

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
Π.Μ.Σ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη
μια
βιβλιογραφική επισκόπηση

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Ι. ΓΙΩΤΑΚΟΥ
Α.Μ: 185

Επιβλέπων : Αναστάσιος Μικρόπουλος
Καθηγητής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Ιωάννινα, Νοέμβριος 2014



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
Π.Μ.Σ. ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ ΜΙΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Ι. ΓΙΩΤΑΚΟΥ

Επιβλέπων : Αναστάσιος Μικρόπουλος
Καθηγητής Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την/...../.....

(Υπογραφή)

.....
Αναστάσιος Μικρόπουλος
Καθηγητής Πανεπ. Ιωαννίνων

(Υπογραφή)

.....
Κων/νος Κώτσης
Καθηγητής Πανεπ. Ιωαννίνων

(Υπογραφή)

.....
Δημήτρης Μαυρίδης
Λέκτορας Πανεπ. Ιωαννίνων

Ιωάννινα, Νοέμβριος 2014

(Υπογραφή)

.....

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Ι. ΓΙΩΤΑΚΟΣ

MSc.(Eng) Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Δ.Π.Θ

© 2014 – All rights reserved

Το μυαλό δεν είναι ένα δοχείο για

γέμισμα, αλλά

μια φωτιά για άναμμα.

(Πλούταρχος)

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αναλαμβάνει να παρουσιάσει μια συνοπτική επισκόπηση σε ένα σχετικά πρόσφατο τομέα έρευνας την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη. Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, σε μια πρώτη προσέγγιση, περιλαμβάνει ποικίλες συνθέσεις θεωριών, μεθόδων και τεχνικών της νευροεπιστήμης, όπως αυτές εφαρμόζονται και ενημερώνεται από την εκπαιδευτική έρευνα και πρακτική.

Στην συγκεκριμένη βιβλιογραφική εργασία αναζητήθηκαν συνεισφορές που αφορούσαν την εκπαιδευτική νευρολογία με κοινά σημεία για **1)** τα κίνητρα, τους στόχους και τις προοπτικές, **2)** θεωρίες, μεθόδους και συνεργασίες, και **3)** τις προκλήσεις, τα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις, τόσο δυνητικές όσο και πραγματικές, που προκύπτουν από την νευροεπιστημονική έρευνα.

Ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα είναι το ευρύ φάσμα των εμπλεκόμενων επιστημονικών πεδίων που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την έγκυρη και αξιόπιστη με πρακτική εφαρμογή εκπαιδευτική νευροεπιστήμη. Δίνεται σημαντική έμφαση στην ανάγκη να ορισθούν, να θεμελιωθούν και να χαρακτηρίσουν τα κίνητρα, η ηθική, οι μεθοδολογίες καθώς και οι πρακτικές επιπτώσεις για την εκπαιδευτική φιλοσοφία, την εκπαιδευτική έρευνα και την παιδαγωγική, αλλά και των προβλημάτων που ανακύπτουν για την καθιέρωση της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης λόγω της διεπιστημονικής φύσης της και της επακόλουθης ανάγκης της να συνδυάζει μια ποικιλία πηγών-πόρων μεθοδολογιών και αποτελεσμάτων.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Αναστάσιο Μικρόπουλο για την ευκαιρία, την συνεργασία και την καθοδήγησή που μου παρείχε καθώς και τους γονείς μου, Ιωάννη και Δήμητρα, την αδερφή μου Αγγελική και την Αλίν για την αγάπη τους, την αμέριστη κατανόηση, συναισθηματική, ηθική και οικονομική συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Αφιέρωση

Στους γονείς μου, Ιωάννη και
Δήμητρα και στην αδερφή μου
Αγγελική

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VI
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	VII
ΑΦΙΕΡΩΣΗ	VIII
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	IX
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ & ΕΙΚΟΝΩΝ	XII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	XIII
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ	1
1.1 Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ	6
1.2 ΟΙ ΝΕΥΡΩΝΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΑΨΕΙΣ	6
1.3 ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ	10
1.4 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ	12
1.5 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ	15
1.5.1 <i>Επεμβατικές τεχνικές-μέθοδοι</i>	15
1.5.2 <i>Μελέτες σε ζώα</i>	16
1.5.3 <i>Τεχνικές απεικόνισης και μέτρησης</i>	17
1.5.3.1 Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου NIRS	21
1.5.3.2 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα EEG	21
1.5.3.3 Προκλητά δυναμικά ERP	27
1.5.3.4 Μαγνητική τομογραφία, MRI	31
1.5.3.5 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία, f-MRI	35
1.6 ΝΕΥΡΟΜΥΘΟΙ	38
1.6.1 <i>Η «πλευρικότητα» του εγκεφάλου</i>	38
1.6.2 <i>Οι «κρίσιμες» περίοδοι</i>	39
1.6.3 <i>Εμπλουτισμένα περιβάλλοντα</i>	42
1.6.4 <i>Μελλοντικοί νευρομύθοι</i>	43
2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	45
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	47
3.1 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ	51

3.1.1	Ορισμός και αντικείμενο της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης.....	52
3.1.2	Ενστάσεις και αντιμετώπιση.....	56
3.1.3	Κίνητρα, στόχοι και προοπτικές της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης.....	57
3.1.4	Θεωρίες και μεθοδολογία.....	58
3.2	ΚΙΝΗΤΡΑ, ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ.....	61
3.2.1	Η χρήση των αναλογιών στην Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη.....	65
3.2.2	Μελέτες των νευρικών συσχετισμών της δημιουργικής ευφυΐας με λειτουργική τομογραφία 66	
3.3	Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ.....	70
3.4	ΣΥΝΔΕΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ.....	78
3.4.1	Νευροεκπαιδευτική έρευνα και προοπτικές στη μάθηση.....	80
3.4.2	Προκλήσεις, αποτελέσματα και συνέπειες.....	84
3.5	ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΓΝΩΣΤΙΚΗΣ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ.....	88
3.5.1	Πώς μπορεί η Γνωστική Νευροεπιστήμη να ενημερώσει την Εκπαίδευση.....	91
3.5.2	Προαπαιτούμενα για την αλληλεπίδραση Εκπαίδευσης και Νευροεπιστήμης.....	93
3.5.3	Συνεργασία μεταξύ Νευροεπιστήμης και Εκπαίδευσης.....	95
3.6	ΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ Η ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ.....	98
3.7	ΠΩΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΔΙΕΞΑΓΕΤΑΙ Η ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ.....	105
3.7.1	Μάθηση και Εκπαίδευση.....	108
3.7.2	Η σημασία των μελετών κοορτής.....	109
3.7.3	Παραδείγματα μελετών κοορτής.....	110
3.7.4	Συμπεράσματα μελετών κοορτής.....	117
3.8	ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ.....	118
3.8.1	Παιδαγωγικές επιπτώσεις.....	124
3.8.2	Συμπεράσματα και προκλήσεις.....	126
3.9	ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΓΚΕΦΑΛΟ, ΤΟΝ ΝΟΥ, ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΗΘΙΚΗ.....	128
3.9.1	Εστιασμένος στο πρόβλημα μεθοδολογικός πλουραλισμός.....	131
3.9.2	Πλαίσια για το επιγενετικό σύστημα εντός του πλαισίου.....	137
3.9.3	Ηθική, σκοποί και μέσα του Νου Εγκεφάλου και Εκπαίδευσης.....	141
4	ΕΠΙΛΟΓΟΣ: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	146
4.1	ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ-ΠΡΑΚΤΙΚΗ.....	147
4.2	Η ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΦΗΒΕΙΑΣ.....	151
4.3	Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ.....	152
4.4	Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ.....	154
4.5	ΕΞΑΤΟΜΙΚΕΥΜΕΝΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΧΙ ΕΠΙΛΟΓΗ Η ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΣ.....	156
4.6	ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΟΜΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	158
4.7	ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	160

5	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	161
5.1	ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	161
5.2	ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	191

Κατάλογος Σχημάτων & Εικόνων

ΣΧΗΜΑ 1-1 Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ, (ΠΗΓΗ: KANDEL, E.R., SCHWARTZ, H.H., JESSELL, T.M.).....	8
ΣΧΗΜΑ 1-2 ΔΟΜΗ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ, (ΠΗΓΗ: ΤΣΙΑΝΑΚΑ Ι. ΕΛΕΝΗ, ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕ ΥΠΟΣΥΝΕΙΔΗΤΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2009).....	9
ΣΧΗΜΑ 1-3 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΝΕΥΡΩΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΑΨΕΩΝ, (ΠΗΓΗ: ΤΣΙΑΝΑΚΑ Ι. ΕΛΕΝΗ, ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕ ΥΠΟΣΥΝΕΙΔΗΤΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2009)	10
ΣΧΗΜΑ 1-4 Η ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ΚΑΤΑ JASPERS. ΔΙΑΚΡΙΝΟΝΤΑΙ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ.....	23
ΣΧΗΜΑ 1-5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΕΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΡΥΘΜΩΝ ΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ, (ΠΗΓΗ: ΓΑΛΑΝΗΣ Γ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΡΥΘΜΩΝ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΕΓΚΕΦΑΛΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, 2008)	26
ΣΧΗΜΑ 1-6 ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΠΡΟΚΛΗΤΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ, (ΠΗΓΗ: ΤΣΙΑΝΑΚΑ Ι. ΕΛΕΝΗ, ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΩΝ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕ ΥΠΟΣΥΝΕΙΔΗΤΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ, ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2009)	28
ΣΧΗΜΑ 1-7 ΣΧΕΔΙΟ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ.....	33
ΣΧΗΜΑ 1-8 F-MRI ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΛΟΓΟΥ ΚΑΤΑΔΕΙΚΝΥΕΙ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ BROCA ΣΕ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΟ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΕ ΤΡΙΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ (ΔΕΞΙΑ).....	36
ΣΧΗΜΑ 1-9 Ο ΝΕΥΡΟΜΥΘΟΣ ΤΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ ΟΠΟΥ ΤΟ ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΛΟΓΙΚΟ ΗΜΙΣΥ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ, ΠΟΥ ΑΣΧΟΛΕΙΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΣΚΕΨΗ, ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΗ ΓΛΩΣΣΑ, ΕΝΩ ΤΟ ΔΕΞΙΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΩΣ Η ΔΙΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΚΑΙ ΑΣΧΟΛΕΙΤΑΙ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ ΠΑΡΑ ΜΕ ΛΟΓΙΑ	39
ΣΧΗΜΑ 3-1:.....	81
ΣΧΗΜΑ 3-2 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΝΟΣ ΑΛΓΕΒΡΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	122

Κατάλογος Πινάκων

ΠΙΝΑΚΑΣ 1-1 ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΠΛΑΤΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΡΥΘΜΩΝ EEG, (ΠΗΓΗ: ΤΕΡΖΗ ΒΑΛΕΝΤΙΝΗ, ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΣΥΝΘΕΣΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΕ ΗΕΓ, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2008)	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ ΠΡΩΤΗΣ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑΣ	51
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑΣ ΔΥΟ	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ ΠΕΜΠΤΗΣ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑΣ	88
ΠΙΝΑΚΑΣ 5 ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ ΕΚΤΗΣ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑΣ	98
ΠΙΝΑΚΑΣ 6 ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ ΟΓΔΩΗΣ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑΣ	106
ΠΙΝΑΚΑΣ 7 ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ ΟΓΔΩΗΣ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑΣ	118
ΠΙΝΑΚΑΣ 8 ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΑΤΗΣ ΥΠΟΕΝΟΤΗΤΑΣ	128
ΠΙΝΑΚΑΣ 9 ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ ΕΠΙΛΟΓΟΥ	146

Accept nothing, challenge
everything.

1

Εισαγωγή στην Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη

Όλα τα ζώα, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου, δέχονται πληροφορίες για το περιβάλλον τους μέσω ποικίλων αισθητικών υποδοχέων. Οι πληροφορίες από τους υποδοχείς αυτούς μετασχηματίζονται από τον εγκέφαλο σε αισθήσεις ή σε εντολές κίνησης, αλλά και μπορούν να αποθηκευτούν και ανακληθούν, (μνήμη), όταν χρειαστούν, το έργο αυτό επιτυγχάνεται μόνο με την χρησιμοποίηση των νευρικών κυττάρων καθώς και των μεταξύ τους συνδέσεων, (νευρικών συνάψεων).

Ο εγκέφαλος αποτελεί το πιο πολύπλοκο όργανο του νευρικού συστήματος, περιλαμβάνει περίπου 100 δισεκατομμύρια νευρικά κύτταρα και 100 τρισεκατομμύρια νευρικές συνάψεις! Λόγω της τεράστιας αυτής δικτύωσης και πολυπλοκότητας τόσο σε δομικό όσο και σε λειτουργικό επίπεδο ο πλήρης τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος παραμένει ακόμη ένα μυστήριο αλλά και ένα από τα σπουδαιότερα και πιο ενεργά ερευνητικά πεδία σήμερα. Η σπουδαιότητα της έρευνας σχετικά με τον εγκέφαλο, καταδεικνύεται από το γεγονός ότι η τελευταία δεκαετία του 20ού αιώνα (1990-2000) ονομάστηκε «Δεκαετία του Εγκεφάλου».

Η μελέτη της ανάπτυξης, της δομής και της λειτουργίας του νευρικού συστήματος επιτελείται από ένα ευρύτερο σύνολο επιστημών που καλείται Νευροεπιστήμη. Για να επιτελέσει το σκοπό της, η Νευροεπιστήμη χρησιμοποιεί τις μεθόδους, τις τεχνικές καθώς και τα μέσα που της παρέχουν οι επιστήμες:

- της Βιολογίας, όπως είναι η Βιολογία, η Βιοχημεία, η Φαρμακολογία, η Ανατομία και η Φυσιολογία κλπ,
- της Ιατρικής, όπως η Νευρολογία, η Νευροψυχολογία και η Ψυχιατρική

- της Ψυχολογίας με κυρίαρχη την Γνωσιακή και την Αναπτυξιακή Ψυχολογία.
- της Επιστήμης των Υπολογιστών, της στατιστικής και των Μαθηματικών

Αρχικά ο όρος νευροεπιστήμη χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του 1960, για να ορίσει ένα υποσύνολο των Βιολογικών επιστημών. Χάρη όμως στην ραγδαία πρόοδο των υπολογιστών και κατ' επέκταση την ανάπτυξη των υπολογιστικών μεθόδων και σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της Μοριακής Βιολογίας ο τομέας της νευροεπιστήμης έχει αναπτυχθεί και επεκταθεί σημαντικά.

Η πρόοδος αυτή έχει επιτρέψει στους Νευροεπιστήμονες να μελετήσουν σε βάθος το νευρικό σύστημα, πιο συγκεκριμένα πως δομείται, πως λειτουργεί και αναπτύσσεται, τι δυσλειτουργίες μπορούν να προκύψουν και πως θα μπορούσαν ενδεχομένως να αντιμετωπιστούν.

Μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες του εγκεφάλου που έγινε γνωστή χάρη στις Νευροεπιστήμες, είναι η «πλαστικότητα» του εγκεφάλου, δηλαδή η ικανότητα του να προσαρμόζεται, να τροποποιείται τόσο μορφολογικά όσο και λειτουργικά ως απάντηση στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Είναι αυτή η ικανότητα που του επιτρέπει να «μαθαίνει».

Συνεπώς τα αποτελέσματα της νευροεπιστημονικής έρευνας έχουν όχι μόνον εφαρμογή στην Ιατρική Επιστήμη αλλά και στις Επιστήμες της Αγωγής. Σήμερα, η Νευροεπιστήμη μας παρέχει συνεχώς δεδομένα για τους μηχανισμούς που διαμεσολαβούν στις διεργασίες μάθησης και μνήμης στο εσωτερικό του εγκεφάλου, έτσι τίθεται το ερώτημα του πόσο αποτελεσματικές και συμβατές είναι οι σύγχρονοι μέθοδοι αγωγής με τις διαδικασίες που αναπτύσσει ο εγκέφαλος για μάθηση.

Τα σύγχρονα επιτεύγματα της Νευροεπιστήμης υποδεικνύουν την ανάγκη για επανεξέταση όλων των μεθόδων διδασκαλίας που χρησιμοποιούνται από τα εκπαιδευτικά συστήματα. Η εφαρμογή των σημαντικών νέων γνώσεων για τον εγκέφαλο, για τη διδασκαλία και τη μάθηση, θα αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε την εκπαίδευση σήμερα, θα επηρεάσει άρδην κάθε έκφανση της εκπαιδευτικής δραστηριότητας και διαδικασίας, από την έναρξη της σχολικής ζωής και τις πολιτικές σχολικής ένταξης, τις μεθόδους αξιολόγησης και τις στρατηγικές διδασκαλίας, τα περιβάλλοντα μάθησης και τη χρήση της τεχνολογίας στην εκπαίδευση, μέχρι και την

καθημερινότητα του σύγχρονου ανθρώπου, αφού η μάθηση είναι μια αέναη διαδικασία που συντελείται εντός και εκτός των οργανωμένων εκπαιδευτικών μονάδων.

Η σε βάθος κατανόηση της λειτουργίας, των διεργασιών και του τρόπου με τον οποίο ο εγκέφαλος κατανοεί, μαθαίνει και προσαρμόζεται στα ερεθίσματα του περιβάλλοντός και η εφαρμογή τους στην «εκπαιδευτική αγωγή» θα αποτελέσουν την μόνη οδό προς την αυτογνωσία και την αυτοπραγμάτωση του ανθρώπου, καθόσον «υπάρχουμε» και αντιλαμβανόμαστε το περιβάλλον γύρω μας μέσω της λειτουργίας του εγκεφάλου.

Η δεκαετία του 1990 έχει δηλωθεί ως η «Δεκαετία του Εγκεφάλου» στις ΗΠΑ, (Bush, 1990), και αυτό οδήγησε σε ένα μεγάλο ερευνητικό πρόγραμμα, για τη λειτουργία και ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου (LC / NIMH, 2000). Μεγάλο μέρος της αρχικής εστίασης ήταν πάνω στην ψυχική υγεία, τις εκφυλιστικές διαταραχές, ή τις δυνατότητες κατανόησης της επίδρασης των φαρμάκων στον εγκέφαλο, αλλά το ενδιαφέρον σιγά σιγά επεκτάθηκε και στις επιπτώσεις της έρευνας για τον εγκέφαλο με σκοπό την εκπαίδευση.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να προκαλέσει αύξηση του ενδιαφέροντος σε ακαδημαϊκό επίπεδο για τους τρόπους με τους οποίους η πρόοδος στις νευροεπιστήμες θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην εκπαίδευση.

Το 1997 ο John Bruer, (Bruer, 1997), δημοσίευσε ένα πολύ σημαντικό άρθρο εκφέροντας μια από τις σημαντικότερες απόψεις των σκεπτικιστών για τη σχέση μεταξύ της νευροεπιστήμης και της εκπαίδευσης όπου και διαχώρισε τις έννοιες της «**νευροεπιστήμης**», της «**γνωστικής επιστήμης**», και της «**εκπαίδευσης**». Ο ίδιος υποστήριξε ότι ήταν δυνατό να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ νευροεπιστήμης και της γνωστικής επιστήμης, όπως και το χάσμα μεταξύ της γνωστικής επιστήμης και της εκπαίδευσης, αλλά το συνολικό χάσμα μεταξύ της νευροεπιστήμης και της εκπαίδευσης ήταν πολύ μεγάλο για να γεφυρωθεί σε διάστημα μιας μόνο εισαγωγής, δεδομένου πως ήταν -όπως ο ίδιος τη χαρακτηρίζει- «μια γέφυρα υπερβολικά μακριά». Είναι δυνατόν να γίνουν ακόμη πιο λεπτομερέστερες και τεχνικές διακρίσεις από αυτές του Bruer, όπως «νευροβιολογία», «νευροφυσιολογία», «γνωστική Νευροεπιστήμη», «γνωστική ψυχολογία», «εκπαιδευτική ψυχολογία» καθώς και παραλλαγές των παραπάνω. Το σημαντικό σημείο που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι μπορούμε να διακρίνουμε τουλάχιστον τρία διαφορετικά επίπεδα - τρόπους προσέγγισης και μελέτης, τα όρια μεταξύ των οποίων μπορεί να γίνουν αρκετά ασαφή.

Πιο συγκεκριμένα:

1. Σε πρώτο επίπεδο, οι επιστήμονες ενδιαφέρονται για την εσωτερική λειτουργία του εγκεφάλου. Αυτό είναι το επίπεδο της «**νευροεπιστήμης**», όπου διάφορες πτυχές της βιολογίας, της φυσιολογίας και της χημείας ασχολούνται με τη δομή, την οργάνωση και την ανάπτυξη του εγκεφάλου, σαν αυτός να αποτελούσε ένα φυσικό οργανισμό.
2. Το δεύτερο επίπεδο, αντιμετωπίζει τον εγκέφαλο ως ένα «μαύρο κουτί», μελετημένο πειραματικά, εξωτερικά. Αυτό είναι το επίπεδο της «**ψυχολογίας**», ιδιαίτερα στην πειραματική και γνωστική μορφή της, και ενδιαφέρεται για το αντίκτυπο στη συμπεριφορά που έχουν διάφοροι τύποι εισαγόμενων δυνάμεων – ερεθισμάτων -που εφαρμόζονται μέσα σε καθορισμένο πλαίσιο.
3. Στο τρίτο επίπεδο ασχολούμαστε με την πρακτική εφαρμογή της γνώσης σχετικά με την ανθρώπινη συμπεριφορά για να προωθηθεί η αποτελεσματική διδασκαλία και εκμάθηση. Αυτό αποτελεί το γόνιμο έδαφος της «**εκπαίδευσης**», η οποία είναι τόσο μια κοινωνική όσο και επιστημονική προσπάθεια- μάχη.

Τα τρία προαναφερθέντα επίπεδα δεν είναι ξένα μεταξύ τους, η Νευροεπιστήμη έχει επιπτώσεις στην ψυχολογία, όπως ακριβώς και η ψυχολογία έχει στην εκπαίδευση: «η γνωστική Νευροεπιστήμη» επιχειρεί να συνδέσει το πρώτο και δεύτερο επίπεδο, και είναι εύκολο να διακρίνει κανείς ότι επιστήμες όπως η κοινωνική ψυχολογία και η εκπαιδευτική ψυχολογία είναι το ίδιο κοντά στο τρίτο επίπεδο όσο και στο δεύτερο, αλλά αυτές οι διακρίσεις είναι μια χρήσιμη υπενθύμιση ότι πρόκειται για ένα πολύ μακρύ ταξίδι που ξεκινά από την ανακάλυψη σχετικά με τη φυσιολογία ή την οργάνωση του εγκεφάλου και καταλήγει στην πρακτική εφαρμογή μέσα σε μια εκπαιδευτική αίθουσα.

Ακόμη και οι πιο ένθερμοι υποστηρικτές των πιθανών συνεισφορών της νευροεπιστήμης, τονίζουν πως:

1. παρά την μεγάλη της πρόοδο, η έρευνα του εγκεφάλου δεν έχει βρει ακόμη εφαρμογή στη θεωρία ή στην πρακτική εκπαίδευση, (Blakemore & Frith, 2000).
2. Ο προσδιορισμός και η ανάλυση της επιτυχημένης παιδαγωγικής είναι το επίκεντρο της έρευνας στον τομέα της εκπαίδευσης, αλλά προς το παρόν αποτελεί ένα άγνωστο πεδίο για να γνωστική Νευροεπιστήμη, (Goswami, 2004).

Σύμφωνα με έκθεση του ΟΟΣΑ, (OECD, 2002), σχετικά με τα αποτελέσματα των συνεδρίων της γνωστικής Νευροεπιστήμης οι τρέχουσες μέθοδοι έρευνας στη γνωστική Νευροεπιστήμη περιορίζουν κατ'ανάγκη τους τύπους των ερωτημάτων που τίθενται. Για παράδειγμα, ερωτήματα όπως «Πώς τα άτομα μαθαίνουν να αναγνωρίζουν γραπτές λέξεις;» είναι πιο προσιτά από το «Πώς τα άτομα συγκρίνουν τα θέματα από διαφορετικές ιστορίες;»

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το πρώτο ερώτημα οδηγεί σε μελέτες όπου τα ερεθίσματα και οι νευροεπιστημονικές και εκπαιδευτικές αντιδράσεις- αποκρίσεις μπορούν εύκολα να ελεγχθούν και να αντιπαραβληθούν με κάποιο άλλο έργο-ενέργεια με αποτέλεσμα να γίνεται κατανοητό σε σχέση με ήδη διαδεδομένα γνωστικά μοντέλα.

Το δεύτερο ερώτημα αφορά πάρα πολλούς παράγοντες που δεν μπορούν να διαχωριστούν με επιτυχία κατά τη διάρκεια της πειραματικής δοκιμής. Για το λόγο αυτό, ο τύπος των εκπαιδευτικών έργων που ευνοείται από την κοινωνία θα παραμείνει πιο περίπλοκος από τους τύπους που θα μπορούσαν να εξυπηρετήσουν την γνωστική Νευροεπιστήμη.

Η μελέτη του εγκεφάλου έχει χρησιμοποιήσει ποικίλες μεθόδους ερευνών, συμπεριλαμβανόμενων επεμβατικών τεχνικών, μελέτες σε ζώα, και μια σειρά τεχνικών απεικόνισης. Κάθε μέθοδος έχει τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία της και παράγει αποτελέσματα, τα οποία πρέπει να ερμηνευτούν με προσοχή.

Για παράδειγμα:

1. Μελέτες πάνω σε αρουραίους έχουν δείξει ότι «εμπλουτισμένα» με ερεθίσματα περιβάλλοντα αυξάνουν την πυκνότητα των συνάψεων.
2. Μελέτες σε γάτες και μαϊμούδες υπαινίσσονται ότι ορισμένες λειτουργίες υποβάλλονται σε «κρίσιμες περιόδους» για την ανάπτυξη τους.
3. Μελέτες τεχνικών απεικόνισης της ανάπτυξης του ανθρώπινου εγκεφάλου, έχουν δείξει ότι η ωρίμανση-ανάπτυξη συνεχίζεται μέχρι και το αρχικό-πρώιμο στάδιο της ενηλικίωσης.
4. Μελέτες τεχνικών απεικόνισης σε ενήλικες, έχουν δείξει συνεχή πλαστικότητα στον ενηλικιωμένο ανθρώπινο εγκέφαλο.

Ολοκληρώνοντας τη σύντομη εισαγωγή θα πρέπει να αναφερθούμε και στο γεγονός ότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός «νεύρο-μύθων» οι οποίοι χρειάζεται να κατατριφθούν. Αυτοί περιλαμβάνουν ιδέες όπως «δεξιό και αριστερό εγκέφαλο», «κρίσιμες περίοδοι» κατά την διάρκεια της πρώιμης ηλικίας καθώς και «εμπλουτισμένα περιβάλλοντα» για τα νεαρά παιδιά.

Στη συνέχεια θα συζητήσουμε τι γνωρίζουμε για τον εγκέφαλο, πώς το γνωρίζουμε και τι έχουν να μας προτείνουν ορισμένες σημαντικές νευροεπιστημονικές μελέτες για τον εγκέφαλο και τη μάθηση. Κλείνοντας αυτή τη σύντομη εισαγωγή θα πρέπει να υπενθυμίσουμε πως πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί κατά τη διάκριση μεταξύ της **νευροεπιστήμης**, της **ψυχολογίας**, και της **εκπαίδευσης**, καθώς και επιφυλακτικοί

για το πώς μπορούμε να ερμηνεύσουμε τα ευρήματα από τη μια επιστημονική περιοχή στην άλλη.

1.1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος περιέχει περίπου 100 δισεκατομμύρια ενεργούς νευρώνες οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με συνάψεις. Ο αριθμός των νευρώνων μέσα στον εγκέφαλο παραμένει σχετικά σταθερός στην διάρκεια της ζωής ενός ατόμου. Η ωρίμανση - ανάπτυξη του εγκεφάλου ανάμεσα στην παιδική ηλικία και στην ενηλικίωση οφείλεται σχεδόν αποκλειστικά στις νέες συνδέσεις-συνάψεις μεταξύ των νευρώνων, μια διαδικασία γνωστή και ως συναπτογένεση.

Οι διαδικασίες της συναπτογένεσης, του «κλαδέματος» -εξάλειψη νευραξόνων κατά την ανάπτυξη- και της πλαστικότητας είναι από τις πιο σημαντικές για την ανάπτυξη του εγκεφάλου.

Ο εγκέφαλος είναι διαιρεμένος σε δυο ημισφαίρια, καθένα από τα οποία έχει τέσσερις λοβούς, οι οποίοι συνδέονται με τις γνωστικές μας λειτουργίες. Ο εγκέφαλος έχει μια εξελιγμένη βασική δομή, στην οποία οι στοιχειώδεις λειτουργίες είναι ευρέως κατανεμημένες, πρόκειται για έναν παράλληλο επεξεργαστή με υψηλή συνδεσιμότητα και υψηλό πλεονασμό, και λειτουργεί με έναν πιθανολογικό τρόπο.

1.2 Οι νευρώνες και οι συνάψεις

Ο μέσος ανθρώπινος εγκέφαλος ενός ενήλικα ζυγίζει περίπου ένα κιλό και διακόσια πενήντα γραμμάρια, περιέχει περίπου 100 δισεκατομμύρια ενεργά νευρικά κύτταρα, γνωστά ως **νευρώνες**, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για όλες τις νοητικές μας δραστηριότητες, (Greenfield, 1999). Ο ανθρώπινος εγκέφαλος περιέχει τουλάχιστον δέκα δισεκατομμύρια νευρώνες στον εγκεφαλικό φλοιό οι οποίοι συνδέονται μέσω των συνάψεων των οποίων το πλήθος είναι της τάξης των εκατό τρισεκατομμυρίων.

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος διακρίνεται στον εγκεφαλικό ιστό που περιέχει τα δύο ημισφαίρια, στον διάμεσο εγκέφαλο με το θάλαμο και τον υποθάλαμο, στο μέσο

εγκέφαλο, στον οπίσθιο εγκέφαλο με τη γέφυρα και την παρεγκεφαλίδα και στον τελικό εγκέφαλο με τον προμήκη μυελό, Σχήμα 1-1 **Error! Reference source not found.**

Οι νευρώνες είναι η κυριότερη λειτουργική μονάδα του εγκεφάλου, σχηματίζουν τη «**φαιά ουσία**» του εγκεφάλου και παράλληλα με αυτούς υπάρχουν επίσης πολλά δισεκατομμύρια, (ίσως 1000 δισεκατομμύρια), «**νευρογλοιακά κύτταρα**», τα οποία σχηματίζουν μια υποστηρικτική δομή, αλλά δεν συμβάλλουν άμεσα στην νοητική δραστηριότητα. Τα νευρικά κύτταρα παράγουν ηλεκτρικά σήματα που μεταδίδονται από το ένα μέρος του κυττάρου στο άλλο, ενώ ταυτόχρονα εκλύουν βιοχημικές ουσίες προκειμένου να επικοινωνήσουν με άλλα κύτταρα.

Οι νευρώνες αν και παρουσιάζουν ποικιλία μεγεθών και σχημάτων, αποτελούνται από τέσσερα βασικά μέρη: α) το κυρίως σώμα τους με τον πυρήνα, β) τους δενδρίτες, γ) τον άξονα και δ) τις απολήξεις του όπως φαίνεται στο Σχήμα 1-2. Οι νευρικές ώσεις από το κυτταρικό σώμα οδεύουν κατά μήκος του άξονα και καταλήγουν στην απόληξή του.

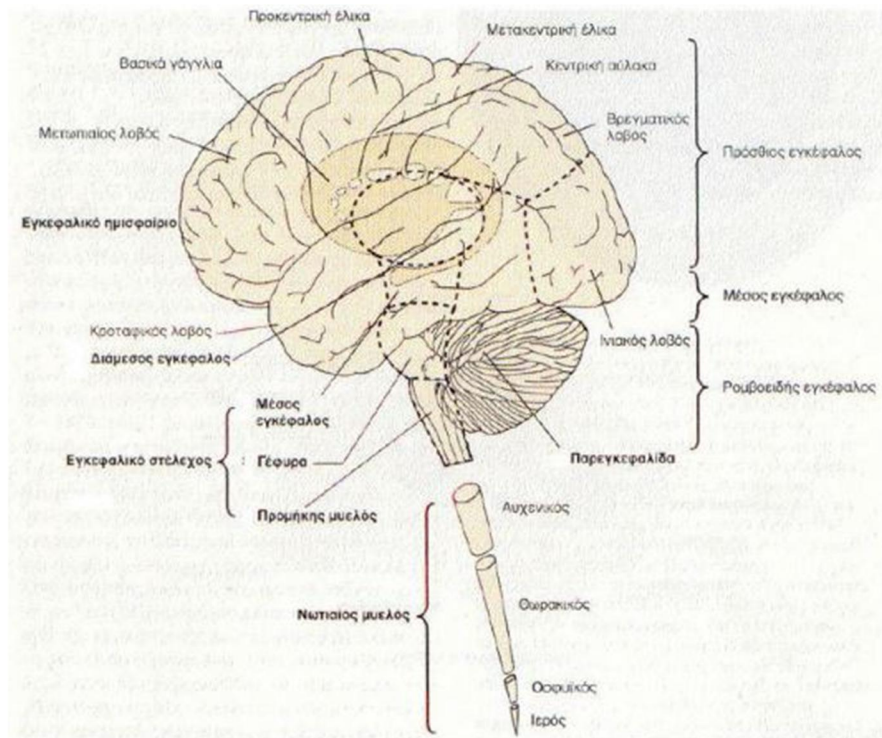
Η ειδική σύνδεση μεταξύ δύο νευρώνων ονομάζεται **σύναψη**. Οι συνάψεις δημιουργούνται κατά κανόνα μεταξύ των απολήξεων του άξονα ενός νευρώνα και του κυτταρικού σώματος ή δενδρίτη ενός άλλου, καθώς και μπορούν να δημιουργηθούν και μεταξύ δενδριτών ή και μεταξύ δενδρίτη και κυτταρικού σώματος ή ακόμη και μεταξύ των απολήξεων δύο αξόνων, Σχήμα 1-3.

Με τον τρόπο αυτό, οποιοσδήποτε νευρώνας μπορεί να συνδέεται με πολλές χιλιάδες άλλους νευρώνες. Η κύρια αντίληψη είναι ότι σχεδόν όλοι οι νευρώνες που τελικά θα αποτελέσουν μέρος του ώριμου ανθρώπινου εγκεφάλου σχηματίζονται κατά την εμβρυική ζωή στη μήτρα και είναι παρόντες από τη στιγμή της γέννησης, αν και έχει πρόσφατα αναφερθεί ότι ορισμένα τμήματα του εγκεφάλου έχουν βρεθεί να παράγουν νέους νευρώνες (OECD 2002: 67).

Η ανταλλαγή των μηνυμάτων μεταξύ των νευρώνων δεν φαίνεται να λειτουργεί με δυαδικό τρόπο, σαν μέρος ενός κυκλώματος υπολογιστή - δηλαδή δεν λειτουργούν σαν διακόπτες όπου ένας νευρώνας είτε θα ενεργοποιείται, «ON» ή θα απενεργοποιείται «OFF» - αλλά φαίνεται ότι ο βαθμός ενεργοποίησης των νευρώνων φαίνεται να είναι συνεχώς μεταβαλλόμενος, (OECD, 2002).

Ενώ ο συνολικός αριθμός των νευρώνων στον ανθρώπινο εγκέφαλο παραμένει σχετικά σταθερός από τη γέννηση, **ο αριθμός των συνάψεων-συνδέσεων ανάμεσα στους νευρώνες υφίσταται σημαντικές αλλαγές** γι' αυτό και ένα μεγάλο μέρος της νευροεπιστήμης έχει ασχοληθεί με τη μελέτη αυτών των αλλαγών. Αυτό που αλλάζει

δραματικά είναι η ανάπτυξη των νευραξόνων και των δενδριτών και ο αριθμός των συνάψεων που συνδέουν τους νευρώνες.



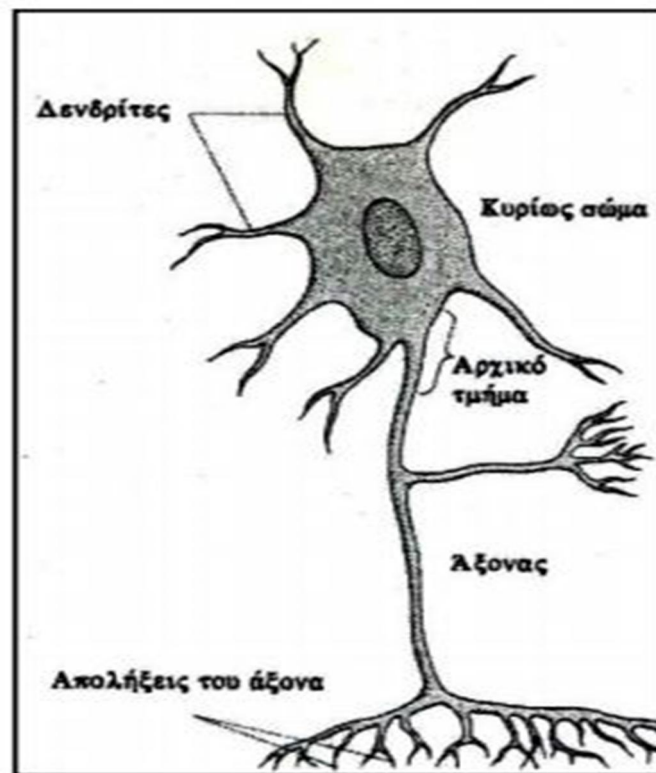
Σχήμα 1-1 Ο ανθρώπινος εγκέφαλος, (Πηγή: Kandel, E.R., Schwartz, H.H., Jessell, T.M., «Βασικές Αρχές Νευροεπιστημών», Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης, 2006.)

Η παραπάνω διαδικασία είναι γνωστή ως **συναπτογένεση** και εμφανίζεται σε διάφορα μέρη του εγκεφάλου σε διαφορετικό χρόνο. Κάπως παράδοξα, αυτό οδηγεί στο γεγονός, το αναπτυσσόμενο μυαλό να έχει πολύ περισσότερες συνάψεις από ότι θα είναι παρόντες στον ενήλικο εγκέφαλο: ένα μέρος της ωρίμανσης του εγκεφάλου δεν αποτελείται τόσο από ανάπτυξη-αύξηση όσο από την διαδικασία του «κλαδέματος» του αριθμού των συνοπτικών συνδέσεων μεταξύ των νευρώνων, μία διαδικασία η οποία μοιάζει να είναι ένα σύνολο από «μικρο-ρυθμίσεις» του εγκεφάλου ως αποτέλεσμα απόκρισης σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα, και οδηγεί στην μείωση του αριθμού των συνάψεων έως τα σωστά ενήλικα επίπεδα του εγκεφάλου.

Καθώς η ανάπτυξη συνεχίζεται μια διαδικασία γνωστή ως «μυελίνωση» πραγματοποιείται. Αυτή περιλαμβάνει μια αύξηση στην επικάλυψη του νευράξονα κάθε

νευρώνα που χρησιμεύει για τη βελτίωση της μόνωσης του και ως εκ τούτου να κάνει τις υπάρχουσες συνδέσεις πιο αποτελεσματικές.

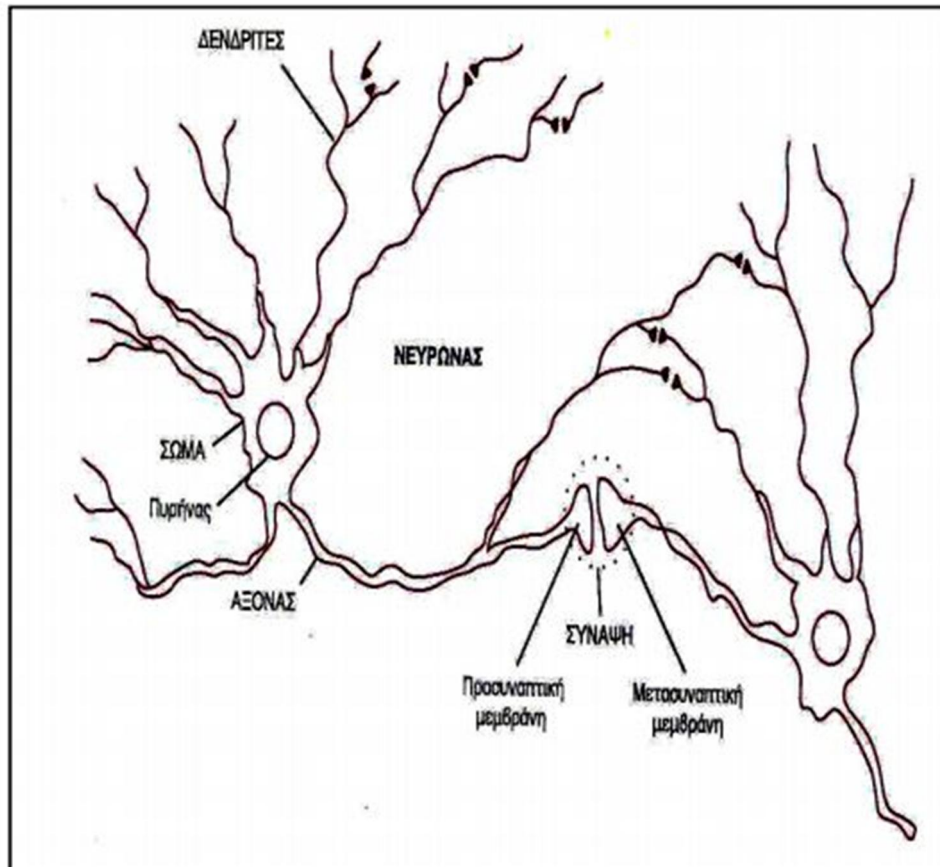
Η ικανότητα του εγκεφάλου να αλλάζει ως αποτέλεσμα της μάθησης, ή σαν απόκριση στις περιβαλλοντικές αλλαγές, είναι γνωστή ως «πλαστικότητα» και είναι ιδιαίτερα εμφανής, αλλά όχι περιοριστικά, στα βρέφη κατά τα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης, (OECD, 2002).



Σχήμα 1-2 Δομή νευρικού κυττάρου, (Πηγή: Τσιανάκα Ι. Ελένη, Καταγραφή και επεξεργασία εγκεφαλικών προκλητών δυναμικών σε πειραματικές συνθήκες με υποσυνείδητα ερεθίσματα, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Ιούλιος 2009)

Η γενική εικόνα της ανάπτυξης του εγκεφάλου είναι σαφής, υπάρχουν εκρήξεις συναπτογένεσης, κορυφώσεις πυκνότητας, και στη συνέχεια αναδιάταξη συνάψεων και σταθεροποίηση τους με μυελίνωση, που συμβαίνουν σε διαφορετικό χρόνο και βαθμό για διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου, (δηλαδή έχουμε διαφορετικές ευαίσθητες περιόδους για την ανάπτυξη των διαφόρων τύπων γνώσης).

Ο όγκος του εγκεφάλου τετραπλασιάζεται μεταξύ της γέννησης και την ενηλικίωση, λόγω του πολλαπλασιασμού των συνδέσεων, και όχι λόγω της παραγωγής νέων νευρώνων.



Σχήμα 1-3 Σχηματική αναπαράσταση νευρώνων και συνάψεων, (Πηγή: Τσιανάκα Ι. Ελένη, Καταγραφή και επεξεργασία εγκεφαλικών προκλητών δυναμικών σε πειραματικές συνθήκες με υποσυνείδητα ερεθίσματα, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Ιούλιος 2009)

Παρ' όλα αυτά, ο εγκέφαλος είναι εξαιρετικά πλαστικός, και σημαντικές νέες συνδέσεις δημιουργούνται συχνά στην ενήλικη ζωή ως απάντηση στη μάθηση ή σε περιβαλλοντικές προσβολές, (όπως ένα εγκεφαλικό επεισόδιο), (Goswami, 2004).

1.3 Εγκεφαλικές δομές

Ο εγκέφαλος δεν αποτελεί μία ομοιογενή μάζα κυττάρων. Υπάρχουν αναγνωρίσιμες δομές μέσα σε αυτήν και σε γενικές γραμμές οι δομές αυτές συνδέονται με συγκεκριμένους τύπους νοητικής δραστηριότητας. Ίσως το πιο γνωστό δεδομένο της

εγκεφαλικής γεωγραφίας είναι ότι ο εγκέφαλος χωρίζεται σε δύο ημισφαίρια, αριστερό και δεξί, τα οποία συνδέονται από μια μάζα των νευρικών ινών, που ονομάζεται μεσολόβιο, το οποίο μεταφέρει μηνύματα μεταξύ των δύο ημισφαιρίων.

Ο εγκέφαλος χωρίζεται επίσης και σε μέρη τα οποία ασχολούνται με τη μη συνειδητή ρύθμιση των σωματικών λειτουργιών, (π.χ. αναπνοή ή πέψη), τις βασικές κινήσεις και τα συναισθήματα, καθώς και τις περιοχές εκείνες στις οποίες παράγεται η σκέψη. Το τμήμα του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνο για τη συνειδητή σκέψη, είναι ο **νεοφλοιός**, ο οποίος βρίσκεται στην εξωτερική επιφάνεια του εγκεφάλου, (OECD, 2002).

Το κάθε ημισφαίριο χωρίζεται σε επιμέρους δομές, τους «**λοβούς**», που έχουν επιφορτιστεί με συγκεκριμένα καθήκοντα: ο **μετωπιαίος λοβός** με τον προγραμματισμό και τη δράση, ο **κροταφικός λοβός**, (που βρίσκεται στην κάτω πλευρά του κάθε ημισφαιρίου), με την ακοή, τη μνήμη και την αναγνώριση αντικειμένων, ο βρεγματικός λοβός, (βρίσκεται στο άνω μέσο), με την αίσθηση και τη επεξεργασία του χώρου (χωρικές ικανότητες) και ο **ινιακός λοβός**, (στο πίσω μέρος), με την όραση, (OECD, 2002). Σύμφωνα με τους Blakemore και Frith, ορισμένα τμήματα του εγκεφάλου μπορούν επίσης να χαρακτηριστούν και ως: ο «**κινητικός φλοιός**», ο «**αισθητικός φλοιός**» και ο «**οπτικός φλοιός**», (Blakemore & Frith, 2000).

Εντός του εγκεφάλου βρίσκεται και ο **ιππόκαμπος**, ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον σχηματισμό των αναμνήσεων, συμπεριλαμβανομένης και της χωρικής μνήμης και του προσανατολισμού, όπως και η **αμυγδαλή** που συνδέεται με τις συναισθηματικές αντιδράσεις μας.

Τέλος, στο κάτω οπίσθιο μέρος του εγκεφάλου βρίσκεται η **παρεγκεφαλίδα** η οποία είναι υπεύθυνη για τον συντονισμό των κινήσεων και το **εγκεφαλικό στέλεχος** που είναι υπεύθυνο για τη σύνδεση του εγκεφάλου με τον νωτιαίου μυελό, το οποίο δρα ως το κύριο σύστημα μετάδοσης μηνυμάτων μεταξύ του εγκεφάλου και του υπόλοιπου σώματος.

Παρόλα αυτά, η έκθεση του OECS μας προειδοποιεί ότι: Η ανωτέρω περιγραφή αποτελεί μια σκιαγράφιση των εγκεφαλικών δομών με γενικούς χαρακτηρισμούς αφού καθώς κάθε λοβός υποδιαιρείται με τη σειρά του σε περαιτέρω συμπλεγμένα δίκτυα νευρώνων που ειδικεύονται στην επεξεργασία συγκεκριμένων πληροφοριών. Είναι πολύ σημαντικό να τονίσουμε πως κάθε σύνθετη δεξιότητα, όπως για παράδειγμα η πρόσθεση ή η αναγνώριση λέξεων, εξαρτάται από τη συντονισμένη δράση πολλών εξ αυτών των

ειδικευμένων νευρικών δικτύων που βρίσκονται εντοπισμένα σε διάφορα μέρη του εγκεφάλου, (OECD, 2002).

1.4 Εντοπισμός των εγκεφαλικών λειτουργιών

Οι Byrnes και Fox, (1998), σκιαγραφούν την ιστορία μιας μακράς διαφωνίας μεταξύ των υποστηρικτών της άποψης ότι συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες εντοπίζονται μέσα στον εγκέφαλο μόνο σε συγκεκριμένες περιοχές, (οι «τοπικιστές»), και σε εκείνους που πιστεύουν ότι «όλες οι περιοχές του εγκεφάλου έχουν ίση δυνατότητα να εκτελέσουν διάφορες εργασίες, (οι «ολιστές»).

Τα επιχειρήματα υπέρ των «τοπικιστών» προέρχονται από μελέτες σε βλάβες του εγκεφάλου ή βλάβες σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου οι οποίες οδηγούν σε απώλεια συγκεκριμένων λειτουργιών, ενώ στον αντίποδα οι οπαδοί της ολιστικής προσέγγισης βασίστηκαν σε στοιχεία που δείχνουν ότι οι τραυματισμοί σε διάφορα μέρη του εγκεφάλου μπορούν να οδηγήσουν στο ίδιο έλλειμμα αλλά και σε μελέτες σε ζώα οι οποίες έδειξαν ότι μεγάλα τμήματα του εγκεφάλου των αρουραίων θα μπορούσαν να αφαιρεθούν χωρίς να εμφανιστεί κανένα έλλειμμα, (Byrnes & Fox, 1998).

Η τρέχουσα άποψη είναι πιο περίπλοκη, και σε κάποιο βαθμό μπορεί να συμφωνήσει και με τις δύο απόψεις. Πιστεύεται πλέον ότι σχεδόν κάθε γνωστική λειτουργία αποτελείται από την συνδυασμένη δράση ενός αριθμού μικρότερων «στοιχειωδών» λειτουργιών από τις οποίες κάποιες είναι εντοπισμένες τοπικά χωρίς να αποκλείει τη δυνατότητα ορισμένων τμημάτων του εγκεφάλου να έχουν αποκλειστικά ειδικές λειτουργίες. Ωστόσο, οι πιο πολύπλοκες λειτουργίες βρίσκονται διανεμημένες σε πολλαπλές περιοχές του εγκεφάλου.

Η έννοια του «σύνθετου» στην προηγούμενη συζήτηση, είναι μια σχετική έννοια, αφού ακόμη και οι πιο βασικές εργασίες που μπορεί να φαίνονται «στοιχειώδεις» μέσα σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο, (π.χ. αναγνώριση αριθμών), μπορεί νευροεπιστημονικά να είναι «σύνθετες».

Η τρέχουσα άποψη είναι ότι ο εγκέφαλος λειτουργεί μέσω ενός αριθμού «κατανεμημένων λειτουργιών και υποσυστημάτων», (Byrnes & Fox, 1998). Σύμφωνα με τους Byrnes και Fox, (1998), υπάρχουν κάποιες χαρακτηριστικές λειτουργίες του εγκεφάλου οι οποίες αναιρούν την ισχύ των επιχειρημάτων της

αυστηρής τοπικιστικής άποψης, χωρίς να αποκλείουν την πιθανότητα οι να συνδέονται με συγκεκριμένες αναγνωρίσιμες περιοχές του εγκεφάλου. Αυτές είναι οι έννοιες της «**παραλληλίας**», της «**σύνδεσης** », του «**πλεονασμού**» και της «**πιθανολογικής δράσης**». Εν συντομία: η «**παραλληλία**» βεβαιώνει ότι οι βασικές λειτουργίες που συνθέτουν μια πολύπλοκη λειτουργία εκτελούνται ταυτόχρονα σε διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου και όχι το ένα μετά το άλλο με σειριακή τρόπο. Η «**συνδεσιμότητα**», σημειώνει ότι ο πολύ μεγάλος αριθμός των συνδέσεων μεταξύ νευρώνων συνεπάγει υψηλό βαθμό αλληλεπίδρασης μεταξύ των υποσυστημάτων. Ο «**πλεονασμός**» υποστηρίζει ότι «ο εγκέφαλος πραγματοποιεί συχνά περισσότερα καθήκοντα από ό,τι έχει να κάνει», έτσι ώστε να μπορεί να εκτελέσει περίπλοκες λειτουργίες, ακόμη και με την αποτυχία ορισμένων στοιχειωδών λειτουργιών. Και η «**πιθανολογική δράση**» σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητη η επίτευξη της βεβαιότητας για την πραγματοποίηση μιας λειτουργίας.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες μαζί εξηγούν γιατί συγκεκριμένες βλάβες του εγκεφάλου ή άλλες ανωμαλίες δεν παράγουν πάντοτε τα ελλείμματα στην απόδοση που θα περιμέναμε να δούμε αν οι πολύπλοκες λειτουργίες είχαν «τοπικό» χαρακτήρα. Ο Brandt, (1999), περιγράφει αυτή την οργάνωση του εγκεφάλου ως τον «**εξελιγμένο αρθρωτό εγκέφαλο**». Το πρόβλημα για τους νευροεπιστήμονες ανάγεται στην κατανόηση του πώς όλες αυτές οι στοιχειώδεις λειτουργίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και συνεργάζονται.

Οι Geake και Cooper, (2003), το περιγράφουν ως εξής: «... Τα ερευνητικά στοιχεία της τελευταίας δεκαετίας έχουν υπάρξει ιδιαίτερα κατατοπιστικά όσο αναφορά τη λειτουργική αρθρωτή σύνδεση, δηλαδή ότι διαφορετικές διακριτές περιοχές του εγκεφάλου, ειδικά μέσα στον φλοιό, εμπλέκονται σημαντικά στην πρόκληση διαφόρων γνωστικών συμπεριφορών...» και συνεχίζουν αναφέροντας το εξής παράδειγμα: «οι τομογραφίες εκπομπής ποζιτρονίων έχουν δείξει διαφορετικές περιοχές του φλοιού που σχετίζονται με την γλώσσα στο εσωτερικό του κυρίαρχου εγκεφαλικού ημισφαιρίου για την ανάγνωση, την ομιλία, τη γραφή και την κατανόηση λέξεων ...», καταλήγουν δε στο ότι: « δεδομένου ότι τα εν λόγω καθήκοντα συχνά εκτελούνται ταυτόχρονα, προβλέπεται ότι το θέμα του συγχρονισμού θα είναι η εστίαση των γνωστικών νευροεπιστημονικών ερευνών για την τρέχουσα δεκαετία.»

Ένας ακόμη παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι ότι οι λειτουργίες που εκτελούνται από συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου, δεν είναι κατ' ανάγκη

προκαθορισμένες από τη στιγμή της γέννησης, αλλά μπορούν να αλλάξουν και να τροποποιηθούν ως αποτέλεσμα των περιβαλλοντικών διαφοροποιήσεων.

Ο Goswami, (2004), περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο ένα μέρος του εγκεφάλου, το οποίο συνήθως συνδέεται με την ακουστική ανάλυση (ακρόαση), χρησιμοποιείται για την οπτική - χωρική ανάλυση από τους ανθρώπους που γεννιούνται κωφοί και κάνουν χρήση της νοηματικής γλώσσας. Ομοίως, σε τυφλούς ανθρώπους που διαβάζουν Μπράιγ, έχει βρεθεί ότι μια περιοχή του εγκεφάλου, η οποία συνήθως συνδέεται με την όραση, χρησιμοποιείται για την ανάλυση μέσω αφής.

Είναι σαφές ότι αυτές είναι ακραίες περιβαλλοντικές διαφορές, αλλά δηλώνουν όμως ότι τουλάχιστον **ορισμένες περιοχές του εγκεφάλου μπορούν να αναπτυχθούν εξελιχθούν για να εκτελέσουν διαφορετικές λειτουργίες, ανάλογα με τα περιβαλλοντικά ερεθίσματα στα οποία εκτίθενται.**

Είναι, επίσης, όλο και πιο σαφές ότι οι συναπτικές συνδέσεις στον εγκέφαλο, μπορεί να αλλάξουν και να ανασχηματιστούν κατά τη διάρκεια της ζωή τους ως αποτέλεσμα της μάθησης, ή ως απάντηση σε κάποιο τραυματισμό, έτσι ώστε **«ο εγκέφαλος να διατηρεί την πλαστικότητά του κατά τη διάρκεια της ζωής του»**, (OECD, 2002).

1.5 Μέθοδοι παρατήρησης και μελέτης του εγκεφάλου

Σε αυτή την ενότητα θα εξετάσουμε εν συντομία μερικές από τις μεθόδους που έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη του εγκεφάλου, και μερικές από τις βασικές νευροεπιστημονικές μελέτες που έχουν χρησιμοποιηθεί ως βάση για την νευροεπιστημονική αντίληψη της εκπαίδευσης. Θα δούμε πώς μερικά από τα αποτελέσματα των μελετών αυτών έχουν παρερμηνευθεί και οδήγησαν σε μια σειρά από δημοφιλείς ανακρίβειες, προτού επιχειρήσουμε να κάνουμε μια σύνθεση του τι είναι σήμερα αποδεκτό ως ορθή-καθιερωμένη γνώση σχετικά με τη νευροεπιστήμη και τις επιπτώσεις της στην εκπαίδευση.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους οι επιστήμονες έχουν μελετήσει τον εγκέφαλο. Οι κυριότερες μέθοδοι-τεχνικές κατατάσσονται στις: **επεμβατικές τεχνικές**, στις **μελέτες σε ζώα** και στις **μη επεμβατικές τεχνικές απεικόνισης και μέτρησης**. Κάθε μια από αυτές έχει τις χρήσεις της αλλά και τα όριά της. Οι συνεχώς αναπτυσσόμενες και εξελιγμένες σύγχρονες τεχνικές προσφέρουν ελπίδες για δραστικά αυξημένη γνώση στο μέλλον.

1.5.1 Επεμβατικές τεχνικές-μέθοδοι

Ένας από τους πρώτους και πιο άμεσους τρόπους για τη μελέτη του εγκεφάλου είναι μέσω της αυτοψίας και της χειρουργικής επέμβασης στον εγκέφαλο. Είναι σαφές ότι, ενώ αυτό προσφέρει άμεση πρόσβαση στο αντικείμενο της μελέτης, έχει περιορισμένη χρήση για την κατάληξη σε συμπεράσματα για το γενικό, υγιή, ανθρώπινο πληθυσμό. Ωστόσο, στην μεν περίπτωση της αυτοψίας, έχει επιτρέψει στους επιστήμονες να μετρήσουν την πυκνότητα των συνάψεων με αρκετή ακρίβεια και στην περίπτωση της χειρουργικής επέμβασης, να μελετήσει τις επιπτώσεις των χειρουργικών επεμβάσεων, σε εγκεφαλικές παρεμβάσεις, ή βλάβες του εγκεφάλου από τραυματισμό ή ασθένεια, (OECD, 2002).

Οι νευροεπιστήμονες που έχουν μελετήσει τις επιπτώσεις των βλαβών του εγκεφάλου στη γνωστική λειτουργία έχουν συνδέσει τις βλάβες σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου με συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες. Οι Byrnes και Fox, (1998), έχουν αναφέρει κάποια προβλήματα με αυτή τη προσέγγιση: επειδή οι βλάβες του εγκεφάλου επηρεάζουν συνήθως πολλαπλές μικρές περιοχές του εγκεφάλου, δεν είναι πάντα εφικτό

να είμαστε σίγουροι σχετικά με το ποια είναι η βασική περιοχή - ακόμη και αν δημιουργηθεί μια σύνδεση μεταξύ της ζημίας και της απώλεια της λειτουργίας του, αυτό δεν σημαίνει ότι η περιοχή ελέγχει αποκλειστικά τη συγκεκριμένη λειτουργία, (μπορεί κάλλιστα να εκτελεί μια ζωτικής σημασίας , αλλά παρόλα αυτά βοηθητική λειτουργία).

Επιπλέον, η βλάβη σε μια περιοχή του εγκεφάλου συχνά προκαλεί απώλεια επιδόσεων και όχι την πλήρη εξάλειψη της δυνατότητας ή της λειτουργίας, (κάτι το οποίο υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει ακριβής αντιστοιχία μεταξύ μιας περιοχής του εγκεφάλου και μιας λειτουργίας).

Τέλος, επειδή όλοι οι εγκέφαλοι δεν οργανώνονται με τον ίδιο τρόπο, έχουν παρουσιαστεί σημαντικές και ξεχωριστές διαφορές σχετικά με τον τοπικό εντοπισμό μιας εγκεφαλικής, (Byrnes & Fox, 1998).

1.5.2 Μελέτες σε ζώα

Οι Byrnes και Fox, (1998), περιγράφουν συνοπτικά διάφορους τρόπους με τους οποίους τα ζώα έχουν χρησιμοποιηθεί σε νευροεπιστημονικές μελέτες. Μερικοί από αυτούς έχουν να κάνουν με:

1. χειρουργικές επεμβάσεις για να εξεταστούν τα αποτελέσματα της βλάβης σε μια λειτουργία,
2. μελέτη της επίδρασης φαρμάκων ή ορμονών,
3. την επιβολή προσωρινής ανικανότητας λειτουργίας μιας περιοχής μέσω της μείωσης της θερμοκρασίας των τμημάτων αυτών του εγκεφάλου, και
4. χρήση της «μονάδας καταγραφής», η οποία αποτελεί την εισαγωγή ενός ηλεκτροδίου στον εγκέφαλο του ζώου για την καταγραφή της τοπικής ηλεκτρικής δραστηριότητας.

Τέλος, υπάρχουν και οι μελέτες συμπεριφοράς των ζώων, όπως εκείνες οι οποίες περιλαμβάνουν εκτροφή των αρουραίων μέσα σε ποικίλα εμπλουτισμένα περιβάλλοντα, (Byrnes & Fox, 1998; Greenough et al, 1987). Οι μελέτες σε ζώα όπως αυτές, ,μπορεί ή

όχι, να περιλαμβάνουν και περεταίρω έρευνα μετά τη σφαγή των ζώων, πάνω στις επιπτώσεις των παρεμβάσεων που έγιναν στην δομή του εγκεφάλου και την ανάπτυξη.

Το προφανές σημείο είναι ότι τα ζώα δεν είναι άνθρωποι - είναι λιγότερο ευέλικτα στη συμπεριφορά τους και δεν διαθέτουν τις ανώτερες ανθρώπινες δεξιότητες. Είναι επίσης γνωστό ότι οι θέσεις ορισμένων διεργασιών στον εγκεφάλου των ζώων είναι διαφορετικές από εκείνες στον ανθρώπινο εγκέφαλο, π.χ. αρουραίοι και άνθρωποι φαίνεται να χρησιμοποιούν διαφορετικά μέρη του εγκεφάλου για τη μνήμη.

Όλοι αυτοί οι περιορισμοί καταδεικνύουν το πόσο δύσκολο είναι να προεκτείνουμε και να χρησιμοποιήσουμε τα συμπεράσματα από μελέτες σε ζώα για να ερμηνεύσουμε πιθανές επιπτώσεις στην ανθρώπινη μάθηση.

1.5.3 Τεχνικές απεικόνισης και μέτρησης

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές τεχνικές απεικόνισης που χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μελέτη του εγκεφάλου και της δράσης του, (Blakemore & Frith, 2000, Goswami, 2004, ΟΟΣΑ, 2002, Posner et al, 2001). **Βασίζονται στην υπόθεση ότι κάθε έργο θα έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις από τον εγκέφαλο και ότι αυτό θα αντικατοπτριστεί στις αλλαγές στην εγκεφαλική δραστηριότητα.**

Η έρευνα για τον προσδιορισμό των παραμέτρων που συνδέονται με τη λειτουργία του εγκεφάλου έχει γίνει αποδεκτή τον τελευταίο αιώνα. Στις αρχές του 19 ου αιώνα ο Gall και ο Spurzheim, (Gall, F. J. & Spurzheim, 1810), εκδιώχθηκαν από την επιστημονική κοινότητα για την τότε λεγόμενη επιστήμη της φρενολογίας. Τότε δήλωσαν ότι υπάρχουν 27 ξεχωριστά όργανα στον εγκέφαλο τα οποία ελέγχουν διάφορες ηθικές, σεξουαλικές και διανοητικές ιδιότητες. Το πόσο σημαντικό ήταν το καθένα, για κάθε άτομο ξεχωριστά, καθοριζόταν από τα εξογκώματα στο κρανίο. Η επιστημονική γνώση πίσω από όλους αυτούς τους ισχυρισμούς μπορεί να είχε πολλές ελλείψεις αλλά εισήγαγε για πρώτη φορά την ιδέα του εντοπισμού λειτουργίας μέσα στον εγκέφαλο.

