40	,45	,15	,35	,25	,50	,40	,15	,40
	Std. Deviation	,444	,503	,510	,366	,489	,444	,513	,503	,366	,503
	% of Total Sum	38,5%	40,0%	40,9%	21,4%	43,8%	38,5%	62,5%	50,0%	21,4%	47,1%
Συμφωνώ	Mean	,47	,71	,76	,65	,53	,47	,35	,47	,65	,53
	Std. Deviation	,514	,470	,437	,493	,514	,514	,493	,514	,493	,514
	% of Total Sum	61,5%	60,0%	59,1%	78,6%	56,3%	61,5%	37,5%	50,0%	78,6%	52,9%
Total	Mean	,35	,54	,59	,38	,43	,35	,43	,43	,38	,46
	Std. Deviation	,484	,505	,498	,492	,502	,484	,502	,502	,492	,505
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Report

ΣωστήΑπάντηση		Ερ.111	Ερ.112	Ερ.113	Ερ.114	Ερ.115	Ερ.116	Ερ.117	Ερ.118	Ερ.119	Ερ.120	Ερ.121
Διαφωνώ	Mean	,50	,35	,40	,30	,45	,35	,55	,35	,45	,45	,30
	Std. Deviation	,513	,489	,503	,470	,510	,489	,510	,489	,510	,510	,470
	% of Total Sum	45,5%	35,0%	50,0%	37,5%	52,9%	46,7%	52,4%	35,0%	42,9%	40,9%	31,6%
Συμφωνώ	Mean	,71	,76	,47	,59	,47	,47	,59	,76	,71	,76	,76
	Std. Deviation	,470	,437	,514	,507	,514	,514	,507	,437	,470	,437	,437
	% of Total Sum	54,5%	65,0%	50,0%	62,5%	47,1%	53,3%	47,6%	65,0%	57,1%	59,1%	68,4%
Total	Mean	,59	,54	,43	,43	,46	,41	,57	,54	,57	,59	,51
	Std. Deviation	,498	,505	,502	,502	,505	,498	,502	,505	,502	,498	,507
	% of Total Sum	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.