Οι περισσότερες διαθέσιμες πληροφορίες για τον ανθρώπινο εγκέφαλο προέρχονταν από άτομα που είχαν μεγάλες κακώσεις στο κεφάλι ή από άτομα που έπασχαν από διάφορες διανοητικές διαταραχές, (Penfield, W. & Rasmussen, 1952). Καθορίζοντας το μέγεθος του τραυματισμού του εγκεφάλου και τη φύση της απώλειας κάποιας λειτουργίας, ήταν πιθανό να εξάγουν συμπεράσματα για το ποιές

περιοχές του εγκεφάλου ευθύνονταν για συγκεκριμένες λειτουργίες. Ασθενείς με βαριές νευρολογικές διαταραχές, κάποιες φορές θεραπεύονταν αφαιρώντας κάποια περιοχή από τον εγκέφαλο τους. Μετά την εγχείρηση οι ασθενείς εξετάζονταν χρησιμοποιώντας ερεθίσματα που παρουσιάζονταν μόνο στο δεξί ή μόνο στο αριστερό ημισφαίριο, (Sperry, R. W. ,1968).

Μερικές μετρούν την ηλεκτρική δραστηριότητα στον εγκέφαλο, ενώ άλλες μετρούν τη ροή του αίματος εντός του εγκεφάλου, με την υπόθεση ότι η αυξημένη δραστηριότητα απαιτεί και αύξηση της ροής του αίματος. Ορισμένες τεχνικές έχουν πολύ καλή χρονική ανάλυση, μπορούν μετρήσουν τις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα μέσα σε χιλιοστά του δευτερολέπτου, ενώ άλλες έχουν καλή χωρική ανάλυση, μπορούν να εντοπίσουν δραστηριότητα στον εγκέφαλο με ακρίβεια χιλιοστού, αλλά λίγες τεχνικές μπορούν να επιτύχουν και τα δυο. Είναι επίσης μερικές φορές δυνατόν να συνδυαστούν οι παραπάνω τεχνικές.

Με την εξέλιξη των τεχνικών απεικόνισης με Υπολογιστική Τομογραφία (CT) και την Απεικόνιση με Μαγνητικό Συντονισμό, (MRI), ήταν δυνατός ο καλύτερος προσδιορισμός της πάσχουσας περιοχής σε ασθενείς με εγκεφαλικούς τραυματισμούς. Παράλληλα, οι μετρήσεις από τα ηλεκτρικά σήματα στο δέρμα του κρανίου που προέρχονται από την ενεργοποίηση νευρώνων σε εξωτερικά ερεθίσματα, με την καταγραφή των Εγκεφαλικών Προκλητών δυναμικών και του Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος, (EEG), άνοιξε νέους δρόμους για τη μελέτη εγκεφαλικής λειτουργίας στα φυσιολογικά άτομα. Ωστόσο ήταν η έλευση της μεθόδου λειτουργικής Απεικόνισης της Τομογραφίας Εκπομπής Ποζιτρονίων, (PET), της Τομογραφίας Μονοφωτονικής Εκπομπής, (SPECT), της λειτουργικής απεικόνισης Μαγνητικού Συντονισμού, (f-MRI), και του Μαγνητικού Εγκεφαλογραφήματος, (MEG), που οδήγησαν στη νέα εποχή μελέτης της εγκεφαλικής λειτουργίας. Μια σχετικά νέα μέθοδος λειτουργικής απεικόνισης εγκεφάλου, η οποία γνωρίζει ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια είναι η Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου, (NIRS).

Το **ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, (EEG)**, λειτουργεί συνδέοντας ένα σύνολο ηλεκτροδίων στο τριχωτό της κεφαλής και μετρώντας την ασθενή σε ένταση ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου. Αυτά τα ηλεκτρόδια μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα σκελετό, (σαν κράνος), ώστε να μπορεί να επιτρέψει κάποια κινητικότητα. Μια στενά συνδεδεμένη τεχνική, είναι εκείνη της μετρήσεως των **προκλητών δυναμικών**

απόκρισης, (ERPs), όπου μελετώνται οι αλλαγές στην ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου ως απόκριση σε κάποιο επιβαλλόμενο-προκλητό εξωτερικό ερέθισμα. Η **μαγνητοεγκεφαλογραφία, (MEG)**, βασίζεται στη μέτρηση των μαγνητικών πεδίων που συνδέονται με την ηλεκτρική δραστηριότητα. Όλες αυτές οι τεχνικές έχουν καλή χρονική ανάλυση, αλλά σχετικά μικρή χωρική ανάλυση.

Η **μαγνητική τομογραφία, (MRI)**, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της δομής του εγκεφάλου, επειδή οι διαφορετικές δομές μέσα σε αυτόν, έχουν διαφορετικές μαγνητικές ιδιότητες ανάλογα με τη σύνθεσή τους. Παρόμοια με αυτή, (μαγνητική τομογραφία), είναι η **λειτουργική μαγνητική τομογραφία, (functional-MRI, fMRI)**, η οποία χρησιμοποιείται για τη μελέτη της εγκεφαλικής δραστηριότητας, και λειτουργεί επειδή οι μαγνητικές ιδιότητες αλλάζουν στο αίμα σύμφωνα με την ποσότητα του οξυγόνου που περιέχει, και αυτό με τη σειρά του αλλάζει με το επίπεδο της δραστηριότητας. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να επιτύχουν υψηλή χωρική ανάλυση. Τα επίπεδα χρονικής ανάλυσης βελτιώνονται διαρκώς, αλλά δεν έχουν ακόμη φτάσει στα επίπεδα του EEG.

Μειονεκτήματα της Μαγνητικής τομογραφίας και της f-MRI είναι ότι απαιτούν το άτομο να βρίσκεται ακίνητο εντός ενός κλειστού θαλάμου σάρωσης, κάτι το οποίο είναι δύσκολο για τα άτομα που υποφέρουν από κλειστοφοβία, και ότι επίσης, απαιτούν ένα ισχυρό μαγνητικό πεδίο που μπορεί να είναι εξαιρετικά θορυβώδες με συνέπεια τα άτομα να πρέπει να φορούν ωτοασπίδες για να προστατεύσουν την ακοή τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτούνται ευέλικτοι και πρόθυμοι ασθενείς, (δηλαδή είναι απίθανο να είναι χρήσιμη για εξέταση σε παιδιά).

Η **τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων, (PET)**, βασίζεται σε ένα ραδιενεργό ισότοπο που εγχέεται στην κυκλοφορία του αίματος. Ανιχνευτές ακτινοβολίας τοποθετούνται γύρω από το κεφάλι και μπορούν στη συνέχεια να ανιχνεύσουν τη ροή του αίματος στον εγκεφαλο. Η χρήση των ιονίζουσων ακτινοβολιών περιορίζει σαφώς τα άτομα πάνω στα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι σαρώσεις PET, (δεν είναι κατάλληλο για χρήση σε παιδιά ή σε γυναίκες σε ηλικία τεκνοποίησης). Η χρονική ανάλυση των τομογραφιών εκπομπής ποζιτρονίων είναι σχετικά χαμηλή, και η ίδια η σάρωση μπορεί να διαρκέσει μεγάλο χρονικό διάστημα, μέχρι και 2 ώρες.

Άλλες τεχνικές που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς περιλαμβάνουν τη **διακρανιακή**

μαγνητική διέγερση, (TMS), στην οποία, ο μαγνητισμός χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει μια προσωρινή αναστάτωση, ή αναστολή, μιας εντοπισμένης περιοχής του εγκεφάλου, έτσι ώστε οι ερευνητές να μπορούν στη συνέχεια να μελετήσουν αν αυτό σχετίζεται με μια συγκεκριμένη λειτουργία. Σύμφωνα με τους Posner και λοιπούς, (Posner et al, 2001), περαιτέρω έρευνα απαιτείται για να προσδιοριστεί αν αυτή η τεχνική είναι απαλλαγμένη από ανεπιθύμητες ενέργειες

Η **οπτική τοπογραφία, (OT)**, χρησιμοποιεί τη φασματοσκοπία σε σχεδόν υπέρυθρη ακτινοβολία, (**NIRS**) για να μελετήσει τη ροή του αίματος, αλλά απαιτεί περαιτέρω εξέλιξη. Αυτές οι τεχνικές είναι λιγότερο συχνές από τα, EEG, f-MRI, τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων, και τις παραλλαγές τους.

Με όλες αυτές τις τεχνικές **υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με τη χωρική ή χρονική ανάλυση που μπορούν να επιτύχουν, τις πρακτικές δυσκολίες στη διεξαγωγή της σάρωσης, και γεννώνται ερωτήσεις σχετικά με την καταλληλότητα των διαφόρων τεχνικών για διαφορετικούς τύπους ατόμων.**

Υπάρχουν επίσης και άλλοι περιορισμοί που δεν είναι τόσο εύκολα εμφανείς. Για παράδειγμα, υπάρχει η «**έλλειψη ανατομικής τυποποίησης**» που δυσχεραίνει τις συγκρίσεις μεταξύ των ατόμων, η «**ετερογένεια στις αποκρίσεις διαφορετικών ατόμων**», προβλήματα με **το λόγο σήματος προς θόρυβο των τεχνικών**, και τα προβλήματα με **τη στατιστική ισχύ των δοκιμών** που χρησιμοποιούνται για να προσδιοριστούν οι διαφορές, (Posner et al, 2001).

Σύμφωνα με τους Posner και λοιπούς, (2001), όλα τα παραπάνω συγκλίνουν στο ότι ο ερευνητής θα πρέπει να υιοθετήσει μια ιδιαίτερα προσεκτική προσέγγιση για τη χρήση των πορισμάτων που προκύπτουν από αυτές τις τεχνικές απεικόνισης. Τα αρνητικά ευρήματα θα πρέπει να ερμηνεύονται με προσοχή, τα θετικά ευρήματα θα πρέπει να ερμηνεύονται υπό την μορφή διασταυρωμένων υποθέσεων και οι μελέτες απεικόνισης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά τρόπο που να συμπληρώνουν τις υπόλοιπες ερευνητικές στρατηγικές, (Posner et al, 2001).

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε συνοπτικά τις κυριότερες απεικονιστικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται ευρέως στην μελέτη του εγκεφάλου.

1.5.3.1 Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου NIRS

Η Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου έχει αναγνωρισθεί ως μια μοναδική, μη επεμβατική τεχνική για εκτιμήσεις της οξυγόνωσης του ιστού και της αιμοδυναμικής. Οι διαγνωστικές εφαρμογές της τεχνικής αυτής εστιάζονται κυρίως σε κλινικές νευρο-ψυχολογικές εφαρμογές καθώς και σε παρακολούθηση οξυγόνωσης εγκεφάλου νεογνών. Το 1993 παρουσιάστηκε για πρώτη φορά η Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου στην παρακολούθηση εγκεφαλικής λειτουργίας, (Hoshi, Y. & Tamura, M. 1993a,b; Kato et. al, 1993), καθώς εμφανίστηκαν αλλαγές στην οξυγόνωση της αιμοσφαιρίνης και στον όγκο του αίματος σε συγκεκριμένες περιοχές μετά την εφαρμογή κάποιου ερεθίσματος. Σειρές από μελέτες έχουν αποκαλύψει ότι η Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου έχει την προοπτική να χρησιμοποιηθεί σε λειτουργική χαρτογράφηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας.

Η Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου μετρά τις αλλαγές στις συγκεντρώσεις της οξυγονωμένης, (oxy-Hb), και μη-οξυγονωμένης, (deoxy-Hb), αιμοσφαιρίνης κυρίως στο αίμα στις φλέβες του εγκεφάλου. Η αιμοσφαιρίνη είναι μια πρωτεΐνη που βρίσκεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια και μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς. Η ολική άθροιση των αλλαγών της οξυγονωμένης και μη οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης δίνει τις αλλαγές στην συνολική αιμοσφαιρίνη (t-Hb) που αντιπροσωπεύει αυτές στον όγκο του αίματος. Αλλαγές της οξυγονωμένης και μη οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης σχετίζονται με αλλαγές σε εγκεφαλικό ρυθμό μεταβολισμού (CMRO₂) και οι αλλαγές της ολικής αιμοσφαιρίνης σχετίζονται με αυτές της εγκεφαλικής ροής αίματος (CBF).

Η Φασματοσκοπία Εγγύς Υπερύθρου έχει υψηλή χρονική ανάλυση, (0.5s), είναι εύκολα εφαρμόσιμη και χρησιμοποιεί φορητό εξοπλισμό που επιτρέπει τις μετρήσεις και εκτός κλινικού περιβάλλοντος, (M. Tamura, Y. Hoshi & F. Okada, 1997).

1.5.3.2 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα EEG

Μια πιο παλιά μέθοδος αλλά πολύ χρήσιμη στο παρελθόν αλλά και σήμερα είναι το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, (EEG). Η πρώτη καταγραφή του ηλεκτρικού πεδίου του ανθρώπινου εγκεφάλου έγινε από τον Γερμανό ψυχίατρο H.Berger το 1924 ο οποίος έδωσε στην καταγραφή αυτή το όνομα Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), (Swartz B.E, 1998). Το Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα στηρίζεται στην καταγραφή των

διαφορών δυναμικού, οι οποίες παρουσιάζονται σε σημεία της εξωτερικής δερματικής επιφάνειας του ανθρώπινου κεφαλιού. Τα δυναμικά τα οποία μετρούμε μεταξύ δύο ηλεκτροδίων στην εξωτερική δερματική επιφάνεια του κεφαλιού οφείλονται ουσιαστικά σε ρεύματα ιόντων διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης των νευρώνων που συμμετέχουν στην εκάστοτε εγκεφαλική διεργασία.

Η παρεμβολή μεταξύ του ηλεκτροδίου και του εγκεφάλου ενός στρώματος πάχους 2-3 cm, (δέρμα, κρανίο, σκληρά μήνιγγα) εξασθενεί το σήμα κατά 10 τουλάχιστον φορές. Είναι απαραίτητη η ενίσχυση των σημάτων αυτών για καλύτερη απεικόνιση καθώς και η πυκνότερη κάλυψη του κεφαλιού με απαγωγά ηλεκτρόδια για μεγαλύτερη ακρίβεια και εποπτεία της εγκεφαλικής λειτουργίας, (Srinivasan R., Tucker D.M. & Murias M, 1998). Η ενίσχυση και η καταγραφή αυτών των κυμάτων, που αντιπροσωπεύουν ένα άθροισμα ταυτόχρονων ηλεκτρικών αλλαγών πολλών εγκεφαλικών κυττάρων αποτελεί το «ηλεκτροεγκεφαλογράφημα», (EEG).

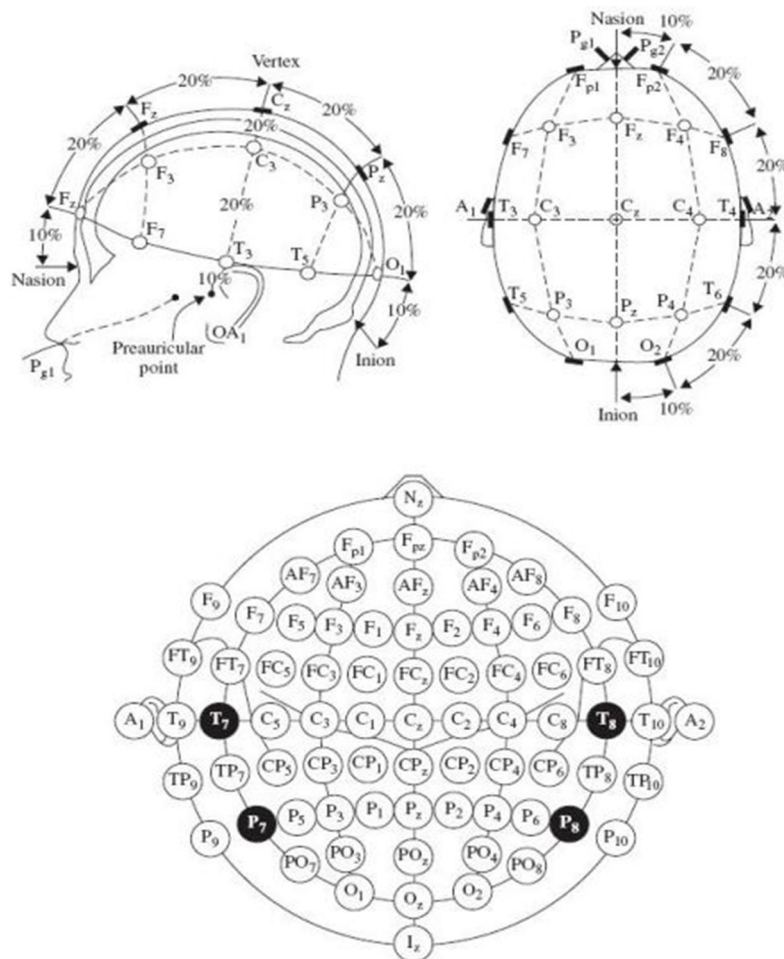
Το πρώτο στάδιο του συστήματος λήψης και επεξεργασίας των σημάτων του EEG ξεκινάει από τα ηλεκτρόδια τα οποία τοποθετούνται πάνω στο κεφάλι. Τα ηλεκτρόδια είναι αισθητήρες, οι οποίοι μετατρέπουν το ρεύμα ιόντων στο εσωτερικό του κρανίου σε ρεύμα ηλεκτρονίων μέσα στο καλώδιο, το οποίο οδηγεί το ρεύμα αυτό σε επόμενα στάδια επεξεργασίας. Η επαφή των ηλεκτροδίων με το δέρμα γίνεται μέσω μιας κολλώδους ουσίας ή μέσω ενός μικρού δακτυλιδιού, που από τη μια μεριά προσκολλάται στο δέρμα και από την άλλη στο κυρίως ηλεκτρόδιο.

Στα σημεία όπου τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια, το δέρμα καθαρίζεται καλά με οινόπνευμα για να επιτύχουμε χαμηλή αντίσταση επαφής, κάτω από 5 ΚΩ. Στα ίδια σημεία χρησιμοποιείται ειδικό υγρό που έχει τον ρόλο ηλεκτρολύτη. Το ηλεκτρόδιο έρχεται σε απ' ευθείας επαφή με τον ηλεκτρολύτη. Έτσι είναι δυνατή η κίνηση ιόντων μέσω του «συνόρου» ηλεκτροδίου - ηλεκτρολύτη μέχρι να επέλθει η ισορροπία. Η ισορροπία αυτή είναι συνάρτηση της ιοντικής συγκέντρωσης που υπάρχει στις δύο πλευρές του συνόρου. Δημιουργούνται τελικά δύο φορτισμένα στρώματα στις δύο πλευρές του συνόρου, ένα στη μεταλλική επιφάνεια και ένα πάνω στο υγρό υλικό κάτω από το ηλεκτρόδιο, εμφανίζοντας έτσι μια διαφορά δυναμικού η οποία εμποδίζει τη συνέχιση της κίνησης των ιόντων, αλλά είναι ταυτόχρονα ευαίσθητη στις μεταβολές των συγκεντρώσεων των ιόντων.

Όταν μέσα στον εγκέφαλο υπάρχει σήμα, δηλαδή ροή ιόντων, αυτό θα προκαλέσει μεταβολή της ιοντικής συγκέντρωσης και αυτόματα μεταβολή της διαφοράς δυναμικού

των στρωμάτων, άρα και ροή ηλεκτρονίων από την πλευρά του αγώγιμου ηλεκτροδίου.

Είναι επιθυμητό η τάση στο «σύνоро» να επηρεάζεται μόνο από ιοντικά ρεύματα του ανθρώπινου κεφαλιού και όχι από θερμοκρασιακές μεταβολές ή μηχανικές μετακινήσεις των ηλεκτροδίων. Την απαίτηση αυτή ικανοποιούν ηλεκτρόδια αποτελούμενα από το συνδυασμό ενός μετάλλου με το αντίστοιχο άλας του. Ένα από τα συνήθως χρησιμοποιούμενα ηλεκτρόδια είναι αυτό που κατασκευάζεται από άργυρο, (Ag) και χλωριούχο άργυρο, (AgCl), και χρησιμοποιείται με ηλεκτρολύτη που περιέχει κυρίως ανιόντα χλωρίου, (Cl-), (Srinivasan R., Tucker D.M. & Murias M, 1998 ; Tassinary L.G., Geen T.H., Cacioppo J.T. et. al., 1990).



Σχήμα 1-4 Η διάταξη των ηλεκτροδίων κατά Jaspers. Διακρίνονται τα ηλεκτρόδια αναφοράς A1, A2 καθώς και το ηλεκτρόδιο κορυφής Cz [24].

Η ευρεία χρησιμοποίηση του συστήματος 10-20 ή αλλιώς διάταξη κατά Jaspers, Σχήμα 1 6, οφείλεται στο γεγονός ότι προσαρμόζεται σε διάφορες διαστάσεις κεφαλιών, (μικρά παιδιά, ενήλικες). Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί διάφορες επεκτάσεις του μοντέλου αυτού, όπως το μοντέλο 10-10, (Tassinary L.G., Geen T.H., Cacioppo J.T. et. al., 1990), και το μοντέλο 10-5, (Jasper H.H,1958), στις οποίες παρεμβάλλονται ηλεκτρόδια ανάμεσα στις θέσεις του συστήματος 10-20.

Οι προεκτάσεις αυτές γίνονται με σκοπό να αυξηθεί ο αριθμός των παρεχόμενων καναλιών. Το μοντέλο που έχει γίνει αποδεκτό και έχει τεκμηριωθεί από την Αμερικανική Ηλεκτροεγκεφαλογραφική Κοινότητα, (American Electroencephalographic Society), (Oostenveld R., Praamstra P., 2001), είναι το 10-10 το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα. Το μοντέλο 10-5 αν και είναι υποσχόμενο βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο.

Το κάθε σήμα το οποίο ενισχύεται στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα είναι η διαφορά μεταξύ των δυναμικών που ανά πάσα στιγμή παρουσιάζουν τα δύο ηλεκτρόδια μεταξύ τους. Οι διαφορές δυναμικού που ανιχνεύονται, οδηγούνται στο τμήμα της ενισχυτικής διάταξης του EEG η οποία περιέχει και διατάξεις φιλτραρίσματος. Εκεί κάθε ανιχνευόμενο σήμα ενισχύεται ώστε να μπορεί να μετρηθεί. Συντελεστές ενίσχυσης της τάξης του 105 είναι συνηθισμένοι.

Η πρώτη βαθμίδα ενίσχυσης, η προενίσχυση, πρέπει να αποτελείται από ενισχυτές χαμηλού θορύβου. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούνται κυκλώματα με συνδυασμούς διαφορικών ενισχυτών, ώστε ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος, (common mode rejection ratio - CMRR), να είναι στο επίπεδο των 120 dB.

Κατόπιν τα αναλογικά σήματα μέσω συσκευής πολυπλεξίας οδηγούνται στον μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα, (A/D converter), όπου τα ψηφιακά πλέον σήματα καταμετρώνται σε ηλεκτρονικό βολτόμετρο.

Στη συνέχεια, ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής λαμβάνει τα ψηφιακά δεδομένα των μετρήσεων, οπότε υπάρχει η δυνατότητα για ψηφιακή επεξεργασία και απεικόνιση του σήματος, είτε κατά τη διάρκεια των μετρήσεων, (online), είτε σε ύστερο χρόνο εφόσον αποθηκευτεί το σήμα στο δίσκο του υπολογιστή, (offline), (American Electroencephalographic Society, 1994).

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του ηλεκτροεγκεφαλογράφηματος είναι το φάσμα συχνοτήτων του. Το φάσμα αυτό μπορεί να πάρει τιμές μικρότερες του 1 Hz έως μερικές

δεκάδες Hz ενώ μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις κυρίως περιοχές συχνοτήτων που αναφέρονται ως ρυθμοί του EEG, δέλτα, θήτα, άλφα και βήτα ρυθμός Σχήμα 1-5.

Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι οι συχνότητες των αρμονικών από τις οποίες αποτελούνται δηλαδή το φασματικό τους περιεχόμενο. Οι συχνότητες και τα πλάτη των κυριότερων ρυθμών φαίνονται στον Πίνακα 1-1. Τα όρια κάθε περιοχής δεν είναι αυστηρά καθορισμένα, (“PeakMind”).

Ο **άλφα** ρυθμός εμφανίζεται σε περίπου το 75% των ενηλίκων. Το κλείσιμο ή το άνοιγμα, των ματιών προκαλεί αύξηση ή μείωση αντίστοιχα, του άλφα ρυθμού. Ο ρυθμός αυτός είναι λιγότερο ή περισσότερο συμμετρικός μεταξύ των ημισφαιρίων αλλά συχνά είναι μεγαλύτερου πλάτους στο μη κυρίαρχο ημισφαίριο. Η απουσία του άλφα σε ένα από τα δυο ημισφαίρια είναι πάντα παθολογική.

Πίνακας 1-1 Συχνότητες και πλάτη βασικών ρυθμών EEG, (Πηγή: Τερζή Βαλεντίνη, Εμπειρική μέθοδος Αποσύνθεσης Σήματος Εφαρμογής σε ΗΕΓ, Διπλωματική εργασία, Μάρτιος 2008)

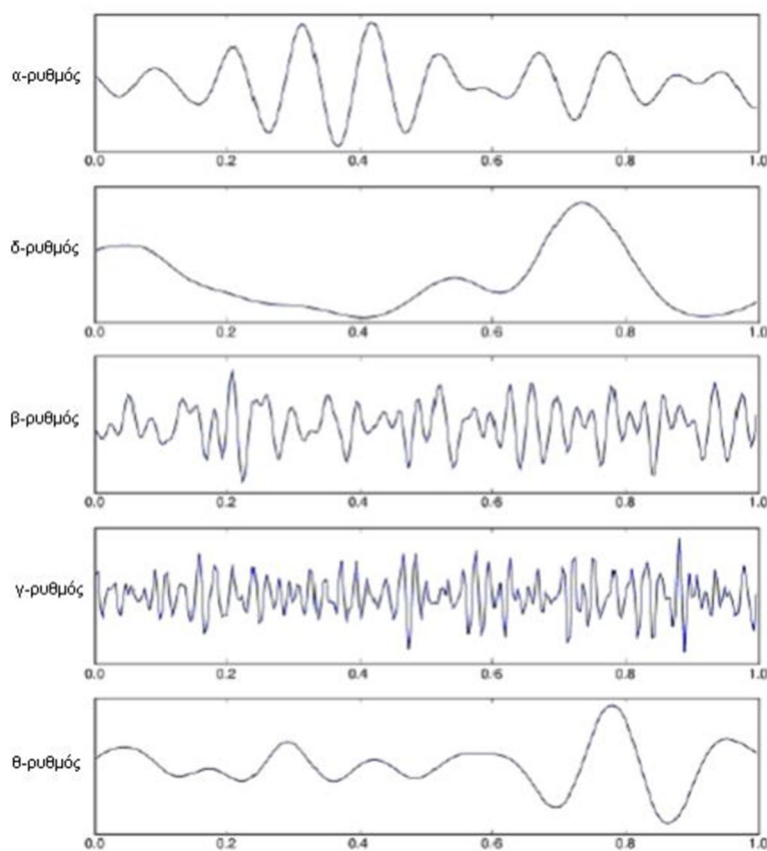
Ρυθμός	Περιοχή συχνοτήτων (Hz)	Πλάτος (i V)
δέλτα (δ)	0.5 - 4	έως 100 - 200
θήτα (θ)	4- 8	<30
άλφα (α)	8 -13	30 - 50
βήτα (β)	13 - 19	<20
ταχύς βήτα	20 - 30	<20

Ο α-ρυθμός εντοπίζεται κυρίως στον ινιακό λοβό ενώ είμαστε ξύπνιοι, σε χαλάρωση και με τα μάτια κλειστά, αντιπροσωπεύοντας κατά κάποιο τρόπο τη δραστηριότητα του οπτικού φλοιού απουσία εξωτερικών ερεθισμών. Η μείωση του ρυθμού άλφα έχει επίσης συσχετισθεί με αισθητηριακό ερεθισμό ή πνευματική δραστηριότητα. Πήρε το όνομα άλφα γιατί ήταν ο πρώτος ρυθμός που μελετήθηκε.

Ο ρυθμός **βήτα** έχει συσχετισθεί με την πλήρη εγρήγορση επίσης φυσιολογικού ατόμου. Ο ρυθμός δέλτα έχει συσχετισθεί με τον ύπνο στον φυσιολογικό άνθρωπο. Ο

ρυθμός **θήτα** έχει συσχετισθεί με μηχανισμούς καταστολής είτε στην είσοδο σε φάση χαλάρωσης είτε σε συνδυασμό με το βήτα ρυθμό σε φάσεις αυξημένης προσοχής.

Το σήμα του EEG συσχετίζεται επίσης πολύ με το επίπεδο εγρήγορσης του εξεταζόμενου. Όταν η ανθρώπινη δραστηριοποίηση αυξάνεται, τότε το EEG έχει υψηλότερη επικρατούσα συχνότητα και μικρότερο πλάτος. Όταν τα μάτια είναι κλειστά, ο ρυθμός άλφα είναι κυρίαρχος. Όταν ο εξεταζόμενος κοιμάται, η επικρατούσα συχνότητα του EEG μειώνεται.



Σχήμα 1-5 Χαρακτηριστικές κυματομορφές βασικών ρυθμών εγκεφαλογραφήματος, (Πηγή: Γαλάνης Γ. Δημήτριος, Ανίχνευση ρυθμών εγκεφαλικής δραστηριότητας σε Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματα, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, 2008)

Σε μια ορισμένη φάση ύπνου, που πραγματοποιείται γρήγορο ανοιγοκλείσιμο των ματιών, (REM sleep), και το άτομο ονειρεύεται μπορεί να θεωρηθεί ως χαρακτηριστικό σήμα EEG. Στο βαθύ ύπνο, το EEG έχει μεγάλες και αργές εκτροπές που ονομάζονται ρυθμοί δέλτα, (“Electrophysiology.com”).

Η χρήση του EEG στη Νευρολογία είναι ευρύτατη, καθώς αποτελεί μέθοδο φθηνή, ανώδυνη και απλή στην εφαρμογή της. Από τη μελέτη του EEG μπορούν να εξαχθούν ιδιαίτερα χρήσιμα συμπεράσματα για τη σωστή εξέλιξη του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος ενός ανθρώπου από τη γέννηση του έως την ενηλικίωση.

Επίσης, το EEG μπορεί να δώσει χρήσιμα στοιχεία στην περίπτωση εγκεφαλοπαθειών, (π.χ. νόσο Alzheimer), (Bennys K., Rondouin G., Vergnes et al, 2001), ή για την περίπτωση επιληψίας τόσο για τη βαρύτητα της νόσου όσο και για την υποβοήθηση της διάγνωσης και της πρόγνωσης. Το EEG μελετάται ακόμη στις περιπτώσεις κρανιο-εγκεφαλικών κακώσεων και κώματος και αποτελεί βασικό εργαλείο για την μελέτη του ύπνου.

1.5.3.3 Προκλητά δυναμικά ERP

Μία από τις κατηγορίες βιοσημάτων τα οποία προκύπτουν από το EEG είναι τα Βιοματικά Δυναμικά, (ΒΔ), (Event Related Potentials, ERP). Βιοματικά Δυναμικά ονομάζονται οι διαφορές δυναμικού που καταγράφονται στη δερματική επιφάνεια του κεφαλιού οι οποίες προκαλούνται ως απόκριση ή ως προετοιμασία σε κάποιο συγκεκριμένο γεγονός το οποίο συμβαίνει στον εξωτερικό περιβάλλον ή είναι αποτέλεσμα ενδοψυχολογικής διαδικασίας.

Λόγω της ιδιότητας που έχουν να παρατηρούνται στο επιφανειακό μέρος του κεφαλιού έχουν το πλεονέκτημα ότι αποτελούν ένα μη επεμβατικό τρόπο εκτίμησης της εγκεφαλικής λειτουργίας.

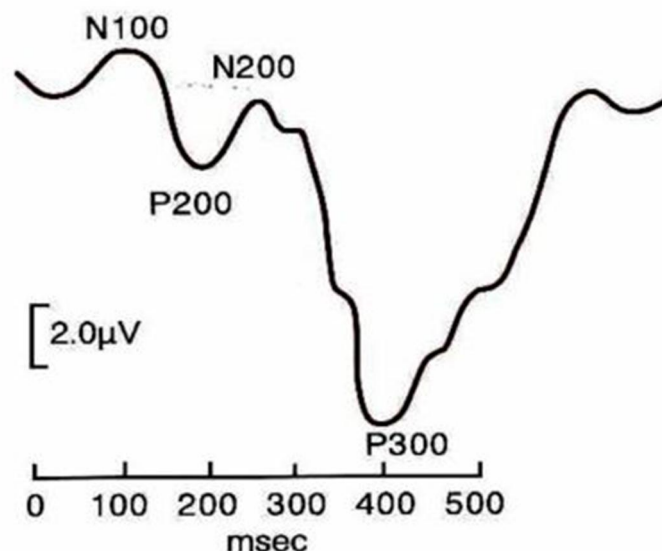
Τα Βιοματικά Δυναμικά χωρίζονται στα Προκλητά Δυναμικά, (Evoked Potentials), όταν το ερέθισμα είναι εξωτερικό δηλαδή προέρχεται από το περιβάλλον του εξεταζόμενου και στα Εκπεμπόμενα Δυναμικά, (Emitted Potentials), όταν σχετίζονται με κάποια ψυχολογική διαδικασία του εξεταζόμενου. Συνεπώς τα Προκλητά Δυναμικά (Π.Δ.), ή Evoked Potentials, (EP), είναι οι διαφορές δυναμικού που μετρώνται στην δερματική επιφάνεια του κεφαλιού και οι οποίες προκαλούνται ως προετοιμασία ή ως απόκριση σε κάποιο συγκεκριμένο γεγονός- ερέθισμα.

Εφόσον τα ΠΔ αντικατοπτρίζουν εγκεφαλική δραστηριότητα σχετιζόμενη με ένα εξωτερικό ερέθισμα, είναι αυτά τα οποία μπορούμε να μελετήσουμε μέσω προδιαγεγραμμένων πειραματικών διαδικασιών στο εργαστήριο.

Ανάλογα με το είδος του ερεθίσματος τα Προκλητά Δυναμικά, (Π.Δ.), διακρίνονται σε:

1. **Οπτικά Π.Δ.**, (Visual Evoked Potentials, VEP): προκαλούνται από οπτικά ερεθίσματα όπως η εμφάνιση εικόνων, λάμπες, αλλαγή χρωμάτων κλπ.
2. **Ακουστικά Π.Δ.**, (Auditory Evoked Potentials, AEP): προκαλούνται από ακουστικά ερεθίσματα όπως ήχοι, λέξεις, τόνοι διαφόρων συχνοτήτων κι έντασης κλπ.
3. **Σωματοαισθητικά Π.Δ.**, (Somatosensory Evoked Potentials, SEP): προκαλούνται από μικρής διάρκειας και έντασης ηλεκτρικά ρεύματα που ερεθίζουν κάποια συγκεκριμένα νεύρα.

Τα ERP μπορούν να χαρακτηριστούν με βάση τον χρόνο εμφάνισής τους σε σχέση με το εξωτερικό ερέθισμα, (λανθάνων χρόνος). Στην περίπτωση των ακουστικών προκλητών δυναμικών υπάρχει η διάκριση σε πρώιμα, (early, fast), μέσα (middle) και αργά ή ύστερα, (late), που αντιστοιχούν περίπου στα χρονικά διαστήματα 2 έως 12ms, 12 έως 50ms και 50 έως 800ms από τη στιγμή που χορηγείται το εξωτερικό ερέθισμα, Σχήμα 1-6.



Σχήμα 1-6 Σχηματική παράσταση Προκλητού Δυναμικού, (Πηγή: Τσιανάκα Ι. Ελένη, Καταγραφή και επεξεργασία εγκεφαλικών προκλητών δυναμικών σε πειραματικές συνθήκες με υποσυνείδητα ερεθίσματα, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία, Ιούλιος 2009)

Τα ERP χωρίζονται, επίσης, σε ενδογενή και εξωγενή, (American Electroencephalographic Society, 1994). Τα εξωγενή έχουν να κάνουν με την φύση του

εξωτερικού ερεθίσματος, (ένταση, συχνότητα κλπ.). Παρατηρούνται σε χρόνο μικρότερο των 100ms από την παραγωγή του ερεθίσματος.

Αντίθετα, τα ενδογενή εξαρτώνται ουσιαστικά από την ψυχολογική κατάσταση του ατόμου και έχουν την βάση τους στην ψυχολογική επίδραση του εξωτερικού ερεθίσματος στον άνθρωπο. Παρατηρούνται σε χρόνο μεγαλύτερο των 70ms και αλλάζουν ανάλογα με το αν το ερέθισμα είναι γνωστό ή άγνωστο, αν είναι δυσάρεστο ή ευχάριστο, αν θυμίζει στον εξεταζόμενο μία προγενέστερη προσωπική του εμπειρία κλπ.

Η μελέτη των ERP γίνεται πιο συστηματοποιημένη αν εξετασθούν τα επιμέρους συστατικά, (components), που έχουν τα σήματα αυτά. Τα συστατικά αυτά είναι κάποιες κυματομορφές του συνολικού σήματος, οι οποίες καθορίζονται με βάση:

1. Τις κορυφώσεις, (αρνητικές ή θετικές), του πλάτους του δυναμικού
2. Τη χρονική στιγμή στην οποία κατά προσέγγιση λαμβάνει χώρα η κορύφωση
3. Το χρονικό εύρος το οποίο καταλαμβάνει η μερική κυματομορφή που περιέχει τη συγκεκριμένη κορύφωση.

Η αρνητική κορυφή δηλώνεται με το γράμμα N, ενώ η θετική με το P. Ο δείκτης στα γράμματα N και P υποδηλώνει τον λανθάνοντα χρόνο εμφάνισης της κορυφής σε msec. Η εμφάνιση κάθε κυματομορφής σχετίζεται με διαφορετικές εγκεφαλικές διεργασίες:

- **P50**: θεωρείται ο δείκτης των προσυνειδητών πτυχών προσοχής
- **N100**: θεωρείται ο δείκτης επιλεκτικής προσοχής. Αντικατοπτρίζει την κατανομή των πληροφοριών στα κατάλληλα συνειρμικά πεδία.
- **P200**: θεωρείται ο δείκτης επικέντρωσης της προσοχής αναφορικά με τις επεξεργαζόμενες πληροφορίες.
- **P300**: θεωρείται ο δείκτης κινητοποίησης προγραμμάτων δράσης σε επίπεδο κεντρικού νευρικού συστήματος.

- **N400**: Αναγνωρίζεται ως ο δείκτης σημαντικότητας των πληροφοριών. Απεικονίζει την κινητοποίηση προγραμμάτων σχετιζόμενων με την σημαντικότητα επεξεργαζόμενων πληροφοριών.
- **P400**: θεωρείται ο δείκτης που αντικατοπτρίζει τα συστήματα επεξεργασίας πληροφοριών που σχετίζονται με την συντακτικότητα των πληροφοριών.
- **P600**: Αντιστοιχεί στη χρονική περίοδο τελικής οργάνωσης, ελέγχου και εκτέλεσης της απόφασης που επιλέγεται όταν ο οργανισμός εκτίθεται σε εκλυτικό ερέθισμα ή σύμπλοκο ερεθισμάτων που έχουν ψυχολογική σπουδαιότητα, (Σκουλαρίκης Γ.Σ, 2006).

Τα ERP χρησιμοποιούνται ευρέως στη διάγνωση ασθενειών. Έτσι ERP έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία στον τομέα της επιληψίας. Ο συσχετισμός των μεταβολών μεταξύ ERP και κλινικών συμπερασμάτων μπορεί να βοηθήσει στη μελέτη της φυσιοπαθολογίας της επιληψίας. Χρήση των ERP γίνεται επίσης για την αναγνώριση ασθενών που πάσχουν από Alzheimer και την διάκριση τους από άλλες ασθένειες, (Revonsuo A., Portin R., Juottonen K. & Rinne J.O, 1998; D. O'Mahony, M. Rowan, J. Feely et. al., 1993). Επίσης χρησιμοποιούνται για την μελέτη της επίδρασης φαρμάκων που χορηγούνται για την νόσο αυτή, (Roy R. Reeves, Frederick A. Struve, Gloria Patrick, et .al, 1999). Τα ERP εφαρμόζονται και για τον εντοπισμό ψυχιατρικών ασθενειών όπως η σχιζοφρένεια.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό είναι συνήθως η στατιστική μελέτη των κορυφώσεων των κυματομορφών, (Korpelainen J.T., Kauhanen, M.L., Tolonen U., et al., 2000; Papageorgiou C., Liappas I., Asvestas P., et al., 2001). Τη στατιστική μελέτη των κορυφώσεων των ERP συνοδεύει συνήθως γραφική αναπαράσταση των κυματομορφών που αποτελούν το συνολικό μέσο όρο, (grand average), κάθε απαγωγής για όλους τους εξεταζόμενους.

Τα ERP όμως μπορούν επιπλέον να χρησιμοποιηθούν και για ερευνητικούς σκοπούς στην κλινική νευροφυσιολογία. Λόγω του υψηλού χρονισμού τους, παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την εγκεφαλική λειτουργία. Διάφορες νοητικές διεργασίες, όπως η αντίληψη, η προσοχή, η γλωσσική επεξεργασία και η μνήμη, λαμβάνουν χώρα σε χρονικές περιόδους της τάξεως δεκάδων χιλιοστών του δευτερολέπτου.

Οι περισσότερες τυπικές τεχνικές απεικόνισης απαιτούν την διατήρηση της δραστηριότητας του εγκεφάλου για κάποια δευτερόλεπτα και έτσι αδυνατούν να συλλάβουν τις διαδικασίες αυτές. Οι καταγραφές με ERP, όμως, παρέχουν απεικονίσεις με ακρίβεια χιλιοστών του δευτερολέπτου οπότε αποτελούν ιδανική μεθοδολογία για τη μελέτη των πτυχών συγχρονισμού τόσο των φυσιολογικών όσο και των παθολογικών γνωστικών διεργασιών.

Για την παρατήρηση των ERP κατασκευάζονται χάρτες με την κατανομή δυναμικού στη δερματική επιφάνεια του κεφαλιού, που στην απλούστερη περίπτωση μπορεί να λάβει τη μορφή ισοδυναμικών επιφανειών. Η τοπογραφική αναπαράσταση των ERP μέσω χαρτών προσδίδει μεγαλύτερη δυνατότητα εποπτείας των εξελισσόμενων γεγονότων στην επιφάνεια του κεφαλιού. Τα συστατικά των ERP μπορούν να μελετηθούν σχετικά εύκολα ως προς την χωρική τους κατανομή.

1.5.3.4 Μαγνητική τομογραφία, MRI

Η Μαγνητική Τομογραφία είναι μια ακτινολογική μέθοδος απεικόνισης του εσωτερικού ενός οργανισμού. Ο μαγνητικός τομογράφος αποτελείται από μαγνήτες, πηνία ραδιοσυχνότητας, Η/Υ και λογισμικό. Ο πρώτος μαγνητικός τομογράφος λειτούργησε πειραματικά το 1977, ενώ η εμπορική εφαρμογή του στην ιατρική ξεκίνησε το 1992. Η λειτουργία του στηρίζεται στον ηλεκτρομαγνητισμό και στο μαγνητικό συντονισμό των ατόμων υδρογόνου του σώματός μας. Η μαγνητική τομογραφία, έχει φέρει νέα επανάσταση στην ακτινοδιαγνωστική, καθώς με τη χρήση μαγνητικού τομογράφου είναι δυνατή η λήψη πληροφοριών σχετικά με την βιοχημική κατάσταση των ιστών με την μορφή εικόνων και φασμάτων.

Η MRI προσφέρει την δυνατότητα του έγκαιρου εντοπισμού διαφόρων βιοχημικών αλλαγών οι οποίες συμβαίνουν πριν το σχηματισμό κακοήθειας, ενώ δεν επιβαρύνει τον εξεταζόμενο με ιονίζουσες ακτινοβολίες.

Τα βασικά τμήματα από τα οποία αποτελείται ένας μαγνητικός τομογράφος μαζί με τα συνοδευτικά εξαρτήματα, όπως την εξεταστική τράπεζα στην οποία ξαπλώνει ο εξεταζόμενος παρουσιάζονται στο Σχήμα 1-7 και είναι:

1. Οι μαγνήτες που παράγουν τα μαγνητικά πεδία.
2. Τα πηνία ραδιοσυχνότητας, (RF coils), που στέλνουν και λαμβάνουν ραδιοκύματα με τρόπο παρόμοιο με την κεραία ενός ραδιοφώνου.

3. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής που υποδέχεται τα σήματα των πηνίων λήψης ραδιοσυχνοτήτων.
4. Το λογισμικό του υπολογιστή που επεξεργάζεται αυτά τα σήματα και τα μετατρέπει σε εικόνα.

Ο μαγνητικός τομογράφος στηρίζεται στον ηλεκτρομαγνητισμό. Έτσι η λειτουργία του βασίζεται σε ένα πηνίο, το οποίο δημιουργεί ένα εξαιρετικά ισχυρό μαγνητικό πεδίο όταν το διαπεράσει ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό το μαγνητικό πεδίο είναι ως και 100.000 φορές ισχυρότερο από το φυσικό μαγνητικό πεδίο της Γης. Για το λόγο αυτό, απαγορεύεται να υπάρχουν μεταλλικά αντικείμενα κοντά στον τομογράφο όταν αυτός λειτουργεί. Ο εξεταζόμενος μπαίνει μέσα στο ισχυρό αυτό και ομοιογενές μαγνητικό πεδίο του τομογράφου.

Το μαγνητικό αυτό πεδίο, με δυο λόγια, αναγκάζει τα άτομα υδρογόνου του σώματος μας, να ευθυγραμμιστούν και να στραφούν είτε προς τα πόδια είτε προς το κεφάλι. Τα άτομα υδρογόνου προσφέρονται γι' αυτό, καθώς ο πυρήνας τους συμπεριφέρεται σαν βελόνα πυξίδας. Το σώμα μας είναι γεμάτο υδρογόνο, καθώς το στοιχείο υπάρχει στα μόρια του νερού και είμαστε 65-85 % νερό.

Στη συνέχεια, εκπέμπεται στο σημείο του σώματος που είναι υπό εξέταση ένας ραδιοπαλμός. Η συχνότητα του ραδιοπαλμού επιλέγεται έτσι, ώστε τα άτομα υδρογόνου να στροβιλιστούν και να διαταραχθεί το κατά τα άλλα ομοιογενές μαγνητικό πεδίο του σώματός μας. Όταν σταματήσει ο ραδιοπαλμός, οι πυρήνες των ατόμων υδρογόνου ξαναπαίρνουν την προηγούμενη θέση τους, ενώ ταυτόχρονα, λόγω της διέγερσης, εκπέμπουν έναν ασθενή ραδιοπαλμό, ο οποίος μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα και συλλαμβάνεται από έναν ισχυρό ηλεκτρονικό υπολογιστή που αποθηκεύει τα σήματα και με την βοήθεια ειδικού λειτουργικού τα μετατρέπει σε μια απίθανα λεπτομερειακή εικόνα του ιστού. Οι μαγνητικές τομογραφίες είναι ανώδυνες και δεν υπάρχει καμιά ένδειξη ότι προκαλούν παρενέργειες.

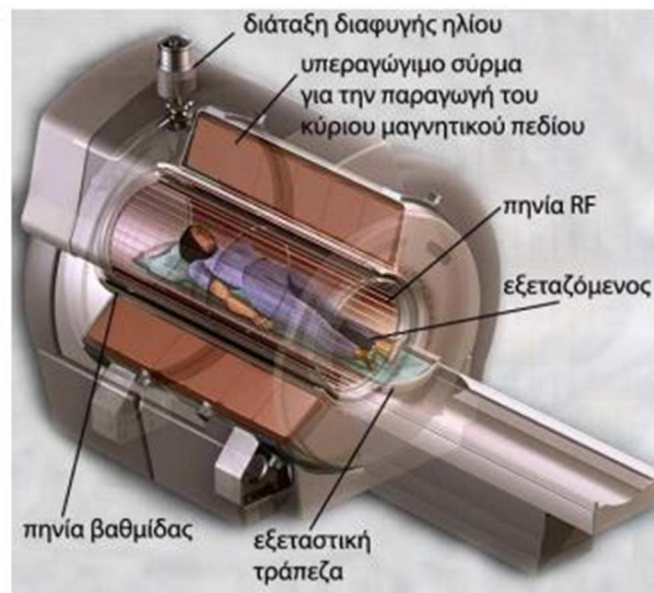
Με την αποκλειστική χρήση μαγνητικού τομογράφου είναι δυνατή η λήψη πληροφοριών σχετικά με την βιοχημική κατάσταση των ιστών με την μορφή εικόνων και φασμάτων. Η MRI προσφέρει την δυνατότητα του έγκαιρου εντοπισμού διαφόρων βιοχημικών αλλαγών οι οποίες συμβαίνουν πριν το σχηματισμό κακοήθειας. Επίσης σε

σχέση με άλλες απεικονιστικές μεθόδους, προσφέρει μεγαλύτερη ευαισθησία, καλύτερη διακριτική ικανότητα και μεγαλύτερη ευελιξία στην εφαρμογή.

Η μαγνητική τομογραφία προσφέρει μία πληθώρα εργαλείων για την εύρεση και την παρακολούθηση της πορείας διαφόρων βλαβών καθώς επίσης και την δυνατότητα πολλών επαναλήψεων μιας και οι ασθενείς δεν επιβαρύνονται με ιονίζουσες ακτινοβολίες ή άλλες χημικές ουσίες.

Επίσης η εφαρμογή της γεφυρώνει το χάσμα της ανατομικής απεικόνισης και της μοριακής απεικόνισης καθώς προσφέρει την δυνατότητα χωρικής απεικόνισης της λειτουργικής κατάστασης των ιστών.

Με την βοήθεια της μαγνητικής τομογραφίας είναι δυνατή η σταδιοποίηση και ο χαρακτηρισμός, η εκτίμηση της πορείας της νόσου και η παρατήρηση της ανταπόκρισης των ιστών στην θεραπεία. Η δυνατότητα εφαρμογής σε όλες σχεδόν τις ανατομικές περιοχές και η ραγδαία εξέλιξη της σχετικής τεχνολογίας υπόσχονται ταχύτερη, καλύτερη και ακόμα πιο έγκαιρη διάγνωση σε σχέση με άλλες πιο πολύπλοκες και ακριβότερες διαγνωστικές μεθόδους.



Σχήμα 1-7 Σχέδιο της δομής μαγνητικού τομογράφου

Συνοπτικά τα κυριότερα πλεονεκτήματα είναι:

1. η εκμετάλλευση πολλαπλών φυσικών παραμέτρων για τη λήψη φασμάτων και μεταβολικών χαρτών υψηλής διαγνωστικής αξίας και στα τρία χωρικά επίπεδα.

2. η αποφυγή επιβάρυνσης του εξεταζόμενου με ιονίζουσες ακτινοβολίες (ακτινοβολίες X, γ, β - δυνατότητα επανάληψης χωρίς σημαντικές επιπτώσεις).
3. ο προσδιορισμός της βιοχημικής σύστασης του οργανισμού με διαδικασίες ανώδυνες, με μη επεμβατικό χαρακτήρα.

Όμως, η μαγνητική τομογραφία, παρότι έχει φέρει νέα επανάσταση στην ακτινοδιαγνωστική, εμφανίζει και ορισμένα μειονεκτήματα:

1. Η αφθονία εφαρμογών και η απαίτηση σύνθετης γνώσης φυσικών παραμέτρων, υπολογιστών, μαθηματικών, φυσιολογίας και ανατομίας για την σωστή εκμετάλλευση αυτού του εργαλείου καθιστά σχετικά δύσκολη την εφαρμογή του.
2. Η μεγάλη χρονική διάρκεια εκτέλεσης ορισμένων ακολουθιών.
3. Η ερμηνεία και η επεξεργασία των εικόνων και των ποσοτικών δεδομένων καθώς επίσης και η δυσκολία αναγνώρισης των ψευδών ενδείξεων.
4. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται στην ιατρική έχουν υψηλό κόστος, (περίπου ένα εκατομμύριο δολάρια ανά Τέσλα για μία μονάδα, καθώς και μερικές χιλιάδες ευρώ για τη συντήρησή τους).

Οι σημερινοί τομογράφοι των νοσοκομείων παράγουν ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της τάξης των 1,5-3 Τέσλα και μπορούν να «δουν» δομές με μήκος έως ένα χιλιοστό περίπου. Ένας νέος τομογράφος που αναμένεται να λειτουργήσει στο γερμανικό πανεπιστήμιο του Φράμπουργκ, θα γεννά πανίσχυρα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ικανά να σηκώσουν στον αέρα βάρος 60 μετρικών τόνων, (περίπου όσο πέντε διώροφα λεωφορεία του Λονδίνου).

Το νέο μηχάνημα, που θα έχει κόστος 200 εκατ. ευρώ, θα παράγει ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο της τάξης των 11,75 Τέσλα και θα μπορεί να δει δομές του σώματος έως 0,1 χιλιοστά. δηλαδή θα έχει δεκαπλάσιες δυνατότητες απεικόνισης. Επίσης, θα μπορεί να καταγράψει αλλαγές στο σώμα, που θα συμβαίνουν με ταχύτητα ενός δεκάτου του δευτερολέπτου.

1.5.3.5 Λειτουργική μαγνητική τομογραφία, f-MRI

Το 1936, ο βραβευμένος με Νόμπελ Αμερικανός χημικός Linus Pauling, ερευνώντας συστηματικά τη δομή και τις ιδιότητες της αιμοσφαιρίνης, ανακάλυψε ότι σε μη-οξυγονωμένη μορφή η αιμοσφαιρίνη διαθέτει μαγνητικές ιδιότητες σε αντίθεση με την οξυγονωμένη της μορφή. Κατά συνέπεια, εάν μόρια μη-οξυγονωμένης αιμοσφαιρίνης βρεθούν εντός του χώρου ενός μαγνητικού πεδίου θα δεχθούν την επίδρασή του, ενώ η οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη θα παραμείνει ανεπηρέαστη. Η ανακάλυψη αυτή έφερε την ιδέα ότι η μαγνητική τομογραφία μπορεί να αναδείξει τέτοιου τύπου διαφορές στην συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης στον εγκέφαλο.

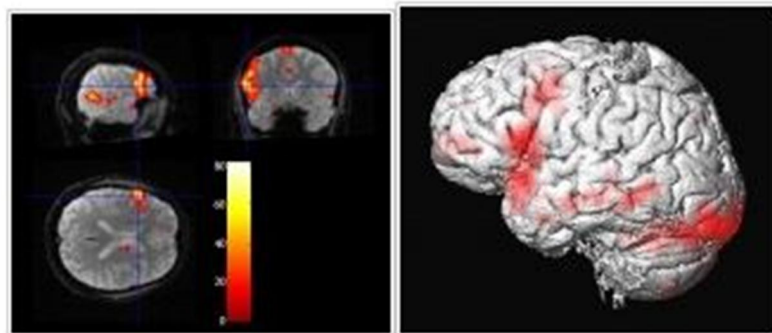
Η αύξηση στην κατανάλωση οξυγόνου στον εγκέφαλο συσχετίζεται με αυξημένες ανάγκες του υποκείμενου νευρωνικού ιστού προκειμένου να φέρει εις πέρας την τρέχουσα λειτουργία. Έτσι, εάν η μαγνητική τομογραφία μπορεί να δείξει διαφορές στην απορρόφηση οξυγόνου κατά την εκτέλεση μιας λειτουργίας, τότε οι διαφορές αυτές θα απεικονίζονται στις περιοχές εκείνες του εγκεφάλου που εξυπηρετούν την εν λόγω λειτουργία.

Αυτές είναι εν συντομία οι αρχές της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας, (f_MRI), μιας τεχνικής η οποία χρησιμοποιεί τον μαγνητικό τομογράφο με τέτοιο τρόπο ώστε να «χαρτογραφεί» στον εγκέφαλο την εκάστοτε υπό εξέταση λειτουργία. Η τεχνική έχει την δυνατότητα να αναδεικνύει τις περιοχές εκείνες του εγκεφάλου οι οποίες αναπτύσσουν αυξημένη νευρωνική δραστηριότητα, και κατά συνέπεια παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στην κατανάλωση οξυγόνου, κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας.

Η διαδικασία που ακολουθείται προκειμένου να ληφθούν ορθά οι εικόνες μεταβολών οξυγόνωσης είναι μη-επεμβατική και απλή. Το υποκείμενο, (ασθενής ή μη), που υποβάλλεται στην δοκιμασία της f-MRI εισάγεται στον χώρο του μαγνήτη με 2 βασικές οδηγίες: α) να διατηρεί την κεφαλή του ακίνητη καθ' όλη τη διάρκεια της εξέτασης, και β) να ακολουθεί πιστά τις οδηγίες του εξεταστή, οι οποίες μπορούν να παρέχονται είτε οπτικά, (μέσω συστήματος προβολής), είτε ακουστικά, (μέσω μαγνητοσυμβατού συστήματος ακουστικών). Συνήθως προηγείται μια σύντομη εκπαίδευση στην ζητούμενη λειτουργία εκτός του μαγνήτη, όπου το υποκείμενο εξοικειώνεται με τη διαδικασία και κατανοεί τις απαιτήσεις της εξέτασης.

Κατά τη διάρκεια της τομογραφίας, το υποκείμενο μεταβαίνει εναλλάξ μεταξύ δύο καταστάσεων: της κατάστασης εκτέλεσης της λειτουργίας και της κατάστασης ηρεμίας. Κατά την πρώτη το υποκείμενο διεκπεραιώνει την ζητούμενη λειτουργία, ενώ κατά τη δεύτερη διακόπτει την λειτουργία και παραμένει σε ήρεμη εγρήγορση εντός του μαγνήτη. Η δεύτερη κατάσταση είναι αυτή που θα αποτελέσει το μέτρο σύγκρισης της ενεργοποίησης και ο σαφής προσδιορισμός της είναι σημαντικός στην εξαγωγή και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Μετά το πέρας της εξέτασης, ακολουθεί διαδικασία ανάλυσης των ληφθέντων εικόνων f-MRI. Η διεθνώς καθιερωμένη και επιστημονικά αποδεκτή μέθοδος ανάλυσης είναι η Στατιστική Παραμετρική Χαρτογράφηση. Η μέθοδος αυτή απαντά στατιστικά στο παρακάτω ερώτημα: «Ποιές περιοχές του εγκεφάλου εμφανίζουν στατιστικά σημαντική αιμοδυναμική ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της ζητούμενης λειτουργίας σε σχέση με την κατάσταση ηρεμίας;». Η αριθμητική/στατιστική απάντηση σε αυτό το ερώτημα αναπαρίσταται στον χώρο του εγκεφάλου και καταδεικνύει την περιοχή η οποία εμφανίζει ενεργοποίηση κατά την εκτέλεση της λειτουργίας.



Σχήμα 1-8 f-MRI παραγωγής λόγου καταδεικνύει την περιοχή Broca σε φυσιολογικό υποκείμενο (αριστερά) και σε τριδιάστατη απεικόνιση (δεξιά).

Ένα παράδειγμα f-MRI για την εντόπιση περιοχών λόγου φαίνεται Σχήμα 1-8. Κατά την εξέταση αυτή, παρουσιάζονται οπτικά στο υποκείμενο λέξεις-ουσιαστικά της ελληνικής γλώσσας και ζητείται από το υποκείμενο να τις περιγράψει σιωπηλά χωρίς να επαναλάβει την δοθείσα λέξη, (πχ για την λέξη «ήλιος» θα πρέπει να παράγει περιγραφές του τύπου «αυτός που φωτίζει την ημέρα, βγαίνει το πρωί από την ανατολή και δύει το βράδυ στην δύση, κλπ» χωρίς να χρησιμοποιήσει την ίδια την λέξη «ήλιος»).

Η διαδικασία αυτή στοχεύει στην αυθόρμητη έναρξη γλωσσικής παραγωγής μετά από κατανόηση γλωσσικού ερεθίσματος και η οποία γνωρίζουμε, από νευροφυσιολογικές και νευροανατομικές μελέτες, ότι εξυπηρετείται από την οπίσθια πλάγια κάτω μετωπιαία περιοχή, (γνωστή και ως περιοχή Broca), και την οπίσθια κροταφο-νιακή, (γνωστή και ως περιοχή Wernicke). Στην Σχήμα 1-8 αριστερά φαίνονται οι εν λόγω περιοχές ενεργοποιημένες αριστερά σε δεξιόχειρα φυσιολογικό υποκείμενο. Στην ίδια εικόνα δεξιά φαίνονται οι ίδιες περιοχές σε τριδιάστατη απεικόνιση του εγκεφάλου του υποκειμένου.

Η f-MRI έχει χρησιμοποιηθεί, όπως φαίνεται από την πλειοψηφία των επιστημονικών δημοσιεύσεων, σε ερευνητικά πλαίσια κυρίως για την ανατομική εντόπιση λεπτομερών γνωσιακών λειτουργιών, (οπτική αντίληψη, μνήμη, γλώσσα, κ.α.), στον εγκέφαλο. Την τελευταία δεκαπενταετία, και ιδιαίτερα στα πλαίσια προεγχειρητικών εκτιμήσεων, η f-MRI έχει λάβει επιπλέον καθοδηγητικό ρόλο.

Για ασθενείς με νεοπλασίες εγκεφάλου, αρτηριοφλεβικές δυσπλασίες ή φαρμακοανθεκτική επιληψία, (οφειλόμενη σε εστιακή φλοιώδη δυσπλασία ή εσωκροταφική σκλήρυνση), η χειρουργική αφαίρεση της βλάβης παρέχει συνήθως το καλύτερο θεραπευτικό αποτέλεσμα. Παρόλ' αυτά, η αφαίρεση εγκεφαλικού ιστού που εξυπηρετεί ουσιώδεις ικανότητες για την λειτουργικότητα του ασθενούς, όπως η πρωτοταγής επεξεργασία της αισθητικότητας και της κίνησης, η κατανόηση και παραγωγή λόγου, και η μνήμη, έχει μη-αποδεκτές συνέπειες για την μετεγχειρητική ποιότητα ζωής του ασθενούς. Κατά συνέπεια, πρέπει να υπάρχει προεγχειρητικά μια σαφής εκτίμηση των λειτουργικών συνεπειών της εκτομής της εκάστοτε υποψήφιας βλάβης, κάτι που η f-MRI είναι σε θέση να παρέχει.

Επιπλέον, έχοντας την δυνατότητα χαρτογράφησης λειτουργιών περίξ των ορατών δομικών βλαβών, η f-MRI ταυτόχρονα παρέχει σημαντικές πληροφορίες και για την χωρική οριοθέτηση της έκτασης της επεμβατικότητας.

1.6 Νευρομύθοι

Θα κλείσουμε την εισαγωγή στην Νευροεπιστήμη παραθέτοντας κάποιες δημοφιλείς θεωρίες σχετικά με τις επιπτώσεις της έρευνας του εγκεφάλου, οι οποίες έχουν με κάποιο τρόπο καθιερωθεί ως κοινές πεποιθήσεις, αλλά οι δεν δικαιολογούνται από την έρευνα. Οι δημοφιλείς αυτές θεωρίες απαντώνται συχνά στη βιβλιογραφία υπό τον όρο «νευρομύθος».

Ο όρος χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην έκθεση του συμποσίου του ΟΟΣΑ με κεντρικό θέμα την έρευνα του εγκεφάλου, (OECD, 2002). Έχει επίσης χρησιμοποιηθεί από τον Goswami, (Goswami, 2004), ενώ κάποιοι άλλοι ερευνητές έχουν ταχτοποιήσει το πρόβλημα, χωρίς τη ρητή χρήση του όρου, (Jensen, 2000).

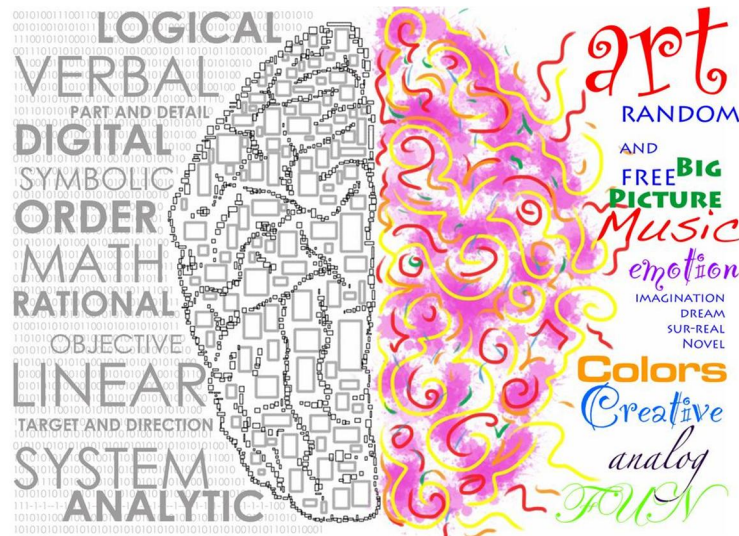
1.6.1 Η «πλευρικότητα» του εγκεφάλου

Ένας από τους παλαιότερους και πιο εδραιωμένους νευρο-μύθους αφορά την «**πλευρικότητα**» του εγκεφάλου, ή η ιδέα ότι τα δύο μισά του εγκεφάλου λειτουργούν με θεμελιωδώς διαφορετικούς τρόπους. Ο «**αριστερός εγκέφαλος**» χαρακτηρίζεται συνήθως ως το λογικό ήμισυ του εγκεφάλου, που ασχολείται με τη σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και τη γλώσσα, ενώ ο «**δεξιός εγκέφαλος**» χαρακτηρίζεται ως η διαισθητική και δημιουργική πλευρά, ασχολείται περισσότερο με εικόνες παρά με λόγια. Δημοφιλείς αναφορές με βάση αυτήν την ιδέα κυκλοφορούσαν για πολλά χρόνια, (Edwards, 1982, Williams, 1986) και εξακολουθούν να εμφανίζονται στα πλαίσια της βιβλιογραφίας, (Sabatella, 1999).

Δυστυχώς αυτή είναι μια υπεραπλουστευμένη θεώρηση που δεν υποστηρίζεται από τη βιβλιογραφική εγκεφαλική έρευνα, (Bguer, 1999a, OECD, 2002). Βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό σε μελέτες ασθενών με "εγκεφαλική διάσπαση" που είχαν δηλαδή το μεσολόβιο (το οποίο συνδέει τα δύο ημισφαίρια), αποκομμένο ως θεραπεία για την επιληψία και αποτελεί μια εξαιρετικά ανώμαλη περίπτωση που οδηγεί σε διαταραχή της επικοινωνίας μεταξύ των δύο μισών του εγκεφάλου. Στον κανονικό, υγιή ενήλικα ανθρώπινο εγκέφαλο, τέτοιοι ακαθάριστοι χαρακτηρισμοί «πλευρικότητας» δεν ισχύουν.

Καταρχάς, οι λειτουργίες που αποδίδονται στην δύο μισά του εγκεφάλου είναι υπερβολικά υψηλού και γενικευμένου επίπεδου. Σχεδόν όλες οι λειτουργίες

οποιασδήποτε πολυπλοκότητας βρέθηκαν ότι αποτελούνται από μια σειρά στοιχειωδών λειτουργιών που διανέμονται σε όλο τον εγκέφαλο.



Σχήμα 1-9 Ο Νευρομύθος της πλευρικότητας του εγκεφάλου όπου το αριστερό ημισφαίριο είναι το λογικό ήμισυ του εγκεφάλου, που ασχολείται με τη σκέψη, την επίλυση προβλημάτων και τη γλώσσα, ενώ το δεξιό ημισφαίριο χαρακτηρίζεται ως η διαισθητική και δημιουργική πλευρά και ασχολείται περισσότερο με εικόνες παρά με λόγια

Ακόμα και απλά έργα, όπως η αναγνώριση των αραβικών αριθμών, ('1', '2', κλπ), ενεργοποιούν τα μέρη του εγκεφάλου και στα δυο ημισφαίρια, και το ίδιο ισχύει και για την αποκωδικοποίηση γραπτών λέξεων, την αναγνώριση των ήχων της ομιλίας και την κατανόηση των χωρικών σχέσεων, (OECD, 2002).

Οι περισσότερες δραστηριότητες απαιτούν την από κοινού εργασία πολλαπλών περιοχών του εγκεφάλου. Όπως εξηγεί η αναφορά του OECD «Ο εγκέφαλος είναι ένα εξαιρετικά ολοκληρωμένο σύστημα, ένα τμήμα σπάνια λειτουργεί σε απομόνωση» και «οι περισσότερες εργασίες απαιτούν και τα δύο ημισφαίρια να εργαστούν παράλληλα», (OECD, 2002).

1.6.2 Οι «κρίσιμες» περίοδοι

Η ιδέα ότι υπάρχουν «κρίσιμες» περίοδοι για την ανάπτυξη του εγκεφάλου προέρχεται από τις μελέτες οπτικής στέρησης σε γατάκια που αναφέρθηκαν προηγουμένως, (Cragg, 1975a,b), και από σχετικές μελέτες της ανάπτυξης του εγκεφάλου σε πιθήκους ρέζους, (Goldman-Rakic, 1987, Rakic, 1995). Η ιδέα της «κρίσιμης περιόδου», είναι άρρηκτα

συνδεδεμένη με την κατανόηση των διαδικασιών συναπτογένεσης και κλαδέματος στον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο. Στην ακραία της μορφή αυτός ο νευρο-μύθος γίνεται ο «μύθος των τριών πρώτων ετών, (Bguer, 1999b), ο οποίος αναφέρει ότι ο εγκέφαλος είναι μοναδικά προετοιμασμένος για τη μάθηση κατά την περίοδο της μέγιστης συναπτογένεσης, (η οποία συνήθως υποστηρίζεται να είναι τα τρία πρώτα χρόνια της ζωής), και ότι, αν μείνει ανεκμετάλλευτη αυτή η εν λόγω περίοδο ταχείας ανάπτυξης, τότε η ευκαιρία για τη μέγιστη ανάπτυξη του εγκεφάλου θα χαθεί.

Τα προβλήματα με αυτή την ιδέα αναλύονται από τους Bguer, (Bguer, 1997, 1998a, 1999a), αλλά και την έκθεση του ΟΟΣΑ, (OECD, 2002), και αναφέροντα συνοπτικά εδώ:

1. Οι μελέτες σε ζώα αφορούν μόνον την ανάπτυξη των αισθητηρίων συστημάτων, και ακόμη και εδώ, έχει αποδειχθεί ότι η ανάκτηση τους είναι δυνατή, (Chow & Stewart, 1972). Είναι πιθανό, η ιδέα των «**κρίσιμων περιόδων**» να εφαρμόζεται μόνο σε ορισμένες μορφές μάθησης. Σύμφωνα με τον Bguer, (1997), έχουμε αποδείξεις για την ύπαρξη των κρίσιμων περιόδων μόνο για σύνθετες λειτουργίες εντός των αισθητικών και κινητικών συστημάτων και στον άνθρωπο, μόνο για γλωσσικά μέρη», (Bguer, 1997).
2. Το επιχείρημα της μελέτης σε πιθήκους υποθέτει ότι η πορεία της συναπτογένεσης είναι η ίδια τόσο για τους ανθρώπους όσο και για τους πιθήκους, όμως σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν στο σχετικό εδάφιο προηγουμένως υπάρχουν έντονες αμφιβολίες για την κοινή ανάπτυξη του εγκεφάλου ανάμεσα στα είδη.
3. Η υπόθεση είναι ότι η μέγιστη περίοδος συναπτογένεσης αντιστοιχεί με την περίοδο της μέγιστης μάθησης και ότι περισσότερες συνάψεις σημαίνουν περισσότερο εγκεφαλικό δυναμικό κάτι το οποίο δεν έχει αποδειχθεί. Πράγματι, η εμπειρία και ο εσωτερικός μας προβληματισμός αποκαλύπτουν ότι όλοι μπορούμε να συνεχίσουμε να βελτιώνουμε κάποιες δεξιότητες και ικανότητες αρκετό καιρό αφότου η διαδικασία του συνοπτικού κλαδέματος μειώσει την πυκνότητα των συνάψεων στα επίπεδα ενός ενήλικα.

Οι νευροεπιστήμονες πλέον αποφεύγουν τη χρήση του όρου «κρίσιμες περίοδοι» παρά το γεγονός ότι έχουν εντοπίσει ορισμένους τύπους μάθησης που υπόκεινται σε

«ευαίσθητες περιόδους» , δηλαδή περιπτώσεις όπου ο εγκέφαλος φαίνεται να είναι ιδιαίτερα- ιδανικά δεκτικός για την είσοδο ορισμένων ερεθισμάτων, και είναι έτοιμος να προσαρμοστεί για να ανταποκριθεί στη ζήτηση, οι οποίες όμως δεν ανήκουν στη περίπτωση του νόμου «όλα ή τίποτα», (OECD, 2002).

Υπάρχουν στοιχεία, για παράδειγμα, ότι στον άνθρωπο ορισμένες πτυχές της γλωσσικής ανάπτυξης υπόκεινται σε «ευαίσθητες περιόδους». Η ευαίσθητη περίοδος για την κατάκτηση της φωνολογίας της σύνταξης φαίνεται να επεκτείνεται έως τα πρώτα χρόνια της εφηβείας. Ωστόσο, η απόκτηση λεξιλογίου-λεξικό- και η κατανόηση του νοήματος-σημασιολογία-, δεν επηρεάζονται τόσο. Αυτό δεν σημαίνει ότι οι άνθρωποι δεν μπορούν να κατακτήσουν τη φωνολογία και το συντακτικό μιας γλώσσας μετά την εφηβεία τους (πολλοί το κάνουν), αλλά πιθανολογείται ότι χρησιμοποιούνται διαφορετικοί μηχανισμοί του εγκεφάλου για αυτό και ότι, για παράδειγμα, η προφορά είναι πιθανό να στιγματίσει μεταγενέστερα ένα μελετητή μιας ξένης γλώσσας ως «μη ιθαγενή».

Οι νευροεπιστήμονες έχουν κάνει μια διάκριση μεταξύ **μάθησης «αναμενόμενης εμπειρίας»** και **μάθησης «εμπειρικά εξαρτώμενης»**, (Greenough et al, 1987). «Η μάθηση αναμενόμενης εμπειρίας» έχει ρυθμιστεί από την εξελικτική μας ανάπτυξη και είναι το σημείο όπου ο εγκέφαλος, θεωρεί αναμενόμενη την είσοδο ορισμένων ερεθισμάτων, π.χ. οπτικά, αφής ή ακουστικά ερεθίσματα, στα οποία θα προσαρμοστεί. Αυτό στην ουσία είναι η απάντηση του εγκεφάλου προς το περιβάλλον, κάτι το οποίο του επιτρέπει να αυτό-ρυθμιστεί με τελειότητα, και μπορεί και να υπόκειται σε «Ευαίσθητες περιόδους», όταν ο εγκέφαλος είναι συγκεκριμένα έτοιμος να ανταποκριθεί σε αυτά τα ερεθίσματα, τα οποία είναι πάντα παρόντα στο περιβάλλον μας.

Η μάθηση «εξαρτώμενης εμπειρίας» δεν έχει αυτούς τους περιορισμούς. Είναι το είδος της μάθησης που θα συμβεί μόνο εάν παραστεί ανάγκη γι 'αυτή, και τείνει να είναι του είδους που παρουσιάζεται στο πολιτισμικά μεταδιδόμενο σύστημα γνώσης. Η ανάπτυξη του λόγου είναι «αναμενόμενη εμπειρία» μια και όλοι έχουμε την εξελικτική επιτακτικότητα να μάθουμε να επικοινωνούμε με την ομιλία και τείνουμε να το κάνουμε σε ένα συγκεκριμένο στάδιο της παιδικής ηλικίας, αλλά η μάθηση της ανάγνωσης προσδιορίζεται πολιτιστικά, και έτσι είναι μάθηση «εμπειρικά εξαρτώμενη», η οποία δεν θα συμβεί από μόνη της, απαιτεί εκπαίδευση, και απορρέει από την πολιτιστική και κοινωνική αναγκαιότητα.

1.6.3 Εμπλουτισμένα περιβάλλοντα

Αυτός ο νευρομύθος βασίζεται σε συμπεράσματα από μελέτες σε αρουραίους που είχαν μεγαλώσει σε είτε «εμπλουτισμένο» είτε σε «στερημένο» περιβάλλον», (Diamond et al, 1987). Οι αρουραίοι που είχαν ανατραφεί στο «εμπλουτισμένο» περιβάλλον βρέθηκαν να έχουν μεγαλύτερη συναπτική πυκνότητα στους εγκεφάλους τους. Αρκετοί σχολιαστές έχουν βγάλει το συμπέρασμα ότι τα μικρά παιδιά θα πρέπει να μεγαλώνουν σε ένα «εμπλουτισμένο» περιβάλλον, προκειμένου να ενισχυθεί η δυνατότητα εκμάθησης, (Whitebread, 2002).

Εκτός από τη προφανώς αναξιόπιστη διαδικασία μέσα από την οποία βγάζουμε συμπεράσματα για ανθρώπους μέσα από μελέτες σε αρουραίους, υπάρχουν επίσης και άλλα προβλήματα:

1. Η λογική των νευρομύθων είναι ότι όσες περισσότερες συνάψεις είναι διαθέσιμες, τόσο υψηλότερη είναι η δυνατή νευρική δραστηριότητα και επικοινωνία, καθιστώντας έτσι την μάθηση ευκολότερη.
2. Μια άλλη σχετική πεποίθηση είναι ότι η πρόωπη εκπαιδευτική παρέμβαση με τη χρήση «εμπλουτισμένου περιβάλλοντος» μπορεί να σώσει τις συνάψεις από το κλάδεμα ή μπορεί να δημιουργήσει νέες συνάψεις, οδηγώντας έτσι σε μεγαλύτερη νοημοσύνη ή στην ενίσχυση της ικανότητας μάθησης. Η τροφοδότηση αυτής της ιδέας είναι ένα πρόσθετο πρόβλημα πάνω στην αναφορά των πραγματικών αποτελεσμάτων μιας σχετικής μελέτης και στη συνέχεια αυτά να ερμηνεύονται με τρόπο πέρα από τα αποδεικτικά στοιχεία που παρουσιάζονται στην αρχική ερευνητική εργασία, (OECD, 2002).
3. Όπως αναφέρει η έκθεση του ΟΟΣΑ για να το καταστήσει σαφές, δεν υπάρχουν αποδείξεις για τον ανθρώπινο εγκέφαλο που να συνδέουν την συναπτική πυκνότητα και τη βελτίωση της μάθησης όπως και δεν υπάρχουν ενδείξεις που να συνδέουν την συναπτική πυκνότητα στην πρόωπη παιδική ηλικία με αυτή στη μετέπειτα ζωή.
4. Το σκεπτικό αυτό έχει επίσης επικριθεί για τον λόγο ότι το λεγόμενο «εμπλουτισμένο» περιβάλλον για τους αρουραίους ήταν, στην πραγματικότητα,

πολύ πιο κοντά σε ένα φυσιολογικό περιβάλλον αρουραίου, και έτσι η μελέτη έδειξε τις αρνητικές επιπτώσεις ενός τεχνητού «στερημένου» περιβάλλοντος. Υπάρχουν κάποιες ανθρώπινες αποδείξεις που να υποστηρίζουν αυτό το δεύτερο συμπέρασμα. Αυτό προκύπτει από τις μελέτες των ορφανών της Ρουμανίας που είχαν ανατραφεί σε σοβαρά στερημένα περιβάλλοντα, (O'Connor et al, 1999). Αυτά τα παιδιά υπέστηκαν πολλές αρνητικές συνέπειες από αυτήν την στέρηση, αν και η αποκατάσταση ήταν δυνατή σε πολλές περιπτώσεις.

Οι αρχικές μελέτες σε αρουραίους, επίσης έδειξαν ότι οι επιπτώσεις του περιβάλλοντος, (είτε «εμπλουτισμένο» ή «στερημένο»), ήταν εμφανείς σε αρουραίους όλων των ηλικιών, και όχι μόνο νεαρούς αρουραίους, (Green et al, 1983, Greenough et al, 1987). Στην ουσία έφεραν στο φως στοιχεία για τη συνέχιση της πλαστικότητας του εγκεφάλου.

Ένα τελικό πρόβλημα είναι , όπως ο John Brueer έχει θέση, ότι το "εμπλουτισμένο περιβάλλον", όταν εφαρμόζεται στην προσχολική ανθρώπινη εκπαίδευση, είναι κάτι το πολύ σχετικό, το οποίο συχνά αντανάκλα τις πολιτιστικές και ταξικές αξίες του εκπαιδευτή», (Brueer, 1997), και η προτίμηση αυτή σίγουρα δεν υποστηρίζεται από τη νευροεπιστήμη.

1.6.4 Μελλοντικοί νευρομύθοι

Η «πλευρικότητα» του εγκεφάλου, οι «κρίσιμες» περίοδοι και τα «εμπλουτισμένα» περιβάλλοντα μπορεί να είναι οι πιο διαδεδομένοι τρέχοντες νευρομύθοι, αλλά σύμφωνα με τον Goswami, υπάρχουν και άλλοι στον κλάδο όπως οι ιδέες για τους «φυλετικούς εγκεφάλους» και την «έμμεση μάθηση», (Goswami, 2004).

Η ιδέα ότι υπάρχουν αναγνωρίσιμες διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών στη δομή του εγκεφάλου και την οργάνωση του, εμφανίζεται περιστασιακά, (Hansen & Monk, 2002, O'Boyle & Gill, 1998), και μπορεί να έχει κάποια βάση στην πραγματικότητα, (Blakemore & Frith, 2000). Η έκθεση του OECD την ταξινομεί ως «εύστοχο προβληματισμό», και δεν την απορρίπτει τελείως, αν και σημειώνει ότι οποιεσδήποτε επιπτώσεις στην εκπαίδευση είναι, προς το παρόν, «διφορούμενες», (OECD, 2002).

Ωστόσο, είναι γνωστό ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ κάθε εγκεφάλου, και παραμένει ασαφές αν οι «ανάμεσα στις ομάδες» στατιστικές διαφορές υπερτερούν των «εντός της ομάδας» διαφορών, ή αντίστροφα αν οι ατομικές διαφορές είναι τόσο

μεγάλες που κατακλύζουν κάθε αναγνωρίσιμη διαφορά μεταξύ των δύο φύλων. Επίσης, δεν είναι εντελώς εύκολο να διαχωριστούν οι βιολογικές από τις πολιτιστικές διαφορές βάσεις των τυχόν διαφορών μεταξύ των φύλων (OECD, 2002).

Η «έμμεση» μάθηση συμβαίνει όταν ο εγκέφαλος απορροφά πληροφορίες τις οποίες δεν παρακολουθεί συνειδητά, (Blakemore & Frith, 2000, OECD, 2002). Είναι σίγουρα ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να έχουμε κατά νου όταν προσπαθούμε να αποφύγουμε περισπασμούς από τη μάθηση. Ωστόσο, πειράματα τα οποία έχουν γίνει πάνω στην έμμεση μάθηση έχουν την τάση να επικεντρώνονται σε εργασίες μάθησης αντίληψης και όχι σε γνωστικά έργα, και υπάρχει έτσι κάποια αμφιβολία ως προς το αν η έμμεση μάθηση λειτουργεί σε γνωστικές εργασίες, (Goswami, 2004).

Ένα τυπικό αντιληπτικό έργο για να διερευνήσουμε την έμμεση μάθηση, περιλαμβάνει να παρουσιάζονται στα άτομα φαινομενικά τυχαίες ακολουθίες-ερεθίσματα που στην πραγματικότητα τηρούν περίπλοκους κανόνες αλληλουχίας. Οι απαντήσεις των ατόμων σε δοκιμή δείχνουν ότι είχαν «μάθει» την αλληλουχία, ακόμη κι αν εξακολουθούσαν να αγνοούν την αρχή-κανόνα της αλληλουχίας, (Blakemore & Firth, 2000).

Καμία από αυτές τις ιδέες δεν έχει ακόμη προχωρήσει πέρα από το στάδιο της έρευνας και της υπόθεσης στον τομέα της νευροεπιστήμης, και δεν έχουν ακόμη αναδεχθεί σε πλήρεις νευρομύθους.

2

Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία αναλαμβάνει να παρουσιάσει μια συνοπτική κριτική βιβλιογραφική επισκόπηση σε ένα σχετικά πρόσφατο επιστημονικό τομέα έρευνας την **εκπαιδευτική νευροεπιστήμη**. Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, σε μια πρώτη προσέγγιση, περιλαμβάνει ποικίλες συνθέσεις θεωριών, μεθόδων και τεχνικών της νευροεπιστήμης, όπως αυτές εφαρμόζονται και ενημερώνεται από την εκπαιδευτική έρευνα και πρακτική.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που προσπαθεί να διαπραγματευτεί η συγκεκριμένη βιβλιογραφική επισκόπηση με αντικείμενο την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι τα ακόλουθα:

- 1) Πώς προσεγγίζεται και θεμελιώνεται θεωρητικά και φιλοσοφικά η Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη
- 2) Ποιά είναι τα κίνητρα, οι μεθοδολογίες και οι επιπτώσεις που επιφέρει στην εκπαίδευση η Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη
- 3) Ποια είναι η σχέση της Γνωστικής Νευροεπιστήμης με τη μάθηση
- 4) Πώς συνδέονται και επικοινωνούν οι φυσικές και κοινωνικές επιστήμες με την Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη
- 5) Πώς μπορεί να βοηθήσει η Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη στη διδασκαλία των Μαθηματικών
- 6) Μοντέλα της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης για τον εγκέφαλο, τον νου, την εκπαίδευση και την ηθική

Το αντικείμενο που διαπραγματεύεται η συγκεκριμένη βιβλιογραφική εργασία να είναι αρκετά ευρύ και εκτενές, με αποτέλεσμα το υλικό που αναζητήθηκε να συμπεριλάβει επιστημονικές μελέτες δημοσιευμένες σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά και σε κεφάλαια βιβλίων με το παλαιότερο άρθρο να είναι του Whitehead (1925), και το πιο πρόσφατο αυτό των Schwartz, M. & Gerlach, J. (2011).

Η σχετική αρθρογραφία που μελετήθηκε βρέθηκε μέσω των ακόλουθων ακαδημαϊκών βάσεων δεδομένων οι ScienceDirect, Wiley SagePub, SpringerLink, CiteSeerX, JSTOR και SCOPUS. Αρχικά έγινε αναζήτηση με τις λέξεις κλειδιά «educational neuroscience», «educational neurology», «neurology in education», «neuroscience and teaching», «mind and education», «brain, mind and education», και «neuroeducation». Επίσης για τη συλλογή της απαραίτητης βιβλιογραφίας χρησιμοποιήθηκαν αναλόγως και τα άρθρα που χρησιμοποίησαν ως αναφορές οι συγγραφείς.

Ήταν φυσικό και επόμενο η ερευνά να επεκταθεί και σε αρκετά άρθρα τα οποία παρατίθενται ως αναφορές στη βιβλιογραφία των άρθρων που μελετήθηκαν. Πρόκειται για ένα αρκετά ευρύ σώμα ερευνών αλλά σε καμία των περιπτώσεων δεν δύναται ποτέ μία βιβλιογραφική επισκόπηση όσο λεπτομερής και συστηματική να είναι να καλύψει πλήρως το φάσμα ενός επιστημονικού πεδίου και να εξαντλήσει το περιεχόμενό του, διότι πάντοτε θα ελλοχεύει ο κίνδυνος της παράλειψης ερευνών, ιδιαίτερα εκείνων που έχουν τύχει της μικρότερης δημοσιοποίησης.

Στην παρούσα έρευνα εντοπίστηκαν περισσότερα από 300 άρθρα τα οποία δημοσιεύτηκαν από το 1925 έως το 2011 χωρίς να σημαίνει ότι εξαντλήθηκε ολόκληρη η δημοσιευμένη βιβλιογραφία των 86 ετών. Από το συνολικό σώμα της αρθρογραφίας που μελετήθηκε ορισμένα άρθρα απορρίφθηκαν, καθώς παρατηρήθηκε ότι δεν ήταν σχετικά με τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν. Τελικά 257 δημοσιευμένες μελέτες στο διάστημα 1925-2011 συμπεριλήφθηκαν σε αυτή την μεταπτυχιακή εργασία και παρουσιάζονται στις επόμενες ενότητες.

3

Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία. Στην αρχή κάθε υποενότητας παρουσιάζεται η αρθογραφία που χρησιμοποιήθηκε και αμέσως ακολουθεί η ανάπτυξη και η συζήτηση των αποτελεσμάτων.

Πιο αναλυτικά, στην πρώτη υποενότητα ο Stephen Campell λαμβάνει υπόψη τη φύση της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, ορίζει ως αντικείμενό της τον εγκέφαλο-νου και εισάγει τη θεωρία της ενσωματωμένης γνωστικότητας και τονίζει ότι όλες οι αλλαγές στην υποκειμενική εμπειρία συνδέονται αναγκαστικά με αλλαγές στον εγκέφαλο και τη συμπεριφορά του σώματος.

Στη δεύτερη υποενότητα, ο John Geake αναφέρει την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ως ένα διεπιστημονικό πεδίο και δηλώνει πως είναι δουλειά να συμπεριλάβει τη λειτουργία του εγκεφάλου στην εκπαίδευση τόσο για την επικύρωση των σύγχρονων παιδαγωγικών πρακτικών αλλά και για να δημιουργήσει νέες. Ισχυρίζεται πως η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη χρειάζεται τη δική της πειθαρχημένη-ειδική μεθοδολογία που θα αντιμετωπίζει τις ανησυχίες, τα προβλήματα και τις ανάγκες των εκπαιδευτικών και των εκπαιδευόμενων, αλλά ταυτόχρονα θα ενστερνίζεται τα συμπεράσματα και την εμπειρία των γνωστικών νευροεπιστημόνων. Χρησιμοποιεί τη ρευστής αναλογίας ως μια βασική γνωστική διεργασία που χαρακτηρίζει τη δημιουργική σκέψη και προτείνει με τους συνεργάτες του ένα αντίστοιχο νευροψυχολογικό μοντέλο για τη δημιουργική νοημοσύνη.

Ο Anthony Kelly στην τρίτη υποενότητα, εντοπίζει πολλούς παράγοντες που συμβάλλουν στο αυξανόμενο ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών στα πορίσματα της γνωστικής νευροεπιστήμης, βεβαιώνει ότι η νευροεπιστήμη μπορεί να προσφέρει τα

εμπειρικά «αρχέτυπα» για την εκ νέου θεωρητικοποίηση της μάθησης και τονίζει την ανάγκη να καταρριφθούν οι εγκεφαλικοί νευρομύθοι και να αντικατασταθούν οι αόριστες θεωρίες για τη μάθηση με μια μίξη από θεωρίες και μοντέλα που βασίζονται στην έρευνα, περιλαμβάνοντας μια σειρά επιστημονικών κλάδων, συμπεριλαμβανομένων και της νευροεπιστήμης.

Στη συνέχεια στην τέταρτη υποενότητα, ο P. H. Jones, υποστηρίζει την ανάγκη να συμπεριληφθεί η λειτουργία του εγκεφάλου στον σχηματισμό θεωριών για την εκπαίδευση και προειδοποιεί ότι η συνεργασία μεταξύ της νευρολογίας και της εκπαίδευσης είναι γεμάτη με φιλοσοφικά, εννοιολογικά, μεθοδολογικά και πρακτικά προβλήματα. Τίθεται ενάντια στην «ιατρικοποίηση» των εκπαιδευτικών ζητημάτων στην προσπάθεια για την κατανόηση τους, και παρουσιάζει ένα μοντέλο «επίπεδων δράσης» που ενσωματώνει το πρότυπο εγκεφαλικής συμπεριφοράς ως λειτουργική διασύνδεση των φυσικών και κοινωνικών επιστημών από νευροεκπαιδευτικούς ερευνητές

Η πέμπτη υποενότητα περιλαμβάνει την έρευνα του D. Ansari και των συνεργατών του D. Coch και B. de Smedt οι οποίοι εξετάζουν το ρόλο της γνωστικής νευροεπιστήμης στην ενημέρωση της εκπαίδευσης. Αναγνωρίζουν ότι η αλλαγή των εκπαιδευτικών θεωριών και μοντέλων ώστε να γίνουν νευροεπιστημονικά και βασισμένα στη βιολογία, θα είναι πολύπλοκη και αναγκαστικά πρέπει να περιλαμβάνει αλλαγές στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών και την κατάρτιση τους αλλά και οι γνωστικοί νευροεπιστήμονες θα πρέπει να έρθουν σε επαφή με τα ζητήματα και τα προβλήματα που σχετίζονται με την πρακτική στην εκπαιδευτική αίθουσα.

Αμέσως μετά παρουσιάζεται η άποψη του M. Ferrari για την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη η οποία σύμφωνα με τον ίδιο θα ανανεώσει τη γνωστική νευροεπιστήμη και θα διευρύνει την κατανόηση μας για το πώς είναι ενσωματωμένες η γνώση και η γνωστική λειτουργία. Ο Ferrari υποστηρίζει, σε αντίθεση με τον H. Jones, (υποενότητα τέσσερα), ότι η εκπαιδευτική στρατηγική πρέπει να ακολουθήσει το ιατρικό μοντέλο μιας και η καθαρή έρευνα, αποτελεί ενημέρωση για την πρακτική και ταυτόχρονα η στρατηγική αυτή θα πρέπει να είναι κοινωνικά ενταγμένη και πολιτισμικά προσεκτική, στο ότι αντανάκλα τις αξίες που ασπάζόμαστε και την κοινωνία που επιδιώκουμε να έχουμε.

Ο H. Koizumi στην υποενότητα επτά, υποδέχεται ένθερμα τη βιολογικά θεμελιωμένη άποψη της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, θεωρεί την μάθηση ως τη δημιουργία νέων νευρωνικών συνδέσεων σαν απάντηση σε εξωτερικά ερεθίσματα από το περιβάλλον, και

την εκπαίδευση, ως την διαδικασία της δημιουργίας ή έλεγχου των ερεθισμάτων αυτών, καθώς και ως έμπνευση της θέλησης για μάθηση. Προτείνει τη χρήση μελετών κοορτής και υποστηρίζει ότι οι μελέτες αυτές θα επιτρέψουν στους ερευνητές να συμβάλουν στη χάραξη της εκπαιδευτικής πολιτικής, να αποκαλύψουν πιθανές επιπτώσεις της τεχνολογίας, και να βοηθήσουν να καθορίσουν εάν τα ευρήματα από μελέτες σε ζώα μπορούν να εφαρμοστούν στον άνθρωπο. Η υποενότητα επτά ολοκληρώνεται συνοψίζοντας αρκετές μελέτες κοορτής κοινωνικών ομάδων, τους στόχους και τις μεθοδολογίες τους αλλά και τα πλεονεκτήματα, τα ζητήματα και τις συνέπειες τέτοιου είδους μελετών.

Στην υποενότητα οκτώ, οι K. Lee και S. F. Ng επικεντρώνονται στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη και τη διδασκαλία των μαθηματικών και πιο συγκεκριμένα στοχεύουν να διαφοροποιήσουν μεταξύ των νευροανατομικών συστημάτων του εγκεφάλου που χρησιμοποιούνται για να κάνουμε μαθηματικά, να διδάξουμε μαθηματικά, και να μάθουμε μαθηματικά. Οι προκλήσεις που αναφέρουν περιλαμβάνουν την συμπύκνωση των προβλημάτων που σχετίζονται με τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών σε δράσεις κατάλληλες για τους περιορισμούς που έχουν οι τεχνικές νευροαπεικόνισης, καθώς και το πρόβλημα της συναγωγής συμπερασμάτων για την παιδαγωγική από τα αποτελέσματα της έρευνας. Συγκεκριμένα, οι Lee και Ng χρησιμοποιούν τεχνικές νευροαπεικόνισης για να διερευνήσουν ευρετικά, τη μέθοδο μοντέλου σε σχέση με την επίσημη άλγεβρα, που χρησιμοποιείται στη διδασκαλία αλγεβρικών λέξεων επίλυσης προβλημάτων καθώς και για τη διερεύνηση των διαδοχικών βημάτων κατά την επίλυση προβλημάτων.

Στην υποενότητα εννιά οι Z. Stein και K. Fischer προτείνουν ένα υπόδειγμα για την κατάρτιση μιας νέας γενιάς εκπαιδευτικών ερευνητών στην νευροεπιστήμη. Παρουσιάζουν την ιδέα της έρευνας σχολικής συνεργασίας, ως το μοντέλο επιλογής για τον νου, τον εγκέφαλο, και τη παιδείας, (Mind-Brain-Education, MBE), και υποστηρίζουν ότι η έρευνα σχολικών συνεργασιών ενσωματώνει τις μεθοδολογικές καινοτομίες που απαιτούνται για τη δημιουργία μιας λειτουργικής διεπιστημονικής ερευνητικής ομάδας. Αναγνωρίζουν επίσης, πως από τα σημαντικότερα θέματα για το MBE είναι ο έλεγχος της ποιότητας και της διεπιστημονικής σύνθεσης των μεθόδων, η ανάπτυξη ρεαλιστικών και ολοκληρωμένων μοντέλων της ανθρώπινης ανάπτυξης, η ανάγκη για ανάπτυξη της δεοντολογίας που διέπει τη χρήση των νευροεπιστημονικών ευρημάτων της έρευνας και η ανάγκη να δημιουργηθεί ένα κοινό λεξιλόγιο-ορολογία.

Υποστηρίζουν την έρευνα βασισμένη στο πρόβλημα, μέσα στο πολύπλοκο πλαίσιο της πρακτικής, συμπεριλαμβάνοντας πλουραλιστικές μεθοδολογίες, τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών αναλύσεων, με στόχο τη βελτίωση της παιδαγωγικής.

3.1 Θεωρητική και φιλοσοφική προσέγγιση της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης

Ο **Error! Not a valid bookmark self-reference.** παρουσιάζει την αρθρογραφία που χρησιμοποιήθηκε στην υποενότητα αυτή όπου θα παρακολουθήσουμε τη συλλογιστική διαδρομή και ερευνητική προσέγγιση του Stephen Campbell.

Πίνακας 2 Αρθρογραφία πρώτης υποενότητας

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Campbell, S. R. (1998)	Pre-service Teachers' Understanding of Elementary Number Theory: Qualitative constructivist research situated within a Kantian framework for understanding educational inquiry
2	Campbell, S. R. (2002)	Constructivism and the Limits of Reason: Revisiting the Kantian problematic, <i>Studies in Philosophy and Education</i>
3	Campbell, S. R. (2003)	Constructivism and the Limits of Reason: Revisiting the Kantian problematic, <i>Studies in Philosophy and Education</i>
4	Campbell, S. R. (2004)	Forward and Inverse Modeling: Mathematics at the nexus between mind and world
5	Campbell, S. R. (2005)	Specification and Rationale for Establishing a Mathematics Educational Neuroscience Laboratory
6	Campbell, S. R. (2006a)	Educational Neuroscience: New horizons for research in mathematics education
7	Campbell, S. R. (2006b)	Defining Mathematics Educational Neuroscience
8	Campbell, S. R., with the ENL Group (2007)	The ENGRAMMETRON: Establishing an educational neuroscience laboratory
9	Campbell, S. R. (2010)	Embodied Minds and Dancing Brains: New opportunities for research in mathematics education
10	Campbell, S. R. & Dawson, A. J. (1995)	Learning as Embodied Action
11	Campbell, S. R. & Zazkis, R. (eds) (2002)	Learning and Teaching Number Theory: Research in cognition and instruction
12	Chalmers, D. J. (1995)	Facing Up to the Problem of Consciousness, <i>Journal of Consciousness Studies</i>
13	Makeig, S. (2010)	Commentary on Embodied Minds and Dancing Brains: New opportunities for research in mathematics education
14	Varela, F. J., Thompson, E. & Rosch, E. (1991)	The Embodied Mind: Cognitive science and human experience
15	Zazkis, R. & Campbell, S. R. (eds) (2006)	Number Theory in Mathematics Education: Perspectives and prospects

Ο ίδιος όντας εκπαιδευτικός φιλόσοφος και ερευνητής στην εκπαίδευση των μαθηματικών στο Πανεπιστήμιο Simon Fraser, λαμβάνει υπόψη τη φύση της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης. Με τον τρόπο αυτό, αναγνωρίζει ως το ορθό αντικείμενο της μελέτης του τον «εγκέφαλο-νου», (στμ. Mindbrain).

Ο Campbell υποστηρίζει μια ριζοσπαστική θεωρία ενσωματωμένης γνωστικότητας που έχει ως θεμελιώδη παραδοχή **ότι οποιαδήποτε και όλες οι αλλαγές στην υποκειμενική εμπειρία κατ 'ανάγκην συνεπάγονται-συνδέονται με αλλαγές στον εγκέφαλο και τη συμπεριφορά του σώματος**. Με τον ίδιο τρόπο, έχει επεκτείνει την εμπειρική έρευνα του στη μαθηματική εκπαίδευση για να συμπεριλάβει μεθόδους και τεχνικές Ψυχοφυσιολογίας και γνωστικής νευροεπιστήμης στις μελέτες του περί μαθηματικής νόησης και μάθησης.

Ξεκινά την ανάλυσή του θέτοντας το ερώτημα «Τι σχέση έχει ο εγκέφαλος με τη μάθηση;» και τονίζει πως αν και είναι παράξενο να αναρωτηθεί κανείς υπάρχουν, ωστόσο, **βάσιμες αντιρρήσεις για την τμηματική εισαγωγή** διάφορων νευροεπιστημονικών εκτιμήσεων στο ευρύ πεδίο της εκπαίδευσης. Αφού παρουσιάσει ένα λειτουργικό ορισμό για την **εκπαιδευτική νευροεπιστήμη**, όπου εντοπίζει τον «εγκέφαλο-νου» ως το σωστό αντικείμενο μελέτης, προχωρά στη συζήτηση ορισμένων ενστάσεων και έπειτα παρουσιάζει τα κίνητρα, τους στόχους, και τις προοπτικές για τον νέο αυτό τομέα της εκπαιδευτικής έρευνας.

3.1.1 Ορισμός και αντικείμενο της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης

Ο Campbell στις ερευνητικές του εργασίες, (Campbell, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006a, b, 2007, 2010), θεωρεί την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ως ένα νέο χώρο της εκπαιδευτικής έρευνας, που βασίζεται στις νευροεπιστήμες, (κυρίως στη γνωσιακή νευροεπιστήμη, συμπεριλαμβανομένης της Ψυχοφυσιολογίας), και που επίσης εμπίπτει στο ευρύτερο αναδυόμενο πεδίο της νευροεκπαίδευσης. Ως έναν χώρο που βασίζεται στις θεωρίες, τις μεθόδους και τα αποτελέσματα από τις νευροεπιστήμες, αλλά σε αντίθεση με μια εφαρμοσμένη γνωσιακή νευροεπιστήμη, δεν περιορίζεται μόνο σε αυτά. Τονίζει πως τα εστιασμένα σημεία της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης είναι τα ανθρώπινα όντα, και όχι μόνο οι φυσιολογικοί και βιολογικοί μηχανισμοί που τους διέπουν. Ως εκ τούτου, κατά τη γνώμη του, η εκπαιδευτική νευρολογία, εξ ορισμού, με σεβασμό στην διδασκαλία των εκπαιδευτικών και τη μάθηση των μαθητών, πρέπει να προσπαθήσει να γεφυρώσει, ή

τουλάχιστον να συμβιβαστεί με το χάσμα μεταξύ του συνειδητού μυαλού και του ζώντα εγκεφάλου, κάτι που σύμφωνα με τον Chalmers, (1995), είναι ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα.

Για τον Campbell, είναι σαφές ότι η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ως σύνθεση στοιχείων της εκπαίδευσης και της νευροεπιστημής, μπορεί επίσης να αντιμετωπιστεί ποικιλοτρόπως:

1. είτε ως μια πολυεπιστημονική δραστηριότητα,
2. είτε ως μια ενδοεπιστημονική δραστηριότητα ή
3. τέλος ως μια διεπιστημονική δραστηριότητα.

Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ως μια **πολυεπιστημονική δραστηριότητα** περιλαμβάνει συνήθως νευροεπιστήμονες και εκπαιδευτικούς, (όπως εκπαιδευτικούς, θεωρητικούς ερευνητές, επαγγελματίες και φορείς χάραξης πολιτικής), συμβάλλοντας την εμπειρογνωμοσύνη τους σε ένα κοινό σχέδιο, χωρίς να εμπλέκουν με τις θεωρίες, τις μεθόδους, τις πρακτικές, τις πολιτικές ή πόσο μάλλον, φιλοσοφικές δεσμεύσεις μεταξύ τους, «**κάθε εμπειρογνώμονας ουσιαστικά θα κάνει το δικό του**».

Από την άλλη αν αντιμετωπιστεί ως μια **ενδοεπιστημονική δραστηριότητα**, θα έβρισκε τους νευροεπιστήμονες και τους εκπαιδευτικούς να αποδέχονται ενεργά τις απόψεις του άλλου σε μια προσπάθεια για την από κοινού βελτίωσης των αντίστοιχων συνεισφορών τους σε ένα συγκεκριμένο έργο.

Τέλος αν αντιμετωπιστεί ως μια **διεπιστημονική δραστηριότητα**, που αποτελεί την προσέγγιση που υιοθετεί ο Campbell, εξ ορισμού θα πρέπει να συνεπάγεται τη σφυρηλάτηση νέων φιλοσοφικών πλαισίων και μεθοδολογιών έρευνας για την γεφύρωση μέσω διαφόρων τροπών της εκπαίδευσης με την νευροεπιστήμη, του νου και του εγκεφάλου, το φαινομενολογικό και το φυσιολογικό, το τελεολογικό και το αιτιατό, το πρώτο πρόσωπο και το τρίτο πρόσωπο, το αντικειμενικό και το υποκειμενικό.

Ενώ οι ενδοεπιστημονικές και πολυεπιστημονικές δραστηριότητες είναι τυπικά κατευθυνόμενα-προσανατολισμένα έργα, βασισμένα στο να αντιμετωπίζουν παραδοσιακά προβλήματα με νέους τρόπους, το «άγιο δισκοπότηρο», για μια διεπιστημονική εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, πάντα σύμφωνα με τον Campbell, θα ήταν

να ενδυναμώσει τους εκπαιδευομένους μέσω της θεληματικής εφαρμογής του μυαλού ώστε αντιληφτούν και να αλλάξουν συνειδητά τις δίκες τους εγκεφαλικές επεξεργασίες σε καταστάσεις πιο ευνοϊκές για τις διάφορες πτυχές της μάθησης. Η ιδέα ότι τα ανθρώπινα όντα έχουν στο πλαίσιο των δυνατοτήτων τους, να μεταβάλουν συνειδητά τους εγκεφάλους τους σε μορφές που ευνοούν τις διάφορες πτυχές της μάθησης είναι μια δελεαστική σκέψη.

Σύμφωνα με τον Campbell «τα αποτελέσματα της εμπειρίας» είναι το επίμαχο ζήτημα στην «διακήρυξη του Santiago», (2007), στην οποία εν μέρει καταγράφεται: «Η τρέχουσα έρευνα του εγκεφάλου προσφέρει ένα γραμμάτιο, αλλά, για το μέλλον. Τα αναπτυξιακά μοντέλα και η κατανόησή μας για τη μάθηση θα πρέπει να βοηθηθούν από μελέτες που αποκαλύπτουν τα αποτελέσματα της **εμπειρίας** πάνω στα συστήματα του εγκεφάλου που εργάζονται σε συνεννόηση. Αυτή η εργασία είναι πιθανόν να ενισχύσει την κατανόηση των μηχανισμών που διέπουν τη μάθηση».

Ο όρος «**εμπειρία**» και οι επιπτώσεις της μπορούν να ερμηνευθούν με πολλούς τρόπους. Από μια **υλιστική** σκοπιά, η εμπειρία είναι ό, τι συμβαίνει στο σώμα, και τα αποτελέσματα της εν λόγω εμπειρίας εκδηλώνονται ως αντικειμενικές αλλαγές στο σώμα, τον εγκέφαλο και τη συμπεριφορά. Από **ιδεαλιστική** σκοπιά η εμπειρία είναι αυτό που έχουμε. Δηλαδή, είναι, κυριολεκτικά, αυτό που βιώνουμε ως υποκειμενικά όντα, και οι επιπτώσεις τους από κει και έπειτα αφορούν επιπτώσεις που σχετίζονται με την κατάσταση του νου μας.

Η φιλοσοφική δέσμευση του Campbell στο ζήτημα αυτό, είναι θεωρεί τον νου-βιωμένη εμπειρία, ως μια καλή τη πίστει ιδιότητα της ύλης. Δηλαδή, ο νους είναι ενσωματωμένος στην ύλη. Αυτό που έχει σημασία γι' αυτόν ως εκπαιδευτικός, είναι ότι **ο νους έχει στην πραγματικότητα επίδραση πάνω στην ύλη, και αυτό σημαίνει ότι προϋποθέτει ότι το μυαλό κάποιου μπορεί, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό, να έχει αιτιώδεις συνέπειες πάνω σε άλλους, καθώς και πάνω στον ίδιο του τον εγκέφαλο και ειδικότερα στο σώμα του.**

Παρατηρεί ότι, μια τέτοια άποψη έρχεται σε αντίθεση με τις θεμελιώδεις φιλοσοφικές δεσμεύσεις των περισσότερων, αν όχι όλων των επιστημόνων-δηλαδή, η ιδέα ότι ο νους δεν μπορεί να έχει οποιοδήποτε αιτιατή αποτελεσματικότητα και συμπληρώνει πως για να υποθέσουν διαφορετικά, θα πρέπει να εξαλείψουν τη βούληση ως ανθρώπινο χαρακτηριστικό, για να καταστήσουν την εμπειρία ως ένα ζήτημα συγκυριών, και να

αρνηθούν στους μαθητές, οποιαδήποτε έννοια-αίσθηση, ηθικού παράγοντα ή εμπύχωσης, κάτι που θεωρεί εντελώς απαράδεκτο.

Εξετάζει τον νου και τον εγκέφαλο ως διαφορετικές πτυχές ενός ενιαίου «εγκεφάλου-νου» και προσδιορίζει έτσι τη μελέτη του ως το πραγματικό αντικείμενο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης.

Υιοθετεί στη συνέχεια την άποψη των Varela, Thompson, και Rosch, (1991), για τον ενσωματωμένο νου, αλλά ενσωματωμένο με μια ριζοσπαστική έννοια, τέτοια ώστε οποιοσδήποτε αλλαγές στην υποκειμενική εμπειρία, πρέπει αξιωματικά να εκδηλωθούν αντικειμενικά με κάποιο τρόπο ως αλλαγές στον εγκέφαλο, το σώμα, και τη συμπεριφορά, και το αντίστροφο. Τοποθετώντας τις λεπτομέρειες της αιτιότητας και της φύσης της ύλης στην άκρη, αυτή η ριζοσπαστική άποψη του ενσωματωμένου νου, δικαιολογεί μια αναζήτηση για συσχετίσεις μεταξύ των υποκειμενικών εμπειριών και ενσωματωμένων συμπεριφορών.

Καταλήγει πως αν θέλουμε να μελετήσουμε υποκειμενικά εμπειρικές αλλαγές στις νοητικές καταστάσεις των εκπαιδευόμενων, μια ελπιδοφόρα λεωφόρος για να γίνει αυτό είναι να μελετήσουμε τις αλλαγές στον εγκέφαλο και στην εγκεφαλική συμπεριφορά. Αυτό είναι φαινομενικά το κίνητρο για τις σπουδές στην ψυχοφυσιολογία και των γνωστικών νευροεπιστήμων.

Κατά συνέπεια, βάζοντας τις φιλοσοφικές σκέψεις στην άκρη, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μπορεί δικαίως να προορίσει μεθόδους, θεωρίες, και να μοιράσει τα αποτελέσματα με αυτούς τους κλάδους.

Η ανωτέρω αντίληψη του για την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, σε γενικές γραμμές, έχει ως στόχο να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ μυαλού και σώματος, με ιδιαίτερη έμφαση στον εγκέφαλο ως κύριο όργανο της σκέψης, και έτσι να καταστήσει τη φύση και διάφορες επιδράσεις της εκπαιδευτικής εμπειρίας, περισσότερο κατανοητά και ουσιαστικά.

Βάζοντας μεθόδους, θεωρίες και αποτελέσματα μέσα από τη γνωστική νευροεπιστήμη, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μπορεί να επιδιωχθεί ως εφαρμοσμένη γνωσιακή νευροεπιστήμη. Έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει πέρα από τις διαδεδομένες μηχανιστικές υποθέσεις που υπόκεινται στους εν λόγω τομείς για να γίνει μια πραγματικά διεπιστημονική επιχείρηση που περιλαμβάνει επίσης ριζοσπαστικά εμπειρικές φαινομενολογίες των βιωμένων εμπειριών.

3.1.2 Ενστάσεις και αντιμετώπιση

Για να οριστεί ο «εγκέφαλος-νους» ως το σωστό αντικείμενο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, πρέπει να τονιστεί ότι ο νους και ο εγκέφαλος είναι ένα πράγμα, και όχι δύο. Για όσους αμφισβητήσουν αυτή την ο Campbell αντιπροτείνει τα εξής:

1. Σε πολλές χώρες, η απουσία εγκεφαλικής δραστηριότητας αποτελεί το νομικό ορισμό του θανάτου.
2. Είναι σαφές, ειδικά από τις μελέτες με ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), το βιοηλεκτρομαγνητικό πεδίο που παράγεται από τον ανθρώπινο εγκέφαλο δείχνει σαφέστατα, υποκειμενικά βιωμένες μεταβολές μεταξύ ύπνου και αφύπνισης.
3. Το EEG αποκαλύπτει βαθιές αλλαγές στη συμπεριφορά του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια των επιληπτικών κρίσεων.
4. Μελέτες με χρήση διακρανιακής μαγνητικής διέγερσης, (TMS) με σκοπό την αλλαγή της εγκεφαλικής συμπεριφοράς, συνεχώς και κατ'επανάληψη, αλλάζουν την ψυχική εμπειρία.
5. Οι μελέτες σε κακώσεις μπορούν να απεικονίσουν δραματικά τα αποτελέσματα αυτών στην ψυχική λειτουργία.
6. Μελέτες σχετικά με την πλαστικότητα του εγκεφάλου, δείχνουν ότι οι ζώντες εγκέφαλοι συνεχώς υφίστανται μαζικές αλλαγές στις νευρικές συνδέσεις από στιγμή σε στιγμή.
7. Ουσίες που έχουν αξιοσημείωτες επιπτώσεις στη χημεία του εγκεφάλου συνήθως έχουν και αξιοσημείωτες επιπτώσεις στην ψυχική εμπειρία.
8. Η γνωστικής νευροεπιστήμη, μέσα από μια ποικιλία τεχνολογιών απεικόνισης του εγκεφάλου, παρέχει αυξανόμενες αποδείξεις ότι οι αλλαγές στη γνωστική λειτουργία συσχετίζονται σημαντικά με τις αλλαγές στον εγκέφαλο και στη

συμπεριφορά του, για παράδειγμα, βουλητικές μεταβολές στην ψυχική κατάσταση που σχετίζονται με το διαλογισμό, την προσοχή, τη λογική και την ανάκληση.

Τονίζει πως είναι προφανές ότι τα παιδιά στις τάξεις απέχουν πολύ από νευρώνες σε δίσκους καλλιέργειας και αναδιατυπώνει την πρωταρχική του ερώτηση: «Τι σχέση έχει ο εγκέφαλος με την μάθηση;» Έτσι το ερώτημα δεν είναι αν υπάρχουν σχέσεις μεταξύ νου και εγκέφαλου, σαφώς και υπάρχουν, το ερώτημα, λοιπόν, είναι **σε ποιο βαθμό, υποκείμενοι σε εγγενή θεωρητικά και πρακτικά όρια μέτρησης και ανάλυσης, μπορούμε να προσδιορίσουμε τις αλλαγές στις νοητικές καταστάσεις, ως αλλαγές στον εγκέφαλο και την συμπεριφορά του, και αντίστροφα, εφόσον οι εν λόγω αλλαγές, και η ανάπτυξη του «εγκεφάλου-νου», επηρεάζουν και αφορούν εκπαιδευτικά ζητήματα που σχετίζονται με τη διδασκαλία και μάθηση.** Αυτό είναι και το φορτίο που έχει επωμισθεί η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη .

3.1.3 Κίνητρα, στόχοι και προοπτικές της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης

Σύμφωνα με τον Campbell, τα κίνητρα είναι πολλά και ποικίλα. Υπάρχουν μερικοί γνωστικοί νευροεπιστήμονες που ενδιαφέρονται για τη μελέτη και τη συμβολή στα εκπαιδευτικά προβλήματα που συνδέονται με τη διδασκαλία και τη μάθηση. Στο βαθμό που θα προσφέρουν την τεχνογνωσία τους για να τεθεί καλή χρήση, η εκπαιδευτική νευρολογία μπορεί να θεωρηθεί ως μια εφαρμοσμένη γνωστική νευροεπιστήμη.

Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν και κάποιοι εκπαιδευτικοί ερευνητές, επαγγελματίες και φορείς χάραξης πολιτικής, οι οποίοι ενδιαφέρονται για την κατανόηση των τρόπων με τους οποίους τα ευρήματα από τις νευροεπιστήμες μπορεί να είναι σχετικά με τη βελτίωση της εκπαίδευσης. Στο βαθμό που θα προσφέρουν την τεχνογνωσία τους για να τεθεί σε ορθή χρήση, η εκπαιδευτική νευρολογία μπορεί να θεωρηθεί τώρα ως μέρος της νευροεκπαίδευσης και των αυξανόμενων πρωτοβουλιών που αφορούν τις σχέσεις μεταξύ νου, εγκέφαλου, και εκπαίδευσης.

Όντας φιλόσοφος της εκπαίδευσης αλλά και ερευνητής στη μαθηματική εκπαίδευση, (Campbell, 1998), πιστεύει πως η εκπαιδευτική νευρολογία παρουσιάζει μοναδικές ευκαιρίες για την αντιμετώπιση θεμελιωδών προβλημάτων και στους δύο αυτούς κλάδους με ταυτόχρονο και συντονισμένο τρόπο.

Δηλώνει πως υπάρχουν πολλά προβλήματα στην έρευνα της μαθηματικής εκπαίδευσης, τα σπουδαιότερα από τα οποία είναι, α) η φύση του μαθηματικού άγχους και β) ο σχηματισμός της μαθηματικής έννοιας. Επιλέγει ως πληθυσμό-στόχο τους εκπαιδευτικούς που δεν έχουν ακόμη διοριστεί, χωρίς εμπειρία δηλαδή, καθώς πιστεύει ότι αυτοί δύνανται να έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας στη μαθηματική εκπαίδευση, (Campbell & Zazkis, 2002, Zazkis & Campbell, 2006). Οι αποκρίσεις-αντιδράσεις των μαθητευόμενων στο μαθηματικό άγχος και στη μαθηματική επισήμανση-κατανόηση τυπικά κυμαίνονται από οδυνηρές σε εμφανείς. Και τα δύο αποτελούν βαθιά ενσωματωμένα φαινόμενα, και με αυτόν τον τρόπο, παρουσιάζονται ως φυσικοί υποψήφιοι για την έρευνα στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη.

Υπάρχουν και άλλα ζητήματα που παρουσιάζουν έντονο ενδιαφέρον πάνω στην εκπαίδευση των μαθηματικών, που αποτελούν καλά θέματα για ερευνά με τη χρήση μεθόδων της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, όπως α) η επίλυση προβλημάτων και β) ο διδακτικός σχεδιασμός, ιδιαίτερα με τη χρήση διασύνδεσης χρηστών υπολογιστών με εκπαιδευτικό λογισμικό, (ΤΠΕ).

3.1.4 Θεωρίες και μεθοδολογία

Σύμφωνα πάλι με τον Campbell, η ενσωματωμένη νόηση παρέχει στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ένα σταθερό μεθοδολογικό θεμέλιο καθώς και ένα ισχυρό φιλοσοφικό πλαίσιο. Οι εκπαιδευτικοί νευροεπιστήμονες θα μπορούσαν να διεξάγουν μελέτες χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μοντέλων έρευνας, παρακινούμενοι και εξάγοντας συμπεράσματα από τις διαφορές στα φιλοσοφικά αξιώματα.

Οι λεγόμενοι «Πόλεμοι μοντέλων» που έχουν πλήξει την εκπαιδευτική έρευνα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών έχουν, κατά την άποψή του, βασιστεί περισσότερο στις θεμελιώδεις φιλοσοφικές διαφορές από ό,τι στις πολύ πιο συγκεκριμένες θεωρίες και μεθόδους που σχετίζονται με διάφορα ερευνητικά μοντέλα. Ως μια διεπιστημονική επιχείρηση μέσα σε ένα πλαίσιο ενσωματωμένης νόησης η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη δεν θα πρέπει να περιορίζεται, όταν πρόκειται για ερευνητικά μοντέλα. Για παράδειγμα, η ποιοτική έρευνα στην εκπαιδευτική έρευνα συχνά προσπαθεί να καταλάβει ένα δεδομένο πρόβλημα σε βάθος. Ο στόχος είναι να αποκτήσουν βαθιά κατανόηση για να παρέχουν κάποια διορατικότητα σε μια δεδομένη κατάσταση, ή και το πώς προέκυψε ή θα

μπορούσε να βελτιωθεί. Μερικές φορές, νέοι και συχνά απρόβλεπτοι παράγοντες και φαινόμενα αποκαλύπτονται. Δίνεται λιγότερη προσοχή στο κατά πόσο τα ποιοτικά ευρήματα έχουν γενικότερη εφαρμογή, καθώς τέτοιες ερωτήσεις υπάγονται πιο δικαιωματικά στην αρμοδιότητα της ποσοτικής έρευνας.

Οι θεωρίες, οι μέθοδοι, τα μέσα και οι στόχοι της ποιοτικής και ποσοτικής έρευνας διαφέρουν, αλλά δεν υπάρχει γενικός λόγος να τις δούμε ως εγγενώς ασύμμετρες, εκτός εάν, για κάποιο λόγο κάποια από αυτές έρχεται σε αντίθεση με τις φιλοσοφικές δεσμεύσεις της άλλης.

Ωστόσο, με την αυξανόμενη επικράτηση του πραγματισμού και της έμφασης στις μεικτές μεθόδους θα πρέπει να γίνει μεγαλύτερο άνοιγμα προς τις νέες προσεγγίσεις στην εκπαιδευτική έρευνα μέσα από την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη. Με βάση την ενσωματωμένη θεώρηση, είναι εξίσου σημαντικό να κατανοήσουμε πώς η νόηση βρίσκεται τοποθετημένη μέσα στα άτομα και στις τάξεις, πώς επιτυγχάνεται η μάθηση και πώς μπορεί να ενισχυθεί, για να αποκτήσουμε γνώση των μηχανισμών του εγκεφάλου που διέπουν τη γνωστική λειτουργία. Ως εκ τούτου, τόσο οι γνωστικές όσο και οι κοινωνικές νευροεπιστήμες έχουν πολλά να προσφέρουν στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη.

Κατά την εφαρμογή των αποτελεσμάτων της γνωστικής και κοινωνικής νευροεπιστήμης στις μαθησιακές δυσκολίες, επιβάλλεται οι εκπαιδευτικοί νευροεπιστήμονες να συνεργάζονται στενά, είτε σε άμεση συνεργασία με, ή μέσω αφομοίωσης σχετικής βιβλιογραφίας που να έχει δημιουργηθεί από τους εν λόγω νευροεπιστήμονες. Οι νευροεπιστήμες έχουν πολλά να προσφέρουν όχι μόνο από άποψη αποτελεσμάτων, αλλά και από άποψη θεωριών και μεθόδων, νέες ως προς την εκπαιδευτική έρευνα, ιδίως για νέες τεχνολογίες στην απεικόνιση του εγκεφάλου, (Campbell, 2010, Makeig, 2010).

Στην εμπειρική του έρευνα πάνω στην μαθηματική εκπαίδευση, σε συνδυασμό με την φιλοσοφική-ιδεολογική του δέσμευση στην ενσωματωμένη νόηση, (Campbell, 2002, Campbell & Dawson, 1995), προσπαθήσει να κάνει όσο περισσότερο παρατηρητικό έλεγχο της μαθησιακής διαδικασίας είναι δυνατόν, (Campbell, 2003, Campbell, με την ομάδα ENL, 2007). Στο εκπαιδευτικό νευροεπιστημονικό του εργαστήριο, (ENGRAMMETRON), στην παιδαγωγική σχολή του Πανεπιστημίου Simon Fraser, χρησιμοποιεί εξοπλισμό για την καταγραφή ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων, (EEG), ηλεκτροκαρδιογραφημάτων, (EKG), ηλεκτροφθαλμογραφήματα, (EOG), και

ηλεκτρομυογραφήματα (EMG), που αφορούν τη δραστηριότητα του εγκεφάλου, τον καρδιακό ρυθμό, την κίνηση των ματιών, και την κίνηση των μυών, αντίστοιχα. Επίσης καταγράφει την αναπνοή, τον όγκο της ροής του αίματος, και την αγωγιμότητα του δέρματος. Όλες αυτές οι ψυχοφυσιολογικές μετρήσεις επαυξάνονται μέσω της τεχνολογίας παρακολούθησης οφθαλμών, της οθόνης σύλληψης, σύλληψη με πληκτρολόγιο και ποντίκι, και πολλαπλές καταγραφές βίντεο των συμμετεχόντων, από διάφορες οπτικές γωνίες.

Τα συλλεγμένα με βάση τις προαναφερθέντες μεθόδους δεδομένα, ενσωματώνονται, και συγχρονίζονται για να κωδικοποιηθούν, να αναλυθούν και να ερμηνευθούν στη συνέχεια, αποδίδοντας έτσι ολοκληρωμένες παρατηρήσεις και γνώση για τη διαδικασία της μάθησης, (Campbell, 2010).

3.2 Κίνητρα, μεθοδολογίες και πρακτικές συνέπειες της Εκπαιδευτικής Νευροεπιστήμης

Στην υποενότητα αυτή, με αφορμή την τοποθέτηση του **John Geake** της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου της Νέας Αγγλίας, όπου θεωρεί την εκπαιδευτική νευρολογία ως ένα διεπιστημονικό πεδίο, το οποίο εμπνέεται όσο είναι και εμπνευσμένο από τις ερωτήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την παιδαγωγική και το πρόγραμμα σπουδών που προκύπτει από τα εκπαιδευτικά προβλήματα και θέματα και με τη βοήθεια των συγγραφέων του Πίνακα 3 θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της έρευνας για τα κίνητρα τις μεθοδολογίες και τις πρακτικές συνέπειες της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης.

Πίνακας 3 Αρθρογραφία υποενότητας δύο

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Blair, C. (2006)	How Similar are Fluid Cognition and General Intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability
2	Geake, J. G. (2004)	Cognitive Neuroscience and Education: Two-way traffic or one-way street?
3	Geake, J. G. (2005)	Educational Neuroscience and Neuroscientific Education: In search of a mutual middle way
4	Geake, J. G. (2008)	Neuromythologies in Education, Educational Research
5	Geake, J. G. (2009)	The Brain at School: Educational neuroscience in the classroom
6	Geake, J. G. & Cooper, P. W. (2003)	Implications of Cognitive Neuroscience for Education
7	Geake, J. G. & Dodson, C. S. (2005)	A Neuro-psychological Model of the Creative Intelligence of Gifted Children
8	Geake, J. G. &	Neural Correlates of Intelligence as Revealed by fMRI of Fluid

	Hansen, P. C. (2005)	Analogies
9	Geake, J.G. & Hansen, P. C. (2006)	Structural and Functional Neural Correlates of High Creative Intelligence as Determined by Abilities at Fluid Analogising
10	Hofstadter, D. R. (1995)	Fluid Concepts and Creative Analogies
11	Hofstadter, D. (2001)	Analogy as the Core of Cognition
12	Kratzig, G. P. & Arbuthnott, K. D. (2006)	Perceptual Learning Style and Learning Proficiency: A test of the hypothesis
13	Luo, Q. et al (2003)	The Neural Substrate of Analogical Reasoning: An fMRI study
14	Waterhouse, L. (2006)	Multiple Intelligences, the Mozart Effect, and Emotional Intelligence: A critical review
15	Wharton, C. M et al (2000)	Toward Neuroanatomical Models of Analogy: A positron emission tomography study of analogical mapping

Ο Geake υπερασπίζεται τη χρήση δραστικής νευροεπιστημονικής έρευνας τόσο για την επικύρωση κάποιων σύγχρονων παιδαγωγικών πρακτικών αλλά και για τη δημιουργία νέων και τον λυπεί η έλλειψη γνώσης της λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου στις περισσότερες εκπαιδευτικές πολιτικές, προγράμματα σπουδών και σχετιζόμενων εγγράφων.

Για τον Geake, είναι η δουλειά της εκπαιδευτικής νευρολογίας να συμπεριλάβει τη λειτουργία του εγκεφάλου στην εκπαίδευση. Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, όπως ο ίδιος ισχυρίζεται, χρειάζεται τη δική της πειθαρχημένη μεθοδολογία που θα αντιμετωπίζει τις ανησυχίες, τα προβλήματα και τις ανάγκες των εκπαιδευτικών και των εκπαιδευόμενων, αλλά ταυτόχρονα θα ενστερνίζεται τα συμπεράσματα και την εμπειρία των γνωστικών νευροεπιστημόνων.

Στην έρευνά του Geake χρησιμοποιεί τη τεχνική αναλογίας, την «αναλογία - σύγκριση υγρού» ως μια βασική γνωστική διεργασία που χαρακτηρίζει τη δημιουργική σκέψη. Αυτές οι λειτουργίες του εγκεφάλου, όπως είναι η δημιουργία αναλογίας, μπορούν να επικυρωθούν και εμπειρικά, με τη χρήση μέσων όπως η f-MRI, και προτείνει μαζί με τους συνεργάτες του ένα νευροψυχολογικό μοντέλο για τη δημιουργική νοημοσύνη που αναφέρεται στη σύγκριση υγρών.

Σύμφωνα με τον J. Geake, (Geake, J. G. 2009), **η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι η γνωστική νευροεπιστήμη που ερευνά τα εκπαιδευτικά εμπνευσμένα ερευνητικά ερωτήματα.** Με άλλα λόγια, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη είναι η γνωστική νευροεπιστήμη η σχετική με τις εκπαιδευτικές πρακτικές και πολιτικές, έχει επιπτώσεις σε αυτές και θα μπορούσε να οδηγήσει σε εφαρμογές για αυτές, διότι η επιστήμη αυτή ασχολείται με ένα εκπαιδευτικό πρόβλημα ή θέμα. Κατά συνέπεια, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, ως ένα ερευνητικό εγχείρημα, έχει νόημα μόνο αν η γένεση των προγραμμάτων της λαμβάνει χώρα μέσα σε εκπαιδευτικά ζητήματα, ανησυχίες, ή προβλήματα.

Χωρίς να στηρίζονται στην εκπαίδευση, είναι απίθανο τα νευροεπιστημονικά δεδομένα και οι ερμηνείες τους να γίνουν αποδεκτά από τα εκπαιδευτικά επαγγέλματα. Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικές μεθοδολογίες της νευροεπιστήμης θα πρέπει αναγκαστικά να ενσωματώσουν ένα κύκλο έρευνας δράσης, όπου το αρχικό εκπαιδευτικό ζήτημα θα εμπνέει ένα σύνολο γνωστικών νευροεπιστημονικών ερευνητικών ερωτημάτων, του οποίου τα αποτελέσματα, μετά από έρευνα, θα έχουν συνέπειες και εφαρμογές στην εκπαιδευτική πολιτική και πρακτική.

Όσον αφορά την πρακτική, ο κύκλος της έρευνας δεν θα ολοκληρωθεί μέχρις ότου οι υποθετικές εφαρμογές να δοκιμαστούν στις αίθουσες διδασκαλίας. Φυσικά, το αποτέλεσμα από όλο αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε αναθεώρηση της έκφρασης του αρχικού εκπαιδευτικού ζητήματος, έτσι ώστε να προκύψει μια ολόκληρη νέα σειρά από νευροεπιστημονικά ερευνητικά ερωτήματα και ένας νέος κύκλος έρευνας να ξεκινήσει.

Μια βασική παραδοχή είναι ότι μια νευροεπιστημονική κατανόηση της μάθησης των παιδιών θα μπορούσε να ενισχύσει τον επαγγελματισμό των εκπαιδευτικών. Πιθανότατα, η καλύτερα ενημερωμένη πρακτική, οδηγεί στην πιο αποτελεσματική και ευχάριστη μάθηση, η οποία με τη σειρά της θα πρέπει να σημαίνει μια καλύτερη διδακτική εμπειρία για τους παιδαγωγούς.

Για το σκοπό αυτό, ορισμένα ευρήματα από την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μπορεί να υποστηρίξουν μακροχρόνια και να αποτελέσουν έναν αξιόπιστο ρυθμιστή ενάντια σε αυτό που μπορεί να μοιάζει ως ένα αδιάκοπο κύμα αλλαγής της εκπαιδευτικής πολιτικής. Ωστόσο, είναι επίσης εξίσου πιθανό, ορισμένα άλλα ευρήματα από την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη, να κάνουν έκκληση για ριζικές αλλαγές στην εκπαιδευτική πρακτική, (Geake & Cooper, 2003).

Οι εγκέφαλοί μας δεν εξελίχθηκαν για να πάνε στο σχολείο. Και όμως όλοι μας πηγαίνουμε στο σχολείο ως μαθητές, και μερικοί από μας επιστρέφουν από εκεί ως εκπαιδευτικοί. Τα τελευταία χρόνια, οι νευροεπιστήμονες δεν υπήρξαν ντροπαλοί όσον αφορά τη δημοσιοποίηση των νέων αντιλήψεων για τη λειτουργία του εγκεφάλου στη σχετικά δημοφιλή βιβλιογραφία για τον εγκέφαλο, που κατέχει περίοπτη θέση σε όλα τα καλά βιβλιοπωλεία.

Περιέργως, ενώ αυτή η βιβλιογραφία περιέχει την εγκεφαλική βάση της μάθησης, της μνήμης, της γνώσης, ακόμη και της ανάγνωσης και των μαθηματικών, δεν υπάρχει σχεδόν καμία αναφορά στην εκπαίδευση, τα σχολεία ή τις τάξεις. Εξίσου περιέργως, στα σχέδια της εκπαιδευτικής πολιτικής, της διδακτέας ύλης και των αποτελεσμάτων τεκμηρίωσης, δεν έχει υπάρξει, μέχρι πρόσφατα, καμία αναφορά του ανθρώπινου εγκεφάλου, του οργάνου με τον πιο κεντρικό ρόλο στην επιχείρηση της εκπαίδευσης. Για όλα αυτά ο Geake πιστεύει ότι η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη χρειάζεται μια μεθοδολογία με συγκεκριμένους επιστημονικούς κλάδους όπως περιγράφεται παραπάνω.

Από την άλλη, υπάρχουν και οι εκπαιδευτικοί ακαδημαϊκοί μεγάλης ηλικίας, οι οποίοι, μετά από μια ζωή μη κατανόησης και δυσφήμισης της επιστήμης, δεν βλέπουν την ανάγκη να αλλάξουν τον τρόπο της εκπαίδευσης τώρα. Στην αντίπερα όχθη υπάρχουν οι θιασώτες του «εγκεφάλου» που ελπίζουν ότι οι τρέχουσες μανίες της αριστερής-δεξιάς σκέψης, της εκγύμνασης του εγκεφάλου, θα επισημάνουν την πολυπλοκότητα και τις καθημερινές προκλήσεις που δημιουργούνται σε τάξεις μεικτών ικανοτήτων. Μια μέση οδός απαιτεί νευροεπιστημονική εκπαίδευση και για τις δυο ομάδες, έτσι ώστε το επάγγελμα της εκπαίδευσης να μπορέσει να διαμορφώσει μια επαγγελματικά ενημερωμένα ατζέντα της εκπαιδευτικής νευροεπιστημονικής έρευνας για το μέλλον, (Geake, 2005).

Ο Geake, (Geake, 2004), προτείνει ότι το επάγγελμα της εκπαίδευσης θα μπορούσε να επωφεληθεί από το να αγκαλιάσει αντί να αγνοεί τη γνωστική νευροεπιστήμη και θα αποτύχει αν οι εκπαιδευτικοί δε συμβάλλουν ενεργά στη μελλοντική ερευνητική ατζέντα

της έρευνας του εγκεφάλου. Δηλαδή, η σχέση μεταξύ γνωστικής νευροεπιστήμης και εκπαίδευσης θα πρέπει να είναι ένας δρόμος διπλής κατεύθυνσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η γνωστική νευροεπιστήμη θα μπορούσε να ενημερώσει την παιδεία, παρέχοντας επιπλέον αποδείξεις που να επιβεβαιώνουν ορθές πρακτικές, να βοηθούν στην επίλυση των εκπαιδευτικών διλημάτων, να υπαινίσσονται νέες δυνατότητες στην παιδαγωγική ή στον σχεδιασμό του προγράμματος σπουδών και η εκπαίδευση θα μπορούσε να ενημερώσει τη γνωστική νευροεπιστήμη, παρέχοντας της μια πηγή συμπληρωματικών δεδομένων συμπεριφοράς, ιδίως για τα παιδιά, θέτοντας νέες αξιολογικές γραμμές έρευνας.

Υπάρχουν πολλά αναπάντητα ερωτήματα με τα οποία οι εκπαιδευτικοί έρχονται αντιμέτωποι καθημερινά στην τάξη και που θα μπορούσαν να τεθούν στα πλαίσια ενός νευροεπιστημονικού ερευνητικού προγράμματος, όπως για παράδειγμα, γιατί μερικά παιδιά μαθαίνουν πιο εύκολα από άλλα.

3.2.1 Η χρήση των αναλογιών στην Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη

Η εκπαιδευτική νευροεπιστημονική έρευνα του Geake και των συνεργατών του επικεντρώνεται στην προσπάθεια για την καλύτερη κατανόηση του πώς ο εγκέφαλος δίνει τη δυνατότητα δημιουργικής σκέψης: πώς ο εγκέφαλος παράγει ιδέες, δημιουργεί αστεϊσμούς, συνθέτει υπέροχα τραγούδια, λύνει δύσκολα προβλήματα, σκέπτεται ενδιαφέροντα ερευνητικά ερωτήματα, γράφει ποίηση, και ούτω καθεξής.

Μια διαφορετική έρευνα στην βιβλιογραφία της εκπαίδευσης, της γνωστικής ψυχολογίας, της τεχνητής νοημοσύνης, της αρχαιολογίας και της γνωστικής νευροεπιστήμης υποδεικνύει ότι η **δημιουργία αναλογιών είναι το θεμέλιο κλειδί της διαδικασίας της νοημοσύνης**. Συμφωνεί με τον Hofstadter, (Hofstadter, 1995, 2001), ότι δεν πρόκειται για τη «δημιουργία αναλογιών» με τη στενή έννοια που χρησιμοποιείται συχνά στα τεστ νοημοσύνης, π.χ. «το μαύρο είναι το άσπρο, όπως η νύχτα είναι στη... ;», αλλά αντίθετα διατυπώνει πως η δημιουργική σκέψη απαιτεί ρευστή δημιουργία αναλογιών όπου οι ρευστές αναλογίες είναι εκείνες χωρίς αυστηρή ή περιορισμένη «σωστή» απάντηση.

Ένα απλό παράδειγμα παρέχεται από το ερώτημα: Ποιο είναι το Λονδίνο των ΗΠΑ; Πολλοί άνθρωποι θα απαντήσουν «η πόλη της Νέας Υόρκης», οι πολιτικοί θα πουν «η Ουάσιγκτον», οι κινηματογραφιστές θα μπορούσαν να πουν «το LA» και οι γεωγράφοι θα μπορούσαν να απαντήσουν «το Λονδίνο του Οχάιο». Το θέμα είναι ότι καμιά από τις

απαντήσεις δεν είναι «λάθος», όλες είναι εύλογες αφού οι περισσότερες κατηγοριοποιήσεις στον πραγματικό κόσμο είναι εξίσου ρευστές.

Στον τομέα της εκπαίδευσης, έχει υποστηριχθεί ότι η αποτελεσματική πρόσληψη των ρευστών αναλογιών επιτρέπει την αποτελεσματική επιστημονική κατηγοριοποίηση και, επομένως, την αφομοίωση των νέων γνώσεων, (Geake & Dodson, 2005). Σίγουρα, ένα χαρακτηριστικό των καλών δασκάλων και λογίων είναι η ικανότητά τους να δημιουργήσουν εύκολα ρευστές αναλογίες για εξηγήσεις και διευκρινίσεις. Επιπλέον, η δημιουργία ρευστών αναλογιών έχει γίνει αντιληπτή ως μια βασική γνωστική διαδικασία που στηρίζει αυτές τις δημιουργικές πτυχές της νοημοσύνης μέσω της λειτουργικής μνήμης, (Geake & Hansen, 2005).

Έτσι, χρησιμοποιώντας το μεθοδολογικό πλαίσιο που περιγράφηκε παραπάνω, το ζήτημα της εκπαίδευσης πίσω από την έρευνα του εγκεφάλου είναι το πώς να προωθήσει τη δημιουργική σκέψη στις εκπαιδευτικές ρυθμίσεις, ενώ οι επακόλουθες νευροεπιστημονικές ερωτήσεις αφορούν τι ρόλο παίζουν οι ρευστές αναλογίες στη δημιουργική ευφυΐα, και πώς ο εγκέφαλος υποστηρίζει τη σκέψη ρευστών αναλογιών.

3.2.2 Μελέτες των νευρικών συσχετισμών της δημιουργικής ευφυΐας με λειτουργική τομογραφία

Οι νευροεπιστημονικές έρευνες με χρήση της απεικόνισης μέσω της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας, (fMRI), για τη χαρτογράφηση τοποθεσιών του φλοιού καταδεικνύει ότι η νευρωνική δραστηριότητα είναι υψηλότερη όταν τα άτομα ασχολούνται με προβλήματα ρευστής αναλογίας, (Geake & Hansen, 2005, 2006). Αυτές οι αντιστοιχίσεις αποκαλύπτουν τα μοτίβα των προσθίων βρεγματικών ενεργοποιήσεων του φλοιού που είναι παρόμοια με τα μοτίβα ενεργοποίησης που βρέθηκαν σε προηγούμενες μελέτες και αντιστοιχούν σε περιπτώσεις υψηλής νοημοσύνης γενικά, και στην αναλογική σκέψη ειδικότερα, (Luo et al, 2003, Wharton et al, 2000). Το συμπέρασμα είναι ότι η δημιουργία ρευστών αναλογιών είναι μια βασική διαδικασία για όλες τις γνωστικές προσπάθειες.

Γενικότερα, η νοημοσύνη απαιτεί νευρικά συστήματα τα οποία διανέμονται σε όλες τις περιοχές αντί να περιορίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου. Κατά συνέπεια, τα απλοϊκά μοντέλα ευφυΐας, όπως της πολλαπλής ευφυΐας, (Waterhouse, 2006) αν και είναι δημοφιλή στους κύκλους των εκπαιδευτικών, θα πρέπει να ξεχαστούν,

μαζί με τις μυριάδες των νευρομύθων, όπως το ότι χρησιμοποιούμε μόνο 10%, του αριστερού και του δεξιού εγκεφάλου για τη σκέψη, και το οπτικό, ακουστικό και κιναισθητικό στυλ μάθησης, (Kratzig & Arbutnott, 2006, Geake, 2008). Όλοι αυτοί οι νευρομύθοι φαίνεται να έχουν προκύψει από την άγνοια πάνω στα συστήματα της πολυπλοκότητας των εγκεφαλικών λειτουργιών.

Στη συνέχεια ο Geake αναφέρει δύο συγκεκριμένα ευρήματα από την έρευνά του που μπορεί να έχουν πιθανό εκπαιδευτικό ενδιαφέρον, συγκεκριμένα:

1. Σε δύο περιοχές του μετωπιαίου φλοιού που σχετίζονται με την ενεργή μνήμη, παρατηρήσανε μία γραμμική συσχέτιση μεταξύ της νευρικής ενεργοποίησης κατά τη δημιουργία ρευστής αναλογίας και μίας μέτρησης του λεκτικού IQ, καθορισμένο από τη γνώση αγγλικών λέξεων που προφέρθηκαν λανθασμένα, (όπως 'aisle', 'yacht', 'cello', 'syncopre'), (Geake & Hansen, 2005). Το αποτέλεσμα συμβαδίζει με την πρόταση ότι η δημιουργικότητα απαιτεί γνώση, την εσωτερικευμένη γνώση που δεν γνωρίζουμε ότι ξέρουμε. Συνάγεται ότι ως καθηγητές, δεν πρέπει να απολογούμαστε επειδή προκαλούμε-προτρέπουμε τους μαθητές μας να μάθουν πράγματα.
2. Σε μια δεύτερη μελέτη συνέκριναν ενεργοποιήσεις που σχετίζονταν με ρευστές και μη-ρευστές αναλογίες, με γράμματα, αριθμούς και γεωμετρικά σχήματα, (Geake & Hansen, 2006). Εδώ βρέθηκαν επικαλυπτόμενα μοτίβα νευρωνικής ενεργοποίησης μεταξύ ρευστών και μη-ρευστών αναλογιών σε όλες τις διατάξεις. Τα αποτελέσματά τους υποδηλώνουν ότι η δημιουργία αναλογιών είναι μια βασική γνωστική διαδικασία και ως εκ τούτου είναι κρίσιμης σημασίας για την επιτυχή σχολική επίδοση. Επίσης παρατήρησαν στις μετωπικές περιοχές του φλοιού της ενεργής μνήμης, μέτριους συσχετισμούς μεταξύ μη ρευστών αναλογιών, και γενικών βαθμολογιών του τεστ IQ, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα συμβατικά τεστ IQ, για να μην αναφέρουμε και τις σχολικές εκτιμήσεις, μπορεί να μην συλλαμβάνουν τις ικανότητες της ρευστής αναλογίας που στηρίζουν τη δημιουργική σκέψη, (Geake & Hansen, 2006).

Οι εκπαιδευτικοί από καιρό έχουν υποψιαστεί ότι τα τεστ νοημοσύνης, αν και προβλέπουν την ακαδημαϊκή επιτυχία, δεν αποκαλύπτουν όλα όσα υπάρχουν στο γνωστικό δυναμικό ενός παιδιού. Τα ευρήματά τους προσφέρουν μια εξήγηση στην

υποστήριξη εικασιών «ότι ο εγκέφαλος μπορεί να αναπτύξει χωριστά συστήματα ενεργής μνήμης για τη γενική νοημοσύνη και τη ρευστή γνωστικότητα», (Blair, 2006).

Ο Geake μαζί με τον Dodson, λαμβάνοντας υπόψη τον κεντρικό ρόλο των ρευστών αναλογιών στη γνωστική λειτουργία, τα στοιχεία της δημιουργικότητας μέσω της προσαρμοστικής αναδιοργάνωσης και αναδιάρθρωσης των νέων πληροφοριών, προτείνουν ότι θα μπορούσε να υπάρχει κάποιο πιθανό παιδαγωγικό όφελος με την ρητή προώθηση της σκέψης ρευστών αναλογιών στις ρυθμίσεις της τυπικής εκπαίδευσης, (Geake & Dodson, 2005).

Για το λόγο αυτό το 2005, πρότειναν ένα νευρο-ψυχολογικό μοντέλο της δημιουργικής νοημοσύνης που διαθέτει τη δημιουργία ρευστών αναλογιών ως κεντρικό τρόπο λειτουργίας, *modus operandum*, (Geake & Dodson, 2005). Προτείνουν ότι η παιδαγωγική διαδρομή για την ενίσχυση της δημιουργικής νοημοσύνης βρίσκεται στη ρευστή αναλογική σκέψη, και στην ιδανική τάξη, οι μαθητές θα πρέπει να δραστηριοποιούνται-εμπνέονται για να διερευνήσουν πώς κάθε έννοια ή κομμάτι γνώσης μοιάζει με άλλο, και τι ιδέες είναι δυνατόν αυτές οι αναλογικές σχέσεις να παρέχουν.

Η βασική μεταβλητή είναι η πολυπλοκότητα, και όλοι οι φοιτητές, ειδικά οι ακαδημαϊκά προικισμένοι, θα πρέπει να ωθούν την λειτουργική τους μνήμη στα όρια της χωρητικότητας της, για την εννοιολογική πολυπλοκότητα. Σε ένα ευρύτερο πεδίο, ευελπιστούν πως οι χρήσιμες και σε επίπεδο διδακτικής αίθουσας, εφαρμογές της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης θα γίνουν όλο και πιο διαθέσιμες καθώς σταδιακά κατανοούμε περισσότερο για τη λειτουργία του εγκεφάλου μέσω της έρευνας η οποία απαντά σε ερωτήσεις σχετικά με τη μάθηση, τη μνήμη, τα κίνητρα, και ου τω καθεξής.

Προτείνουν, ότι μελλοντικά η αρχική κατάρτιση των εκπαιδευτικών, μαζί με τα προγράμματα συνεχούς επαγγελματικής ανάπτυξης για τους εκπαιδευτικούς, θα περιλαμβάνουν συνιστώσες μαθημάτων της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, προκειμένου να δημιουργηθούν νέα σημεία ισορροπίας για τις αιωνόβιες εντάσεις μεταξύ της θεωρίας και της πρακτικής.

Ο μακροπρόθεσμος στόχος είναι η ενθάρρυνση των εκπαιδευτικών στο να θέτουν εκπαιδευτικά νευροεπιστημονικά ερευνητικά ερωτήματα ώστε να κινητοποιήσουν τους ερευνητικούς κύκλους δράσης που προτάθηκαν προηγουμένως. Θα ήταν το ιδανικό εάν οι ερωτήσεις των δασκάλων μετασχηματίζονταν σε νευροεπιστημονικές ερωτήσεις που με τη σειρά τους θα παράγουν νευροεπιστημονικά δεδομένα τα οποία θα εφαρμόζονται στην τάξη και θα αξιολογούνται για την χρησιμότητά τους. Με αυτό τον τρόπο θεωρεί ότι

γίνεται να δημιουργηθεί ένα επιστημονικά αυστηρό και επαγγελματικά ενημερωμένο διεπιστημονικό κλάδο της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης.

3.3 Η σχέση της Γνωστικής Νευροεπιστήμης και της επιστήμης της μάθησης

Σε προηγούμενη υποενότητα παρακολουθήσαμε την φιλοσοφική απόπειρα του Stephen R. Campbell να ορίσει και να δώσει τα θεμέλια της Γνωστικής Νευροεπιστήμης. Εδώ, με αφορμή ένας άλλο ερευνητή, τον Anthony Kelly, ο οποίος διερωτάται για τον εάν μπορεί η Γνωστική Νευροεπιστήμη να θεμελιώσει μια επιστήμη μάθησης θα αναπτύξουμε τη σχέση της γνωστικής νευροεπιστήμης με την επιστήμη της μάθησης. **O Error! Reference source not found.** συμπυκνώνει την αρθρογραφία αυτής της υποενότητας.

Ο Kelly, εντοπίζει πολλούς σχετικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην αυξανόμενο ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών στα πορίσματα της γνωστικής νευροεπιστήμης. Βεβαιώνει ότι νευροεπιστήμη μπορεί να προσφέρει τα εμπειρικά «αρχέτυπα-πρότυπα», για την εκ νέου θεωρητικοποίηση της μάθησης και τονίζει την ανάγκη να καταρριφθούν οι εγκεφαλικοί νευρομύθοι και να αντικατασταθούν οι αόριστες θεωρίες για τη μάθηση με μια μίξη από θεωρίες που βασίζονται στην έρευνα περιλαμβάνοντας μια σειρά επιστημονικών κλάδων με κυρίαρχη συνεισφορά των νευροεπιστημών

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Berger, A. et al (2006)	Infant Brains Detect Arithmetic Errors
2	Binder, J. R. et al (2005)	Distinct Brain Systems for Processing Concrete and Abstract Concepts
3	Bruer, J.T. (1997)	Education and the Brain: A bridge too far
4	Butterworth, B. (2005)	Developmental Dyscalculia
5	Cappelletti et al (2005)	Dissociations in Numerical Abilities Revealed by Progressive Cognitive Decline in a Patient with Semantic Dementia
6	Dehaene, S. (1997)	The Number Sense: How the mind creates mathematics
7	Dehaene, S. (2008)	Can Cognitive Neuroscience Help Design Innovative Education Protocols? The case of arithmetic
8	Diester, I. & Nieder. A. (2007)	Semantic Associations between Signs and Numerical Categories in the Prefrontal Cortex

9	Eden. G. & Moats, L. (2002)	The Role of Neuroscience in the Remediation of Students with Dyslexia
10	Fan, J.et al (2003)	Mapping the Genetic Variation of Executive Attention onto Brain Activity
11	Fan, J.et al (2005)	The Activation of Attentional Networks
12	Feigenson et al (2004)	Core Systems of Number, Trends in Cognitive Sciences
13	Fossella, J. et al (2002)	Assessing the Molecular Genetics of Attention Networks
14	Frith, U. & Blakemore, S-J. (2005)	The Learning Brain: Lessons for education
15	Guttorm, T. K. et al (2005)	Brain Event-related Potentials (ERPs) Measured at Birth Predict Later Language Development in Children with and without Familial Risk for Dyslexia
16	Hubbard, E. M. et al (2005)	Interactions between Number and Space in Parietal Cortex
17	Ischebeck, A.et al (2006)	How Specifically DoWe Learn? Imaging the learning of multiplication and subtraction,
18	Kelly, A. E. (2004)	Design Research in Education: Yes, but is it methodological
19	Kelly, A. E. (2008)	Brain Research and Education: Potential implications for pedagogy
20	McCandliss, B.et al(2003)	Focusing Attention on Decoding for Children with Poor Reading Skill: Design and preliminary test of the word building intervention
21	Molfese,D. L. (2000)	Predicting Dyslexia at 8Years of Age Using Neonatal Brain Responses
22	Nieder, A.,et al (2006)	Temporal and Spatial Enumeration Processes in the Primate Parietal Cortex
23	Noble, K. G. et al	Socioeconomic Gradients Predict Individual Differences

	(2007)	in Neurocognitive Abilities
24	Parasuraman, R. et al (2005)	Beyond Heritability: Neurotransmitter genes differentially modulate visuospatial attention and working memory
25	Pugh, K. et al (2000)	The Angular Gyrus in Developmental Dyslexia: Task-specific differences in functional connectivity in posterior cortex
26	Pugh, K. et al (2000)	Functional Neuroimaging Studies of Reading and Reading Disability (Developmental Dyslexia)
27	Pugh, K. et al (2005)	Examining Reading Development and Reading Disability in English Language Learners: Potential contributions from functional neuroimaging
28	Rueda, M. R. et al (2004)	Development of Attention During Childhood
29	Rueda, M. R. et al (2005)	Training, Maturation and Genetic Influences on the Development of Executive Attention
30	Sandak, R. et al (2004)	The Neurobiology of Adaptive Learning in Reading: A contrast of different training conditions
31	Sarkari, S. et al (2002)	The Emergence and Treatment of Developmental Reading Disability: Contributions of functional brain imaging
32	Shaywitz, B. A. et al (2002)	From Stem Cells to Grandmother Cells: How neurogenesis relates to learning and memory
33	Simos, P. G. et al (2002)	Dyslexia-specific Brain Activation Profile Becomes Normal Following Successful Remedial Training
34	Sternberg, R. (ed.) (2007)	International Handbook of Intelligence
35	Tang, J., et al (2008)	Number Forms in the Brain
36	Temple, E., et al (2003)	Neural Deficits in Children with Dyslexia Ameliorated by Behavioral Remediation: Evidence from functional MRI
37	Varma, S., et al	Scientific and Pragmatic Challenges for Bridging

	(2008)	Education and Neuroscience
38	Willingham, D. (2008)	When and How Neuroscience Applies to Education
39	Wilson, A. J., et al (2006)	Principles Underlying the Design of 'The Number Race', an Adaptive Computer Game for Remediation of Dyscalculia
40	Wilson, A. J., et al (2006)	An Open Trial Assessment of 'The Number Race', an Adaptive Computer Game for Remediation of Dyscalculia. Behavioral and Brain Functions
41	Wynn, K. (1992)	Addition and Subtraction by Human Infants

Παρά την απαισιοδοξία του Bruer (1997), «...δεν γνωρίζουμε αρκετά για τον εγκέφαλο και τη λειτουργία των νευρώνων έτσι ώστε να είμαστε σε θέση να συνδέσουμε αυτή τη γνώση άμεσα και ουσιαστικά με την εκπαιδευτική διαδικασία...», και τις πιο πρόσφατες προειδοποιήσεις των Varma, McCandliss, Schwartz (2008), και Willingham (2008), η τελευταία δεκαετία έχει δει μια άνοδο στις μελέτες εστιάζοντας στην βάση της εγκεφαλικής μάθησης, (OECD, 2007). Σύμφωνα με τον Kelly το τρέχον ενδιαφέρον για τα ευρήματα της γνωστικής νευροεπιστήμης οφείλεται στους εξής σημαντικούς παράγοντες:

1. Η επιθυμία να κατατριφθούν επιστημονικά δημοφιλή αξιώματα με βάση τον εγκέφαλο σχετικά με την μάθηση και τη διδασκαλία, οι «νευρομύθοι».
2. Η αυξανόμενη σειρά μελετών σχετικά με τις νευρικές βάσεις της μαθηματικής σκέψης.
3. Τα πρόσφατα οφέλη από την κατανόηση της βάσης του εγκεφάλου για τις διαδικασίες της αποκωδικοποίησης κατά την ανάγνωση.
4. Δεκαετίες ευρημάτων της συμπεριφοριστικής και γνωστικής επιστήμης για την ανάγνωση και τη μάθηση των μαθηματικών, πάνω στην οποία θα βασιστούν οι έρευνες του εγκεφάλου σε αυτούς τους τομείς.

5. Η απογοήτευση απο τις αόριστες θεωρίες της μάθησης και η επιθυμία για την αποσαφήνιση και τον περιορισμό των ερευνητικών υποθέσεων στα συμπεριφοριστικά, γνωστικά και κοινωνικά επίπεδα ανάλυσης.
6. Η απογοήτευση απο τα ευρεία μέτρα επίτευξης, (συχνά, τυποποιημένα test με χαρτί και μολύβι), που δεν δίνουν τη δυνατότητα να οξυνθεί και να θεμελιωθεί η διάγνωση και η αποκατάσταση των μαθησιακών δυσκολιών.
7. Η επιθυμία να εισαχθούν και να διερευνηθούν νέες μεικτές ερευνητικές μέθοδοι μεθοδολογίας στις κοινωνικές επιστήμες.
8. Η αντιμετώπιση των αναδυόμενων ηθικών ζητημάτων που αφορούν τόσο τη νευροεπιστήμη όσο και τη μάθηση.
9. Ο συνεχιζόμενος στόχος της βελτίωσης των μεθόδων διδασκαλίας σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένης και της ποιότητας του εκπαιδευτικού υλικού.
10. Η ανάδειξη πιο ολοκληρωμένων και ελέγξιμων μοντέλων μάθησης που προκύπτουν από τη γνωστική επιστήμη, τα όποια μπορεί να γεφυρώσουν τη μάθηση και τη γνωστική ψυχολογία.
11. Η επιθυμία να κατανοήθει και να προωθήθει η δημιουργικότητα, και να διερευνηθεί η γνωστική λειτουργία στη μουσική και σε άλλους τομείς.
12. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι νευροεπιστήμονες στην μοντελοποίηση φαινομένων μάθησης συνεχίζουν να ωθούν τα όρια των τεχνικών απεικόνισης, καθώς και της τεχνογνωσίας που απαιτείται για να συν-διαμορφωθούν τεχνικές κλινικής μάθησης με μαθητευόμενους επιστήμονες.

Ο Kelly παρατηρεί επίσης πως μέρος των δυσκολιών που η εκπαιδευτική ψυχολογία έχει αντιμετωπίσει στη μελέτη της μάθησης είναι ότι, πολύ συχνά, υπάρχουν μαθησιακές κατασκευές όπως ψυχομετρικά αντικείμενα που μετρούνται με τεστ, μια άποψη που ενστερνίζεται και ο Sternberg στο άρθρο του για την αντιμετώπιση της νοημοσύνης, (Sternberg, 2007).

Σε επίπεδο συμπεριφοράς, ιδίως σε εθνογραφικές μελέτες της μάθησης μέσα σε τάξεις, οι ερευνητές συνήθως δεν έχουν την απαιτούμενη γνώση ώστε να διαχωρίσουν ανάμεσα στη τυχαία ή απρόβλεπτη συμπεριφορά, (π.χ. η συμπεριφορά Α συνέβη ως αποτέλεσμα της συμπεριφοράς Β αλλά τα αποτελέσματα της είναι παροδικά με αποτέλεσμα η κατανόηση του προβλήματος να γίνεται ιδιαίτερα δύσκολη), και σε συμπεριφορές που οδηγούν σε πιο θεμελιώδεις διαδικασίες ή περιορισμούς οι οποίες είναι απαραίτητες για μια επιστημονική κατανόηση, (Kelly, 2004, Kelly, 2008).

Υποστηρίζει δε ότι η επιστήμη της μάθησης μπορεί να στηριχτεί σε ένα σύνολο εμπειρικών αρχετύπων τα οποία μπορούν να γίνουν γνωστά μέσω αναλύσεων βασισμένων στη γνωστική νευροεπιστήμη, αλλά αναγνωρίζει ότι η κατάσταση της τεχνολογίας στη γνωστική νευροεπιστημονική έρευνα βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο (OECD, 2007, Frith & Blakemore, 2005).

Επιπλέον, υπάρχουν ήδη ενδείξεις ότι οι γενικές ικανότητες που καθορίζουν τη μάθηση, όπως μελέτες γενικής κατανόησης συγκεκριμένων και αφηρημένων εννοιών, συνδέονται με συγκεκριμένα συστήματα του εγκεφάλου, (Binder et al, 2005). Άλλες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην προσοχή και στην εκτελεστική λειτουργία, (Rueda et al, 2004), στη προσοχή και τη μνήμη, (Fan et al, 2003, Fan et al, 2005, Fossella et al., 2002). Είναι ενδιαφέρον, ότι η ικανότητα της προσοχής μπορεί να έχει γενετικές ρίζες, (Parasuraman et al., 2005). Νέο υλικό εμφανίζεται στην ενοποίηση της μακροπρόθεσμης μνήμης ως μια σύνθετη νευρολογική διαδικασία, που περιλαμβάνει τη συναπτογένεση και νευρογένεση, (Shors, 2008).

Ειδικές ικανότητες, όπως τα μαθηματικά, είναι προφανώς εγκεφαλικά εδραιωμένες και απαιτούν το κατάλληλο εγκεφαλικό κύκλωμα που να υποστηρίζει απλές λειτουργίες, όμως αυτά τα κυκλώματα συνήθως αποτελούν την αιτία μειωμένης απόδοσης. Για παράδειγμα, η μαθηματική ικανότητα όχι μόνο εμφανίζεται από πολύ νωρίς στη ζωή (Berger, Tzur & Posner, 2006, Wynn, 1992), αλλά επίσης έχει βρεθεί ότι έχει φυλογενετικές ρίζες και μπορεί να μην είναι «μοναδικώς ανθρώπινο χαρακτηριστικό», (Diester & Nieder, 2007, Nieder, Diester & Tudusciuc, 2006).

Όταν η μαθηματική ικανότητα είναι μειωμένη σε ανθρώπους, όλο και περισσότερες ενδείξεις μας κατευθύνουν σε μια εγκεφαλική βάση, ιδιαίτερα σε ακραίες περιπτώσεις, όπως στον δυσυπολογισμό, (Butterworth, 2005), ή περιπτώσεις άνοιας, επίσης σύμφωνα με τους τα (Cappelletti et al., 2005) και (Tang, Ward & Butterworth, 2008) η γνωστική εξασθένηση φαίνεται να σχετίζεται με συγκεκριμένα ελλείμματα στην αριθμητική ικανότητα.

Όμως, η εντατική διδασκαλία του πολλαπλασιασμού και της αφαίρεσης φαίνεται να επηρεάζει διαφορετικά νευρωνικά κυκλώματα, (Ischebeck et al., 2006). Για την ακρίβεια, ο Dehaene και οι συνεργάτες του, συζητούν για μια εγκεφαλική βάση για την έννοια των αριθμών, η οποία, υποστηρίζουν ότι είναι αποτέλεσμα των εξελικτικών πιέσεων, (Dehaene, 1997, Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004, Hubbard, Piazza, Pinel & Dehaene, 2005).

Το κύκλωμα του εγκεφάλου για την ανάγνωση είναι ήδη καλά καθιερωμένο πάνω στη βάση δεκαετιών συμπεριφοριστικής έρευνας. Όπως και στην έρευνα των μαθηματικών, έτσι και στην έρευνα για την ανάγνωση υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις για την από πολύ νωρίς ανάπτυξη εγκεφαλικού κυκλώματος, (Guttorm et al, 2005, Molfese, 2000, Schlaggar & McCandliss, 2007), για παράδειγμα, υπάρχουν μελέτες που εμπλέκουν τον οπίσθιο φλοιό για την ανάπτυξη της δυσλεξίας, (Pugh, Mencl, Shaywitz et al, 2000, Pugh, Mencl, Jenner et al, 2000, Pugh et al, 2005, Shaywitz et al., 2002).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι νευρωνικές μελέτες πηγαίνουν πέρα από την απλή χαρτογράφηση περιοχών του εγκεφάλου σε σχέση με συμπεριφοριστικές δραστηριότητες. Αρκετές μελέτες προσπαθούν να σχεδιάσουν μια μαθησιακή μεθοδολογία που να βασίζεται σε μελέτες του εγκεφάλου με αντικείμενα όπως για παράδειγμα η εκτελεστική προσοχή, (Rueda et al, 2005), η ανάγνωση, (Eden & Moats, 2002, McCandliss et al, 2003, Sarkari et al, 2002) και η έννοια των αριθμών, (Wilson, et al Dehaene, 2006, Wilson, Revkin et al., 2006).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μελέτες αρχίζουν τώρα να συνδέουν τη μάθηση με τις αλλαγές στον εγκέφαλο μέσω εκπαιδευτικών παρεμβάσεων, ολοκληρώνοντας έναν κύκλο παρατήρησης, συσχέτισης και πειραματισμού, (Sandak et al, 2004, Simos et al, 2002, Temple et al, 2003). Με οδηγούς σε αυτές τις μελέτες τις διεργασίες εκείνες που μπορούν να ελέγχονται μέσω της τρέχουσας τεχνολογίας απεικόνισης και να παρέχουν ταυτόχρονα κατατοπιστικά στοιχεία έτσι ώστε να οικοδομήσουν μαθησιακά μοντέλα, πχ (Dehaene, 2008). Επίσης νέες νευροεπιστημονικές μελέτες συσχετίζουν τη μάθηση και με πιο παραδοσιακούς παράγοντες, όπως είναι για παράδειγμα οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες, (Noble, McCandliss & Farah, 2007).

Ένας ακόμη πολύ σημαντικός παράγοντας για την θεμελίωση της Γνωστικής Νευροεπιστήμης ως επιστήμη μάθησης, ίσως και ο πιο σημαντικός για τον Kelly, είναι ότι οι φορείς χρηματοδότησης αρχίζουν να υποστηρίζουν την έρευνα στη διασταύρωση των μελετών βασισμένων στον εγκέφαλο και τη μάθηση με παραδείγματα μεγάλα ερευνητικά προγράμματα όπως το πρόγραμμα για την Έρευνα και Αξιολόγηση της

Εκπαίδευσης στις Θετικές Επιστήμες και τη Μηχανική, (Research and Evaluation on Education in Science and Engineering, 2008).

Ο Kelly κλείνοντας συνοψίζει πως μέσα από όλους αυτούς τους παράγοντες δομείται η βάση για μια επανάσταση στην θεωρητικοποίηση για τη μάθηση η οποία σχεδιάζει και τελειοποιεί τα μέτρα, τα κίνητρα και τις υποθέσεις της, ενημερώνει τις αναλύσεις της και θεμελιώνει τα συμπεράσματά της με βάση τα δεδομένα από τις γνωστικές νευροεπιστημονικές μελέτες. Οι θεωρίες ποτέ δεν εγκαταλείπονται εύκολα, αλλά η αποσαφήνιση των ισχυρισμών τους σε επίπεδο έλεγχου των υποθέσεων με τη χρήση γνωστικών δεδομένων της νευροεπιστήμης είναι πιθανόν να δημιουργήσει ανοδικές πιέσεις στις εδραιωμένες θεωρίες, οι οποίες πολύ συχνά αποτελούν τυχαίες περιγραφές της μάθησης με ελάχιστες λεπτομέρειες για τον μηχανισμό της.

3.4 Σύνδεση φυσικών και κοινωνικών επιστημών με τη Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη

Την επιτακτική ανάγκη να συμπεριληφθεί η λειτουργία του εγκεφάλου στον τρέχοντα σχηματισμό θεωριών για την εκπαίδευση τονίζει και ο ερευνητής Paul Howard Jones, του Πανεπιστημίου του Μπρίστολ.

Ο Jones προειδοποιεί ότι η συνεργασία μεταξύ της νευρολογίας και της εκπαίδευσης είναι γεμάτη με φιλοσοφικά, εννοιολογικά, μεθοδολογικά και πρακτικά προβλήματα και αντιτίθεται στην «ιατρικοποίηση» των εκπαιδευτικών ζητημάτων στην προσπάθειά για την κατανόηση τους.

Διατυπώνει ένα μοντέλο «επίπεδων δράσης» που ενσωματώνει το πρότυπο της εγκεφαλικής συμπεριφοράς ως **μια λειτουργική διασύνδεση των φυσικών και κοινωνικών επιστημών από νευροεκπαιδευτικούς ερευνητές.**

Η συζήτηση για την συμμετοχή εννοιών της λειτουργίας του εγκεφάλου στην παιδαγωγική σκέψη, έχει γίνει αρκετά δημοφιλής τόσο μεταξύ των εκπαιδευτικών, (Pickering & Howard-Jones, 2007) όσο και σε διεθνές επίπεδο, όπως αποδεικνύεται από το πρόσφατο πρόγραμμα του ΟΟΣΑ, με αντικείμενο τον εγκέφαλο και τη μάθηση, (Brain and Learning Project, OECD, 2007), ο **Error! Reference source not found.** συγκεντρώνει την αρθρογραφία της υποενότητας.

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Alexander, H. A. (2006)	A View from Somewhere: Explaining the paradigms of educational research
2	Bennett, M. R. & Hacker, P. M. S. (2003)	Philosophical Foundations of Neuroscience
3	Blakemore, S. J. & Frith, U. (2000)	The Implications of Recent Developments in Neuroscience for Research on Teaching and Learning
4	Bruer, J. (1997)	Education and the Brain: A bridge too far, Educational Researcher
5	Burns, K. & Bechara, A. (2007)	Decision Making and Free Will: A neuroscience perspective,

6	Davis, A. J. (2004)	The Credentials of Brain-Based Learning
7	Degrandpre, R. (1999)	Just Cause?
8	Geake, J. G. (2008)	Neuromythologies in Education, Educational
9	Paul A. Howard-Jones, Giesinger, J. (2006)	Educating Brains? Free-will, brain research and pedagogy
10	Howard-Jones, P. A. (2008a)	Fostering Creative Thinking: Co-constructed insights from neuroscience and education
11	Howard-Jones, P. A. (2008b)	Philosophical Challenges for Researchers at the Interface between Neuroscience and Education,
12	Howard-Jones, P. (2010)	Introducing Neuroeducational Research
13	Howard-Jones, P. A. et al (2005)	Semantic Divergence and Creative Story Generation: An FMRI Investigation, Cognitive Brain Research
14	Howard-Jones, P.A. & Border Crossings (2005)	Creativity
15	Howard-Jones, P.A., Winfield, M. & Crimmins, G. (2008)	Co-Constructing an Understanding of Creativity in the Fostering of Drama Education that Draws on Neuropsychological Concepts,
16	Medawar, P. (1985)	The Limits of Science
17	Morton, J. & Frith, U. (1995)	Causal Modelling: A Structural Approach to Developmental Psychopathology
18	Nicolson, R. (2005)	Dyslexia: Beyond the Myth
19	OECD (2007)	Understanding the Brain: Birth of a New Learning Science
20	Squire, L. R. (2004)	Memory Systems of the Brain: A brief history and current perspective
21	Tancredi, L.R. (2007)	The Neuroscience Of 'Free Will', Behavioral Sciences and the Law
22	TLRP (2006)	Improving Teaching and Learning in Schools: A

2		commentary by the Teaching and Learning Research Programme
2 3	TLRP (2007)	Principles into Practice: A Teacher's Guide to Research Evidence on Teaching and Learning
2 4	Wegner, D. M. (2003)	The Mind's Best Trick: How we experience conscious will
2 5	Wolfe, P. (1998)	Revisiting Effective Teaching, Educational Leadership

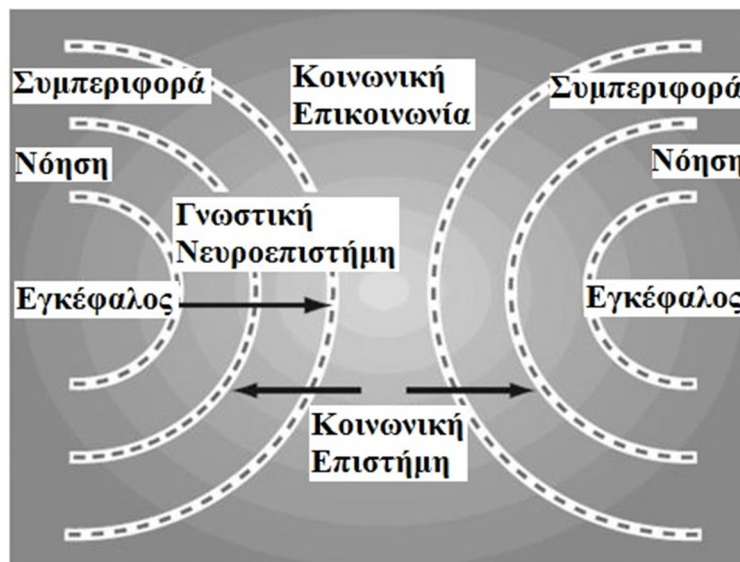
3.4.1 Νευροεκπαιδευτική έρευνα και προοπτικές στη μάθηση

Αν και η ζήτηση για συνεργασία μεταξύ νευρολογίας και εκπαίδευσης που να αγκαλιάζει την εμπειρία και τις έννοιες και από τις δύο προσεγγίσεις συνεχώς αυξάνεται, η εν λόγω συνεργασία δεν είναι τόσο απλή όσο ακούγεται. Το πιο θεμελιώδες ζήτημα είναι το φιλοσοφικό χάσμα μεταξύ τους.

Η μεν εκπαιδευτική έρευνα, έχει τις ρίζες της στις κοινωνικές επιστήμες, δίνει έμφαση στην σημασία της ανθρώπινης ανάπτυξης, το κοινωνικό πλαίσιο και την ερμηνεία του νοήματος. Η δε νευροεπιστημη, ασχολείται περισσότερο με ελεγχόμενους πειραματικούς έλεγχους υποθέσεων και τον προσδιορισμό των μηχανισμών αιτίας-αποτελέσματος οι που έχουν εφαρμογή. Επιπλέον, τόσο η γλώσσα όσο και οι έννοιες διαφέρουν σημαντικά, ακόμη και για θεμελιώδεις όρους-έννοιες όπως είναι η «μάθηση». **Στη γνωσιακή νευροεπιστήμη, η μάθηση είναι συχνά συνώνυμη με γενικές ικανότητες μνήμης σε ατομικό επίπεδο.** Περιλαμβάνουν τη δηλωτική μνήμη, την ικανότητά μας να θυμόμαστε ρητά τα γεγονότα, αλλά και μη δηλωτικές μορφές μνήμης όπως είναι η απόκτηση δεξιοτήτων και συνηθειών, οι εξαρτώμενες συναισθηματικές αντιδράσεις, ακόμη και η εξοικείωση με ένα επαναλαμβανόμενο ερέθισμα, (Squire, 2004).

Οι εκπαιδευτικοί, από την άλλη πλευρά, πιο συχνά περιγράφουν τη μάθηση από την άποψη της **κοινωνικής κατασκευής, μέσα από προσωπική εξερεύνηση, συμμετοχή σε δραστηριότητες, διαδραστικές ομαδικές εργασίες, και την οικοδόμηση της μαθησιακής διαδικασίας, τονίζοντας τη σημασία του πλαισίου.** Επιπροσθέτως, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να θεωρήσουν τη μάθηση ως στενά συνδεδεμένη με τη θέληση για μάθηση, τις αξίες και τη κατανομημένη φύση αυτών καθώς και με άλλες πτυχές της μάθησης πέρα από το επίπεδο του ατόμου, (TLRP, 2006, 2007).

Οι διαφορές αυτές αποτελούν μια σημαντική πρόκληση και τροχοπέδη για τους ερευνητές της «διεπαφής» μεταξύ νευρολογίας και εκπαίδευσης και μπορεί να μην υπάρχει καμία λύση για τη γεφύρωση τους. Αντ' αυτού, μπορεί κανείς να αναμένει κάποιες διαφορές στις προσεγγίσεις που λαμβάνονται από τα αναδυόμενα ερευνητικά κέντρα. Η συζήτηση μέσα στο NEnet, έχει δώσει αφορμή για τη δημιουργία ενός μοντέλου «επίπεδων δράσης» για να βοηθήσει και να εξετάσει την εν δυνάμει πολύπλοκη σχέση μεταξύ των διαφόρων φιλοσοφιών μάθησης που συναντώνται σε αυτό το αναδυόμενο νέο πεδίο, (Howard-Jones, 2008b, 2010, σελ. 79-97). Αυτό το μοντέλο προτείνει επίσης πώς οι διαφορετικές μεθοδολογίες που σχετίζονται με την εκπαιδευτική έρευνα και τη νευροεπιστήμη, θα μπορούσαν να συσχετιστούν μέσα στην Νευροεκπαιδευτική έρευνα.



Σχήμα 3-1:

Για να μπορέσει να συσχετίσει τα στοιχεία από τη γνωστική νευροεπιστήμη με τις προοπτικές των κοινωνικών επιστημών της εκπαίδευσης, (που αντιπροσωπεύεται από βέλη), το μοντέλο εγκέφαλος-μυαλό-συμπεριφορά χρειάζεται να επεκταθεί κοινωνικά. Ακόμη και όταν δύο άτομα αλληλεπιδρούν, όπως παρουσιάζεται εδώ, είναι φανερό η πολυπλοκότητα που αναδύεται όταν η συμπεριφορά επηρεάζεται από κοινωνικές αλληλεπιδράσεις. Η πολυπλοκότητα αυτή μελετάται κυρίως από τους επιστήμονες της κοινωνιολογίας, οι οποίοι συχνά ερμηνεύουν την επικοινωνία, προκειμένου να κατανοήσουν την υποκείμενη συμπεριφορά. Η Γνωστική νευροεπιστήμη έχει καθιερώσει τη σημασία της στην κατανόηση της συμπεριφοράς σε ατομικό επίπεδο, αλλά μόλις τώρα αρχίζει να ασχολείται με τα είδη των πολύπλοκων κοινωνικών αλληλεπιδράσεων που μελετήθηκαν από εκπαιδευτικούς ερευνητές.

Το μοντέλο βασίζεται στο μοντέλο «εγκέφαλος – νους – συμπεριφορά», της γνωστικής νευροεπιστήμης, (Morton & Frith, 1995), και επεκτείνεται για να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στις κοινωνικές διαδικασίες. Στο Σχήμα 3-1, η αναπαράσταση

δύο ατόμων που αλληλεπιδρούν μας υπενθυμίζει την πολυπλοκότητα που μπορεί να προκύψει όταν διαδικασίες που πιο συχνά μελετώνται σε ατομικό επίπεδο λειτουργούν μέσα σε ένα κοινωνικό περιβάλλον. Τα δύο άτομα στο Σχήμα 3-1 μπορεί να είναι δύο εκπαιδευόμενοι ή δάσκαλος και μαθητής. Σε αυτό το διάγραμμα, ο χώρος μεταξύ των ατόμων είναι γεμάτος από μια θάλασσα συμβόλων που αντιπροσωπεύουν την ανθρώπινη επικοινωνία σε όλες τις μορφές της.

Οι γραμμές που χωρίζουν τον εγκέφαλο, το μυαλό, και τη συμπεριφορά σε αυτή τη θάλασσα συμβόλων, εμφανίζονται ως διακεκομμένες, για να τονίσουμε την κάπως δυσδιάκριτη φύση των ορίων μεταξύ αυτών και τη δυσκολία στο να θεωρηθούν διακριτές-ξεχωριστές έννοιες. Αυτό το μοντέλο επίπεδων δράσης βοηθά στη διατήρηση της επίγνωσης σχετικά με τη χρησιμότητα και τους περιορισμούς των διαφορετικών προοπτικών της μάθησης.

Για παράδειγμα, μια από τις εργασίες που έλαβε χώρα στο NEnet συμπεριέλαβε μια μελέτη f-MRI πάνω στη δημιουργικότητα υπό συγκεκριμένες στρατηγικές, (Howard-Jones et al., 2005). Η μελέτη αυτή στόχευε στην απεικόνιση των βιολογικών συσχετισμών της δημιουργικότητας και αποκάλυψε το πώς τα τμήματα του εγκεφάλου που σχετίζονται με τη δημιουργική σκέψη κατά την αφήγηση ενός έργου, έδειξαν περαιτέρω ενεργοποίηση όταν άσχετες λέξεις-ερεθίσματα έπρεπε να συμπεριληφθούν στο κείμενο.

Τα αποτελέσματα παρείχαν μερικές χρήσιμες ενδείξεις, πάνω στο βιολογικό επίπεδο της δράσης και της πιθανής αποτελεσματικότητας τέτοιων στρατηγικών μακροπρόθεσμα. Για παράδειγμα, εάν δεν είχε παρατηρηθεί τέτοια αυξημένη δραστηριότητα, αυτό θα μπορούσε να υποδηλώσει ότι οι στρατηγικές αυτές, μολονότι είναι γνωστό ότι επιφέρουν αποτελέσματα που κρίνονται ως πιο δημιουργικά, μπορούν να το πράξουν και χωρίς πρόσθετη προετοιμασία των διαδικασιών που θεωρούνται δημιουργικές. Ωστόσο, αυτό δεν μπορεί να είναι το τέλος της ιστορίας για τους εκπαιδευτικούς - παιδαγωγούς.

Λαμβάνοντάς την μεμονωμένα, η μελέτη παρουσιάζει μια άσχημη εντύπωση για τα θέματα που εμπλέκονται στην αποτελεσματική εφαρμογή αυτών των στρατηγικών στην τάξη. Πότε και πώς θα πρέπει να χρησιμοποιούνται; Για να κατανοήσουμε αυτά τα ζητήματα, τα πλαίσια του πραγματικού κόσμου πρέπει να ερμηνευτούν ουσιαστικά. Ωστόσο, η σημασία και οι έννοιες που αποδίδονται στις δράσεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών στην τάξη, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης της γλώσσας, είναι πολλαπλές, αμφίθυμες και μεταβατικές.

Παρά το γεγονός ότι η παραγωγή και η αντίληψη της γλώσσας υπήρξαν καρποφόρες περιοχές για εργαστηριακές επιστημονικές έρευνες, η ερμηνεία της έννοιας μέσα στο καθημερινό πλαίσιο είναι ουσιαστικά μια προβληματική περιοχή για τα πειραματικά επιστημονικά μοντέλα. Ερμηνείες των εννοιών που δεν μπορούν να κριθούν με τις μεθόδους των φυσικών επιστημών μπορεί να θεωρηθούν, πέραν της δικαιοδοσίας τους, (Medawar, 1985).

Η πρόσφατη άνθηση των περιοδικών που εστιάζουν στην κοινωνική γνωστική νευροεπιστήμη μπορεί να αποδείξει την επιτάχυνση της προόδου σε αυτόν τον τομέα, αλλά η ερμηνεία της κοινωνικής πολυπλοκότητας παραμένει κυρίως στη σφαίρα των κοινωνικών επιστημών.

Ο Jones συμφωνεί με τον Alexander, (2006), και τονίζει πως αντί των φυσικών επιστημών, είναι η κοινωνική επιστήμη αυτή που, με τις δικές της έννοιες της αξιοπιστίας και του κύρους, εμφανίζεται πιο ολοκληρωμένη πάνω στην ερμηνεία του νοήματος - έννοιας, στο κοινωνικό επίπεδο δράσης, προκειμένου να κατανοήσουμε την πληρέστερη σημασία της ανθρώπινης επικοινωνίας,.

Τέτοιες σκέψεις, στο πλαίσιο της έρευνας σχετικά με τη δημιουργικότητα, έδωσαν αφορμή για ένα ερευνητικό πρόγραμμα δράσης στο οποίο μια διεπιστημονική ομάδα και μια ομάδα υπό εκπαίδευση ακόμα καθηγητών, κατασκεύασαν έννοιες-ιδέες-σχέδια σχετικά με την προώθηση της δημιουργικότητας που ήταν και επιστημονικά έγκυρες και με εκπαιδευτική σημασία.

Αυτή η μεταγενέστερη μελέτη τόνισε τη σημασία της ευρύτερης ευαισθητοποίησης των εκπαιδευτικών πάνω στη νόηση και την εγκεφαλική λειτουργία κατά την υλοποίηση αυτών των στρατηγικών, (Howard-Jones et al., 2008). Εδώ, βιωματικές εκθέσεις και ερμηνείες βασισμένες στην σημασία του λόγου ήταν χρήσιμες για την κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη δημιουργική πρόοδο των μαθητών, και πώς αυτοί μπορεί να σχετίζονται με τις έννοιες του εγκεφάλου και νου.

Η εργασία τους βασίστηκε στην προσωπική και στην εμπειρία σε αίθουσα διδασκαλίας των εκπαιδευτικών. Χρησιμοποίησαν τα ευρήματα από τη μελέτη f-MRI και την περαιτέρω έρευνα από τη γνωστική ψυχολογία και τη νευροεπιστήμη έτσι ώστε τα ευρήματά τους να έχουν επιστημονική σημασία. Η μελέτη τους, παρείχε χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την παιδαγωγική πρακτική και το πώς οι αποφάσεις για την εφαρμογή συγκεκριμένων στρατηγικών θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη το μαθητή (ες), την πρόδό τους και το ειδικό εκπαιδευτικό πλαίσιο, (Howard-Jones, 2008a).

Επανέρχεται στο Σχήμα 3-1 και τονίζει πως η γνωστική νευροεπιστήμη φαίνεται να εκτείνεται από τον εγκέφαλο προς τη συμπεριφορά, αλλά λίγο πιο πέρα, δείχνει να αντανακλά τις τρέχουσες δυσκολίες της στο να διεισδύει πολύπλοκες, βασισμένες στην σημασία/έννοια/ετοιμολογία, κοινωνικές αλληλεπιδράσεις.

Ωστόσο, ο ρόλος της γνωστικής νευροεπιστήμης είναι απαραίτητος, όπως και στην μελέτη f-MRI πάνω στη δημιουργικότητα, για την υποστήριξη της προσεκτικής εξέτασης των ατομικών σχέσεων εγκεφάλου-νου με βιολογικά και ψυχολογικά αποδεικτικά στοιχεία, καθώς και για τη βελτίωση της κατανόησης της διδασκαλίας και των στρατηγικών μάθησης σε αυτά τα επίπεδα δράσης.

Όταν πρόκειται για την πληρέστερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τέτοιου είδους παρεμβάσεις εφαρμόζονται σε συγκεκριμένα πλαίσια, τα ζητήματα στο κοινωνικό επίπεδο δράσης, όπως οι ατομικές διαφορές στις αλληλεπιδράσεις των εκπαιδευτικών με τα παιδιά, χρειάζονται διερεύνηση από την άποψη των προοπτικών της κοινωνικής επιστήμης, με τις οποίες είναι εξοικειωμένοι οι εκπαιδευτικοί ερευνητές.

3.4.2 Προκλήσεις, αποτελέσματα και συνέπειες

Η φιλοσοφία ερευνά τα «όρια της έννοιας δηλαδή, τα όρια του τι μπορεί να ειπωθεί και να σκεφτεί συνεκτικά, (Bennett & Hacker, 2003, σελ.. 399). Εκείνοι που προσπαθούν να εργαστούν στη διασύνδεση της νευρολογίας και της εκπαίδευσης θα βρεθούν να διασκελίζουν τουλάχιστον δύο, πολύ διαφορετικές, φιλοσοφίες για την μάθηση, κάθε μια από τις οποίες αναπτύσσει ένα πολύ διαφορετικό σύνολο εννοιών. Εδώ, οι ερευνητές βρίσκονται αντιμέτωποι με την πρόκληση της χρήσης γλώσσας και της ανάπτυξης νέων ιδεών που βρίσκονται σαφώς εντός των ορίων της λογικής, όπως ερμηνεύεται από τις δύο αυτές κοινότητες.

Πολλά παραδείγματα παραβάσεων της «κοινής λογικής» σε αυτή τη νέα περιοχή είναι διαδεδομένα, (Geake, 2008), αλλά τα περισσότερα μοιάζουν να είναι συνδεδεμένα με δύο ακραίες δομές της σχέσης εγκέφαλο – νου. Στο ακραίο δυαδικό στρατόπεδο, ορισμένα εκπαιδευτικά ζητήματα βρίσκονται σε κίνδυνο να γίνουν εξ ολοκλήρου «ιατρικοποιημένα».

Έτσι, όταν εκπαιδευτικά θέματα συνδέονται με βιολογικά θέματα, μπορούν μερικές φορές να χαρακτηριστούν ως εντελώς βιολογικά καθορισμένα και να απομακρυνθούν από τον τομέα της εκπαιδευτικής επιρροής. Ένα παράδειγμα είναι η διαχείριση του

αυξανόμενου αριθμού των μαθητών που θεωρούνται ότι έχουν προκλητικές αναπτυξιακές διαταραχές, όπως ADHD. Εδώ, η αυξανόμενη χρήση των ψυχοτρόπων φαρμάκων και των εικόνων με τις διαφορές στην εγκεφαλική δραστηριότητα μπορούν να οδηγήσουν σε μια αυξημένη αίσθηση βιολογικής αιτιοκρατίας, (Degrandpre, 1999), και επομένως μια μειωμένη αίσθηση ότι τα αποτελέσματα είναι υπαγόμενα στην εκπαιδευτική παρέμβαση.

Ένα άλλο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η τάση για διαμάχη γύρω από τη δυσλεξία που χαρακτηρίζεται από δύο συγκρουόμενες επιλογές του τύπου «όλα ή τίποτα» που θεωρητικοποιεί ότι η δυσλεξία είναι μια νοητική κατασκευή ή ότι προέρχεται εξ ολοκλήρου από ένα βιολογικά καθορισμένο αίτιο, (Nicolson, 2005).

Στο ακραίο μονιστικό στρατόπεδο, φυσικά, τέτοιες συζητήσεις δεν έχουν νόημα, μια και ο εγκέφαλος και ο νους συγχέονται, και οι ψυχολογικές και βιολογικές έννοιες δεν διακρίνονται. Αυτή η μονιστική αποχώρηση από τη «λογική» συναντάται συχνά στη λαϊκή γλώσσα, λ.χ. «το μυαλό μου βρίσκεται σε σύγχυση» ή σε εκπαιδευτικά προγράμματα με βάση τον εγκέφαλο, όπου οι συναπτικές συνδέσεις μερδεύονται με τις ψυχολογικές, (Wolfe, 1998) και (Davis, 2004, Howard-Jones, 2008b).

Στη ρίζα αυτής της παρεξήγησης είναι το γεγονός ότι ο συσχετισμός νου και εγκεφάλου δεν είναι κάτι απλό. Πράγματι, ένας ολόκληρος τομέας της επιστημονικής έρευνας έχει βασιστεί στις προσπάθειες για την επίτευξη αυτής της κατανόησης. **Στον τομέα της γνωστικής νευροεπιστήμης, οι ερευνητές πιστεύουν ότι ο νους και ο εγκέφαλος πρέπει να εξηγηθούν μαζί,** (Blakemore & Frith, 2000). Η έννοια του νου θεωρείται ως μια θεωρητική αλλά βασική έννοια στην εξερεύνηση της αναδυόμενης σχέσης μεταξύ του εγκεφάλου μας και της συμπεριφορά μας, συμπεριλαμβανομένης και της εκμάθησής μας.

Βλέποντας το θέμα με τον τρόπο αυτό, η μελέτη της γνωστικής λειτουργίας εμφανίζεται ως μια ζωτική γέφυρα που συνδέει τις γνώσεις μας για τον εγκέφαλο με τις παρατηρήσεις των συμπεριφορών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που αφορούν τη μάθηση. Για το λόγο αυτό, έχει επισημανθεί ότι χωρίς επαρκή συμμετοχή κατάλληλων γνωστικών ψυχολογικών μοντέλων, η νευροεπιστήμη θα έχει λίγα να προσφέρει στην εκπαίδευση, (Bguer, 1997).

Το μοντέλο επίπεδων δράσης ενσωματώνει το σύνολο εγκέφαλος-νους-συμπεριφορά της γνωστικής νευροεπιστήμης και έτσι βοηθά στην αποφυγή των κινδύνων των δυαδικών και μονιστικών εννοιών. Ωστόσο, παραμένει ατελής σε μια άλλη σημαντική έννοια. Οι εκπαιδευτικοί ενθαρρύνονται να αναπτύξουν αυτόνομους μαθητευόμενους,

που θα παρακινούνται απο μόνοι τους και θα είναι σε θέση να μάθουν ως απάντηση στη δική τους ελεύθερη βούληση. Πράγματι, η αποτελεσματική διδασκαλία και μάθηση θεωρείται από πολλούς ότι εξαρτάται απο την προώθηση της ανεξαρτησίας και της αυτονομίας των μαθητών, (TLRP, 2007, σ. 9.).

Μερικοί ερευνητές στο πλαίσιο της νευροεπιστήμης, από την άλλη πλευρά, είναι βέβαιοι για το πώς, και ακόμα και αν, η ελεύθερη βούληση είναι υπαρκτή. Μελέτες πάνω στην εμφανή νοητική αιτιότητα, υποδηλώνουν ότι μη αντιληπτές αιτίες δράσης αποτυγχάνουν να επηρεάσουν την εμπειρία μας στη βούληση, γεγονός που υποδηλώνει ότι η συνειδητή βούληση είναι μια ψευδαίσθηση: είναι απλά ο τρόπος του μυαλού στο να εκτιμήσει και να οικειοποιηθεί τις σχέσεις μεταξύ των σκέψεων και των δράσεων, με την κατάστρωση αιτιωδών συμπερασμάτων, (Wegner, 2003). Κάτι που σύμφωνα με τον Giesinger, (Giesinger, 2006) μπορεί να θεωρηθεί ως ένα άλλο είδος βιολογικού προνομίου που ενδέχεται να προκαλέσει σύγκρουση σε όσους εργάζονται στη διεπαφή μεταξύ νευροεπιστήμης και εκπαίδευσης.

Ωστόσο, οι εν λόγω συζητήσεις δεν περιορίζονται μόνο στην εκπαίδευση, δεδομένου ότι η άρνηση της ύπαρξης της ελεύθερης βούλησης φέρνει τη νευροεπιστήμη σε σύγκρουση με ολόκληρο το νομικό σύστημα, (Burns & Bechara, 2007). Τα επιχειρήματα αυτά συνδέονται με εκείνα της συνείδησης και είναι απίθανο να επιλυθούν στο άμεσο μέλλον, (Tancredi, 2007), επιτρέποντας στους εκπαιδευτικούς και σε άλλους επαγγελματίες να συνεχίσουν να μοιράζονται, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, μια σταθερή πεποίθησή-παραδοχή ότι η ελεύθερη βούληση είναι ένας σημαντικός αιτιώδης παράγοντας σε μεγάλο μέρος της συμπεριφοράς.

Προς το παρόν, και ίσως αντανακλώντας και πάλι τη στενή σχέση του με τη συνείδηση, δεν είναι εύκολο να αντιπροσωπευτεί ο ανθρώπινος παράγοντας στο Σχήμα 3-1. Ωστόσο, με δεδομένη την αυξανόμενη έμφαση στην αυτόνομη μάθηση στην εκπαίδευση, οι ερευνητές που εργάζονται στη διεπαφή μεταξύ νευροεπιστήμης και εκπαίδευσης, πρέπει να παραμένουν ιδιαίτερα προσεκτικοί στο ότι **η μάθηση αντιπροσωπεύεται καλύτερα ως ένα δυναμικό σενάριο στο οποίο η αλλαγή μπορεί να περιλαμβάνει τη μεταβολή των βιολογικών διεργασιών των μαθητών και των διδασκόντων, των αντιλήψεων και των ερμηνειών του νοήματος.**

Οι ρόλοι της ελεύθερης βούλησης και της αντανακλαστικής αυτοδιάθεσης μπορεί να αποτελέσουν ισχυρές και ουσιαστικές συμβολές στην μάθηση που απαιτούν προσεκτική

εξέταση σε όλα τα επίπεδα που εκπροσωπούνται, όπως βιολογικά, γνωστικά, συμπεριφοριστικά και κοινωνικά.

Επιστρέφοντας στο συγκεκριμένο παράδειγμα των ασκούμενων/εκπαιδευόμενων καθηγητών της δραματικής, που προσπαθούν να προωθήσουν τη δημιουργικότητα, βρήκαμε χρήσιμο να πραγματοποιήσουμε βιωματικά εργαστήρια τέχνης με επαγγελματίες ηθοποιούς πριν από την έναρξη του κύκλου έρευνας δράσης, ώστε να αποκτήσουν γνώσεις που σχετίζονται με την ελεύθερη βούληση και τα δεοντολογικά ζητήματα που αφορούν τον έλεγχο, μέσω προβληματισμού με την καλλιτεχνική ομάδα, (Howard-Jones & Border Crossings, 2005).

Αυτό, παρήγαγε και βιντεοσκοπημένο υλικό που έγινε η βάση για τις ακόλουθες συζητήσεις αυτών αλλά και άλλων εννοιών με τους εκπαιδευόμενους καθηγητές. Οι εργασίες στο πλαίσιο του NEnet έχουν παράγει με επιτυχία τόσο επιστημονική γνώση και όσο πρακτική εκπαιδευτική αντίληψη που μπορούν να εφαρμοστούν στην τάξη.

Ωστόσο, έχει επίσης επιστήσει την προσοχή σε μια σειρά από σοβαρές προκλήσεις για τους εργαζόμενους στη διασύνδεση των νευρολογίας και της εκπαίδευσης. Εδώ, οι ερευνητές πρέπει να διασχίσουν τα όρια διαφορετικών παραδόσεων στη δημιουργία γνώσης και να θεμελιώσουν συνεκτικούς διεπιστημονικούς διαλόγους, διατηρώντας «αίσθηση της λογικής», όπως προσδιορίζεται συνήθως και γίνεται κατανοητό από αυτές τις πολύ διαφορετικές παραδόσεις.

3.5 Σύνδεση εκπαίδευσης και Γνωστικής Νευροεπιστήμης

Η εκρηκτική διαθεσιμότητα των μη επεμβατικών εργαλείων και τεχνικών που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της λειτουργίας του εγκεφάλου κατά την διάρκεια νοητικών εργασιών οδήγησε στη δημιουργία του πεδίου της Γνωστικής Νευροεπιστήμης στις αρχές του 1990, και η συνεχής ανάπτυξη των εργαλείων αυτών έχει υποστηρίξει την αξιοσημείωτη ανάπτυξη του εν λόγω τομέα από τότε, ο Πίνακας 4 περιέχει την αρθρογραφία της υποενότητας.

Σε γενικές γραμμές, ο σκοπός της Γνωστικής νευροεπιστήμης είναι να διευκρινίσει πώς ο εγκέφαλος ενεργοποιεί τον νου, (Gazzaniga, 2002). Με άλλα λόγια, ο στόχος της Γνωστικής Νευροεπιστήμης είναι να περιορίσει τις γνωστικές, ψυχολογικές θεωρίες με νευροεπιστημονικά δεδομένα, διαμορφώνοντας έτσι τις θεωρίες αυτές ώστε να είναι βιολογικά εύλογες.

Πίνακας 4 Αρθρογραφία πέμπτης υποενότητας

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Ansari, D. & Coch, D. (2006)	Bridges Over Troubled Waters: Education and cognitive neuroscience
2	Blakemore, S. J. & Frith, U. (2005)	The Learning Brain: Lessons for education
3	Coch, D. & Ansari, D. (2009)	Thinking About Mechanisms is Crucial to Connecting Neuroscience and Education
4	Dehaene, S. et al (2003)	Three Parietal Circuits for Number Processing, Cognitive Neuropsychology
5	Dehaene, S. et al (1999)	Sources of Mathematical Thinking: Behavioral and brain-imaging evidence
6	Gazzaniga, M. S. (2002)	Cognitive Neuroscience, 2nd edn
7	Goswami, U. (2004)	Neuroscience and Education
8	Goswami, U. (2006)	Neuroscience and Education: From research to practice?
9	Lagemann, E. C. (2000)	An Elusive Science: The troubling history of education research

10	Pugh, K. R et al (1996)	Cerebral Organization of Component Processes in Reading
11	Posner, M. I. & Rothbart, M. K. (2005)	Influencing Brain Networks: Implications for education
12	Stern, E. (2005)	Pedagogy Meets Neuroscience
13	Turkeltaub, P. E. (2003)	Development of Neural Mechanisms for Reading

Πρόσφατα, η έρευνα στη γνωστική νευροεπιστήμη προσέλκυσε αναπόφευκτα την προσοχή των παιδαγωγών, πιο συγκεκριμένα οι άνθρωποι που ενδιαφέρονται για την εκμάθηση και την εκπαίδευση θα ήθελαν να γνωρίζουν πώς τα αποτελέσματα από σχετικές έρευνες της γνωστικής νευροεπιστήμης θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στην τάξη.

Δεδομένου ότι ο εγκέφαλος είναι το «όργανο της μάθησης», φαίνεται λογικό ότι η γνώση σχετικά με πώς λειτουργεί ο εγκέφαλος πρέπει να είναι σε θέση να ενημερώνει την εκπαίδευση. Πράγματι, υπάρχει αρκετή γνώση προερχόμενη από την γνωστική νευροεπιστημονική έρευνα σε τομείς που είναι δυνητικά ενδιαφέροντες για την εκπαίδευση, όπως είναι η έρευνα σχετικά με τους νευρωνικούς συσχετισμούς της ανάγνωσης, (Pugh et al, 1996, Turkeltaub et al., 2003) καθώς και για τα μαθηματικά και την επεξεργασία των αριθμών, (Dehaene et al., 2003, Dehaene et al., 1999). Τέτοιες έρευνες έχουν δημιουργήσει μεγάλες ελπίδες για μια επανάσταση στον τομέα της εκπαίδευσης, στην οποία αποτελέσματα από το εργαστήριο της νευροεπιστήμης, μεταμορφώνουν θετικά την αίθουσα διδασκαλίας.

Να συμπληρώσουμε ακόμη ότι ένας μεγάλος αριθμός δημοσιεύσεων και περιοδικών έχουν αξιολογήσει και συζητήσει στοιχεία από τη γνωστική νευροεπιστήμη που μπορεί να είναι σχετικά με την εκπαίδευση, (Ansari & Coch, 2006, Blakemore & Frith, 2005, Goswami, 2004, 2006, Posner & Rothbart, 2005, Stern, 2005). Επιπλέον στοιχείο για την ανάπτυξη του ενθουσιασμού που περιβάλλει η πιθανή σύνδεση μεταξύ της νευρολογίας και της εκπαίδευσης είναι η δημιουργία μιας νέας διεθνούς ερευνητικής κοινότητας για τον Εγκέφαλο, το Μυαλό, και την Εκπαίδευση, (<http://www.imbes.org/>), που συνοδεύεται από την έναρξη ενός επιστημονικού περιοδικού με το ίδιο όνομα.

Ωστόσο, στο πλαίσιο αυτού του κύματος ενθουσιασμού, που περιβάλλει τέτοιες πιθανές συνδέσεις, μια σειρά από ζητήματα δεν έχουν εξεταστεί ακόμη με συστηματικό τρόπο για παράδειγμα, «πώς ακριβώς η γνωστική νευροεπιστήμη θα ενημερώνει την

εκπαίδευση, και πώς θα ενημερώνει η εκπαίδευση τη γνωστική νευροεπιστήμη;» «Σε ποια επίπεδα τέτοιες συνδέσεις θα είναι πιο γόνιμες, όσον αφορά τη δημιουργία αξιοποιήσιμων γνώσεων;» «Τι πρακτικές αλλαγές πρέπει να πραγματοποιηθούν προκειμένου να στηριχτεί μια τέτοιου είδους βιώσιμη σύνδεση;» «Ποιοι θα είναι οι ρόλοι των γνωστικών νευροεπιστημόνων, των εκπαιδευτικών, των φορέων χρηματοδότησης, και των φορέων χάραξης πολιτικής στην προσπάθεια αυτή;» «Πώς θα ξεπεραστούν τα υπάρχοντα φιλοσοφικά όρια μεταξύ της λεγόμενης «εφαρμοσμένης», (δηλαδή στον πραγματικό κόσμο, στην τάξη), και της «**βασικής**», (δηλαδή στον ελεγχόμενο κόσμο του εργαστηρίου) έρευνας;»

Τρεις διακεκριμένοι ερευνητές στη συνέχεια προσπαθούν να απαντήσουν στα παραπάνω ερωτήματα και να συνδέσουν την Εκπαίδευση με τη Γνωστική Νευροεπιστήμη. Συγκεκριμένα ο D. Ansari σε συνεργασία με τους D. Coch, (Dartmouth College), και Bert de Smedt, (Katholieke Universiteit Leuven), του εργαστηρίου του Αριθμητικής Νόησης στο Πανεπιστήμιο του δυτικού Οντάριο, εξετάζουν το ρόλο της γνωστικής νευροεπιστήμης στην ενημέρωση της εκπαίδευσης. Αναγνωρίζουν ότι η αλλαγή των εκπαιδευτικών θεωριών και μοντέλων ώστε να γίνουν νευροεπιστημονικά και βασισμένα στη βιολογία, θα είναι πολύπλοκη και αναγκαστικά περιλαμβάνει αλλαγές στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών και την κατάρτιση τους.

Υποστηρίζουν ότι οι γνωστικοί νευροεπιστήμονες λαμβάνουν ένα ουσιαστικό ρόλο στο να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν την νευροεπιστήμη και ταυτόχρονα προτείνουν ότι οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να ανταποδώσουν, ωθώντας τους γνωστικούς νευροεπιστήμονες να έρθουν σε επαφή με τα ζητήματα και τα προβλήματα που σχετίζονται με την πρακτική στην εκπαιδευτική αίθουσα.

Μέσω αυτής της διαδικασίας θα αναθεωρηθεί η εφαρμογή των μύθων σχετικά με την εγκεφαλική μάθηση, με διεπιστημονική εφαρμοσμένη έρευνα και θα δημιουργηθούν νέες συνεργασίες, νέα πρότυπα, και τελικά, νέες αλλαγές στην παιδαγωγική.

Οι ερευνητές δηλώνουν σαφώς ότι χωρίς τη συντονισμένη σκέψη και προσπάθεια σχετικά με το πώς να οικοδομήσουμε γέφυρες και να τις διατηρήσουμε, η ίδια η ιδέα ότι η γνωστική νευρολογία και η εκπαίδευση μπορούν να αλληλεπιδράσουν ώστε να βελτιώσουν την εκπαίδευση, θα γίνει μια ακόμη εκπαιδευτική μανία, μια υποσημείωση στην ιστορία του κινήματος της βασισμένης στην έρευνα, εκπαίδευσης.

3.5.1 Πώς μπορεί η Γνωστική Νευροεπιστήμη να ενημερώσει την Εκπαίδευση

Σύμφωνα με μία άποψη, η ιδανική σχέση μεταξύ της εκπαίδευσης και της γνωστικής νευροεπιστήμης θα ήταν ως εξής: οι γνωστικοί νευροεπιστήμονες θα διεξάγουν πειράματα και στη συνέχεια οι εκπαιδευτικοί θα εφαρμόζουν άμεσα τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας στη διδασκαλία τους, θα υπάρχει μια απρόσκοπτη ροή από το εργαστήριο στην τάξη. Πράγματι, υπάρχουν συχνά απαιτήσεις για μια τέτοια απευθείας σύνδεση και η επιχείρηση του Νου, του Εγκεφάλου, και της Εκπαίδευσης θεωρείται από μερικούς ότι θα έχει αποτύχει, αν δεν μπορέσει να επιτύχει μια τέτοια σύνδεση.

Παρόλα αυτά υπάρχει ακόμη μεγάλη δυσπιστία για την συνεργασία εκπαίδευσης και γνωστικής νευροεπιστήμης. Οι ερευνητές για να δείξουν την δυσπιστία μεταξύ εκπαιδευτικών και νευροεπιστημόνων καθώς και την επιτακτική ανάγκη για συνεργασία και εμπιστοσύνη μεταξύ τους αναφέρουν το εξής περιστατικό: σε ένα συνέδριο, ένας από αυτούς ερωτήθηκε για το τι θα έλεγε στους δασκάλους να κάνουν με βάση τα αποτελέσματα της έρευνάς του. Όταν εκείνος απάντησε ότι, θα ήθελε να ακούσει πρώτα από τους δασκάλους τι γνώμη είχαν για τα αποτελέσματα αυτά και το πώς πίστευαν ότι τα ευρήματα μπορούν ή όχι να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες, υπήρξε μια ορατή απογοήτευση από την πλευρά του ατόμου που έθεσε την ερώτηση **στο ότι δεν υπήρχε μια απλή επικείμενη συνταγή ως αποτέλεσμα της έρευνας.**

Οι ερευνητές παρατηρούν ότι αυτή η έλλειψη εμπιστοσύνης οφείλεται στο φιλοσοφικό χάσμα που μαστίζει την ιστορία της εκπαίδευσης ως επιστήμη όπως ακριβώς σημειώνει και ο Condliffe Lagemann, (2000, σελ.. 179), «Όταν η εκπαιδευτική υποτροφία απέκτησε επαγγελματικό χαρακτήρα, αντιμετωπίστηκε με περιφρόνηση από τους μη παιδαγωγούς, όταν πάλι έγινε με βάση την ειδικότητα, οι φοιτητές, που ήθελαν *συνταγές* για την πρακτική εξάσκηση της παιδαγωγικής επιστήμης την απέφυγαν ».

Και οι τρεις ερευνητές υποστηρίζουν πως τέτοιες προσδοκίες για «διορθώσεις» των εκπαιδευτικών προβλημάτων, για εύκολες στο να τελεστούν «συνταγές για την πρακτική», βασισμένες στα ευρήματα της γνωστικής νευροεπιστήμης, είναι βέβαιο ότι θα απογοητευτούν γρήγορα. Επιπλέον, υποστηρίζουν ότι οι εν λόγω οι προσδοκίες δεν είναι ρεαλιστικές και απειλούν να διαβρώσουν τις προσπάθειες για τη δημιουργία χρήσιμων συνδέσεων μεταξύ της εκπαίδευσης και της νευροεπιστήμης.

Πράγματι, υπάρχει μια αυξανόμενη βιομηχανία προϊόντων «Εγκεφαλικής Μάθησης» που προτείνουν παιδαγωγικές προσεγγίσεις και χρησιμοποιούν εργαλεία και τεχνικές διδασκαλίας που ισχυρίζονται ότι βασίζονται σε νευροεπιστημονικά δεδομένα. Ωστόσο, η

στενή επιθεώρηση των ισχυρισμών αυτών για την άμεση σύνδεση μεταξύ συγκεκριμένων «βασισμένων στον εγκέφαλο» εργαλείων και προσεγγίσεων διδασκαλίας, αποκαλύπτει πολύ χαλαρές και συχνά εσφαλμένες έμπρακτες συνδέσεις και δηλώνουν πως δεν πιστεύουν ότι αυτό το είδος της προσέγγισης είναι το πιο γόνιμο για τη δημιουργία μιας βιώσιμης επιστήμης του νου, του εγκεφάλου, και της Παιδείας η οποία ωφελεί αμοιβαία την εκπαίδευση και τη γνωστική νευροεπιστήμη.

Αντ' αυτού, θεωρούν ότι οι πραγματικές δυνατότητες βρίσκονται σε συστηματικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των γνωστικών νευροεπιστήμων και των εκπαιδευτικών ώστε να καταλήξουν σε κοινές ερωτήσεις και μια κοινή γλώσσα, παρά στην άμεση διαδρομή από την έρευνα στην εφαρμογή της. Η ιστορία της «εφαρμοσμένης» έρευνας δείχνει ότι η εφαρμογή των αποτελεσμάτων της για την επίλυση των προβλημάτων είναι συχνά πολύ έμμεση και σπάνια απλή. Τέτοια περίπτωση είναι και αυτή της Παιδείας, ένας τομέας στον οποίο υπήρξε μεγάλη αντίσταση στην πιθανή επίδραση της επιστημονικής, ποσοτικής έρευνας, (Lagemann, 2000). Αναμένουν πως η ανάπτυξη του τομέα του Νου, του Εγκεφάλου, και της Παιδείας και οι συνεργασίες αναμεταξύ τους θα απαιτήσουν ένα ταξίδι πολύ πιο περίπλοκο από το απευθείας δρομολόγιο του Νευροεπιστημονικού εργαστήριου προς την τάξη.

Οι ερευνητές καταλήγουν πως το ερώτημα για το «πώς θα μπορούσε η γνωστική νευροεπιστήμη να ενημερώνει την εκπαίδευση;» είναι εγγενώς περιοριστικό, καθώς περιέχει τη σιωπηρή παραδοχή μιας μονόδρομης σχέσης μεταξύ της εκπαίδευσης και της νευροεπιστήμης. Τέτοιου είδους μονοκατευθυντικές γραμμές είτε σιωπηρές είτε ρητές παρατηρούνται σε συζητήσεις σχετικά με την εκπαίδευση και τις νευροεπιστήμες πολύ συχνά. Είναι επομένως πιο σωστό και θεμιτό να ρωτήσουν αντί του τι μπορεί να κάνει η νευροεπιστήμη για την εκπαίδευση το «πώς η εκπαίδευση και η νευροεπιστήμη μπορούν να ενημερώνουν η μια την άλλη».

Παραδέχονται ρητά ότι ο Νους, ο Εγκέφαλος, και η Εκπαίδευση θα πρέπει να πλαισιώνονται από αλληλεπιδράσεις και να βασίζονται σε αμοιβαίο επωφελή διάλογο μεταξύ των συμμετεχόντων με γνώση της ανάπτυξης, της μάθησης και της διδασκαλίας των παιδιών, κάτι που θα εξασφαλίσει επίσης ότι καμία ιεραρχία γνώσης δεν θα δημιουργείται στην οποία οι εκπαιδευτικοί είναι απλά οι αποδέκτες των πληροφοριών που προκύπτουν από τους νευροεπιστήμονες.

Αναφέρουν ακόμη, ότι υπάρχει συχνά η αντίληψη ότι οι επιστήμονες θα πουν στους εκπαιδευτικούς τι πρέπει να κάνουν. Μια τέτοια συγκαταβατική προσέγγιση θα αποφευχθεί, αν οι τύποι των συνεργασιών που προτείνουμε, πραγματοποιηθούν. Στο

άρθρο τους, (Ansari & Coch, 2006; Coch & Ansari, 2009), υποστηρίζουν ακόμη ότι είναι ζωτικής σημασίας η κατάρτιση σε θέματα της γνωστικής νευροεπιστήμης να γίνει θεμελιώδες μέρος της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών, ενώ την ίδια στιγμή μεταπτυχιακοί φοιτητές της γνωστικής νευροεπιστήμης θα πρέπει να εκτίθενται σε εκπαιδευτικά ζητήματα διότι θεωρούν ότι τα εν λόγω εκπαιδευτικά στοιχεία θα βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να αποκτήσουν μια πληρέστερη κατανόηση της ανάπτυξης των παιδιών και των βιολογικών αναγκών που τοποθετούνται στις διαδικασίες της μάθησης, καθώς και των ερευνητικών μεθοδολογιών.

Ομοίως, οι γνωστικοί νευροεπιστήμονες που διερευνούν θέματα που έχουν πιθανό εκπαιδευτικό ενδιαφέρον θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με παιδαγωγικά ζητήματα που περιβάλλουν το αντικείμενό τους, καθώς και με τις σχετικές ερωτήσεις που θέτονται από τους εκπαιδευτικούς μαζί με τους περιορισμούς της μάθησης στο ταξικό περιβάλλον.

Οι ερευνητές δίνουν ως παράδειγμα πως οι εκπαιδευτικοί μπορεί να συζητήσουν με τους γνωστικούς νευροεπιστήμονες τις διαφορετικές στρατηγικές που έχουν παρατηρήσει να χρησιμοποιούν τα παιδιά για να λύσουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, ή να επιτρέψουν στους γνωστικούς νευροεπιστήμονες να παρατηρούν τα παιδιά καθώς χρησιμοποιούν διάφορες στρατηγικές στο περιβάλλον της τάξης, παρέχοντας έτσι την δυνατότητα και την οδό για να φέρουν στη σφαίρα της νευροεπιστήμης μερικές από τις περιγραφές της μάθησης στην τάξη.

Όλα τα παραπάνω θα διευκολύνουν την γενιά των νέων διεπιστημονικών ερευνητών, οι οποίοι θα είναι άριστοι γνώστες της γλώσσας της εκπαίδευσης και των γνωστικών νευροεπιστήμων. Με τη σειρά του, αυτό θα οδηγήσει σε συνεργασίες από τις οποίες θα προκύψουν νέες ερευνητικές ερωτήσεις που θα είναι στενά ευθυγραμμισμένες τόσο με τα παραδοσιακά βασικά συμφέροντα της επιστήμης του γνωστικού νευροεπιστήμονα όσο και με τα εφαρμοσμένα ζητήματα που ανακύπτουν από τους εκπαιδευτικούς στις αίθουσες διδασκαλίας τους.

3.5.2 Προαπαιτούμενα για την αλληλεπίδραση Εκπαίδευσης και Νευροεπιστήμης

Οι ερευνητές, (D. Ansari, D. Coch, και Bert de Smedt), εκφράζουν πως υπάρχει μια σειρά από πρακτικά ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ εκπαιδευτικών και νευροεπιστημόνων όπως περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο μπορούν να γίνουν πραγματικότητα.

Στην παρούσα ενότητα εστιάζουν στο θέμα της προετοιμασίας των εκπαιδευτικών που αναφέρθηκαν παραπάνω ως παράδειγμα. Πιστεύουν ότι τα προγράμματα εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών θα πρέπει να ενσωματώσουν μαθήματα πάνω στη γνωστική νευροεπιστήμη στο πρόγραμμα σπουδών τους, ή να ενσωματώσουν τις μεθόδους της γνωστικής νευροεπιστήμης και τα ευρήματα της στα τρέχοντα μαθήματα τους.

Τέτοιου είδους μαθήματα θα πρέπει να παρέχουν όχι μόνο μια βασική εισαγωγή στην δομική και λειτουργική ανάπτυξη του εγκεφάλου, καθώς και τους μηχανισμούς του εγκεφάλου που εξυπηρετούν κεντρικούς τομείς των γνωστικών λειτουργιών, όπως η τυπική και άτυπη ανάπτυξη της ανάγνωσης και των μαθηματικών ικανοτήτων, αλλά θα πρέπει επίσης να συζητήσουν ευρύτερα τα θέματα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την εκπαίδευση όπως για παράδειγμα τις επιπτώσεις του πολιτισμού στη λειτουργία του εγκεφάλου.

Φυσικά, τέτοια μαθήματα δεν θα πρέπει να επικεντρώνονται αποκλειστικά στα αποτελέσματα από μελέτες απεικόνισης του εγκεφάλου, αλλά θα πρέπει επίσης να συζητήσουν πάνω στις αποδείξεις που προκύπτουν από τη συμπεριφοριστική έρευνα. **Εξ' ορισμού, η γνωστική νευροεπιστήμη είναι μια διεπιστημονική επιστήμη που βασίζεται στα αποτελέσματα της γνωστικής ψυχολογίας, της νευροεπιστήμης, της κοινωνιολογίας, και της ανθρωπολογίας για να δημιουργήσει μια καλύτερη κατανόηση των βάσεων του εγκεφάλου για τις γνωστικές διαδικασίες.**

Για να κατανοήσουν και να υποστηρίξουν καλύτερα την ανθρώπινη μάθηση και την ανάπτυξη στους μαθητές τους, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να γνωρίζουν τι έχει ανακαλύψει η επιστήμη για τη μάθηση και την ανάπτυξη σε πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης, από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Η κατάρτιση των εκπαιδευτικών θα πρέπει επίσης να εισαγάγει φιλόδοξους εκπαιδευτικούς στις μεθοδολογικές έρευνες, στα δυνατά σημεία και τους περιορισμούς των μεθόδων συμπεριφοράς και στις μεθόδους που μετρούν την εγκεφαλική δραστηριότητα, καθώς και στις χρήσεις και τις καταχρήσεις των επιστημονικών δεδομένων σε δημοφιλείς δημοσιεύσεις.

Το να είμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε κριτικά τα επιστημονικά αποτελέσματα και την απεικόνισή τους στα μέσα μαζικής ενημέρωσης είναι ζωτικής σημασίας, ειδικά επειδή υπάρχει ήδη μια μεγάλη εξάπλωση των λεγόμενων «νευρομύθων» στα έντυπα που απευθύνονται σε εκπαιδευτικούς, (Goswami, 2004).

Όπως συζητήθηκε παραπάνω, υπάρχει ένα αυξανόμενος όγκος παιδαγωγικών εργαλείων και βιβλιογραφίας που ισχυρίζεται ότι είναι βασισμένη στον εγκέφαλο. Οι

εκπαιδευτικοί οι οποίοι είναι σε θέση να αξιολογήσουν κριτικά την επιστήμη στην οποία εκτίθενται θα αποφύγουν όχι μόνο αξιοπρόσεκτες συμβουλές που βασίζονται σε ανακριβή δεδομένα και σε ψευδοεπιστήμες, αλλά θα αναγκάσουν επίσης τους παραγωγούς της βιβλιογραφίας που σχετίζεται με την εκπαίδευση και τον εγκέφαλο να παρέχουν πιο εξελιγμένες και ακριβείς πληροφορίες. Με άλλα λόγια, οι δάσκαλοι πρέπει να καταστούν «εγγράμματοι στην νευροεπιστήμη», και, για τον ίδιο λόγο, οι γνωστικοί νευροεπιστήμονες θα πρέπει να καταστούν «εγγράμματοι στην εκπαίδευση» προκειμένου να σφυρηλατηθούν ισχυροί δεσμοί μεταξύ των δύο πεδίων.

Για να σφυρηλατηθούν οι δεσμοί αυτοί, οι ερευνητές καταλήγουν πως τα παραδοσιακά ακαδημαϊκά όρια θα πρέπει να διασχιστούν και να αναπτυχθεί αμοιβαίος σεβασμός μεταξύ των αναπτυξιακών γνωστικών νευροεπιστημών και των εκπαιδευτικών, έχοντας ως βάση ένα ενιαίο και κοινό θεμελιώδες ενδιαφέρον για την ανάπτυξη του παιδιού και της μάθησης. Αυτό θα απαιτήσει επίσης τα Πανεπιστημιακά Τμήματα Εκπαίδευσης να μειώσουν την αντίσταση τους στην ποσοτική επιστημονική, εμπειρική έρευνα και, ταυτόχρονα, τα Τμήματα Ψυχολογίας και Νευροεπιστημής να αγκαλιάσουν τη σημασία της εφαρμοσμένης έρευνας, η οποία συχνά θεωρείται κατώτερη στην επίδιωξη της γνώσης που χαρακτηρίζεται από τη βασική έρευνα.

3.5.3 Συνεργασία μεταξύ Νευροεπιστήμης και Εκπαίδευσης

Υπάρχει ένα σταθερά αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις δυνατότητες μιας σύνδεσης μεταξύ της γνωστικής Νευροεπιστήμης και της Εκπαίδευσης. Ωστόσο, το ενδιαφέρον αυτό μπορεί να φθάσει στο αποκορύφωμά του και σύντομα να υποχωρήσει, εν μέρει επειδή η άμεση εφαρμογή των ευρημάτων της νευροεπιστήμης στην τάξη δεν ήταν μέχρι σήμερα ιδιαίτερα αποδοτική. Επομένως, πιστεύουν πως είναι ιδιαίτερα σημαντικό να συλλογισθούμε τους τρόπους με τους οποίους ο τρέχων ενθουσιασμός και η προθυμία των πανεπιστημίων και των φορέων χρηματοδότησης να συμμετάσχουν στη δημιουργία αυτού του νέου πεδίου του Νου, Εγκεφάλου, και της Εκπαίδευσης, και πως αυτό το νέο πεδίο μπορεί να διατηρηθεί σε μακροχρόνιο επίπεδο.

Ισχυρίζονται ότι αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν σκεφτούμε πέρα από την άμεση εφαρμογή των αποτελεσμάτων της έρευνας των νευροεπιστημών στην εκπαιδευτική αίθουσα και αν κατευθυνθούμε προς τους περιορισμούς που πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή, προκειμένου να κάνουμε τους εκπαιδευτικούς και τους νευροεπιστήμονες να

συνεργαστούν απο κοινού και να ενημερώνουν ο ένας την σκέψη και την πρακτική του άλλου.

Επίσης είναι σημαντικό να μεταδώσουμε τις δυνατότητες και την υπόσχεση τέτοιων έμμεσων συνδέσεων στους φορείς χάραξης πολιτικής, στους φορείς χρηματοδότησης, και στα πανεπιστήμια προκειμένου να αποφευχθεί η στροφή τους μακριά από το Νου, εγκέφαλο, και Παιδεία, όταν δεν έχουμε γρήγορες επικείμενες λύσεις.

Η άποψη του «Νου, Εγκεφάλου, και Εκπαίδευσης» βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση με μεγάλο μέρος του τρέχοντος κινήματος εκπαίδευσης βασισμένο στον εγκέφαλο. Είναι ανησυχητικό το γεγονός ότι μεγάλο μέρος ενέργειας θα πρέπει να δαπανηθεί στο μέλλον για να περιοριστεί η αυξανόμενη εμφάνιση των λεγόμενων «βασισμένων στον εγκέφαλο», (brain-based), προγραμμάτων και εκδόσεων που πολλαπλασιάζουν μύθους σε όλη την εκπαιδευτική κοινότητα.

Στο ίδιο πνεύμα, τα σχολικά συμβούλια και οι περιφέρειες θα πρέπει να είναι προσεκτικά στο να επιλέγουν και να χρησιμοποιούν μόνο τα προγράμματα για τα οποία υπάρχει σαφής, αξιολογημένη, εμπειρική υποστήριξη σχετικά με την αποτελεσματικότητα.

Με τη σειρά του, είναι σημαντικό οι επιστήμονες να μην υποκύπτουν στον πειρασμό να συνεργάζονται με τη βιομηχανία για να δημιουργήσουν εργαλεία παρέμβασης που βασίζονται μόνο χαλαρά στα αποτελέσματα των ερευνών τους και δεν έχουν υποβληθεί σε αυστηρή αξιολόγηση, ιδιαίτερα σε περιβάλλον τάξης, μετά την αρχική δημοσίευση, μόνο και μόνο για να αποφευχθεί το ενδεχόμενο εμπορικής απώλειας.

Πιστεύουν ότι το μέλλον του «Νου, Εγκεφάλου, και Εκπαίδευσης» θα πρέπει να χαρακτηρίζεται απο πολύ ευρύτερο τρόπο σκέψης για το πώς η Νευροεπιστήμη και η Εκπαίδευση μπορούν να ενημερώνουν η μια την άλλη. Τι νέα μοντέλα έρευνας μπορούν να αναπτυχτούν; Πώς θα μπορούσαν οι μη επεμβατικές μέθοδοι απεικόνισης να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν τη σχετική επιτυχία των εκπαιδευτικών προσεγγίσεων; Πώς μπορούν οι συνεργασίες να δημιουργήσουν ένα γενικό σύνολο που να είναι περισσότερο από απλά, το άθροισμα μερικών τμημάτων;

Προχωρώντας πέρα από την κατανόησή που έχουμε για τους ψυχομετρικούς μηχανισμούς που εξυπηρετούν τα κύρια γνωστικά πεδία, όπως η ανάγνωση και τα μαθηματικά, ο «νου, εγκέφαλος και εκπαίδευση», περιλαμβάνει επίσης την εξέταση των ζητημάτων που σχετίζονται με τη γενική δομή των περιβαλλόντων μάθησης, την έγκαιρη

διδασκαλία, και τους ρόλους του στρες, της διατροφής, του ύπνου, και του κοινωνικού πλαισίου της μάθησης.

Τέλος καταλήγουν πως οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της Εκπαίδευσης και της Νευροεπιστήμης μπορεί επίσης να βοηθήσουν να αξιολογήσουμε τα σχετικά οφέλη της εκπαίδευσης πάνω στις τέχνες και την επιστήμη και να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο βλέπουμε τις εκπαιδευτικές προτεραιότητες

3.6 Τι μπορεί να προσφέρει η Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη στην Εκπαίδευση

Αντίθετα με την άποψη του Howard Jones, ο M. Ferrari υποστηρίζει ότι η εκπαιδευτική στρατηγική θα πρέπει να ακολουθήσει το ιατρικό μοντέλο μια και η καθαρή έρευνα, αποτελεί ενημέρωση για την πρακτική. Ταυτοχρόνως, ο ίδιος υποστηρίζει ότι η στρατηγική αυτή θα πρέπει επίσης να είναι κοινωνικά ενταγμένη και πολιτισμικά προσεκτική, στο ότι αντανακλά τις αξίες που ασπάζομαστε και την κοινωνία που επιδιώκουμε να έχουμε, ο Πίνακας 5 παρουσιάζει την αρθρογραφία που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την υποενότητα.

Πίνακας 5 Αρθρογραφία έκτης υποενότητας

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Bandura, A. (2006)	Toward a Psychology of Human Agency
2	Changeux, J. P. & Ricoeur, P. (2000).	What Makes Us Think?
3	Doidge, N. (2007)	The Brain That Changes Itself: Stories of personal triumph from the frontiers of brain science
4	Egan, K. (1997)	The Educated Mind: How cognitive tools shape our understanding
5	Farah, M. J. (2010)	Mind, Brain and Education in Socioeconomic Context
6	Ferrari, M. (2009)	Piaget's Enduring Contribution to a Science of Consciousness
7	Fischer, K.W. & Bidell, T. R. (2006)	Dynamic Development of Action, Thought, and Emotion
8	Geake, J. & Cooper, P.W. (2003b)	The Educated Brain: The relevance of cognitive neuroscience to educational theory and practice
9	Marini, Z. A., et al (2010)	Multiple Pathways to Bullying: Educational Implications of Individual Differences in Temperament and Brain Function
10	Piaget, J. (1967)	Biologie et connaissance

11	Piaget, J. (1983)	Piaget's Theory
12	Richardson, C. A. (2002)	A Look at Adolescent Attention Deficit/Hyperactivity Disorder Form the Inside: How medication is perceived to affect one's sense of self.
13	Rosch, E. (2008)	Beginner's Mind: Paths to the wisdom that is not learned
14	Sperry, R.W. (1993)	The Impact and Promise of the Cognitive Revolution
15	Vygotsky, L. S. (1997)	Psychology and the Theory of Localization of Mental Functions
16	Weisberg, D. S. et al (2008)	The Seductive Allure of Neuroscience Explanations

Ο Michel Ferrari θεωρεί την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη ως «μια συναρπαστική ανανέωση» της γνωστικής νευροεπιστήμης και άλλων νευροεπιστημών που θα διευρύνει την κατανόηση μας για το πώς είναι ενσωματωμένες η γνώση και η γνωστική λειτουργία. Υποστηρίζει ότι ενώ η νευροεπιστημονική έρευνα αφορά συνήθως παθολογίες μαθησιακών δυσκολιών, η εστίασή μας ως εκπαιδευτικοί ερευνητές θα πρέπει να είναι η κατανόηση του μεγαλύτερου υποβάθρου της προσωπικής μάθησης και ανάπτυξης και να αποφευχθεί η νευροεπιστημονική κατηγοριοποίηση, (να μπει "ταμπέλα"), των άτυπων μαθητών με τρόπους που τους περιορίζουν και, ενδεχομένως, τους στιγματίζουν.

Ο ίδιος τίθεται ενάντια στην κοινή πρακτική της υπέρ-γενίκευσης των εργαστηριακών αποτελεσμάτων για τις περιπτώσεις μάθησης όπως και κατά της αποδοχής των πλαισίων που αναιρούν την παρουσία και τη σημασία του οργανισμού.

Σύμφωνα με τον Ferrari, αν κανείς κάνει μια ανασκόπηση της κύριας σχέσης μεταξύ ψυχολογίας και εκπαίδευσης, θα διαπιστώσει πως υπάρχει μια σαφής εξέλιξη. Στη στροφή για τον 20ο αιώνα είχαμε την ανάδυση της εκπαιδευτικής ψυχολογίας ως μιας ευρείας ειδικότητας που θα εφάρμοζε τα ψυχολογικά ευρήματα στην εκπαιδευτική πρακτική παρ' ότι ήδη υπάρχει ένταση ανάμεσα στην πραγματιστική προσέγγιση του Dewey και της συμπεριφοριστικής προσέγγισης, «εγκύμναση και δεξιότητα», του Thorndike.

Από τη δεκαετία του 1960 βλέπουμε τις πρώτες προσπάθειες για την εφαρμογή της γνωστικής ψυχολογίας στην εκπαίδευση, τόσο στα μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών

οσο και στις εποικοδομητικές προσπάθειες όπως αυτές των οπαδών της θεωρίας του Piaget. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990 συναντούμε προσπάθειες να εξεταστεί η σημασία των συνεκτικών μεταβλητών όπως η οικογένεια και ο πολιτισμός, ή το μαθησιακό περιβάλλον. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '90, βρίσκουμε μοντέλα όπως αυτά του Fischer, (Fischer & Bidell, 2006), που προσπαθούν να εντάξουν το σύνολο αυτών των προσεγγίσεων σε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο ανάπτυξης της γνώσης.

Με την έναρξη του 21ου αιώνα, έχουμε μια νέα εξέλιξη, την εκπαιδευτική νευροεπιστήμη. Η εκπαιδευτική νευρολογία υπόσχεται να ενσωματώσει τις αναδυόμενες ιδέες από τις νευροεπιστήμες στην εκπαίδευση και αποτελεί μια συναρπαστική ανακαίνιση της γνωστικής επιστήμης, εάν ενσωματωθεί με ευαισθησία. Αν και η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη έχει ως στόχο να εξηγήσει τη μάθηση και την ανάπτυξη γενικότερα, κατά τον Ferrari είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εξηγηθούν οι άτυπες αποδόσεις μαθητών με ειδικές ανάγκες, για παράδειγμα μαθητές με το σύνδρομο διάσπασης της προσοχής, (ADHD), αυτισμό, δυσλεξία, ή μαθηματική ανικανότητα.

Ωστόσο, για την πλήρη κατανόηση των εν λόγω ειδικών διαταραχών, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη θα πρέπει να εξετάσει πώς εκδηλώνονται αυτές στη μάθηση και την εκπαίδευση που λαμβάνει χώρα στο ευρύτερο πλαίσιο της ζωής των ανθρώπων, τόσο μέσα όσο και έξω από το σχολείο.

Ο Ferrari υποστηρίζει πως η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μπορεί να προωθήσει την κατανόηση μας στο πώς η γνώση είναι ενσωματωμένη, θα πρέπει να το κάνει με τρόπους που προάγουν την προσωπική μάθηση και την ανάπτυξη και αναφέρει πως στην εργασία του με την C. Richardson, (2002), εξετάσανε πώς οι μαθητές με Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητα, (ADHD), διαχειρίστηκαν την κατανάλωση του φαρμάκου Ritalin για τον έλεγχο των δυσκολιών τους στη προσοχή. Σε μια σειρά από έξι περιπτώσιολογικές μελέτες, διαπίστωσαν πως οι έφηβοι ανάλογα με το είδος των εμπειριών που περίμεναν να αντιμετωπίσουν αποφάσισαν σχετικά με το πότε να πάρουν το Ritalin. Για σχολικές εργασίες ρουτίνας έπαιρναν το φάρμακο, αλλά για δημιουργικές εργασίες, όπως η σύνθεση μουσικής, ήταν προσεκτικοί και αφήναν την επίδρασή του να περάσει πριν εμπλακούν σε αυτή τη δραστηριότητα.

Η μελέτη της νευροεπιστήμης της δυσκολίας προσοχής, επιτρέπει σύμφωνα με τον Ferrari να κατανοήσουμε καλύτερα ποιες περιοχές του εγκεφάλου, ποιες γνωστικές δεξιότητες εμπλέκονται στις νοητικές επιδόσεις, και που, τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορούν να συμβάλουν στην αντιμετώπιση της ADHD. Η μελέτη καταδεικνύει επίσης ότι πρέπει να γίνουν κατανοητές και οι απαιτήσεις των ιδιαίτερα προσωπικών, εκπαιδευτικών

περιβαλλόντων-πλαισίων, συμπεριλαμβανομένων τόσο εκπαίδευσης στην τάξη όσο και της άτυπης μάθησης.

Ομοίως, ο Z. Marini και οι συνεργάτες του, (Marini et al., 2010), δείχνουν ότι οι μαθητές που παρουσιάζουν παρόμοια είδη εκφοβισμού και επιθετικότητας μπορεί να απαιτούν πολύ διαφορετικές διδακτικές τεχνικές, πχ «σκαλωσιές», όταν αυτές οι συμπεριφορές συμβαίνουν για διαφορετικούς νευροβιολογικούς λόγους που οδηγούν κάποιους ανθρώπους να είναι παθητικοί και άλλους να μην έχουν αναστολές. Η κατανόηση αυτών των διαφορών, σύμφωνα με τον Marini και τους συνεργάτες του, μπορεί να επιτρέψει στους εκπαιδευτικούς να αντιδράσουν με μεγαλύτερη ευαισθησία προς τους μαθητές που συμμετέχουν σε εκφοβισμούς, και να είναι πολύ καλύτερα προετοιμασμένοι για να τους βοηθήσουν να διαχειριστούν την επιθετικότητα τους.

Ωστόσο, όπως επισημαίνουν οι Geake και Cooper (2003a, b), υπάρχουν και κίνδυνοι στο πλαίσιο των προσπαθειών για την εφαρμογή της νευροεπιστημής στην εκπαίδευση. Ένας κίνδυνος είναι όταν η νευροεπιστημη δεν προσθέτει τίποτα νέο στην υπάρχουσα κατανόηση των ζητημάτων, αλλά μειώνει την άμυνα κάποιου σχετικά με την αξία συγκεκριμένων ειδών εκπαιδευτικής πρακτικής. Μάλιστα, σύμφωνα με την εργασία του Weisberg και των συνεργατών του, (Weisberg et al., 2008), οι εξηγήσεις με τη χρήση της νευροεπιστήμης, φαινόταν καλύτερες, ακόμη και όταν η νευροεπιστήμη δεν πρόσθετε τίποτα για να

Ένας ακόμη κίνδυνος της άκριτης εφαρμογής της νευροεπιστήμης στην εκπαιδευτική πρακτική κατά τον Ferrari είναι ο αναγωγισμός, (reductionism). Πρέπει σύμφωνα με τον ίδιο να είμαστε ιδιαίτερα επιφυλακτικοί όταν υποστηρίζουμε ότι η βασική αιτία των μαθησιακών δυσκολιών είναι η μηχανική βλάβη ή η ανωμαλία που λειτουργεί σε γενετικό ή νευρικό επίπεδο. Η άποψη του αυτή είναι βασισμένη στο ότι ο εγκέφαλος αλλάζει ως απάντηση στις περιβαλλοντικές επιρροές και με βάση την προσωπική προσπάθεια και τις επιλογές μας, (Dooidge, 2007). Αυτή την υπονόμηση του ανθρώπινου παράγοντα τονίζει και ο Bandura (2006).

Κατά τον Bandura, είναι σημαντικό η εκπαιδευτική νευρολογία να είναι προσεκτική κατά την προώθηση πλαισίων όπου ο άνθρωπος παράγοντας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, όπως στην περίπτωση των φοιτητών που καθόριζαν οι ίδιοι το πώς θα διαχειριστούν τη χρήση του Ritalin.

Ο Ferrari συμφωνεί με τον Sperry, ότι ενώ τα νευροεπιστημονικά στοιχεία μας δείχνουν ότι τα νευρικά αίτια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τις διάφορες εμπειρίες που βιώνουμε, το είδος του νου ή του ανθρώπου που θα γίνουμε, καθορίζεται επίσης από

την εκπαίδευση μας και τις επιλογές μας, (Sperry, 1993), φυσικά, δεν είναι όλα όσα έχουν να κάνουν με το μυαλό ή την προσωπικότητα μας, προϊόν της εκπαίδευσης μας.

Το φυσικό περιβάλλον έχει εξίσου σημαντική επίδραση στον εγκέφαλο, όσο έχει ο εγκέφαλος μας στην ικανότητα μας για μάθηση. Όπως έχει δείξει η M. Farah (2010) σε μια σειρά μελετών, η χαμηλή κοινωνικοοικονομική κατάσταση, έχει δραματικές επιπτώσεις στον εγκέφαλο, λόγω συναφών σωματικών επιπτώσεων του υποσιτισμού, του άγχους, καθώς και των ψυχολογικών επιπτώσεων της έλλειψης γνωστικής διέγερσης και ερεθισμάτων. Ως εκ τούτου, πρέπει να είμαστε σε επιφυλακή για το ισχυρό αντίκτυπο της φτώχειας στην εκπαίδευση μέσω της άμεσης επίδρασής της στην ψυχομετρική ανάπτυξη, και να εργαστούμε για την άμβλυνση των επιπτώσεων αυτών πριν το χαμηλό κοινωνικοοικονομικό επίπεδο παράγει μόνιμα αποτελέσματα στους εγκεφάλους και στον νου των παιδιών, τα οποία η εκπαίδευση μπορεί μόνο εν μέρει να αποκαταστήσει.

Επομένως ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει είναι «Πώς, μπορούμε να έχουμε πιο αποτελεσματική χρήση των νέων πληροφοριών που αποκτήθηκαν μέσα από μελέτες στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη και της σημασίας τους για τη ζωή των ανθρώπων;» Ο Ferrari αναφέρει πως η ιστορία μας δίνει καλά μοντέλα που δεν έχουν ακόμα αξιοποιηθεί στο μέγιστο μέχρι σήμερα, συγκεκριμένα, τα πρωτότυπα κείμενα των Piaget, (1967, 1983 [1970]) και Vygotsky (1997) [1934] δείχνουν ότι είχαν ήδη ενσωματώσει τη νευροεπιστήμη της εποχής τους σε κυρίαρχα ερευνητικά προγράμματα που εξέταζαν τις επιπτώσεις της στην εκπαίδευση με τρόπους που θα μπορούσαν να υιοθετηθούν σε γενικές γραμμές σήμερα.

Για παράδειγμα, ο Piaget πρότεινε μια αμοιβαία εξομοίωση των ευρημάτων από τη βιολογία και τη γνωστική επιστήμη καθώς και από άλλες συναφείς ειδικότητες. Παρότι αντιλαμβάνεται τη διάκριση μεταξύ αιτιωδών εξηγήσεων στη νευροβιολογία και των συνεπαγωγικών εξηγήσεων στην ψυχολογία, ο ίδιος έδωσε ένα ορισμένο ισομορφισμό μεταξύ των διαφόρων ειδών των δομών και της σχέσης τους με τις δραστηριότητες μάθησης, (Ferrari, 2009).

Ο Vygotsky από την άλλη δεν ασχολείται σε βάθος με αυτές τις ισομορφικές δομές της γνώσης και το πώς αυτές συνδέονται με κάποια συγκεκριμένη δραστηριότητα του εγκεφάλου, αλλά δίνει έμφαση στις σχέσεις μεταξύ πολιτιστικά ανεπτυγμένης γνώσης και των ατόμων που πρέπει να τη μάθουν. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Fischer και Bidell (2006), τον ενδιέφερε το πώς οι άνθρωποι με σωματικά ελλείμματα, (π.χ. εκείνοι που έχουν γεννηθεί με αναπηρίες, όπως τύφλωση ή κώφωση, ή με επίκτητους τραυματισμούς όπως οι εγκεφαλικές βλάβες), πρέπει να μάθουν μέσω εναλλακτικών

οδών. Ο Ferrari υποστηρίζει την άποψη αυτή του Vygotsky και προσθέτει ότι πρέπει επίσης να συμπεριληφθεί τόσο η τεχνολογία όσο και το εκτεταμένο περιβάλλον κατά την εξέταση του πεδίου εφαρμογής και των περιορισμών της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης.

Ο Ferrari είναι υπέρμαχος της άποψης πως η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη χρειάζεται να ακολουθεί το ιατρικό μοντέλο, συγκεκριμένα: **η καθαρή επιστημονική έρευνα πρέπει να ενημερώνει την πρακτική, ιδίως για τις σπάνιες περιπτώσεις που αποκλίνουν από τον κανόνα. Αλλά σε αντίθεση με την ιατρική, η οποία στοχεύει στην προώθηση της υγείας, η εκπαίδευση προωθεί τις αξίες που αντανακλούν το είδος των πολιτών και, τελικά, το είδος της κοινωνίας που φιλοδοξούμε να δημιουργήσουμε.**

Αν και εκπαιδευτική νευροεπιστήμη αναγκαστικά περικλείει στοιχεία από τη γνωστική νευροεπιστήμη για τον εγκέφαλο, αφορά επίσης τους ανθρώπους και πώς επιλέγουν να ζήσουν τη ζωή τους, όπως αυτή διαμορφώνεται από τις πολιτισμικές επιρροές στις οποίες εκτίθενται, (Changeux & Ricoeur, 2000).

Ο Egan (1997), προτείνει ότι υπάρχουν τουλάχιστον τρεις στόχοι της δημόσιας εκπαίδευσης: **(1) προετοιμασία για την εργασία, (2) αναζήτηση της αλήθειας και (3) προσωπική άνθηση.** Και οι τρεις αυτοί στόχοι δεν έρχονται μόνο σε σύγκρουση μεταξύ τους, αλλά μπορούν επίσης να απαιτούν διαφορετικές σχέσεις μεταξύ της εκπαίδευσης και της νευροεπιστήμης, ανάλογα με το τι θα επιλέξουμε να συμπεριλάβουμε στο εσωτερικό τους. Με άλλα λόγια, η νευροεπιστήμη θα ενημερώνει καθέναν από τους τρεις στόχους της εκπαίδευσης, αλλά δεν θα καθορίζει τους ίδιους τους στόχους.

Οι εκπαιδευτικοί ή οι φορείς χάραξης πολιτικής θα πρέπει να ανατρέξουν στην νευροβιολογία για να απαντήσουν στις συγκεκριμένες ερωτήσεις που τους αφορούν, ερωτήματα όπως «Ποια είναι η βιολογική βάση της προσωπικής άνθησης; ή «Τι βιολογική υποστήριξη χρειάζεται για να μπορέσουν συγκεκριμένα άτομα να μάθουν με τρόπους που θα τους παρέχουν μια καλή δουλειά;».

Τα υπάρχοντα ερευνητικά προγράμματα στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη στοχεύουν να βοηθήσουν την προώθηση της ανάγνωσης και της αριθμητικής θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημαντικό μέρος κάθε απάντησης στα ερωτήματα αυτά, αλλά διαφορετικές ερωτήσεις προϋποθέτουν ότι διαφορετικές πτυχές της βιολογίας μας θα χρειαστεί να διερευνηθούν προκειμένου να τα απαντήσουμε. Ποια είναι τα βιολογικά θεμέλια της αυθεντικής και βαθιάς κατανόησης; Της εκτίμησης της τέχνης και της ομορφιάς; Της συμπόνιας για όσους έχουν ανάγκη σε όλο τον κόσμο; Όλες αυτές οι ανησυχίες

αντανακλούν διαφορετικές αξίες που έχουν σημασία για συγκεκριμένες κοινωνίες και η νευροεπιστήμη θα μπορούσε να μας ενημερώσει για όλα αυτά

Η αληθινή, νευροεπιστήμη δεν μπορεί να μελετήσει τα πάντα, αλλά ούτε μπορεί όλη η ενδιαφερομένη μάθηση να χωρέσει μέσα σε μια K-12 διδακτέα ύλη με περιορισμένο χρόνο και πόρους. Έτσι, η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη πρέπει η ίδια να γίνει μέρος μιας ευρύτερης συζήτησης σχετικά με τους στόχους της εκπαίδευσης και με το πώς μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να ανθίσουν, να κατανοήσουν σε βάθος, και να γίνουν κοινωνικά παραγωγικά μέλη της κοινωνίας.

Ίσως η εκμάθηση βασικών δεξιοτήτων, όπως η ανάγνωση και τα μαθηματικά δεν είναι αρκετές, και θα πρέπει επίσης να ενθαρρύνει τους μαθητές να αποκτήσουν αυτογνωσία, μέσω πρακτικών όπως του συνειδητού διαλογισμού, (Rosch, 2008).

Με άλλα λόγια, η εκπαιδευτική νευρολογία μπορεί να βοηθήσει να εκπληρώσει την ανάγκη-εντολή της δημόσιας εκπαίδευσης, αλλά μόνο ως ένα εργαλείο που είναι μέρος μιας ευρύτερης συζήτησης, σχετικά με το τι σχολεία θα πρέπει να προσπαθήσουμε να επιτύχουμε για τα εκατομμύρια των μαθητών που τα παρακολουθούν.

3.7 Πώς πρέπει να διεξάγεται η έρευνα στην Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη

Εκτός από την διαπίστωση της ανάγκης για την εκπαιδευτική νευρολογία, να αναλάβει το έργο του ορισμού της και να καθιερώσει τη θέση της στο χώρο της εκπαιδευτικής έρευνας πρέπει να διευθετηθεί και το πρόβλημα του πώς η έρευνα πρέπει να διεξάγεται.

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε την άποψη του Hideaki Koizumi, διευθυντή του Ερευνητικού Ινστιτούτου Επιστήμης και Τεχνολογίας του Τόκιο της Ιαπωνίας, ο οποίος υποδέχεται με ικανοποίησή τη βιολογικά θεμελιωμένη άποψη της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης, ο Πίνακας 6 περιλαμβάνει την εν λόγω αρθρογραφία.

Θεωρεί την μάθηση ως τη δημιουργία νέων νευρωνικών συνδέσεων σαν απάντηση σε εξωτερικά ερεθίσματα από το περιβάλλον, και την εκπαίδευση ως την διαδικασία της δημιουργίας ή έλεγχου των ερεθισμάτων αυτών, καθώς και ως έμπνευση της θέλησης για μάθηση. Συζητά τη χρήση μελετών κοόρτης¹, όπου χρησιμοποιήθηκαν δίδυμα για τη χαρτογράφηση της ανάπτυξης και της λειτουργίας του εγκεφάλου, λαμβάνοντας υπόψη περιβαλλοντικούς και γενετικούς παράγοντες. Ο ίδιος υποστηρίζει ότι οι μελέτες αυτές θα επιτρέψουν στους ερευνητές να συμβάλουν στη χάραξη της εκπαιδευτικής πολιτικής, να αποκαλύψουν πιθανές επιπτώσεις της τεχνολογίας, και να βοηθήσουν να καθοριστεί εάν τα ευρήματα από μελέτες σε ζώα μπορούν να εφαρμοστούν στον άνθρωπο.

Συνοψίζοντας αρκετές τέτοιες μελέτες κοινωνικών ομάδων, (cohort studies), τους στόχους και τις μεθοδολογίες τους, ο Koizumi παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα τέτοιου είδους μελετών, καθώς και τα πιθανά ζητήματα και αλλά και τις συνέπειές τους.

¹ Η μελέτη κοορτής είναι μια αναλυτική μελέτη με την οποία αρχικά ταυτοποιούνται άτομα που έχουν εκτεθεί σε διαφορετικό βαθμό στον υπό μελέτη παράγοντα και στη συνέχεια παρατηρείται η επίδραση στην υγεία σε κάποια συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η μελέτη κοορτής, (κάποιες φορές χρησιμοποιείται ο όρος μελέτη), είναι ένας τύπος [προοπτικής μελέτης](#) που χρησιμοποιείται στις [Επιστήμες Υγείας](#) και ιδίως στην [Επιδημιολογία](#). Βασική προϋπόθεση για τη διεξαγωγή μίας μελέτης κοορτής είναι ο σαφής ορισμός των ομάδων, δηλαδή των κοορτών, των προκαθορισμένων εκείνων πληθυσμών στους οποίους είναι συγκεκριμένη η [έκθεση](#) που ελέγχεται όσον αφορά στη σχέση της με το νόσημα. Η έκθεση στους πληθυσμούς αυτούς καθορίζεται a priori.

Πίνακας 6 Αρθρογραφία όγδοης υποενότητας

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Ando, J., Nonaka, K. et al. (2006)	TheTokyo Twin Cohort Project: Overview and initial findings
2	Ando, J. & Ozaki, K. (2009)	Direction of Causation Between Shared and Non-Shared Environmental Factors
3	Ando, J., Kakihana, S. et al. (2009)	Cognitive Factors Influencing Early Kana Literacy Acquisition: A behavioral genetic approach. Paper presented to the Society for Research in Child Development 2009 Biennial Meeting
4	Fish, E. W., Shahrokh, D. et al. (2004)	Epigenetic Programming of Stress Responses through Variations in Maternal Care
5	Hagiwara, H. & Soshi, T. (2007)	A Topographical Study on the Event-Related Potential Correlate of Scrambled Word Order in Japanese Complex Sentences
6	Izuma, K et al (2008)	Processing of Social and Monetary Rewards in the Human Striatum
7	Kamio, Y. (2007)	Early Detection of and DiagnosticTools for Asperger’s Disorder
8	Kamio, Y., Robins, D. et al. (2007)	Atypical Lexical/Semantic Processing in High-Functioning Autism Spectrum Disorders Without Early Language Delay
9	Kaffman, A. & Meaney, M. J. (2007)	Neurodevelopmental Sequelae of Postnatal Maternal Care in Rodents: Clinical and research implication of molecular insights
10	Kawai, T., Morita, K. et al. (2007a)	Gene Expression Signature in Peripheral Blood Cells from Medical Students Exposed to Chronic Psychological Stress

11	Kawai, T., Morita, K. et al. (2007b)	Physical Exercise-Associated Gene Expression Signatures in Peripheral Blood
12	Kawashima, R. & Koizumi, H. (2003)	Learning Therapy
13	Kawashima, R., Okita, K. et al. (2005)	Reading aloud and arithmetic calculation improve frontal function of people with dementia
14	Koizumi, H. (1996)	The Importance of Considering the Brain in Environmental Science
15	Koizumi, H. (1998)	A Practical Approach to Trans-Disciplinary Studies for the 21st Century
16	Koizumi, H. (2000a)	Nurturing the Brain: The science of learning and education
17	Koizumi, H. (ed.) (2000b)	Developing the Brain: The science of learning and education
18	Koizumi, H. (2004)	The Concept of 'Developing the Brain': A new natural science for learning and education
19	Koizumi, H. (2006)	The Japan Children's Study (JCS): A Large Scale Cohort Study along with Child Development
20	Koyama, T., Kamio, Y. et al. (2009)	Sex differences in WISC-III Profiles of Children with High-Functioning Pervasive Developmental Disorders
21	Mizuno, K., Tanaka, M. et al. (2008)	The Neural Basis of Academic Achievement Motivation, Neuroimage
22	Saiki, T., Kawai, T. et al. (2008)	Identification of Marker Genes for Differential Diagnosis of Chronic Fatigue Syndrome
23	Uchida, S., Kawashima, R. et al. (2008)	Reading and Solving Arithmetic Problems Improve Cognitive Functions of Normal Aged People. A randomized controlled study
24	Wise, W. P. (2008)	Forward Frontal Fields: Phylogeny and fundamental function

3.7.1 Μάθηση και Εκπαίδευση

Από την οπτική της βιολογίας νέοι ορισμοί της μάθησης και της εκπαίδευσης έρχονται στο προσκήνιο. Εδώ, μάθηση είναι η διαδικασία της δημιουργίας νευρωνικών συνδέσεων σαν απάντηση σε εξωτερικά περιβαλλοντικά ερεθίσματα, ενώ η εκπαίδευση είναι η διαδικασία του έλεγχου ή της προσθήκης ερεθισμάτων, και της έμπνευσης της θέλησης για μάθηση, (Koizumi, 2000a & b, 2004). Αυτές οι νευρολογικές έννοιες της μάθησης και της εκπαίδευσης είναι ολοκληρωμένες, καλύπτοντας το σύνολο της ανθρώπινης ζωής όπου η έννοια του περιβάλλοντος περιλαμβάνει τα πάντα εκτός από τον εαυτό μας. Επίσης οι περιπτώσεις της αυτό-μάθησης ή αυτό-εκπαίδευσης, θα πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη, οι οποίες είναι μάθηση ή εκπαίδευση που προκύπτει από προετοιμασία των περιβαλλοντικών ερεθισμάτων από το ίδιο το υποκείμενο της μάθησης.

Σύμφωνα με τον Koizumi, υπάρχουν δύο είδη μάθησης: η παθητική και η ενεργητική. Κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας, η παθητική μάθηση από το φυσικό περιβάλλον είναι σημαντική επειδή νεοσύστατες νευρωνικές συνδέσεις συμβαίνουν μόνο όταν οι νευρώνες δέχονται σήματα που προκαλούνται από περιβαλλοντικά ερεθίσματα κατά τη διάρκεια μιας κρίσιμης περιόδου, (Koizumi, 1996, 1998), ένα τυπικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί ο σχηματισμός των οπτικών φλοιών.

Η ενεργητική μάθηση ξεκινά με τα πρωτόγονα αντανακλαστικά. Η έκταση-τέντωμα που εμφανίζεται περίπου σε ηλικία τριών μηνών είναι ένα τυπικό παράδειγμα της ενεργητικής μάθησης όπως είναι και η αρχή της κίνησης, πχ το μπουσούλισμα. Τα μωρά έχουν μια ισχυρή θέληση στο να φτάνουν αντικείμενα και τους στόχους τους, οπότε το φτάσιμο και η μετακίνηση βοηθούν στην ενσωμάτωση των λειτουργιών του εγκεφάλου. Η ενεργητική μάθηση θα μπορούσε να είναι μια αυτοποιητική διαδικασία σε όλη την ανθρώπινη ζωή.

Επειδή η ανάπτυξη όπως και η γήρανση είναι δυναμικές διαδικασίες που απαιτούν χρόνο, θα πρέπει η παρατήρηση των διαδικασιών αυτών να λαμβάνει χώρα κατά το πέρασμα του χρόνου. Ακόμη, η ατομική ποικιλομορφία πρέπει να ληφθεί υπόψη, ακόμη και μέσα στην περίπτωση της τυπικής ανάπτυξης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, μια μελέτη σε ένα μόνο χρονικό σημείο να είναι ανεπαρκής. **Μια διαχρονική μελέτη είναι απαραίτητη για τη διαλεύκανση των μηχανισμών της ανθρώπινης ανάπτυξης ως**

αποτέλεσμα της μάθησης και της εκπαίδευσης. Η έρευνα τόσο πανω στην ανάπτυξη όσο και στη γήρανση απαιτούν μελέτες κοόρτης, (ή μελέτες σειρών), (Koizumi, 2006).

Ο Η. Koizumi με τους συνεργάτες του έχει εκτελέσει διάφορα είδη μελετών κοόρτης. Η μεγαλύτερη είναι η μελέτη κοόρτης στις γεννήσεις, που υποστηρίζεται από μια σειρά πανεπιστήμιων και εθνικών εργαστηρίων, στην οποία συμμετείχαν περίπου 200 ερευνητές που εργάζονταν σε 3 τοπικές περιοχές στην Ιαπωνία για διάστημα πέντε ετών. Ο σκοπός της μελέτης αυτής ήταν να διευκρινίσει τις πρακτικές μεθόδους λειτουργίας για μελλοντικές μεγάλο μεγέθους μελέτες κοόρτης πανω στις γεννήσεις. Σε αυτή τη μελέτη, συμπεριέλαβαν παρατηρήσεις βρεφών και των γονέων τους - φροντιστών τους, από παιδονευρολόγους ή αναπτυξιακούς ψυχολόγους, καθώς και διερευνήσεις βασισμένες στην εξέταση των κοινωνικοοικονομικών παραγόντων.

3.7.2 Η σημασία των μελετών κοορτής

Σύμφωνα με τον Η. Koizumi, οι ανθρώπινες μελέτες κοόρτης βασισμένες στην έννοια της «επιστήμης του εγκέφαλου και της εκπαίδευσης», κατά πάσα πιθανότητα θα έχουν τις εξής επιπτώσεις:

Αναμένεται να παράγουν επιστημονικά αποδεικτικά στοιχεία που θα συμβάλουν στη χάραξη πολιτικής, ιδίως στον τομέα της εκπαίδευσης και των συναφών θεμάτων που δημιουργούν σοβαρά προβλήματα για τη σύγχρονη ανθρώπινη κοινωνία. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να αποκαλύψουμε συνέπειες της πολιτικής των σχολείων πανω στη φροντίδα των παιδιών, στη σχολική εκπαίδευση, ή στη γήρανση.

Θα είμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε τις πιθανές επιπτώσεις των νέων τεχνολογιών πανω στα μωρά, τα παιδιά και τους εφήβους. Για παράδειγμα, επειδή οι άνθρωποι μόλις πρόσφατα απέκτησαν εμπειρία με την τεχνολογία της ηλεκτρονικής πληροφόρησης, έχουμε ελάχιστες πληροφορίες σχετικά με το αν αυτή η τεχνολογία επηρεάζει τον ανθρώπινο εγκέφαλο και το νου. Όμως αν έχει κάποιες επιδράσεις, θα πρέπει να βρούμε ποιες είναι αυτές.

Οι ανθρώπινες μελέτες κοόρτης θα μας επιτρέψουν να ελέγξουμε τις υποθέσεις που προέρχονται από μελέτες σε ζώα και γενετικές περιπτώσιολογικές μελέτες, για να δούμε αν όντως ισχύουν για τους ανθρώπους. Τα αποτελέσματα των μελετών σε ζώα δεν μπορούν ούτε πειστικά να αποδείξουν ούτε και να διαψεύσουν την εγκυρότητα αυτών των υποθέσεων. Μολονότι ορισμένες πρόσφατες μελέτες σε ζώα έχουν δείξει δεσμούς

μεταξύ της συμπεριφοράς και της έκφρασης συγκεκριμένων γονιδίων, (Fish et al, 2004, Kaffman & Meaney, 2007), δεν γνωρίζουμε αν τα ευρήματα αυτά έχουν συνέπειες για την ανθρώπινη ανάπτυξη. Πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι στη μικροκλίμακα η ανατομική δομή του ανθρώπινου προμετωπιαίου φλοιού δεν μπορεί να βρεθεί στα τρωκτικά, (Wise, 2008), και οτι πρέπει να είμαστε προσεκτικοί κατά την εφαρμογή των συμπερασμάτων που προέρχονται από μελέτες βασισμένες σε τρωκτικά, στον άνθρωπο.

3.7.3 Παραδείγματα μελετών κοορτής

Στην συνέχεια θα παραθέσουμε κάποια παραδείγματα μελετών κοορτής που βασίζονται στην επιστήμη του εγκεφάλου. Συγκεκριμένα:

1. «Μια διαχρονική μελέτη διδύμων στη βρεφική και παιδική ηλικία, (Tokyo Twin Cohort Project: ToTCoP)», υπό τη διεύθυνση του καθηγητή Juko Ando της Φιλοσοφικής Σχολής του Πανεπιστημίου του Keio, (Ando et al, 2006., Ando & Ozaki, 2009, Ando et al., 2009). Η ανθρώπινη συμπεριφορά και η ψυχολογική ανάπτυξη επηρεάζεται τόσο από τους περιβαλλοντικούς όσο και από γενετικούς παράγοντες. Η μέθοδος των διδύμων μπορεί να αποκαλύψει τη σχετική συμβολή και την αλληλεπίδραση κάθε παράγοντα. Η μελέτη αυτή δομεί μια καταγραφή διδύμων με βάση τον πληθυσμό στη μητροπολιτική περιοχή του Τόκιο. Πάνω από 1.500 ζεύγη νεογέννητων διδύμων συμπεριλήφθησαν στη μελέτη και διαχρονικές μελέτες διεξήχθησαν για πέντε χρόνια, μέσω ταχυδρομημένων ερωτηματολογίων, ατομικών συνεντεύξεων, απεικονίσεις φασματοσκοπίας εγγύς υπερύθρων, (NIRS) και άλλων μεθοδολογιών. Σκοπός της μελέτης αυτής είναι να διευκρινιστούν οι αναπτυξιακές επιπτώσεις της γενετικής και των κοινών ή μη κοινών περιβαλλοντικών παραγόντων, πάνω στην ιδιοσυγκρασία, τις κινητικές δεξιότητες, τις γνωστικές ικανότητες γλωσσάς και άλλα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς στο πρώιμο στάδιο της ανθρώπινης ανάπτυξης. Για παράδειγμα, διευκρινίστηκε ότι ένας παράγοντας για την αύξηση του άγχους εκτροφής στις μητέρες οφείλεται κυρίως σε γενετικούς παράγοντες σε βρέφη 18 μηνών, αλλά σε περιβαλλοντικούς παράγοντες σε βρέφη 24 μηνών. Η ανάπτυξη της

ικανότητας ανάγνωσης των ιδιογραμμάτων-χαρακτήρων Kana², είναι στενά συνδεδεμένη με περιβαλλοντικούς παράγοντες, αλλά όχι με γενετικούς παράγοντες. Αυτά τα αποτελέσματα αναμένεται να παρέχουν βασικές πληροφορίες που είναι χρήσιμες στη φροντίδα των παιδιών και την εκπαίδευση τους.

2. «Μια μελέτη κοόρτης των διαταραχών στο φάσμα του αυτισμού: Μια διεπιστημονική προσέγγιση για την εξερεύνηση της κοινωνικής προέλευσης στην άτυπη και τυπική ανάπτυξη», υπό τη διεύθυνση του Δρ Yuko Kamio, Προϊστάμενος του Εθνικού Ινστιτούτου Ψυχικής Υγείας, Εθνικού Κέντρου Νευρολογίας και Ψυχιατρικής, (Kamio, 2007, Kamio et al 2007, Koyama et al, 2009). Οι διαταραχές του φάσματος του αυτισμού, (ASDs), είναι αναπτυξιακές διαταραχές που χαρακτηρίζονται από κοινωνικά ελλείμματα με ποικίλες εκδηλώσεις βασισμένες στη σχέση γονιδίου-εγκεφάλου-συμπεριφοράς, αν και οι αιτιώδεις παράγοντες δεν έχουν ακόμη προσδιοριστεί. Αυτή η μελέτη κοόρτης είχε ως στόχο να δια φωτίσει την αναπτυξιακή τροχιά του ASDs και της τυπικής ανάπτυξης, να εντοπίσει τα πρώτα σημάδια αυτισμού και την κοινωνική προέλευσή τους στην τυπική ανάπτυξη, με τελικό στόχο την κατάρτιση μιας μελλοντικής βάσης δεδομένων πάνω στη συμπεριφοριστική ανάπτυξη και στα αντίστοιχα νευρικά δίκτυα για να κατανοήσουν την παθογένεια και τη μεταβλητότητα των εκδηλώσεων - εκφράσεων συμπεριφοράς. Τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να συμβάλουν στην έγκαιρη ανίχνευση και παρέμβαση για τα παιδιά με ASDs. Η μελέτη αυτή δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη.

3. «Μελέτες κοόρτης των ανώτερων λειτουργιών του εγκεφάλου σε υγιείς ηλικιωμένους και σε παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες», υπό τη διεύθυνση του καθηγητή Ryuta Kawashima, New Industry Hatchery Center, Tohoku University, (Kawashima & Koizumi, 2003; Kawashima et al., 2005).

² Η Ιαπωνική γραφή χωρίζεται σε τρία αλφάβητα τα οποία όλα προέρχονται από τα κινέζικα λογογράμματα. Τα αλφάβητα αυτά είναι τα κινέζικα σύμβολα Κάντζι και τα **Κάνα**, (Χιραγκάνα και Κατακάνα). Τα κάνα βασίζονται και αυτά σε κινέζικα σύμβολα αλλά είναι αρκετά πιο απλοποιημένα.

Ένας σημαντικός στόχος της μελέτης αυτής ήταν να δημιουργήσει ένα ελπιδοφόρο μέλλον, υπερβαίνοντας τις δυσκολίες που παρατηρήθηκαν σε μια κοινωνία με λιγότερα παιδιά και έναν αυξανόμενο αριθμό ηλικιωμένων ατόμων από την οπτική γωνία της επιστήμης του εγκεφάλου. Τα ειδικά ερευνητικά θέματα περιλαμβάνουν έρευνα και ανάπτυξη για τις μεθόδους αντί-γήρανσης για να διατηρούνται και να βελτιώνονται οι λειτουργίες του εγκεφάλου σε ηλικιωμένα άτομα, καθώς και σε μεθόδους παρέμβασης για την ανάπτυξη υγιών εγκεφαλικών λειτουργιών σε παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες. Δύο μελέτες κοόρτης, για κάθε ομάδα ατόμων ξεχωριστά, εκτελούνται, η μια είναι μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της λειτουργίας του εγκεφάλου για κάθε ομάδα από το πρίσμα της ψυχολογίας και της νευροεπιστήμης. Σε αυτή τη μελέτη, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ανάλυση των σχέσεων μεταξύ των δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής του υποκειμένου και των υψηλότερης τάξης γνωστικών λειτουργιών του εγκεφάλου. Ένας άλλος τομέας ενδιαφέροντος είναι οι ενεργές μελέτες κοόρτης με παρέμβαση για άτομα από τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες. Τα προγράμματα παρέμβασης που πρέπει να χρησιμοποιηθούν στην ενεργή μελέτη κοόρτης θα παρέχονται από τα αποτελέσματα των προηγούμενων μελετών κοόρτης. Παράλληλα με αυτές τις μελέτες κοόρτης, απλές παρεμβάσεις εφαρμοσμένες σε διάφορα κέντρα φροντίδας ηλικιωμένων έχουν αποδείξει την αποτελεσματικότητα της θεραπείας μέσω της μάθησης, (learning therapy). Πάνω από 1.000 ιδρύματα φροντίδας ηλικιωμένων στην Ιαπωνία χρησιμοποιούν τώρα αυτή τη μέθοδο θεραπείας μάθησης, (Uchida et al., 2008).

4. «Μελέτες κοόρτης για την απόκτηση του λόγου, την ανάπτυξη του εγκεφάλου και τη γλωσσική εκπαίδευση», διευθύνεται από τον καθηγητή Hiroko Hagiwara, μητροπολιτικό πανεπιστήμιο του Τόκιο, (Hagiwara & Sōshi, 2007). Στη σύγχρονη ανθρώπινη κοινωνία, στην οποία η καθημερινή ανταλλαγή πληροφοριών επιταχύνεται σε μια παγκόσμια κλίμακα, είναι μια ευρέως διαδεδομένη άποψη ότι η βελτίωση των δεξιοτήτων επικοινωνίας είναι το κλειδί για την επιτυχία στη ζωή. Αυτό έχει οδηγήσει σε ένα αυξανόμενο κοινωνικό ενδιαφέρον στην προσχολική εκπαίδευση ιδιαίτερα για τις ξένες γλώσσες. Η καθιέρωση της Αγγλικής γλώσσας ως υποχρεωτικό μάθημα στο επίπεδο του δημοτικού σχολείου είναι στην πραγματικότητα, υπό εξέταση από

το ιαπωνικό Υπουργείο Παιδείας, Αθλητισμού, Πολιτισμού, Επιστημών και Τεχνολογίας (MEXT). Αν και η απόκτηση μιας δεύτερης γλώσσας από την πρώιμη παιδική ηλικία δεν είναι ανεπιθύμητη, κύριο μέλημά της μελέτης είναι κατά πόσον έχει αρνητικές επιπτώσεις στην κανονική πορεία της γλωσσικής ανάπτυξης στη μητρική γλώσσα κάποιου. Επί του παρόντος, δεν υπάρχουν διαθέσιμα επιστημονικά δεδομένα για τη σχέση μεταξύ απόκτησης της γλώσσας, αμφοτέρων της πρώτης και δεύτερης, και της ωρίμανσης του εγκεφάλου. Δεν υπάρχουν ούτε διαμήκεις έρευνες ούτε διαγλωσσικές μελέτες, που να λαμβάνουν υπόψη τους το πώς οι γλωσσικές λειτουργίες αποκτώνται καθώς ο εγκέφαλος αναπτύσσεται. Οι στόχοι αυτής της μελέτης είναι: **1)** η διερεύνηση των μηχανισμών απόκτησης της πρώτης (L1) και δεύτερης γλώσσας (L2) σε σχέση με την εγκεφαλική εξειδίκευση και τη λειτουργική πλαστικότητα του εγκεφάλου, **2)** ο εντοπισμός των «ευαίσθητων περιόδων» για τη εκμάθηση της δεύτερης γλώσσας και **3)** να προτείνει μια κατευθυντήρια γραμμή βασισμένη στη γνωστική νευροεπιστήμη, για την εκμάθηση της δεύτερης γλώσσας και την εκπαίδευση, ειδικά για τα αγγλικά, συμπεριλαμβάνοντας τις βέλτιστες ηλικίες και συνθήκες για την εκμάθηση. Οι μελέτες κοόρτης διεξήχθησαν σε τρεις τύπους πληθυσμών: **1)** Άγγλους μαθητές της Ιαπωνικής, **2)** Ιάπωνες που μάθαιναν ξένες γλώσσες στην Ιαπωνία και **3)** παιδιά ηλικίας 2 έως 5 με μητρική γλώσσα τα ιαπωνικά. Κάθε μελέτη διήρκεσε περίπου τέσσερα χρόνια μέχρι το 2009.

5. «Ανάπτυξη νέων βιοϊατρικών εργαλείων για την ψυχική υγεία των μαθητών», υπό τη διεύθυνση του καθηγητή Kazuhito Rokutan, Ινστιτούτο Υγείας Βιοεπιστημών, στο Πανεπιστήμιο του Tokushima Graduate School, (Kawai et al., 2007a & b). Οι κοινωνικοί και περιβαλλοντικοί στρεσογόνοι παράγοντες επηρεάζουν βαθιά τη φυσιολογική ανάπτυξη των μυαλών των παιδιών και, κατά συνέπεια, οι ψυχικές διαταραχές είναι ένα από τα πιο σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζονται σε πανεπιστήμια σε όλο τον κόσμο. Μια επείγουσα ανάγκη για την κοινωνία είναι η δημιουργία ενός απλού νέου βιονοητικού εργαλείου για να εκτιμήσει αντικειμενικά την αντίδραση στο στρες και να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των μαθητών και των μικρότερων παιδιών.

Η ανάλυση DNA μικροσυστοιχιών της γονιδιακής έκφρασης έχει ένα πιθανό πλεονέκτημα στη μελέτη της πολύπλοκης απόκρισης στο στρες. Μια σειρά DNA που έχει σχεδιαστεί ειδικά για να μετράει τα επίπεδα του mRNA για τα γονίδια που σχετίζονται με το στρες, σε λευκοκύτταρα περιφερικού αίματος, αποδείχθηκε επιτυχής στην ανίχνευση μη φυσιολογικών προφίλ της γονιδιακής έκφρασης που συνδέονται στενά με ψυχικές διαταραχές, (Kawai et al, 2007a). Σε αυτή τη μελέτη, μετά τη συλλογή ερωτηματολογίων απο πρωτοετείς φοιτητές, μελετάται η ψυχική κατάσταση των εθελοντών στο πανεπιστήμιο του Τόκιο, (πάνω από 200 μαθητές). Για να ανιχνευτούν οι βιολογικοί παράγοντες κινδύνου για τις ψυχικές διαταραχές, εκτελούνται συστηματικά αναλύσεις υψηλής απόδοσης, μέτρηση των μορίων που σχετίζονται με το άγχος στο σάλιο, και αξιολόγηση της λειτουργίας του εγκεφάλου με οπτική τοπογραφία. Χρησιμοποιώντας αυτές τις βιολογικές προσεγγίσεις, σε συνδυασμό με τα συνήθη ερωτηματολόγια, θα εντοπιστούν τόσο οι περιβαλλοντικοί παράγοντες κινδύνου όσο και οι βιολογικοί, για τις ψυχικές διαταραχές στους μαθητές. Ένα νέο βιομετρικό εργαλείο μικροσυστοιχιών, θα συσταθεί για τη ψυχική υγεία των μαθητών, (Saiki et al, 2008, Kawai et al, 2007b). Επιπλέον, η μελέτη αυτή μπορεί να είναι σε θέση να διευκρινίσει τον μηχανισμό της κατάθλιψης συγκρίνοντας τις εκφράσεις γονιδίων μεταξύ κλινικών περιπτώσεων και του αισθήματος της κατάθλιψης σε απλούς ανθρώπους.

6. «Μελέτη κοόρτης με λειτουργική νευροαπεικόνιση σχετικά με τα κίνητρα της μάθησης και της αποτελεσματικότητας της», διευθύνει ο καθηγητής Yasuyoshi Watanabe, της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου της Οσάκα. Η παρούσα μελέτη διερευνά τους εγκεφαλικούς μηχανισμούς των κινήτρων για μάθηση, με αποτέλεσμα να οδηγεί σε προτάσεις, ή στην ανάπτυξη, της μάθησης υψηλής απόδοσης μέσω της διατήρησης των κινήτρων και της μείωσης της κόπωσης κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας. Τα κίνητρα για τη μάθηση ή η θέληση για μάθηση σχετίζονται με το ενδιαφέρον, τη δημιουργικότητα και την ανταμοιβή, αλλά επηρεάζονται και από την έκταση της κόπωσης.

Επειδή οι μοριακοί και νευρικοί μηχανισμοί της κόπωσης, ιδίως η ποσοτικοποίηση της κόπωσης, έχουν ερευνηθεί σε αυτό το εργαστήριο, είναι

λογική συνέχεια να προχωρήσουμε στη μελέτη των κινήτρων των παιδιών πανω σε πρόσφατα αναπτυγμένες δραστηριότητες, οι οποίες μπορεί να είναι σε αντίστροφη αναλογία με την έκταση της κόπωσης, και να παρακολουθηθούν ως μια μελέτη κοόρτης για να συσχετίσουμε την έκταση των κινήτρων για μάθηση με αυτή της κόπωσης στη μαθησιακή κατάσταση. Αρχικά, η μελέτη ήταν προγραμματισμένη να εκτελεί μελέτες λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας για να αποκαλύψει τη νευρωνική βάση των κινήτρων, η οποία δεν έχει ακόμη μελετηθεί καλά, ενώ ταυτόχρονα μετρούσε την έκταση της κόπωσης των εθελοντών, (ενήλικες και παιδιά κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων σε παρακινητική μάθηση).

Η μελέτη αυτή περιλαμβάνει επίσης τα παιδιά με διαταραχές μάθησης ή δυσκολίες, στην οποία οι γενετικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες θα πρέπει να αναλυθούν για να αξιολογήσουμε αν το πρόβλημά τους είναι στους μηχανισμούς των κινήτρων- παρακίνησης ή σε κάτι άλλο. Οι κοινωνικές ανταμοιβές, καθώς και η χρηματική ανταμοιβή ενεργοποιεί το ραβδωτό σώμα του εγκεφάλου, (Izuma, Saito & Sadato, 2008).

Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η ακαδημαϊκή ανταμοιβή επίσης ενεργοποιεί το ανθρώπινο ραβδωτό σώμα, (Mizuno et al., 2008). Αυτά τα αποτελέσματα θα συμβάλουν σημαντικά στην κατανόηση της παρακίνησης - κινήτρων για μάθηση και για τις κοινωνικές δραστηριότητες.

7. Στο πρόγραμμα «Εγκέφαλος - Επιστήμη και Κοινωνία», πραγματοποιείται ένα έργο προετοιμασίας για μελλοντικές μεγαλύτερες αναπτυξιακές μελέτες κοόρτης. Εδώ η μελέτη, τα «Παιδιά της Ιαπωνίας, Japan Children's Study (JCS)», διευθύνεται από τον καθηγητή Zentaro Yamagata, και υποστηρίζεται από τους καθηγητή Norihiro Sadato και Δρ. Tadahiko Maeda.

Αυτή η διευθύνουσα ομάδα τοποθετεί το JCS ως εξής: Οι στόχοι του JCS είναι να φωτιστούν οι αναπτυξιακοί μηχανισμοί πίσω από την «Κοινωνικότητα» ή τις «Κοινωνικές Ικανότητες», και να προσδιοριστούν οι παράγοντες που κάνουν ένα περιβάλλον ανατροφής κατάλληλο ή ακατάλληλο για βρέφη και παιδιά. Οι μηχανισμοί της κοινωνικής ανάπτυξης, ιδιαίτερα τα βιολογικά στοιχεία, παραμένουν σε μεγάλο βαθμό άγνωστα. Ως εκ τούτου, το JCS θα πρέπει να καθοδηγείται από ένα καλά εξοπλισμένο εργαστήριο όπου θα

παρατηρείται η συμπεριφορά με τεχνικές νευροαπεικόνισης και θα αναλύεται στατιστικά.

Οι ακόλουθες μελέτες κοόρτης θα ελέγξουν τις διαπιστώσεις - υποθέσεις σχετικά με την κοινωνική ανάπτυξη από τις προηγούμενες εργαστηριακές μελέτες στο επίπεδο του πληθυσμού. Ο σκοπός είναι να φωτιστούν οι μηχανισμοί ανάπτυξης της κοινωνικότητας και της νευρικής αντιπροσώπευσης, χρησιμοποιώντας πειραματικές ρυθμίσεις, μελέτες νευροαπεικόνισης για τη κοινωνικότητα, μελέτες για την αξιολόγηση των σχέσεων με τους συνομηλίκους. Θα πρέπει να αναλυθούν συστηματικά και ποσοτικά με αυστηρό πειραματικό έλεγχο οι νοητικές διεργασίες της κοινωνικότητας, από τους προδρόμους των πιο περίπλοκων λειτουργιών, όπως το ήθος και η εμπάθεια.

Τα νευρωνικά υποστρώματα αυτών των διεργασιών απεικονίζονται και αναλύονται χρησιμοποιώντας λειτουργική μαγνητική τομογραφία. Τα αποτελέσματα θα επεκταθούν με την εφαρμογή φασματοσκοπίας απεικόνισης εγγύς υπερέυθρων, (NIRS) σε βρέφη. Όσον αφορά τις σχέσεις με τους συνομηλίκους, θα αναπτυχτεί μία νέα μέθοδος της κοινωνιομετρίας με βάση την παρατήρηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ συμμαθητών σε μια πειραματική διάταξη.

Ο σκοπός μελετών κοόρτης σε βρέφη είναι να αξιολογήσει την πρόοδο της κοινωνικότητας με τη χρονολογική επίδραση άλλων παραγόντων. Οι παράγοντες κατηγοριοποιούνται ως μεμονωμένοι και περιβαλλοντικοί. Οι μεμονωμένοι περιλαμβάνουν: **1)** την ιδιοσυγκρασία, **2)** τη νοητική λειτουργία εκτός από την κοινωνικότητα και **3)** τα ιατρικά προβλήματα. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες περιλαμβάνουν: **1)** την οικογένεια, **2)** τους συμμαθητές και **3)** το κοινωνικό περιβάλλον.

Αυτοί οι παράγοντες και η κοινωνικότητα θα ποσοτικοποιηθούν με τη χρήση άμεσης παρατήρησης, ψυχολογικής μέτρησης και ενός δομημένου ερωτηματολογίου. Επίσης, η παρατήρηση ενός νευρολόγου με διαγνωστικές τεχνικές θα πρέπει να συμβάλλει στην αποσαφήνιση της νευρολογικής ανάπτυξης. Διάφοροι τύποι των προκαταρκτικών μελετών κοόρτης θα ξεκινήσουν ταυτόχρονα: μια βρεφική ομάδα ξεκινώντας με ένα 4-μηνών μωρό, μια προσχολική ομάδα ξεκινώντας με παιδιά 5 μηνών και ούτω καθεξής.

Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από αυτές τις προκαταρκτικές μελέτες κοόρτης με περίπου 500 παιδιά κατά τη διάρκεια αρκετών ετών, θα παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για περαιτέρω μεγάλης κλίμακας μελέτες κοόρτης.

3.7.4 Συμπεράσματα μελετών κοορτής

Ο Η. Koizumi αναφέρει πως πρέπει να θυμηθούμε την εμφάνιση της έννοιας της εκτίμησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων το 1980, όταν οι άνθρωποι συνειδητοποίησαν τη σημασία της αξιολόγησης του αντίκτυπου της επιστήμης και της τεχνολογίας. Τυπικά παραδείγματα είναι η τρύπα του όζοντος και η υπερθέρμανση του πλανήτη, όπου το φυσικό περιβάλλον επηρεάζεται από τα ανθρώπινα σκευάσματα που παράγονται από τον πολιτισμό.

Οι άνθρωποι έχουν επίγνωση των περιβαλλοντικών ζητημάτων, αλλά μόνο από μια φυσική άποψη. Δραστικές περιβαλλοντικές αλλαγές στην πολιτισμένη κοινωνία θα μπορούσε επίσης να είναι το αποτέλεσμα μεταφυσικών προβλημάτων. Μια πλημμύρα των πληροφοριών, τα εικονικά μέσα μαζικής ενημέρωσης, ο ατομικισμός και η επιδίωξη της αποδοτικότητας μπορεί να επηρεάσει και να μετατρέψει του εγκεφάλους μας και τις λειτουργίες του.

Μια εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από μεταφυσικής πλευράς μπορεί να είναι ουσιώδης για την παροχή ενός κατάλληλου περιβάλλοντος για τις μελλοντικές γενιές, (Koizumi, 1996, 2000b). Αυτά τα κρίσιμα ζητήματα όπως και η επίδραση της γήρανσης του πληθυσμού, η ανάπτυξη του παιδιού, οι επιπτώσεις της τεχνολογίας, οι διανοητικές αναπηρίες, η απόκτηση δεύτερης γλώσσας, και ούτω καθεξής, μπορούν να αντιμετωπιστούν ικανοποιητικά μόνο χρησιμοποιώντας μελέτες κοόρτης βασισμένες στην επιστήμη του εγκεφάλου.

3.8 Νευροεπιστήμη και η διδασκαλία των Μαθηματικών

Οι Kerry Lee και Swee Fong Ng στο Εθνικό Ινστιτούτο Εκπαίδευσης στη Σιγκαπούρη, επικεντρώνονται στις νευροεπιστήμες και τη διδασκαλία των μαθηματικών. Στοχεύουν να διαφοροποιήσουν μεταξύ των νευροανατομικών συστημάτων του εγκεφάλου που χρησιμοποιούνται για να κάνουμε μαθηματικά, να διδάξουμε μαθηματικά, και να μάθουμε μαθηματικά. Υποστηρίζοντας μια μικτή μέθοδο επίλυσης των προβλημάτων, θίγουν επίσης το θέμα της μεταφοράς εργαστηριακών ερευνών στην διδακτική αίθουσα και την επιτακτική ανάγκη της ρεαλιστικής έρευνας προκειμένου να επεκταθούν τα θεμιτά εργαστηριακά ευρήματα στην παιδαγωγική, ο Πίνακας 7 παρουσιάζει τα άρθρα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα υποενότητα.

Οι προκλήσεις που αναφέρουν περιλαμβάνουν την συμπύκνωση των προβλημάτων που σχετίζονται με τη διδασκαλία και τη μάθηση των μαθηματικών σε ενέργειες κατάλληλες για τους περιορισμούς που έχουν οι τεχνικές της νευροαπεικόνισης, καθώς και το πρόβλημα της συναγωγής συμπερασμάτων για την παιδαγωγική από τα αποτελέσματα της έρευνας.

Πίνακας 7 Αρθρογραφία όγδοης υποενότητας

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Anderson, J. R. et al (2004)	The Relationship of Three Cortical Regions to an Information-Processing Model
2	Brown, A. L. & Campione, J. C. (1994)	Guided Discovery in a Community of Learners
3	Dehaene, S. et al L. (2003)	Three Parietal Circuits for Number Processing
4	Delazer, M. et al. (2005)	Learning by Strategies and Learning by Drill: Evidence from an fMRI study, Neuroimage
5	Khng, F. & Lee, K. (2009)	Inhibiting interference from prior knowledge: Arithmetic intrusions in algebra word problem solving,

		Learning and Individual Differences
6	Kho, T. H. (1987)	Mathematical Models for Solving Arithmetic Problems
7	Lee, K. (2007)	Strategic Differences in Algebraic Problem Solving: Neuroanatomical correlates
8	Ng, S. F. & Lee, K. (2005)	How Primary Five Pupils Use the Model Method to Solve Word Problems
9	Ng, S. F. & Lee, K. (2009)	The Model Method: Singapore Children's Tool for Representing and Solving Algebraic Word Problems
10	Ng, S. F. et al (2006)	Model Method: Obstacle or bridge to learning symbolic algebra

Συγκεκριμένα, οι Lee και Ng χρησιμοποιούν τεχνικές νευροαπεικόνισης για να διερευνήσουν ευρετικά³, τη μέθοδο μοντέλου σε σχέση με την επίσημη άλγεβρα που χρησιμοποιείται στη διδασκαλία αλγεβρικών λέξεων επίλυσης προβλημάτων καθώς και για τη διερεύνηση των διαδοχικών βημάτων κατά την επίλυση προβλημάτων προοδύοντας από το μοντέλο ή την εξίσωση στην λύση. Οι έρευνες τους στην νευροαπεικόνιση έχουν αποδειχτεί χρήσιμες στην παροχή γνώσεων σχετικά με την ανάπτυξη κατάλληλων παρεμβάσεων για τη βελτίωση της επιτυχίας με την οποία μπορούν να επιλύσουν προβλήματα άλγεβρας οι μαθητές.

Μια διάκριση που σπάνια αναφέρεται στη βιβλιογραφία των νευροεπιστημών πανω στα μαθηματικά είναι η διαφορά μεταξύ του να λύνουμε μαθηματικά σε σχέση με τη διδασκαλία ή τη μάθηση των μαθηματικών. Το πρώτο αφορά το πώς τα μαθηματικά γεγονότα και οι διαδικασίες, χρησιμοποιούνται για την επίλυση μαθηματικών

³ Ευρετικός, αναφέρεται σε εμπειρικές τεχνικές για την επίλυση προβλημάτων, μάθηση, και ανακάλυψη που δίνουν μια λύση που δεν είναι εγγυημένη να είναι η βέλτιστη. Όταν η εξαντλητική αναζήτηση είναι ανέφικτη, οι ευρετικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για να επιταχυνθεί η διαδικασία για την εξεύρεση μιας ικανοποιητικής λύσης μέσω νοητικών συντομεύσεων ώστε να διευκολυνθεί το γνωστικό φορτίο και η λήψης αποφάσεων. Παραδείγματα αυτής της μεθόδου περιλαμβάνουν τη χρήση του κανόνα του αντίχειρα, (rule of thumb), μια εύλογη εικασία, μια διαισθητική κρίση, τα στερεότυπα, ή την κοινή λογική.

προβλημάτων και περιλαμβάνει, για παράδειγμα, πώς οι μαθητές του δημοτικού σχολείου εκτελούν αριθμητικούς υπολογισμούς και εκτιμούν διάφορες ποσότητες. Παραδείγματα από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση περιλαμβάνουν το πώς οι μεγαλύτεροι μαθητές εκτελούν διαφορικό λογισμό, τριγωνομετρία, και αλγεβρικές ερωτήσεις. Η έρευνα για τη διδασκαλία ή τη μάθηση των μαθηματικών μπορεί επίσης να αφορά τον αριθμητικό ή αλγεβρικό υπολογισμό, η στην εστίαση της απόκτησης αυτής της γνώσης και στον καλύτερο τρόπο διδασχής τους.

Μεγάλο μέρος του διαθέσιμου έργου στις νευροεπιστήμες έχει επικεντρωθεί στην επίλυση μαθηματικών. Τα έργα του Dehaene και των συνεργατών του, (Dehaene et al., 2003), για παράδειγμα, εξέτασαν τα νευροανατομικά συστήματα που είναι υπεύθυνα για την επεξεργασία των διαφόρων μαθηματικών πράξεων, (πρόσθεση, αφαίρεση), και των διαδικασιών, (ακριβή υπολογισμό σε σχέση με την εκτίμηση). Τα ευρήματά τους πρότειναν ότι τα άτομα παρουσιάζουν τους αριθμούς σε μια νοητική αριθμητική γραμμή. Επιπλέον, η νοητική αριθμητική, η αφαίρεση και η διαίρεση ιδίως, ενεργοποιούν την ενδοβρεγματική αύλακα, η οποία εμπλέκεται με ποσοτικές διαδικασίες που αφορούν τον αριθμητική γραμμή. Αυτά τα ευρήματα είναι σημαντικά και μας λένε σύμφωνα με τους ερευνητές πώς οι άνθρωποι επεξεργάζονται τις μαθηματικές πληροφορίες.

Ωστόσο, δεν παρέχουν καμία άμεση αξιολόγηση του πώς πρέπει κανείς να διδάξει αριθμητική ή να ενθαρρύνει την ανάπτυξη της αντιπροσώπευσης των αριθμών ένα σημείο με ιδιαίτερο αντίκτυπο στην μελέτη της παιδαγωγικής. Αναφέρουν για παράδειγμα, τη διδασκαλία της νοητικής αφαίρεσης. Μια δραστηριότητα που χρησιμοποιείται συχνά από τους εκπαιδευτικούς και είναι στενά συνδεδεμένη με την νοητική γραμμή αριθμών. Φανταστείτε ότι οι νέοι μαθητές ρωτούνταν πόσα γλυκά μένουν όταν τα τρία γλυκά αφαιρούνται από τα πέντε. Τέτοιες ερωτήσεις μπορούν να λυθούν με μέτρηση ή άμεση ανάκτηση, όταν οι αριθμοί είναι μικροί. Είναι πολύ πιο δύσκολη όταν εμπλέκονται μεγαλύτεροι αριθμοί και πρέπει να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι, π.χ. αφαιρώντας 3 γλυκά από 500.

Μία εναλλακτική λύση, ειδικά για τους πιο αδύναμους μαθητές, είναι να ζητηθούν να φανταστούν μια αριθμητική γραμμή και να μετρήσουν αντίστροφα από το 500. Για να χρησιμοποιηθούν τέτοιες νοητικές γραμμές αριθμών, η δραστηριότητα παρουσιάζεται αρχικά με μικρότερους αριθμούς. Οι μαθητές στη συνέχεια συνεχίζουν να κατασκευάζουν και να αυξάνουν την γραμμή αριθμών. Οι δραστηριότητες αυτές συχνά έχουν θετικές παιδαγωγικές επιπτώσεις. Ωστόσο, «είναι αυτή η διευκόλυνση αποτέλεσμα

της ανάπτυξης των γραμμών αριθμών των μαθητών, του γεγονότος ότι τα παιδιά βρίσκουν τις δραστηριότητες αυτές διασκεδαστικές, ή κάποιας άλλης επεξεργασίας;» Ερωτήματα όπως αυτά είναι σημαντικά, δεδομένου ότι θα βοηθήσουν να καθορίσουν τα αποτελεσματικά όρια των ειδικών παιδαγωγικών μεθόδων.

Αν και είναι σημαντικό να εξακριβωθεί το νευροανατομικό υπόστρωμα των ειδικών μαθηματικών διεργασιών, είναι εξίσου σημαντικό να εξεταστεί πώς αποκτώνται τέτοιες διαδικασίες. Στο παρελθόν, το έργο της μετάφρασης ευρημάτων από το εργαστήριο στην τάξη είχε σε μεγάλο βαθμό αφεθεί στους εκπαιδευτικούς.

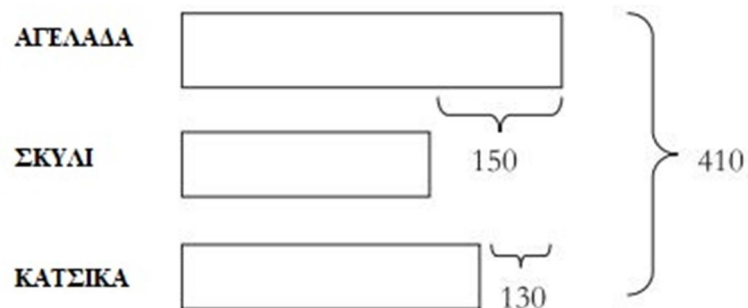
Σύμφωνα με τις εργασίες του Delazer, (Delazer et al., 2005), η νευροεπιστήμη μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην παιδαγωγική έρευνα. Ο Delazer και οι συνεργάτες του (2005), για παράδειγμα, διερεύνησαν τους φλοιώδους συσχετισμούς της μάθησης με στρατηγική ενάντια στην μηχανική εκμάθηση ρουτίνας. Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτήκαν χρησιμοποιώντας τη μια ή την άλλη μέθοδο για πάνω από μια εβδομάδα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μάθηση «παπαγαλία» ενεργοποιεί την αριστερή γωνιώδη έλικα, αντανακλώντας ενδεχομένως την εξαρτώμενη στη γλώσσα φύση της στρατηγικής. Η μάθηση με στρατηγική, από την άλλη πλευρά, ενεργοποίησε το προσφηνοειδές λοβίο, στο οποίο οι συγγραφείς αποδίδουν τη χρήση των οπτικών εικόνων.

Οι ερευνητές έχουν διεξάγει δύο μελέτες που διερευνούν ευρετικούς μηχανισμούς που συνήθως χρησιμοποιούνται για να διδάξουν αλγεβρικά προβλήματα : η μέθοδος μοντέλου και η συμβολική άλγεβρα, (Lee et al., 2007).

Οι μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, (9-11 ετών), διδάσκονται να χρησιμοποιούν τη μέθοδο μοντέλου για την επίλυση λεξικών προβλημάτων άλγεβρας που, σε πολλές χώρες, διδάσκονται αργότερα στο πρόγραμμα σπουδών, με τη χρήση συμβολικής ή επίσημης άλγεβρας. Η μέθοδος μοντέλο είναι μια διαγραμματική αναπαράσταση ενός δεδομένου προβλήματος, (Ng & Lee, 2005, Ng & Lee, 2009). Πάρτε για παράδειγμα μια ερώτηση στην οποία λέγεται στους μαθητές, «μια αγελάδα ζυγίζει 150 κιλά περισσότερο από ό, τι ένα σκυλί, μια κατσίκα ζυγίζει 130 κιλά λιγότερο από την αγελάδα, συνολικά τα τρία ζώα ζυγίζουν 410 κιλά». Οι μαθητές στη συνέχεια ερωτούνται να βρουν το βάρος της αγελάδας.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μοντέλο, οι μαθητές χρησιμοποιούν ορθογώνια για να αντιπροσωπεύσουν τις άγνωστες τιμές, καθώς και τις ποσοτικές σχέσεις που παρουσιάζονται στο πρόβλημα, Σχήμα 3-2. Οι μαθητές βρίσκουν το βάρος της αγελάδας από την αναίρεση των αριθμητικών διαδικασιών. Μόνο όταν πλέον οι μαθητές είναι στη

δευτεροβάθμια εκπαίδευση, (12 ετών +), διδάσκονται την επίλυση αυτών των προβλημάτων με την κατασκευή ενός συστήματος ισοδυνάμων αλγεβρικών γραμμικών εξισώσεων.



Σχήμα 3-2 Αναπαράσταση Μοντέλου ενός αλγεβρικού προβλήματος

Αν και η αρχική πρόθεση σχετικά με τη χρήση της μεθόδου μοντέλου ήταν να δώσουν στους μαθητές νωρίτερα πρόσβαση σε πολύπλοκα προβλήματα, (Kho, 1987), η πρόσβαση σε μη αλγεβρικούς ευρετικούς μηχανισμούς μπορεί επίσης να περιπλέξει την κατανόηση της συμβολικής άλγεβρας. Για κάποια αλγεβρικά λεκτικά προβλήματα, η γνώση αυτών των ευρετικών μηχανισμών επιτρέπει στους μαθητές να φτάσουν στη σωστή λύση χωρίς να χρειάζεται να ασχοληθούν με τις παραστάσεις και τους μετασχηματισμούς που σχετίζονται με συμβολική άλγεβρα.

Μερικοί μαθητές χρησιμοποιούν μια μικτή μέθοδο στρατηγικής : συνδυάζοντας την ευρετική προσέγγιση με πτυχές της συμβολικής άλγεβρας. Άλλοι κατασκευάζουν ένα μοντέλο σχεδίασης και στη συνέχεια την ισοδύναμη αλγεβρική του εξίσωση πριν επιστρέψουν στις αριθμητικές μεθόδους αναίρεσης των εργασιών.

Πράγματι, οι Khng και Lee, (2009), βρήκαν ότι οι φοιτητές με φτωχότερες ανασταλτικές ικανότητες είχαν δυσκολίες στην χρήση συμβολικής άλγεβρας, ακόμα και όταν τους κατεύθυναν στην πράξη. Αυτοί οι φοιτητές είχαν επίσης περισσότερες πιθανότητες να επιστρέψουν στη μέθοδο μοντέλου. Οι Ng, Lee, Ang και Khng, (2006) αναφέρουν αρκετές συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την αποτελεσματικότητα της μεθόδου μοντέλου. Πολλοί από αυτούς τους καθηγητές εξέφρασαν επιφυλάξεις σχετικά με τη μέθοδο και την είδαν ως εμπόδιο για τους μαθητές στην απόκτηση της συμβολικής άλγεβρας. Μία από τις ανησυχίες τους είναι ότι η μέθοδος μοντέλου είναι «παιδική» και δεν είναι αλγεβρική. Όμως πόσο

ακριβείς είναι οι αντιλήψεις αυτών των εκπαιδευτικών σχετικά με τις διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων;

Εάν η μέθοδος μοντέλου είναι πράγματι μη αλγεβρική και αποτελεί εμπόδιο για την εκμάθηση της συμβολικής άλγεβρας, μπορεί να είναι καλύτερα να παραιτηθούμε από τη διδασκαλία της. Μια πλήρης αξιολόγηση του θέματος, πιθανότατα θα απαιτήσει την εξέταση των γνωστικών, κινητήριων και παιδαγωγικών ζητημάτων. Επειδή η μέθοδος μοντέλου διδάσκεται σε όλα τα σχολεία για πάνω από μια δεκαετία, οι συμβατικές τεχνικές αξιολόγησης του προγράμματος είναι ανέφικτες. Για να απαντήσουν στο ερώτημα αυτό οι ερευνητές πραγματοποίησαν δύο μελέτες χρησιμοποιώντας απεικόνιση λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας, (f-MRI), και επικεντρώθηκαν στις γνωστικές βάσεις των δύο μεθόδων.

Στην πρώτη μελέτη, (Lee et al., 2007), ζήτησαν από τους ενήλικες συμμετέχοντες να μετατρέψουν λεκτικά προβλήματα είτε σε μοντέλα ή σε εξισώσεις. Μία από τις προκλήσεις ήταν να μετατρέψουν τα προβλήματα που χρησιμοποιούνται στην τάξη σε μορφή κατάλληλη για χρήση από τον σαρωτή. Τα προβλήματα που λύνονται στην τάξη, ακόμα και εκείνα που χρησιμοποιούνται στα δημοτικά σχολεία, μπορεί να είναι πολύπλοκα και απαιτούν αρκετά λεπτά για να λυθούν. Τα παιδιά έχουν συνήθως πρόσβαση σε στυλό και χαρτί, τα οποία χρησιμεύουν ως εξωτερική βοήθεια μνήμης. Σε ορισμένες αίθουσες διδασκαλίας, τα προβλήματα λύνονται με ένα συνεργατικό τρόπο. Επειδή η απόκτηση εικόνων απαιτεί από τους συμμετέχοντες να είναι ακίνητοι και σιωπηλοί, δεν ήταν σε θέση να τους παρέχουν το αντίστοιχο υποστηρικτικό υλικό μέσα στο σαρωτή. Ίσως γι αυτό, επισημαίνουν πως προηγούμενες μελέτες που εξέτασαν αλγεβρικά προβλήματα είχαν την τάση να επικεντρώνονται μόνο στην αριθμητική μετατροπή.

Στόχος τους ήταν να εξετάσουν τις διαφορές που προκύπτουν από τη χρήση της μεθόδου μοντέλου έναντι της συμβολική μεθόδου για την επίλυση των λεκτικών προβλημάτων. Για να πετύχουν μια ισορροπία μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής εγκυρότητας, χρησιμοποίησαν πολύ απλά λεκτικά προβλήματα, π.χ. «Ο Γιάννης έχει 34 περισσότερα κέικ από τη Μαίρη. Πόσα κέικ έχει ο Γιάννης;» Για την απομόνωση των διαδικασιών που εμπλέκονται στην μετατροπή λεκτικών προβλημάτων σε μοντέλα, αντί για εξισώσεις, η συνολική ποσότητα δεν παρουσιάστηκε. Αυτό αποθάρρυνε τους συμμετέχοντες από το να προβούν σε υπολογισμούς.

Όλοι οι συμμετέχοντες στη μελέτη είχαν ελέγξει εκ των προτέρων για την επάρκεια τους στις δύο μεθόδους και επιλέξανε μόνο εκείνους που ήταν πολύ και όμοια αξιολογικοί. Η διασφάλιση αυτής της ισοδυναμίας τους επέτρεψε να συμπεράνουν διαφορές στην νευρωνική ενεργοποίηση από την άποψη των διαδικασιών που συμμετείχαν στην εκτέλεση των δύο μεθόδων, και όχι διαφορές στη δυσκολία του έργου.

Παρά την έλλειψη των διαφορών συμπεριφοράς εντόπισαν διαφορές στο βαθμό στον οποίο οι δύο μέθοδοι ενεργοποίησαν περιοχές που συνδέονται με την προσήλωση και τις εργασιακές διαδικασίες της μνήμης. Ειδικότερα, η μετατροπή λεκτικών προβλημάτων σε αλγεβρική παράσταση απαίτησε μεγαλύτερη πρόσβαση στις διαδικασίες προσοχής από ό,τι μετατροπή τους σε μοντέλα. Επιπλέον, η συμβολική άλγεβρα ενεργοποίησε το κερκοφόρο, το οποίο έχει συσχετισθεί με την ενεργοποίηση των διαδικαστικών μεθόδων επεξεργασίας των πληροφοριών, (Anderson et al., 2004).

Σε μια ακόλουθη μελέτη, διερευνήθηκε το επόμενο στάδιο της επίλυσης προβλημάτων: από τα μοντέλα ή τις εξισώσεις στη λύση. Χρησιμοποιώντας μοντέλα και εξισώσεις που προέρχονταν από ερωτήσεις-προβλήματα παρόμοια με εκείνα της πρώτης μελέτης, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να λύσουν τα προβλήματα και να βρουν έναν τρόπο λύσης. Προκαταρκτικές αναλύσεις έδειξαν ένα παρόμοιο μοτίβο ευρημάτων με την συμβολική άλγεβρα να ενεργοποιεί περιοχές που συνδέονται με την μνήμη εργασίας και τις διαδικασίες προσοχής.

Τα ευρήματα από τις δύο αυτές μελέτες δείχνουν ότι, για απλά αλγεβρικά ερωτήματα τουλάχιστον, οι διαφορές μεταξύ των μεθόδων έχουν ποσοτικό και όχι ποιοτικό χαρακτήρα. Και οι δύο μέθοδοι ενεργοποιούν παρόμοιες περιοχές του εγκεφάλου, αλλά η συμβολική άλγεβρα επιβάλλει περισσότερες απαιτήσεις προσοχής.

3.8.1 Παιδαγωγικές επιπτώσεις

Αν η συμβολική άλγεβρα είναι πράγματι πιο απαιτητική όσον αφορά τους πόρους της προσοχής, μια επίπτωση στη διδακτέα ύλη είναι ότι είναι καλύτερο να διδάσκεται η μέθοδος μοντέλου σε επίπεδο πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και να αφηθεί η συμβολική άλγεβρα, μέχρι οι μαθητές να ωριμάσουν περισσότερο γνωστικά. Κατά την αξιολόγηση της παρούσας σύστασης, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι συμμετέχοντες στις μελέτες νευροαπεικόνισης, ήταν ενήλικες και ήταν όλοι παρόμοια ικανοί και στις δύο μεθόδους.

Οι ερευνητές υποθέτουν ότι παρόμοιες διαφορές θα βρεθούν και σε νεότερους μαθητές. Πράγματι, η χρήση συμβολικής άλγεβρας μπορεί να απαιτήσει ακόμη μεγαλύτερη προσπάθεια από τους νέους μαθητές. Παρ' όλα αυτά, αυτά είναι εμπειρικές υποθέσεις που απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως μερικοί μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης υιοθέτησαν μια μικτή μέθοδο στρατηγικής για την επίλυση των προβλημάτων της άλγεβρας. Η χρήση προσέγγισης μεικτής μεθόδου από τους μαθητές προκαλεί ανησυχία στους εκπαιδευτικούς, επειδή η γνώση της συμβολικής άλγεβρας είναι κρίσιμης σημασίας για την επίλυση των προβλημάτων στον τομέα των μαθηματικών της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και στις επιστήμες.

Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, το Υπουργείο Παιδείας της Σιγκαπούρης και το Εθνικό Ινστιτούτο Εκπαίδευσης ανέπτυξαν από κοινού το «Algebar», ένα εργαλείο λογισμικού με σκοπό, **1)** να βοηθήσει τους μαθητές να κάνουν τη σύνδεση μεταξύ της μεθόδου μοντέλου και της συμβολικής άλγεβρας και **2)** να αποκτήσουν την άμεση αλγεβρική οδό λύσης του προβλήματος. Δίνοντας ένα λεκτικό αλγεβρικό πρόβλημα οι φοιτητές που κανονικά θα χρησιμοποιούσαν μια μέθοδο μικτής προσέγγισης, ζητούνται από το λογισμικό να κατασκευάσουν μια ισοδύναμη αλγεβρική εξίσωση, ξεκινώντας με τους ορισμούς των μεταβλητών. Το ενσωματωμένο σύστημα αυτοελέγχου παρέχει άμεση απόκριση η οποία υποστηρίζει την κατασκευή των αλγεβρικών εξισώσεων.

Στα τέλη του 2006, αυτό το λογισμικό δοκιμάστηκε πιλοτικά σε δύο σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, με τη συμβολή τεσσάρων δασκάλων. Οι συμμετέχοντες-13 ετών- διδάχθηκαν για πρώτη φορά την συμβολική χειραγώγηση και τις μετασχηματιστικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τη συμβολική άλγεβρα. Δουλεύοντας ανά ζεύγη, χρησιμοποίησαν το Algebar για να λύσουν μια σειρά από λεκτικά αλγεβρικά προβλήματα. Οι ερευνητές βιντεοσκοπήσανε τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οκτώ ζευγών των μαθητών. Οι δυαδικές αλληλεπιδράσεις έδειξαν ότι πολλές φορές, οι μαθητές δημιούργησαν μια κατάλληλη αναπαράσταση μοντέλου, κατασκευασμένη από ένα σύνολο εξισώσεων, και στη συνέχεια ήταν αβέβαιοι για το πώς να προχωρήσουν στην κατασκευή ενός συνόλου ισοδύναμων εξισώσεων που θα τους οδηγούσε στη λύση.

Εστιάζοντας στους εκπαιδευτικούς, η ανάλυση των μαθημάτων αυτών έδειξε ότι χρησιμοποίησαν μια μετάδοση παραδειγμάτων ώστε να παραδώσουν το περιεχόμενο.

Αντί να εξηγήσουν τις απαραίτητες διαδικασίες για την κατασκευή ενός συστήματος ισοδυνάμων γραμμικών εξισώσεων, είπαν στους μαθητές πώς να μετασχηματίσουν τις εξισώσεις. Στις συνεντεύξεις μετά το μάθημα, οι εκπαιδευτικοί εξήγησαν ότι η παιδαγωγική τους περιορίστηκε από τον λίγο χρόνο που διατέθηκε από το πρόγραμμα σπουδών για τη διδασκαλία της συμβολικής χειραγώγησης και των μετασχηματιστικών δραστηριοτήτων.

«Γιατί οι μαθητές βρίσκουν την κατασκευή ενός συστήματος ισοδυνάμων εξισώσεων δύσκολη;» Ένας πιθανός λόγος είναι ότι η παιδαγωγική που χρησιμοποιείται για να διδάξουν στους μαθητές τη συμβολική χειραγώγηση και τις μετασχηματιστικές δραστηριότητες δεν είναι ουσιαστική. Επειδή ο χρόνος που δαπανήθηκε για την παρουσίαση της άλγεβρας ήταν σύντομος, οι μαθητές μπορεί να μην είχαν αρκετό χρόνο για να ελέγξουν τις διαδικασίες. Σύμφωνα με τα απεικονιστικά ευρήματα των ερευνητών αυτό είναι ιδιαίτερα προβληματικό. Τα ευρήματα επισημαίνουν ότι ακόμη για τα απλά προβλήματα άλγεβρας, η συμβολική άλγεβρα απαιτεί εντατικά πόρους σε σχέση με τη μέθοδο μοντέλου.

Μια λύση είναι να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στις εισαγωγικές δραστηριότητες που συνδέονται με τη συμβολική άλγεβρα. Εάν οι διαδικασίες που σχετίζονται με την κατασκευή ενός συστήματος ισοδυνάμων γραμμικών εξισώσεων εξηγηθούν και στη συνέχεια δοκιμαστούν μέχρι να αυτοματοποιηθούν, οι μαθητές μπορεί να βρουν ευκολότερο το να υιοθετήσουν τη συμβολική διαδρομή προς τη λύση του προβλήματος.

3.8.2 Συμπεράσματα και προκλήσεις

Οι Lee και Ng εστίασαν στη διάκριση μεταξύ του να κάνουμε μαθηματικά σε σχέση με τη διδασκαλία των μαθηματικών και συμπεραίνουν πρώτον πως το να γνωρίζουμε πως εφαρμόζονται συγκεκριμένες μαθηματικές διαδικασίες δεν μας δείχνει απαραίτητα τον καλύτερο τρόπο για να τις διδάξουμε. Δεύτερον, μια από τις προκλήσεις στην εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από τις νευροεπιστήμες είναι να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ του εργαστηρίου και της διδακτικής αίθουσας.

Η πρόταση ότι η νευροεπιστήμη μπορεί να ενημερώσει την εργασία των μαθηματικών εκπαιδευτών, συχνά προκαλεί αντιδράσεις με σηκωμένα φρύδια από τους συναδέλφους, οι οποίοι ανταποκρίνεται ρωτώντας αν πρόκειται να εγκαταστήσουν ένα μηχάνημα f-MRI στα σχολεία για να σαρώνουν παιδιά ώστε να καθορίσουν την κατάσταση του

εγκεφάλου τους. Αν και η αποτελεσματικότητα της παιδαγωγικής μπορεί να διερευνηθεί σε μια βάση έναν-προς-έναν, αυτό που λειτουργεί σε μια ατομική ρύθμιση δεν μπορεί να είναι αποτελεσματικό σε ένα σκητικό τάξης. Μια στενα συνδεδεμένη ανησυχία αφορά το πλαίσιο στο οποίο συμβαίνει η μάθηση. Αυτό που λειτουργεί-δουλεύει σε ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον μπορεί και να μην λειτουργήσει σε ένα περιβάλλον της τάξης.

Η έρευνα στον τομέα της εκπαίδευσης έχει επίσης τονίσει τη σημασία του διαλόγου μεταξύ της κοινότητας των εκπαιδευόμενων, (Brown & Campione, 1994). Και πάλι κάτι που είναι δύσκολο να εφαρμοστεί εντός των ορίων ενός σαρωτή.

Μερικά από τα προβλήματα που έχουν εντοπιστεί είναι τεχνικού χαρακτήρα. Πρόσφατες εξελίξεις στη φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρων και στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, υπόσχονται τόσο φορητότητα και μεγαλύτερη αντοχή στη μετακίνηση, τα οποία μπορεί να επιτρέψουν περισσότερες νατουραλιστικές εξετάσεις των παιδαγωγικών στρατηγικών.

3.9 Μοντέλα για τον εγκέφαλο, τον νου, και την εκπαίδευση και την ηθική

Παρόλο που υπάρχει ομοφωνία στο ότι απαιτείται διεπιστημονική συνεργασία, οι Kurt Fischer και Zachary Stein του τμήματος Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Harvard, προτείνουν στη συνέχεια ένα υπόδειγμα για την κατάρτιση μιας νέας γενιάς εκπαιδευτικών ερευνητών και των εξασκούντων νευροεπιστημόνων, ο Πίνακας 8 συγκεντρώνει τα άρθρα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα ενότητα.

Πίνακας 8 Αρθρογραφία ένατης υποενότητας

#	Αναφορά	Τίτλος
1	Adey, P. S. & Shayer, M. (1994)	Really Raising Standards: Cognitive intervention and academic achievement
2	Dawson, T. L., Fischer, et al (2006)	Reconsidering Qualitative and Quantitative Research Approaches: A cognitive developmental perspective
3	Dawson, T. L. & Stein, Z. (2008)	Cycles of Research and Application in Education: Learning pathways for energy concepts
4	Dewey, J. (1896)	The University School, University Record
5	Dewey, J. (1929)	Sources of a Science of Education
6	Elgin, C. (2004)	True Enough, Philosophical Issues
7	Fischer, K.W. & Bidell, T.R. (2006)	Dynamic development of action and thought
8	Fischer, K., Immordino-Yang, M. H et al (2007)	Toward a Grounded Synthesis of Mind, Brain, and Education for Reading Disorders
9	Gibbons, M., Limoges, C. et al (1994)	The New Production of Knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies
10	Habermas, J. (1988)	On the Logic of the Social Sciences
11	Habermas, J. (1996)	Between Facts and Norms: Contributions to a discourse

		theory of law and democracy
12	Habermas, J. (2003)	The Future of Human Nature
13	Hinton, C. & Fischer, K.W. (2008)	Research Schools: Grounding research in educational practice
14	James, W. (1899)	Talks to Teachers on Psychology: And to students on some of life's ideals
15	Karmiloff-Smith, A. (1992)	Beyond Modularity: A developmental perspective on cognitive science
16	Klein, J. T. (1990)	Interdisciplinarity: History, theory, and practice
17	Nagel, T. (1986)	The View from Nowhere
18	Mareschal, D. et al (2007)	Neuroconstructivism: Volumes i & ii
19	OECD (2007)	Science competencies for tomorrow's world
20	Piaget, J. (1965)	Science of Education and the Psychology of the Child
21	Piaget, J. (1970)	Main Trends in Psychology
22	Piaget, J. (1971)	Biology and Knowledge
23	Piaget, J. (1972)	The Principles of Genetic Epistemology
24	Zachary Stein & Kurt W. Fischer Rawls, J. (1971)	A Theory of Justice
25	Rose, L. T. & Fischer, K. W. (2009)	Dynamic Development: a neo-Piagetian perspective
26	Schneps, M. H., Rose, L.T. et al (2007)	Visual Learning and the Brain: Implications for dyslexia, Mind
27	Schwartz, M. & Gerlach, J. (2011)	The Birth of a Discipline and the Rebirth of the Laboratory School for Educational Philosophy and Theory, Educational Philosophy and Theory
28	Sellars, W. (1963)	Philosophy and the Scientific Image of Man, in: Science,

		Perception, and Reality
29	Stein, Z, Connell, M. et al (2008)	Thoughts on Exercising Quality Control in Interdisciplinary Education: Toward an epistemologically responsible approach
30	Thompson, E. (2007)	Mind in Life: Biology, phenomenology, and the sciences of mind
31	Tomasello, M. (1999)	The Cultural Origins of Human Cognition
32	Whitehead, A. N. (1925)	Science and the Modern World

Παρουσιάζουν την ιδέα της έρευνας στη σχολική συνεργασία, ως το μοντέλο επιλογής για τον νου, τον εγκέφαλο, και τη παιδείας, (Mind-Brain-Education, MBE). Υποστηρίζουν ότι η έρευνα σχολικών συνεργασιών ενσωματώνει τις μεθοδολογικές καινοτομίες που απαιτούνται για τη δημιουργία μιας λειτουργικής διεπιστημονικής ερευνητικής ομάδας.

Επίσης, οι Stein και Fischer αναγνωρίζουν σημαντικά θέματα για τον MBE: τον έλεγχο της ποιότητας και της διεπιστημονικής σύνθεσης των μεθόδων, την ανάπτυξη ρεαλιστικών, ολοκληρωμένων μοντέλων της ανθρώπινης ανάπτυξης, την ανάγκη για ανάπτυξη της δεοντολογίας που διέπει τη χρήση των νευροεπιστημονικών ευρημάτων της έρευνας και την ανάγκη να δημιουργηθεί ένα κοινό λεξιλόγιο-ορολογία.

Υποστηρίζουν την έρευνα βασισμένη στο πρόβλημα, μέσα στο πολύπλοκο πλαίσιο της πρακτικής, συμπεριλαμβάνοντας πλουραλιστικές μεθοδολογίες, τόσο ποσοτικών όσο και ποιοτικών αναλύσεων, με στόχο τη βελτίωση της παιδαγωγικής.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε συνοπτικά μια σειρά από σημαντικά ζητήματα γύρω από τρία βασικά θέματα: **τις μεθόδους, τα μοντέλα, και την ηθική της εκπαιδευτικής νευροεπιστημονικής έρευνας.** Οι μέθοδοι περιλαμβάνουν θέματα ελέγχου της ποιότητας και της διεπιστημονικής σύνθεσης. Το αναδυόμενο πεδίο του MBE σύμφωνα με τους Fischer και Stein θα εξυπηρετηθεί καλύτερα από μια μεθοδολογική συμβίωση μεταξύ θεωρίας, έρευνας και πρακτικής. Η ιδέα ενός σχολείου έρευνας, (Hinton & Fischer, 2008, Schwartz & Gerlach, 2011), ενσωματώνει τις μεθοδολογικές αλλά και θεμελιώνει τους προβληματισμούς σχετικά με τα μοντέλα και την ηθική.

Τα μοντέλα αφορούν τα είδη των θεωριών που ταιριάζουν καλύτερα στη βασισμένη στο πρόβλημα διεπιστημονικότητα την οποία χαρακτηρίζει το MBE. Οι ερευνητές προτείνουν ότι τα συνολικά μοντέλα της ανθρώπινης ανάπτυξης που εκτείνονται σε πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης είναι τα πιο επιθυμητά και ότι η ισχύς τους προσδιορίζεται καλύτερα μέσω ευρέων πραγματιστικών κριτηρίων.

Στο MBE, τα μοντέλα πρέπει να αποδείξουν την αξία τους με την παραγωγή-δημιουργία χρήσιμης γνώσης. Ολοκληρώνουμε, με τις απόψεις των ερευνητών όσον αφορά την ηθική, εδώ οι μέθοδοι και τα μοντέλα του MBE πρέπει τελικά να τεθούν σε καλή-ορθή χρήση, συνεπάγοντας ότι τα ηθικά ζητήματα που διακυβεύονται θα τοποθετούνται ανοιχτά στο τραπέζι.

3.9.1 Εστιασμένος στο πρόβλημα μεθοδολογικός πλουραλισμός

Το αναδυόμενο πεδίο του νου, εγκέφαλου, και της εκπαίδευσης, (MBE), μεγαλώνει με ταχείς ρυθμούς, τόσο ως πεδίο όσο και ως κίνημα, που χαρακτηρίζεται από την ίδρυση της Διεθνούς Κοινωνίας για τον Νου, τον Εγκέφαλο και την Εκπαίδευση, (Mind, Brain, and Education, IMBES), το 2004 και από το περιοδικό Νους, Εγκέφαλος και Εκπαίδευση το 2007.

Το MBE καθιστά δυνατή τη συνένωση μεταξύ διαφορετικών τομέων της έρευνας και των διαφόρων αρένων πρακτικής. Όπως σε κάθε σύνθετη διεπιστημονική προσπάθεια, το MBE παράγει πολλές ανοικτές ερωτήσεις, τόσο θεωρητικές όσο και εμπειρικές, με μεγαλύτερο άνοιγμα κάθε μέρα. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, το MBE έχει κάνει μεγάλα άλματα που περιλαμβάνουν επίσημες ενέργειες για να σηματοδοτηθεί επίσημα ένα νέος τομέας έρευνας και πρακτικής, (Fischer, Immordino-Yang & Waber, 2007).

Το Νους, Εγκέφαλος και Εκπαίδευση, (MBE, ή Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη), είναι ένα διεπιστημονικό πεδίο που επιδιώκει να συγκεντρώσει βιολογικές, ψυχολογικές, και εκπαιδευτικές προοπτικές, με την πρόθεση της βελτίωσης των εκπαιδευτικών πρακτικών. Σύμφωνα με τους ερευνητές το να προχωρήσει ένα πεδίο τόσο περίπλοκο συνεπάγεται ορισμένες μεθοδολογικές καινοτομίες και μια σειρά μοναδικών θεμάτων ελέγχου ποιότητας, ικανών να διαμορφώνουν την κατεύθυνση αυτών των καινοτομιών και να πλαισιώσουν τις συζητήσεις για τα μοντέλα και την ηθική.

Όντας εστιασμένο στο πρόβλημα και διεπιστημονικό, το MBE πρέπει να καλύψει τις ιδιόμορφες-μοναδικές απαιτήσεις για τον έλεγχο της ποιότητας. Βασικές κατευθύνσεις

για μεθοδολογικές καινοτομίες προέρχονται από δύο διαφορετικούς προβληματικούς τομείς και συγκλίνουν σε μια αναδύμενη λειτουργία παραγωγής γνώσης, την οποία επισημαίνουν ως μεθοδολογικό πλουραλισμό επικεντρωμένο στο πρόβλημα, (Dawson, Fischer & Stein, 2006), και την οποία θα επεξηγούν από την οπτική των συνεργασιών «σχολείων έρευνας».

Από τη μία, οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να διευκολύνουν την ενσωμάτωση των διαφόρων μεθόδων από διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους παρότι μπορεί να είναι δύσκολο να ενταχθούν και να αξιολογηθούν τα ευρήματα που προκύπτουν από ριζικά διαφορετικές μεθόδους, όπως οι μέθοδοι της γενετικής συμπεριφοράς που προσανατολίζονται προς την κληρονομικότητα σε σχέση με τις μεθόδους της ψυχολογίας που προσανατολίζονται προς την εννοιολογική αλλαγή. Επίσης υπάρχουν προβλήματα σχετικά με το πώς να γεφυρωθούν διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης και διαφορετικές βασικές απόψεις, (Stein, Connell & Gardner, 2008).

Από την άλλη πλευρά, το MBE απαιτεί εφαρμοσμένη έρευνα που να αντιμετωπίζει άμεσα τις ανάγκες των εκπαιδευτικών και των φοιτητών, - το οποίο θέτει το ζήτημα του τρόπου με τον οποίο η εμπειρογνομosύνη των εκπαιδευτικών μπορεί να διαμορφώσει την έρευνα, έτσι ώστε να μπορεί να δημιουργήσει μια γόνιμη και χρήσιμη γνώση.

Εδώ, σύμφωνα με τους Fischer και Stein, αντιμετωπίζουν την πρόκληση να φέρουν τη σύνθετη διεπιστημονική έρευνα στους κόσμους της εκπαιδευτικής πολιτικής και της πρακτικής, κάτι το οποίο θέτει μια σειρά από πρακτικά προβλήματα όπως η συνάφεια και η αποτελεσματικότητα.

Αυτοί οι δύο προβληματικοί τομείς, - η ενσωμάτωση των διαφορετικών μεθόδων και συνδέσεων με την εκπαιδευτική εφαρμογή, (ακολουθούν περίπου την κλασική διαίρεση της θεωρίας και πρακτικής)- δείχνουν την κατεύθυνση μιας συμβίωσης μεταξύ ερευνητών και εκπαιδευτικών στην αναζήτηση χρήσιμης και εφαρμόσιμης γνώσης.

Τα ζητήματα του ελέγχου της ποιότητας είναι γενικά αποδεκτό ότι είναι υψίστης σημασίας σε μια διεπιστημονική εργασία και συχνά οδηγούν σε διαφωνίες σχετικά με το κύρος και τα αποδεικτικά στοιχεία, (Gibbons et al, 1994., Klein, 1990). Ενώ οι επιστήμες έχουν τα δικά τους εσωτερικά πρότυπα ελέγχου ποιότητας, η διεπιστημονική προσπάθεια, ξεπερνά τις πρακτικές των συγκεκριμένων κλάδων, και αυξάνει τα νέα προβλήματα σχετικά με το τι μπορεί να θεωρηθεί ως έγκυρο και πολύτιμο έργο. Το MBE δεν αποτελεί εξαίρεση. Ερωτήσεις σχετικά με το ποιες βασικές επιθυμίες αξίζουν την προσπάθεια στο MBE απορρέουν εν μέρει από την εφαρμοσμένη φύση του συγκεκριμένου τομέα και εν

μέρει από το ευρύ φάσμα των πειθαρχικών και πρακτικών ανησυχιών που υποτάσσονται στον τομέα, (Fischer, Immordino-Yang & Waber, 2007).

Με τόσα πολλά πρότυπα που τέμνονται και στόχους, τα κριτήρια για το τι αποτελεί ποιητική εργασία στο MBE είναι πιο αυστηρά από αυτά που βρίσκονται σε ενιαίους κλάδους και σε διεπιστημονικά πεδία που δεν απαιτούν την πρακτική εφαρμογή. **Ειδικότερα, ανάλογα με τον τύπο του εργασίας, οι προσπάθειες στο MBE θα πρέπει να είναι επιστημονικά έγκυρες, εκπαιδευτικά σχετικές, και εκπαιδευτικά αποτελεσματικές, τουλάχιστον κάποιες φορές.** Πρόκειται για αιτήματα που έχουν αντιμετωπίσει στην εκπαιδευτική έρευνα τότε που ο William James (1899) δημοσίευσε τις «συνομιλίες σε δασκάλους»' τον προηγούμενο αιώνα, και αυτό είχε απήχηση από τους Dewey (1929) και Piaget (1965). Η απαιτητική φύση της εκπαιδευτικής έρευνας όπως εφαρμόζεται, δεν είναι κάτι νέο, αυτό που είναι νέο, είναι η σύνθετη διεπιστημονική μήτρα που περιέχει το MBE και η ποικιλία των πειστικών εκπαιδευτικών προβλημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Η διεπιστημονική μήτρα εγείρει ανησυχίες σχετικά με την επιστημονική εγκυρότητα των ισχυρισμών που διατυπώνονται στον τομέα αυτό. Οι διεπιστημονικές αξιώσεις εγκυρότητας είναι πολύπλοκες επιστημολογικά στο βαθμό που εμπλέκουν τα πορίσματα και τις μεθόδους από διάφορα επίπεδα ανάλυσης, (Stein, Connell & Gardner, 2008).

Για παράδειγμα, τα ευρήματα που περιγράφουν πώς οι γενετικές προδιαθέσεις επηρεάζουν ανατομικά χαρακτηριστικά σε νευρωνικό επίπεδο μπορεί να σχετίζονται με τα ευρήματα από μελέτες απεικόνισης του εγκεφάλου, όπως λειτουργική μαγνητική τομογραφία, με τη συμπεριφορά πάνω σε ακαδημαϊκές δραστηριότητες. Αλλά κάθε ένα από αυτά τα ευρήματα ασχολείται με φαινόμενα σε πολύ διαφορετικά επίπεδα ανάλυσης: γενετικά, νευρωνικά, λειτουργικής οργάνωσης του εγκεφάλου, συμπεριφοράς, και πολύπλοκων δραστηριοτήτων σε ακαδημαϊκές δραστηριότητες.

Σε γενικές γραμμές, τα ζητήματα επίπεδων ανάλυσης προκύπτουν όταν προσπαθούμε να συμπαρουσιάσουμε τα πορίσματα και τις μεθόδους που ασχολούνται με φαινόμενα διαφορετικής κλίμακας και πεδίου εφαρμογής, τόσο χωρικά όσο και χρονικά, ή από άποψη της πολυπλοκότητας. Αυτά τα είδη ζητημάτων είναι πανταχού παρόντα στο MBE.

Κάθετα στο επίπεδο της ανάλυσης είναι θέματα που έχουν να κάνουν με τις διαφορές των βασικών απόψεων, (Stein, Connell & Gardner, 2008). Η ανάλυση των συμπεριφορών των μαθητών στην τάξη από την άποψη των γνωστικών δομών και, στη συνέχεια, από την άποψη των κινήτρων και των συναισθημάτων, περιλαμβάνει όχι διαφορετικά επίπεδα

ανάλυσης, αλλά διαφορετικές βασικές απόψεις για την ίδια συμπεριφορά στο ίδιο επίπεδο ανάλυσης. Τα επίπεδα ανάλυσης διαφοροποιούνται από την άποψη της κλίμακας, της εμβέλειας και της πολυπλοκότητας του φαινομένου που εξετάζεται, έτσι η διαφορά μεταξύ των αναλύσεων της συμπεριφοράς και της ανάλυσης των λειτουργιών του εγκεφάλου περιλαμβάνει και απαιτεί πολλά επίπεδα ανάλυσης.

Σε αντίθεση, όταν τα φαινόμενα είναι στο ίδιο επίπεδο, μπορούμε να τα αναλύσουμε επωφελώς από τη σκοπιά διαφόρων βασικών απόψεων, π.χ. μπορούμε να προσπαθήσουμε να δώσουμε έναν απολογισμό της συμπεριφοράς σε μια τάξη είτε από την άποψη της νόησης-γνωστικότητας είτε από την άποψη του συναισθήματος ή κάποιου συνδυασμού και των δύο. Ομοίως, η διαφορά μεταξύ της περιγραφής της υπερδραστικής συμπεριφοράς ενός παιδιού και της αξιολόγησης της αξίας της εν λόγω συμπεριφοράς, (π.χ. «είναι απαράδεκτο», ή «δεν είναι τίποτα για να θορυβηθούμε, κλπ.) είναι μια διαφορά βασικών απόψεων, όχι επιπέδου.

Σε γενικές γραμμές, τα θέματα γύρω από τις βασικές διαφορές μεταξύ των απόψεων προκύπτουν όταν προσπαθούμε να γεφυρώσουμε μεθόδους και ευρήματα που προϋποθέτουν διαφορετικές θεμελιώδεις και βαθιές κατευθύνσεις προς ό,τι είναι να ερευνηθεί. Η ανάγκη να ενσωματωθούν και να εκταθούν οι πολλαπλές βασικές απόψεις διαποτίζει το MBE.

Ένας πειρασμός στην οικοδόμηση του MBE είναι ο αναγωγισμός στην ανάλυση των φαινομένων που μελετώνται σε διάφορα επίπεδα ανάλυσης ή από διαφορετικές βασικές απόψεις. **Η τάση να προσφέρονται μονοδιάστατες λύσεις σε πολυδιάστατα προβλήματα είναι μεγάλη, η συζήτηση ενός ζητήματος πολλαπλών επιπέδων, σαν να μπορεί να μειωθεί σε ένα επίπεδο, ή η αντιμετώπιση ενός ζητήματος πολλαπλών απόψεων σαν να είναι μόνο μια οπτική γωνία απαραίτητη και οι άλλες μπορούν να πασαλειφθούν ή να αγνοηθούν.**

Για παράδειγμα, ο τύπος συνήθως παρουσιάζει ευρήματα από βιολογικές μεθόδους, όπως η γενετική και οι νευροεπιστήμες, σαν να περιλαμβάνουν, πιο ουσιαστική, πιο επιστημονική γνώση, σε προνομιακή σχέση με ψυχολογικές και πολιτισμικές μεθόδους, οι οποίες περιθωριοποιούνται ως «μαλακές», και χρειάζεται να μειωθούν σε βιολογικά «αίτια». Η καταπολέμηση αυτής της τάσης στο MBE αποτελείται από πιο άμεσες συνδέσεις της συμπεριφοράς και του πολιτισμού στη μάθηση και τα σχολεία, (Habermas, 1988, Piaget, 1971, Nagel, 1986, Sellars, 1963, Whitehead, 1925).

Επιπλέον, η εστιασμένη στο πρόβλημα φύση του MBE αποκλείει την αδικαιολόγητη περιθωριοποίηση των δήθεν «μαλακών» μεθόδων, όπως εκείνες που βασίζονται σε ποιοτικές αναλύσεις. Το μηχάνημα f-MRI είναι πολύ διαφορετικό από μια αίθουσα διδασκαλίας. Αυτό που φαίνεται σαν μια πολύτιμη εξήγηση σ' ένα μέρος, μπορεί να μοιάζει απελπιστικά διαχωρισμένο από ότι είναι σχετικό σε ένα άλλο μέρος.

Τα εκπαιδευτικά θέματα αφορούν τις τιμές-άξίες, σε κοινά πολιτιστικά πλαίσια. Οντάς διαφορετικά από τα αφηρημένα προβλήματα του εργαστηρίου, μπορούν κατ' ανάγκη να επιστρατεύσουν μια ποικιλία μεθόδων, επιπέδων ανάλυσης, και βασικών απόψεων. Αυτό σύμφωνα πάντα με τους ερευνητές του Χάρβαρντ, μας φέρνει σε μια άλλη προβληματική περιοχή που διαμορφώνει την πορεία των μεθοδολογικών καινοτομιών στο MBE: **την ανάγκη να φέρουμε την έρευνα σε σχέση με την εκπαιδευτική πράξη και πολιτική.**

Τόσο η διαμόρφωση των εκπαιδευτικών προβλημάτων και η εφαρμογή των προτεινόμενων λύσεων απαιτούν τη συνεργασία των εκπαιδευτικών και των μαθητών με τους επιστήμονες. Με την βελτίωση των εκπαιδευτικών πρακτικών ως δεδηλωμένο στόχο, το MBE δεν μπορεί να είναι αποκλειστικά ένας επιστημονικός τομέας. Τα πιο σημαντικά εκπαιδευτικά ζητήματα είναι μόνο ικανά να λυθούν υπό το φως της πρακτικής. Αν το παραδεχτούμε αυτό, τότε πρέπει να παραδεχτούμε ότι το MBE δεν είναι όπως τα αυστηρά επιστημονικά πεδία, επειδή η πρόοδος του MBE είναι συζευγμένη με την πρόοδο των εκπαιδευτικών πρακτικών. Είναι σαφές ότι η τυπική αντίληψη με την οποία οι επιστήμονες παραδίδουν τα αποτελέσματά τους από ψηλά, στους εκπαιδευτικούς στα χαρακώματα, δεν λειτουργεί. Νέες σχέσεις συνεργασίας είναι απαραίτητες.

Έτσι, προτείνουν ότι η πρόοδος στο MBE απαιτεί ένα είδος συμβίωσης μεταξύ εκπαιδευτικών και ερευνητών που να είναι ικανοί να ασκούν τον έλεγχο της ποιότητας στον τομέα-μορφές συνεργασίας που επιτρέπουν την αμοιβαία ανάδραση μεταξύ εκπαιδευτικών και ερευνητών για να δημιουργήσουν χρήσιμες γνώσεις αλλά και να βελτιώσουν τις εκπαιδευτικές πρακτικές.

Καταλήγουν πως είναι σημαντικό αυτό το είδος της συνεργατικής καινοτομίας, τόσο θεσμικά όσο και μεθοδολογικά, να δημιουργεί υψηλές απαιτήσεις εργασίας στο MBE, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να παρέχει ένα είδος πρακτικού ελέγχου της ποιότητας, καθώς και ό,τι η διεξαγωγή έρευνας στο πλαίσιο της πρακτικής είναι ο καλύτερος τρόπος για να λύσουμε τα σύνθετα διεπιστημονικά και επιστημολογικά θέματα που περιβάλλουν τις διαφορές μεταξύ των επιπέδων ανάλυσης και των βασικών απόψεων.

Προτείνουν δηλαδή, ότι η εγκυρότητα του έργου στο MBE καθορίζεται τελικά από ένα είδος πραγματισμού. Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι η πιο αγνή χρήσιμη γνώση συνεπάγεται ένα είδος ανοίγματος απέναντι στις διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις και παραδόσεις. Με τα πραγματικά και απτά εκπαιδευτικά προβλήματα, δεν έχουμε την πολυτέλεια να περιθωριοποιήσουμε αδικαιολόγητα μεθόδους μόνο και μόνο επειδή είναι προσανατολισμένες σε ορισμένα επίπεδα ανάλυσης ή σε κάποιες βασικές απόψεις.

Στο εργαστήριο, μια καλή και συχνή τακτική είναι να βάζουμε σε αγκύλες ορισμένες προοπτικές, ώστε να απομονώνουμε τους παράγοντες και να διευκρινίζουμε και να απλουστεύουμε τα ευρήματα, αλλά η σύνδεση της έρευνας με την εκπαιδευτική σημασία απαιτεί να πλαισιωθεί ευρύτερα, καθιστώντας σαφείς τις συνδέσεις με τις προοπτικές ώστε να σχετίζονται με την πρακτική. **Αυτή η ευρεία προσέγγιση προς πολύπλοκα διεπιστημονικά προβλήματα χαρακτηρίζεται ως εστιασμένος στο πρόβλημα μεθοδολογικός πλουραλισμός**, (Dawson, Fischer & Stein, 2006? Stein, Connell & Gardner, 2008).

Μια πιθανή υλοποίηση μιας τέτοιας προσέγγισης είναι η ιδέα ενός ερευνητικού σχολείου, (η οποία εκτείνεται από το πανεπιστημιακό ή εργαστηριακό σχολείο του Dewey [1896]), στο οποίο εκπαιδευτικές καινοτομίες βασισμένες στην έρευνα, εφαρμόζονται πειραματικά, κατανοούνται, εξοπλίζονται εκ νέου, και ξαναεφαρμόζονται από μια κοινότητα εκπαιδευτικών και των ερευνητών που συνεργάζονται. Σύμφωνα με αυτή την ιδέα, πολλοί ερευνητές που χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους εργάζονται για να συνεργαστούν με ένα εστιασμένο στο πρόβλημα τρόπο, με τους δασκάλους και τους μαθητές ώστε να αντιμετωπίσουν τα πρακτικά προβλήματα που δεν είναι προτυποποιημένα στο εργαστήριο, δηλαδή προβλήματα που εκτείνονται σε πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης και εμπλέκουν μια ποικιλία βασικών απόψεων. Σε αυτά τα πλαίσια, το τελικό κριτήριο της επιτυχίας είναι η βελτίωση της εκπαιδευτικής πρακτικής που έρχεται ως αποτέλεσμα μιας καλύτερης κατανόησης της μάθησης και της διδασκαλίας.

Επιπλέον, η δημιουργία διαύλων επικοινωνίας, όπως περιοδικά και συνέδρια, είναι σημαντική. Το MBE απαιτεί τόσο τη δημιουργία ενός ισχυρού ερευνητικού ιδρύματος για την εκπαιδευτική πρακτική και, ταυτόχρονα, σαφή, αυστηρή, και υπεύθυνη επικοινωνία ανάμεσα σε ποικίλα ακροατήρια. Έτσι, στο MBE είναι απαραίτητη περισσότερο από απλή επιστημονική οξύνοια, ώστε το έργο να χαρακτηριστεί ως έγκυρο και αξιόλογο. Οι ευρείς πρωταρχικές ανησυχίες για το μέλλον της εκπαιδευτικής πρακτικής χρησιμεύουν

στο να πλαισιωθεί ένας μεθοδολογικός πλουραλισμούς βασισμένος στο πρόβλημα. Αυτή η γενική δομή του πεδίου έχει συνέπειες στο κτίσιμο του θεωρητικού μοντέλου, και εμπλέκει το MBE σε ηθικά ζητήματα σχετικά με τα μέσα και τους σκοπούς των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων εν γένει.

3.9.2 Πλαίσια για το επιγενετικό σύστημα εντός του πλαισίου

Ο εστιασμένος στο πρόβλημα μεθοδολογικός πλουραλισμούς που έχουν χαραίξει για το MBE θέτει ορισμένες κατευθύνσεις για την οικοδόμηση εξηγήσεων και θεωρητικών μοντέλων. Με πολλαπλές μεθόδους και διαφορετικά είδη αποτελεσμάτων, η ανάγκη για ευρέως ενοποιητικά θεωρητικά πλαίσια αυξάνεται. Ομοίως, η ανάγκη για επικοινωνία με το ευρύ κοινό και για τον επηρεασμό της πρακτικής, συνεπάγουν την άρθρωση-έκφραση του τομέα.

Συγκεκριμένα, το MBE χρειάζεται θεωρητικά μοντέλα που να εκτείνονται σε πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης και βασικών προοπτικών για να προσφέρει ολοκληρωμένες εξηγήσεις που θα στηρίζονται σε πολλαπλές μεθοδολογίες και θα εστιάζονται στις διεργασίες της μάθησης και της ανάπτυξης, τα οποία βρίσκονται στο κέντρο της εκπαίδευσης. Αυτά πρέπει να είναι τα μοντέλα του επιγενετικού συστήματος στο σύνολό του και σε περιεχόμενο, τα οποία στηρίζονται σε διαφορετικές προοπτικές και ευρήματα αποφεύγοντας απλοϊκές και αναγωγιστικές εκθέσεις.

Οι ερευνητές συμφωνούν πως το έργο του Jean Piaget (1971, 1972), θέτει ένα σημαντικό προηγούμενο εδώ. Καθώς το φιλόδοξο ερευνητικό του πρόγραμμα στον τομέα της γενετικής επιστημολογίας ξεδιπλωνόταν σε όλη την δεκαετία, πρόσφερε μια σειρά από μοντέλα που περιλαμβάνουν επεξηγηματικά κατασκευές που τέμνουν βιολογικά, ψυχολογικά, και επιστημολογικά επίπεδα ανάλυσης. Εκείνο που έχει σημασία για τους ερευνητές και θεωρούν αδιαμφισβήτητο, είναι η αξία του οράματός του για μια ολοκληρωμένη κατανόηση της ανθρώπινης αναπτυξιακής διαδικασίας, (Rose & Fischer, 2009).

Ορισμένες πρόσφατες προσπάθειες για νέο-θεωρητικοποίηση του Piaget έχουν διατηρήσει τις φιλοδοξίες του Piaget ζωντανές, ενημερώνοντας το όραμά του υπό το φως της πρόσφατης έρευνας, εγκαταλείποντας όμως ορισμένα από τα επιχειρήματά του τα οποία δεν άντεξαν στη δοκιμασία του χρόνου. Ιδιαίτερης σημασίας για το MBE είναι οι προσπάθειες στον νευρο-κονστрукτιβισμό, (neuroconstructivism), (Karmiloff-Smith,

1992?. Mareschal et al, 2007), **οι οποίες προσφέρουν μοντέλα που υποτάσσονται σε ευρήματα από τις νευροεπιστήμες, τη γενετική, και τη γνωστική ανάπτυξη.**

Τέτοια ευρεία επεξηγηματικά πλαίσια φέρνουν συνοχή στην δυσκίνητη ποικιλία ευρημάτων από διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους. Αυτά τα εμπειρικά θεμελιωμένα μοντέλα πηγαίνουν πέρα από μια μόνο πειθαρχία ή μέθοδο και συνδέονται με μια ποικιλία ακροατηρίων-κοινών για να πλαισιώσουν εκπαιδευτικά θέματα και δραστηριότητες.

Η δυναμική θεωρία δεξιοτήτων του Fischer είναι μια σχετική υπόθεση πάνω στο θέμα αυτό, (Fischer & Bidell, 2006). Αποσκοπεί στο να ενσωματώσει τις πολλές επιρροές πάνω στην ανθρώπινη συμπεριφορά, αντιμετωπίζοντας τον κατακερματισμό των γνώσεων σχετικά με την ανθρώπινη ανάπτυξη που έχει έρθει με την αύξηση της διαφοροποίησης και της εξειδίκευσης των κλάδων. Διατυπώνοντας δομές και μεθοδολογικές αρχές που διαπερνούν πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης, η θεωρία δυναμικής δεξιότητας χρησιμεύει στο να πλαισιώσει το επιγενετικό σύστημα σε όλη την πολυπλοκότητα του.

Η ενσωμάτωση των μεθόδων της επιστήμης του εγκεφάλου, της γνωστικής επιστήμης, της επιστήμης των συναισθημάτων, της κοινωνικής ανάλυσης, της μοντελοποίησης δυναμικών συστημάτων, της ποιοτικής δομικής ανάλυσης και της αναπτυξιακής αξιολόγησης αποκαλύπτουν την ανθρώπινη ανάπτυξη ως μια δυναμική διαδικασία ευαίσθητη σε περιβάλλοντα τόσο βιολογικά όσο και κοινωνικά. Η έρευνα των Dawson και Stein, έχει αποκαλύψει την εκπαιδευτική σημασία αυτού του μοντέλου και απέδειξε ότι μπορεί να υλοποιηθεί σε κύκλους έρευνας και να εφαρμοστεί στα σχολεία και σε άλλες καταστάσεις μάθησης, (Dawson & Stein, 2008).

Τόσο τα νευρο-κονστрукτιβιστικά όσο και της θεωρίας δυναμικών δεξιοτήτων πλαίσια, συνεπάγονται γενικές αναπτυξιακές αρχές που μπορούν να δώσουν νόημα στη μεταβλητότητα και στις ατομικές διαφορές. Αυτά τα μοντέλα πλαισιώνουν μαθησιακές αναπηρίες που μπορεί να ευθύνονται για την τυπική ανάπτυξη, (Schneps, Rose & Fischer, 2007). Η εικόνα που αναδύεται είναι εκείνη κατά την οποία μοναδικές μαθησιακές πορείες ξεδιπλώνονται από την άποψη των πανταχού παρόντων αναπτυξιακών διαδικασιών.

Η ικανότητα αυτών των μοντέλων να λογαριάζουν-υπολογίζουν για διαφορετικές αναπτυξιακές τροχιές τα διαφοροποιεί από πολλά άλλα μοντέλα και τα καθιστά πολύ πιο πολύτιμα στη διαμόρφωση και στην ολοκλήρωση της έρευνας για εκπαιδευτικούς

σκοπούς. Ενώ ο Piaget, (1970, σελ. 52.), παραδέχθηκε ότι η συνολική προσέγγιση του δεν ήταν δεκτική στην κατανόηση των ατομικών διαφορών, κάποιιοι άλλοι που προσφέρουν αναπτυξιακά μοντέλα με μεγάλες ενοποιητικές φιλοδοξίες, (Thompson, 2007, Tomasello 1999), δεν φαίνεται να αισθάνονται καθόλου την ανάγκη να αντιμετωπίσουν τη μεταβλητότητα και τη διαφορά.

Φαίνεται ότι όταν οι μελετητές χτίζουν θεωρίες, συχνά ανταλλάσσουν την ευαισθησία σε μοναδικές περιπτώσεις για ευρύτερο πεδίο εφαρμογής και ερμηνευτική δύναμη, αλλά αυτή η ανταλλαγή δεν είναι απαραίτητη. Όπως μας αποδεικνύει η θεωρία δυναμικών δεξιοτήτων, το ξεκίνημα με μεταβλητότητα και ατομικές διαφορές μπορεί να οδηγήσει σε αρχές που, ταυτόχρονα: **1)** φιλοξενούν την ωμη πραγματικότητα της μάθησης και της ανάπτυξης στα πλαίσια του πραγματικού κόσμου και **2)** είναι πιο χρήσιμα από ό, τι οι αφηρημένες τυπικές ψυχολογικές δομές.

Μια κοινή κριτική είναι ότι τόσο ευρεία, αφηρημένα μοντέλα δεν μπορούν να διαψευστούν εμπειρικά. Για παράδειγμα, η θεωρία του Piaget επικρίνεται ως υπερβολικά ευρεία και ασαφής. Παρ'όλα αυτά, αυτό έχει δημιουργήσει μια αξιόλογη έκρηξη νέας έρευνας σε πολλούς τομείς, ένα μεγάλο μέρος της οποίας, συνδέεται άμεσα με την εκπαιδευτική έρευνα και πρακτική, (Adey & Shayer, 1994, Griffin & Case, 1997). Επιπλέον δεν υπάρχει αμφιβολία, πως τέτοια συνολικά μοντέλα δεν είναι εύκολο να επιδεχτούν απλή παραποίηση.

Ωστόσο, με τα ρεαλιστικά κριτήρια του MBE που δίνουν έμφαση τόσο στην εκπαιδευτική αποτελεσματικότητα όσο και στην επιστημονική οξυδέρκεια, ένα μοντέλο υπόκειται σε αυστηρό έλεγχο και των εμπειρικών προβλέψεων και της πρακτικής χρησιμότητάς του, (Elgin, 2004). Αυτά τα γενικά-ευρεία μοντέλα πρέπει να περάσουν την δοκιμασία της αυστηρής πρακτικής για τη δημιουργία χρήσιμης γνώσης.

Η έμφαση στη χρήσιμη γνώση δεν αποκλείει τη βασική έρευνα, αλλά, αντίθετα, απαιτεί την ένταξή της ως μέρος του πεδίου του MBE. Τα είδη ευρέων θεωρητικών μοντέλων της ανθρώπινης ανάπτυξης που απαιτούνται για να πλαισιώσουν το MBE δεν θα μπορούσαν να κατασκευαστούν χωρίς ικανοποιητικά αυστηρή θεωρητική και εμπειρική εργασία, όπως είναι τα μοντέλα νευρωνικών δικτύων ή τα πρότυπα f-MRI.

Το σημείο που επισημαίνουν οι Fischer και Stein σχετικά με τα ουσιαστικά-ρεαλιστικά κριτήρια βάσει των οποίων τα μοντέλα του MBE αποδεικνύουν την αξία τους, στηρίζεται στις επιπτώσεις των μοντέλων, στη συνάφεια και στην αποτελεσματικότητα τους για την εκπαιδευτική πρακτική. **Στο MBE τα βασικά προβλήματα τελικά τίθενται**

και επίλυονται στον κόσμο της εκπαιδευτικής πρακτικής. Παρόλο που η βασική έρευνα θα συμβάλλει πάντα στην επίλυση αυτών των προβλημάτων -με την ευρεία ενημέρωση των θεωρητικών μοντέλων- μόνο η έρευνα που διεξάγεται στο πλαίσιο της πρακτικής και της εφαρμογής, θα αντιμετωπίσει ρητά τα βασικά προβλήματα του MBE.

Έτσι, στο MBE η καθαρά θεωρητική εργασία σε τομείς όπως η ψυχολογία και η επιστήμη του εγκεφάλου πρέπει να πλαισιωθεί εκ νέου και να προσαρμοστεί από το σημείο που ξεκίνησε, προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι ανησυχίες της εκπαιδευτικής πρακτικής.

Γενικώς, οι ερευνητές, (K. Fischer και Z. Stein), πιστεύουν ότι ευρεία θεωρητικά μοντέλα προσανατολισμένα προς την πρακτική μπορούν να χρησιμεύσουν για την ενσωμάτωση και πλαισίωση μιας ευρείας ποικιλίας θεωρητικών ευρημάτων και μεθόδων. Αυτό αποδεικνύεται, για παράδειγμα, με τη θεωρία δυναμικών δεξιοτήτων, η οποία αφομοιώνει και ενσωματώνει την εργασία από διάφορα πεδία και ερευνητικά θέματα στο πλαίσιο γενικών αρχών που αντιμετωπίζουν τις επιμέρους διαφορές, τη μεταβλητότητα και τη μάθηση στον πραγματικό κόσμο, (Fischer & Bidell, 2006).

Με άλλα λόγια, μια συμβίωση της θεωρίας και της πρακτικής απαιτείται για την άσκηση του ελέγχου της ποιότητας σε διεπιστημονικά εστιασμένα στο πρόβλημα πεδία, όπως το MBE. Τα μοντέλα κατασκευάζονται για έναν σκοπό, και τα μοντέλα στο MBE πρέπει να κάνουν πολύ περισσότερα από το να αποδίδουν εξηγήσεις. Η έννοια του ερευνητικού σχολείου είναι χρήσιμη για τη θεμελίωση του τι σημαίνει για ένα μοντέλο η δημιουργία χρήσιμης γνώσης. Σε ένα σχολείο έρευνας, οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί με διαφορετικό υπόβαθρο συγκλίνουν σε ένα κοινό χώρο εκπαιδευτικών προβλημάτων, όπου δημιουργούν μια κοινή γλώσσα για να επικοινωνούν, θεσπίζουν ειδικά προβλήματα μαζί, και αρθρώνουν πιθανές λύσεις.

Ένα ευρύ και ολοκληρωμένο μοντέλο των διαδικασιών μάθησης μπορεί να διευκολύνει αυτό το είδος της κοινής γλώσσας, π.χ. αυτό που εννοούμε με τον όρο αφηρημένη σκέψη, μαθησιακή αναπηρία κλπ. Επιπλέον, ένα ευρύ μοντέλο μπορεί να προσφέρει μια κοινή γλώσσα αξιολόγησης που να είναι και επιστημονικά αυστηρή και με πρακτική σημασία, φωτίζοντας τη μεταρρύθμιση των πρακτικών διδασκαλίας μέσα από ένα ευρύ πλαίσιο για την εκτίμηση και την αξιολόγηση.

Ένα καλό μοντέλο θα παρέχει πρότυπα για την αξιολόγηση της προόδου των μαθητών που θα είναι έγκυρα στα μάτια τόσο των ερευνητών όσο και των εκπαιδευτικών. Προσπάθειες που καταβάλλονται για τη χρήση της θεωρίας δυναμικών δεξιοτήτων

καταδεικνύουν τη δύναμη αυτών των κοινών προτύπων, (Dawson & Stein, 2008). Έτσι, τα πιο πολύτιμα μοντέλα στο MBE θα είναι αυτά που μπορούν να προσφέρουν αυτό το είδος οικοδόμησης της γνώσης, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη γλώσσα και ένα εννοιολογικό πλαίσιο. Τα μοντέλα που θα είναι ικανά να συμβάλλουν στην ευθυγράμμιση των ερευνητών και των εκπαιδευτικών, ανάμεσα στη θεωρία και την πράξη.

3.9.3 Ηθική, σκοποί και μέσα του Νου Εγκεφάλου και Εκπαίδευσης

Τα ηθικά ζητήματα έχουν εξέχουσα θέση στις συζητήσεις σχετικά με τη γενετική, τη νευρολογία, και την εκπαίδευση επειδή αφορούν τη φύση των θεσμικών δομών και των κοινωνικών κανόνων, (Habermas, 2003). Οι Fischer και Stein στη συνέχεια επικεντρώνονται σε ζητήματα που αφορούν τη συμβίωση μεταξύ της θεωρίας και της πράξης μέσα στο MBE.

Οι αλλαγές στην εκπαιδευτική πρακτική και η υλοποίηση επιστημονικά τεκμηριωμένων παρεμβάσεων εξαρτώνται από ηθικές αποφάσεις σχετικά με τους στόχους και τις αξίες για την εκπαίδευση και τη μάθηση καθώς και με την έκταση και τη φύση των δράσεων για την επίτευξη των στόχων αυτών. Σε γενικές γραμμές, δύο συμπληρωματικά ηθικά θέματα είναι σημαντικά.

Το ένα αφορά τον περιορισμό του πεδίου εφαρμογής ορισμένων πιθανών επιστημονικά τεκμηριωμένων παρεμβάσεων για να διαφυλαχθεί η ακεραιότητα και η αυτονομία των ατόμων. **Δεν σημαίνει πως όλη η γνώση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, πρέπει και να χρησιμοποιηθεί.** Το άλλο θέμα αφορά τη δίκαιη κατανομή των οφελών που προκύπτουν από τις βελτιώσεις των πρακτικών. **Η γνώση που έχει τεθεί για την καλή-ορθή χρήση θα πρέπει να χρησιμοποιείται για να τους βοηθήσει όλους.**

Μια μακρά παράδοση ηθικής φιλοσοφίας μπορεί να ανιχνευτεί από τους Habermas και Rawls ανατρέχοντας πίσω στον Dewey και τελικά, στον Καντ, η οποία υποστηρίζει ότι **οι στόχοι των πιο σημαντικών δημόσιων ιδρυμάτων θα πρέπει να καθορίζονται μέσα από διαδικασίες σχηματισμού της δημόσιας βούλησης που υπόκεινται σε συνεχή αναθεώρηση.**

Οι στόχοι αυτοί, που προσωρινά έχουν καθιερωθεί από την κοινότητα, χρησιμεύουν για να προσανατολιστεί η χρήση των νέων γνώσεων, διασφαλίζοντας ότι η θεσμοθέτηση

των αξιών προχωρεί διαλεκτικά, καθώς η επιστήμη εξυπηρετεί τους σκοπούς που οι άνθρωποι θέτουν για τους ίδιους. Σε γενικές γραμμές, το MBE θα πρέπει να εδραιώσει τη θέση του σε ευρύτερης αξίας συζητήσεις, σχετικά με τους στόχους της εκπαίδευσης. Θα πρέπει να βρει έναν τρόπο για την αντιμετώπιση των ηθικών ζητημάτων που θα προκύψουν καθώς η χρήσιμη γνώση επεκτείνεται.

Υπάρχει μια σειρά μη αμφιλεγόμενων εκπαιδευτικών στόχων που συγκεντρώνει σχεδόν την καθολική συναίνεση σε χώρες με δημοκρατικές και μετά-βιομηχανικές μορφές διακυβέρνησης. Βάζοντας στην άκρη τις διαφωνίες για το χαρακτήρα της εκπαίδευσης και τις απρόβλεπτες δεξιότητες που απαιτούνται για την αυριανή οικονομία, λίγοι άνθρωποι αμφισβητούν την αξία της ανάγνωσης, της αριθμητικής, και μια σειρά από άλλες βασικές δυνατότητες.

Καθώς το MBE κάνει πρόοδο στη δημιουργία νέων τρόπων που επηρεάζουν τη μάθηση και την ανάπτυξη, σημαντικές ερωτήσεις θα προκύψουν για τα είδη των πραγμάτων που οι άνθρωποι θα πρέπει να κάνουν για να προωθήσουν τις δυνατότητες αυτές. Ορισμένα είδη ερωτήσεων είναι ήδη εμφανή: Η γενετική διαλογή και η τροποποίηση της συμπεριφοράς μέσω φαρμάκων είναι μόνο οι πιο προφανείς κόκκινες σημαίες σε μια συνεχώς αυξανόμενη λίστα επιστημονικά τεκμηριωμένων τεχνικών που μπορούν να επηρεάσουν τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα.

Πρέπει να υπάρχουν όρια για το βαθμό στον οποίο οι στόχοι αυτοί μπορούν διαταράξουν της ιδιωτική ζωή των ανθρώπων. Ακόμα και έργα που αποσκοπούν στην προώθηση συλλογικών αξιών, όπως η εκπαίδευση, πρέπει να σταματήσουν πολύ πριν υπερβούν-παραβιάσουν την αξιοπρέπεια και την αυτονομία των ατόμων.

Κατά τον Habermas (1996), θεωρούν ότι οι επιστήμονες και οι νομοθέτες δεν μπορούν να προσδιορίσουν τα όρια αυτά μόνοι τους. Όσον αφορά θέματα ευρείας δημόσιας ανησυχίας στην εκπαίδευση, το τι είναι αποδεκτό ή όχι δεν πρέπει ποτέ να αποφασίζεται εκ των προτέρων ή σε απομόνωση από τις συζητήσεις στη δημόσια σφαίρα σχετικά με τα είδη των κοινοτήτων και των ατόμων που πρέπει να ενισχυθούν.

Έτσι, απαιτούνται δημόσια φόρουμ για την προώθηση γενικής συζήτησης με στόχο την έκφραση των ηθικών ορίων που θα πρέπει να τοποθετηθούν σχετικά με τη χρήση των βιολογικών και ψυχολογικών τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Οι ειδικοί στο MBE θα έχουν ένα σημαντικό ρόλο να διαδραματίσουν σε αυτό το ζήτημα, αλλά θα είναι μια φωνή μεταξύ πολλών. Σε έναν κόσμο όπου η ανάπτυξη και η διάδοση της επιστήμης και της τεχνολογίας προχωρεί με ιδιαίτερα ανησυχητικούς ρυθμούς, ο λόγος για την αυτό-

επιβολή περιορισμών σε αυτές τις εξελίξεις θα πρέπει να συνοδεύεται από διαδικασίες για την κωδικοποίηση θεσμικών πολιτικών και κρατικής νομοθεσίας. Με βάση την αιτιολογημένη δημόσια συζήτηση, πρέπει να δομηθούν διαδικασίες με σκοπό να εφαρμοστούν τα όρια και οι αρχές για τη χρήση των εργαλείων και των τεχνικών του ΜΒΕ. Μαζί με την συζήτηση για τον περιορισμό της εφαρμογής ορισμένων τύπων των εξελίξεων στο ΜΒΕ πρέπει να γίνει λόγος για τη δίκαιη κατανομή των πιθανών οφελών.

Μαζί με τον Rawls (Z. Stein, Kurt W. Fischer & Rawls, 1971), θεωρούν ότι σημαντικά θέματα σχετικά με τη δίκαιη κατανομή των εκπαιδευτικών αγαθών θα γίνουν κεντρικά με τις προόδους στο ΜΒΕ. Και αυτά τα θέματα πρέπει να συζητηθούν στο φως της ηθικής σημασίας τους, δηλαδή από την οπτική γωνία μιας οικουμενικής-παγκόσμιας ηθικής.

Πρέπει να υπάρχει ανταλλαγή ιδεών και συζήτηση σχετικά με το πώς θα γίνουν οι καινοτομίες ευρέως διαθέσιμες σε φυλετικές, κοινωνικό-οικονομικές και διεθνείς υποδιαιρέσεις, περιλαμβάνοντας στη συζήτηση και πόσο πολύτιμα είναι τα εκπαιδευτικά αγαθά, τόσο για τα άτομα όσο και για τις κοινότητες και πώς τείνει να γίνεται άδικα η κατανομή τους στα περισσότερα έθνη. Αυτή η συζήτηση στην δημόσια σφαίρα πρέπει να απευθυνθεί στους νόμους και στις διαδικασίες για την κωδικοποίηση της πολιτικής και των νόμων, συμπεριλαμβανομένων ενεργών μέτρων για να εξασφαλιστεί ότι οι εξελίξεις και τα οφέλη του ΜΒΕ δεν θα περιοριστούν για τη βελτίωση της μάθησης των λίγων και προνομιούχων.

Ένα από τα καλύτερα συστήματα εκπαίδευσης στον κόσμο, για παράδειγμα αυτό της Φινλανδίας, χαρακτηρίζονται από τη δέσμευσή τους για την ισότητα και τη δικαιοσύνη στην κατανομή των εκπαιδευτικών πόρων, (OECD, 2007). **Η δικαιοσύνη πρέπει να είναι κατευθυντήρια αρχή στις προσπάθειες για επιστημονικά τεκμηριωμένες αναπλάσεις των εκπαιδευτικών συστημάτων, καθιστώντας τις πιο δίκαιες και πιο αποτελεσματικές.**

Και για τα δύο, τους περιορισμούς και τη δίκαιη χρήση, της γνώσης του ΜΒΕ, η ευρεία κοινότητα πρέπει να συμμετάσχει στη συζήτηση. Οι επιστήμονες, οι φιλόσοφοι, οι νομοθέτες, οι εκπαιδευτικοί, οι γονείς και οι μαθητές πρέπει όλοι να συμβάλουν. Έτσι, επιστρέφουμε και πάλι στην ανάγκη για συμβίωση και διάλογο μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών σε αυτή την σημαντικότερη επιχείρηση.

Ένα σωστά εδραιωμένο σχολείο έρευνας θα μπορούσε να συμβάλλει σημαντικά στις προσπάθειες αυτές, κινητοποιώντας μια ποικιλομορφία φωνών ώστε να συνδημιουργήσουν εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Ένα τέτοιο σχολείο έρευνας, η

επαναληπτική διαδικασία στην οποία οι εκπαιδευτικές καινοτομίες βασισμένες στην έρευνα, έχουν πειραματική εφαρμογή, κατανοούνται, εξοπλίζονται εκ νέου και ξαναεφαρμόζονται, μπορεί να παραμείνει ανοιχτό σε όλες τις κρίσιμες συγκυρίες, ως αποτέλεσμα των ανθρώπων που πλήττονται περισσότερο, μαθητές, δάσκαλοι και γονείς.

Μια τέτοια μορφή θα μπορούσε να είναι μια σειρά διαρθρωμένων συναντήσεων στο δημαρχείο για ένα σχολείο ή μια σχολική περιφέρεια, όπου οι ερευνητές, οι εκπαιδευτικοί, οι μαθητές και οι γονείς σε συνεργασία μεταξύ τους θα πλαισιώσουν τα πιο ουσιώδη ζητήματα για τη βελτίωση των σχολείων τους.

Οι ερευνητές συνεχίζουν πως αυτά τα μικρογραφικά πειράματα στη δημοκρατία θα είναι γεμάτα συγκρούσεις και πολυπλοκότητα, όπως γίνεται στις δημοκρατίες γενικότερα. Ο διάλογος μπορεί να χρησιμεύσει για την ενημέρωση των θεσμικών πολιτικών και πρακτικών, ξεκινώντας μια κίνηση για να δημιουργηθεί μια κουλτούρα που να μεριμνά τόσο για την ηθική όσο και για την επιστήμη της εκπαιδευτικής πρακτικής και που θα είναι ικανή να ρέει προς το ευρύτερο κράτος και την εθνική πολιτική.

Συνοψίζοντας τις απόψεις των ερευνητών Fischer και Stein καταλήγουμε στο ότι το αναδυόμενο πεδίο του Εγκέφαλου-Νου-Εκπαίδευσης, (Mind, Brain, and Education), θα πρέπει να διαμορφωθεί όχι μόνο από τους συστατικούς επιστημονικούς κλάδους, αλλά και από τις εφαρμογές της στην εκπαίδευση και τη μάθηση. **Η ανάγκη για σύνθεση σε όλους τους επιστημονικούς και πρακτικούς κλάδους δείχνει προς ένα εστιασμένο στο πρόβλημα μεθοδολογικό πλουραλισμό και σε μια καταλυτική συμβίωση της θεωρίας, της έρευνας και της πρακτικής. Ο στόχος της παραγωγής χρήσιμης γνώσης διαμορφώνει την κατασκευή θεωρητικών μοντέλων που παρέχουν ολιστική κατανόηση, απαιτώντας ολοκληρωμένα μοντέλα της ανθρώπινης μάθησης και ανάπτυξης τα οποία εκτείνονται σε πολλαπλά επίπεδα ανάλυσης και πολλαπλές προοπτικές, αντί να γίνεται στενή εστίαση στην αλήθεια ενός επιστημονικού κλάδου.**

Τελικά αυτά τα μοντέλα θα πρέπει να τεθούν προς καλή-ορθή χρήση, δημιουργώντας χρήσιμη γνώση, η εφαρμογή και διάδοση της οποίας διαμορφώνεται από ηθικά ζητήματα που βασίζονται στο διάλογο μεταξύ όλων εκείνων που ενδέχεται να επηρεαστούν. Η αναζήτηση για χρήσιμη γνώση στο MBE απαιτεί έμφαση στον έλεγχο της ποιότητας υπό το πρίσμα της εκπαιδευτικής συνέπειας και αποτελεσματικότητας, καθώς και επιστημονική εγκυρότητα.

4

Επίλογος: παρατηρήσεις και προοπτικές

Ολοκληρώνοντας την εργασία πάνω στην εκπαιδευτική νευροεπιστήμη θα αναφέρουμε τις παρατηρήσεις του ΟΟΣΑ, για την σημασία της εκπαιδευτικής νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση, την εκπαιδευτική πολιτική, την σημαντική περίοδο της εφηβείας και τις ευαίσθητες περιόδους μάθησης αλλά και τις προοπτικές για το μέλλον, ο Πίνακας 9 αναφέρει τις αναφορές που μελετήθηκαν.

Πίνακας 9 Αρθρογραφία επιλόγου

#	Αναφορά	Τίτλος
1	OECD (2002)	Understanding the Brain - Towards a New Learning Science
2	OECD (2005)	Formative Assessment - Improving Learning in Secondary Classrooms
3	OECD (2006)	Personalising Education
4	OECD (2007)	Understanding the Brain – The birth of a Learning Science

4.1 Εκπαιδευτική Νευροεπιστήμη και Εκπαιδευτική Πολιτική-Πρακτική

Ο όγκος από τη μάθηση που λαμβάνει χώρα στα πρώτα χρόνια της βρεφικής ηλικίας έως εκείνη των ηλικιωμένων, από τις γνώσεις που σχετίζονται με συγκεκριμένες θεματικές περιοχές έως αυτές που ασχολούνται με τα συναισθήματα και τα κίνητρα, από την διορθωτική έως την πιο γενική κατανόηση της μάθησης δείχνει πόσο ευρεία είναι η συμβολή της νευροεπιστήμης, στην εκπαιδευτική πολιτική και πρακτική.

Έχει αποδειχθεί ότι η συμβολή της νευροεπιστήμης στην εκπαίδευση παίρνει διάφορες μορφές. Σε πολλές ερωτήσεις, η νευροεπιστήμη βασίζεται στα συμπεράσματα της υπάρχουσας γνώσης από άλλες πηγές, όπως η ψυχολογική μελέτη, η παρακολούθηση στην τάξη ή έρευνες επιτευγμάτων. Η νευροεπιστημονική συμβολή είναι σημαντική διότι:

1. Βελτιώνει την κατανόηση του «αιτιότητας» και όχι μόνο της «συσχέτισης», και κινεί σημαντικές ερωτήσεις από το χώρο της διαίσθησης ή της ιδεολογίας στο χώρο των αποδεικτικών στοιχείων.
2. Αποκαλύπτοντας τους μηχανισμούς μέσω των οποίων παράγονται τα αποτελέσματα, μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό αποτελεσματικών παρεμβάσεων και λύσεων.
3. Παράγει νέες γνώσεις, ανοίγοντας νέους δρόμους. Χωρίς την κατανόηση του εγκεφάλου, για παράδειγμα, δεν θα ήταν δυνατόν να γνωρίζουμε τα διάφορα πρότυπα των δραστηριοτήτων του εγκεφάλου των έμπειρων εκτελεστών σε σχέση με αρχάρια άτομα ως ένα μέσο κατανόησης της αντίληψης και της μαεστρίας, ή
4. Πώς η μάθηση μπορεί να είναι μια αποτελεσματική απάντηση στη φθορά της γήρανσης, ή
5. Γιατί ορισμένες μαθησιακές δυσκολίες είναι εμφανείς σε ορισμένους σπουδαστές, ακόμη και όταν δείχνουν να τα καταφέρνουν καλά με άλλες εκπαιδευτικές απαιτήσεις.

6. Συμβάλλει αποφασιστικά στη διάλυση των νευρομύθων, που κινδυνεύουν να αποσπάσουν σοβαρές εκπαιδευτικές πρακτικές με τις ιδιότυπες τυποποιημένες λύσεις που βρίσκει κανείς σε βιβλιοπωλεία του αεροδρόμιου.
7. Εμβαθύνει τη βάση των γνώσεων για το τι συνιστά τη μάθηση ως κεντρική πτυχή της ανθρώπινης και κοινωνικής ζωής.
8. Ερευνά με τρόπους που διασχίζουν τις διαφορετικές θεσμικές ρυθμίσεις που ονομάζονται «εκπαίδευση».
9. Η νευροεπιστήμη αναπτύσσει τα μέσα για την αποκάλυψη των μέχρι τώρα κρυμμένων χαρακτηριστικών στα άτομα, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς αποκατάστασης-θεραπείας - να ξεπεράσουν τα προβλήματα ανάγνωσης ή τη δυσαριθμία, για παράδειγμα. Τελικά, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την επιλογή ή τη βελτίωση της απόδοσης ή για να αποκλείσουν
10. Μαζί με άλλους κλάδους, είναι σε θέση να ενημερώσει σχετικά με τον καλύτερο τρόπο σχεδιασμού και οργάνωσης διαφορετικών εκπαιδευτικών πρακτικών, ιδίως όσον αφορά τον αγώνα μεταξύ των ευρημάτων σχετικά με τον καλύτερο τρόπο με τον οποίο η μάθηση λαμβάνει χώρα και πότε, και πώς η εκπαίδευση είναι συμβατικά οργανωμένη.

Η έρευνα του εγκεφάλου παρέχει σημαντικά νευρολογικά στοιχεία για να υποστηρίξουν τον ευρύ στόχο της δια βίου μάθησης και να επιβεβαιώσουν τα ευρύτερα οφέλη της μάθησης, ιδίως για γηραιούς πληθυσμούς. Ένα από τα πιο ισχυρά σύνολα ευρημάτων σχετικά με τη μάθηση, αφορά τις αξιοσημείωτες ιδιότητες της «πλαστικότητας» του εγκεφάλου - η προσαρμογή, η ανάπτυξη σε σχέση με βιωμένες ανάγκες και πρακτική, και το κλάδεμα όταν τα μέρη γίνονται περιττά - η οποία συνεχίζει καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής, συμπεριλαμβανομένης πολύ μεγαλύτερης ηλικίας από ό, τι είχαμε προηγουμένως φανταστεί.

Οι απαιτήσεις που γίνονται στο άτομο και πάνω στην εκπαίδευση του είναι το κλειδί για την πλαστικότητα - όσο περισσότερο μαθαίνεις, τόσο περισσότερα μπορείς να μάθεις. Μακριά από τη στήριξη ηλικιακών εννοιών, όπως ότι η εκπαίδευση είναι καλύτερο να επικεντρώνεται στους νέους, η νευροεπιστήμη έχει δείξει ότι η μάθηση είναι μια δια βίου δραστηριότητα και ότι όσο περισσότερο συνεχίζεται τόσο πιο αποτελεσματική είναι.

Καθώς οι απαιτήσεις για την κατοχή μιας βάσης τεκμηρίωσης πάνω στην οποία θα γειώνεται-στηρίζεται η πολιτική και η πρακτική, μεγαλώνουν, έτσι έχει γίνει ακόμη πιο σημαντικό να διευρύνουμε την κατανόηση των «ευρύτερων οφελών» της εκπαίδευσης πέρα από τα οικονομικά κριτήρια τα οποία τόσο συχνά κυριαρχούν στην πολιτική αναλύσεων κόστους-οφέλους.

Υπάρχουν όλο και περισσότερες ενδείξεις που δείχνουν, για παράδειγμα, ότι οι εκπαιδευτική συμμετοχή μπορεί να έχει ισχυρά οφέλη από την άποψη της υγείας ή της πολιτικής συμμετοχής, (CERI work on the "Social Outcomes of Learning"). Η έκθεση αυτή έχει τις υποστηρίξει τα επιχειρήματα σχετικά με τα ευρύτερα οφέλη της μάθησης: τα τεράστια και δαπανηρά προβλήματα που εκπροσωπούνται από την γεροντική άνοια σε όλο τον γηραιό πληθυσμό, μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω της παρέμβασης της μάθησης η οποία προσδιορίζεται μέσα από την νευροεπιστήμη.

Χρειαζόμαστε ολιστικές προσεγγίσεις που να βασίζονται στην αλληλεξάρτηση του σώματος και του νου, του συναισθηματικού και του γνωστικού. Με τέτοια μεγάλη έμφαση στην γνωστική απόδοση - σε χώρες και διεθνώς - υπάρχει κίνδυνος να αναπτύξουμε μια στενή αντίληψη για το ποια είναι η χρησιμότητα της εκπαίδευσης.

Μακριά από την εστίαση ότι ο εγκέφαλος ενισχύει αποκλειστικά γνωστικές προκαταλήψεις με γνώμονα τις επιδόσεις, στην ουσία προτείνει την ανάγκη για ολιστικές προσεγγίσεις που να αναγνωρίζουν τη στενή αλληλεξάρτηση της φυσικής και πνευματικής ευεξίας, καθώς και τη στενή αλληλεπίδραση του συναισθηματικού και του γνωστικού, των αναλυτικών και των δημιουργικών τεχνών.

Οι τρόποι με τους οποίους τα οφέλη της καλής διατροφής, της άσκησης, του ύπνου επιδρούν πάνω στη μάθηση, γίνονται όλο και περισσότερο κατανοητοί μέσω των επιδράσεων τους στον εγκέφαλο. Για τους ηλικιωμένους, η γνωστική εμπλοκή-ενασχόληση, (όπως το σκάκι ή τα σταυρόλεξα), η τακτική σωματική άσκηση, και μια ενεργή κοινωνική ζωή προωθούν τη μάθηση και μπορεί να καθυστερήσουν τον εκφυλισμό του γηραιού εγκεφάλου.

Η ανάλυση αυτής της έκθεσης, όχι μόνο δείχνει πώς τα συναισθήματα παίζουν σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του εγκεφάλου, αλλά και τις διαδικασίες με τις οποίες τα συναισθήματα επηρεάζουν όλες τις άλλες διαδικασίες. Ιδιαίτερα σημαντική για τους εκπαιδευτικούς σκοπούς είναι η ανάλυση του φόβου και του άγχους, η οποία δείχνει πώς, για παράδειγμα, μειώνουν την αναλυτική ικανότητα, και αντίστροφα, πως θετικά συναισθήματα ανοίγουν πόρτες στο εσωτερικό του εγκεφάλου.

Αυτό είναι εξίσου σημαντικό για τους ενήλικες μαθητές αντιμέτωπους με μια δυσάρεστη επιστροφή στην εκπαίδευση, όπως είναι και για τα νεαρά άτομα που έρχονται αντιμέτωπα με τις άγνωστες απαιτήσεις της δευτεροβάθμιας ή τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Υπάρχει μια διάσταση ισότητας, σχετικά με τον φόβο της αποτυχίας, την έλλειψη αυτοπεποίθησης, και προβλήματα όπως το «μαθηματικό άγχος» και είναι πιθανό να βρεθούν σε σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό σε αυτούς που προέρχονται από λιγότερο προνομιούχο περιβάλλον.

4.2 Η περίοδος της εφηβείας

Η έκθεση αυτή είναι ιδιαίτερα αποκαλυπτική σχετικά με τη φύση της εφηβείας από την άποψη του σταδίου της ανάπτυξης του εγκεφάλου στα εφηβικά χρόνια και ιδιαίτερα από την άποψη της συναισθηματικής ωρίμανσης. Οι γνώσεις που παρέχονται από τις νευροεπιστήμες πάνω στην εφηβεία και στις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια των εφηβικών ετών είναι ιδιαίτερα σημαντικές, καθώς αυτή είναι η περίοδος κατά την οποία συμβαίνουν τόσα πολλά στην εκπαιδευτική σταδιοδρομία ενός ατόμου.

Η δευτεροβάθμια φάση της εκπαίδευσης καλύπτεται συνήθως από αυτό το στάδιο, με σημαντικές αποφάσεις που πρέπει να παρθούν, που θα έχουν μακροχρόνιες συνέπειες όσον αφορά τις προσωπικές, εκπαιδευτικές και επαγγελματικές δυνατότητες. Κατά το χρονικό διάστημα αυτό, οι νέοι οι άνθρωποι είναι στη μέση της εφηβείας, με ανεπτυγμένη γνωστική ικανότητα, (υψηλή ιπποδύναμη), αλλά συναισθηματική ανωριμότητα (κακό χειρισμό).

Σαφώς, αυτό δεν μπορεί να σημαίνει ότι οι σημαντικές επιλογές θα πρέπει απλώς να καθυστερούνται μέχρι την ενηλικίωση. Αφήνει να εννοηθεί, με το επιπλέον ισχυρό βάρος των νευρολογικών αποδείξεων, ότι οι επιλογές τους δεν θα πρέπει να λάβουν τη μορφή θυρών που κλείνουν οριστικά. Χρειάζεται να υπάρχει ισχυρότερη διαφοροποίηση των περαιτέρω ευκαιριών μάθησης, (τυπική και άτυπη), και μεγαλύτερη αναγνώριση των τροχιών της ωρίμανσης των εφήβων.

Η νευροεπιστήμη έχει επίσης αναπτύξει τη βασική έννοια της «συναισθηματικής ρύθμισης». Η διαχείριση των συναισθημάτων είναι μία από τις βασικές δεξιότητες για να είναι κανείς αποτελεσματικός μαθητής. Η συναισθηματική ρύθμιση επηρεάζει πολύπλοκους παράγοντες όπως την ικανότητα να εστιάζουμε την προσοχή μας, την επίλυση προβλημάτων και την υποστήριξη σχέσεων. Δεδομένης της «κακής διαχείρισης» της εφηβείας και της αξίας της προώθησης της συναισθηματικής ωριμότητας σε νέους ανθρώπους σε αυτό το βασικό στάδιο, μπορεί να είναι εξαιρετικά καρποφόρο να εξετάσουμε πώς αυτό θα μπορούσε να εισαχθεί στο πρόγραμμα σπουδών και να αναπτύξουμε τα κατάλληλα προγράμματα.

4.3 Η σημασία της περιοδικότητας σε θέματα σπουδών

Το έργο των ψυχολόγων όπως του Piaget έχει εδώ και καιρό επηρεάσει την κατανόησή μας για τη μάθηση συνδέοντας την με την ατομική ανάπτυξη. Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη επιτρέπει πλέον να θεωρηθούν ικανά τα μοντέλα του Piaget, (συμπεριλαμβανομένης της επίδειξης των ικανοτήτων που ήδη διακατέχουν τα βρέφη), με παράλληλη διεύρυνση της κατανόησης του χρόνου και της βέλτιστης μάθησης μέσα από τη μελέτη των «ευαίσθητων» περιόδων.

Το μήνυμα που προκύπτει από την έκθεση αυτή είναι λεπτό: δεν υπάρχουν «κρίσιμες περιόδους» όταν η διδασκαλία πρέπει να συμβαίνει και μάλιστα η νευροεπιστημονική κατανόηση της δια βίου «πλαστικότητας» δείχνει ότι οι άνθρωποι είναι πάντα ανοιχτοί σε νέα μάθηση. Από την άλλη πλευρά, έχει δώσει ακρίβεια στην έννοια των «ευαίσθητων περιόδων» - οι ηλικίες στις οποίες το άτομο είναι ιδιαίτερα έτοιμο και ικανό να συμμετάσχει σε συγκεκριμένες μαθησιακές δραστηριότητες. Το παράδειγμα της εκμάθησης ξένων γλωσσών έχει εξέχουσα θέση στην παρούσα έκθεση, και αποτελεί βασικό θέμα σε ένα όλο και πιο παγκοσμιοποιημένο κόσμο.

Σε γενικές γραμμές, όσο πιο σύντομα ξεκινήσει η διδασκαλία ξένων γλωσσών, τόσο πιο αποδοτική και αποτελεσματική μπορεί να είναι. Τέτοια μάθηση, δείχνει διαφορετικά μοτίβα δραστηριότητας του εγκεφάλου στα βρέφη σε σύγκριση με παιδιά σχολικής ηλικίας και σε σχέση με ενήλικες: σε μεγαλύτερες ηλικίες περισσότερες περιοχές του εγκεφάλου είναι ενεργοποιημένες και η μάθηση είναι λιγότερο αποτελεσματική. Ακόμα κι έτσι, οι ενήλικες είναι απόλυτα ικανοί να μάθουν μια νέα γλώσσα.

Η έκθεση αυτή έχει επίσης διαλύσει τους μύθους για τους κινδύνους της πολύγλωσσης εκπαίδευσης παρεμβαίνοντας στην αρμοδιότητα της μητρικής γλώσσας. Πράγματι, τα παιδιά που μαθαίνουν μια ξένη γλώσσα ενισχύουν τις ικανότητες τους στη μητρική τους γλώσσα.

Αυτά είναι σημαντικά ζητήματα για την εκπαίδευση. Τα ευρήματα αυτά εμβαθύνουν τη βάση στην οποία θέτουμε ερωτήσεις σχετικά με το πότε -κατά τη διάρκεια της ζωής- είναι προτιμότερο να επιχειρηθούν ορισμένοι τύποι μάθησης, μια απόφαση βασισμένη πάνω σε αποδεικτικά στοιχεία και όχι στην παράδοση.

Στηρίζουν τη σημασία, ενός πολύ ισχυρού θεμέλιου για τη διά βίου μάθηση, και ως εκ τούτου, τονίζουν περαιτέρω τον ρόλο-κλειδί της προσχολικής εκπαίδευσης και της

βασικής εκπαίδευσης, δίνοντας το καλύτερο δυνατό ξεκίνημα. Την ίδια στιγμή, η έκθεση έχει προειδοποιήσει κατά της υπερβολικής έμφασης που δίνεται στην καθοριστική σημασία των ηλικιών από τη γέννηση έως τριών ετών, για τη μετέπειτα μάθηση.

4.4 Η συμβολή της Νευροεπιστήμης στις προκλήσεις της μάθησης

Η συμβολή που ήδη πράττει η νευροεπιστήμη πάνω στη διάγνωση και στον προσδιορισμό των αποτελεσματικών παρεμβάσεων είναι πιο σαφής στη δυσλεξία, στη δυσαριθμία, και στην άνοια.

Δυσλεξία: Μέχρι πρόσφατα, τα αίτια της δυσλεξίας ήταν άγνωστα, αλλά τώρα γίνεται αντιληπτό ότι προκύπτει κυρίως από άτυπα χαρακτηριστικά του ακουστικού φλοιού, (και ίσως, μερικές φορές, του οπτικού φλοιού). Μόνο πρόσφατα κατέστη δυνατό να εντοπιστούν τα χαρακτηριστικά σε πολύ νεαρή ηλικία. Οι πρώτες παρεμβάσεις - νωρίτερα- έχουν συνήθως μεγαλύτερη επιτυχία από ό, τι οι καθυστερημένες παρεμβάσεις, αλλά και οι δύο είναι δυνατές.

Η δυσαριθμία είναι πλέον κατανοητό ότι έχει παρόμοιες αιτίες με τη δυσλεξία, αν και ο έγκαιρος προσδιορισμός και ως εκ τούτου και η παρέμβαση είναι πολύ λιγότερο ανεπτυγμένα.

Άνοια: Τα πολύ σημαντικά ευρήματα για τη μάθηση και την άνοια έχουν προαναφερθεί, και η εκπαίδευση αναγνωρίζεται ως μια αποτελεσματική, επιθυμητή πηγή «πρόληψης» που, μεταξύ άλλων, καθυστερεί την εμφάνιση των συμπτωμάτων της νόσου του Alzheimer και μειώνει τη σοβαρότητά τους.

Στην πιο γενική κατανόηση του γραμματισμού, η διπλή σημασία της φωνολογικής και σημασιολογικής επεξεργασία απευθείας στον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης στα αγγλικά, υποδηλώνει ότι μια ισορροπημένη προσέγγιση για την διδασκαλία της γραφής και της ανάγνωσης μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική για «μη ρηχές» αλφαβητικές γλώσσες. Όσο και για τις ρηχές ορθογραφίες⁴, η νευροεπιστήμη φαίνεται να επιβεβαιώνει την καταλληλότητα της «συλλαβικής μεθόδου» για την εκμάθηση της ανάγνωσης, και υπάρχουν ενδιαφέρον δυνατότητες προς διερεύνηση στην σύγκριση μεταξύ αλφαβητικών και μη αλφαβητικών γλωσσών, για την απόκτηση της ανάγνωσης.

Πάνω στην αριθμητική δεδομένου ότι οι άνθρωποι γεννιούνται με μια βιολογική κλίση στο να κατανοήσουν τον κόσμο αριθμητικά, η επίσημη διδασκαλία των μαθηματικών

⁴ Στις «ρηχές ορθογραφίες» υπάρχει άμεση αντιστοίχιση μεταξύ φωνήματος και ορθογραφίας, με δοσμένους κανόνες προφοράς μπορεί κάποιος να προφέρει τη λέξη σωστά

πρέπει να βασιστεί στις υπάρχουσες άτυπες νοήσεις-κατανοήσεις της αριθμητικής. Επειδή ο αριθμός και ο χώρος συνδέονται στενά στον εγκέφαλο, οι διδακτικές μέθοδοι που συνδέουν τον αριθμό με το χώρο αποτελούν ισχυρά εργαλεία διδασκαλίας.

4.5 Εξατομικευμένη εκτίμηση για τη βελτίωση της μάθησης και όχι επιλογή ή αποκλεισμός

Οι δυνατότητες απεικόνισης του εγκεφάλου, θα μπορούσαν να έχουν πολύ σημαντικές συνέπειες στην εκπαίδευση, καθώς και στη βελτίωση κρίσιμων ηθικών ζητημάτων. Η γνώση σχετικά με το πώς ο εγκέφαλος λειτουργεί, και για το πώς η ικανότητα και η μαεστρία αντικατοπτρίζονται στις δομές του εγκεφάλου και στις διεργασίες, μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα σύστημα ευρέως επιπέδου, ανακρίνοντας συμβατικές εκπαιδευτικές ρυθμίσεις και πρακτικές ώστε να ρωτήσει πως μπορούμε να τις οργανώσουμε για να πετύχουμε τη βέλτιστη μάθηση.

Πολλές συμβατικές μορφές αξιολόγησης, όπου η επιτυχία μπορεί να ενισχυθεί με το «στοίβασμα – παραγέμισμα», μοιάζουν να είναι «εχθρικές» προς τον εγκέφαλο, διατηρώντας τα επίπεδα κατανόησης χαμηλά. Αλλά πέρα από αυτά τα γενικά ευρήματα, τα αποτελέσματα της νευροεπιστήμης μπορούν ενδεχομένως να εφαρμοστούν και σε μεμονωμένους μαθητές για να ανακαλύψουν θέματα όπως το αν πραγματικά κατανοούν ορισμένα θέματα, ή για να δουν τα επίπεδα της ώθησης-κίνητρα, ή του άγχους.

Χρησιμοποιημένη σωστά, αυτή η ατομική εστίαση μπορεί να προσθέσει θεμελιώδη και ισχυρά διαγνωστικά εργαλεία στη διαδικασία της διαμορφωτικής αξιολόγησης (OECD, 2005) και της εξατομικευμένης μάθησης. Αυτό σχετίζεται με την επιδίωξη μιας σειράς από χώρες, για μεγαλύτερη «εξατομίκευση» των προγραμμάτων σπουδών τους και των εκπαιδευτικών πρακτικών, (OECD, 2006).

Η νευροαπεικόνιση προσφέρει δυνητικά, ισχυρούς πρόσθετους μηχανισμούς στους οποίους θα βασιστεί η εξατομίκευση. Ταυτόχρονα, μελέτες του εγκεφάλου δείχνουν ότι τα ατομικά χαρακτηριστικά απέχουν πολύ από το να είναι σταθερά - υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση μεταξύ των γενετικών λειτουργιών, της εμπειρίας και της πλαστικότητας, έτσι ώστε η έννοια του τι αποτελεί τις ικανότητες ενός ατόμου, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με μεγάλη προσοχή.

Αλλά, από την άλλη πλευρά, τέτοιες μεμονωμένες εφαρμογές της νευροαπεικόνισης μπορεί επίσης να οδηγήσουν σε ακόμη πιο ισχυρές συσκευές για την επιλογή και τον αποκλεισμό από ό, τι διαθέτουμε σήμερα. Ένα βιολογικό βιογραφικό θα είναι ανοικτό σε βαθύς κινδύνους, ενώ είναι δυνητικά ελκυστικό σε χρήστες, όπως τα πανεπιστήμια ή τους εργοδότες. Θα ήταν κατάχρηση των πολύτιμων εργαλείων της νευροαπεικόνισης, αν

είχαν αναπτυχθεί με αρνητικούς τρόπους ώστε να απορρίπτουν τους μαθητές ή τους υποψηφίους με την αιτιολογία ότι δεν δείχνουν επαρκή ικανότητα μάθησης ή δυνατότητες, (ειδικά όταν η πλαστικότητα του εγκεφάλου δείχνει πόσο ανοιχτή προς την εξέλιξη-ανάπτυξη είναι η ικανότητα της μάθησης).

4.6 Βασικοί τομείς για περαιτέρω εκπαιδευτική νευροεπιστημονική έρευνα

Είναι αναγκαίο για την νευροεπιστημονική κοινότητα να συνειδητοποιήσει πόσο πολύτιμη είναι συμβολή στην καλύτερη κατανόηση της βασικής ανθρώπινης δραστηριότητας της μάθησης, για εκπαιδευτικούς σκοπούς, καθώς ισχύει για όλους - απο προικισμένους ως άτομα με ειδικές ανάγκες, απο τους νέους μέχρι τους ηλικιωμένους - και όχι μόνο για εκείνους που χρειάζονται εξυγίανση.

Καλύτερη κατανόηση της βέλτιστης χρονικής στιγμής για καθε μορφή μάθησης, ιδίως σε σχέση με τους εφήβους και με τους ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας, όπου η έρευνα δείχνει ότι η βάση της γνώσης δεν έχει ακόμα αναπτυχθεί επαρκώς Αυτό περιλαμβάνει τις «ευαίσθητες περιόδους» - όταν η ικανότητα για μάθηση είναι καλύτερη - σε συγκεκριμένους τομείς, όπως στην εκμάθηση ξένων γλωσσών.

Η κατανόηση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στην αύξηση της γνώσης και της μείωσης των εκτελεστικών λειτουργιών και της μνήμης. Περισσότερη έρευνα για τη διαδικασία της γήρανσης, και όχι μόνο μεταξύ των ηλικιωμένων, αλλά και σε ενήλικες στη μέση ηλικία -τόσο σχετικά με την ικανότητα να μαθαίνουν όσο και για τον ρόλο της μάθησης στην καθυστέρηση των διαβρωτικών επιδράσεων της γήρανσης.

Πολλά είναι απαραίτητο να κατανοηθούν πάνω στα συναισθήματα και τον εγκέφαλο. Περαιτέρω έρευνα με τη χρήση ψυχολογικών και νευροαπεικονιστικών μελετών απαιτείται για τους νευροβιολογικούς μηχανισμούς που αποτελούν τη βάση των επιπτώσεων του στρες πάνω στη μνήμη και τη μάθηση, καθώς και για τους παράγοντες που μπορούν να μειώσουν ή να ρυθμίσουν το στρες. Ένα συγκεκριμένο ερώτημα για περαιτέρω έρευνα είναι πως ο συναισθηματικός εγκέφαλος του εφήβου αλληλεπιδρά με διαφορετικά είδη ταξικών περιβαλλόντων.

Καλύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι εργαστηριακές συνθήκες επηρεάζουν τα ευρήματα, και της δυνατότητας εφαρμογής και μεταφοράς των αποτελεσμάτων σε διαφορετικές ρυθμίσεις-περιβάλλοντα, εκτός από εκείνες στις οποίες έχουν δημιουργηθεί. Ο βασικός ρόλος ενός κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού και των ειδικών περιβαλλόντων πρέπει να αναλυθεί, ώστε να ξεφύγουμε από τα ακατέργαστα σκευάσματα τα οποία ρωτούν αν το περιβάλλον μπορεί ή όχι να κάνει τη διαφορά.

Επιβεβαιωτικές μελέτες που να δείχνουν πως η ευεργετική διατροφή μπορεί να επηρεάσει θετικά την εγκεφαλική ανάπτυξη και περισσότερες μελέτες που σχετίζονται

άμεσα με τον εκπαιδευτικό τομέα. Το ίδιο ισχύει και για τη σωματική άσκηση, τον ύπνο, τη μουσική και τη δημιουργική έκφραση.

Χρειάζονται πολύ περισσότερα πανω σε ποιους τύπους μάθησης απαιτείται η αλληλεπίδραση άλλων και για το ρόλο των πολιτισμικών διαφορών. Αυτό θα πρέπει να αναλυθεί περαιτέρω όσο αφορά τις δημογραφικές και κοινωνικό-πολιτισμικές διαφορές των μαθητών και ειδικά του φύλου, αλλά είναι επίσης ένα ναρκοπέδιο παρερμηνειών. Η νευροεπιστημη σίγουρα δεν θα πρέπει να τεθεί στην υπηρεσία των ρατσιστικών ή σεξιστικών στερεότυπων.

Η έρευνα μπορεί να βοηθήσει να οδηγήσει στην καλύτερη κατανόηση της πολυδιάστατης πορείας προς την ικανότητα, για παράδειγμα, στην ανάγνωση. Η ανάγκη για την επέκταση του πεδίου εφαρμογής στον πραγματικό κόσμο σε εκπαιδευτικές καταστάσεις και εφαρμογές, π.χ. ολόκληρες προτάσεις και όχι μόνο λέξεις ή χαρακτήρες.

Θα ήταν πολύ χρήσιμο να αναπτυχτεί περαιτέρω ο διαφοροποιημένος χάρτης των μαθηματικών στον εγκέφαλο, ο οποίος βασίζεται στις εμπειρίες που έχουν ήδη αποκτηθεί από τον φαινομενικά παράδοξο συνδυασμό διασπώμενων δεξιοτήτων και λειτουργιών του εγκεφάλου, αφενός, και αφετέρου, απο την διασυνδεσιμότητα. Ο προσδιορισμός των προσεγγίσεων για την αντιμετώπιση του «μαθηματικού άγχους» θα ήταν πολύ χρήσιμος.

Η κατανόηση της διαφορετικής δραστηριότητας του εγκεφάλου - νευρωνικά δίκτυα, ο ρόλος της νοητικής λειτουργίας και η μνήμη - μεταξύ «ειδικών», σε σύγκριση με μαθητές μέσου όρου, και σε σύγκριση με εκείνους που έχουν πραγματικά προβλήματα. Αυτό θα ενημερώσει τόσο την αναγνώριση της επιτυχούς μάθησης και των αποτελεσματικών, στοχευμένων μεθόδων διδασκαλίας.

4.7 Επίλογος

Οι πρόσφατες εξελίξεις στις νευροεπιστήμες έχουν παράγει ισχυρές ιδέες ενώ η εκπαιδευτική έρευνα έχει συσσωρεύσει μια σημαντική βάση γνώσεων. Μια νευροεπιστημονική προοπτική-οπτική γωνία προσθέτει μια νέα, σημαντική διάσταση στη μελέτη της μάθησης στην εκπαίδευση και η εκπαιδευτική γνώση θα μπορούσε να βοηθήσει να κατευθύνει άμεσα την έρευνα της νευροεπιστήμης προς πιο σχετικούς τομείς.

Αν και τα δύο πεδία είναι καλά αναπτυγμένα, ωστόσο, έχουν βαθιά ριζωμένες πειθαρχικές κουλτούρες με μεθόδους και γλώσσα συγκεκριμένων πεδίων, κάτι που καθιστά εξαιρετικά δύσκολο για τους εμπειρογνώμονες από ένα τομέα να χρησιμοποιήσουν γνώσεις από έναν άλλο.

Μια νέα διεπιστημονική προσέγγιση είναι απαραίτητη η οποία θα φέρει τις διάφορες κοινότητες και τις προοπτικές πιο κοντά. Αυτή πρέπει να είναι μια αμοιβαία σχέση, ανάλογη προς τη σχέση μεταξύ της ιατρικής και της βιολογίας, για να διατηρηθεί η συνεχής, αμφίδρομη ροή των πληροφοριών που είναι απαραίτητες για την υποστήριξη της εγκεφαλικά ενημερωμένης, και τεκμηριωμένης εκπαιδευτικής πρακτικής.

Οι ερευνητές και οι επαγγελματίες μπορούν να συνεργαστούν για να προσδιορίσουν ερευνητικούς στόχους εκπαιδευτικά σχετικούς και να συζητήσουν πιθανές επιπτώσεις των αποτελεσμάτων της έρευνας. Μόλις οι ενημερωμένες πανω στον εγκέφαλο εκπαιδευτικές πρακτικές εφαρμοστούν, οι επαγγελματίες εκπαιδευτικοί θα πρέπει να εξετάζουν συστηματικά την αποτελεσματικότητά τους και να παρέχουν τα αποτελέσματα της τάξης ως ανατροφοδότηση για να βελτιωθούν οι ερευνητικές κατευθύνσεις. Η καθιέρωση των σχολείων έρευνας με την εκπαιδευτική πρακτική στενά συνδεδεμένη με την έρευνα του εγκεφάλου είναι ένας ελπιδοφόρος τρόπος για να σταθεροποιήσουμε τη διεπιστημονική εργασία.

Η εκπαιδευτική νευροεπιστήμη μπορεί να βοηθήσει να οδηγήσει την δημιουργία μιας πραγματικής επιστήμης της μάθησης. Αυτό θα μπορούσε να χρησιμεύσει ακόμη και ως πρότυπο της διεπιστημονικότητας προς μίμηση για άλλους τομείς.

5

Βιβλιογραφία

5.1 Ξενόγλωσση

Adey, P. S. & Shayer, M. (1994) Really Raising Standards: Cognitive intervention and academic achievement (London, Routledge).

Alexander, H. A. (2006) A View from Somewhere: Explaining the paradigms of educational research, *Journal of Philosophy of Education*, 40:2, pp. 205–21.

American Electroencephalographic Society, Guideline thirteen: Guidelines for standard electrode position nomenclature, *J. Clinical Neurophysiology* 11, p. 111 – 113, 1994.

Anderson, J. R., Qin, Y., Stenger, V. A. & Carter, C. S. (2004) The Relationship of Three Cortical Regions to an Information-Processing Model., *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, pp. 637-653.

Ando, J. & Ozaki, K. (2009) Direction of Causation Between Shared and Non-Shared Environmental Factors, *Behavioral Genetics*, 39, pp. 321–336.

Ando, J., Kakihana, S. et al. (2009) Cognitive Factors Influencing Early Kana Literacy Acquisition: A behavioral genetic approach. Paper presented to the Society for Research in Child Development 2009 Biennial Meeting. Colorado, USA, 2–4 April.

Ando, J., Nonaka, K. et al. (2006) The Tokyo Twin Cohort Project: Overview and initial findings, *Twin Research and Human Genetics*, 9, pp. 817–826.

Ansari, D. & Coch, D. (2006) Bridges Over Troubled Waters: Education and cognitive neuroscience, *Trends in Cognitive Sciences*, 10:4, pp. 146–151.

Bandura, A. (2006) Toward a Psychology of Human Agency, *Perspectives on Psychological Science*, 1:2, pp. 164–180.

Bennett, M. R. & Hacker, P. M. S. (2003) *Philosophical Foundations of Neuroscience*, (Hoboken, NJ, Blackwell Publishing).

Bennys K., Rondouin G., Vergnes C. & Touchon J., Diagnostic value of quantitative EEG in Alzheimer's disease, *Clinical Neurophysiology*: 31(3), p.153-160, 2001.

Berger, A., Tzur, G. & Posner, M. I. (2006) Infant Brains Detect Arithmetic Errors, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103:33, pp. 12649–12653.

Binder, J. R., Westbury, C. F., McKiernan, K. A., Possing E.T. & Medler, D. A. (2005) Distinct Brain Systems for Processing Concrete and Abstract Concepts, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17, pp. 905–917.

Blair, C. (2006) How Similar are Fluid Cognition and General Intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability, *Behavioral and Brain Sciences*, 29:2, pp. 109-125.

Blakemore, S. J. & Frith, U. (2000) *The Implications of Recent Developments in Neuroscience for Research on Teaching and Learning*. Report compiled for the ESRC Teaching and Learning Research Programme (Exeter, TLRP).

Blakemore, S. J. & Frith, U. (2005) *The Learning Brain: Lessons for education* (Oxford, Blackwell).

Blakemore, S.-J. & Frith, U. (2000) 'The Implications of Recent Developments in Neuroscience for Research on Teaching and Learning'. London: Institute of Cognitive Neuroscience.

Brandt, R. (1999) 'Educators Need to Know About the Human Brain.' *Phi Delta Kappan*. 81(3): 235ff.

Brown, A. L. & Campione, J. C. (1994) Guided Discovery in a Community of Learners, in: K. McGilly (ed.), *Classroom Lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (Cambridge, MA, MIT Press), pp. 229-272.

Bruer, J.T. (1997) Education and the Brain: A bridge too far, *Educational Researcher*, 26, pp. 4–16.

Bruer, J.T. (1997) 'Education and the Brain: A Bridge Too Far.' *Educational Researcher*. 26(8): 4-16.

Bruer, J.T. (1998a) 'Brain Science Brain Fiction.' *Educational Leadership*. 56(3): 14-18.

Bruer, J.T. (1999a) 'In Search of Brain-Based Education.' *Phi Delta Kappan*. 80(9): 648-654.

Bruer, J.T. (1999b) *The Myth of the First Three Years: A New Understanding of Early Brain Development and Lifelong Learning*. New York: Free Press.

Burns, K. & Bechara, A. (2007) Decision Making and Free Will: A neuroscience perspective, *Behavioral Sciences and the Law*, 25:2, pp. 263–80.

Bush, G. (1990) *Presidential Proclamation 6158*. Retrieved, 22 January 2004, from <http://lcweb.loc.gov/loc/brain/proclaim.html>

Bush, G. (1990) Presidential Proclamation 6158. Retrieved, 22 January 2004, from <http://lcweb.loc.gov/loc/brain/proclaim.html>

Butterworth, B. (2005) Developmental Dyscalculia, in: J. Campbell (ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (New York, Psychology Press).

Byrnes, J.P. & Fox, N.A. (1998) 'The Educational Relevance of Research in Cognitive Neuroscience.' *Educational Psychology Review*. 10 (3): 297-342.

Campbell, S. R. & Dawson, A. J. (1995) Learning as Embodied Action, in: R. Sutherland & J. Mason, (eds), *NATO Advanced Research Workshop: Exploiting mental imagery with computers in mathematics education*, NATO ASI Series F, vol. 138 (Berlin, Springer), pp. 233-249.

Campbell, S. R. & Zazkis, R. (eds) (2002) *Learning and Teaching Number Theory: Research in cognition and instruction* (Westport, CT, Ablex Publishing).
Chalmers, D. J. (1995) Facing Up to the Problem of Consciousness, *Journal of Consciousness Studies*, 2:3, pp. 200-219.

Campbell, S. R. (1998) *Preservice Teachers' Understanding of Elementary Number Theory: Qualitative constructivist research situated within a Kantian framework for understanding educational inquiry* (Burnaby, BC, Simon Fraser University).

Campbell, S. R. (2002) Constructivism and the Limits of Reason: Revisiting the Kantian problematic, *Studies in Philosophy and Education*, 21:6, pp. 421-445.

Campbell, S. R. (2003) Dynamic Tracking of Preservice Teachers' Experiences with Computer-Based Mathematics Learning Environments, *Mathematics Education Research Journal*, 15:1, pp. 70-82.

Campbell, S. R. (2004) Forward and Inverse Modelling: Mathematics at the nexus between mind and world, in: H-W. Henn & W. Blum (eds), *ICMI Study 14: Applications and modelling in mathematics education-pre-conference volume* (Dortmund, University of Dortmund), pp.59-64.

Campbell, S. R. (2005) Specification and Rationale for Establishing a Mathematics Educational Neuroscience Laboratory. Paper presented to the meeting of the American Educational Research Association (Montreal, QC).

Campbell, S. R. (2006a) Educational Neuroscience: New horizons for research in mathematics education, in: J. Novotna, H. Moraova, M. Kratka & N. Stehlikova (eds), *Proceedings 30 Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 2 (Prague, PME), pp. 257-264.

Campbell, S. R. (2006b) Defining Mathematics Educational Neuroscience, in: S. Alatorre, J. L. Cortina, M. Saiz & A. Mendez (eds), *Proceedings of the 28th Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol.2 (Merida, Universidad Pedagogica Nacional), pp. 442-449.

Campbell, S. R. (2010) Embodied Minds and Dancing Brains: New opportunities for research in mathematics education, in: B. Sriraman & L. English (eds), *Theories of Mathematics Education: Seeking new frontiers* (Berlin, Springer), pp. 309-331.

Campbell, S. R., with the ENL Group (2007) The ENGRAMMETRON: Establishing an educational neuroscience laboratory, *Simon Fraser University Educational Review*, 1, pp. 17-29.

Cappelletti, M., Kopelman, M. D., Morton, J. & Butterworth, B. (2005) Dissociations in Numerical Abilities Revealed by Progressive Cognitive Decline in a Patient with Semantic Dementia, *Cognitive Neuropsychology*, 22:7, pp. 771–793.

Chance B, Cope M, Gratton E, Ramanujam N, Tromberg B (1998): Phase measurement of light absorption and scattering in human tissues. *Review of Scientific Instruments* 69:3457-3481.

Changeux, J. P. & Ricoeur, P. (2000). *What Makes Us Think?* (Princeton, NJ, Princeton University Press).

Chow, K.L. & Stewart, D.L. (1972) 'Reverse of structural and functional effects of long-term visual deprivation in cats,' *Experimental Neurology*. 34: 409-433.

Chugani, H.T., Phelps, M.E. & Mazziotta, J.C. (1987) 'Positron Emission Tomography Study of Human Brain Function Development.' *Annals of Neurology*. 22: 487-497.

Coch, D. & Ansari, D. (2009) Thinking About Mechanisms is Crucial to Connecting Neuroscience and Education, *Cortex*, 45, pp. 546–7.

Cope M, Depty DT, Reynolds EOR, Wray S, Wyatt J, Van der Zee (1987): Methods of quantitation cerebral near infrared spectroscopy data. *Adv Exp Med Biol* 222:183-189.

Cope M, Van der Zee P, Essenpreis M, Arridge SR, Depty DT (1991): Data analysis methods for near infrared spectroscopy of tissue: problems in determining the relative cytochrome aa3 concentration. *SPIE* 1431:251-262.

Cragg, B.G. (1975a) 'The development of synapses in kitten visual cortex during visual deprivation.' *Experimental Neurology*. 46: 445-451.

Cragg, B.G. (1975b) 'The development of synapses in the visual system of the cat.' *Journal of Comparative Neurology*. 160: 147-166.

Davis, A. J. (2004) The Credentials of Brain-Based Learning, *Journal of Philosophy of Education*, 38:1, pp. 21–36.

Dawson, T. L. & Stein, Z. (2008) Cycles of Research and Application in Education: Learning pathways for energy concepts, *Mind, Brain & Education*, 2, pp. 89–102.

Dawson, T. L., Fischer, K. W. & Stein, Z. (2006) Reconsidering Qualitative and Quantitative Research Approaches: A cognitive developmental perspective, *New Ideas in Psychology*, 24, pp. 229–239.

Degrandpre, R. (1999) Just Cause? *The Sciences*, 39:2, pp. 14–18.

Dehaene, S. (1997) *The Number Sense: How the mind creates mathematics* (New York, Oxford University Press).

Dehaene, S. (2008) Can Cognitive Neuroscience Help Design Innovative Education Protocols? The case of arithmetic, in: Académie des Sciences (ed.), *Education, sciences cognitives et neurosciences* (Paris, Presses Universitaires de France), pp. 41–48.

Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P. & Cohen, L. (2003) Three Parietal Circuits for Number Processing, *Cognitive Neuropsychology*, 20:3–6, pp. 487–506.

Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R. & Tsivkin, S. (1999) Sources of Mathematical Thinking: Behavioral and brain-imaging evidence, *Science*, 284, pp. 970–974.

Delazer, M., Ischebeck, A., Domahs, F., Zamarian, L., Koppelstaetter, F., Siedentopf, C. M. et al. (2005) Learning by Strategies and Learning by Drill: Evidence from an fMRI study, *Neuroimage*, 25, pp. 838-849.

Dewey, J. (1896) *The University School*, *University Record* (University of Chicago), 1, pp. 417–419.

Dewey, J. (1929) *Sources of a Science of Education* (New York, Liveright).

Diamond, M.C., Greer, E.R., York, A., Lewis, D., Barton, T. & Lin, J. (1987) 'Rat cortical morphology following crowded-enriched living conditions.' *Experimental Neurology*. 96(2): 241-247.

Diester, I. & Nieder, A. (2007) Semantic Associations between Signs and Numerical Categories in the Prefrontal Cortex, *PLoS Biology*, 5:11, e294 doi:10.1371/journal.pbio.0050294.

Doidge, N. (2007) *The Brain That Changes Itself: Stories of personal triumph from the frontiers of brain science* (New York, Viking).

Eden, G. & Moats, L. (2002) The Role of Neuroscience in the Remediation of Students with Dyslexia, *Nature Neuroscience Supplement*, 5, pp. 1080–1084.

Edwards, B. (1982) *Drawing on the Right Side of the Brain*. Glasgow: Fontana/Collins. Electrophysiology.com, <http://www.electropsychology.com/electrical-brainpotentials>

Egan, K. (1997) *The Educated Mind: How cognitive tools shape our understanding* (Chicago, IL, University of Chicago Press).

Elgin, C. (2004) True Enough, *Philosophical Issues*, 14, pp. 113–131.

Fan, J., Fossella, J. A., Summer T. & Posner, M. I. (2003) Mapping the Genetic Variation of Executive Attention onto Brain Activity, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 100, pp. 7406–7411.

Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I. & Posner, M. I. (2005) The Activation of Attentional Networks, *Neuroimage*, 26, pp. 471–479.

Farah, M. J. (2010) Mind, Brain and Education in Socioeconomic Context, in: M. Ferrari & L. Vuletic (eds), *Developmental Interplay of Mind, Brain, and Education: Essays in honor of Robbie Case* (Dordrecht, Springer).

Feigenson, L., Dehaene, S. & Spelke. E. (2004) Core Systems of Number, *Trends in Cognitive Sciences*, 8:7, pp. 307–314.

Ferrari, M. (2009) Piaget’s Enduring Contribution to a Science of Consciousness, in: U. Mueller, J. Carpendale & L. Smith (eds), *Cambridge Companion to Piaget* (Cambridge, Cambridge University Press).

Fischer, K., Immordino-Yang, M. H. & Waber, D. (2007) Toward a Grounded Synthesis of Mind, Brain, and Education for Reading Disorders, in: K. Fischer, J. H. Bernstein & M. H. Immordino-Yang (eds), *Mind, Brain, and Education in Learning Disorders*(Cambridge,: Cambridge University Press).

Fischer, K.W. & Bidell, T. R. (2006) Dynamic Development of Action, Thought, and Emotion, in: R. M. Lerner (ed.), *Handbook of Child Psychology.Vol.1. Theoretical models of human development*, 6th edn. (New York, Wiley).

Fischer, K.W. & Bidell, T. R. (2006) Dynamic development of action and thought, in: W. Damon & R. M. Lerner (eds), *Theoretical Models of Human Development. Handbook of child psychology*, 6th edn., Vol. 1 (New York, Wiley), pp. 313–399.

Fish, E. W., Shahrokh, D. et al. (2004) Epigenetic Programming of Stress Responses through Variations in Maternal Care, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1036, pp. 167–180.

Fossella, J., Sommer T., Fan, J., Wu, Y., Swanson, J. M., Pfaff, D. W. & Posner, M. I. (2002) Assessing the Molecular Genetics of Attention Networks, *BMC Neuroscience*, 3:14, doi:10.1186/1471-2202-3-14.

Frith, U. & Blakemore, S-J. (2005) *The Learning Brain: Lessons for education* (Malden, MA, Blackwell).

Gall, F. J. and Spurzheim, J. C. (1810) 'Anatomie und Physiologie des Nervensystems im Allgemeinen und des Gehirns insbesondere', F. Schoell, Paris.

Gazzaniga, M. S. (2002) *Cognitive Neuroscience*, 2nd edn. (New York, W.W. Norton & Company).

Geake, J. & Cooper, P. (2003) 'Cognitive Neuroscience: implications for education?' *Westminster Studies in Education*. 26(1): 7-20.

Geake, J. & Cooper, P.W. (2003a) Cognitive Neuroscience: Implications for education? *Westminster Studies in Education*, 26, pp. 7–20.

Geake, J. & Cooper, P.W. (2003b) The Educated Brain: The relevance of cognitive neuroscience to educational theory and practice, *Westminster Review of Educational Studies*, 26, pp. 7–20.

Geake, J. G. & Cooper, P. W. (2003) Implications of Cognitive Neuroscience for Education, *Westminster Studies in Education*, 26:10, pp. 7-20.

Geake, J. G. & Dodson, C. S. (2005) A Neuro-psychological Model of the Creative Intelligence of Gifted Children, *Gifted & Talented International*, 20:1, pp. 4-16.

Geake, J. G. & Hansen, P. C. (2005) Neural Correlates of Intelligence as Revealed by fMRI of Fluid Analogies, *NeuroImage*, 26:2, pp. 555-564.

Geake, J. G. (2004) Cognitive Neuroscience and Education: Two-way traffic or one-way street? *Westminster Studies in Education*, 27:1, pp. 87-98. Motivations, Methodologies, and Implications of ENR 45.

Geake, J. G. (2005) Educational Neuroscience and Neuroscientific Education: In search of a mutual middle way, *Research Intelligence*, 92, pp. 10-13.

Geake, J. G. (2008) Neuromythologies in Education, *Educational Research*, 50:2, pp. 123-133.

Geake, J. G. (2009) *The Brain at School: Educational neuroscience in the classroom* (Maidenhead, McGraw Hill-Open University Press).

Geake, J.G. & Hansen, P. C. (2006) Structural and Functional Neural Correlates of High Creative Intelligence as Determined by Abilities at Fluid Analogising. Paper presented at the Society for Neuroscience Annual Meeting, Atlanta, Georgia, 17 October.

Gibbons, M., Limoges, C., Nowontny, H., Schwartzman, S., Scott, P. & Trow, M. (1994) *The New Production of Knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies* (London, SAGE Publications).

Giedd, J.N., Blumenthal, J., Jeffries, N.O., Castellanos, F.X., Liu, H., Zijdenbos, A., Paus, T., Evans, A.C. & Rapoport, J.L. (1999) 'Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study.' *Nature Neuroscience*. 2: 861-863.

Gogtay, N., Giedd, J.N., Lusk, L., Hayashi, K.M., Greenstein, D., Vaituzis, A.C., Nugent III, T.F., Herman, D.H., Clasen, L.S., Toga, A., W, Rapoport, J.L. & Thompson, P.M. (2004) 'Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood.' *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101(21): 8174-8179.

Goldman-Rakic, P.S. (1987) 'Development of cortical circuitry and cognitive function.' *Child Development*. 58: 601-622.

Goswami, U. (2004) 'Neuroscience and education.' *British Journal of Educational Psychology*. 74:Pt 1-14.

Goswami, U. (2006) Neuroscience and Education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 7, pp. 406–413.

Green, E.J., Greenough, W.T. & Schlumpf, B.E. (1983) 'Effects of complex or isolated environments on cortical dendrites of middle-aged rats.' *Brain Research*. 264(2): 233-240.

Greenfield, S., Ed. (1999) *Brain Power: Working out the human mind*. Shaftesbury, Dorset: Element.

Greenough, W.T., Black, J.E. & Wallace, C.S. (1987) 'Experience and brain development.' *Child Development*. 58: 539-559.

Guttorm, T. K., Leppanen, P. H.T., Poikkeus, A. M., Eklund, K. M., Lyytinen, P. & Lyytinen, H. (2005) Brain Event-related Potentials (ERPs) Measured at Birth Predict Later Language Development in Children with and without Familial Risk for Dyslexia, *Cortex*, 41:3, pp. 291–303.

Habermas, J. (1988) *On the Logic of the Social Sciences*, S. Nichol森 & J. Stark, trans. (Cambridge, MA: MIT Press).

Habermas, J. (1996) *Between Facts and Norms: Contributions to a discourse theory of law and democracy*, W. Rehg, trans. (Cambridge, MA, MIT Press).

Habermas, J. (2003) *The Future of Human Nature*(Cambridge, Polity Press).

Hagiwara, H. & Soshi, T. (2007) A Topographical Study on the Event-Related Potential Correlate of Scrambled Word Order in Japanese Complex Sentences, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, pp. 175–193.

Hansen, L. & Monk, M. (2002) 'Brain development, structuring of learning and science education: where are we now? A review of some recent research.' *International Journal of Science Education*. 24(4): 343-356.

Hinton, C. & Fischer, K.W. (2008) Research Schools: Grounding research in educational practice, *Mind, Brain, and Education*, 2:4, pp. 157–160.

Hofstadter, D. (2001) *Analogy as the Core of Cognition*, in: D. Gentner, K. J. Holyoak & B. N. Kokinov (eds) *The Analogical Mind: Perspectives from cognitive science* (Cambridge, MA, MIT Press), pp. 499-538.

Hofstadter, D. R. (1995) *Fluid Concepts and Creative Analogies* (NewYork, Basic Books).

Hoshi, Y. & Tamura, M. (1993a) Detection of dynamic changes in cerebral oxygenation coupled to neuronal function during mental work in man. *Neurosci. Lett.* 150, 5±8.

Hoshi, Y. & Tamura, M. (1993b) Dynamic multichannel near-infrared optical imaging of human brain activity. *J. Appl. Physiol.* 74, 1842 ± 1846.

Howard-Jones, P. (2010) *Introducing Neuroeducational Research*(Abingdon, Routledge).

Howard-Jones, P. A. (2008a) *Fostering Creative Thinking: Co-constructed insights from neuroscience and education*, (Bristol, Escalate).

Howard-Jones, P. A. (2008b) Philosophical Challenges for Researchers at the Interface between Neuroscience and Education, *Journal of Philosophy of Education*, 42:3–4, pp. 361–380.

Howard-Jones, P. A., Blakemore, S. J., Samuel, E., Summers, I. R. & Claxton, G. (2005) Semantic Divergence and Creative Story Generation: An FMRI Investigation, *Cognitive Brain Research*, 25, pp. 240–50.

Howard-Jones, P.A. & Border Crossings (2005) *Creativity, Performance and the Brain – a Sci-Art Lab Workshop: 31 August-1 September*.

Howard-Jones, P.A., Winfield, M. & Crimmins, G. (2008) Co-Constructing an Understanding of Creativity in the Fostering of Drama Education that Draws on Neuropsychological Concepts, *Educational Research*, 50:2, pp. 187–201.

Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P. & Dehaene, S. (2005) Interactions between Number and Space in Parietal Cortex, *Nature Reviews Neuroscience*, 6, pp. 435–448.

Ischebeck, A., Zamarian, L., Siedentopf, C., Koppelstatter, F., Benke, T., Felber, S. & Delazer, M. (2006) How Specifically Do We Learn? Imaging the learning of multiplication and subtraction, *NeuroImage*, 30, pp. 1365–1375.

Izuma, K., Saito, D. N. & Sadato, N. (2008) Processing of Social and Monetary Rewards in the Human Striatum, *Neuron*, 58, pp. 284–294.

James, W. (1899) *Talks to Teachers on Psychology: And to students on some of life's ideals* (New York, Holt).

Jasper H.H., The 10 – 20 electrode system of the International Federation, *Electroenceph. Cl. Neurophysiology* 10, p. 370 – 375, 1958.

Jensen, E. (2000) 'Brain-Based Learning: A Reality Check.' *Educational Leadership*. April 2000: 76-80.

Kaffman, A. & Meaney, M. J. (2007) Neurodevelopmental Sequelae of Postnatal Maternal Care in Rodents: Clinical and research implication of molecular insights, *Journal of Child Psychiatry*, 48, pp. 224–244.

Kamio, Y. (2007) Early Detection of and Diagnostic Tools for Asperger's Disorder, *Nippon Rinsho*, 65, pp. 477–480. (in Japanese).

Kamio, Y., Robins, D. et al. (2007) Atypical Lexical/Semantic Processing in High-Functioning Autism Spectrum Disorders Without Early Language Delay, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37, pp. 1116–1122.

Karmiloff-Smith, A. (1992) *Beyond Modularity: A developmental perspective on cognitive science* (Cambridge, MA, MIT Press).

Kato, T., Kamie, A., Takashima, S. & Ozaki, T. 1993 *J. Cereb. Blood Flow Meab.* 13, 516±520.

Kawai, T., Morita, K. et al. (2007a) Gene Expression Signature in Peripheral Blood Cells from Medical Students Exposed to Chronic Psychological Stress, *Biological Psychology*, 76, pp. 147–155.

Kawai, T., Morita, K. et al. (2007b) Physical Exercise-Associated Gene Expression Signatures in Peripheral Blood, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17, pp. 375–383.

Kawashima, R. & Koizumi, H. (2003) *Learning Therapy* (Sendai, Tohoku University Press).

Kawashima, R., Okita, K. et al. (2005) Reading aloud and arithmetic calculation improve frontal function of people with dementia, *Journal of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 60A, pp. 380–384.

Kelly, A. E. (2004) Design Research in Education: Yes, but is it methodological, *Journal of the Learning Sciences*, 13:1, pp. 115–128.

Kelly, A. E. (2008) Brain Research and Education: Potential implications for pedagogy, in: Académie des Sciences (ed.), *Education, sciences cognitives et neurosciences* (Paris, Presses Universitaires de France), pp. 75–91.

Khng, F. & Lee, K. (2009) Inhibiting interference from prior knowledge: Arithmetic intrusions in algebra word problem solving, *Learning and Individual Differences*, 19:2, pp. 262- 268.

Kho, T. H. (1987) Mathematical Models for Solving Arithmetic Problems, *Proceedings of ICMI-SEACME*, 4, pp. 345-351.

Klein, J. T. (1990) *Interdisciplinarity: History, theory, and practice* (Detroit, MI, Wayne State University Press).

Koizumi, H. (1996) The Importance of Considering the Brain in Environmental Science, in: H. Koizumi (ed.), *Environmental Measurement and Analysis* (Tokyo, Japan Science and Technology Corporation [JST]), pp. 128–132.

Koizumi, H. (1998) A Practical Approach to Trans-Disciplinary Studies for the 21st Century, *Journal of Seizon and Life Sciences*, 9, pp. 5–24.

Koizumi, H. (2000a) Nurturing the Brain: The science of learning and education, *Science Journal: Kagaku*, 70, pp. 878–884, (in Japanese).

Koizumi, H. (2004) The Concept of ‘Developing the Brain’: A new natural science for learning and education, *Brain & Development*, 26, pp. 434–441.

Koizumi, H. (2006) The Japan Children’s Study (JCS): A Large Scale Cohort Study along with Child Development, *Science Journal: Kagaku*, 76, pp. 419–425, (in Japanese).

Koizumi, H. (ed.) (2000b) *Developing the Brain: The science of learning and education* (Tokyo. Japan Science and Technology Agency [JST]) *Brain-Science Based Cohort Studies* 53.

Korpelainen J.T., Kauhanen, M.L., Tolonen U., Brusin E., Mononen H., Hiltunen P., Sotaniemi K. A., Suominen K., Myllyla V.V., Auditory P300 event related potential in minor ischemic stroke, *Acta Neurologica Scandinavica*: 101(3), p. 202-208, 2000.

Koyama, T., Kamio, Y. et al. (2009) Sex differences in WISC-III Profiles of Children with High-Functioning Pervasive Developmental Disorders, *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39, pp. 135–141.

Kratzig, G. P. & Arbuthnott, K. D. (2006) Perceptual Learning Style and Learning Proficiency: A test of the hypothesis, *Journal of Educational Psychology*, 98:1, pp. 238-246.

Lagemann, E. C. (2000) *An Elusive Science: The troubling history of education research* (Chicago, IL, University of Chicago Press).

LC/NIMH (2000), *Project on the Decade of the Brain*. Retrieved, 22 January 2004, from <http://www.lcweb.loc.gov/loc/brain/>

Lee, K., Lim, Z.Y., Yeong, S. H. M., Ng, S. F., Venkatraman, V. & Chee, M.W. L. (2007) Strategic Differences in Algebraic Problem Solving: Neuroanatomical correlates, *Brain Research*, 1155, pp. 163-171.

Luo, Q., Perry, C., Peng, D., Jin, Z., Xu, D., Ding, G. & Xu, S. (2003) The Neural Substrate of Analogical Reasoning: An fMRI study, *Brain Research: Cognitive Brain Research*, 17, pp. 527-534.

Maguire, E.A., Gadian, D.G., Johnsrude, I.S., Good, C.D., Ashburner, J., Frackowiak, R., S J & Frith, C.D. (2000) 'Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers.' *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 97(8): 4398-4403.

Makeig, S. (2010) Commentary on Embodied Minds and Dancing Brains: New opportunities for research in mathematics education, in: B. Sriraman and L. English (eds), *Theories of Mathematics Education: Seeking new frontiers* (Berlin, Springer), pp. 333-337.

Mamoru Tamura, Yoko Hoshi and Fumihiko Okada Localized near-infrared spectroscopy and functional optical imaging of brain activity. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* (1997) 352, 737-742.

Mareschal, D., Johnson, M., Sirois, S., Spratling, M., Thomas, M. & Westermann, G. (2007) *Neuroconstructivism: Volumes I & II*, (Oxford University Press).

Marini, Z. A., Dane, A.V. & Kennedy, R. E. (2010) Multiple Pathways to Bullying: Educational Implications of Individual Differences in Temperament and Brain Function, in: M. Ferrari & L. Vuletic (eds), *Developmental Interplay of Mind, Brain, and Education: Essays in honor of Robbie Case* (Dordrecht, Springer).

McCandliss, B., Beck, I.L., Sandak, R. & Perfetti, C. (2003) Focusing Attention on Decoding for Children with Poor Reading Skill: Design and preliminary test of the word building intervention, *Scientific Studies of Reading*, 7, pp. 75–104.

Medawar, P. (1985) *The Limits of Science* (Oxford, Oxford University Press).

Mizuno, K., Tanaka, M. et al. (2008) The Neural Basis of Academic Achievement Motivation, *Neuroimage*, 42, pp. 369–378.

Molfese, D. L. (2000) Predicting Dyslexia at 8 Years of Age Using Neonatal Brain Responses, *Brain and Language*, 72:3, pp. 238–245.

Morton, J. & Frith, U. (1995) *Causal Modeling: A Structural Approach to Developmental Psychology*, (Oxford, Oxford University Press).

Ng, S. F. & Lee, K. (2005) How Primary Five Pupils Use the Model Method to Solve Word Problems, *The Mathematics Educator*, 9, pp. 60-84.

Ng, S. F. & Lee, K. (2009) The Model Method: Singapore Children's Tool for Representing and Solving Algebraic Word Problems, *Journal for Research in Mathematics Education*, 40:3, pp. 282-313.

Ng, S. F., Lee, K., Ang, S.Y. & Khng, F. (2006) Model Method: Obstacle or bridge to learning symbolic algebra, in: W. Bokhorst-Heng, M. Osborne & K. Lee (eds), *Redesigning Pedagogies* (New York, Sense Publishers).

Nicolson, R. (2005) Dyslexia: Beyond the Myth, *The Psychologist*, 18:11, pp. 658–59.

Nieder, A., Diester L. & Tudusciuc, O. (2006) Temporal and Spatial Enumeration Processes in the Primate Parietal Cortex, *Science*, 313:5792, pp. 1431–1435.

NIMH (2001) *Teenage Brain: a work in progress*. Retrieved, 17 June 2004, from <http://www.nimh.nih.gov/publicat/teenbrain.cfm>

NIMH (2004) *Imaging Study Shows Brain Maturing*. Retrieved, 17 June 2004, from <http://www.nimh.nih.gov/press/prbrainmaturing.cfm>

Noble, K. G., McCandliss, B. D. & Farah, M. (2007) Socioeconomic Gradients Predict Individual Differences in Neurocognitive Abilities, *Developmental Science*, 10, pp. 464–480. OECD (2007) *Understanding the Brain: The birth of a new learning science* (Paris, OECD Publishing).

O'Boyle, M.W. & Gill, H.S. (1998) 'On the Relevance of Research Findings in Cognitive Neuroscience to Educational Practice.' *Educational Psychology Review*. 10(4): 397-410.

O'Connor, T.G., Bredenkamp, D. & Rutter, M. (1999) 'Attachment disturbances and disorders in children exposed to early severe deprivation.' *Infant Mental Health Journal*. 20(10): 10-29.

OECD (2002) *Understanding the Brain: Towards a New Learning Science*. Paris: OECD.

OECD (2005), *Formative Assessment - Improving Learning in Secondary Classrooms*, OECD, Paris.

OECD (2006), *Personalising Education*, OECD, Paris.

OECD (2007), *Understanding the Brain – The birth of a Learning Science*, OECD, Paris.

OECD (2007), *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world. Vol. 1: Analysis*, (Paris, OECD).

OECD (2007), *Understanding the Brain: Birth of a New Learning Science*, (Paris, OECD).

O'Mahony D., Rowan M., Feely J., O'Neill D., Walsh J.B., Coakley D., Parkinson's dementia and Alzheimer's dementia: an evoked potential comparison, *Gerontology* 39(4):228-40, PubMed Publications, 1993.

Oostenveld R., Praamstra P., The five percent electrode system for high resolution EEG and ERP measurements, *Clinical Neurophysiology*, Volume 112, Issue 4, p. 713 – 719, April 2001.

Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L.E. & Hoke, M. (1998) 'Increased auditory cortical representation in musicians.' *Nature*. 392: 811-814.

Papageorgiou C., Liappas I., Asvestas P., Vasios C., Matsopoulos G.K., Nikolaou C., Nikita K.S., Uzunoglu N., Rabavilas A., Abnormal P600 in heroin addicts with prolonged abstinence elicited during a working memory test, *Neuroreport*: 12, p.1773-1778, 2001.

Parasuraman, R., Greenwood, P.M., Kumar, R. & Fossella, J. (2005) Beyond Heritability: Neurotransmitter genes differentially modulate visuospatial attention and working memory, *Psychological Science*, 16, pp. 200–207.

Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L.G., Brasil-Neto, J.P., Cammarota, A. & Hallett, M. (1995) 'Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of fine motor skills.' *Journal of Neurophysiology*. 74(3): 1037-1045.

Paul A. Howard-Jones, Giesinger, J. (2006) Educating Brains? Free-will, brain research and pedagogy, *Zeitschrift fur erziehungswissenschaft*, 9:1, pp. 97–109.

PeakMind, <http://www.peakmind.co.uk/eeg.htm>

Penfield, W. and Rasmussen, T. (1952) 'The Cerebral Cortex of Man'. Macmillan, New York.

Piaget, J. (1965) *Science of Education and the Psychology of the Child* (New York, Viking Press).

Piaget, J. (1967) *Biologie et connaissance [Biology and Knowledge]* (Paris, Gallimard).

Piaget, J. (1970) *Main Trends in Psychology* (New York, Harper & Row).

Piaget, J. (1971) *Biology and Knowledge* (Chicago, IL, University of Chicago Press).

Piaget, J. (1972) *The Principles of Genetic Epistemology*, W. Mays, trans. (London, Routledge & Kegan Paul).

Piaget, J. (1983) [1970] Piaget's Theory, in: P. H. Mussen (series ed.), *Handbook of Child*

Psychology: Vol. 1. W. Kessen (ed.) History, Theory, and Methods, 4th edn. (New York, Wiley), pp. 103–128.

Pickering, S. J. & Howard-Jones, P. (2007) Educators' Views on the Role of Neuroscience in Education: Findings from a study of UK and international perspectives, *Mind, Brain and Education*, 1:3, pp. 109–13.

Posner, M. I. & Rothbart, M. K. (2005) Influencing Brain Networks: Implications for education, *Trends in Cognitive Sciences*, 9:3, pp. 99–103.

Posner, M., Rothbart, M., Farah, M. & Bruer, J.T., Eds. (2001) *The Developing Human Brain*. *Developmental Science* 4(3). Oxford: Blackwell.

Psychopathology, in: D. Cicchetti & D. Cohen (eds), *Manual of Developmental Psychopathology* (New York, Wiley), pp. 357–90.

Pugh, K. R., Mencl, W. E., Jenner, A. J., Katz, L., Frost, S. J., Lee, J. R., Shaywitz, S. E. & Shaywitz, B. A. (2000) Functional Neuroimaging Studies of Reading and Reading Disability (Developmental Dyslexia), *Mental Retardation and Developmental Disabilities Review*, 6:3, pp. 207–213.

Pugh, K. R., Sandak, R., Frost, S. J., Moore, D. & Mencl, W. E. (2005) Examining Reading Development and Reading Disability in English Language Learners: Potential contributions from functional neuroimaging, *Learning Disabilities Research & Practice*, 20:1, pp. 24–30.

Pugh, K. R., Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Constable, R. T., Skudlarski, P., Fulbright, R. K., et al. (1996) Cerebral Organization of Component Processes in Reading, *Brain*, 119, pp. 1221–1238.

Pugh, K., Mencl, E. W., Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., Constable, R. T., Marchione, K., Jenner A.R., Shankweiler, D. P., Katz, L., Fletcher, J., Lacadie, C. & Gore, J. C. (2000) The Angular Gyrus in Developmental Dyslexia: Task-specific differences in functional connectivity in posterior cortex, *Psychological Science*, 11, pp. 51–56.

Rakic, P. (1995) 'Corticogenesis in human and nonhuman primates.' In: Gazzaniga, M.S. (Ed.) *The Cognitive Neurosciences*. Cambridge, MA.: MIT Press: 127-145.

Revonsuo A., Portin R., Juottonen K., Rinne J.O., Semantic Processing of Spoken Words in Alzheimer's Disease: An Electrophysiological Study Source, *Journal of Cognitive Neuroscience*: 10 (3), p.408-420, 1998.

Richardson, C. A. (2002) A Look at Adolescent Attention Deficit/Hyperactivity Disorder From the Inside: How medication is perceived to affect one's sense of self. Unpublished Master's thesis, University of Toronto.

Rosch, E. (2008) Beginner's Mind: Paths to the wisdom that is not learned, in: M. Ferrari & G. Potworowski (eds), *Teaching for Wisdom* (Dordrecht, Springer), pp. 135-162.

Rose, L. T. & Fischer, K. W. (2009) Dynamic Development: a neo-Piagetian perspective, in: J. I. M. Carpendale & U. Mueller (eds), *The Cambridge Companion to Piaget*(Cambridge, Cambridge University Press), pp. 400–421.

Roy R. Reeves, Frederick A. Struve, Gloria Patrick, J. Gary Booker, Dennis W.Nave, The Effects of Donepezil on the P300 Auditory and Visual Cognitive Evoked Potentials of Patients With Alzheimer's Disease, *American Journal for Geriatric Psychiatry* 7:349-352, November 1999.

Rueda, M. R., Fan, J., Halparin, J., Gruber, D., Lercari, L. P., McCandliss, BD. & Posner, MI. (2004) Development of Attention During Childhood, *Neuropsychologia*, 42, pp. 1029–1040. *Can Cognitive Neuroscience Ground a Science of Learning?* 21.

Rueda, M. R., Rothbart, M. K., Saccamanno, L. & Posner, M. I. (2005) Training, Maturation and Genetic Influences on the Development of Executive Attention, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 102, pp. 14931–14936.

Sabatella, M.L.P. (1999) 'Intelligence and Giftedness: changes in the structure of the brain.' *Gifted Education International*. 13: 226-237.

Saiki, T., Kawai, T. et al. (2008) Identification of Marker Genes for Differential Diagnosis of Chronic Fatigue Syndrome, *Molecular Medicine*, 14, pp. 599–607.

Sandak, R., Mencl, W. E., Frost, S. J., Mason, S. A., Rueckl, J. G., Katz, L., Moore, D. L., Mason, S. A., Fulbright, R., Constable, R.T. & Pugh, K. R. (2004) The Neurobiology of Adaptive Learning in Reading: A contrast of different training conditions, *Cognitive Affective and Behavioral Neuroscience*, 4, pp. 67–88.

Sarkari, S., Simos, P. G., Fletcher, J. M., Castillo, E. M., Breier, J. I. & Papanicolaou, A. C. (2002) The Emergence and Treatment of Developmental Reading Disability: Contributions of functional brain imaging, *Seminars in Pediatric Neurology*, 9, pp. 227–236.

Schneps, M. H., Rose, L.T. & Fischer, K.W. (2007) Visual Learning and the Brain: Implications for dyslexia, *Mind, Brain, and Education*, 1:3 pp. 128–139.

Schwartz, M. & Gerlach, J. (2011) The Birth of a Discipline and the Rebirth of the Laboratory School for Educational Philosophy and Theory, *Educational Philosophy and Theory*, 43: 1–2.

Sellars, W. (1963) *Philosophy and the Scientific Image of Man*, in: *Science, Perception, and Reality* (New York, Humanities Press).

Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Pugh, K. R., Mencl, W. E., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., Constable, R. T., Marchione, K. E., Fletcher, J. M., Lyon, G. R. & Gore, J. C. (2002), 'Disruption of Posterior Brain Systems for Reading in Children with Developmental Dyslexia', *Biological Psychiatry*, Vol. 52, pp. 101-110.

Shors, T. J. (2008) From Stem Cells to Grandmother Cells: How neurogenesis relates to learning and memory, *Cell Stem Cell*, 3, pp. 253–258.

Simos, P. G., Fletcher, J. M., Bergman, E., Breier, J. I., Foorman, B. R., Castillo, E. M., Davis, R. N., Fitzgerald, M. & Papanicolaou, A. C. (2002) Dyslexia-specific Brain Activation Profile Becomes Normal Following Successful Remedial Training, *Neurology*, 58, pp. 1203– 1213.

Sperry, R. W. (1968) Hemisphere Deconnection and Unity in Conscious Awareness. *American Psychologist* 23,723-733.

Sperry, R.W. (1993) The Impact and Promise of the Cognitive Revolution, *American Psychologist*, 48, pp. 878–885.

Squire, L. R. (2004) Memory Systems of the Brain: A brief history and current perspective, *Neurobiology of Learning and Memory*, 82, pp. 171–77.

Srinivasan R., Tucker D.M., Murias M., Estimating the spatial Nyquist of the human EEG, *Behav Res Methods Instrum Comput* p. 8 – 19, 1998.

Stein, Z, Connell, M. & Gardner, H. (2008) Thoughts on Exercising Quality Control in Interdisciplinary Education: Toward an epistemologically responsible approach, *Journal of Philosophy of Education*, 42: 3–4, pp. 401–414.

Stern, E. (2005) Pedagogy Meets Neuroscience, *Science*, 310, p. 745.

Sternberg, R. (ed.) (2007) *International Handbook of Intelligence* (Cambridge, Cambridge University Press).

Strangman G., Review: Non-invasive Neuroimaging using Near-Infrared light, Gary Strangman, David A. Boas, and Jeffrey P. Sutton, 2002 *Society of Biological Psychiatry*, Volume 52, Issue 7, Pages 679 - 693

Swartz B.E., Timeline of the history of EEG and associated fields, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 106: 173 – 176, 1998.

Tancredi, L.R. (2007) The Neuroscience Of 'Free Will', *Behavioral Sciences and the Law*, 25:2, pp. 295–2007.

Tang, J., Ward, J. & Butterworth, B. (2008) Number Forms in the Brain, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20:9, pp. 1547–1556.

Tassinary L.G., Geen T.H., Cacioppo J.T., Edelberg R., (1990) Issues in biometrics: offset potentials and the electrical stability of Ag/AgCl electrodes, *Psychophysiology*, 27: 236 – 242,

Temple, E., Deutsch, G. K., Poldrack, R. A., Miller, S. L., Tallal, P., Merzenich, M. M. & Gabrieli, J. D. E. (2003) Neural Deficits in Children with Dyslexia Ameliorated by Behavioral Remediation: Evidence from functional MRI, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, pp. 2860–2865.

Thompson, E. (2007) *Mind in Life: Biology, phenomenology, and the sciences of mind* (Cambridge, MA, Harvard University Press).

Thompson, P.M., Giedd, J.N., Woods, R.P., MacDonald, D., Evans, A.C. & Toga, A., W (2000) 'Growth patterns in the developing brain detected by using continuum mechanical tensor maps.' *Nature*. 204: 190-193.

TLRP (2006) *Improving Teaching and Learning in Schools: A commentary by the Teaching and Learning Research Programme* (London, TLRP).

TLRP (2007) *Principles into Practice: A Teacher's Guide to Research Evidence on Teaching and Learning* (London, TLRP).

Tomasello, M. (1999) *The Cultural Origins of Human Cognition* (Cambridge, MA, Harvard University Press).

Turkeltaub, P. E., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T. A. & Eden, G. F. (2003) Development of Neural Mechanisms for Reading, *Nature Neuroscience*, 6:7, pp. 67–73

Uchida, S., Kawashima, R. et al. (2008) Reading and Solving Arithmetic Problems Improve Cognitive Functions of Normal Aged People. A randomized controlled study, *Age*, 30, pp. 21–29.

Varela, F. J., Thompson, E. & Rosch, E. (1991) *The Embodied Mind: Cognitive science and human experience* (Cambridge, MA, MIT Press).

Varma, S., McCandliss, B. D. & Schwartz, D. L. (2008) Scientific and Pragmatic Challenges for Bridging Education and Neuroscience, *Educational Researcher*, 37, pp. 140-152.

Vygotsky, L. S. (1997) [1934] Psychology and the Theory of Localization of Mental Functions, in: R.W. Rieber & J. Wollock (eds), *The Collected Works of L. S. Vygotsky*. Vol. 3, *Problems of the Theory and History of Psychology* (New York, Plenum Press), pp. 139–144.

Waterhouse, L. (2006) Multiple Intelligences, the Mozart Effect, and Emotional Intelligence: A critical review, *Educational Psychologist*, 41:4, pp. 207-225.

Wegner, D. M. (2003) The Mind's Best Trick: How we experience conscious will, *Trends in Cognitive Sciences*, 7:2, pp. 65–69.

Weisberg, D. S., Keil, F. C., Goodstein, J., Rawson, R. & Gray, J. R. (2008) The Seductive Allure of Neuroscience Explanations, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, pp. 470–477.

Wharton, C. M., Grafman, J., Flitman, S. S., Hansen, E. K., Brauner, J., Marks, A. & Honda, M. (2000) Toward Neuroanatomical Models of Analogy: A positron emission tomography study of analogical mapping, *Cognitive Psychology*, 40, pp. 173-197.

Whitebread, D. (2002) *The implications for Early Years education of current research in cognitive neuroscience*. Paper presented at British Educational Research Association Annual Conference, University of Exeter. Also available from <http://www.leeds.ac.uk/educol/documents/00002545.doc>

Whitehead, A. N. (1925) *Science and the Modern World* (New York, MacMillan Publishing Company).

Wiesel, T.N. & Hubel, D.H. (1965) 'Extent of recovery from the effects of visual deprivation in kittens.' *Journal of Neurophysiology*. 28: 1060-1072.

Williams, L.V. (1986) *Teaching for the Two-Sided Mind: a guide to right brain/left brain education*. New York: Simon and Schuster.

Willingham, D. (2008) When and How Neuroscience Applies to Education, *Phi Delta Kappan*, 89, pp. 421–423.

Wilson, A. J., Dehaene, S., Pinel, P., Revkin, S. K., Cohen, L. & Cohen, D. (2006) Principles Underlying the Design of ‘The Number Race’, an Adaptive Computer Game for Remediation of Dyscalculia, *Behavioral and Brain Functions*, 2:19. Available online at: <http://www.behavioralandbrainfunctions.com/content/2/1/19>

Wilson, A. J., Revkin, S. K., Cohen, D., Cohen, L. & Dehaene, S. (2006) An Open Trial Assessment of ‘The Number Race’, an Adaptive Computer Game for Remediation of Dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*, 2:20. Available online at: http://www.unicog.org/publications/WilsonDehaene_2006_BehBrainFunctions_OpenTrialAssessment.pdf

Wise, W. P. (2008) Forward Frontal Fields: Phylogeny and fundamental function, *Trends in Neuroscience*, 31, pp. 599–608.

Wolfe, P. (1998) Revisiting Effective Teaching, *Educational Leadership*, 56:3, pp. 61–64.

Wynn, K. (1992) Addition and Subtraction by Human Infants, *Nature*, 358, pp. 749–750.

Zachary Stein & Kurt W. Fischer Rawls, J. (1971) *A Theory of Justice* (Cambridge, MA, Harvard University Press).

Zazkis, R. & Campbell, S. R. (eds) (2006) *Number Theory in Mathematics Education: Perspectives and prospects* (Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates).

5.2 Ελληνική

Σκουλαρίκης Γ.Σ., (2006), «Μελέτη της Συνδεσιμότητας Περιοχών του Εγκεφάλου με εφαρμογή υπολογιστικών μεθόδων και δεδομένα ηλεκτροεγκεφαλογραφίας», Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών.