

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ, ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

**Θεωρίες νευρωνικής ανακύκλωσης σε κοινωνικο-συναισθηματικές και
γνωστικές όψεις της μάθησης και των διαταραχών της: νευροεπιστημονικά
ευρήματα και εκπαιδευτικές προεκτάσεις**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΗΣ ΤΣΑΝΙΔΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΣ,

ΑΕΜ:NEU18011

ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ

Στη Νευροεπιστήμη της εκπαίδευσης

Επόπτρια: Οκαλίδου Αρετή

Μέλη επιτροπής: Θεοδωρίδου Ζωή

Κόνιαρη Δήμητρα

Θεσσαλονίκη, 2019

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
Νευροεπιστημονικές Θεωρίες, Κοινωνικά Συναισθήματα, και Εκπαίδευση.....	8
Αναγκαιότητα Έρευνας.....	11
Σκοπός και Επιμέρους Στόχοι της Έρευνας.....	13
Μεθοδολογία.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΘΕΩΡΙΕΣ ΝΕΥΡΩΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ (NEURAL REUSE).....	16
Θεωρίες Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης.....	17
<i>Θεωρία Νευρωνικής Εκμετάλλευσης</i>	17
<i>Νευρωνική Ανακύκλωση</i>	21
<i>Θεωρία Νευρωνικής Ανακατάταξης</i>	26
Νευρωνική Ανακύκλωση και Γνωστικές Όψεις Μάθησης.....	30
<i>Ανάγνωση</i>	33
<i>Μαθηματικά</i>	44
Συνέπειες αυτών των Δεδομένων στην Εκπαίδευση.....	48
<i>Συνέπειες στην Ανάγνωση και η Περίπτωση της Δυσλεξίας</i>	48
<i>Συνέπειες στα Μαθηματικά, Δυσαριθμησία και Αριθμησία</i>	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΟΨΕΙΣ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ.....	73
Το Συναίσθημα και η Μάθηση.....	73
<i>Ορισμός των Συναισθημάτων</i>	75
Νευροεπιστημονικές Έρευνες για τα Κοινωνικά Συναισθήματα.....	77

Iowa Gambling Test: Η Επίδραση των Συναισθημάτων στη Μάθηση.....	81
Γονίδια, Μάθηση, και Κοινωνικά Συναισθήματα.....	84
Ευαίσθητες Περίοδοι για την Ανάπτυξη του Εγκεφάλου και η Συσχέτισή τους με τη Μάθηση.....	87
Τα Κυριότερα Εγκεφαλικά Συστήματα για τη Γνωστική, Συναισθηματική και Κοινωνική Επεξεργασία.....	90
Στρατηγικές Ενσωμάτωσης Συναισθημάτων στη Μάθηση.....	92
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	96
Ανακεφαλαιωτικά Συμπεράσματα.....	96
Περιορισμοί Έρευνας.....	98
Προτάσεις για Μελλοντικές Έρευνες.....	100
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	103

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνηθεί μια μελέτη αναφορικά με τον ρόλο των κοινωνικών συναισθημάτων στη μάθηση, τα οποία εξελίχθηκαν για να εξυπηρετήσουν τους σκοπούς της ανθρώπινης επιβίωσης, σε συνάρτηση με γνωστικές διεργασίες όπως η ανάγνωση και τα μαθηματικά, οι οποίες είναι πρόσφατα εξελικτικά επιτεύγματα για να έχουν δημιουργήσει εξειδικευμένες σχετικές φλοιώδεις συναθροίσεις. Διερευνώνται πιθανές αρνητικές συνέπειες του γεγονότος αυτού στην ανάπτυξή τους, λαμβάνοντας υπόψη τις θεωρίες νευρωνικής ανακύκλωσης. Για τους σκοπούς αυτούς επιλέχθηκε ως μεθοδολογία η ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, εφαρμόζοντας με αυτόν τον τρόπο μια ποιοτική έρευνα δευτερογενών δεδομένων. Το βασικό συμπέρασμα είναι ότι τα συναισθήματα, τα οποία επηρεάζονται από τον πολιτισμό και την εμπειρία των ατόμων, δεν μπορούν να αποκλείονται από την εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς λειτουργούν υποστηρικτικά στις γνωστικές διεργασίες. Επιπλέον, υπογραμμίζεται και η αναγκαιότητα δόμησης στρατηγικών που θα συνδυάζουν τα ευρήματα των νευροεπιστημών για τη μάθηση, τις διαταραχές της γλώσσας και των μαθηματικών, και της επίδρασης των συναισθημάτων.

Λέξεις κλειδιά: κοινωνικά συναισθήματα, γνωστικές διεργασίες, ανάγνωση, μαθηματικά, αναγνωστικές διαταραχές, διαταραχές μαθηματικών νευρωνική ανακύκλωση

ABSTRACT

The purpose of this research is to conduct a study regarding the role of social emotions in learning, which evolved to serve human survival, considering meanwhile cognitive processes, such as mathematics and reading that are quite recent evolutionary achievements to have created cortical gatherings. Moreover, possible negative results of such a fact are mentioned, taking into consideration the neural reuse theory. For these purposes the methodology of the bibliographic review of the existing related literature is adopted, conducting a qualitative research of secondary data. The main conclusion of the research is that emotions, which are affected by culture and personal experiences, cannot be excluded from education, as they support cognitive processes. Furthermore, the necessity of conducting combined strategic regarding neuroscientific findings on learning, reading and mathematic disorders, as well as the effect of emotions and feelings, is underlined.

Key words: social emotions, cognitive processes, reading, mathematics, reading disorders, mathematic disorders, neural reuse

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης με τίτλο «Ρόλος των κοινωνικών συναισθημάτων στη μάθηση (μαθηματικά και ανάγνωση)» υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Νευροεπιστήμη της εκπαίδευσης», του Τμήματος Κοινωνική και Εκπαιδευτική Πολιτική του Πανεπιστημίου Μακεδονίας. Σκοπός της διατριβής είναι η συμβολή στη διεπιστημονική επικοινωνία μεταξύ των νευροεπιστημών με τη σύγχρονη εκπαιδευτική θεωρία και πρακτική, προκειμένου να καταστεί σαφέστερος ο ρόλος των κοινωνικών συναισθημάτων στη διαδικασία της μάθησης. Για την καλύτερη εξυπηρέτηση αυτού του σκοπού, επιχειρείται η κατά το δυνατόν πληρέστερη στην περιορισμένη έκταση μιας διπλωματικής εργασίας μελέτη και κριτική της εξελικτικής πορείας που ακολούθησαν οι γνωστικές διεργασίες της ανάγνωσης και των μαθηματικών, ιδωμένη υπό το πρίσμα των θεωριών της Νευρωνικής Ανακύκλωσης.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ολοένα και πιο απαραίτητη σύμπραξη των νευροεπιστημονικών θεωριών με τα κοινωνικά συναισθήματα του ανθρώπου και με την εκπαιδευτική διαδικασία και παρουσιάζονται εκτενέστερα οι λόγοι, οι επιμέρους στόχοι και η μεθοδολογία της συγκεκριμένης έρευνας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθενται οι θεωρίες της Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης όπως έχουν διαμορφωθεί τα τελευταία χρόνια βάσει της διεθνούς βιβλιογραφίας, η εφαρμογή και οι συνέπειές τους στους γνωστικούς τομείς της ανάγνωσης και των μαθηματικών.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνεται ο ορισμός των συναισθημάτων και μέσα από νευροεπιστημονικές μελέτες για τα κοινωνικά συναισθήματα προτείνονται διδακτικές στρατηγικές για την πλήρη ενσωμάτωση και την αξιοποίησή τους από τη διαδικασία της μάθησης.

Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο εκτίθενται συνολικά τα συμπεράσματα της προηγούμενης έρευνας, όπως και οι περιορισμοί που αυτή συνάντησε. Ακόμη, στην τελευταία υποενότητα επισημαίνονται πτυχές του ζητήματος οι οποίες ξεφεύγουν από τα όρια της συγκεκριμένης εργασίας και προσφέρονται για μελλοντική έρευνα.

Τσανίδου Αναστασία

Σεπτέμβριος 2019

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Νευροεπιστημονικές Θεωρίες, Κοινωνικά Συναισθήματα, και Εκπαίδευση

Η νευροεπιστήμη μελετά τον τρόπο με τον οποίο αφενός αναπτύσσεται και αφετέρου λειτουργεί το νευρικό σύστημα στους οργανισμούς. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη της αναφορικά με τους ανθρώπινους οργανισμούς αφορά σε μοριακές, γενετικές, επιγενετικές καθώς και νευρωνικές διαδικασίες που υποστηρίζουν το σώμα και το μυαλό. Η κοινωνική και συναισθηματική νευροεπιστήμη επιχειρεί τη μελέτη των νευροβιολογικών μηχανισμών μέσω μιας κοινωνικής και συναισθηματικής προσέγγισης. Στην προσπάθειά της αυτή έχει στη διάθεσή της διάφορα εργαλεία όπως τη νευροαπεικόνιση, με την οποία μετρά τον τρόπο δόμησης και λειτουργίας του εγκεφάλου, την ψυχοφυσιολογική καταγραφή, προκειμένου να εξετάσει τον ερεθισμό του σώματος, και την επανενεργοποίηση αλλά και αναλύσεις ορμονών για να μετρήσει τα φυσιολογικά χημικά σήματα που κυκλοφορούν στο σώμα, όπως για παράδειγμα αυτά που σχετίζονται με το στρες (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017).

Ωστόσο, η κατανόηση του τι ακριβώς σημαίνουν τα νευροεπιστημονικά αυτά δεδομένα για την ανάπτυξη του ανθρώπινου είδους αλλά και η εύρεση του τρόπου με τον οποίο μπορούν να εφαρμοστούν στον τομέα της εκπαίδευσης, αν και απαραίτητη, είναι ακόμη σε αρχικά στάδια (Immordino-Yang, 2015), και συνήθως σημειώνεται ένα χάσμα ανάμεσα στην επιστήμη των παιδαγωγικών και στη μελέτη των συναισθημάτων με νευροεπιστημονικές μεθόδους. Η κύρια αιτία αυτής της αδυναμίας σύζευξης των δεδομένων σχετίζεται με το ότι συχνά οι νευροεπιστημονικές μελέτες περιορίζονται στο πλαίσιο του ερωτήματος που θέτουν κάθε φορά, στην αποδόμηση των συναισθημάτων και των κοινωνικών επεξεργασιών στα επιμέρους στοιχεία τους, παράλληλα με περιορισμούς τεχνολογικής και μεθοδολογικής φύσης. Επιπροσθέτως, οι ερευνητές της παιδαγωγικής επιστήμης και ιδιαίτερα όσοι ασχολούνται με την ανθρώπινη ανάπτυξη αποσκοπούν στο να μελετήσουν και να κατανοήσουν ποιες σύνθετες δυναμικές διαφοροποιούνται ατομικά και

τον τρόπο με τον οποίο επιδρά επάνω τους το εκάστοτε πλαίσιο αλλά και η κοινωνία, επηρεαζόμενοι ταυτόχρονα από αλλαγές που επιφέρει ο χρόνος. Το αποτέλεσμα αυτής της πραγματικότητας, όμως, είναι πως τις περισσότερες φορές τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις έρευνες του κάθε πεδίου μεταφράζονται λανθασμένα από το άλλο και επί της ουσίας καθιστούν αδύνατη μια ενημέρωση σχετική με τα ερευνητικά ερωτήματα που τους απασχολούν, μοντέλα και πρακτικές που πιθανά μπορεί να προκύψουν (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017).

Παράλληλα, τις τελευταίες δεκαετίες νέες αποκαλύψεις σχετικά με τη νευροεπιστημονική έρευνα της κοινωνικής και της συναισθηματικής επεξεργασίας έχουν πραγματοποιηθεί (Damasio, 2005), οι οποίες υποδεικνύουν την ύπαρξη μιας αμφίδρομης επίδρασης των εμπειριών και της βιολογίας στην ανάπτυξη του παιδιού (Immordino-Yang & Fischer, 2009), δεδομένα στα οποία θα γίνει αναφορά στη συνέχεια της εργασίας, ενώ όλο και περισσότεροι ερευνητές συνδέουν τα ακαδημαϊκά επιτεύγματα με την προσωπική νοηματοδότηση των αποφάσεων και τα κοινωνικά συναισθήματα, απορρίπτοντας έτσι σταδιακά την παλαιότερη επικρατούσα άποψη πως τα χαρακτηριστικά του παιδιού είναι βιολογικά προκαθορισμένα και δεν εξαρτώνται από τις εμπειρίες του, ατομικές, κοινωνικές και πολιτισμικές (Damasio, 2005). Υποστηρίζεται ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά και μάθηση ξεκινά από τον εγκέφαλο, ο οποίος μέσα από δυναμικές διαδικασίες επεξεργάζεται τις γνωστικές, συναισθηματικές και κοινωνικές εμπειρίες του ατόμου, βάσει κάποιων βιολογικών περιορισμών και αρχών (Immordino-Yang, 2007). Σειρές νευροβιολογικών και ψυχολογικών ερευνών αρχίζουν να δίνουν βαρύτητα στον τρόπο με τον οποίο δομούνται τα κοινωνικά συναισθήματα, τα οποία αποδεικνύεται πως δεν μένουν ανεπηρέαστα από νευροβιολογικά και κοινωνικο-πολιτισμικά δεδομένα, ενώ η επικρατούσα άποψη υποστηρίζει πως η νευροβιολογική και η κοινωνικο-πολιτισμική ανάπτυξη είναι αλληλοεξαρτώμενες (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017).

Εξαιτίας αυτής της σχέσης ανάμεσα στη βιολογική προδιάθεση ενός παιδιού και στις κοινωνικές και γνωστικές του εμπειρίες, η εκπαίδευση και οι νευροεπιστήμες αρχίζουν να έχουν μια επικοινωνία. Όμως, προκειμένου τα αποτελέσματα αυτής της επικοινωνίας να παρέχουν πληροφορίες τόσο για τη μάθηση όσο και για τον εγκέφαλο και να επηρεάσουν τον τρόπο με τον οποίο δομούνται τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, πρέπει να σχεδιαστούν εκ νέου σχετικές αρχές που θα αφορούν στον εγκέφαλο και στη μάθηση, και παράλληλα η νευροεπιστήμη να μελετήσει φαινόμενα τα οποία σχετίζονται με τον τρόπο μάθησης και ανάπτυξης του ανθρώπου στον πραγματικό κόσμο (Immordino-Yang & Fischer, 2009).

Στο σημείο αυτό όμως, είναι απαραίτητο να υπογραμμιστεί ότι τα ευρήματα αυτής της σύζευξης πρέπει να μελετώνται προσεκτικά, γιατί όπως συμβαίνει σχεδόν με όλες τις απότομες ανακαλύψεις, τεχνολογικές καινοτομίες και θεωρητικές προόδους (κάτι που έχει γίνει πολύ έντονα στο συγκεκριμένο πεδίο έρευνας), τα δεδομένα μπορεί να παραφραστούν ή να ερμηνευθούν λανθασμένα (Immordino-Yang & Fischer, 2009). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κατάταξη των μαθητών σε κατηγορίες όπως ακουστικοί μαθητές ή κιναισθητικοί, μαθητές στους οποίους κυριαρχεί η δεξιά ή η αριστερή πλευρά του εγκεφάλου (Goswami, 2006).

Από την αναπτυξιακή σκοπιά του εγκεφάλου, θα πρέπει να αναφερθεί ότι μέχρι κάποιες δεκαετίες πριν υποστηριζόταν ότι υπάρχουν πολύ συγκεκριμένες εγκεφαλικές περιοχές που επιτελούν πολύ συγκεκριμένες ανθρώπινες λειτουργίες, προτείνοντας έτσι μία αυστηρή εγκεφαλική εξειδίκευση ανά περιοχή και προτείνοντας έναν πιο αυστηρό εντοπισμό λειτουργιών ανά εγκεφαλικό τμήμα. Ωστόσο, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει υποστεί μεταβολές για κάποιες από τις νεότερες εξελικτικά λειτουργίες του ανθρώπινου είδους, προτείνοντας ότι μέσα από την εκπαίδευση οι άνθρωποι μπορούν και επαναχρησιμοποιούν προϋπάρχουσες αναπαραστάσεις για νέους σκοπούς (Dehaene et al., 2010) ή δημιουργούν νέα νευρωνικά κυκλώματα, βάσει και πάλι των ήδη

παγιωμένων και παλαιότερων κυκλωμάτων, τα οποία εξυπηρετούν τους νέους σκοπούς που προκύπτουν με το πέρασμα των χρόνων, όπως τα μαθηματικά και η ανάγνωση (Anderson, 2014). Υπό το πρίσμα αυτό φαίνεται ότι τελικά ο ανθρώπινος εγκέφαλος εξελίσσεται με τρόπο ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος, γι' αυτό και οι άνθρωποι είναι ικανοί πλέον να πλοηγούνται στο χώρο και να θυμούνται τοποθεσίες, να αντιλαμβάνονται και να διαχειρίζονται την έννοια του χρόνου, να χρησιμοποιούν τους αριθμούς, την αριθμητική αλλά και την ομιλία, παράγοντας ήχους εξειδικευμένους για το ανθρώπινο είδος (Dehaene, 2011). Αυτές οι θεωρίες της Νευρωνικής Ανακύκλωσης και Επαναχρησιμοποίησης φαίνεται να επηρεάζονται από την πολιτισμική μεταβίβαση γνωστικών διεργασιών, αξιών και τρόπων σκέψης (Immordino-Yang, Chiao & Fiske, 2010).

Αναγκαιότητα Έρευνας

Αναλύσεις σε βιολογικό και εκπαιδευτικό επίπεδο δεν μπορούν να αντικαταστήσουν η μια την άλλη (Immordino-Yang & Gottlieb, 2017). Μια πληρέστερη και ορθότερη κατανόηση του τρόπου αλληλεπίδρασης της βιολογίας και της προερχόμενης από την εκπαίδευση εμπειρίας είναι απαραίτητη, διότι εφόσον οι νευροεπιστήμονες ανακαλύψουν τις πλευρές εκείνες της ανθρώπινης εμπειρίας που είναι πιθανότερο να επηρεάσουν τη βιολογία και το αντίστροφο, οι εκπαιδευτικοί συνακόλουθα θα μπορέσουν να οδηγηθούν στην ανάπτυξη καλύτερων και ακριβέστερων εκπαιδευτικών εμπειριών, αξιολογήσεων της εκπαιδευτικής πορείας των μαθητών, και παρεμβάσεων (Immordino-Yang & Fischer, 2009). Η εκπαιδευτική έρευνα έχει αρκετά από τα εργαλεία που χρειάζονται όχι μόνο για να καταγραφεί η ανθρώπινη συμπεριφορά, η σκέψη, η μάθηση και τα συναισθήματα, αλλά και για να υποστηρίξει τους επιστήμονες του πεδίου ώστε να εμπλακούν με την επεξεργασία αυτών, προσαρμοστικά αλλά και σταδιακά. Ωστόσο, σε όλη αυτήν τη διαδικασία είναι βασική η κατανόηση και των βιολογικών, ψυχολογικών και κοινωνικών μηχανισμών που

επηρεάζουν τον ανθρώπινο νου και την ανάπτυξή του, στοιχεία τα οποία δεν μπορεί να καλύψει από μόνη της η παιδαγωγική επιστήμη. Στο σημείο αυτό ακριβώς η νευροεπιστημονική έρευνα είναι σε θέση να συνεισφέρει, καθώς μπορεί να αποτελέσει μια πηγή περιορισμών και υποθέσεων στην παιδαγωγική επιστήμη και να παράσχει την αποκωδικοποίηση του τρόπου λειτουργίας των σχετικών νευρωνικών μηχανισμών με τη γνωστική, κοινωνική και συναισθηματική επεξεργασία, αλλά και την πολιτισμική μάθηση (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017). Όταν αυτή η σύζευξη πραγματοποιηθεί με το σωστό τρόπο προκύπτουν αποτελέσματα εξαιρετικά χρήσιμα για την παιδαγωγική επιστήμη, καθώς απορρίπτονται ή επιβεβαιώνονται υπάρχοντα μοντέλα, τα οποία έχουν μελετηθεί ως προς την εγκυρότητά τους από βιολογική σκοπιά, αλλά παράλληλα παρέχουν και πληροφορίες για τους υπάρχοντες ανθρώπινους εγκεφαλικούς μηχανισμούς, κάτι που συνακόλουθα μπορεί να συμβάλει στη διατύπωση καινούργιων ερευνητικών ερωτημάτων ή θεωριών. Ταυτόχρονα όμως, οι νευροεπιστήμες θα ωφεληθούν από μια τέτοιου είδους διεπιστημονική προσέγγιση, καθώς πρακτικά θα επιτευχθεί ένας συμβιβασμός τους με την εκπαιδευτική έρευνα (Immordino-Yang, 2015), ο οποίος θα οδηγήσει στο σχεδιασμό νέων ερευνών, πιο στοχευμένων και προσανατολισμένων στην εκπαίδευση και με μεγαλύτερη οικολογική εγκυρότητα, καθώς οι εκπαιδευτικοί θα μπορούν να ενημερώσουν τους νευροεπιστήμονες για τη δυναμική της ανάπτυξης του παιδιού και πιο συγκεκριμένα για τον τρόπο με τον οποίο αυτή επιτυγχάνεται στην καθημερινότητα, και όχι στο πλαίσιο κάποιας εργαστηριακής μελέτης (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017).

Αυτή η διμερής επικοινωνία των συγκεκριμένων επιστημών και η αμφίπλευρη προσπάθεια να περιλάβει η μια τα στοιχεία και τις θεωρίες της άλλης θα μπορούσαν να οδηγήσουν στη δόμηση μιας πιο ολοκληρωμένης και αποτελεσματικής επιστήμης για την ανθρώπινη εμπειρία (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Κρίνεται, συνεπώς, απαραίτητος ο σχεδιασμός των ερευνητικών μεθόδων που θα συνδυάζουν τη νευροεπιστήμη με την

εκπαίδευση και η δημιουργία ενός πρακτικού πλαισίου το οποίο θα αφορά ακριβώς στην ανάλυση των δυο αυτών πεδίων αλλά παράλληλα θα ρυθμίζει και τη σύγκλισή τους (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017).

Σκοπός και Επιμέρους Στόχοι της Έρευνας

Όπως διαπιστώθηκε παραπάνω, η διεπιστημονική επικοινωνία ανάμεσα στις νευροεπιστήμες και στην εκπαίδευση είναι αναγκαία για την πληρέστερη κατανόηση του ρόλου των κοινωνικών συναισθημάτων στη μάθηση, ενώ ταυτόχρονα είναι χρήσιμη η μελέτη της εξέλιξης των γνωστικών διεργασιών της ανάγνωσης και των μαθηματικών, υπό το πρίσμα των θεωριών της Νευρωνικής Ανακύκλωσης. Για αυτόν το λόγο, στην παρούσα εργασία διερευνάται η παραπάνω διαπίστωση.

Οι επιμέρους στόχοι της έρευνας έχουν ως εξής:

1. Παρουσίαση των βασικών θεωριών Νευρωνικής Ανακύκλωσης.
2. Ανάλυση της Νευρωνικής Ανακύκλωσης και των γνωστικών όψεών της στη μάθηση.
3. Εξέταση των συνεπειών των δεδομένων αυτών στην εκπαίδευση και σε μαθησιακές διαταραχές.
4. Παρουσίαση νευροεπιστημονικών ερευνών για τα κοινωνικά συναισθήματα.
5. Διερεύνηση του ρόλου των γονιδίων της μάθησης των συναισθημάτων.
6. Μελέτη ευαίσθητων περιόδων για την εγκεφαλική ανάπτυξη και του τρόπου συσχέτισής τους με τη μάθηση.
7. Σκιαγράφηση στρατηγικών ενσωμάτωσης των κοινωνικών συναισθημάτων στη μάθηση.

Μεθοδολογία

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση και πραγματοποιήθηκε προκειμένου να μελετηθούν οι βασικές θεωρίες νευρωνικής ανακύκλωσης, σκιαγραφώντας παράλληλα την σημασία τους για τα πρόσφατα εξελικτικά επιτεύγματα του ανθρώπου, τη γλώσσα και τα μαθηματικά, σε συνδυασμό με την επίδραση που δέχονται αυτά από τα κοινωνικά συναισθήματα.

Για την προσέγγιση του κύριου σκοπού της έρευνας, αλλά και των επιμέρους στόχων, αξιοποιήθηκαν οι βάσεις δεδομένων και μηχανές αναζήτησης PubMed, ResearchGate, Frontiers, Science Direct, ενώ η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε το χρονικό διάστημα 25 Φεβρουαρίου 2019 και ολοκληρώθηκε στις 30 Αυγούστου της ίδιας χρονιάς. Λέξεις κλειδιά της διαδικασίας αποτέλεσαν οι όροι neural reuse, neural redeployment, neural recycle, social emotions, cognitive processes, reading, mathematics, reading disorders, mathematic disorders. Επιπρόσθετα, αξιοποιήθηκαν βιβλία τα οποία υπήρχαν διαθέσιμα στην βιβλιοθήκη του Πανεπιστημίου Μακεδονίας και σχετιζόταν με το υπό έρευνα θέμα της παρούσας μελέτης, χρησιμοποιώντας τις ίδιες λέξεις κλειδιά, καθώς επίσης και στην ηλεκτρονική βιβλιοθήκη Wiley Online Library.

Τα άρθρα που ανακτήθηκαν ήταν συνολικά 100, χρησιμοποιήθηκαν ωστόσο τα 87 εξ αυτών καθώς πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής και ήταν σχετικά με το υπό μελέτη θέμα, ενώ τα κεφάλαια βιβλίων που χρησιμοποιήθηκαν, 20 στον αριθμό, αξιοποιήθηκαν όλα. Τα κριτήρια εισαγωγής ήταν τα εξής: α) ως προς τη συνάφεια, τα άρθρα να αναφέρονται στις συγκεκριμένες προαναφερθείσες θεωρίες νευρωνικής ανακύκλωσης, στα γνωστικά αντικείμενα της γλώσσας και των μαθηματικών μόνο, αλλά και στις διαταραχές που μπορεί να σημειώνονται στους τομείς αυτούς και τέλος στα κοινωνικά συναισθήματα αναφορικά με την μάθηση, β) να είναι ερευνητικά άρθρα (είτε πρωτογενείς έρευνες, είτε ανασκοπήσεις, είτε μετα-αναλύσεις), γ) να έχουν δημοσιευτεί στα αγγλικά κατά το χρονικό διάστημα 1996-2019,

καθώς άρθρα προγενέστερα αυτού του διαστήματος αποκλείστηκαν θεωρούμενα ως παλιές βιβλιογραφικές πηγές, ενώ η επιδίωξη ήταν να συμπεριληφθούν πρόσφατες πηγές. Ακόμη, αποκλείστηκαν κάποια άρθρα τα οποία αναφέρονταν σε άλλες γνωστικές λειτουργίες και δεν αφορούσαν τη γλώσσα και τα μαθηματικά που ήταν το αντικείμενο της συγκεκριμένης μελέτης, αλλά και άρθρα τα οποία ανέφεραν ίδια μεταξύ τους στοιχεία, τροποποιώντας μόνο τον τρόπο έκφρασης, κυρίως στην παρουσίαση των θεωριών νευρωνικής ανακύκλωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΘΕΩΡΙΕΣ ΝΕΥΡΩΝΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ (NEURAL REUSE)

Όλο και περισσότερες θεωρίες χρησιμοποιούν ως κεντρική τους θέση την Επαναχρησιμοποίηση νευρικών κυκλωμάτων για διάφορες γνωστικές λειτουργίες, απορρίπτοντας την καθαρά εντοπιστική θεωρία, σύμφωνα με την οποία μια εγκεφαλική περιοχή αφορά μόνο σε μια συγκεκριμένη λειτουργία. Οι θεωρίες Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης υποστηρίζουν πως σχετικά νευρωνικά κυκλώματα που παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν για μία δεδομένη λειτουργία κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του ανθρώπινου είδους ή της φυσιολογικής ανάπτυξης του χρησιμοποιήθηκαν και για άλλους σκοπούς, συχνά διατηρώντας την αρχική τους λειτουργία (Anderson, 2014). Αυτές οι θεωρίες προτείνουν ότι μέσω της χρήσης χαμηλού επιπέδου νευρωνικών κυκλωμάτων μεγάλες εγκεφαλικές περιοχές που αφορούσαν σε συγκεκριμένους γνωστικούς τομείς μπορεί να συνέχισαν να αποκτούν νέες λειτουργίες χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια βλάβη της αρχικής λειτουργίας, υπηρετώντας πλέον και επιπρόσθετους γνωστικούς τομείς. Στο σημείο αυτό διαφοροποιούνται εν μέρει από την έννοια της νευροεπλαστότητας, καθώς η Νευρωνική Ανακύκλωση εμφανίζεται σε κυκλώματα που έχουν ήδη παγιωμένες πρωταρχικές λειτουργίες, αποκτώντας επιπρόσθετες λειτουργίες χωρίς να προηγείται τραυματισμός ή απώλεια της παγιωμένης αρχικής λειτουργίας· παράλληλα, δεν απαιτείται πάντα έντονη τοπική αλλαγή στη δομή των κυκλωμάτων, καθώς πιθανόν να περιλαμβάνει μόνο την παγίωση λειτουργικών συνδέσεων με νέα τμήματα (Anderson, 2010).

Τα τελευταία χρόνια, αρκετές σχετικές θεωρίες έχουν προκύψει, οι οποίες μάλιστα έχουν αρκετά κοινά σημεία μεταξύ τους, παρουσιάζουν ωστόσο και ενδιαφέρουσες διαφορές. Η προσέγγιση των εγκεφαλικών δομών και ο τρόπος με τον οποίο τόσο οι ενήλικες όσο και τα παιδιά μπορούν να μάθουν είναι βασικό μέλημα της Γνωστικής Νευροεπιστήμης, η οποία έχει δώσει ήδη αρκετά στοιχεία (Dehaene, 2011). Θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης, όπως

αυτή της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης (Neural Exploitation) (Gallese & Lakoff, 2005· Gallese, 2008), της Νευρωνικής Ανακύκλωσης (Neural Recycling) (Dehaene, 2005· 2009), και της Νευρωνικής Ανακατάταξης (Massive Redeployment Theory) (Anderson, 2008), μπορούν να αποτελέσουν τη βάση επάνω στην οποία θα δομηθεί η κατανόηση των γνωστικών λειτουργιών του ανθρώπινου είδους σχετικά με πρόσφατα εξελικτικά επιτεύγματά του, όπως είναι η ανάγνωση και τα μαθηματικά (Dehaene, 2011). Το κοινό σημείο όλων των θεωριών Επαναχρησιμοποίησης (της Εκμετάλλευσης, της Ανακύκλωσης και της Ανακατάταξης) είναι ότι επιχειρούν να εναρμονίσουν τη βιολογία, το περιβάλλον και την ανθρώπινη εξέλιξη, έχοντας ως κοινή βάση το δεδομένο ότι μια περιοχή μπορεί να τροποποιήσει, να ξαναχρησιμοποιήσει ή να δημιουργήσει νέα κυκλώματα προκειμένου να αναπτυχθεί μια νέα δεξιότητα, όπως συνέβη με τη γλώσσα, που αποτελεί κοινή, κύρια μελετώμενη δεξιότητα και για τις τρεις θεωρίες. Μια αναλυτικότερη παρουσίαση αυτών των θεωριών επιχειρείται στη συνέχεια

Θεωρίες Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης

Θεωρία Νευρωνικής Εκμετάλλευσης

Ο Gallese (2003· 2006· 2008) σημείωσε τη βαρύνουσα σημασία των κατοπτρικών νευρώνων για το ανθρώπινο είδος και τη συμβολή τους στην κοινωνική γνώση και τη διαμόρφωσή της. Υποστήριξε ότι αυτή η κοινωνική γνώση των ανθρώπων, στην οποία εντάσσει και τη γλώσσα, απαιτεί μια προσέγγιση που θα βασίζεται στην εμπειρική μελέτη της κοινωνικής γνώσης, προκειμένου να γίνει αντιληπτή η ουσία της ανθρώπινης συνείδησης, αλλά και του τρόπου με τον οποίο σχετίζεται με την εξέλιξη (Gallese, 2008). Μελέτες που διεξήγαγε με μακάκες πίθηκους και ανθρώπους αναφορικά με το ρόλο των κατοπτρικών νευρώνων τον οδήγησαν στη διατύπωση της άποψης ότι η ευκολία με την οποία «μιμούνται»

αυτά τα είδη συμπεριφορές και κινήσεις πιθανότατα βασίζεται σε μια σειρά νευρωνικών μηχανισμών, ενώ παράλληλα έδωσε μεγάλη βαρύτητα στην επίδραση των νευρώνων αυτών σε γνωστικές λειτουργίες όπως αυτή της γλώσσας. Επιπλέον, υποστήριξε πως η ανακάλυψη αυτών των νευρώνων τροποποίησε την αντίληψη που υπήρχε αναφορικά με τη σύνδεση δράσης, αντίληψης και συνείδησης. Επιπλέον, υποστήριξε ότι η κοινωνική αλληλεπίδραση και οι κοινές δράσεις έχουν ως προαπαιτούμενο την ικανότητα κατανόησης και πρόβλεψης της συμπεριφοράς που θα αναπτυχθεί από τα άλλα μέλη της επικοινωνίας, υπογραμμίζοντας το ρόλο των κατοπτρικών νευρώνων σε αυτήν τη διαδικασία. Το αποτέλεσμα αυτής της συλλογιστικής και ερευνητικής πορείας του Gallese συνοψίζεται στη διαπίστωσή του ότι ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να «εκμεταλλευτεί» τους κατοπτρικούς νευρώνες για μια πληθώρα κοινωνικών σκοπών (Gallese, 2008). Σύμφωνα με τον Anderson (2014), η υπόθεση της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης αποτελεί την εξέλιξη και το συνδυασμό της θεωρίας της εννοιολογικής μεταφοράς και της ενσώματης γνώσης ή νόησης. Βασική θέση της είναι ότι για την πληρέστερη κατανόηση της ανθρώπινης συνείδησης πρέπει να γίνει αντιληπτό πως υπάρχει ένα κοινό οικοσύστημα στο οποίο προσαρμόζονται αισθητικοκινητικοί εγκεφαλικοί μηχανισμοί, ώστε να εξυπηρετούν μαζί με την αρχική λειτουργία τους και άλλες πιο νέες, όπως για παράδειγμα τη γλώσσα (Gallese & Lakoff, 2005). Προς επίρρωση αυτής της θέσης αναφέρεται ότι, όταν φαντάζεται κανείς κάτι, χρησιμοποιεί το ίδιο μέρος του εγκεφάλου του που θα χρησιμοποιούσε αν το έβλεπε στην πραγματικότητα. Συνεπώς, είναι εφικτό να φανταστεί ότι πιάνει ένα αντικείμενο χωρίς πράγματι να το αγγίξει, και άρα επί της ουσίας προτείνεται πως το ίδιο νευρικό υπόστρωμα χρησιμοποιείται και από τη φαντασία και από την κατανόηση, καθώς χρησιμοποιούνται πολλοί από τους ίδιους νευρώνες που πραγματικά ενεργούν και αντιλαμβάνονται (Gallese, 2003). Έτσι, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η κατανόηση απαιτεί φαντασία, αφού για να γίνει αντιληπτό το περιεχόμενο της πρότασης: «Έπιασε το ποτήρι» πρέπει να φανταστεί κανείς τις παραμέτρους της πρότασης όπως το

δράστη, το αντικείμενο (εν προκειμένω το ποτήρι), την ίδια την πράξη-κίνηση που πρέπει να πραγματοποιήσει, τον τρόπο με τον οποίο θα κάνει αυτήν την κίνηση και όλα τα σχετικά. Επιπλέον, προτάθηκε ότι η φαντασία είναι προσομοίωση, υπό την έννοια ότι για να μπορέσει κάποιος να φανταστεί κάτι σημαίνει ότι ουσιαστικά χρησιμοποιεί ξανά ίχνη που έχει αφήσει μια προηγούμενη παρόμοια εμπειρία που περιελάμβανε τα εν λόγω αντικείμενα. Κατά συνέπεια, με τη λογική αυτή υπογραμμίστηκε ότι η προσομοίωση είναι μία Νευρωνική Εκμετάλλευση, καθώς ουσιαστικά επαναχρησιμοποιεί νευρωνικά κυκλώματα που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μία αρχική, πρωτότυπη εμπειρία. Καταληκτικά, η θεωρία αυτή υποστηρίζει ότι οι ανθρώπινοι εγκεφαλικοί μηχανισμοί αναπροσαρμόστηκαν σε νέους ρόλους σχετικά με τη λογική και τη γλώσσα, χωρίς όμως να χάνουν τις αρχικές τους λειτουργίες, καθιστώντας με αυτήν την επαναπροσαρμογή τους τον εγκεφαλικό μηχανισμό πολυτροπικό (Gallese & Lakoff, 2005).

Η νευροφυσιολογική υπόθεση της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης επιχειρεί να ερμηνεύσει τον τρόπο με τον οποίο βασικά σημεία της ανθρώπινης γνώσης υποστηρίζονται από τους μηχανισμούς του ανθρώπινου εγκεφάλου. Αναλυτικότερα, προτείνεται ότι αρχικά αυτοί οι μηχανισμοί εξελίχθηκαν προκειμένου να επιτευχθεί κινητική ολοκλήρωση, αλλά στην πορεία, χωρίς να χάσουν την αρχική τους λειτουργία, προσαρμόστηκαν σε νέες λειτουργίες, όπως η γλώσσα. Η θεώρηση αυτή συνδέει την κοινωνική γνώση και τη γλώσσα με τη δράση, που είναι ένας πιο βιωματικός τομέας (Gallese, 2008), στηριζόμενη στη λειτουργία των κατοπτρικών νευρώνων, οι οποίοι, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, υπάρχουν στους ανθρώπους και συνδέουν τη δράση, την αντίληψη και την εκτέλεση (Gallese, 2006· 2008). Οι νευρώνες αυτοί αφενός αποδίδουν νόημα στην επαφή που έχει το άτομο με τον κόσμο βάσει των εμπειριών που έχει ο άνθρωπος, ενώ παράλληλα λειτουργούν ως κώδικας στη γενικότερη πρόθεση που εμπεριέχει μια ενέργεια. Έτσι, αποτελούν τη βάση επάνω στην οποία μπορεί να δομηθεί η εξήγηση διαφορετικών συμπεριφορών, όπως της κοινωνικής

αλληλεπίδρασης, της κατανόησης των εκφράσεων του προσώπου ενός ατόμου, των στάσεων αλλά και των συμπεριφορών των άλλων ανθρώπων (Gallese, 2006). Γενικά, η θεωρία της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης υποστηρίζει ότι οι γνωστικές κοινωνικές δεξιότητες του ανθρώπου, ακόμη και η δεξιότητα της γλώσσας, μπορούν να τροποποιηθούν ποιοτικά γιατί προϋπάρχει ποσοτική αναβάθμιση της αρχιτεκτονικής δομής, και παράλληλα προτείνει ότι τα γνωστικά κοινωνικά χαρακτηριστικά που παρατηρούνται στο ανθρώπινο είδος πιθανόν είναι ένα αποτέλεσμα της εξέλιξης που σημειώθηκε με την πάροδο του χρόνου επί των μηχανισμών φυσικής επιλογής (Gallese, 2008).

Η θεωρία αυτή έχει δεχθεί κριτική από ερευνητές, ωστόσο, αναμφίβολα έχει μεγάλη χρησιμότητα καθώς επιτρέπει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο ανθρώπινος εγκέφαλος αντιλαμβάνεται όσα συμβαίνουν γύρω του (Anderson, 2014). Ένα βασικό σημείο κριτικής αποτελεί και το γεγονός ότι αφορά μόνο στο κιναισθητικό κομμάτι, ενώ η βάση του εγκεφάλου φαίνεται να είναι ευρύτερη και παράλληλα επικεντρώνεται στη γνωστική λειτουργία της γλώσσας ως γνωστική ικανότητα που απέκτησε ο άνθρωπος ως αποτέλεσμα της εξέλιξης του είδους, αγνοώντας άλλες αντίστοιχα πρόσφατες εξελικτικά ικανότητές του, όπως είναι τα μαθηματικά, για τα οποία θα γίνει αναφορά στη συνέχεια της συγκεκριμένης εργασίας, άποψη που βρίσκεται σε συμφωνία με την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Anderson, 2010).

Ο Anderson (2010) πρότεινε μία επέκταση αυτής της θεωρίας Νευρωνικής Εκμετάλλευσης, ώστε να περιλαμβάνεται και η κοινωνική αντίληψη, η σημασιολογική κατανόηση αλλά και ένα υπολογιστικό μοντέλο σχετικά με το πώς προκύπτει η επαναχρησιμοποίηση των νευρωνικών κυκλωμάτων. Αυτό το μοντέλο έχει δύο βασικά σχήματα με τα οποία επιχειρεί την περιγραφή των αντικειμένων και των οδηγιών που δίνονται για αυτά τα αντικείμενα. Στην πραγματικότητα συνδέουν το κιναισθητικό κομμάτι με το εννοιολογικό σύστημα, και έτσι τα σχήματα που προκύπτουν αφορούν γεγονότα, ενώ

παράλληλα είναι υπεύθυνα για την αναγνώριση του γεγονότος και μπορούν να προτείνουν μία λύση – αντίδραση. Σε ένα πιο γενικευμένο πλαίσιο, η θεωρία της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης αφορά στις συνδέσεις που παρουσιάζονται στο κιναισθητικό σύστημα δίνοντας μία σχηματική υπόσταση στις έννοιες, και συνακόλουθα συμβάλλουν στη δημιουργία ενός τρόπου με τον οποίο θα μπορεί να καταστεί κατανοητή η νευρωνική ενεργοποίηση των ήδη εγκατεστημένων σχημάτων. Αυτή η θεώρηση μπορεί να πάρει και πιο αφηρημένη μορφή, να αφορά δηλαδή σε αλγορίθμους, γεγονός που συνεπάγεται ότι τα σχήματα οδηγίων μπορεί να γίνουν και συστήματα ελέγχου νευρωνικών συμπλεγμάτων, και έτσι το σχήμα που χρησιμοποιείται τυπικά για να ελέγξει τη ρυθμική παραγωγή λόγου να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη σιωπηλή απομνημόνευση. Μια τέτοια θεώρηση, βέβαια, ξεφεύγει από τις αρχές της Βασικής Υπολογιστικής Θεωρίας, γιατί ουσιαστικά προτείνει ένα σύστημα στο οποίο η Νευρωνική Επαναχρησιμοποίηση περιορίζεται σε ένα επίπεδο μόνο, καθώς υπάρχει ανάγκη να δημιουργηθούν συστήματα ελέγχου για αρκετά παρόμοια λειτουργικά αποτελέσματα (Anderson, 2010· 2014). Σχετικά με τη θεωρία Νευρωνικής Εκμετάλλευσης, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι επικεντρώνεται σε κιναισθητικά κυκλώματα, τη στιγμή όμως που η έννοια της Ανακύκλωσης (Reuse) στην οποία εντάσσεται η συγκεκριμένη θεωρία είναι ευρύτερη, καθώς δεν περιορίζεται μόνο στα κιναισθητικά κυκλώματα, αλλά σε πολλά και διαφορετικά μεταξύ τους τμήματα και κυκλώματα του εγκεφάλου (Anderson, 2010), κάτι τέτοιο θα μπορούσε δύσκολα να αποδειχθεί.

Νευρωνική Ανακύκλωση

Βασική θέση της θεωρίας της Νευρωνικής Ανακύκλωσης (Neuronal Recycling Theory) είναι ότι το ανθρώπινο είδος έχει εξελιχθεί τόσο πολύ, ώστε ο εγκέφαλος των ανθρώπων, με τη σημερινή μορφή και τις σημερινές λειτουργίες του, είναι σε θέση πλέον να

επιλύει πολύ συγκεκριμένα προβλήματα, όπως είναι η πλοήγηση στο χώρο, η απομνημόνευση και ανάκληση τοποθεσιών, η διαχείριση του χρόνου, η αίσθηση των αριθμών ως συμπαγούς συνόλου, η αναγνώριση προσώπων και αντικειμένων και η παράσταση ήχων, κυρίως σχετικών με την ανθρώπινη γλώσσα (Dehaene, 2005· 2009). Επιπλέον, ο Dehaene (2005· 2009), θεμελιωτής της εν λόγω θεωρίας, έχει υπογραμμίσει ότι μεγάλο μέρος των διδασκόμενων στο σχολικό πλαίσιο μαθημάτων, όπως η γλώσσα και τα μαθηματικά, βασίζονται σε πρόσφατες πολιτιστικές λειτουργίες, πολύ νέες για να έχουν ασκήσει πίεση στον εγκέφαλο και άρα να τον έχουν εξελίξει, οπότε ουσιαστικά αποκλείεται βάσει αυτής της διαπίστωσης η πιθανότητα να έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένοι εγκεφαλικοί μηχανισμοί εξειδικευμένοι σε αυτές τις λειτουργίες.

Όπως γίνεται αντιληπτό, το μοντέλο της Νευρωνικής Ανακύκλωσης διαφέρει αρκετά από το προηγούμενο, καθώς στο κέντρο του ενδιαφέροντός του βρίσκονται οι πρόσφατες εξελικτικές ικανότητες της ανάγνωσης και των μαθηματικών. Η μεγάλη συμβολή της θεωρίας της Νευρωνικής Ανακύκλωσης σχετίζεται με τη δυνατότητα που παρέχει στους ερευνητές να εξηγήσουν ένα μεγάλο φάσμα των ανθρωπίνων πολιτισμικών ικανοτήτων. Ωστόσο, πρέπει να υπογραμμιστεί πως το σημείο που χρήζει προσοχής είναι το γεγονός ότι μπορεί να υπάρχουν έντονες ατομικές διαφοροποιήσεις, καθώς μία εγκεφαλική περιοχή μπορεί να σχετίζεται και με άλλες, διαφορετικές λειτουργίες, ανάλογα με το μαθησιακό ιστορικό του ατόμου. Συνεπώς, είναι σχεδόν αδύνατο να περιμένει κανείς την ύπαρξη ακριβώς ίδιων φλοιικών υποστρωμάτων σε διαφορετικούς ανθρώπους για τόσο πρόσφατες εξελικτικές λειτουργίες (Dehaene et al., 2010). Στη βιβλιογραφία, τρεις συνθήκες αναφέρεται πως πρέπει να ισχύουν τουλάχιστον προκειμένου να εφαρμοστεί επιτυχώς το μοντέλο Νευρωνικής Ανακύκλωσης. Πρώτον, πρέπει οι εγκεφαλικές περιοχές που ενεργοποιούνται να είναι διαπολιτισμικά ίδιες, δηλαδή όλοι οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί σε ένα είδος να είναι κοινοί· δεύτερον, πρέπει οι πρακτικές να έχουν κοινά διατροφικά χαρακτηριστικά (έστω και

μερικώς), και τέλος, η ίδια φλοιική βάση και οι ίδιες πιθανότητες να υπάρχουν και σε άλλα πρωτεύοντα θηλαστικά, όχι μόνο στον άνθρωπο (Anderson, 2014), προκειμένου να μπορεί να υποστηριχθεί η γενίκευση των σχετικών ευρημάτων, που είναι το ζητούμενο σε τέτοιες θεωρίες.

Απόδειξη για το πρώτο αποτελεί το γεγονός ότι η περιοχή οπτικού σχηματισμού λέξης είναι κοινή ανεξαρτήτως γλώσσας και συστήματος γραφής, καθώς και το γεγονός ότι η ενδοβρεγματική αύλακα σχετίζεται με αριθμητικές διεργασίες (Dehaene, 2011). Για το δεύτερο φαίνεται ότι στα περισσότερα συστήματα γραφής υπάρχουν δύο διατροφικά στοιχεία, καθώς ο μέσος όρος μολυβιών που χρησιμοποιούνται για κάθε γράμμα είναι τρία και ταυτόχρονα υπάρχει συνεπής συχνότητα κατανομής των τύπων διατομής των γραμμάτων (Changizi et al., 2006). Το τρίτο υποστηρίζεται από έρευνες σε πιθήκους, σε πραγματικό χρόνο, στις οποίες φάνηκε νευρομορφολογική αλλαγή σχεδόν στην ομόλογη με του ανθρώπινου εγκεφάλου περιοχή μετά την εκμάθηση του τρόπου με τον οποίο έπρεπε και μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν τα εργαλεία που τους δόθηκαν (Culham & Valyear, 2006). Κάτι τέτοιο θα πρότεινε ότι υπήρξε ένας καινοτόμος δρόμος μέσω του οποίου επιτεύχθηκαν υψηλότερου επιπέδου γνωστικές λειτουργίες στον άνθρωπο (Anderson, 2014).

Εικόνες από νευροψυχολογικές και απεικονιστικές μελέτες υποδεικνύουν την ύπαρξη μικρών εγκεφαλικών φλοιικών τμημάτων τα οποία χρησιμοποιούνται από τέτοιου είδους πρόσφατες εξελικτικά ικανότητες, όπως η ανάγνωση και η αριθμητική, με έναν σχεδόν αυτοματοποιημένο, ασυνείδητο τρόπο. Επιπλέον, φάνηκε πως μπορεί να προκληθούν προβλήματα σε λειτουργίες που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες περιοχές, εφόσον αλλοιωθεί κάποια από αυτές. Έτσι, προτάθηκε ότι αυτές οι περιοχές αρχικά κατείχαν μια λειτουργία, σχετική βέβαια με αυτή που τελικά ανέλαβαν, και πως πρακτικά απαιτούνται μικρές αλλαγές για να προσαρμοστούν (Dehaene et al., 2010), πρόταση στην οποία συνοψίζεται η υπόθεση της θεωρίας της Νευρωνικής Ανακύκλωσης.

Αναλυτικότερα, πρόκειται για μία νευρωνική δομή η οποία εξελίσσεται με τέτοιο τρόπο ώστε να χρησιμοποιηθεί ξανά όταν προκύψει αντίστοιχη λειτουργία, καθώς δηλαδή αναπτύσσονται εξειδικευμένα νευρωνικά δίκτυα που θα ανταποκρίνονται σε νέες δοκιμασίες (Anderson, 2014). Προτείνεται, λοιπόν, ότι οι εγκεφαλικές δομές που υποστηρίζουν νέες εξελικτικές λειτουργίες έχουν τροποποιηθεί με την εξέλιξη (Dehaene, 2009). Δύο τρόποι υπάρχουν για να εξηγηθεί το πώς τέτοιες ικανότητες προκύπτουν και συντηρούνται στον ανθρώπινο πληθυσμό μόνο μέσω της μάθησης, χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη κάποιου σχετικού γονιδίου. Αυτό επιτυγχάνεται είτε μέσω της γενικής μάθησης που υποστηρίζεται από τη νεύρο-ευπλαστικότητα είτε ως αξιοποίηση ήδη υπάρχοντων νευρωνικών κυκλωμάτων, τα οποία παράλληλα όμως πρέπει να είναι κατάλληλα για να υποστηρίξουν αυτές τις γνωστικές λειτουργίες (Dehaene, 2005).

Η υπόθεση της Νευρωνικής Ανακύκλωσης έχει υποστηριχθεί πως αποτελεί μια περιγραφή του τρόπου με τον οποίο το ανθρώπινο είδος αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε, που θα μπορούσε να σημαίνει ότι κάθε επίκτητη ικανότητα έχει μια νευρική εκδοχή (Dehaene, 2010) και υπό αυτήν την έννοια είναι ευρύτερη από την προηγούμενη θεωρία της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης. Η ευπλαστικότητα διαφοροποιείται ανάλογα με την ικανότητα που πρόκειται να αποκτηθεί. Φαίνεται, δηλαδή, πως η απόκτηση μιας ικανότητας έχει συνέπειες και μειονεκτήματα, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η απόστασή της από την αρχική λειτουργία, τόσο δυσκολότερο είναι να αποκτηθεί, και ταυτόχρονα καθίσταται μεγαλύτερη η πιθανότητα να επηρεαστεί η αρχική ικανότητα που εξυπηρετούσε η περιοχή. Αντίστοιχα, όσο μικρότερη είναι η απόσταση της ικανότητας, τόσο μικρότερη θα είναι και η σημασία της νέας ικανότητας. Κάτι τέτοιο υπονοεί πως υπάρχει μεγάλη διαφορά στη σημασία που έχουν αυτές οι λειτουργίες και γεννά ερωτηματικά για το πώς είναι δυνατόν κάτι τέτοιο, ωστόσο έχει σημειωθεί πως αναμφίβολα οι εγκεφαλικές περιοχές έχουν κάποιες προδιαθέσεις, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορούν να επαναπροσαρμοστούν. Ένα τέτοιο παράδειγμα θα μπορούσε

να αποτελέσει η εγκεφαλική ενεργοποίηση που παρατηρείται σε άτομα τυφλά, τα οποία «βλέπουν» χρησιμοποιώντας διάφορες περιοχές, όπως η οπτική και η ακουστική, καθώς διαπιστώθηκε ότι όταν άτομα τα οποία είχαν τυφλωθεί σε μικρή ηλικία διάβαζαν σε γραφή Braille ενεργοποιούσαν τον οπτικό φλοιό τους για μια λειτουργία η οποία θεωρητικά είχε χαθεί (Anderson, 2014). Καταληκτικά, υποστηρίζεται πως η καλύτερη περιγραφή του φαινομένου της Νευρωνικής Ανακύκλωσης στην οποία βασίζεται η πολιτισμική μάθηση θα βοηθούσε τη βαθύτερη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα παιδιά μαθαίνουν (Dehaene et al., 2010).

Σε μια προσπάθεια συνολικότερης θεώρησης της θεωρίας Νευρωνικής Ανακύκλωσης, όπως έχει εκφραστεί κατά κύριο λόγο από τον Dehaene (2010) και σχολιαστεί από τον Anderson (2014), θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι λαμβάνει υπόψη πως αντί να δημιουργούνται εκ νέου νευρωνικά κυκλώματα όταν οι περιστάσεις το απαιτούν, ως αποτέλεσμα των νέων γνωστικών ικανοτήτων που προκύπτουν, χρησιμοποιούνται ξανά και ανακατατάσσονται ήδη παγιωμένες πηγές, χωρίς να περιορίζεται σε κιναισθητικά τμήματα, όπως συνέβη με τη θεωρία της νευρωνικής εκμετάλλευσης. Επιπλέον, βασικό πλεονέκτημα της Νευρωνικής Ανακύκλωσης είναι ότι περιλαμβάνει περισσότερες εξελικτικές λειτουργίες και δίνει έμφαση στην εμπειρία του ατόμου. Τέλος, συγκριτικά με τη θεωρία της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης, η οποία προτείνει πως τα νευρωνικά κυκλώματα αποκτούν μια νέα χρησιμότητα, η θεωρία του Dehaene για τη Νευρωνική Ανακύκλωση υποδεικνύει ότι τα νευρωνικά κυκλώματα χρησιμοποιούνται τελικά με διαφορετικό τρόπο από αυτόν που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν, και δεν αποκτούν νέα χρησιμότητα.

Θεωρία Νευρωνικής Ανακατάταξης

Η θεωρία της Νευρωνικής Ανακατάταξης (Massive Redeployment Theory) που έχει εκφραστεί από τον Anderson (2010) αποτελεί επίσης μια θεωρία Νευρωνικής Ανακύκλωσης, με θεμέλια ευρύτερα από της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης. Επιπλέον, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι αποτελεί συνέχεια της θεωρίας Νευρωνικής Ανακύκλωσης (Dehaene, 2010), η οποία εξετάζει τα πράγματα με μια πιο αναπτυξιακή σκοπιά, ενώ η θεωρία Ανακατάταξης με μια πιο εξελικτική ματιά. Στη βάση αυτής της θεωρίας βρίσκεται η υπόθεση ότι τα υπάρχοντα εγκεφαλικά τμήματα χρησιμοποιούνται ώστε να δημιουργηθούν νέα κυκλώματα εξ αρχής (Anderson, 2010) για αρκετούς και διαφορετικούς μεταξύ τους συμπεριφορικούς και γνωστικούς σκοπούς (Anderson, 2015), οδηγώντας στη διαπίστωση ότι προκύπτουν τουλάχιστον τρεις προβλέψεις, βάσει των οποίων βρίσκει ισχύ αυτή η θεωρία. Η πρώτη αφορά στην άποψη σύμφωνα με την οποία μία περιοχή ενός τυπικού εγκεφάλου μπορεί να υποστηρίξει πολλές και διαφορετικές γνωστικές λειτουργίες, οι οποίες πιθανώς απαντούν σε διαφορετικές εργασίες, κάτι που είναι σύμφωνο με την αντίθεση στην καθαρά εντοπιστική θεώρηση του εγκεφάλου, στον αντίποδα της οποίας άλλωστε βασίζονται γενικά οι θεωρίες Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης. Η υπόθεση αυτή βεβαιώνεται από μια εμπειρική ανασκόπηση που έγινε σε 1.469 fMRI για 11 εγκεφαλικά τμήματα, ενός τυπικού φλοιικού τμήματος, που ενεργοποιήθηκαν από 9 διαδικασίες διαφορετικές μεταξύ τους, όπως η εκτέλεση και αναστολή δράσης, η παρατήρηση δράσης, η ακοή, η όραση, η προσοχή, τα συναισθήματα, η γλώσσα, τα μαθηματικά, η μνήμη και ο συλλογισμός. Οι διαδικασίες ήταν ποικίλες μεταξύ τους ώστε να μην μπορεί να εξηγηθεί η εγκεφαλική ενεργοποίηση του ίδιου τμήματος, το οποίο εν προκειμένω αποτελεί το βασικό ζητούμενο, ως αποτέλεσμα παρόμοιων διεργασιών. Έτσι, οι περισσότερες από τις διαδικασίες που ανατέθηκαν στους συμμετέχοντες είχαν πολλαπλές γνωστικές συνιστώσες, όπως το να υπάρχει ένα οπτικό ερέθισμα, η ανάκληση μιας πληροφορίας ή η απόκριση του ατόμου σε κάποιον τρίτο, ώστε να μην μπορεί

να υποστηριχθεί ως αναμενόμενη η εγκεφαλική ενεργοποίηση που παρατηρήθηκε. Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί πως οι συμμετέχοντες σε αυτήν την ανασκόπηση ήταν άτομα που είχαν υποστεί αφαίρεση κάποιου μικρού φλοιικού τμήματος και η έρευνα πραγματοποιήθηκε μετά από τις σχετικές εγχειρίσεις. Βέβαια, οι διαδικασίες ελέγχου κατά κύριο λόγο επιβεβαίωναν ότι η εγκεφαλική δραστηριότητα που καταγράφονταν υποστήριζε την εκάστοτε υπό μελέτη γνωστική λειτουργία, ενώ τέλος, οφείλει να υπογραμμιστεί πως οι παρατηρήσεις που σημειώθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη δεν επηρεάζονται από το μέγεθος των εγκεφαλικών περιοχών που αφορούσαν, καθώς μπορεί να υπάρξει το ίδιο μοτίβο ενεργοποίησης ακόμη και όταν ο εγκεφαλικός φλοιός χωριστεί σε πολλά μικρότερα τμήματα (Anderson, 2008).

Επιπλέον, είναι αναγκαία η ύπαρξη μιας συσχέτισης μεταξύ της φυλογενετικής ηλικίας μιας εγκεφαλικής περιοχής και της συχνότητας αναδίπλωσης της εν λόγω περιοχής σε προηγούμενες γνωστικές λειτουργίες τις οποίες κατέχει το άτομο. Στην περίπτωση αυτή φαίνεται πως φυλογενετικά μεγαλύτερες ηλικιακά περιοχές, οι οποίες μπορεί να έχουν επαναχρησιμοποιηθεί για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, είναι πιο πιθανό να έχουν ενσωματωθεί σε μεταγενέστερες λειτουργίες ανάπτυξης (Anderson, 2010). Τέλος, η φυλογενετική ηλικία, η γνωστική λειτουργία και ο βαθμός εντοπισμού των νευρωνικών της στοιχείων συνδέονται, καθώς φαίνεται ότι όσο πιο πρόσφατη είναι μια λειτουργία όχι μόνο τόσο περισσότερες εγκεφαλικές περιοχές μπορεί να ενεργοποιεί, αλλά ταυτόχρονα, παρατηρείται στις περιοχές αυτές ευρύτερη ενεργοποίηση. Μάλιστα, όσο αργότερα αναπτυχθεί μια λειτουργία, τόσο πιθανότερο είναι να υπάρχει ήδη ένα κύκλωμα που να μπορεί να ενσωματωθεί σε αυτή, για αυτό και φαίνεται πως η γλώσσα ενεργοποιεί πιο διασκορπισμένα εγκεφαλικά τμήματα συγκριτικά με άλλες δραστηριότητες, όπως η οπτική αντίληψη και η προσοχή (Anderson, 2008), καθώς συγκριτικά με τις προαναφερόμενες λειτουργίες η γλώσσα έχει αναπτυχθεί σημαντικά αργότερα. Άλλωστε, αυτή η διαπίστωση επιβεβαιώνεται μέσα από τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί αναφορικά με τη γλώσσα, η

οποία έχει να επιδείξει μεγαλύτερη, ευρύτερη και πιο διασκορπισμένη ενεργοποίηση από την οπτική αντίληψη και την προσοχή (Anderson, 2007).

Αυτό το εύρημα συμφωνεί με το γεγονός ότι η χρήση των φλοιικών τμημάτων είναι πεπερασμένη και αδύνατη χωρίς την ύπαρξη εκτεταμένης επανασύνδεσης (Anderson, 2010), άποψη που βρίσκεται σε συμφωνία με τις περισσότερες θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης. Η υπόθεση της Νευρωνικής Ανακατάταξης εξηγεί ότι κάποια κυκλώματα συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών που εκτελούν μία χαμηλού επιπέδου εργασία μπορούν να συνεισφέρουν σε έργα γνωστικού τύπου υψηλότερου επιπέδου (Anderson, 2010), ενώ τα ίδια νευρωνικά κυκλώματα μπορεί να υποστηρίζουν διαφορετικές μεταξύ τους γνωστικές λειτουργίες εφόσον έχουν διαφορετικό συνδυασμό. Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να υπογραμμιστεί ότι βάσει ερευνών φάνηκε πως ενώ διαφορετικοί τομείς τείνουν να υποστηρίζονται επικαλυπτικά από διάφορα νευρωνικά δίκτυα, κάθε τομέας ενεργοποίησης τελικά φαίνεται να έχει ένα μοναδικό μοτίβο «συν-ενεργοποίησης» στα διάφορα εγκεφαλικά τμήματα, το οποίο ενεργοποιείται σε διαφορετικό χρόνο (Anderson, 2008· 2015), άποψη που επίσης αντιτίθεται στην κλασική εντοπιστική θεώρηση, καθώς προτείνει μάλλον μια διαφορετική εγκεφαλική λειτουργική δομή συγκριτικά με τις εντοπιστικές θεωρίες.

Τρεις άμεσες συνέπειες προκύπτουν από τη θεωρία της Νευρωνικής Ανακατάταξης. Αρχικά, τα ίδια νευρικά στοιχεία υποστηρίζουν τις πιο πρόσφατες εξελικτικές ικανότητες, ωστόσο αυτή η υποστήριξη γίνεται με νέο τρόπο. Δεύτερον, αυτή η επαναχρησιμοποίηση δεν περιορίζεται μόνο στον τομέα των γνωστικών διεργασιών, όπως ίσως προτείνουν άλλες θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης, αλλά υποστηρίζει και την επαναχρησιμοποίηση της συμπεριφοράς, καθώς ουσιαστικά οι γνωστικές διαδικασίες που υποστηρίζονται από τα παραγόμενα εξ αυτών αναλυτικά στοιχεία και συμπεριφορές χρησιμεύουν σε πολλές και διαφορετικές λειτουργίες, και κατ' επέκταση μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες άκρες του ανθρώπινου εγκεφάλου. Συνεπώς, γίνεται αντιληπτό ότι η ανακατάταξη έχει βιολογική

και συμπεριφορική βάση, κάτι που οδηγεί στην τρίτη συνέπεια, στο γεγονός δηλαδή ότι δεν είναι απαραίτητο να στηρίζονται όλα τα επιτεύγματα σε μια συγκεκριμένα στοχευμένη προσαρμογή (Anderson, 2015).

Στο πλαίσιο της εν λόγω θεωρίας έχει υποστηριχθεί πως κατά τη δόμηση μιας ικανότητας συμπλέκονται πολλά στοιχεία με άγνωστες λειτουργίες. Ωστόσο, αρκεί να βρεθεί ένα στοιχείο το οποίο να φανεί χρήσιμο ώστε να χρησιμοποιηθεί και να υποστηρίξει την καινούργια αυτή ικανότητα που χτίζεται, ανεξάρτητα από τον αρχικό σκοπό αυτού του στοιχείου (Anderson, 2010), κάτι που θα αναλυθεί και στη συνέχεια μέσα από το παράδειγμα της Visual Word Form Area, εγκεφαλικής περιοχής που ενώ αρχικά είχε άλλο ρόλο πλέον επιτελεί και λειτουργίες σχετικές με τη γλώσσα, επιβεβαιώνοντας τις θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης. Ουσιαστικά, η ευπλαστικότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου σε συνδυασμό με την επαναχρησιμοποίηση των νευρώνων συντελούν στην αποτελεσματικότερη προσαρμοστικότητα του οργανισμού, κάνοντας χρήση των ίδιων πόρων με διαφορετικό τρόπο (Anderson, 2015). Επιπροσθέτως, καίριο σημείο της υπόθεσης αυτής είναι η άποψη ότι οι οργανισμοί έχουν εξελιχθεί με τέτοιον τρόπο ώστε να μπορούν να επιβιώνουν στο περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται βάσει των εκάστοτε προβλημάτων που αντιμετωπίζουν, γεγονός που σημαίνει ότι δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στη λύση αυτών των ήδη υπαρχόντων προβλημάτων στο περιβάλλον τους, χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα ταυτόχρονης αντιμετώπισης όλων των πιθανών προβλημάτων.

Οι θεωρίες Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης εν γένει υποστηρίζουν ότι η πιο ενδιαφέρουσα γνωστική δουλειά γίνεται σε ανώτερα επίπεδα οργάνωσης, χωρίς όμως να υποτιμούν τη δουλειά τοπικών κυκλωμάτων με συγκεκριμένους λειτουργικούς περιορισμούς. Πιο αναλυτικά, λειτουργούν διαχωριστικά ως προς τις έννοιες «εργασία» και «χρήση». Ως «εργασία» ορίζουν οποιαδήποτε συγκεκριμένη συνεισφορά από ένα τοπικά ανατομικό κύκλωμα που βοηθά σε μια γενικότερη λειτουργία, και ως «χρήση» το γνωστικό σκοπό για

τον οποίον πραγματοποιείται αυτή η εργασία. Έτσι, στη Νευρωνική Επαναχρησιμοποίηση τα ανατομικά σημεία δύνανται να έχουν μία συγκεκριμένη εργασία με πολλές χρήσεις (Anderson, 2010).

Εν συντομία, για τη Νευρωνική Επαναχρησιμοποίηση έχει υποστηριχθεί ότι προσφέρει ένα πλαίσιο το οποίο εναρμονίζει τρεις πτυχές του νου που μέχρι πρόσφατα αντιμετωπιζόνταν χωριστά: τις βιολογικές βάσεις, το περιβάλλον και την εξελικτική ιστορία (Anderson, 2015), καθιστώντας με αυτόν τον τρόπο εφικτή τη μελέτη της εφαρμογής της συγκεκριμένης θεωρίας στη μάθηση εξελικτικά νεότερων λειτουργιών του ανθρώπινου είδους, κάτι που επιχειρείται στη συνέχεια, με τις θεωρίες Νευρωνικής Ανακατάταξης και Ανακύκλωσης να είναι αρκετά κοντά ως προς το περιεχόμενό τους, αλλά η πρώτη να αποτελεί μάλλον μια εξέλιξη της δεύτερης. Πιο συγκεκριμένα, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι και οι δύο αυτές θεωρίες αναγνωρίζουν πως μεμονωμένα εγκεφαλικά κυκλώματα χρησιμοποιούνται για διάφορες γνωστικές λειτουργίες, σε διαφορετικά εγκεφαλικά τμήματα, σε μια διαδικασία που περιορίζεται εν μέρει από τις λειτουργικές ικανότητες του συγκεκριμένου τοπικού κυκλώματος.

Από την άλλη πλευρά, η βασική τους διαφορά αφορά στο χρόνο. Αναλυτικότερα, η θεωρία ανακατάταξης του Anderson σχετίζεται με την εξέλιξη των λειτουργιών, ενώ η Νευρωνική Ανακύκλωση του Dehaene έχει στο επίκεντρό της τις γνωστικές ικανότητες για τις οποίες δεν υπήρχε επαρκής χρόνος, ώστε να προκύψουν εξειδικευμένα νευρικά κυκλώματα, απόψεις οι οποίες επιβεβαιώνονται από τη βιβλιογραφία (Anderson, 2010).

Νευρωνική Ανακύκλωση και Γνωστικές Όψεις Μάθησης

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μεγάλη πρόοδος στη γεφύρωση του χάσματος ανάμεσα στις επιστήμες του εγκεφάλου και στην εκπαίδευση, με τη γνωστική νευροεπιστήμη να

φωτίζει πολλές πλευρές της ανθρώπινης εκπαίδευσης, παρέχοντας πληροφορίες για συγκεκριμένα φλοιικά κυκλώματα που αφορούν σε συγκεκριμένους τομείς εκπαίδευσης, όπως τα μαθηματικά και η ανάγνωση (Dehaene, 2005). Τα πολύ πρόσφατα ανθρώπινα επιτεύγματα γνωστικού περιεχομένου, όπως τα μαθηματικά και η γλώσσα, αποκλείουν την ύπαρξη εξειδικευμένου εγκεφαλικού μηχανισμού ο οποίος θα έχει εξελιχθεί αποκλειστικά για αυτές τις λειτουργίες (Dehaene, 2011).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στο παρελθόν υπερίσχυαν απόψεις αυστηρού εντοπισμού, οι οποίες θεωρούσαν ότι συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες εδράζονται σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου, κάτι που φαίνεται να διαφοροποιείται τα τελευταία χρόνια, καθώς οι νευροεπιστήμονες καταλήγουν πλέον στο συμπέρασμα πως η μάθηση περιλαμβάνει την ανάπτυξη συνδέσεων νευρωνικών κυκλωμάτων σε διάφορες εγκεφαλικές περιοχές και επάνω σε αυτό θεμελιώνουν αρκετές από τις θεωρίες που προαναφέρθηκαν. Αυτό σημαίνει ότι κάποιες εγκεφαλικές περιοχές μπορεί να σχετίζονται με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά είδη επεξεργασίας, όμως οι δεξιότητες που αφορούν στον πραγματικό κόσμο ή είναι ακαδημαϊκού τύπου, ενσωματώνονται σε δίκτυα που επιστρατεύονται ειδικά για αυτές και δεν εδράζονται αποκλειστικά σε μια περιοχή του εγκεφάλου. Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει μια περιοχή η οποία ασχολείται αποκλειστικά με τη μουσική, την ανάγνωση ή τα μαθηματικά, καθώς η επεξεργασία τους απαιτεί πληθώρα δεξιοτήτων και άρα διαφορετικών εγκεφαλικών τμημάτων, αλλά και πολιτισμικά δομημένων περιοχών γνώσης (Immordino-Yang & Fischer, 2009).

Επιπλέον, το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα είναι ένα σύστημα ελέγχου που χειρίζεται πολλές περιβαλλοντικές δοκιμασίες, οι οποίες αλλάζουν με το πέρασμα του χρόνου και διαφοροποιούνται ανά πολιτισμό, ο οποίος όπως έχει ήδη επισημανθεί φαίνεται να επιδρά στη διαμόρφωση των εγκεφαλικών κυκλωμάτων. Οι ανώτερες γνωστικές διεργασίες, όπως η γλώσσα και τα μαθηματικά, διαδικασίες στις οποίες επικεντρώνεται η παρούσα εργασία και

για τις οποίες ακολουθεί εκτενής αναφορά, χρειάστηκε να βρουν τη δική τους νευρωνική γωνία στις υπάρχουσες νευρωνικές πηγές, έπειτα από τις διαρκείς πιέσεις επιλογής που υπήρχαν στο περιβάλλον του ανθρώπου κατά την εξέλιξή του. Έτσι, επιστρατεύτηκαν υπάρχουσες νευρωνικές πηγές και στρατηγικές συμπεριφοράς με έναν καινούργιο τρόπο, προκειμένου να προκύψουν καινούργιες μοναδικές προσαρμογές, άποψη η οποία συνάδει με τις θεωρίες Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης που εξετάστηκαν προηγουμένως. Επομένως, για να γίνουν αντιληπτά τα μαθηματικά και η ανάγνωση ως εξελικτικές προσαρμογές των ήδη παγιωμένων νευρικών συστημάτων, πρέπει να γίνουν κατανοητοί οι τρόποι με τους οποίους συνδέονται και υποστηρίζονται η γνώση και η συμπεριφορά σε πολλαπλές χρονικές κλίμακες (Anderson, 2014), υπό το πρίσμα των θεωριών που αναλύθηκαν .

Μια προσέγγιση η οποία βρίσκεται σε συμφωνία με όσα αναφέρθηκαν για την προσαρμοστικότητα του εγκεφάλου υποστηρίζει ότι τα παιδιά συνήθως χρησιμοποιούν οποιαδήποτε ικανότητα έχουν ώστε να μάθουν τις πιο σημαντικές δεξιότητες για την ζωή τους, ενώ - παρόλο που μπορεί να υπάρχει ένας συγκεκριμένος τρόπος για να μάθει κανείς μια συγκεκριμένη ικανότητα - αυτό δεν είναι περιοριστικό, καθώς οι άνθρωποι είναι σε θέση να προσαρμόσουν τις δυνατότητές τους και να μάθουν δεξιότητες με περισσότερους από έναν τρόπους (Immordino-Yang & Fischer, 2009). Έχουν διενεργηθεί μελέτες στο πλαίσιο των οποίων ασθενείς υποβλήθηκαν σε ημισφαιρεκτομή και μετά την εγχείρηση κατάφεραν να αντισταθμίσουν τις αδυναμίες τους μετατρέποντας καίριες νευροψυχολογικές δεξιότητες σε νέες, πιο προσαρμοσμένες στην καινούργια κατάσταση του εγκεφάλου τους (Immordino-Yang, 2007). Επιπλέον, έχει καταγραφεί η περίπτωση παιδιού 4 χρονών που υπεβλήθη στην ίδια εγχείρηση και αντιμετώπισε κινητικές δυσκολίες, ωστόσο, με τη βοήθεια της τεχνολογίας (συγκεκριμένα μέσω της χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή) φάνηκε ότι οι ικανότητες της γλώσσας και των μαθηματικών παρέμειναν ανεπηρέαστες (Battro, 2001).

Η μάθηση γενικά περιλαμβάνει την κατασκευή νευρικών δικτύων που δεν αφορούν σε μια μόνο περιοχή του εγκεφάλου, αλλά συνδέουν λειτουργικά πολλές περιοχές του (Immordino-Yang & Fischer, 2009), κάτι που έχει αποδειχθεί από την ενεργοποίηση συγκεκριμένων περιοχών για δραστηριότητες που δεν εμπίπτουν στην αρχική λειτουργία τους. Τα κυκλώματα αυτά ενδέχεται να παρουσιάζουν ατομικές διαφοροποιήσεις λόγω της επίδρασης πολλών παραγόντων, όπως τα νευροψυχολογικά πλεονεκτήματα του κάθε ατόμου, οι προδιαθέσεις του, το κοινωνικό, πολιτισμικό και φυσικό πλαίσιο μέσα στο οποίο δομείται η γνώση (Immordino-Yang, 2007), για τα οποία θα γίνει εκτενής αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο.

Στο σημείο αυτό κρίνεται αναγκαία η παρουσίαση ευρημάτων αναφορικά με την ανάγνωση και στη συνέχεια με τα μαθηματικά, δεξιότητες οι οποίες όπως έχει προαναφερθεί είναι πολύ πρόσφατες σε επίπεδο εξέλιξης για να έχουν δημιουργήσει εξειδικευμένα νευρωνικά κυκλώματα, προκειμένου να φανεί πώς βρίσκουν εφαρμογή οι θεωρίες της Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης σε αυτή τη γνωστική όψη της μάθησης.

Ανάγνωση

Δεδομένου ότι η ανάγνωση είναι ένα διδασκόμενο ανθρώπινο επίτευγμα και όχι μια έμφυτη ικανότητα, καθώς επίσης και βάσει του ότι μέχρι πρότινος αφορούσε σε ένα μικρό ποσοστό ανθρώπων, γίνεται σαφές ότι για πολλές εκατοντάδες χρόνια δεν υπήρξε πίεση ώστε να αναπτυχθεί κάποια σχετική δομή στον ανθρώπινο εγκέφαλο (Dehaene et al., 2010) ή κάποιο γονιδίωμα που να εξειδικεύεται σε αυτήν. Η ικανότητα της ανάγνωσης είναι επιτεύξιμη επειδή ο ανθρώπινος εγκέφαλος μπορεί και χρησιμοποιεί για το σκοπό αυτό ήδη υπάρχοντα νευρωνικά κυκλώματα (Dehaene, 2011), επιβεβαιώνοντας για άλλη μια φορά τη Νευρωνική Ανακύκλωση. Σύμφωνα με αυτήν την άποψη είναι και ο ισχυρισμός ότι η

ανθρώπινη γλώσσα με τη σημερινή της μορφή είναι η εξέλιξη της διαλογικής ομιλίας που επιτρέπει την επικοινωνία, την ανταλλαγή και την κατανομή γνώσεων, αποτελώντας με αυτόν τον τρόπο ένα κοινωνικό εργαλείο (Gallese, 2008). Η γλώσσα, λοιπόν, θα μπορούσε να έχει προκύψει από την επαναχρησιμοποίηση προϋπαρχουσών ικανοτήτων και νευρωνικών δομών οι οποίες εμπλέκονται και αφορούν στη διατήρηση των ανθρωπίνων σχέσεων, στην αλληλεπίδραση γενικά αλλά και στη δράση, καθώς σε αυτές τις καταστάσεις μπορεί να ανταποκριθεί ο άνθρωπος επειδή χρησιμοποιεί συνδυαστικά πηγές διαφορετικών γνωστικών λειτουργιών, άποψη η οποία αποδεικνύει την πρόσφατη (συγκριτικά με την ανθρώπινη ιστορία) άσκηση πίεσης του περιβάλλοντος που οδήγησε στην προσαρμογή αυτή. Προτείνεται πως κάθε γλωσσικό χαρακτηριστικό του ανθρώπου έχει σχηματιστεί από την επαναχρησιμοποίηση των ήδη υπαρχουσών γλωσσικών ικανοτήτων, αλλά με νέους τρόπους (Anderson, 2014). Η αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τον κόσμο δίνει νόημα στον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος τον αντιλαμβάνεται. Υπό το πρίσμα αυτό, η γλώσσα συνδέει πιθανές δράσεις με έννοιες, βασισμένη στη συνάφειά τους. Επιπροσθέτως, αυτός ο συμβολικός χαρακτήρας που αποδίδει ο άνθρωπος στις έννοιες είναι αποτέλεσμα του τρόπου με τον οποίον έχει ήδη δομηθεί το νευρωνικό δίκτυο του εγκεφάλου, και της οργάνωσής του από την άποψη των λειτουργικών συστάδων (Gallese & Lakoff, 2005), των σωματικών ικανοτήτων και των περιορισμών, του περιβάλλοντος και του πλαισίου στο οποίο βρίσκεται ο άνθρωπος (Anderson, 2014), συνδυάζοντας τις θεωρίες Νευρωνικής Εκμετάλλευσης, Ανακύκλωσης και Ανακατάταξης αναφορικά με τον τρόπο επίτευξης της ανάγνωσης.

Σε αυτό το έργο φαίνεται να αποτελούν καίριο μηχανισμό οι κατοπτρικοί νευρώνες για την παραγωγή κοινωνικής γνώσης, η οποία σχετίζεται με τη γλώσσα, ενώ παράλληλα αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού που έχει προαναφερθεί, ότι δηλαδή ο ανθρώπινος εγκέφαλος προσαρμόζεται στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις και περιοχές που μπορεί να θεωρούνταν αποκλειστικές για μια λειτουργία αλλά τελικά εμπλέκονται σε

περισσότερες. Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή Broca, που μέχρι πολύ πρόσφατα θεωρούνταν περιοχή αποκλειστικά για την παραγωγή της γλώσσας, φαίνεται τελικά πως περιλαμβάνει νευρώνες που ενεργοποιούνται έπειτα από την παρατήρηση των εκφράσεων του προσώπου ενός ανθρώπου ή των κινήσεων των χεριών, ενώ σημειώνεται ενεργοποίηση της ίδιας περιοχής ως αποτέλεσμα κινητικής αναπαράστασης του στόματος και των χεριών τόσο σε ενήλικες όσο και σε παιδιά (Gallese, 2008). Μελέτη έδειξε ότι τα χείλη και η γλώσσα ενεργοποιούνται και στην εμφανή αλλά και στην καλυμμένη ομιλία, ενώ ταυτόχρονα περιοχές που θεωρούνταν ανταποκρινόμενες αποκλειστικά στην κίνηση και στην όραση, τελικά φαίνεται πως ενεργοποιούνται και σε άλλες ανώτερες γνωστικές λειτουργίες, όπως η επεξεργασία της γλώσσας (Damasio et al., 1996). Βάσει αυτών όμως, φαίνεται ότι τελικά τα όρια της αντίληψης και της γνώσης αφενός, και της γνώσης και των συναισθημάτων αφετέρου, ίσως να μην είναι τόσο ξεκάθαρα όσο πιστευόταν (Anderson, 2014), και απορρίπτονται ακόμη μια φορά οι αυστηρές εντοπιστικές θεωρίες που υποστηρίζονταν παλαιότερα.

Η Goldin-Meadow (2003) πρότεινε ότι η γλωσσική έκφραση και οι κινήσεις των χεριών που αφορούν στη γλωσσική έκφραση είναι επί της ουσίας αποτέλεσμα της ίδιας διαδικασίας, άποψη που ενισχύεται από το γεγονός ότι και η ομιλία των βρεφών 6-8 μηνών συνοδεύεται από κινήσεις των χεριών, οι οποίες μάλιστα είναι όχι απλά αναμενόμενες στην πρόιμη ανάπτυξη αλλά και προβλεπτικός παράγοντας της επερχόμενης γλωσσικής τους επιτυχίας. Οι ενεργοποιήσεις που παρατηρούνται σε εγκεφαλικό επίπεδο και αφορούν στη γλώσσα τη στιγμή που ένα άτομο κούνα τα χέρια του με σχετικό ως προς τα όσα εκφράζει τρόπο ίσως αποτελούν απόδειξη της εξέλιξης της γλώσσας. Άρα, οι λέξεις που έχουν κάποιο νόημα όταν κανείς μιλά και η ταυτόχρονη σχετική κίνηση των χεριών μάλλον κωδικοποιούνται ως ένα σήμα στον προκινητικό φλοιό (Gallese, 2008), συνδέοντας την κίνηση με την ομιλία και ενεργοποιώντας ταυτόχρονα ευρύτερες εγκεφαλικές περιοχές.

Η θεωρία της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης προτείνει πως οι νευρικές δομές που κυριαρχούν στις εκτελεστικές δράσεις πιθανότατα σχετίζονται με την κατανόηση του σημασιολογικού περιεχομένου μιας πράξης όταν αυτή περιγράφεται προφορικά (Gallese, 2008), υπογραμμίζοντας έτσι πως η δράση βοηθά στην κατανόηση της φράσης ακόμη και όταν το περιεχόμενό της είναι πιο αφηρημένο (Glenberg & Kaschak, 2002). Αυτό πρακτικά θα σήμαινε ότι όταν ένας άνθρωπος ακούει μια φράση σχετική με κάποια δράση, οι κατοπτρικοί του νευρώνες ρυθμίζονται με αντίστοιχο τρόπο (Gallese, 2008). Αρκετές έρευνες έδειξαν ότι όταν το άτομο διαβάζει σιωπηλά ή ακούει για συγκεκριμένες κινητικές καταστάσεις, ενεργοποιεί στον εγκέφαλό του τις αντίστοιχες περιοχές (Tettamanti et al., 2005).

Οι Γλωσσολόγοι υποστηρίζουν ότι η υπεροχή του ανθρώπου έναντι των άλλων ειδών σε γλωσσικό επίπεδο βασίζεται στην ικανότητά του να επεξεργάζεται ιεραρχικά δομημένες αναδρομικές αλληλουχίες. Αυτή η ικανότητα έχει επισημανθεί ως η πιθανή έκφραση ενός φλοιώδους προκινητικού δικτύου, το οποίο εξελίχθηκε για να ελέγχει τη δομή δράσης που σχετίζεται με το στόχο. Έτσι, προτείνεται πως λόγω της εξέλιξης του ανθρώπινου είδους εμφανίστηκε η γλώσσα, αφού ο τρόπος οργάνωσης του εγκεφαλικού δικτύου επηρεάζεται άμεσα από την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το περιβάλλον του καθ' όλη την εξελικτική ιστορία του (Gallese & Lakoff, 2005· Anderson, 2015). Συνεπώς, υποδηλώνεται ότι τα νευρωνικά κυκλώματα που χρησιμοποιούνταν παλιά για να ελέγχουν την ιεραρχία αυτών των στοχευμένων δράσεων θα μπορούσαν πλέον να εξυπηρετούν τη νέα λειτουργία της γλώσσας (Gallese, 2008), συμφώνως προς τις θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης, και συγκεκριμένα προς αυτή της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης.

Οι κατοπτρικοί νευρώνες εμπλέκονται σε πολλές πτυχές της κοινωνικής γνώσης, επειδή ενεργοποιούν πολλά και παράλληλα φλοιικά συστήματα τα οποία υποστηρίζουν πτυχές της κοινωνικής γνώσης, αλλά χρειάζονται και τις εμπειρίες δράσης, στις οποίες

εντοπίζονται και τις οποίες επηρεάζουν. Το γεγονός ότι η θεωρία της Νευρωνικής Εκμετάλλευσης επιτρέπει την παγίωση της κοινωνικής γνώσης σε βιωματικό επίπεδο, το οποίο εξαρτάται από τη δράση, αποτελεί ένα ακόμη θετικό δεδομένο, καθώς για να αποδοθεί νόημα απαιτείται σύζευξη της λέξης που αρθρώνεται και της προερχόμενης από την εμπειρία σημασίας της (Gallese, 2008). Επιπλέον, η παράλληλη πολλαπλή ενεργοποίηση των φλοιικών συστημάτων σχετίζεται άμεσα με το γεγονός ότι η γλώσσα είναι πολυτροπική, αφού συνδέει πολλές αισθήσεις και λειτουργίες, όπως την όραση, την ακοή, την αφή και κινητικές ενέργειες, εκμεταλλεζόμενη συγχρόνως τον προϋπάρχοντα πολυτροπικό χαρακτήρα του κιναισθητικού μηχανισμού (Gallese & Lakoff, 2005), υποδεικνύοντας με έναν σχεδόν ξεκάθαρο τρόπο το μεγάλο αριθμό των συστημάτων που ενεργοποιούνται τη στιγμή κατά την οποία το άτομο χρησιμοποιεί τη γλώσσα και απομακρύνοντας περαιτέρω την ερευνητική και επιστημονική σκέψη από τις εντοπιστικές θεωρίες.

Έχει υποστηριχθεί ότι όταν μαθαίνει ένας άνθρωπος να διαβάζει, ενεργοποιεί τη γνώση της ομιλούμενης γλώσσας μέσα από τη λειτουργία της όρασης, γεγονός ενδεικτικό της συμμετοχής πολλών εγκεφαλικών τμημάτων στην ίδια διαδικασία. Ουσιαστικά, η γραφή είναι ένας τρόπος κωδικοποίησης της γλώσσας σε οπτικό κείμενο. Έτσι, όταν ο άνθρωπος προσπαθεί να διαβάσει, μετατρέπει κάποιες εγκεφαλικές δομές ώστε να εξειδικεύονται στην αλληλεπίδραση γλώσσας και όρασης (Dehaene, 2011), ανακυκλώνοντας επί της ουσίας αυτές τις προϋπάρχουσες δομές για να μπορέσει να διαβάσει.

Σε φλοιικό επίπεδο, έχει φανεί από νευροαπεικονιστικές μελέτες πως ένα μεγάλο τμήμα περιοχών στο αριστερό ημισφαίριο ενεργοποιείται με τον ίδιο τρόπο όταν το άτομο ακούει αλλά και όταν διαβάζει κάτι. Αυτό το τμήμα περιλαμβάνει περιοχές του κροταφικού λοβού, κυρίως όλο το μήκος της άνω κροταφικής αύλακας από τον κροταφικό πόλο μέχρι τον οπίσθιο κροταφικό – βρεγματικό κόμβο, καθώς επίσης και διακριτές περιοχές του αριστερού κάτω μετωπιαίου λοβού (Dehaene, 2011). Βέβαια, οι περιοχές αυτές αφορούν κυρίως στην

ομιλούμενη γλώσσα και η ανάγνωση αποκτά πρόσβαση σε αυτές μέσω της όρασης, γεγονός που βεβαιώνεται από μελέτες σε βρέφη δύο μηνών, όπου φαίνεται αριστερή ημισφαιρική ενεργοποίηση όταν ακούν τη μητέρα τους να μιλά (Dehaene et al., 2002). Όταν τα παιδιά εισάγονται στο σχολείο, το σύστημα της ομιλούμενης γλώσσας με όλα τα στοιχεία που το απαρτίζουν, δηλαδή τη λεκτική επεξεργασία, τη μορφολογική, την προσωδιακή, τη συντακτική και τη σημασιολογική, είναι ήδη παγιωμένο και αυτό που μένει να διδαχθεί είναι η διασύνδεση όσων βλέπει το παιδί με τη γλώσσα (Dehaene, 2011): για αυτόν το λόγο, άλλωστε, αν κάποιος δεν διδαχθεί την ανάγνωση δεν θα την κατακτήσει ποτέ.

Υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα τα οποία προκύπτουν από απεικονιστικές μεθόδους και έχουν υποδείξει την ενεργοποίηση συγκεκριμένου μέρους στο αριστερό ινιακό-κροταφικό τμήμα όταν τα άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα είτε έβλεπαν είτε διάβαζαν λέξεις (Dehaene, 2005). Η περιοχή αυτή ονομάζεται Visual Word Form Area (VWFA) και βρίσκεται στον αριστερό οπτικό φλοιό, στην αριστερή πλάγια ινιοκροταφική αύλακα (Dehaene, 2005· 2011), ενώ παρατηρείται ενεργοποίησή της τόσο σε λέξεις που έχουν κάποιο νόημα όσο και σε ψευδολέξεις (Dehaene, 2011), ανεξαρτήτως της κουλτούρας των υποκειμένων (Dehaene et al., 2002).

Είναι πλέον γνωστό ότι αυτή η εγκεφαλική περιοχή εξειδικεύεται στην ανάγνωση ενός συστήματος γραφής, ενώ παρατηρείται μεγάλη ενεργοποίηση όταν το άτομο διαβάζει γραπτές λέξεις, συγκριτικά με άλλες περιπτώσεις όπου απαιτείται και πάλι οπτική γνώση, όπως είναι το να αναγνωρίζει πρόσωπα ή να καταλαβαίνει γραμμικά σχέδια αντικειμένων. Επίσης, ενεργοποιείται περισσότερο όταν το κείμενο είναι γνωστό, δηλαδή όταν ο αναγνώστης του κειμένου γνωρίζει καλά τη γλώσσα. Η εν λόγω περιοχή έχει προγραμματιστεί για πολύ εξειδικευμένα στοιχεία συγκεκριμένων πολιτισμών, όπως είναι τα κεφαλαία και μικρά γράμματα των δυτικών αλφαβήτων, με αποτέλεσμα να είναι η μοναδική περιοχή του εγκεφάλου που αναγνωρίζει τις λέξεις “RAGE” και “rage”, ικανότητα η οποία

απαιτεί μία εσωτερίκευση των συμβάσεων για την ανάγνωση (Dehaene et al., 2004a). Τέλος, δεν διαφοροποιείται όταν το άτομο έχει να διαχειριστεί ένα κείμενο το οποίο είναι χειρόγραφο και ένα κείμενο το οποίο είναι τυπωμένο. Συνεπώς, η περιοχή VWFA είναι υπεύθυνη για την ανθρώπινη ικανότητα αναγνώρισης μίας λέξης ανεξάρτητα από τη γραμματοσειρά, το μέγεθος και τη θέση της και μάλιστα με έναν τρόπο τόσο αυτόματο που γίνεται ασυνείδητα (Dehaene, 2011).

Ο λόγος για τον οποίο η συγκεκριμένη περιοχή είναι η κυρίαρχη για την ανάγνωση σχετίζεται με το γεγονός ότι έχει όλες εκείνες τις ιδιότητες που απαιτούνται για μια πετυχημένη ανάπτυξη αυτής της λειτουργίας και έχουν κληρονομηθεί από την εξέλιξη των πρωτευόντων. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται να έχει την ιδιότητα να επεξεργάζεται μορφές υψηλής ανάλυσης, που είναι μάλλον απαραίτητες για να αναγνωρίζει μικρές τυπωμένες μορφές, όπως είναι ένα κείμενο, ενώ παράλληλα έχει μια ευαισθησία στη διαμόρφωση γραμμών, όπως συμβαίνει σε κάποια γράμματα, για παράδειγμα το γράμμα «τ». Έχει υποστηριχθεί ότι αυτό συμβαίνει γιατί ο ανθρώπινος εγκέφαλος ήταν έτσι διαμορφωμένος ώστε να αντιλαμβάνεται διάφορα αντικείμενα και τη θέση τους στο χώρο βάσει των σχημάτων που δημιουργούσαν. Αυτή η θεώρηση είναι σε πλήρη συμφωνία με την άποψη ότι ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τα γράμματα ως αποτέλεσμα μιας παλιότερης ικανότητας αντίληψης των σχημάτων (Dehaene, 2009). Η θεωρία του Dehaene για τη Νευρωνική Ανακύκλωση έχει κατηγορηθεί ότι ακολουθεί αρκετά εντοπιστικές αρχές (Fabry, 2019), ακριβώς επειδή υποστηρίζεται ότι η συγκεκριμένη περιοχή είναι κυρίαρχη στην ανάγνωση. Ωστόσο, αυτό στο οποίο θα πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση είναι πως η περιοχή αυτή αρχικά χρησιμοποιούνταν από τους ανθρώπους για μια άλλη λειτουργία και πλέον χρησιμοποιείται και για την ανάγνωση. Μάλιστα, φαίνεται να σχετίζεται με την περιοχή όπου εδράζονταν παλιότερα η επεξεργασία της προφορικής γλώσσας, δηλαδή με τον πλάγιο κροταφικό λοβό (Dehaene, 2011), αλλά πλέον αφορά και άλλη γνωστική λειτουργία.

Σύμφωνα με την κυρίαρχη αντίληψη, κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης μίας απλής λέξης εκατομμύρια νευρώνες, ο καθένας από τους οποίους επιτελεί μία συγκεκριμένη λειτουργία, εργάζονται ταυτόχρονα και συλλογικά για την οπτική αναγνώριση της λέξης. Αυτή η παράλληλη αρχιτεκτονική θα μπορούσε να εξηγήσει τόσο την ταχύτητα όσο και τη δύναμη της οπτικής αναγνώρισης των λέξεων. Είναι πολύ βασικό το γεγονός ότι αυτός ο τρόπος ανάγνωσης μιας λέξης δημιουργεί την αίσθηση ότι η λέξη διαβάζεται ολόκληρη, ακριβώς επειδή αυτό γίνεται γρήγορα, κάτι που όμως φαίνεται να μην ισχύει. Τα σύγχρονα δεδομένα υποδεικνύουν ότι μάλλον οι οπτικές λέξεις αναλύονται στα συστατικά τους πριν μπορέσει να αναγνωριστεί ολόκληρη η λέξη ως σύνολο, σε μια διαδικασία τόσο γρήγορη και αποτελεσματική που φαίνεται σχεδόν ακαριαία (Dehaene, 2011).

Ο Dehaene και οι συνεργάτες του (2010) διεξήγαγαν ένα πείραμα σε ενήλικες που μπορούσαν να διαβάσουν και σε ενήλικες που δεν μπορούσαν, ώστε να καταλάβουν όχι μόνο εάν τελικά ισχύει η θεωρία της Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης, αλλά και ποιο ερέθισμα ενεργοποιεί την περιοχή VWFA στους ανθρώπους που δεν ξέρουν να διαβάζουν, καθώς επίσης και εάν οι άνθρωποι κερδίζουν κάτι - όπως τη λειτουργία της ανάγνωσης - ενώ ταυτόχρονα χάνουν κάποια άλλη λειτουργία. Επιπλέον, επεχείρησαν να μελετήσουν αν αυτές οι εγκεφαλικές αλλαγές πρέπει να αναμένονται σε μία μικρή ηλικία (π.χ. κατά τα σχολικά χρόνια) ή αν εξακολουθεί να υφίσταται ευπλαστότητα στον ενήλικο εγκέφαλο. Εν τέλει, φάνηκε ότι η περιοχή αυτή σχετίζεται άμεσα με τον εγγραμματισμό, καθώς παρατηρήθηκε ενεργοποίησή της τόσο όταν τα υποκείμενα έβλεπαν γραπτές προτάσεις, όσο και όταν έβλεπαν ψευδολέξεις. Στα υποκείμενα που δεν ήξεραν να διαβάζουν φάνηκε πως η περιοχή αυτή αποκρίνονταν όταν έβλεπαν πρόσωπα, αντικείμενα και μοτίβα, γεγονός που σημαίνει ότι η περιοχή VWFA εξειδικεύεται στην αναγνώριση προσώπων. Κατά συνέπεια, αυτό συμφωνεί πλήρως με τη θεωρία της Νευρωνικής Ανακύκλωσης, καθώς αποδεικνύεται ότι το γεγονός πως μια εγκεφαλική περιοχή χρησιμοποιείται για μια λειτουργία δεν αποτελεί

αποτρεπτικό παράγοντα για τη λειτουργία της προκειμένου και για άλλες δεξιότητες, όπως συμβαίνει με την περιοχή VWFA, η οποία ουσιαστικά ανακυκλώνει τη λειτουργικότητα της .

Σε μία άλλη έρευνα που έγινε σε παιδιά τεσσάρων ετών και ζητούνταν να αναγνωρίσουν ψηφία και γράμματα φάνηκε ότι υπήρχε μειωμένη ενεργοποίηση της περιοχής που αφορά στην αναγνώριση προσώπων (Cantlon et al., 2011). Συμπερασματικά, μπορεί να υποστηριχθεί ότι φαίνεται να υπάρχει κάποιου είδους «ανταγωνισμός» για το φλοιικό χώρο, και κατ' επέκταση πως η αναγνωστική ικανότητα θα χρειαστεί να ανταγωνιστεί τις προϋπάρχουσες λειτουργίες του οπτικού φλοιού. Πιο απλά, προκειμένου να αποκτηθεί η ικανότητα της ανάγνωσης, μοιάζει απαραίτητη η εξεύρεση χώρου στην επιφάνεια του φλοιού με συνεπακόλουθη αλλαγή των ορίων των υπολοίπων κοντινών περιοχών. Αυτό, επιβεβαιώνεται και από αλλαγές που προκαλεί ο εγγραμματισμός σε περιοχές όχι μόνο του οπτικού φλοιού, αλλά και ευρύτερων τμημάτων του εγκεφάλου (Dehaene, 2011), προτείνοντας στην πραγματικότητα ότι οι συνδέσεις του εγκεφάλου είναι σε θέση να προσαρμόζονται και να τροποποιούνται όπως προτείνουν οι θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης.

Μία ακόμη αλλαγή διαπιστώθηκε στον άνω κροταφικό λοβό, όπου παρατηρήθηκε ότι η ενεργοποίηση της ομιλούμενης γλώσσας σχεδόν διπλασιάστηκε με το γραμματισμό. Το συγκεκριμένο τμήμα έχει συσχετιστεί με τη φωνολογική κωδικοποίηση και γι' αυτό πιστεύεται ότι σχετίζεται με την απόκτηση της φωνολογικής ενημερότητας, που είναι ένα βασικότατο στοιχείο του γραμματισμού.

Έρευνες τόσο σε ενήλικες πρώην μη αναγνώστες (Dehaene et al., 2010) όσο και σε παιδιά νηπιαγωγείου (Brem et al., 2010) έδειξαν ότι τα συστήματα του εγκεφάλου είναι εύπλαστα και πως ακόμη και λίγη εκπαίδευση στο γραμματισμό μπορεί να αλλάξει τον εγκέφαλο, επί της ουσίας επιβεβαιώνοντας τις θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης. Ωστόσο, αυτές οι αλλαγές που προκαλούνται από την ανάγνωση συμβαίνουν μόνο στις περιπτώσεις

εκείνες που υπάρχει συστηματική προσοχή στην αντιστοιχία του ήχου ή της ομιλίας και του γράμματος στο οποίο αντιστοιχεί αυτός (Dehaene, 2011). Για να επιτευχθεί εκμάθηση της ανάγνωσης απαιτείται ένας αμφίδρομος διάλογος στον εγκέφαλο ανάμεσα στις οπτικές περιοχές κωδικοποίησης των γραμμάτων και στις ακουστικές περιοχές κωδικοποίησης των φωνολογικών τμημάτων της γλώσσας. Αυτός ο διάλογος παρατηρείται με νευροαπεικονιστικές μεθόδους, ενώ ακόμη και όταν δεν υπάρχει κάποιο οπτικό ερέθισμα, οι καλοί αναγνώστες μπορούν να ενεργοποιήσουν την περιοχή στηριζόμενοι μόνο σε όσα ακούν, ακόμη κι αν δεν είναι απαραίτητο για αυτούς να ενεργοποιήσουν τον κώδικα ορθογραφίας (Dehaene et al., 2010).

Εν κατακλείδι, ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι ικανός να αποκτήσει τη δεξιότητα της ανάγνωσης γιατί διαθέτει ένα πρωτεύον σύστημα οπτικής αναγνώρισης αντικειμένων, το οποίο αυτόματα επιτυγχάνει δραστηριότητες παρεμφερείς με την αναγνώριση των λέξεων, ενώ παράλληλα επιδεικνύει πλαστικότητα καθώς προσαρμόζεται σε νέα δεδομένα όπως είναι τα γράμματα και οι λέξεις, ανακυκλώνοντας τις πρωταρχικές του λειτουργίες. Κατά τη διάρκεια της απόκτησης της ανάγνωσης ένα μέρος αυτού του συστήματος εξειδικεύεται στις οπτικές δραστηριότητες που απαιτούνται για να μπορεί ο εγκέφαλος να αναγνωρίζει τις λέξεις. Το σύστημα αυτό, το οποίο εντοπίζεται στην ινιακή κροταφική αύλακα, έχει νευρώνες που μπορούν να κάνουν προσαρμογές σαν αυτές που αναφέρονται παραπάνω. Κατά συνέπεια, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η ανάγνωση επιτυγχάνεται έπειτα από την προσαρμογή μιας προϋπάρχουσας νευρωνικής δομής και όχι με την επιβολή νέων ιδιοτήτων στην περιοχή αυτή. Σύμφωνα με αυτήν τη λογική, η περιοχή VWFA πρέπει να θεωρείται ως ένας πληθυσμός νευρώνων που διανέμονται και αλληλοεπικαλύπτονται με άλλους, και οι οποίοι σταδιακά κατά τη διάρκεια της μάθησης προσαρμόζονται στην ανάγνωση (Dehaene, 2009).

Μαθηματικά

Οι άνθρωποι στην καθημερινότητά τους εκτελούν ένα ρεπερτόριο συμπεριφορών που σχετίζονται με τους αριθμούς και εξυπηρετούν σκοπούς, όπως την επίλυση προβλημάτων, την χωρική αντίληψη, τη μνήμη (Anderson, 2014), γεγονός που επιτρέπει τη δήλωση πως οι αριθμοί αποτελούν μια σημαντική παράμετρο του τρόπου θέασης και αντίληψης του περιβάλλοντα κόσμου. Επιπλέον, ευνοούν την καταμέτρηση με τη χρήση δακτύλων, επιτρέπουν στους ανθρώπους να αντιλαμβάνονται με ταχύτητα και ακρίβεια την ποσότητα λίγων αντικειμένων, και να αποφασίζουν εάν το 9 είναι μεγαλύτερο από το 3, ότι ο αριθμός 3 είναι μετά τον αριθμό 2 αλλά πριν από τον αριθμό 4 ή να κάνουν αριθμητικές πράξεις, όπως η πρόσθεση, η αφαίρεση, ο πολλαπλασιασμός και η διαίρεση. Όλες αυτές οι ικανότητες κατανόησης, προσέγγισης και χειρισμού των μαθηματικών απαρτίζουν την αίσθηση της αριθμητικότητας, η οποία βασίζεται στα εγκεφαλικά κυκλώματα και αποτελεί προϊόν εξέλιξης (Dehaene, 2011), καθώς όπως η ανάγνωση έτσι και τα μαθηματικά είναι μια δεξιότητα την οποία ο άνθρωπος απέκτησε κατά τη διάρκεια της αναπτυξιακής του πορείας. Συνεπώς, η αλληλεπίδραση και η επικοινωνία του ανθρώπου με το περιβάλλον τον οδήγησε να ξαναχρησιμοποιήσει τις φυσικές του δυνατότητες για περισσότερους και πολυπλοκότερους γνωστικούς σκοπούς, καθώς όλες αυτές οι αλληλεπιδράσεις αποτελούν τμήμα της μαθηματικής διαδικασίας (Anderson, 2014). Είθισται οι άνθρωποι όταν εμπλέκονται με μαθηματικές δραστηριότητες να ερμηνεύουν αυτά που βλέπουν ως μία εικόνα και όχι ως κάποια αφηρημένη μαθηματική δήλωση την οποία πρέπει να εσωτερικεύσουν (Radford, 2010).

Όταν κανείς καλείται να λύσει μια αλγεβρική εξίσωση πρέπει να μετακινήσει τις μεταβλητές της προκειμένου να τη λύσει. Συνεπώς, για να μπορέσει το άτομο να διαχειριστεί προβλήματα άλγεβρας πρέπει να έχει αισθητηριοκινητική ικανότητα. Οι μαθητές που μπορούν να διαχειρίζονται σύνθετα μαθηματικά ζητήματα βασίζονται ακόμα περισσότερο

στα αισθητηριοκινητικά τους συστήματα. Φαίνεται πως ο λύτης μιας εξίσωσης όταν προσπαθεί να τη λύσει θα το κάνει καλύτερα εφόσον είναι πιο εξοικειωμένος με την πράξη που απαιτείται. Επιπλέον, πολλές έρευνες δείχνουν ότι όταν ο άνθρωπος έχει να διαχειριστεί μαθηματικές εξισώσεις χρησιμοποιεί στρατηγικές επίλυσης που θα χρησιμοποιούσε αν αλληλεπιδρούσε με φυσικά αντικείμενα. Τα αφηρημένα μαθηματικά είναι μια γνωστική λειτουργία που έχει ο άνθρωπος γιατί εκμεταλλεύεται τους επεξεργαστές ενεργειών – αντίληψης και έτσι αλληλεπιδρά με διάφορα αντικείμενα του περιβάλλοντός του, ακόμα και με την άλγεβρα (Anderson, 2014).

Έχει υποστηριχθεί ότι το ανθρώπινο είδος είναι προικισμένο με μια αριθμητική αναπαράσταση, η οποία πιθανόν να χρησιμοποιήθηκε πολύ κατά την εξέλιξή του, και η οποία εμφανίζεται από τη βρεφική ηλικία και επιδέχεται περαιτέρω ανάπτυξης. Αρχικά είναι αποκλειστικά λεκτική, όμως από την ηλικία των τριών ετών και έπειτα συνδέεται με λέξεις και υποκατάστατα συμβόλων, όπως τα δάκτυλα, και στη συνέχεια με τα γραπτά αραβικά σύμβολα. Συνεπώς, η περιοχή της αριθμητικής στα άτομα υπάρχει εξ αρχής και τροποποιείται προοδευτικά, με αποτέλεσμα τελικά να επιτυγχάνεται μία νοηματική απόδοση των αριθμών (Dehaene et al., 2010), υποστηρίζοντας με αυτόν τον τρόπο την προσαρμοστικότητα του εγκεφάλου και στην περίπτωση των μαθηματικών.

Πολλές νευροαπεικονιστικές έρευνες έχουν εξετάσει την εγκεφαλική λειτουργία των ανθρώπων που συμμετέχουν στα πειράματα τη στιγμή που εκείνοι ασχολούνται με μία αριθμητική δραστηριότητα. Με αυτόν τον τρόπο επιχειρείται η ανάδειξη των πιθανών διαφορετικών εγκεφαλικών περιοχών που ενεργοποιούνται όταν τα άτομα κάνουν απλώς υπολογισμούς και οι εγκεφαλικές περιοχές που ενεργοποιούνται σε άλλες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα η απλή κατονομασία των ψηφίων χωρίς να προηγείται ή να έπεται υπολογισμός (Dehaene et al., 2008). Παρατηρήθηκε ότι άνθρωποι με διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο και διαφορετική γλώσσα δείχνουν ενεργοποίηση των ίδιων περιοχών

στις δραστηριότητες που απαιτούν μαθηματική σκέψη, ενώ οι εν λόγω περιοχές δεν ενεργοποιούνται στην επεξεργασία γραμμάτων, που είναι - όπως και οι αριθμοί - ένα ανθρώπινο εφεύρημα, γιατί φαίνεται πως η έννοια της ποσότητας και η αίσθηση του αριθμού υπάρχει στον άνθρωπο από την παιδική ακόμη ηλικία (Dehaene et al., 2010), σε αντίθεση με τα γράμματα και την ανάγνωση που πρέπει να διδαχθούν.

Επιπλέον, φαίνεται ότι τα παιδιά από μικρή ηλικία έχουν μία αίσθηση του αριθμού, είτε για οπτικά είδη είτε για ακουστικά αντικείμενα, ενώ από την ηλικία των έξι μηνών μπορούν να αντιληφθούν τη διαφορά που υπάρχει αν τους δείξει κάποιος 8 και 16 κουκκίδες στην οθόνη ενός υπολογιστή. Σε αυτήν την ηλικία το παιδί δεν μπορεί να εμπλακεί σε σύνθετους υπολογισμούς, όπως για παράδειγμα να διαχωρίσει δύο αριθμούς αρκετά κοντινούς, όπως το 2 με το 4, αλλά έχει μόνο μία αίσθηση ποσότητας, η οποία μάλιστα ισχυροποιείται όσο μεγαλύτερη απόσταση έχουν μεταξύ τους οι αριθμοί που μελετώνται (π.χ. 2 και 10). Κάτι αντίστοιχο εξακολουθεί να ισχύει και στους ενήλικους ανθρώπους. Προτείνεται, λοιπόν, ότι όταν ο άνθρωπος συναντά τέτοιου είδους ζητήματα, τα μετατρέπει σε μία εσωτερική γραμμή αριθμών στην οποία κωδικοποιεί αυτά που βλέπει (Dehaene et al., 2008).

Πιο συγκεκριμένα, η δεξιά και η αριστερή ενδοβρεγματική αύλακα ενεργοποιούνται συστηματικά κάθε φορά που το άτομο εμπλέκεται σε οποιαδήποτε υπολογιστική δραστηριότητα (Dehaene, 2005), όμως ο βαθμός ενεργοποίησής της φαίνεται να επηρεάζεται από τη δυσκολία της εκάστοτε δραστηριότητας, του μεγέθους των αριθμών που αυτή περιλαμβάνει, της αριθμητικής απόστασης που τους χωρίζει και από τον αριθμό των πράξεων που απαιτούνται για να ολοκληρωθεί (Dehaene et al., 2008).

Το βρεγματικό προκεντρικό δίκτυο της αριθμητικής είναι κοινό στους ανθρώπους, χωρίς να παίζει ρόλο η ομιλούμενη γλώσσα, η χώρα διαμονής τους ή το εκπαιδευτικό τους σύστημα. Σε όλες τις αριθμητικές διαδικασίες ενεργοποιείται το βρεγματικό δίκτυο, αλλά

είναι ισχυρότερη η ενεργοποίηση κατά τους υπολογισμούς, είτε με ακρίβεια είτε κατά προσέγγιση, ενώ φαίνεται να ενεργοποιείται σχεδόν αυτόματα όταν τα άτομα πρέπει να εντοπίσουν ένα ψηφίο, είτε βλέποντάς το είτε ακούγοντάς το, ακόμη και για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (Dehaene & Naccache, 2001).

Για τα μαθηματικά υποστηρίζεται ότι ισχύει η υπόθεση ενός συγκεκριμένου τομέα (Dehaene, 2005) και πιο συγκεκριμένα ενός αμφίπλευρου υπο-τμήματος του βρεγματικού λοβού του, στην ενδοβρεγματική αύλακα, που είναι υπεύθυνο για τις ποσοτικές αναπαραστάσεις (Dehaene et al., 2004b). Αυτό αποδεικνύεται από την ενεργοποίηση ενός οριζόντιου τμήματος της ενδοβρεγματικής αύλακας (HIPS) κάθε φορά που το άτομο σκέφτεται οπτικό-χωρικές, γλωσσικές και υπολογιστικές δραστηριότητες (Simos et al., 2002). Επιπλέον, η συγκεκριμένη περιοχή ενεργοποιείται όταν τα άτομα έχουν να εντοπίσουν αραβικά νούμερα, όχι όμως σε άλλες δραστηριότητες όπως ο εντοπισμός γραμμμάτων ή χρωμάτων ή σε περιπτώσεις ακουστικού ή οπτικού ερεθίσματος, και άρα προτείνεται η ενεργοποίηση της περιοχής αυτής μόνο σε αριθμητικές διεργασίες. Αυτό υποδηλώνει ότι ούτε ο υπολογισμός ούτε η εργαζόμενη μνήμη χρειάζονται όταν ενεργοποιείται η βρεγματική αύλακα για δραστηριότητες σχετικές με αριθμούς, αφού η περιοχή HIPS ενεργοποιείται αυτόματα για ποσοτικές πληροφορίες προερχόμενες από αριθμητικά σύμβολα (Dehaene & Naccache, 2001).

Μελέτες σε ζώα έδειξαν πως βλέποντας ή ακούγοντας ένα σύνολο αντικειμένων εξάγεται μια αίσθηση αριθμητικότητας, η οποία μάλιστα δεν επηρεάζεται από στοιχεία όπως το μέγεθος ή το σχήμα. Κάτι τέτοιο προτείνει ότι η αριθμητικότητα υπάρχει στα ζώα και δεν απαιτεί εκπαίδευση. Ακόμα και στις περιπτώσεις που ένα ζώο σε εργαστηριακά πειράματα εκπαιδεύεται, φάνηκε πως υπάρχουν δείγματα γενίκευσης που υπερβαίνουν τα όσα θα μπορούσαν να πετύχουν χωρίς την εκπαίδευση που δέχθηκαν (Dehaene et al., 2004b). Έτσι, πίθηκοι μακάκοι που εκπαιδεύονταν για να μετρούν από το 1 έως το 4 μπόρεσαν και το

γενίκευσαν από το 5 έως το 10, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι τα ζώα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους αριθμούς και για απλές αριθμητικές πράξεις (Hauser, Carey & Hauser, 2000).

Ένα σημαντικό εύρημα που συνδέει τις μελέτες σε ανθρώπους και τις μελέτες σε ζώα αναφορικά με την ύπαρξη ενός νευρωνικού δικτύου σχετικού με τις αριθμητικές διεργασίες είναι η ύπαρξη νευρώνων συντονισμένων με την αριθμητική ικανότητα σε περιοχές σχεδόν ομόλογες με αυτές που ενεργοποιεί ο άνθρωπος κατά τη διάρκεια συμβολικών αριθμητικών εργασιών (Dehaene et al., 2004b).

Σε πείραμα που έγινε σε πιθήκους στους οποίους επανειλημμένα οι ερευνητές έδειχναν οπτικές απεικονίσεις σταθερής αριθμητικότητας (16 τελείες) καταγράφηκαν οι αλλαγές που παρατηρήθηκαν όταν δόθηκε αποκλίνουσα αριθμητικότητα (8 έως 32 τελείες). Επιβεβαιώνοντας την πρόβλεψη των ερευνητών, οι περιοχές που ανταποκρίθηκαν σε αυτήν την αλλαγή ήταν η αριστερή και δεξιά ενδοβρεγματική αύλακα στην ακριβή θέση του HIPS. Η παρουσία ενός εξελικτικού προδρόμου αριθμητικής στα ζώα αποδεικνύει ότι η αριθμητική δεν είναι μία αυθαίρετη πολιτιστική εφεύρεση του ανθρώπου, καθώς φαίνεται ότι στους ανθρώπους υπάρχει η ικανότητα μιας βασικής γνώσης των αριθμών (Dehaene, 1997). Η ανθρώπινη κατάκτηση των αραβικών αριθμών και της αριθμητικής γενικά έχει καταστεί εφικτή γιατί υπάρχει ένα εγκεφαλικό υπόστρωμα που μπορεί να αναπαραχθεί ενόσω τα παιδιά διδάσκονται τη σύνδεση των προϋπαρχουσών ενδοβρεγματικών αναπαραστάσεων της αριθμητικότητας με νέες λέξεις και σύμβολα. Με άλλα λόγια, οι άνθρωποι είχαν τη βάση - την αίσθηση του αριθμού - και την εξέλιξαν για να κάνουν συνθετότερες αριθμητικές πράξεις. Έτσι, όταν οι άνθρωποι καλούνται να αναπαραστήσουν μια ποσότητα, αυτό γίνεται γρήγορα και βασίζεται στον κατά προσέγγιση κώδικα για τη σύγκριση και τον κατά προσέγγιση υπολογισμό. Με αυτόν τον τρόπο μία παλαιότερη αναπαράσταση επαναχρησιμοποιείται για πρόσφατους πολιτισμικά συμβολικούς χειρισμούς, όπως τα

μαθηματικά (Dehaene et al., 2004b), και υπό το πρίσμα αυτό φαίνεται να μπορούν να εφαρμοστούν οι θεωρίες νευρωνικής επαναχρησιμοποίησης και στην περίπτωση των μαθηματικών.

Οι ενήλικοι όταν κάνουν αριθμητικές δραστηριότητες με αριθμητικά σύμβολα παρουσιάζουν στοιχεία επεξεργασίας αναλογικού μεγέθους (Dehaene et al., 2003), ενώ από δραστηριότητες που αφορούν στην κατανόηση της απόστασης των αριθμών, φαίνεται πως υπάρχει μία από κοινού κωδικοποίηση των αριθμών που παρουσιάζουν και συμβολική και μη συμβολική μορφή (Dehaene & Naccache, 2001). Επιπλέον, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα βρέφη πριν ακόμα ξεκινήσουν τη σχολική τους φοίτηση και πριν κατακτήσουν τη γλώσσα, έχουν μια αίσθηση του αριθμού όμοια με εκείνη των ζώων (Dehaene et al., 2004b), την οποία και εξελίσσουν στην αναπτυξιακή τους πορεία, για να μπορέσουν τελικά να διαχειρίζονται συνθετότερα προβλήματα.

Συμπερασματικά, για την αριθμητική προτείνεται ότι οι άνθρωποι έχουν από τη στιγμή της γέννησης τους μια αριθμητική αίσθηση που περιορίζεται στη διάκριση ποσοτήτων, αποτελεί όμως τη βάση πάνω στην οποία θα επέλθει εξέλιξη λόγω της εκπαίδευσης και τα νευρωνικά δίκτυα που αφορούν αυτή την αίσθηση του αριθμού θα ανακυκλωθούν και θα αφορούν πλέον και σε άλλες σχετικές με την αριθμητική και τους υπολογισμούς δεξιότητες, πιο σύνθετες (Dehaene, 2011).

Συνέπειες Αυτών των Δεδομένων στην Εκπαίδευση

Συνέπειες στην Ανάγνωση και η Περίπτωση της Δυσλεξίας

Παρόλο που η παρατήρηση και η γνώση του τρόπου λειτουργίας του εγκεφάλου και η συνακόλουθη μεταφορά αυτών των γνώσεων στην εκπαιδευτική πρακτική θα ωφελήσει πολύ τους εκπαιδευτικούς, αυτή η μεταφορά των δεδομένων πρέπει να γίνεται με προσοχή

(Dehaene, 2011), προκειμένου να σχεδιαστούν αποτελεσματικότερες πρακτικές εναρμονισμένες με τον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο και να αποφευχθούν διαστρεβλωμένες διαπιστώσεις ως απόρροια των νευροεπιστημονικών ευρημάτων, όπως έχει συμβεί με την περίπτωση των νευρομύθων (Goswami, 2006).

Η ανάγνωση, σε αντίθεση με τον προφορικό λόγο όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, δεν είναι μια φυσική διαδικασία και συνεπώς τα παιδιά δεν είναι βιολογικά προετοιμασμένα για αυτήν (Dehaene et al., 2004a). Αυτό σημαίνει ότι πολλά από τα βήματα που κάνουν οι ενήλικοι αυτόματα και τελικά επιτυγχάνουν την ανάγνωση δεν είναι καθόλου αυτονόητα για τα παιδιά. Αντιθέτως, θα πρέπει να συντελεστούν αρκετές φωνολογικές και οπτικές αλλαγές για να κατακτηθεί η ανάγνωση. Η γραφοφωνημική αντιστοιχία, ο ήχος που αντιστοιχεί σε κάθε γράμμα, αλλά και ο τρόπος σύνθεσης των γραμμάτων αυτών για να παραχθούν τελικά οι λέξεις είναι αντικείμενο διδασκαλίας και μάλιστα συστηματικής, η οποία ξεκινά από μικρή ηλικία, καθώς η γραφοφωνημική ικανότητα αποτελεί προβλεπτικό παράγοντα τόσο της αναγνωστικής ικανότητας όσο και της κατανόησης όσων διαβάζει το άτομο (Dehaene, 2011).

Η διεργασία που πρέπει να μάθει να κάνει ένα παιδί είναι αρκετά σύνθετη. Εν συντομία, πρέπει να γίνει ξεκάθαρο ότι οι λέξεις αποτελούνται από γράμματα, τα οποία αντιστοιχούν με τη σειρά τους σε φωνήματα. Ακόμη, τα γράμματα πρέπει να κωδικοποιούνται από αριστερά προς τα δεξιά, τουλάχιστον στους περισσότερους πολιτισμούς, γεγονός που σχετίζεται με τη σειρά άρθρωσής τους, που έπεται ως διαδικασία, ενώ τροποποιώντας κανείς αυτή τη χωρική τοποθέτηση των γραμμάτων μιας λέξης μπορεί να δημιουργήσει νέες συλλαβές και λέξεις (Dehaene, 2005).

Βάσει όλων όσων έχουν υποστηριχθεί, η προσέγγιση με την οποία προτείνεται πως είναι προτιμότερο να επεξεργάζεται κανείς τη γλώσσα είναι μέσω της φωνημικής διδασκαλίας (Dehaene, 2009). Αρχικά, η ανάλυση του τρόπου απόκρισης του εγκεφάλου στη διαδικασία της ανάγνωσης δεν υποδεικνύει με κανέναν τρόπο ότι οι λέξεις αναγνωρίζονται

ολικά, αλλά αντιθέτως, προτείνει την αντιμετώπισή τους σαν γράμματα ή ομάδες γραμμάτων. Αυτή η διαπίστωση υποστηρίζεται και από έρευνες σε ενήλικες που διδάχθηκαν να διαβάζουν το ίδιο κομμάτι κειμένου αντιμετωπίζοντας τις λέξεις ολικά και σε ενήλικες που διδάχθηκαν την προσέγγιση γραφήματος – φωνήματος. Φάνηκε πως σημειώνεται μεγάλη διαφορά ανάμεσα σε αυτές τις δυο ομάδες, καθώς μόνο η τελευταία κατάφερε να γενικεύσει αυτήν την αντιστοίχιση σε μια λέξη και να εκπαιδεύσει σχετικά την αριστερή ημισφαιρική VWFA. Η ομάδα ενηλίκων που προσέγγιζε τη λέξη ολικά ενεργοποιούσε την ομόλογη περιοχή του δεξιού ημισφαιρίου, που όμως δεν είναι η περιοχή που αναμένεται να ενεργοποιηθεί στις περιπτώσεις καλών αναγνωστών. Τέλος, και σχολικές μελέτες συγκλίνουν στην άποψη ότι η ολιστική προσέγγιση της λέξης δεν βελτιώνει την αναγνωστική ικανότητα. Αυτό, ωστόσο, δεν σημαίνει ότι θα προκαλέσει βιολογικές και γενετικές ανωμαλίες όπως η δυσλεξία, όμως ταυτόχρονα δεν επιτυγχάνει και αποφυγή καθυστερήσεων στην ανάγνωση (Dehaene, 2011).

Ένα άλλο βασικό στοιχείο σχετίζεται με την ταχύτητα της ανάγνωσης, η οποία διαφέρει σημαντικά όταν αντιμετωπίζεται η λέξη που πρέπει να αναγνωστεί ως συσχέτιση γραφήματος – φωνήματος. Πιο αναλυτικά, η ταχύτητα ανάγνωσης διαφοροποιείται ανάλογα με την κανονικότητα της γλώσσας (Goswami, 2006). Σε κάποιες γλώσσες όπως τα ιταλικά, τα γερμανικά και τα ελληνικά που χαρακτηρίζονται από υψηλή κανονικότητα στην αντιστοίχιση γραφήματος – φωνήματος και ανάγνωσης, τα παιδιά μαθαίνουν να διαβάζουν γρήγορα. Αντιθέτως, στην περίπτωση γλωσσών με συχνή παρουσία λεξικής αμφισημίας όπου το περικείμενο είναι απαραίτητο για την αποσαφήνιση της σημασίας, όπως είναι τα γαλλικά και τα αγγλικά, φαίνεται να απαιτείται περισσότερη εξάσκηση (τουλάχιστον δύο ετών), προκειμένου οι αναγνώστες να μπορέσουν να διαβάσουν όπως ένας φυσικός ομιλητής της γλώσσας (Goswami, 2010). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ποιοτική διαφοροποίηση στο ρυθμό ανάγνωσης, καθώς ανάλογα με τη γλώσσα χρησιμοποιείται κι άλλη στρατηγική ανάγνωσης.

Σε πιο διαφανείς ορθογραφίες η στρατηγική που χρησιμοποιείται είναι αυτή της γράμμα-προς-γράμμα αποκωδικοποίησης (Goswami, 2006). Προκειμένου να επιτευχθεί η ανάγνωση, επεκτείνεται η δραστηριοποίηση της περιοχής VWFA και ο προκεντρικός φλοιός περισσότερο σε αναγνώστες που έχουν να διαχειριστούν γλώσσες όπως τα αγγλικά (Paulesu et al., 2000). Κατά συνέπεια, ανάλογα με την εκάστοτε διδασκόμενη γλώσσα, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να είναι προετοιμασμένοι για πιθανές δυσκολίες συλλαβισμού και να ξεκινούν με μια πιο σταδιακή απόκτηση της ανάγνωσης, διδάσκοντας πρώτα τα πιο συχνά συναντώμενα και σύντομα γραφήματα και φωνήματα και έπειτα τις εξαιρέσεις και τις πιο μεγάλες συλλαβές (Dehaene, 2011), για να εφαρμοστεί και πρακτικά αυτό που αναφέρεται παραπάνω σχετικά με την αντιμετώπιση των λέξεων βάσει της φωνημικής προσέγγισης έναντι της ολιστικής. Ένα καλό πρόγραμμα εκπαίδευσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη μορφολογία μιας λέξης, την κατανόηση των προθεμάτων και των επιθημάτων, τη ρίζα της λέξης αλλά και τις γραμματικές καταλήξεις.

Η μελέτη του εγκεφάλου και του τρόπου λειτουργίας του έριξε φως και σε ένα ακόμη ζήτημα, αυτό της καθεπτρικής ανάγνωσης και γραφής, χαρακτηριστικό που εντάσσεται στη συμπτωματολογία της δυσλεξίας για την οποία θα γίνει λόγος στη συνέχεια. Είναι συχνό φαινόμενο τα παιδιά στα αρχικά στάδια της εκπαίδευσής τους να συγχέουν γράμματα που μοιάζουν μεταξύ τους όπως το “b” και το “d”, ενώ συχνά γράφουν και λέξεις καθρεπτικά, χωρίς να αντιλαμβάνονται το λάθος τους. Αυτό μπορεί να ερμηνευθεί με την εξής λογική, η οποία είναι σύμφωνη με τις θεωρίες Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης, ότι δηλαδή η λειτουργία του κοιλιακού οπτικού φλοιού, πριν αναλάβει τη λειτουργία της ανάγνωσης, αφορούσε στην αναγνώριση προσώπων, αντικειμένων και σκηνών. Η θεώρηση αυτή εφαρμόζει στη θεωρία Νευρωνικής Ανακύκλωσης καθώς ο κοιλιακός φλοιός αρχικά αφορούσε σε άλλη λειτουργία, όμως με την εξέλιξη ανέλαβε και αυτήν της ανάγνωσης. Στην πραγματικότητα, ωστόσο, λίγες από τις προαναφερθείσες περιστάσεις καθεπτρικής γραφής

απαιτούν όντως διάκριση της δεξιάς και της αριστερής πλευράς τους, καθώς τις περισσότερες φορές η μία πλευρά αντικατοπτρίζει την άλλη και για να γίνουν αντιληπτές πρέπει να αντιμετωπιστούν συνολικά (Dehaene, 2011), διαπίστωση που φαίνεται να παραπέμπει και πάλι στη φωνημική προσέγγιση. Βάσει των νευροαπεικονιστικών μελετών φάνηκε πως όταν τα παιδιά προσπαθούν να διαχωρίσουν το “b” και το “d” χρησιμοποιούν ακριβώς αυτήν την περιοχή, τη VWFA, που είναι η κυρίαρχη για αυτήν την κατοπτρική εικόνα (Pegado et al., 2011), για το ρόλο της οποίας έχει γίνει εκτενής αναφορά σε προηγούμενη ενότητα.

Βέβαια, τέτοιες δυσκολίες καθρεπτικής φύσης εξαφανίζονται καθώς ο εγγραμματισμός παγιώνεται στο άτομο. Η παρατεταμένη παρουσία, ωστόσο, τέτοιων δυσκολιών μπορεί να αποτελεί σημάδι δυσλεξίας. Πολλές συζητήσεις έχουν γίνει και εξακολουθούν να γίνονται σχετικά με τη φύση της δυσλεξίας άλλα και με τα ακριβή κριτήρια αναγνώρισής της. Μια από τις πολλές σχετικές προτάσεις αναφέρει πως ίσως ο αποκλειστικός τρόπος με τον οποίο πρέπει να εξηγείται η δυσλεξία πρέπει να είναι η δυσκολία των ατόμων να καταλάβουν τι είναι ένα φώνημα και να το συνδέσουν με κάποιο γράφημα, γεγονός που σημαίνει ότι αυτή η δυσκολία προκύπτει από την αδυναμία σωστής λειτουργίας του σχετικού εγκεφαλικού υποσυστήματος (Dehaene, 2011). Στην περίπτωση της δυσλεξίας υπάρχει μια σύνδεση της φωνολογικής ικανότητας, της ανάγνωσης και των γενετικών παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν τη φωνολογική ενημερότητα των παιδιών που φοιτούν στο νηπιαγωγείο. Επιπλέον, σημειώνεται μία σύνδεση της δυσλεξίας με το χρωμόσωμα 6 καθώς επίσης και με τα χρωμοσώματα 1, 2, 3, 11, 15 και 18 (Grigorenko, 2005).

Υπάρχουν δύο προβλεπτικοί παράγοντες για την ακρίβεια απόκτησης της ικανότητας της ανάγνωσης, η ικανότητα των παιδιών να διαχειρίζονται τα φωνήματα προφορικά και η γνώση των γραφημάτων. Ωστόσο, σημαντικό ρόλο παίζει και η γλώσσα αυτή καθεαυτή, καθώς η αυτοματοποιημένη κατονομασία των γραμμάτων είναι απαραίτητη για γλώσσες

όπως τα γερμανικά και τα ιταλικά. Γενικά, το σύστημα ανάγνωσης μπορεί να θεωρηθεί ως ένα συνεχές τριών υποσυστημάτων. Το πρώτο αφορά σε εγκεφαλικές περιοχές που ανταποκρίνονται σε αλλαγές στα οπτικά χαρακτηριστικά χαμηλού επιπέδου των λέξεων, το δεύτερο αφορά σε περιοχές που υποστηρίζουν δραστηριότητες όπως η ορθογραφία, η φωνολογία και πιθανώς η ίδια η παραγωγή της γλώσσας και η αντίληψη, και το τρίτο σε ένα εννοιολογικό σύστημα (Goswami, 2010). Η περιοχή VWFA έχει θεωρηθεί ότι ενεργοποιείται όταν διαβάσει κανείς ένα συγκριμένο κείμενο, ωστόσο έχει αμφισβητηθεί η περίπτωση να αλλάζει η λειτουργία της περιοχής αυτής κατά τη διαδικασία απόκτησης της ανάγνωσης, ενώ παράλληλα είναι ξεκάθαρο ότι σχετίζεται και με άλλες δραστηριότητες, όπως η απόδοση ονόματος σε ένα αντικείμενο (Devlin et al., 2004).

Η αδυναμία ανάγνωσης, συχνά αναφερόμενη ως «αναπτυξιακή δυσλεξία», χαρακτηρίζεται από αρκετούς ερευνητές ως μία νεύρο-αναπτυξιακή διαταραχή, υπονοώντας με αυτόν το χαρακτηρισμό ότι στην πραγματικότητα κάποια σύνδεση στον εγκέφαλο δεν έχει γίνει σωστά (Bishop, 2010· Bishop et al., 2008), τη στιγμή που άλλοι υποδεικνύουν πως δεν υπάρχουν αρκετά ευρήματα τα οποία θα μπορούσαν να τη χαρακτηρίσουν ως τέτοια διαταραχή (Protopapas & Parrila, 2018). Αναμφίβολο είναι, ωστόσο, προς το παρόν το γεγονός ότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένα γονίδια αποκλειστικά για την ανάγνωση ή τη γραφή, ενώ αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν πως δεν προσδοκούν καν μια τέτοια ανακάλυψη (Galaburda & Sherman, 2007), αφού ούτως ή άλλως όπως προαναφέρθηκε η ανάγνωση αποτελεί ένα εξελικτικό επίτευγμα και όχι μια έμφυτη ανθρώπινη ικανότητα.

Αναλυτικότερα, σε μία προσπάθεια ενσωμάτωσης της εκπαιδευτικής και ψυχολογικής βιβλιογραφίας σε έναν αντιπροσωπευτικό ορισμό, προτάθηκε πως η δυσλεξία είναι μια δυσκολία του ατόμου να αναπτύξει δεξιότητες ανάγνωσης λέξεων που αντιστοιχούν στην ηλικία και στην εμπειρία του, ενώ παράλληλα τονίζεται ότι πρόκειται για μια δυσκολία που επιμένει στο χρόνο και δεν είναι αναμενόμενη για το συγκεκριμένο άτομο (Parrila &

Protorapas, 2017). Υπό το πρίσμα αυτό, ο όρος «δυσλεξία» αναφέρεται στην ακρίβεια και στην αποτελεσματικότητα με την οποία επιτυγχάνεται η ανάγνωση, αποκλείοντας τις δυσκολίες αναγνωστικής κατανόησης, περιλαμβάνοντας ωστόσο χαμηλές επιδόσεις ή επιδόσεις εξαιρετικά χαμηλές που όμως απαιτούν ιδιαίτερη προσπάθεια για να διατηρηθούν. Οι δυσκολίες αυτές δεν είναι παροδικές και δεν πρέπει να αποδίδονται σε φτωχή γενική γνωστική ικανότητα, προβλήματα αισθητικής αντίληψης ή ανεπαρκείς εκπαιδευτικές ευκαιρίες, ενώ αναφέρονται όχι μόνο σε όσους αδυνατούν να διαβάσουν αλλά και σε όσους αδυνατούν να μάθουν να διαβάζουν παρά την επαρκή και κατάλληλη καθοδήγηση (Protorapas & Parrila, 2018). Το γεγονός ότι η εγκεφαλική δομή και λειτουργία καθορίζουν την αναγνωστική ικανότητα καθιστώντας την πιο επίμονη και απροσδόκητη στηρίζει τη βιολογική βάση της συγκεκριμένης διαταραχής (Protorapas & Parrila, 2019), δεν αποτελούν όμως απόδειξη ότι πρόκειται για μια νευρο-αναπτυξιακή διαταραχή, καθώς κάτι τέτοιο θα απαιτούσε κάποιου είδους αναπτυξιακή αποτυχία, μια διακοπή της ανάπτυξης, ενώ η ίδια η έννοια της νευροαναπτυξιακής διαταραχής παραπέμπει είτε σε μια «ιατρική» ή «ψυχιατρική» κατάσταση είτε σε κάποια «ψυχοπαθολογία» (Protorapas & Parrila, 2018). Επιπλέον, ορισμοί που υποστηρίζουν τη νευρολογική βάση της διαταραχής, υπογραμμίζοντας πως πρόκειται για μια λειτουργικού τύπου βλάβη στο εγκεφαλικό τμήμα που σχετίζεται με τη γλώσσα (Simos et al., 2002) αναφέρονται σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου και μάλλον προσεγγίζουν τις εντοπιστικές θεωρίες, αγνοώντας όσα έχουν αναφερθεί σχετικά με τις θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης.

Μία άλλη άποψη υποστηρίζει ότι από βιολογικής σκοπιάς η δυσλεξία δεν μπορεί να ιδωθεί ως βιολογική διαταραχή καθώς είναι μάλλον το αποτέλεσμα κάποιων ειδικών, δυσμενών συνθηκών, μέσα στα όρια της φυσιολογικής ποικιλίας που μπορεί να παρουσιάζει μια λειτουργία στους ανθρώπους. Οι συνθήκες αυτές επιδρούν στην ανάγνωση εξαιτίας του ευάλωτου αυτής της ικανότητας, η οποία ακριβώς επειδή είναι πολύ πρόσφατη,

διαφοροποιείται από άνθρωπο σε άνθρωπο, ενώ για ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού δεν αποκτάται ποτέ σε ικανοποιητικό επίπεδο (Immordino-Yang & Deacon, 2007). Άλλωστε, η αναγνωστική ικανότητα δεν είναι απαραίτητη για όλα τα παιδιά, αφού δεν υπάρχει σχετικός βιολογικός προγραμματισμός, αλλά αντιθέτως πρόκειται για μια δεξιότητα που επηρεάζεται από τον εκάστοτε πολιτισμό που οδηγεί στην ανάπτυξη και άλλων σχετικών ικανοτήτων (Immordino-Yang & Fischer, 2009), υποδεικνύοντας για ακόμη μια φορά τη δυναμική του πολιτισμού στην υιοθέτηση και ανάπτυξη δεξιοτήτων που δεν είχε εξαρχής ο άνθρωπος.

Έχουν διεξαχθεί έρευνες οι οποίες υποστηρίζουν ότι υπάρχει κάποιο λάθος στους εγκεφάλους ορισμένων ανθρώπων στους οποίους παρατηρήθηκε μία μη αναμενόμενη δυσκολία στην εκμάθηση της ανάγνωσης (Humphreys, Kaufmann & Galaburda, 1990), το δείγμα των οποίων όμως ήταν εξαιρετικά μικρό και οι συμμετέχοντες δεν είχαν δυσκολίες αποκλειστικά στη γραπτή γλώσσα, ενώ παράλληλα τα ευρήματα αυτών των ερευνών διέφεραν μεταξύ τους. Κατά συνέπεια, δεν μπορεί να υποστηριχθεί η ιδέα ότι οποιαδήποτε εγκεφαλική παθολογία σχετίζεται αποκλειστικά με τη δυσλεξία. Και ενώ μπορεί ερευνητικά να παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον για τους επιστήμονες ο τρόπος με τον οποίον σχετίζονται διάφορες ξεκάθαρες νευρο-αναπτυξιακές διαταραχές που προκαλούν νευρολογικές καταστάσεις με δυσκολίες στην ανάγνωση, αυτό σίγουρα δεν είναι η βάση επάνω στην οποία θα δομηθεί η υπόθεση ότι η δυσλεξία έχει εγκεφαλικές καταβολές, καθώς για κάτι τέτοιο θα χρειαζόνταν μεγαλύτερα δείγματα με σοβαρές δυσκολίες μόνο στην ανάγνωση, αλλά και μεγαλύτερα δείγματα ικανών αναγνωστών (Protopapas & Parrila, 2018). Αξίζει να σημειωθεί, ωστόσο, ότι το πρόβλημα με τις νευρο-απεικονιστικές μεθόδους ως προς τον αριθμό του εκάστοτε δείγματος είναι ένας βασικός περιορισμός που αφορά στις περισσότερες τέτοιου είδους μελέτες και όχι μόνο στις έρευνες για τη δυσλεξία (Protopapas & Parrila, 2018).

Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι και οι μελέτες νευρο-απεικόνισης που εξετάζουν την εγκεφαλική δομή και τις δομικές διαφορές των εγκεφάλων τυπικώς αναπτυσσόμενων ατόμων

και δυσλεκτικών δεν επαρκούν αριθμητικά, ενώ παρατηρείται και μια ασυνέπεια στα αποτελέσματά τους, με τις μετα-αναλύσεις τους να αναδεικνύουν σημαντικούς περιορισμούς (Ramus et al., 2018). Ακόμη, τα μοτίβα νευρωνικής ενεργοποίησης διαφοροποιούνται σημαντικά ανά μελέτη, όχι μόνο σε συγκεκριμένα και περιορισμένα συμπλέγματα, αλλά και σε πιο εκτεταμένα, περιλαμβάνοντας διαφορετικούς λοβούς (ενίοτε και διαφορετικά ημισφαίρια), ιδίως στις μελέτες που χρησιμοποιούν διαφορετικές δραστηριότητες, όπως η ανάγνωση και η φωνολογική ενημερότητα. Προς το παρόν δεν μπορούν να συναχθούν αποτελέσματα τα οποία να υπογραμμίζουν νευρο-ανατομικά μοτίβα διαφοροποίησης για τη δυσλεξία, κάτι το οποίο θα μπορούσε να περιλαμβάνεται σε μελλοντικές μελέτες (Protopapas & Parrila, 2018). Από την άλλη πλευρά, παρατηρείται μια συνέπεια στα μοτίβα υπο-ενεργοποίησης στον κροταφικό-ινιακό φλοιό, διαπίστωση όμως που χρήζει περαιτέρω μελέτης ώστε να γίνει αντιληπτό ποια ενεργοποίηση προκύπτει ως αποτέλεσμα δυσκολίας στην ανάγνωση και ποια είναι αποτέλεσμα περιορισμένης αναγνωστικής εμπειρίας. Άλλωστε, είναι πιθανό κάποιοι συμμετέχοντες σε απεικονιστικές μελέτες να έχουν κοινά μοτίβα ενεργοποίησης σε ορισμένες περιοχές, ενώ άλλοι να ενεργοποιούν διαφορετικές περιοχές, εγείροντας έτσι τον προβληματισμό σχετικά με τον όρο «τυπικός» (Protopapas & Parrila, 2018). Πιο συγκεκριμένα, οι διαφορές στη μέση τιμή δύο ομάδων δεν έχουν σημασία για κανένα από τα μέλη των εν λόγω ομάδων, καθώς σημαντικές και αξιόπιστες διαφορές μπορούν να παρατηρηθούν όταν υπάρχει μεγάλη επικάλυψη στις πραγματικές τιμές των δύο ομάδων, γεγονός που καθιστά απαραίτητο το διαχωρισμό των λέξεων «τυπικός» και «μέσος» (Protopapas & Parrila, 2019). Αυτή η διαπίστωση βρίσκει εφαρμογή στον τομέα της δυσλεξίας αναφορικά με τα μοτίβα ενεργοποίησης κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης ή των διαδικασιών που την περιλαμβάνουν, καθώς η άγνοια της ποικιλίας των ατομικών μοτίβων ανάγνωσης δεν επιτρέπει τη δόμηση μιας βάσης επάνω στην οποία θα μπορούσε να γίνει διάκριση τυπικών και άτυπων μοτίβων. Η έννοια της τυπικότητας εξαρτάται από την

κατανόηση των ατομικών διαφορών, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν και ως μια ποικιλία ανάμεσα στα άτομα, με αποτέλεσμα να είναι εφικτή η κατάταξη συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ή μοτίβων ως τυπικά, ενώ όταν αυτά εμφανίζονται σπανιότερα να θεωρούνται άτυπα. Προκειμένου να φανεί ότι κάποια ενεργοποίηση είναι τυπική, πρέπει να προηγηθεί ανάλυση των μοτίβων ενεργοποίησης σε μεμονωμένους εγκέφαλους μεγάλου και αντιπροσωπευτικού δείγματος, καθώς επίσης και να προκύψει μεγάλη απόκλιση ώστε αυτή να θεωρηθεί μη τυπική, ιδίως για τις περιπτώσεις που αυτά τα τυπικά ή μη μοτίβα θα συσχετιστούν με συμπεριφορικές δηλώσεις, όπως «καλός» ή «κακός αναγνώστης». Τα δεδομένα που υπάρχουν προς το παρόν από απεικονιστικές μελέτες προτείνουν μία διαφοροποίηση στις περιοχές που ενεργοποιούνται κατά την ανάγνωση ανάμεσα σε μία ομάδα καλών αναγνωστών και σε μία ομάδα φτωχών αναγνωστών, χωρίς όμως να υπονοούν ότι αυτές οι ομάδες παρουσιάζουν όμοια ή διαφορετικά μοτίβα, δηλαδή τυπικά ή άτυπα (Protopapas & Parrila, 2018).

Άλλωστε, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, εφόσον η εγκεφαλική ανάπτυξη δέχεται την επίδραση του μαθησιακού ιστορικού και των εμπειριών του ατόμου και διαμορφώνεται αντίστοιχα, φαντάζει εύλογο το ερώτημα σχετικά με το πώς είναι δυνατόν διαφορετικοί άνθρωποι (και άρα διαφορετικοί εγκέφαλοι) να έχουν τα ίδια φλοιικά στρώματα, ιδίως για τόσο πρόσφατες εξελικτικές λειτουργίες (Dehaene et al., 2010). Αναλυτικότερα, καθώς η ανάγνωση είναι μια ικανότητα η οποία αποκτήθηκε λόγω της εξέλιξης χρησιμοποιώντας ξανά εγκεφαλικά συστήματα συνδυασμένα σε ένα νέο, πιο ευαίσθητο και σύνθετο σύστημα, είναι πιθανό γονιδιακοί συνδυασμοί ή μικρά προβλήματα σε αυτόν τον καινούργιο συνδυασμό να οδηγήσουν σε προβλήματα στο σύνολο του συστήματος της ανάγνωσης. Για παράδειγμα, ενδέχεται να υπάρχει ένα πρόβλημα που σχετίζεται με την προσοχή ή μία χαμηλότερη ικανότητα όπως η ακουστική επεξεργασία, το οποίο όμως θα επηρεάσει την ανάγνωση και ίσως οδηγήσει στη διάγνωση δυσλεξίας, χωρίς ωστόσο να αναφέρεται σε ποιο ακριβώς

επίπεδο εντοπίζεται το πρόβλημα, με αποτέλεσμα όχι μόνο να μην υπάρχει ολοκληρωμένη γνώση της γενετικής βάσης της εν λόγω διαταραχής, αλλά και να μην μπορεί να δομηθεί ένα συγκεκριμένο και αποτελεσματικό μοντέλο παρέμβασης που θα λαμβάνει υπόψη τα ελλείμματα του ατόμου (Immordino-Yang & Deacon, 2007).

Ένα άλλο σημείο το οποίο χρήζει προσοχής είναι το γεγονός ότι οι νευροαπεικονιστικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται αφορούν στο μέγεθος του σήματος σε μία σειρά τοποθεσιών στον εγκέφαλο του συμμετέχοντα, ενώ τα μοτίβα ενεργοποίησης αφορούν σε χωρικές ερμηνείες, δηλαδή στον τρόπο κατανομής των τοποθεσιών στις οποίες διαφοροποιείται το σήμα στην επιφάνεια ή στον όγκο του εγκεφάλου. Πρακτικά, μελετώνται στατιστικά αποτελέσματα που χρωματίζονται με κηλίδες σε διάφορες περιοχές, λαμβάνοντας υπόψη τις κηλίδες αυτές ως μοτίβα ενεργοποίησης. Ωστόσο, οι κηλίδες αυτές εμφανίζονται σε κάποιες τοποθεσίες επειδή είναι μονωμένες αυτές οι τοποθεσίες που έχουν περάσει το όριο του μεγέθους σήματος στην ομαδική ανάλυση (Protopapas & Parrila, 2019).

Επιπλέον, συχνά υποστηρίζεται πως ο ανθρώπινος εγκέφαλος, αν και μέσω της λειτουργίας του επιτυγχάνεται η σκέψη, κάθε πράξη, κάθε πρόθεση και κάθε συναίσθημα, δεν είναι κατασκευασμένος για να μπορεί το άτομο να διαβάζει (Protopapas & Parrila, 2018), καθώς η ανάγνωση είναι ένα πρόσφατο εξελικτικό επίτευγμα (Anderson, 2014· Dehaene, 2009). Ωστόσο, στην περίπτωση που δύο άτομα διαφέρουν ως προς την αποτελεσματικότητα με την οποία αποκτούν μια δεξιότητα, οι εγκέφαλοί τους διαφέρουν με έναν τέτοιο τρόπο που επιτρέπει στον έναν από τους δύο να προσαρμόζεται πιο εύκολα στην απόκτηση νέων δεξιοτήτων μέσω της εκπαίδευσης. Συνεπώς, η εύκολη πρόσκτηση δεξιοτήτων μπορεί να θεωρηθεί αποτέλεσμα της εγκεφαλικής κατάστασης την ώρα που προκύπτει η μάθηση, η οποία είναι τέτοια που επιτρέπει στη συγκεκριμένη δεξιότητα να έχει αποτελέσματα με διάρκεια τα οποία διευκολύνουν την επεξεργασία σε μεταγενέστερες συνδέσεις με τη συγκεκριμένη δεξιότητα, ενώ η αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή το άτομο δυσκολεύεται ή

δεν μπορεί να αποκτήσει μία δεξιότητα, έχει ως αποτέλεσμα λίγες ή καθόλου μελλοντικές συνδέσεις. Υπό αυτό το πρίσμα, το ότι κάποιοι άνθρωποι μαθαίνουν να διαβάζουν εύκολα και καλά ενώ κάποιοι άλλοι όχι δεν αποτελεί έκπληξη, ενώ η δυσκολία εκμάθησης συγκεκριμένα της ανάγνωσης και όχι κάποιας άλλης δεξιότητας (π.χ. το τραγούδι) είναι αποτέλεσμα των μοντέρνων κοινωνιών, οι οποίες έχουν υψηλές απαιτήσεις αναγνωστικής ικανότητας και θεωρούν απαραίτητη την υποστήριξη των αδύναμων αναγνωστών. Παράλληλα, επειδή οι σύγχρονες κοινωνίες βασίζονται στη γραπτή γλώσσα, θεωρείται σωστό να υπάρχουν δομές και διαδικασίες που εντοπίζουν και υποστηρίζουν όσους χρειάζονται περαιτέρω καθοδήγηση, ώστε να γίνουν όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικοί αναγνώστες. Ωστόσο, οι διαφορές των ανθρώπων αναφορικά με την ικανότητα της ανάγνωσης αποτελούν επίσης μία έκφραση των εγκεφαλικών διαφορών, γεγονός που συνεπάγεται ότι εάν απλά εντοπιστούν διαφορές ανάμεσα στους εγκεφάλους των καλών και των φτωχών αναγνωστών, αυτό δεν θα αποτελεί κάποιο εξαιρετικό επίτευγμα, και γι' αυτό θα πρέπει να υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στους εγκεφάλους των ανθρώπων με δυσλεξία και στους εγκεφάλους που δεν έχουν καμία αναγνωστική δυσκολία (Protorapas & Parrila, 2018), κάτι που επιβεβαιώνεται από μελέτες ομάδων ανθρώπων με διαφορετικές δεξιότητες ανάγνωσης (Ramus et al., 2018).

Διαφοροποιήσεις ενδέχεται να υπάρχουν σε κάθε άτομο μέσα σε μία ομάδα και μπορεί να οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα, ενώ παράλληλα υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για να επιτευχθεί κάθε αποτέλεσμα. Άρα, είναι πιθανόν διαφορετικές διαμορφώσεις εγκεφάλου να οδηγούν σε συγκεκριμένες αποδόσεις σε έναν τομέα, δυσκολεύοντας όμως τον εντοπισμό διαφορών στις αποδόσεις των ατόμων που ανήκουν σε μία ομάδα. Κάποιες από αυτές τις διαφορές μπορεί να υπήρχαν από την αρχή της εκμάθησης της δεξιότητας, επηρεάζοντας συνακολούθως την έκβασή της, επιτρέποντας έτσι τον ισχυρισμό ύπαρξης νευρο-βιολογικής βάσης στην περίπτωση της δυσλεξίας σε κάποιους ορισμούς της

συγκεκριμένης διαταραχής (Protopapas & Parrila, 2018). Παρόλα αυτά, εφόσον δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες διαφορές ανάμεσα στις ομάδες ώστε να μπορέσει να καθιερωθεί η δυσλεξία ως νευρο-αναπτυξιακή διαταραχή, αφού όπως προαναφέρθηκε κάθε όψη της εγκεφαλικής δομής και λειτουργίας είναι φυσιολογικό υπόβαθρο διαφορών γνωστικού τομέα και απόδοσης, με τον όρο «νευρο-αναπτυξιακή διαταραχή» μάλλον γίνεται μια προσπάθεια σκιαγράφησης της δυσκολίας στην ανάγνωση ως αποτέλεσμα του τρόπου με τον οποίον είναι δομημένος ο εγκέφαλος τη στιγμή της μάθησης. Αναλυτικότερα, για να χαρακτηριστεί μία κατάσταση ως νευρο-αναπτυξιακή διαταραχή πρέπει να υπάρχει μία διακεκομμένη εγκεφαλική ανάπτυξη ή κάποια αποτυχία (Protopapas & Parrila, 2019), γεγονός που δεν επιβεβαιώνεται από την έρευνα της δυσλεξίας, καθώς το ότι η εγκεφαλική ανάπτυξη των δυσλεκτικών αναγνωστών διαφέρει δεν σημαίνει ότι είναι λανθασμένη. Επιπροσθέτως, πρέπει να αποδεικνύεται πως αυτό που χαρακτηρίζεται ως λανθασμένο έχει σημαντικές και παρατηρήσιμες επιδράσεις στη συμπεριφορά, καθώς για να χαρακτηριστεί ως λανθασμένο θα πρέπει πέρα από μη τυπικό να είναι και δυσλειτουργικό, προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο κακή εγκεφαλική λειτουργία. Ωστόσο, κάτι τέτοιο φαίνεται να μην ισχύει στην περίπτωση της δυσλεξίας, αφού οι δυσκολίες των δυσλεκτικών ατόμων συνήθως περιορίζονται μόνο στην απόκρισή τους σε μια ανθρώπινη κατασκευή, στη γραπτή γλώσσα και συγκεκριμένα στην ανάγνωση, ενώ όλες οι άλλες πτυχές της ζωής τους είναι φυσιολογικές (Protopapas & Parrila, 2018). Η δυσκολία στην ανάγνωση αποτελεί διαταραχή στη σημερινή εγγράμματη κοινωνία, παρόλα αυτά πιθανότατα θεωρείται ως κάτι φυσιολογικό σε κοινωνίες χωρίς γραπτό σύστημα ή σε παλαιότερες, όπου στην πραγματικότητα απλώς απουσιάζει το γραπτό σύστημα και άρα οι άνθρωποι δεν μπορούν να αποτύχουν στην ανάγνωση (Protopapas & Parrila, 2019). Τέλος, αν το κριτήριο με το οποίο χαρακτηρίζεται κάποιος ως άτομο με νευρο-αναπτυξιακή διαταραχή είναι η διαφορά στην επίδοσή του σε κάποια δεξιότητα, τότε πιθανότατα όλοι οι άνθρωποι θα έπρεπε να χαρακτηριστούν ως έχοντες νευρο-αναπτυξιακή

διαταραχή για κάποια δεξιότητα την οποία δυσκολεύτηκαν ή δεν κατάφεραν να αποκτήσουν στην ζωή τους, ενώ στην ίδια κατηγορία θα έπρεπε να περιλαμβάνονται και τα άτομα τα οποία επιδεικνύουν εξαιρετικές επιδόσεις σε διάφορες δεξιότητες (Protopapas & Parrila, 2018).

Ωστόσο, απαραίτητη κρίνεται η παρέμβαση σε φτωχούς αναγνώστες, ανεξάρτητα με το εάν υπάρχει εγκεφαλικό λάθος ή όχι, αν και προς το παρόν η αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων κρίνεται βάσει συμπεριφορικών δεδομένων, χαρακτηρίζεται δηλαδή ως επιτυχημένη όταν υπάρχει βελτίωση στην ανάγνωση και ως ανεπιτυχής όταν δεν παρατηρείται κάποια θετική αλλαγή. Η αξιολόγηση της παρέμβασης, όμως, δεν γίνεται με γνώμονα το αν υπάρχουν ταυτόχρονα νευρωνικές αλλαγές, κάτι που καθιστά ακόμη πιο επισφαλή τον χαρακτηρισμό της δυσλεξίας ως νευρο-αναπτυξιακής διαταραχής (Protopapas & Parrila, 2019).

Καταλήγοντας, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η δυσλεξία είναι μία βιολογική κατάσταση υπό την έννοια ότι οι εγκεφαλικές δομές και η εγκεφαλική λειτουργία καθορίζουν την αναγνωστική δεξιότητα, περιλαμβάνοντας τα ανώτερα και τα κατώτερα επίπεδα της συγκεκριμένης δεξιότητας, ενώ επίσης η φτωχή αναγνωστική επίδοση δεν αποτελεί σύμπτωμα κάποιας εγκεφαλικής διαταραχής ή ανολοκλήρωτης νευρωνικής ανάπτυξης, αλλά μάλλον το αποτέλεσμα μίας φυσιολογικής ανάπτυξης, η οποία είναι λιγότερο αποτελεσματική στην απόκτηση και στην έκφραση της γραπτής γλώσσας, στο πλαίσιο των ατομικών διαφορών. Η αναπτυξιακή τροχιά ενός ατόμου είναι περίπλοκη, επηρεάζεται από την κληρονομικότητα, τις γνωστικές, τις συμπεριφορικές και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις που βιώνει το άτομο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (Protopapas & Parrila, 2018). Δεδομένου ότι η φυσική επιλογή επιδρά και σχηματίζει την ανάγνωση, είναι πιθανό κάποια κοινά εκ γενετής ελλείμματα να επιδρούν περισσότερο στα συστήματα που επιτρέπουν την ανάπτυξη της ανάγνωσης και έτσι να υπάρχει μια σειρά πιθανών παραγόντων που

επηρεάζουν τη λειτουργία αυτή και οδηγούν σε ποικιλία ως προς τη σοβαρότητα αυτής της κατάστασης. Αυτή η άποψη οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν κληρονομικές διαταραχές που εμποδίζουν την ανάπτυξη του γραμματισμού, γιατί αυτή η post hoc συνεργασία των εγκεφαλικών συστημάτων που εμπλέκονται με επίκτητες, όπως η ανάγνωση, είναι πιο ευάλωτη σε πιθανά γενετικά και αναπτυξιακά εμπόδια, αλλά και σε εμπόδια που σχετίζονται με την εμπειρία. Υπό αυτή τη λογική οποιαδήποτε προσπάθεια να ερμηνευθεί η δυσλεξία ως μια γενετική διαταραχή θα ήταν μια προσπάθεια υπεραπλούστευσης (Immordino-Yang & Deacon, 2007).

Συνέπειες στα Μαθηματικά, Δυσαριθμησία και Αριθμησία

Αναφορικά με τα μαθηματικά έχει αναπτυχθεί η άποψη ότι η αίσθηση της αριθμητικότητας υπάρχει εξ αρχής αλλά τροποποιείται προοδευτικά, με αποτέλεσμα τελικά να αποδίδεται ένα νόημα στους αριθμούς (Dehaene et al., 2010). Ερευνητές τονίζουν πως θα μπορούσε αυτή η θεώρηση να προβλέπει και την ύπαρξη συγκεκριμένων δυσκολιών σχετικών με την αριθμητική, τόσο στους ενήλικους όσο και στα παιδιά (Lerner et al., 2003). Μάλιστα, σε αρκετές περιπτώσεις παιδιά χωρίς προβλήματα στη νοημοσύνη, στην ανάγνωση και στην προσοχή τα οποία προέρχονται από ένα τυπικό πολιτισμικό περιβάλλον, αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα εκ γενετής σε αριθμητικές διαδικασίες. Κατ' επέκταση, μπορεί να υποστηριχθεί ότι οι αριθμητικές δυσκολίες προκύπτουν είτε από γενετική ασθένεια είτε από κάποια πρόωμη προσβολή του εγκεφάλου (Dehaene et al., 2010). Η αριθμητική δεν αποκτάται με έναν εύκολο και προβλέψιμο τρόπο, αλλά αντιθέτως η εξέλιξή της άπτεται των ατομικών διαφορών. Επιπλέον, η μαθηματική ικανότητα επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς και πολιτιστικούς παράγοντες, προβλήματα προγεννητικά ή περιγεννητικά και κοινωνικο-συναισθηματικά ζητήματα (Kaufmann et al., 2013). Αναφορικά με το υπόβαθρο της

δυσαριθμησίας έχει υποστηριχθεί ότι είναι δύσκολο να υπάρχει ένα κοινό γενετικό υπόβαθρο στην περίπτωση της, όχι μόνο επειδή τα μαθηματικά βασίζονται στην εμπειρία αλλά και επειδή η ίδια η διαταραχή μπορεί να συνυπάρχει με άλλες δυσκολίες, καθιστώντας σχεδόν αδύνατο τον εντοπισμό των αιτιών της (Von Aster & Shalev, 2007).

Σημαντική είναι και η άποψη ότι τα μαθηματικά είναι γνωστικές πρακτικές οι οποίες προέκυψαν ως αποτέλεσμα της εξέλιξης του ανθρώπου (Dehaene, 2009· Anderson, 2014) και του επιπολιτισμού του (enculturation) (Menary, 2015), κάτι που αναφέρεται αρκετά συχνά πλέον στη βιβλιογραφία, δίνοντας μεγάλη βαρύτητα στη σημασία του επιπολιτισμού. Ο επιπολιτισμός επιτρέπει τη δομημένη πολιτισμική μάθηση που ενσωματώνεται στο τοπικό περιβάλλον, ενώ σε ένα υπο-προσωπικό επίπεδο περιγραφής μπορεί να θεωρηθεί ως αλλαγή της ευπλαστότητας στη δομική και λειτουργική οργάνωση του εγκεφάλου υπό την προσαρμοστική ανάπτυξη σωματικής διάταξης, νέων κινητικών προγραμμάτων και συνηθειών ρουτίνας. Αυτοί οι σωματικοί μετασχηματισμοί συνήθως μπορούν και τροποποιούν τις γνωστικές ικανότητες των ανθρώπων, ενώ συγκεκριμένα για την περίπτωση της μαθηματικής γνώσης ο επιπολιτισμός χαρακτηρίζεται από μία αναπτυξιακή τροχιά τέτοια που επιτρέπει την εξέλιξη των μαθηματικών γνώσεων στην καταμέτρηση και σε αριθμησιακές γνωστικές πρακτικές (Fabry, 2019). Οι πρακτικές που απαιτούνται για τα μαθηματικά περιλαμβάνουν συστήματα συμβολικής απεικόνισης των αριθμών, αλλά και συστήματα γραφής, η απόκτηση των οποίων μπορεί να μετατρέψει τις γνωστικές προοπτικές των ανθρώπων (Menary, 2015· Fabry, 2017).

Οι συσσωρευτικές τροποποιήσεις του περιβάλλοντος έχουν την ικανότητα να ενεργοποιούν τη θέση γνωστικής κατασκευής επειδή προηγείται η ολοκλήρωση διαδικασιών σε διάφορους τομείς. Αυτή η ικανότητα γνωστικής κατασκευής του ανθρώπου είναι μια κοινωνική διαδικασία που περνά από γενιά σε γενιά και επιτρέπει την ανανέωση και το ραφινάρισμα γνωστικών εργαλείων, όπως του συστήματος συμβολικής απεικόνισης των

αριθμών, σε συνάρτηση με τις εκάστοτε κοινωνικές δομές, καθιστώντας έτσι πολύ σημαντική την αλληλεπίδραση ανθρώπων και γνωστικού τομέα στις διαδικασίες επιπολιτισμού που συμβαίνουν στον πρώτο (Fabry, 2019). Υπό αυτή τη λογική, ο επιπολιτισμός μπορεί να ιδωθεί ως ένα βασικό αποτέλεσμα της γνωστικής αναπτυξιακής κατασκευής (Stotz, 2010).

Η πολιτισμική μάθηση, επομένως, είναι μία καίρια διαδικασία, η οποία όχι μόνο σχηματίζει αλλά και τροποποιεί την αλληλεπίδραση των ανθρώπων με τη γνωστική αναπτυξιακή τους θέση. Ιδανικά, η πολιτισμική μάθηση οδηγεί οντογενετικά στην απόκτηση γνωστικών πρακτικών και σε μεγάλο τμήμα άλλων γνωστικών δεξιοτήτων σε πολλούς και διαφορετικούς τομείς, στοχεύοντας στη μεταβίβαση πολιτισμικά εξελιγμένων γνώσεων και δεξιοτήτων ανά γενιά (Henrich, 2016), όπως δηλαδή συμβαίνει κατά πάσα πιθανότητα και στην περίπτωση των μαθηματικών και της ανάγνωσης. Πρόκειται για ένα είδος κλιμακωτής μάθησης, καθώς βασίζεται στη μετάβαση γνωστικών ικανοτήτων σε ρυθμό ο οποίος ικανοποιεί τις γνωστικές ικανότητες που έχει το άτομο εκείνη τη στιγμή και τις προοπτικές απόκτησης γνώσεων και δεξιοτήτων (Menary, 2015). Γενικά, οι αλληλεπιδράσεις εγκεφάλου και περιβάλλοντος έχουν επίπτωση στο γνωστικό φαινότυπο του ατόμου (Von Aster & Shalev, 2007), γεγονός που σημαίνει ότι και οι σχετικές με τη μαθηματική σκέψη διαδικασίες δεν μένουν ανεπηρέαστες

Το ανθρώπινο είδος φαίνεται πως είχε κάποιες πρωτο-αριθμητικές ικανότητες που του επέτρεψαν να αναπτύξει αργότερα αριθμητικές πρακτικές (Pantsar, 2014), επιβεβαιώνοντας την κλιμακωτή πολιτισμική μάθηση (Menary, 2015), στη βάση των οποίων είναι η ικανότητα κατηγοριοποίησης και κατά προσέγγιση ποσοτικοποίησης (Fabry, 2019). Ακόμη, στις πρωτο-αριθμητικές δεξιότητες περιλαμβάνεται η καταμέτρηση (Menary, 2015), καθώς αυτή τις περισσότερες φορές σχετίζεται με την άνετη εφαρμογή της για να μπορέσει να επιτευχθεί μία ακολουθία στον αριθμό λέξεων και προϋποθέτει ξεκάθαρα κλιμακωτή εκπαίδευση. Μάλιστα, για να θεωρηθεί κανείς ότι κατέχει την αριθμητική ικανότητα που έπεται αυτής της

κοινωνικοποίησης, πρέπει να ξέρει τη συνδετική σχέση όλων των αναπαραστάσεων των αριθμών, δηλαδή των λέξεων, των συμβόλων και των μη συμβολικών συστοιχιών (Merkley & Ansari, 2016). Η κατανόηση και η εφαρμογή αυτής της συνδετικής σχέσης είναι το αποτέλεσμα μίας χρονικά εκτεταμένης και κλιμακωτής πολιτισμικής εκπαίδευσης, χωρίς όμως να παραλείπεται το γεγονός ότι οι πρωτο-αριθμητικές δεξιότητες και η καταμέτρηση μπορούν να αποκτηθούν ανεξάρτητα από την ικανότητα επεξεργασίας και ταυτοποίησης των συμβόλων των αριθμών (Fabry, 2019). Η κλιμακωτή πολιτισμική μάθηση οδηγεί στην ανάπτυξη αριθμητικών πρακτικών, η οποία με τη σειρά της επιτρέπει την άνετη χρήση των αριθμητικών συμβόλων (Merkley & Ansari, 2016). Τα παιδιά μαθαίνουν ότι οι αριθμοί και τα σύμβολά τους είναι κάτι σημαντικό τόσο για το περιβάλλον τους, τους γονείς, τους δασκάλους και τους φροντιστές τους, όσο και για διάφορες άλλες περιστάσεις, όπως ένα παιχνίδι με κάρτες (Fabry, 2019).

Στο νευρωνικό επίπεδο, η απόκτηση γνωστικών πρακτικών σχετίζεται με τη μάθηση που καθοδηγείται από την ευπλαστότητα (Learning Depended Plasticity- LDP) (Ansari, 2012· Menary, 2015), η οποία συνακολούθως επιδρά στην οντογενετική εγκεφαλική ανάπτυξη. Επιπλέον, οδηγεί σε δομικές και λειτουργικές αλλαγές καθώς επίσης και σε αποτελεσματική σύνδεση εγκεφαλικών τμημάτων (Fabry, 2017). Η δομική συνδεσιμότητα αντιπροσωπεύει τη συνδεσιμότητα των συνάψεων σε όλα τα εγκεφαλικά τμήματα και τη λειτουργική συνδεσιμότητα και συσχέτιση γεγονότων σε ξεχωριστές εγκεφαλικές περιοχές που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Petersen & Sporns, 2015). Στις περιπτώσεις τυπικής εγκεφαλικής ανάπτυξης τα αποτελέσματα της μάθησης που καθοδηγείται από την ευπλαστότητα έχουν ως αποτέλεσμα νέα νευρωνικά κυκλώματα που συνεισφέρουν σε συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες. Ακόμη και σε επίπεδο επιπολιτισμού η LDP είναι βασική γιατί προσπαθεί να απαντήσει στο ερώτημα του πώς είναι πιθανόν οι ανθρώπινοι οργανισμοί να απέκτησαν πρακτικές αριθμητικής γνώσης ακόμα και όταν αυτή η γνώση δεν

ήταν απαραίτητη για την εξέλιξή τους, ενώ δεν υπήρχε κάποιο εξειδικευμένο και γενετικά κληρονομούμενο σχετικό νευρωνικό κύκλωμα (Dehaene et al., 2010). Μία πιθανή απάντηση θα μπορούσε να είναι η νευρωνική επαναχρησιμοποίηση, σύμφωνα με την οποία, όπως έχει αναφερθεί και ανωτέρω, τα τμήματα του εγκεφάλου δεν εξειδικεύονται δομικά και λειτουργικά για μια μόνο δεξιότητα, αλλά αντίθετα επαναχρησιμοποιούνται για πολλαπλές νευρωνικές λειτουργίες σε διάφορους τομείς, ώστε διάφορα εγκεφαλικά τμήματα να συμμετέχουν σε αρκετά νευρωνικά κυκλώματα (Anderson, 2010· 2015). Η συνεισφορά της νευρωνικής επαναχρησιμοποίησης φαίνεται να υποστηρίζεται από πολλές μετα-αναλύσεις νευροαπεικονιστικών μελετών, με κύριο εύρημα ότι τα περισσότερα εγκεφαλικά τμήματα στρατολογούνται ξανά και χρησιμοποιούνται για διαφορετικές και πολλές γνωστικές διαδικασίες σε διαφορετικούς τομείς. Βέβαια, κάθε εγκεφαλικό τμήμα έχει έναν λειτουργικό περιορισμό ο οποίος όμως τον κάνει καταλληλότερο για κάποια νευρωνικά κυκλώματα συγκριτικά με κάποια άλλα, καθιστώντας τον καταλληλότερο να αποκριθεί σε συγκεκριμένα κυκλώματα, παράγοντας συγκεκριμένα αποτελέσματα (Anderson, 2015). Ακόμη, η στρατολόγηση λειτουργικών φλοιικών περιοχών για τη νευρωνική υλοποίηση νοητικών ικανοτήτων που αποκτώνται ταυτόχρονα ενέχει ένα μηχανισμό αναζήτησης ο οποίος οδηγεί τελικά στη διαδραστική διαφοροποίηση πολλαπλών νευρωνικών κυκλωμάτων που απαρτίζονται από αρκετές διαφορετικές περιοχές, η καθεμία εκ των οποίων συμμετέχει με τη σειρά της σε άλλα νευρωνικά κυκλώματα που σχετίζονται με τη λειτουργικότητα της περιοχής αυτής (Anderson, 2015).

Μια άλλη θεωρία η οποία έχει αναφερθεί και παραπάνω είναι αυτή της Νευρωνικής Ανακύκλωσης, σύμφωνα με την οποία η οντογενετική απόκτηση γνωστικών πρακτικών, όπως είναι τα μαθηματικά και η ανάγνωση, καθίσταται εφικτή μέσω της ανακύκλωσης ήδη υπάρχοντων φλοιικών τμημάτων, υπό την έννοια ότι τα τμήματα αυτά μετατρέπονται σε νέα στοιχεία ενός ευρύτερου νευρωνικού κυκλώματος (Dehaene et al., 2010). Παρόλα αυτά,

ασκείται κριτική στη συγκεκριμένη θεωρία, χαρακτηρίζοντάς την κοντινή σε παλαιότερες εντοπιστικές θεωρίες, ενώ παράλληλα υποστηρίζεται ότι έχει λίγες κοινές υποθέσεις με τη θεωρία της Νευρωνικής Ανακατάταξης του Anderson (Fabry, 2019). Τόσο η δυσαριθμησία όσο και η αριθμησία παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση των πρωτο-αριθμητικών ικανοτήτων, του υπολογισμού και των αριθμητικών πρακτικών (Fabry, 2019), ενώ η γνωστική νευροψυχολογία έχει συμβάλει στην καλύτερη οριοθέτηση των «τυπικών» και των «δυσλειτουργικών» γνωστικών επεξεργασιών (Castles et al., 2014).

Η αριθμησία ή σύνδρομο Γκέρστμαν είναι μια διαταραχή που προκύπτει ως αποτέλεσμα τραυματισμών βασικών περιοχών του πραγματικού λόγου και χαρακτηρίζεται από ταυτόχρονες ελλείψεις σε τέσσερις διακριτούς τομείς: στην αριθμητική (ή υπολογισμό), στην επίγνωση των δακτύλων, στον αριστερό-δεξιό προσανατολισμό και στη γραφή. Φαίνεται πως υπάρχει μία λειτουργική σχέση ανάμεσα στις αριθμητικές πρακτικές και στη γνώση των δακτύλων, κάτι που ενισχύεται από την ιδέα ότι η αριθμησία και η ελλιπής γνώση των δακτύλων σχετίζονται επίσης, με τους νευροεπιστήμονες να προτείνουν ότι η αριστερή γωνιώδης έλικα συνεισφέρει στη νευρωνική συνειδητοποίηση και της αριθμητικότητας και της γνώσης των δακτύλων σε δεξιόχειρα άτομα (Fabry, 2019).

Η θεωρία της Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης μπορεί να συνεισφέρει στην κατανόηση της σχέσης που υπάρχει ανάμεσα στην αριθμησία και στην ελλιπή γνώση των δακτύλων, υπό το πρίσμα ότι αυτές οι δύο δεξιότητες στην περίπτωση του συνδρόμου Γκέρστμαν διακόπτονται από κοινού, καθώς αυτό προκαλείται από μία νευρο-λειτουργική διάσπαση που επηρεάζει την εγκεφαλική περιοχή που αφορά τόσο στη γνώση των δακτύλων όσο και στην αριθμητική. Αυτή η διακοπή πιθανώς να είναι αρκετή ώστε να οδηγήσει στην ταυτόχρονη συνύπαρξη της δυσαριθμησίας και της έλλειψης γνώσεων των δακτύλων, αν και μπορεί να ενεργοποιούνται και άλλες εγκεφαλικές περιοχές (Fabry, 2019). Μέσα από πειράματα προέκυψαν εμπειρικά στοιχεία για την ελλιπή γνώση αναφορικά με τη νευρωνική

λειτουργία στην αριστερή γωνιώδη έλικα και με τη συνύπαρξη αριθμησίας και αγνωσίας των δακτύλων (Rusconi, Walsh & Butterworth, 2005). Η επίκτητη αριθμησία, ως βασικό συστατικό του συνδρόμου Γκέρστμαν, μπορεί να επιβεβαιώσει την ιδέα ότι η αριθμητική επίγνωση σε συνδυασμό με δεξιότητες όπως η γνώση των δακτύλων, η γραφή και ο προσανατολισμός αριστερά – δεξιά, μπορεί να χαθεί αν πληγεί η αριστερή γωνιώδης έλικα. Συνεπώς, αυτή η διαταραχή μπορεί να είναι μία περίπτωση κατά την οποία οι γνωστικές δεξιότητες που σχηματίζονται από την κοινωνία και τον πολιτισμό χάνονται εάν υπάρξει κάποια βλάβη, γεγονός που δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στη Νευρωνική Επαναχρησιμοποίηση ως βασικό κλειδί οργάνωσης του εγκεφάλου, αφού η απώλεια νευρο-λειτουργικών δεξιοτήτων μπορεί να οδηγήσει σε επίκτητες ελλείψεις στη γνώση των δακτύλων, στην αριθμητική αλλά και σε άλλους τομείς (Fabry, 2019). Στους ενηλίκους, εγκεφαλικές βλάβες φαίνεται να προκαλούν την αριθμησία, ενώ ζημιές στην ενδοβρεγματική έλικα οδηγούν σε προβλήματα πρόσθεσης και αφαίρεσης, στην κατά προσέγγιση έννοια, στον υπολογισμό της αριθμητικότητας και στη σύγκριση (Lerner et al., 2003).

Το αντίστοιχο σύνδρομο που παρατηρείται στα παιδιά ονομάζεται «αναπτυξιακή δυσαριθμησία» (Gashaj et al., 2019). Η δυσαριθμησία είναι μία ειδική μαθησιακή διαταραχή, κύριο χαρακτηριστικό της οποίας είναι η αδυναμία εκμάθησης βασικών αριθμητικών δεδομένων, χειρισμού αριθμητικών μεγεθών και υπολογισμού με ακρίβεια και άνεση (Bugden & Ansari, 2015). Το πεδίο της δυσαριθμησίας δεν έχει να επιδείξει το πλήθος των μελετών που υπάρχουν σε άλλους τομείς, όπως στις δυσλεξίας (Shaywitz et al., 2008), παρόλα αυτά δύο υποθέσεις επιχειρούν να φωτίσουν τις ελλείψεις της συγκεκριμένης διαταραχής. Σύμφωνα με την πρώτη, η δυσαριθμησία είναι μία έλλειψη αριθμητικής αναπαράστασης μεγεθών, ανεξάρτητα από τον τύπο της αναπαράστασης, υπόθεση που βασίστηκε σε ένα πείραμα τα αποτελέσματα του οποίου ανέφεραν ότι ένας στους δύο δυσαριθμητικούς συμμετέχοντες δυσκολεύονταν να βρει τη λύση σε αριθμητικά προβλήματα,

σημειώνοντας παράλληλα μέση επίδοση σε διαδικασίες που απαιτούσαν κατά προσέγγιση υπολογισμούς ποσοτήτων, σημείο στο οποίο είχαν πολύ κοντινές επιδόσεις και τα παιδιά με χαμηλή αριθμητική επίγνωση, χωρίς όμως να έχουν διαταραχή της δυσαριθμησίας (Iuculano et al., 2008). Ωστόσο, το δείγμα της συγκεκριμένης έρευνας είναι μικρό και ως εκ τούτου πρέπει να αντιμετωπίζεται με προσοχή οποιοδήποτε σχετικό αποτέλεσμα επιχειρείται να γενικευτεί (Fabry, 2019).

Η δεύτερη υπόθεση αναφέρει ότι οι πρωτο-αριθμητικές δεξιότητες υπάρχουν στα άτομα με διάγνωση αριθμητικών δυσκολιών, ωστόσο διαφαίνεται μία δυσκολία στην αντιστοιχία συμβόλων, λέξεων που αντιστοιχούν στους αριθμούς και των ποσοτήτων που αυτοί αντιπροσωπεύουν (Bugden & Ansari, 2015). Σχετική έρευνα αναφέρει ότι οι μαθητές που είχαν ελλείψεις στις μαθηματικές δεξιότητες, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου, μπορούσαν να συγκρίνουν ποσότητες, όμως με πιο αργό ρυθμό και με λιγότερη ακρίβεια, όταν απαιτούνταν η επεξεργασία της σημασίας των αραβικών αριθμητικών συμβόλων (Rouselle & Noel, 2007), σημειώνοντας με αυτόν τον τρόπο μέση επίδοση σε αυτές τις διαδικασίες. Αντίθετα, σε διαδικασίες που απαιτούσαν αλληλεπίδραση με αριθμητικά σύμβολα η επίδοση των συμμετεχόντων ήταν σημαντικά χαμηλή, υπονοώντας ότι η αναπτυξιακή τροχιά που οδηγεί σε αριθμητικές δεξιότητες αλλοιώνεται στα άτομα που χαρακτηρίζονται από μαθηματικές ελλείψεις (Fabry, 2019).

Από νευροαπεικονιστικής σκοπιάς, τα άτομα με αναπτυξιακή δυσαριθμησία παρουσιάζουν μικρότερη ενεργοποίηση στη ραχιαία οπτική οδό, στην κοιλιακή οπτική οδό και στον προμετωπιαίο λοβό (Ashkenazi et al., 2012). Επιπλέον, έχει φανεί ότι οι περιοχές που ενεργοποιούνται στο άτομο κατά τη διάρκεια της ζωής του τροποποιούνται καθώς αναπτύσσεται (Von Aster & Shalev, 2007), άποψη που υποστηρίζει την πεποίθηση ότι η νευροεπλαστικότητα εξαρτάται από την εμπειρία. Πιο συγκεκριμένα, τα παιδιά φαίνεται πως ενεργοποιούν περισσότερο τις μετωπιαίες περιοχές που σχετίζονται με την προσοχή και τη

μνήμη εργασίας, ωστόσο καθώς μεγαλώνουν αυξάνεται η ενεργοποίηση των προμετωπιαίων περιοχών, ενώ οι ενήλικες ενεργοποιούν την ενδοβρεγματική αύλακα για την επίλυση απλών μαθηματικών προβλημάτων (Von Aster & Shalev, 2007).

Στο συμπεριφορικό επίπεδο, μελέτη υποδεικνύει ότι τα άτομα τυπικής ανάπτυξης και τα άτομα με δυσαριθμησία δεν παρουσιάζαν σημαντικές διαφορές, αν και η ακρίβεια με την οποία διαχειρίζονται σύνθετα και απλά προβλήματα διαφοροποιείται υπέρ των τυπικώς αναπτυσσόμενων ατόμων. Αυτό σημαίνει πως τα παιδιά με δυσαριθμησία έχουν την τάση να λύνουν τα συνθετότερα προβλήματα με λιγότερη ακρίβεια σε σχέση με την ομάδα ελέγχου, καθώς τα εγκεφαλικά τμήματα τα οποία διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην αριθμητική επίγνωση δείχνουν μικρότερη ενεργοποίηση στις περιπτώσεις δυσαριθμησίας (Ashkenazi et al., 2012). Αυτή η διάσταση που παρατηρείται ανάμεσα στις πρωτο-αριθμητικές και στις αριθμητικές δεξιότητες σε νευρολειτουργικό επίπεδο είναι σύμφωνη με τη Νευρωνική Επαναχρησιμοποίηση, καθώς υποδεικνύει ότι η δυσαριθμησία δεν σχετίζεται με τη δυσλειτουργία ενός μεμονωμένου τμήματος, αλλά με ευρύτερα απλωμένα νευρωνικά κυκλώματα που χρησιμοποιούν και επαναχρησιμοποιούν κάποια συγκεκριμένα εγκεφαλικά τμήματα (Fabry, 2019). Η αναπτυξιακή προσέγγιση με βάση την οποία θα πρέπει να προσεγγίζεται η δυσαριθμησία τοποθετεί στο κέντρο της την πεποίθηση ότι πολλοί παράγοντες οδηγούν στη συγκεκριμένη διαταραχή, γι' αυτό και σε επίπεδο θεραπευτικής αντιμετώπισης οι συμπεριφορικές παρεμβάσεις είναι εξίσου βοηθητικές με τις μαθησιακές (Chinn, 2015).

Εν κατακλείδι, η αναπτυξιακή δυσαριθμησία είναι μια διαταραχή που χαρακτηρίζεται από δυσλειτουργικά μοτίβα επιπολιτισμού τα οποία εκδηλώνονται στη χωρική ή στη χρονική διάσταση της μάθησης που εξαρτάται από την ευπλαστικότητα, ή και στις δύο ταυτόχρονα. Αν επηρεαζόταν η χωρική διάσταση θα ήταν ορατές διαφορές στα μοτίβα ενεργοποίησης του εγκεφάλου, ενώ αν επηρεαζόταν η χρονική διάσταση θα υπήρχαν διαφορές στη χρονική

τροχιά της εγκεφαλικής ενεργοποίησης που σχετίζεται με την αριθμητική επίγνωση, δηλαδή τα άτομα με τη συγκεκριμένη διαταραχή θα έδειχναν ενεργοποίηση συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών που σχετίζονται με μαθηματικές δεξιότητες αργότερα σε σύγκριση με τα τυπικώς αναπτυσσόμενα άτομα. Ωστόσο, η αναπτυξιακή δυσαριθμησία είναι μια διαταραχή η οποία δεν έχει απαραίτητα μακροπρόθεσμη επίδραση στην επάρκεια γνωστικών πρακτικών σχετιζόμενων με την ενσωμάτωση των συμβόλων (Fabry, 2019). Συγκεκριμένα, έχει υποστηριχθεί ότι με την πάροδο του χρόνου ορισμένα άτομα μπορεί και να μην εμφανίζουν την ομάδα κριτηρίων η οποία τους χαρακτήρισε ως άτομα με δυσαριθμησία (Mazzocco & Myers, 2003), διαπίστωση που αν ισχύει θα σημαίνει πως η έλλειψη επαφής με τον πολιτισμό (dysculturation) χαρακτηρίζεται από συμπεριφορικές, φλοιικές και σωματικές αλλαγές και άρα ίσως να μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε ένα στάδιο της γνωστικής ανάπτυξης που αντικαθίσταται στην πορεία από την κοινωνικοποίηση (Fabry, 2019). Οι μαθηματικές ικανότητες είναι κληρονομικά ετερογενείς, και άρα αρκετά ευάλωτες σε ενδογενείς και εξωγενείς διαταρακτικούς παράγοντες (Price & Ansari, 2013).

Επιπλέον, δεν είναι γνωστό γιατί η δυσαριθμησία επηρεάζει μερικές φορές το δεξιό ή τον αριστερό βρεγματικό λοβό, ούτε και το ακριβές ποσοστό των παιδιών με την εν λόγω δυσκολία και ταυτοποιημένες εγκεφαλικές βλάβες. Το σημαντικό είναι ότι υπάρχουν παιδιά με φυσιολογική νοημοσύνη και τυπική σχολική εικόνα τα οποία αντιμετωπίζουν δυσκολίες στα μαθηματικά, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η αριθμητική εκπαίδευση δεν βασίζεται σε έναν γενικότερο μηχανισμό μάθησης, αλλά σε μία αριθμητική εκπροσώπηση με συγκεκριμένη εγκεφαλική δομή και η οποία είναι προαπαιτούμενο για την επίτευξη της εκμάθησης των μαθηματικών (Dehaene et al., 2010). Ένα άλλο ζήτημα που σχετίζεται με τα προβλήματα στα μαθηματικά, αλλά ταυτόχρονα αποδεικνύει την επίδραση που ασκούν περιβαλλοντικοί και συναισθηματικοί παράγοντες, περιγράφεται στη συνέχεια. Ένα παιδί το οποίο πληροί κάποια από τα κριτήρια της διαριθμησίας αλλά δεν έχει σχετική διάγνωση, ή

κάποιο άλλο παιδί με διαγνωσμένη δυσαριθμησία, πρόκειται να νιώθουν πολύ συχνά αρνητικά συναισθήματα για τα μαθηματικά και πιθανόν να αγχώνονται κάθε φορά που καλούνται να εκτελέσουν κάποια σχετική δραστηριότητα. Πολλές μελέτες έχουν αποδείξει αυτήν την αρνητική σχέση ανάμεσα στο άγχος και στην επίδοση, καθώς οι αγχωμένοι μαθητές τείνουν να έχουν χαμηλότερη επίδοση, αλλά παράλληλα και η χαμηλή επίδοση είναι παράγοντας άγχους για τα παιδιά (Kaufmann et al., 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Το Συναίσθημα και η Μάθηση

Παρόλο που η μάθηση και το συναίσθημα μελετούνταν για πολλά χρόνια ξεχωριστά, φαίνεται πως τελικά όχι μόνο σχετίζονται μεταξύ τους αλλά αλληλοεπηρεάζονται, ιδίως στις περιόδους απότομων κι σύνθετων αλλαγών, κατά τις οποίες αυξάνονται οι απαιτήσεις της μάθησης και της συναισθηματικής απόκρισης (Immordino-Yang & Faeth, 2010). Κατά συνέπεια, ανάλογα με τις ευκαιρίες που είχε ένα άτομο να βρεθεί και να αλληλεπιδράσει με σημαντικά και πλούσια ως προς τα ερεθίσματα περιβάλλοντα, κοινωνικές σχέσεις και ιδέες, αναπτύσσεται ο εγκέφαλός του (Farah, 2017). Αυτή η προσαρμοστικότητα του εγκεφάλου, η ευπλαστικότητα του, επιτρέπει στο άτομο να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος στο οποίο αναπτύσσεται, οι οποίες όπως έχει αναφερθεί έχουν τη δυναμική να οδηγήσουν στην υιοθέτηση νέων δυνατοτήτων, όπως της γλώσσας, ικανότητας εξαιρετικά σημαντικής για την εκπαίδευση των ανθρώπων (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017).

Και ενώ έχει αναφερθεί στην παρούσα μελέτη ο ρόλος του περιβάλλοντος για την προσαρμογή του εγκεφάλου και των νευρωνικών του κυκλωμάτων, πρέπει να σημειωθεί ότι πλέον όλο και περισσότερες μελέτες υποστηρίζουν πως οι γνωστικές δεξιότητες των μαθητών επηρεάζονται από βασικά προσωπικά τους στερεότυπα, από τον τρόπο που αντιλαμβάνονται και διαχειρίζονται τις απαιτήσεις μιας κατάστασης και των σχετικά κατασκευασμένων ταυτοτήτων (Nasir, 2012), ενώ παρεμβάσεις που αφορούν στις κοινωνικές και στις συναισθηματικές λειτουργίες και στις αντιλήψεις του ατόμου για τον εαυτό του μπορεί να έχουν μακροχρόνιες επιδράσεις στην ακαδημαϊκή επίδοσή του (Oyserman, 2015). Επιπλέον, όπως έχουν δείξει διάφορα πειράματα νευροεπιστημόνων σχετικά με τη σημασία του συναισθήματος στη μάθηση, συνάγεται το συμπέρασμα ότι η μάθηση είναι μία σημαντική διαδικασία όχι μόνο στις γνωστικές διεργασίες, όπως για παράδειγμα τα μαθηματικά, τα

οποία περιλαμβάνουν σύνθετα προβλήματα και πράξεις που το άτομο δεν μπορεί να γνωρίζει αν δεν τα διδαχθεί, αλλά και σε διάφορες περιπτώσεις όπου το άτομο χρειάζεται να βασιστεί στις εμπειρίες του και να χρησιμοποιήσει τις σχετικές πληροφορίες, ώστε να ανταποκριθεί με το σωστό τρόπο σε μελλοντικές καταστάσεις (Bechara et al., 1997). Ταυτόχρονα, τα συναισθήματα συνεισφέρουν τόσο σε παρασκευαστικές διαδικασίες, όπως η κινητοποίηση, όσο και σε διαδικασίες που προκύπτουν τη στιγμή που συμβαίνει η μάθηση και το άτομο καλείται να πάρει αποφάσεις. Με αυτόν τον τρόπο, τα συναισθήματα μοιάζουν να καθοδηγούν τη σκέψη του μαθητή, συμβάλλοντας στην ανάκληση χρήσιμων πληροφοριών και αναμνήσεων σχετικών με το εκάστοτε θέμα ή πρόβλημα (Immordino-Yang & Damasio, 2007).

Ο εγκέφαλος είναι ένα δυναμικό, εύπλαστο, κοινωνικό και συναισθηματικό όργανο το οποίο βασίζεται στην εμπειρία, ενώ όλο και περισσότερα στοιχεία υπογραμμίζουν τον τρόπο με τον οποίο συγκεκριμένες πλευρές των γονιδίων και του εγκεφάλου, της ανθρώπινης βιολογίας γενικότερα, διαμορφώνουν την κοινωνική, συναισθηματική και γνωστική τάση ενός ατόμου, την ανάπτυξη του σώματος, η οποία βασίζεται εξίσου σε μια επαρκή κοινωνική, συναισθηματική και γνωστική φροντίδα (Immordino-Yang & Fischer, 2009). Παράλληλα, υποδεικνύεται η σημασία του εγκεφάλου στην επεξεργασία των συναισθημάτων, η οποία εξαρτάται από τα κιναισθητικά συστήματα (Damasio et al., 1996), που όπως αναφέρθηκε και παραπάνω διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και σε νέες γνωστικές διεργασίες, όπως η γλώσσα, και επιτρέπουν την προσαρμογή του εγκεφάλου σε τέτοιου τύπου αλλαγές (Gallese & Lakoff, 2008). Αυτό αποτελεί ένα ακόμη παράδειγμα των πολλαπλών ρόλων που μπορεί να εξυπηρετούν συγκεκριμένα εγκεφαλικά τμήματα. Προς επίρρωσιν της άποψης περί της σημασίας των συναισθημάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα με τα ορφανά της Ρουμανίας, στο οποίο φάνηκε ότι σε παιδιά τα οποία μεγάλωναν σε καθεστώς ιδρυματοποίησης η γνωστική, κοινωνική και φυσική ανάπτυξη καθυστέρησε συγκριτικά με παιδιά που μεγάλωσαν σε κάποια ανάδοχη οικογένεια ή ακόμη καλύτερα με τη βιολογική

τους οικογένεια (Nelson et al., 2007). Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι υψηλού επιπέδου κοινωνικές αλληλεπιδράσεις και η γνωστική ενεργοποίηση δεν επαρκούσε ώστε να μπορέσουν τα παιδιά αυτά να ευημερήσουν (Immordino-Yang & Fischer, 2009), γεγονός που αποδεικνύει πόσο βασικό είναι το περιβάλλον και οι κοινωνικές σχέσεις για την ανθρώπινη ανάπτυξη.

Για όλους τους παραπάνω λόγους κρίνεται απαραίτητος ο συσχετισμός των συναισθημάτων και της μάθησης, κάτι που επιχειρείται στα επόμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας, καθώς όλο και περισσότεροι καλοί εκπαιδευτικοί γνωρίζουν πλέον ότι το πώς νιώθουν οι μαθητές τους, η συναισθηματική τους κατάσταση αλλά και η σωματική, είναι παράγοντες που διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο για τη μάθηση (Immordino-Yang & Damasio, 2007).

Ορισμός των Συναισθημάτων

Τα συναισθήματα (emotions) είναι νευρικά και σωματικά γεγονότα των οποίων ο στόχος είναι να επιτρέψουν στον ανθρώπινο οργανισμό να προσαρμοστεί στις φυσικές και κοινωνικές απαιτήσεις του εκάστοτε περιβάλλοντος (James, 1984). Πρόκειται για τη φυσική απάντηση στο πρόβλημα της επιβίωσης και της ακμής του ανθρώπινου είδους (Immordino-Yang & Damasio, 2007), η οποία επιτρέπει την ανάπτυξη ικανοτήτων όπως ο σχεδιασμός του μέλλοντος, η χρήση της φαντασίας και η δημιουργία (Damasio, 1999). Με τα συναισθήματα ο άνθρωπος μπορεί και αποφασίζει, αναπτύσσει συμπεριφορές που τον βοηθούν να ανταποκριθεί κατάλληλα στις εκάστοτε περιπτώσεις (Immordino-Yang & Damasio, 2007), αλλά και πιο σύνθετες και επιδέξιες συμπεριφορές, τις συναισθηματικές στρατηγικές, που ενθαρρύνονται από την εκπαίδευση και εξυπηρετούν την ανθρώπινη ζωή μέσα σε έναν πολιτισμό (Damasio, 1999). Μάλιστα, όσο περισσότερο οι άνθρωποι αναπτύσσουν και

εκπαιδεύουν τους εαυτούς τους, τόσο βελτιώνουν τη συμπεριφορά τους και τις γνωστικές επιλογές που έχουν. Για παράδειγμα ένας οργανισμός, άνθρωπου ή ζώου, όταν αναγνωρίζει έναν επικείμενο κίνδυνο μπορεί και ενεργοποιεί μία σειρά σωματικών αλλαγών, με απώτερο στόχο να μπορέσει να αντιμετωπίσει την επερχόμενη απειλή. Η αρτηριακή πίεση και οι παλμοί της καρδιάς αυξάνονται, η πέψη καθυστερεί και κυρίως ο εγκέφαλος ασχολείται με την ανάπτυξη στρατηγικών μάχης, εγκατάλειψης ή διαφυγής. Στην περίπτωση του ανθρώπου, εξαιτίας των ανώτερων διανοητικών ικανοτήτων του, η πρόκληση τέτοιων αντιδράσεων προκύπτει όχι μόνο από κάποιο κοινωνικό ή φυσικό περιστατικό, αλλά και από κάποια πεποίθηση, ανάμνηση ή φαντασία (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Αφού προκληθούν τα συναισθήματα, οι άνθρωποι αρχίζουν να τα αντιλαμβάνονται και έτσι κατασκευάζουν μια έκφρασή τους (feeling) όπως η πείνα ή η θερμοκρασία του σώματος, που είναι στην πραγματικότητα γνωστικές ερμηνείες του τρόπου με τον οποίο αλλάζει το σώμα και η νοητική κατάσταση του ατόμου που τα βιώνει (Barrett et al., 2007). Οι νευροαπεικονιστικές μελέτες των τελευταίων δεκαετιών, οι οποίες χρησιμοποιούν πιο εξελιγμένα μηχανήματα και τρόπους απεικόνισης, επιτρέπουν μια καλύτερη προσέγγιση του τι σημαίνει σε επίπεδο εγκεφαλικής ενεργοποίησης, αποδεικνύοντας επί της ουσίας ότι τα συναισθήματα και οι κατασκευασμένες από αυτά εκφράσεις (feelings) ενεργοποιούν εγκεφαλικά συστήματα απαραίτητα για την επιβίωση, κάτι που ούτως ή άλλως όπως προαναφέρθηκε αποτελούσε ανέκαθεν βασική λειτουργία των συναισθημάτων, αλλά ταυτοχρόνως επιτρέπουν την ορθότερη χρήση του μυαλού, της νόησης, του σώματος και της συμπεριφοράς στο φυσικό και στον κοινωνικό κόσμο (Immordino-Yang & Damasio, 2007).

Η έκφραση αυτή των συναισθημάτων (feelings) είναι ψυχική κατάσταση που βιώνει το άτομο, επεξεργασμένη και ενημερωμένη από τη συναισθηματική αντίδραση που έχει προκύψει και επηρεασμένη από υποκειμενικές γνωστικές επεξεργασίες και πολιτισμικές ερμηνείες των σωματικών και ψυχικών καταστάσεων που συμβαίνουν σε κάθε πλαίσιο.

Επιπλέον, πολλές φορές αυτή η καταγραφή είναι συνειδητή και επιτρέπει στο άτομο να αφηγηθεί γεγονότα και δεδομένα που αφορούν στον ίδιο του τον εαυτό και στις εμπειρίες του, και παράλληλα να τους αποδώσει κάποιο νόημα (Immordino-Yang & Damasio, 2007).

Η εφαρμογή αυτών των δεδομένων στην εκπαίδευση και ο συνδυασμός νευροεπιστημονικών ευρημάτων και παιδαγωγικής γνώσης υποδεικνύει πως ο τρόπος δόμησης των εμπειριών των μαθητών, που είναι ουσιαστικά μια συνειδητή, κοινωνικά προσδιορισμένη έκφραση των συναισθημάτων και της διέγερσης που νιώθουν κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, καθορίζει και τα συναισθήματά τους για αυτήν τη διαδικασία και επιδρά στην απόδοσή τους στις σχετικές εκπαιδευτικές διαδικασίες. Μάλιστα, οι ερμηνείες των μαθητών μπορούν να μαθευτούν, υπό την έννοια ότι επηρεάζονται από την έκφραση των συναισθημάτων (feelings) των γονιών και των εκπαιδευτικών κατά τη στιγμή εκτέλεσης μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας, όπως τα μαθηματικά (Beilock, 2010), καθιστώντας την ανάγκη νευροεπιστημονικών μελετών σχετικά με τα κοινωνικά συναισθήματα και την επίδρασή τους στην εκπαίδευση επιτακτική .

Νευροεπιστημονικές Έρευνες για τα Κοινωνικά Συναισθήματα

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, βασικά συναισθήματα ενεργοποιούν νευρωνικούς μηχανισμούς σχετικούς με την επιβίωση (Damasio, 2005), γεγονός που φαίνεται λογικό, καθώς ο απώτερος στόχος των συναισθημάτων επιβίωσης είναι να παραμείνουν οι οργανισμοί ζωντανοί, ασφαλείς και σε υγιή κατάσταση. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι μηχανισμοί του ανθρώπινου οργανισμού έχουν τροποποιήσει τον αρχικό του στόχο, καθώς εξελίχθηκαν ώστε να είναι σε θέση να επιτρέψουν την επιβίωση και τη διατήρηση του σώματος, άποψη σύμφωνη με τις θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης. Επιπλέον, η οντογενετική ανάπτυξη και πιθανώς η εκπαίδευση υποστηρίζουν πολύπλοκες κοινωνικές

λειτουργίες οι οποίες επηρεάζονται από τον πολιτισμό, επεκτείνοντας την εφαρμογή των θεωριών Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης και σε λειτουργίες πέραν των γνωστικών, όπως η γλώσσα και τα μαθηματικά. Εάν τα νευρωνικά αποτελέσματα είναι αποτέλεσμα της επίδρασης του πολιτισμού στον άνθρωπο, λαμβάνοντας υπόψη την ποικιλότητα που μπορεί να παρουσιάζουν εξαιτίας της διαβίωσης σε ένα συγκεκριμένο κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον, τότε κατά λογική αναλογία και τα συναισθήματα που σχετίζονται με διάφορες νευρο-βιολογικές λειτουργίες θα επηρεάζονται εξίσου από κοινωνικές και πολιτισμικές προσδοκίες και νόρμες. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί στην άποψη ότι για τους ανθρώπους η βιολογική επιβίωση και υγεία δεν μπορούν να ιδωθούν παρά μόνο ως κομμάτι μιας σύνθετης κοινωνικής και γνωστικής διαδικασίας, η οποία εν μέρει μπορεί να μαθευτεί (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017).

Οι Immordino-Yang και Fischer (2009) διαπίστωσαν πως η ενεργοποίηση που προκύπτει από σύνθετα αλλά και από πιο αφηρημένα κοινωνικά συναισθήματα σε σωματοκινησιασθητικές εγκεφαλικές περιοχές, σχετικές με την επιβίωση, είναι εξίσου έντονη με την ενεργοποίηση που προκαλούν και βασικότερα συναισθήματα, όπως ο φόβος, ενεργοποιώντας παράλληλα και πρωτόγονες συναισθηματικές καταστάσεις, όπως ο φυσικός πόνος. Τα κοινωνικά συναισθήματα τα οποία αφορούν σε αξίες, στην αρετή και στην ηθικότητα μπορεί να μοιάζουν με ζητήματα ζωής ή θανάτου για τον άνθρωπο, καθώς στην πραγματικότητα σχετίζονται με τους μηχανισμούς που ρυθμίζουν την ανθρώπινη ζωή και κρατούν τα άτομα ζωντανά, ξύπνια ή σε εγρήγορση (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017). Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε αναφορικά με τα συναισθήματα, παρατηρήθηκε ότι ο θαυμασμός και η συμπόνια ενεργοποίησαν υψηλού επιπέδου φλοιικά συστήματα, τα οποία ωστόσο εμπλέκονται και με άλλες λειτουργίες, όπως την αφηγηματική κατασκευή, την κριτική σκέψη και τη μνήμη (Immordino-Yang & Fischer, 2009), επιβεβαιώνοντας για άλλη μια φορά πως ένα σύστημα μπορεί να αφορά σε πολλές λειτουργίες. Όπως υπογραμμίζουν οι

Immordino-Yang και Gotlieb (2017), η ταυτόχρονη ενεργοποίηση υψηλού και χαμηλού φλοιικού επιπέδου συστημάτων αποτελεί απόδειξη ότι τα συναισθήματα που εμπεριέχονται στην κοινωνική μάθηση ξεκινούν από χαμηλού επιπέδου μηχανισμούς, οι οποίοι είχαν ως αρχικό στόχο να υπάρχει συνείδηση του φυσικού πόνου και της ευχαρίστησης, που θα εξυπηρετούσαν την ανθρώπινη επιβίωση, όμως εξελίχθηκαν και αναπροσαρμόστηκαν στις ανάγκες του πολιτισμού.

Σε άλλη έρευνα φάνηκε πως ο ατομικός τρόπος έκφρασης των συναισθημάτων είναι ενδεικτικός και των διαφορετικών νευροβιολογικών τρόπων επεξεργασίας των συναισθημάτων ανά άτομο. Συνεπώς, φαίνεται πως οι άνθρωποι διαφέρουν ως προς τον τρόπο με τον οποίο μετατρέπουν τις σωματικές και τις συναισθηματικές τους αντιδράσεις σε συνειδητά ψυχολογικά συναισθήματα, ακόμα και όταν αυτά είναι ίδιας έντασης ή εντάσσονται στην ίδια κατηγορία (Saxe et al., 2012). Αυτή η διαπίστωση είναι καίριας σημασίας για την εκπαιδευτική δραστηριότητα, καθώς υποδηλώνει το πόσο βασικό είναι να γίνεται αντιληπτό το τι αισθάνεται ένα άτομο αλλά και ο τρόπος με τον οποίο κατασκευάστηκε αυτό το συναίσθημα (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017), αφού όπως προαναφέρθηκε, ο τρόπος επεξεργασίας και δόμησης των συναισθημάτων είναι βασικός για τη γνωστική και ακαδημαϊκή επίδοση (Beilock, 2010). Τέλος, ένα ακόμη χαρακτηριστικό παράδειγμα της επίδρασης των σωματικών αισθήσεων στη γνώση αποτελεί η διαπίστωση ότι τα άτομα τα οποία έχουν πιο ενσωματωμένο τρόπο επεξεργασίας των συναισθημάτων είναι πιο ευαίσθητα σε μείωση επίδοσης που μπορεί να προκύψει από μία απειλητική για την επίδοση κατάσταση, επηρεάζοντας περισσότερο και αμεσότερα τη γνώση (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017).

Επιπλέον, επιχειρήθηκε από την Immordino-Yang και τους συνεργάτες της (2014) η διερεύνηση της πιθανότητας οι πολιτισμικές νόρμες και αξίες να επηρεάζουν τη νευρωνική κατασκευή των συναισθημάτων. Η υπόθεση των ερευνητών φαίνεται πως ισχύει, καθώς η

αλληλεπίδραση των ατόμων με τον πολιτισμό οργανώνει τον τρόπο επεξεργασίας των συναισθημάτων. Μέσα από τη διδασκαλία της συναισθηματικής συμπεριφοράς ο πολιτισμός εμμέσως σχηματίζει τη βάση των κοινωνικών και των συναισθηματικών τους εκφράσεων (feelings), το πώς δηλαδή φαίνεται να νιώθει κανείς κάτι ή τον τρόπο με τον οποίο ένα άτομο αντιλαμβάνεται και ορίζει αυτό που νιώθει. Σαφώς το συγκεκριμένο ζήτημα χρήζει περαιτέρω έρευνας, ωστόσο, είναι μια πρώτη σύνδεση του τρόπου με τον οποίο ένα άτομο επεξεργάζεται τις προσωπικές εκφράσεις του συναισθήματός του και των μοτίβων κοινωνικών και συναισθηματικών συμπεριφορών που μπορούν να παρατηρηθούν, τα οποία επηρεάζονται τόσο από τον πολιτισμό όσο και από τη μάθηση. Ιδίως όταν αυτή η άποψη εφαρμοστεί στην εκπαιδευτική πρακτική, γίνεται αντιληπτό πως οι μαθητές με διαφορετικές συμπεριφορικές νόρμες και ιδέες είναι μάλλον πιο ευαίσθητοι σε διαφορετικές διαστάσεις της συναισθηματικής τους κατάστασης. Έτσι, πιο εκφραστικοί μαθητές σε ένα διαγώνισμα μαθηματικών μπορεί να αισθάνονται πιο ανταγωνιστικοί απέναντι στη δοκιμασία, ενώ λιγότερο εκφραστικοί μαθητές ενδέχεται να την κρίνουν ανάλογα με τη διέγερση και τη συναισθηματική κατάσταση που τους προκαλεί (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Συνεπώς, οι πολιτισμικές νόρμες και αξίες επηρεάζουν τις νευρωνικές διαδικασίες μέσω των οποίων τα άτομα βιώνουν τα συναισθήματά τους (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017), οι οποίες όπως έχει αναφερθεί συχνά έχουν διαφοροποιηθεί από τον αρχικό σκοπό τους λόγω της εξέλιξης, ενισχύοντας τις θεωρίες της Νευρωνικής Επαναχρησιμοποίησης. Παράλληλα, υποστηρίζονται και οι απόψεις περί ατομικών διαφορών κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, που όπως υπογραμμίστηκε ανωτέρω αναφορικά με τη δυσλεξία θα μπορούσε να συμβάλει στην ερμηνεία αποκλίσεων επίδοσης σε πρόσφατες γνωστικές εξελικτικές λειτουργίες, για τις οποίες είναι σχεδόν απίθανο να έχουν δημιουργηθεί εξειδικευμένα νευρωνικά κυκλώματα.

Τέλος, διενεργήθηκε μια έρευνα σε άτομα που είχαν καταβολές από δυο διαφορετικούς πολιτισμούς, ώστε να φανεί πώς η ενσωματωμένη διαλειτουργική ευαισθησία,

μια μεταβλητή με καθαρά νευρωνική βάση, συνδέεται με τη σωματοκινησιασθητική επεξεργασία και το συναίσθημα, αλλά και με τις πολιτισμικές ιδέες που επιδρούν στη δόμηση της ταυτότητας του ατόμου. Τα σχετικά ευρήματα μαρτυρούν πως η εθνική ταυτότητα ήταν πιο εδραιωμένη και ισχυρή σε μεγαλύτερους ηλικιακά συμμετέχοντες ή σε νέους που όμως είχαν πιο ισχυρό δεσμό με τους γονείς τους και ζούσαν σε ένα καλύτερο κοινωνικό περιβάλλον, σε επίπεδο οικογένειας. Ακόμη, η ταυτότητα αλληλεπιδρούσε με την ενσωματωμένη ευαισθησία και οι κοινωνικοί παράγοντες υπονοούν πως οι ενσωματωμένες εμπειρίες των νέων πιθανώς να επηρεάζουν την προσαρμογή κοινωνικών αξιών και το ποια από τις δύο πολιτισμικές καταβολές τους είναι η κυρίαρχη (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017), γεγονός που μαρτυρά το πόσο βασική είναι η επίδραση του πολιτισμού στους ανθρώπους.

Iowa Gambling Test: Η Επίδραση των Συναισθημάτων στη Μάθηση

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο αλληλεπιδρούν η μάθηση και τα συναισθήματα είναι το Iowa Gambling Test. Στο πείραμα αυτό μια συμμετέχουσα κάθεται σ' ένα τραπέζι και έχει μπροστά της τέσσερις ομάδες καρτών. Με κάθε κάρτα που επιλέγει έχει τη δυνατότητα να κερδίσει κάποια χρήματα. Κάποιες από αυτές τις κάρτες, ενώ συνεπάγονται υψηλότερο ποσό χρημάτων, είναι ταυτόχρονα μια κακή μακροπρόθεσμη επιλογή. Αρχικά, το άτομο αναπτύσσει ασυνείδητα ένα προαίσθημα, το οποίο δεν προϋπάρχει καθώς η εμφάνιση του σχετίζεται με την εμπειρία που σταδιακά εξελίσσεται σε συνειδητούς κανόνες, οι οποίοι μπορούν να περιγραφούν με λέξεις. Αυτή η εξέλιξη του αρχικού συναισθήματος είναι απαραίτητη για τη δόμηση γνώσης, η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα. Σε πρώτο στάδιο, η συμμετέχουσα διαλέγει κάρτες χωρίς να υπάρχει πλήρης συνείδηση, κάτι που όμως μετουσιώνεται σε ένα αίσθημα προσμονής πριν

επιλέξει κάρτα από την ομάδα καρτών υψηλού κινδύνου και εκδηλώνεται σωματικά με την εφίδρωση των παλαμών της. Χωρίς να το αντιλαμβάνεται συσσωρεύει σταδιακά συναισθηματικές πληροφορίες για τις ρισοκίνδυνες κάρτες και παράλληλα, η επεξεργασία αυτών των συναισθημάτων την οδηγεί στην επιλογή των ασφαλέστερων καρτών. Αφού περάσει κάποιο χρονικό διάστημα παίζοντας αυτό το παιχνίδι, είναι πλέον σε θέση να περιγράψει λεκτικά τους κανόνες και τον τρόπο επιλογής των καρτών. Σε αυτό το σημείο μπορεί να υποστηριχθεί πως έμαθε (Immordino-Yang & Faeth, 2010).

Φαίνεται πως τα συναισθήματα καθοδηγούν τη μάθηση και πως, παρόλο που δεν γίνεται πάντα αντιληπτό, σταθεροποιούν σταδιακά τις αποφάσεις και τις συμπεριφορές των ατόμων, αφού τους επιτρέπουν να αναγνωρίζουν και να ανακαλούν σχετικές γνώσεις. Αυτό επιβεβαιώνεται πλήρως από το προαναφερθέν παράδειγμα, καθώς ενώ μπορεί η συμμετέχουσα να υποστήριζε πως δεν γνώριζε ακόμη τον τρόπο με τον οποίο έπρεπε να επιλέξει κάποιες από τις κάρτες, στην πραγματικότητα υπάρχει μία ασυνείδητη συναισθηματική γνώση, ακόμη και στα πρώιμα στάδια μάθησης, όπως φαίνεται από το ότι ίδρωσαν οι παλάμες της πριν από την επιλογή κάρτας, μια σωματική δηλαδή έκφραση των όσων ένιωθε.

Όλα τα παραπάνω είναι καίριας σημασίας, γιατί ο τρόπος με τον οποίο θα αντιδράσει το άτομο σε συναισθηματικό επίπεδο στο αποτέλεσμα της γνωστικής προσπάθειας που καταβάλλει διαμορφώνει, συνειδητά ή ασυνείδητα, τη μελλοντική του συμπεριφορά. Έτσι, οι ακαδημαϊκές δραστηριότητες όχι μόνο δεν είναι ουδέτερες για το άτομο, αλλά σχετίζονται και με το αν θα συμπεριφερθεί την επόμενη φορά με τον ίδιο τρόπο ή αν θα είναι πιο προσεκτικό σε παρόμοιες καταστάσεις (Immordino-Yang & Faeth, 2010). Συνεπώς, η πιο αποτελεσματική μάθηση ενσωματώνει το συναίσθημα, αναπτύσσοντας έτσι μια σχετική και άκρως πληροφορική συναισθηματική κατάσταση με αυτό το οποίο μαθαίνεται. Άλλωστε, και οι πιο αποδοτικοί μαθητές δομούν σχετικές διαισθήσεις βάσει των οποίων σκέφτονται και

αποφασίζουν (Immordino-Yang & Damasio, 2007). Αυτές οι διαισθήσεις είναι διαμορφωμένες και οργανωμένες από την εμπειρία ενός έργου ή ενός τομέα, βασισμένες στην ίδια την εμπειρία και άρα συναφείς με το πλαίσιο μέσα στο οποίο μαθαίνονται (Immordino-Yang, 2015). Άτομα με βλάβες στον έσω κοιλιακό προμετωπιαίο φλοιό, περιοχή που μεσολαβεί των σωματικών αισθημάτων και της μάθησης γνωστικών στρατηγικών, φάνηκε πως δεν μπορούν να μάθουν από τις εμπειρίες τους και αδυνατούν να χρησιμοποιήσουν συνειδητά γνώσεις που κατέχουν ήδη (Immordino-Yang & Faeth, 2010). Αυτό βρίσκει εφαρμογή και στο σχολικό πλαίσιο, σε μαθητές που δεν έχουν απαραίτητα βλάβη στην προαναφερθείσα περιοχή. Δείχνουν, ωστόσο, αδυναμία σύνδεσης των ακαδημαϊκών γνώσεων, των αποφάσεων που παίρνουν και των συμπεριφορών που εκδηλώνουν, γιατί θεωρούν τις σχολικές γνώσεις ως συναισθηματικά ανούσιες. Οι εν λόγω μαθητές μπορούν να αναπτύξουν συναισθηματικές αποκρίσεις αναφορικά με όσα μαθαίνουν, αλλά εφόσον το διδακτικό σχολικό πρόγραμμα δεν υποστηρίζει την ανάπτυξη αυτών των συναισθηματικών αποκρίσεων, δεν προωθείται και τελικά δεν επιτυγχάνεται η σύνδεση συναισθήματος και γνώσης, καθώς τα συναισθήματα πρέπει να είναι μέρος της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Immordino-Yang & Faeth, 2010). Επιπλέον, πολύ συχνά οι παιδαγωγοί δεν αντιλαμβάνονται ότι οι γνωστικές δεξιότητες που διδάσκουν στα σχολεία, όπως η λήψη αποφάσεων, και τα ίδια τα γνωστικά αντικείμενα της διδασκαλίας, όπως τα μαθηματικά και η γλώσσα, δεν μπορούν να λειτουργήσουν παρά μόνο ως λογικά συστήματα που συνδέουν τη γνώση και το συναίσθημα.

Τα συναισθήματα, ωστόσο, δεν εξουσιάζουν την ανθρώπινη γνώση, ούτε υπονοούν ότι δεν υπάρχει λογική σκέψη. Άλλωστε, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι ο αρχικός λόγος για τον οποίο εξελίχθηκε ο ανθρώπινος εγκέφαλος ήταν για την επιβίωση του είδους και για να μπορέσει να ακμάσει. Ιδίως όταν αυτή η πραγματικότητα θεωρηθεί από τη σκοπιά του γεγονότος ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος εξελίχθηκε με σύνθετους τρόπους, μπορεί να

εκτιμηθεί η συμβολή των συναισθημάτων τα οποία αλληλεπιδρούν με τη σκέψη. Επιπροσθέτως, η εξέλιξη των ανθρωπίνων κοινωνιών εμπεριέχει ένα σύνθετο κοινωνικό και πολιτισμικό περιεχόμενο που σημαίνει πως σχεδόν όλες οι ενέργειες των ανθρώπων δεν μπορούν να προκύψουν έξω απ' αυτήν τη δομημένη πραγματικότητα. Ακόμη και όταν κανείς αναλογίζεται, για παράδειγμα, το λόγο που ένας μαθητής μπορεί να επιθυμεί καλό βαθμό σε ένα διαγώνισμα μαθηματικών, δεν μπορεί να το σκεφτεί απομονώνοντας τις κοινωνικές και πολιτισμικές συνιστώσες. Στην ανθρώπινη κοινωνία, όπως αυτή έχει διαμορφωθεί, ο ανθρώπινος εγκέφαλος ακόμη υπηρετεί τον αρχικό του στόχο που δεν είναι άλλος από το να ζει κανείς ευτυχισμένος μαζί με άλλους ανθρώπους (Immordino-Yang & Damasio, 2007), έχει όμως εξελιχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να περιλαμβάνει και την ανάπτυξη σύνθετων, επίκτητων, γνωστικών λειτουργιών, που όχι μόνο επηρεάζονται από τον πολιτισμό αλλά σε περιπτώσεις όπως η γλώσσα και τα μαθηματικά μπορεί να υποστηριχθεί ότι είναι αποτέλεσμά του.

Γονίδια, Μάθηση και Κοινωνικά Συναισθήματα

Η επιστήμη της ανάπτυξης του ανθρώπινου εγκεφάλου συμβάλλει, ανάμεσα σε άλλα, και στην καλύτερη κατανόηση και εξήγηση του τρόπου με τον οποίο είναι αλληλένδετα τα συναισθήματα, η ακαδημαϊκή και η κοινωνική ανάπτυξη, αλλά και των απαραίτητων κοινωνικών σχέσεων, των συναισθηματικών εμπειριών και των γνωστικών πηγών που παρέχουν τις απαραίτητες ευκαιρίες για μάθηση στο άτομο (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017), γεγονός που καθιστά απαραίτητη τη θεώρηση των γονιδίων στη διαδικασία αυτή. Μετά τη γέννηση του ανθρώπου η εγκεφαλική ανάπτυξη που παρατηρείται αφορά στην παραγωγή, στο κλάδεμα και στην αναδιοργάνωση των νευρωνικών συνδέσεων με τέτοιο τρόπο, ώστε να σχηματιστούν εγκεφαλικά συστήματα τα οποία θα αντικατοπτρίζουν τις

εμπειρίες του ατόμου και θα συμβάλλουν στην προσαρμογή του στον κόσμο. Καθώς το άτομο δομεί εμπειρίες ερχόμενο αντιμέτωπο με διάφορες καταστάσεις, προβλήματα, ιδέες, και αναπτύσσει κοινωνικές σχέσεις, αυτές οι εμπειρίες επηρεάζουν τα μοτίβα στη δομή του εγκεφάλου και τις λειτουργίες που ενισχύουν τις δεξιότητες και τις κλίσεις του ατόμου, επιβεβαιώνοντας ξανά τη σημασία του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη του εγκεφάλου, για την οποία έγινε αναφορά και προηγουμένως. Η εγκεφαλική ανάπτυξη διαφοροποιείται βάσει ποικίλων παραγόντων, όπως η ηλικία, η προδιάθεση, οι προτεραιότητες, οι εμπειρίες και το περιβάλλον. Όταν δίνονται στα παιδιά επαρκείς ευκαιρίες, υποστήριξη και ενθάρρυνση, τότε αυτά μπορούν να σκεφτούν, να νιώσουν συναισθήματα και να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον τους. Τα μοτίβα σκέψεων, συναισθημάτων και συμμετοχής στη διάδραση ατόμου – περιβάλλοντος οργανώνουν την εγκεφαλική ανάπτυξη στην πάροδο του χρόνου, με τρόπους σχετικούς με την ηλικία, επηρεάζοντας έτσι τη συνολική ανάπτυξη και τη μελλοντική υγεία (Immordino-Yang et al., 2018). Στη διαπίστωση αυτή συνηγορεί το παράδειγμα των ορφανών της Ρουμανίας που προαναφέρθηκε, το οποίο αποδεικνύει πως ένα μη υποστηρικτικό περιβάλλον, στο οποίο δεν αναπτύσσονται υγιείς σχέσεις ανάμεσα στα παιδιά και στους φροντιστές τους, αλλά και δεν υπάρχουν επαρκή ερεθίσματα, η σημασία των οποίων θα αναλυθεί στη συνέχεια, μπορεί να έχει καταλυτική επίπτωση στην ανθρώπινη ανάπτυξη.

Η σύγκριση του ανθρώπινου οργανισμού με άλλους, ακόμη και απλούστερους, έδειξε πως οι άνθρωποι έχουν λιγότερα γονίδια. Ωστόσο, οι γενετικές πληροφορίες που χάθηκαν κατά τη διάρκεια της εξέλιξης φαίνεται πως επηρεάζουν τις διανοητικές δυνατότητες του ανθρώπινου είδους, το οποίο δέχεται επίσης επίδραση από τον πολιτισμό, την εκπαίδευση και τη γενικότερη ανατροφή των παιδιών, καθιστώντας έτσι δυνατή την επαναχρησιμοποίηση και τροποποίηση υπαρχόντων κυκλωμάτων για νέους σκοπούς, απόρροια των τομέων που οδηγούν σε αυτήν τη νευρωνική ανακύκλωση. Τα υπάρχοντα γονίδια, μάλλον, δεν επαρκούν

για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη του ατόμου, γεγονός που κάνει πιθανή, αν όχι αναγκαία, την τάση για κοινωνική μάθηση (Heitman et al., 2007), δηλαδή την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με άλλους και τη μάθηση μέσω αυτής της διάδρασης, ενώ περιλαμβάνει αρκετά πλαίσια της ανθρώπινης ζωής, όπως την οικογένεια, το σχολείο αλλά και γενικά όλη την κοινότητα (Immordino-Yang et al., 2018), καθένα από τα οποία επιδρά στην ανάπτυξη του ατόμου.

Οι επιγενετικές δυνάμεις που επιδρούν στην ανάπτυξη του ατόμου είναι πτυχές του κοινωνικού, συναισθηματικού, γνωστικού και φυσικού πλαισίου μέσα στο οποίο ζει και μεγαλώνει το άτομο. Έτσι, είναι εφικτή η ανάπτυξη του εγκεφάλου, η οποία συνακολούθως επιτρέπει την ετοιμότητα αλλά και την ικανότητα ενός ατόμου για μάθηση (Immordino-Yang et al., 2018), επιτρέποντας την υιοθέτηση νέων λειτουργιών. Για να είναι εφικτή η εγκεφαλική ανάπτυξη και η μάθηση όμως, είναι απαραίτητο το άτομο να μεγαλώνει σε ένα υγιές περιβάλλον, καθώς σε αντίθετη περίπτωση, όταν δηλαδή το περιβάλλον μέσα στο οποίο αναπτύσσεται το άτομο είναι φτωχό, υπάρχουν επιπτώσεις και στην εγκεφαλική ανάπτυξη και στη μάθηση (Hair et al., 2015).

Γενικά, όλα τα παιδιά - εκτός από τις περιπτώσεις στις οποίες υπάρχει κάποια σοβαρή γενετική απειλή - έχουν τα γονίδια που είναι απαραίτητα για την εγκεφαλική ανάπτυξη και μάθηση. Βέβαια, τα γονίδια από μόνα τους δεν επαρκούν, καθώς τα γονιδιώματα είναι εκείνα που λειτουργούν δυναμικά και ανταποκρίνονται στις περιβαλλοντικές αλλαγές, επιτρέποντας την προσαρμογή του ανθρώπινου οργανισμού στις απαιτήσεις του εκάστοτε περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα, οι επιγενετικές δυνάμεις μπορούν να ενεργοποιούν ή να απενεργοποιούν ένα γονίδιο και να το αντιγράφουν ή να το ρυθμίζουν ώστε να μπορεί να προκύψει ανάπτυξη στον οργανισμό, σκέψη και μάθηση (Parrington, 2016). Συνεπώς, έχει υποστηριχθεί πως σε όλη τη διάρκεια της ζωής ενός ανθρώπου οι στοχευμένες παρεμβάσεις και τα στοιχεία που προσφέρονται στο άτομο μέσα από το σχολείο και την κοινωνία γενικότερα βελτιώνουν τις

νευρωνικές, τις γνωστικές λειτουργίες και την υγεία του, με μακροπρόθεσμα θετικά αποτελέσματα για το άτομο (Farah, 2017) .

Επιπλέον, η σχέση που αναπτύσσουν τα βρέφη με τις μαμάδες τους έχει παράσχει πληροφορίες για το ότι τα άτομα ρυθμίζονται το ένα από την φυσιολογία του άλλου (Saxbe & Repetti, 2010), κάτι που σημαίνει ότι η ποιότητα των σχέσεων και οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις ενός ατόμου καθορίζουν επίσης τη σωματική και διανοητική ανάπτυξη και την υγεία του (Swain et al., 2017), συμπληρώνοντας τη συνεισφορά του σχολείου και της ευρύτερης κοινωνίας για την οποία μόλις έγινε λόγος. Στις περιπτώσεις εκείνες που ένα άτομο έχει εκτεθεί σε επίμονες αντιξοότητες δημιουργούνται κυκλώματα που προάγουν την επιθετικότητα και το άγχος σε βάρος των γνωστικών δεξιοτήτων, της λογικής και της μνήμης, όπως αποδεικνύεται άλλωστε και από την περίπτωση των ορφανών της Ρουμανίας (Nelson et al., 2007), αλλά και από τις περιπτώσεις παιδιών που βίωσαν κάποια τραυματική εμπειρία νωρίς στην ζωή τους και την οποία δεν αντιμετώπισαν έγκαιρα (Goswami, 2010). Οι ορμόνες που παράγονται σε τέτοιες καταστάσεις, όταν είναι πολλές σε ποσότητα, μπορούν να επηρεάσουν την υγεία του ατόμου προκαλώντας μια πληθώρα ψυχολογικών και σωματικών προβλημάτων (Immordino-Yang et al., 2018). Σημαντικό ερώτημα αποτελεί το από ποια και μέχρι ποια ηλικία τέτοιου είδους συναισθηματικές καταστάσεις μπορούν να επιδράσουν στην ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου και κυρίως ο εντοπισμός των ευαίσθητων περιόδων κατά τις οποίες η εγκεφαλική ανάπτυξη είναι πιθανότερο να επηρεαστεί.

Ευαίσθητες Περίοδοι για την Ανάπτυξη του Εγκεφάλου και η Συσχέτισή τους με τη Μάθηση

Ένα λογικό ερώτημα συνεπώς, θα μπορούσε να αποτελέσει αυτό που θα προσπαθούσε να εντοπίσει τις καταλληλότερες περιόδους ανάπτυξης για το άτομο, και για το οποίο έχει υπογραμμιστεί ότι κάθε αναπτυξιακό στάδιο του εγκεφάλου παρέχει σημαντικές

πληροφορίες για τις γνώσεις που απαιτεί προκειμένου να ολοκληρωθεί και να υπάρξει μετάβαση στο επόμενο, αλλά παράλληλα εξασφαλίζει και τις αντίστοιχες υποστηρικτικές καταστάσεις (Immordino-Yang et al., 2018). Κάτι τέτοιο θα συνέβαλε στο να γίνουν πλήρως αντιληπτές αυτές οι ευαίσθητες περίοδοι αλλά κυρίως ο τρόπος με τον οποίο σχετίζονται με τη μάθηση. Πιο αναλυτικά, κατά τη βρεφική ηλικία ο εγκέφαλος είναι ακόμη ανώριμος και εύπλαστος, γι' αυτό χρειάζεται αλληλεπίδραση του βρέφους με τους ανθρώπους του περιβάλλοντός του προκειμένου αναπτυχθεί, η σημασία της οποίας αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα αναλυτικότερα. Από τη στιγμή της γέννησής τους τα βρέφη έχουν κάποια νευρωνικά αντανακλαστικά τα οποία εξυπηρετούν βασικές βιολογικές ανάγκες, αλλά και ανάγκες που αφορούν σε φυσικά αντικείμενα και σε άλλους ανθρώπους. Έτσι, όταν αλληλεπιδρούν με άτομα που βρίσκονται στο περιβάλλον τους αρχίζουν να αντιλαμβάνονται κάποια μοτίβα δράσης, τη χρήση της γλώσσας και τη συναισθηματική έκφραση. Επιπλέον, μπορούν ανάλογα με το στάδιο της εγκεφαλικής τους ανάπτυξης να προοδεύσουν σε σταθερές ρουτίνες, όπως για παράδειγμα ρουτίνες ύπνου ή φαγητού, όμως μόνο υπό την προϋπόθεση ότι έχουν σταθερές και υγιείς συναισθηματικές σχέσεις με τους φροντιστές τους, επαρκή σίτιση, φροντίδα και αρκετή έκθεση στη γλώσσα (Peisner-Feinberg et al., 2001).

Στην πρώιμη παιδική ηλικία τα παιδιά αρχίζουν να μαθαίνουν πώς να κάνουν κινήσεις που εξυπηρετούν ένα στόχο κάθε φορά, όπως για παράδειγμα να χρησιμοποιούν λέξεις για να επικοινωνήσουν με τους φροντιστές τους, και ουσιαστικά αρχίζουν να κατακτούν κάποια αναπτυξιακά ορόσημα όπως το περπάτημα και η ομιλία, που επίσης προϋποθέτουν ειρηνική αλληλεπίδραση με τους φροντιστές και παροχή ευκαιριών, προκειμένου το παιδί να εξερευνήσει τον κόσμο και να επικοινωνήσει τα όσα είδε (Immordino-Yang et al., 2018). Μέσα από τις αλληλεπιδράσεις τους με τους άλλους τα παιδιά μαθαίνουν να μιμούνται, να εξερευνούν, να εκφράζονται και να νιώθουν. Το παιχνίδι και η συμμετοχή τους σε καθημερινές δραστηριότητες τους επιτρέπει να αντιληφθούν τον τρόπο που δουλεύει ο

κόσμος και να μάθουν να δρουν αυτόνομα, αλλά και με τη βοήθεια των άλλων, προκειμένου να ικανοποιήσουν την περιέργειά τους (Grazzani et al., 2018). Καίριας σημασίας είναι και η μάθηση που προκύπτει μέσα από το παιχνίδι, ειδικά όταν αυτό μπορεί να είναι πλούσιο σε προσφερόμενα υλικά. Οι παραγωγικές δραστηριότητες στις οποίες εμπλέκονται σχεδόν καθημερινά τα παιδιά αυτής της ηλικίας τους επιτρέπουν να αναπτύξουν τις γλωσσικές, τις κινητικές και τις λογικές δεξιότητες που θα χρησιμοποιήσουν αργότερα στην ζωή τους (Immordino-Yang et al., 2018).

Στη μέση και ύστερη σχολική ηλικία επιδρούν οι βάσεις που είχαν τεθεί σε προηγούμενα αναπτυξιακά στάδια και επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο τα παιδιά αναπαριστούν και συμβολίζουν τον κόσμο και τον εαυτό τους. Αρχίζουν πλέον να είναι σε θέση να καταλαβαίνουν, να γνωρίζουν, να νιώθουν και να πράττουν ανακαλώντας και χρησιμοποιώντας πληροφορίες που είχαν συλλέξει κατά το στάδιο της ωρίμανσης. Στο στάδιο αυτό ακόμη, τα παιδιά μέσα από τις κοινωνικές τους σχέσεις και τις συναισθηματικές τους εμπειρίες έχουν την ευκαιρία να αναπτύξουν μαθηματικές, χωρικές και λογικές διεργασίες, καθώς και τη δυνατότητα έκφρασης, μέσω της γλώσσας και των τεχνών. Οι δομημένες και υποστηρικτικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες στις οποίες εκτίθενται τα άτομα σε αυτήν την ηλικία τα βοηθούν ώστε να μπορούν να θέσουν στόχους, να ψάξουν απαντήσεις, να αξιολογήσουν τα διαθέσιμα στοιχεία και να εξάγουν συμπεράσματα, ενώ παράλληλα αναπτύσσουν και πιο αφηρημένη σκέψη (Immordino-Yang et al., 2018).

Η εφηβεία είναι μια αναπτυξιακή περίοδος κατά την οποία το άτομο βιώνει τις πιο ραγδαίες αλλαγές στην εγκεφαλική του ανάπτυξη. Επιπλέον, χαρακτηρίζεται από κοινωνική, συναισθηματική, γνωστική ανάπτυξη και ευπλαστότητα, αλλά κι από μεγαλύτερη ευαισθησία σε νοητικές και ψυχολογικές ασθένειες. Στη φάση αυτή οι ορμονικές αλλαγές που ενεργοποιούνται από τη διαβίωση σε φτωχά περιβάλλοντα επιδρούν αρνητικά στην ευπλαστότητα του εγκεφάλου (Hair et al., 2015) και προκαλούν προβλήματα που σχετίζονται

με το άγχος, την κοινωνική απόρριψη αλλά και τα προβλήματα ύπνου, επηρεάζοντας ταυτόχρονα γενικά την ωρίμανση τόσο του σώματος όσο και του εγκεφάλου, τις φιλικές αλλά και τις ρομαντικές σχέσεις. Τα έφηβα άτομα αξιοποιούν στο έπακρο την ανάπτυξη τους όταν ανακαλύπτουν τα πραγματικά τους ενδιαφέροντα και τα επεκτείνουν, αλλά και όταν αποκτούν πιο τεχνικές γνώσεις μέσα από διάφορες δραστηριότητες. Σημαντικές εξακολουθούν να είναι οι καλές σχέσεις με την οικογένεια, τους συνομηλίκους και ενήλικες που εμπιστεύονται οι έφηβοι, όπως οι εκπαιδευτικοί. Αυτό προωθεί την κριτική σκέψη και την ανάπτυξη δεξιοτήτων για την επίλυση προβλημάτων, τη δημιουργία αντιλόγου και της παρουσίασης όλων όσων μαθαίνουν (Immordino-Yang et al., 2018). Στο σημείο αυτό και για να είναι πιο κατανοητή η βιολογική βάση της μάθησης, πέρα από την επίδραση των γονιδίων, των επιγενετικών παραγόντων και των ευαίσθητων περιόδων για μάθηση, που βέβαια είναι απαραίτητα στοιχεία για την ανάπτυξη και επιτρέπουν την προσαρμογή του ανθρώπου στα νέα δεδομένα που επιφέρει η εξέλιξη του είδους, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν τα σημαντικότερα εγκεφαλικά συστήματα που συνεισφέρουν στη γνωστική, συναισθηματική και κοινωνική επεξεργασία, καθώς είναι εκείνα που επιτρέπουν και υποστηρίζουν την εξέλιξη διαδικασιών απαραίτητων για την μάθηση και την βίωση των συναισθημάτων.

Τα Κυριότερα Εγκεφαλικά Συστήματα για τη Γνωστική, Συναισθηματική και Κοινωνική Επεξεργασία

Οι βασικοί μηχανισμοί για τη σκέψη και τη μάθηση υπάρχουν στο άτομο από τη στιγμή της γέννησης του, ωστόσο αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της ζωής του (Immordino-Yang, 2015), όπως άλλωστε υποδεικνύει και η περίπτωση των μαθηματικών, αφού όπως προαναφέρθηκε, ο άνθρωπος γεννιέται με την αίσθηση του αριθμού, όμως χρειάζεται την εκπαίδευση και την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον για να την εξελίξει. Ο

τρόπος με τον οποίο σκέφτεται και νιώθει ένας άνθρωπος ισχυροποιεί σταδιακά και συντονίζει τα νευρωνικά κυκλώματα, η ανάπτυξη και η ισορροπία των οποίων σχετίζονται με το περιβάλλον, τις σχέσεις και τις ευκαιρίες που είχε το άτομο (Immordino-Yang et al., 2018).

Υπάρχουν τρία βασικά εγκεφαλικά τμήματα που υποστηρίζουν τις νοητικές ικανότητες, τα οποία λόγω της συνεργασίας τους συνεισφέρουν στην κοινωνική, συναισθηματική και γνωστική λειτουργία, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο στο άτομο να εκμεταλλευτεί τις ευκαιρίες μάθησης. Τα συστήματα αυτά συνδέονται με αρκετές διανοητικές αλλά και συναισθηματικές λειτουργίες και σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα του περιβάλλοντος, τις πηγές και τις αναπτυγμένες διαπροσωπικές σχέσεις, ενώ επιδέχονται βελτίωσης έπειτα από παρεμβάσεις που έχουν πολύ συγκεκριμένους στόχους.

Αναλυτικότερα, υπάρχει το τμήμα εκτελεστικού ελέγχου το οποίο είναι υπεύθυνο για την προσοχή, τη συγκράτηση πληροφοριών, την εναλλαγή στρατηγικών, όταν και όπου χρειάζεται, αλλά και της επικέντρωσης της προσοχής σε διαδικασίες που απαιτούν επίτευξη στόχου. Ταυτόχρονα, είναι η περιοχή η οποία αγνοεί τους περισπασμούς, ρυθμίζει τα συναισθήματα, διατηρεί τους στόχους και την προσοχή, ενώ επίσης ελέγχει τις παρορμήσεις (Seeley et al., 2007).

Το default mode δίκτυο, που βρίσκεται στο μέσο και πλάγιο βρεγματικό λοβό, μέσο προμετωπιαίο, μέσο και πλάγιο κροταφικό φλοιό (Raichle, 2015), ενεργοποιείται στις δραστηριότητες που απαιτούν άμεση, ερμηνευτική και στοχαστική σκέψη, όπως το να θυμηθεί κανείς μια προηγούμενη εμπειρία. Επίσης, συμβάλλει στη σημασιολογική κατανόηση, στην αναγνωστική κατανόηση, στη φαντασία, στη μη γραμμική και πιο ελεύθερη σκέψη, στα συναισθήματά θαυμασμού, στα κοινωνικά συναισθήματα όπως η συμπόνια, στη δόμηση ταυτότητας και στη σκέψη νοητών αντικειμένων ή αντικειμένων που δεν βρίσκονται μπροστά στο άτομο τη στιγμή που τα σκέφτηκε (Immordino-Yang et al., 2012).

Τέλος, το salience δίκτυο, το οποίο περιλαμβάνει περιοχές στον πρόσθιο προσαγωγίο φλοιό, presupplementary κινητικές περιοχές και την πρόσθια νήσο του εγκεφάλου - νήσο του Reil (Bonnelle et al., 2011) - μετρά τη συναισθηματική σχετικότητα, αντιλαμβάνεται τις σημαντικές και επείγουσες πληροφορίες που δέχεται και τροποποιεί αναλόγως τις νοοτροπίες, οι οποίες υποστηρίζονται από το default mode δίκτυο, καθώς και εκείνες που υποστηρίζονται από το δίκτυο εκτελεστικού ελέγχου (Seely et al., 2007). Αυτές οι ψυχικές αλλαγές που πραγματοποιούνται αντικατοπτρίζουν την υποκειμενική και τη συναισθηματική αξιολόγηση που γίνεται από το salience δίκτυο για εξωτερικά σήματα προερχόμενα από το περιβάλλον αλλά και για εσωτερικά σωματικά σήματα, όπως η πείνα (Immordino-Yang et al., 2018).

Στρατηγικές Ενσωμάτωσης Συναισθημάτων στη Μάθηση

Ένα από τα βασικότερα ζητούμενα στη σύζευξη νευροεπιστημών και παιδαγωγικής επιστήμης είναι η προσπάθεια για πρακτική εφαρμογή όσων υποστηρίζονται σε θεωρητικό και ερευνητικό επίπεδο για τη σύνδεση συναισθημάτων και μάθησης (Immordino-Yang & Faeth, 2010), το οποίο όπως αναφέρθηκε και στην Εισαγωγή αποτελεί βασικό πρόβλημα στην επικοινωνία των δυο αυτών επιστημών και κατά συνέπεια επιχειρείται στη συνέχεια μια συνοπτική παρουσίαση κάποιων στρατηγικών που μπορούν να ακολουθήσουν οι εκπαιδευτικοί στην προσπάθειά τους να ενσωματώσουν τα συναισθήματα στη μάθηση. Η σημαντικότερη ίσως στρατηγική που μπορεί να χρησιμοποιήσει ένας εκπαιδευτικός προκειμένου να ενσωματώσει τα συναισθήματα στη μάθηση είναι ο σχεδιασμός μιας εκπαιδευτικής εμπειρίας η οποία θα ενθαρρύνει τη συναισθηματική σύνδεση με το υλικό που μαθαίνεται. Το πρώτο βήμα που μπορεί να γίνει είναι να διερευνηθεί το θέμα που έχει επιλεγεί προς διδασκαλία με την ενεργό συμμετοχή των μαθητών σε αυτήν τη διαδικασία

επιλογής, καθώς έχει φανεί πως όταν οι τελευταίοι συμμετέχουν στο σχεδιασμό του μαθήματος, αφενός αντιλαμβάνονται καλύτερα το στόχο αυτού και αφετέρου επενδύουν συναισθηματικά, κάτι που συνδέεται με τα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Επιπλέον, αυτού του είδους η συμμετοχική προσέγγιση έχει τη δύναμη να αναπτύξει στα άτομα την αίσθηση ότι κάτι είναι δικό τους, η οποία είναι πολύ βασική για τα συναισθήματά που θα βιώσουν αργότερα. Ακόμη, βοηθητικός φαίνεται να είναι ο εμπλουτισμός του μαθήματος με υλικό από την ζωή και τα ενδιαφέροντα των παιδιών, καθώς κάτι τέτοιο συσχετίζει τις καθημερινές εμπειρίες με τη μάθηση, και έτσι αρχίζουν και οι μαθητές να μπορούν να αναγνωρίζουν και να διερευνούν τέτοιες συνδέσεις. Όταν οι μαθητές ενθαρρύνονται να δίνουν το προσωπικό τους στίγμα και να συμμετέχουν στην επιλογή του ακαδημαϊκού υλικού, αρχίζουν να αναπτύσσουν μία συναισθηματική διαίσθηση, η οποία τους επιτρέπει να παίρνουν αποφάσεις που αφορούν στην καθημερινή ζωή (Immordino-Yang & Faeth, 2010). Ένα άλλο βοηθητικό εργαλείο για τη συναισθηματική εμπλοκή είναι η διδασκαλία του τρόπου επίλυσης προβλημάτων ανοικτού τύπου, καθώς τέτοιου είδους προβλήματα δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να προσπαθήσουν να ορίσουν το έργο χρησιμοποιώντας τις δικές τους γνώσεις που αφορούν στη συνάφεια, στην εξοικείωση, στη δημιουργικότητα και στο ενδιαφέρον για τη διαδικασία (Ablin, 2008). Γενικά, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να προσπαθούν να σχεδιάζουν διάφορες δραστηριότητες, ο στόχος των οποίων οφείλει να είναι η δημιουργία χώρου για να προκύψουν συναισθηματικές αποκρίσεις αλλά και για να εμφανιστούν λάθη, καθώς αυτά είναι πολύ βοηθητικά κατά τη διάρκεια της μάθησης, υπό προϋποθέσεις. Πιο συγκεκριμέν, το να επιτραπεί απλώς στους μαθητές να κάνουν λάθη δεν είναι αρκετό, καθώς η αποτελεσματικότητα των λαθών φαίνεται μόνο όταν υπάρχει ένα κλίμα εμπιστοσύνης και σεβασμού στην τάξη, κάτι που καθιστά τις κοινωνικές σχέσεις μαθητών και δασκάλων πολύ σημαντικές (Immordino-Yang & Faeth, 2010).

Άλλη μια στρατηγική αφορά στην επίλυση των προβλημάτων. Αναλυτικότερα, αφού επιλεγεί το θέμα διδασκαλίας, οι εκπαιδευτικοί θα χρειαστεί να ενθαρρύνουν τους μαθητές να αξιοποιούν τη διαίσθησή τους και να επιλύουν τα προβλήματα στην τάξη. Από μία νευροεπιστημονική σκοπιά, η διαίσθηση είναι η ενσωμάτωση των ασυνείδητων συναισθηματικών σημάτων στη γνώση. Για να γίνει αυτό καλύτερα κατανοητό θα πρέπει να αναφερθεί ξανά το Iowa Gambling Test, στο οποίο οι τυπικοί συμμετέχοντες άρχισαν να δείχνουν μία συναισθηματική αδυναμία πριν επιλέξουν μία κάρτα από την επικίνδυνη ομάδα, συναισθηματική αντίδραση η οποία ενσωματώθηκε τελικά στην κατανόηση των κανόνων και η οποία τους βοηθούσε να επιλέξουν συγκεκριμένες κάρτες. Οι εμπειρίες που σχηματίζονται τελικά βασίζονται όλο και περισσότερο στις αποφάσεις που έχει λάβει κάθε συμμετέχοντας και έτσι διευκολύνουν το σχηματισμό συνειδητών γνωστικών κανόνων, κάτι που μπορεί να θεωρηθεί ως μάθηση (Bechara et al., 2005). Με ανάλογο τρόπο, πρέπει και οι μαθητές να μπορούν να έχουν ευκαιρίες, ώστε να αναπτύξουν αυτήν τη διαίσθηση σχετικά με τον τρόπο και το χρόνο χρήσης του εκάστοτε εκπαιδευτικού υλικού. Οι ατομικές, προσωπικές σκέψεις σε τέτοιες περιπτώσεις είναι εξαιρετικά βοηθητικές, ώστε να αναπτυχθούν χρήσιμες, γενικευμένες και αξιοσημείωτες γνώσεις, οι οποίες ταυτόχρονα παράγουν διαισθήσεις οι οποίες μπορούν να μεταφερθούν και σε άλλες καταστάσεις, ακαδημαϊκές και μη. Η νευροεπιστήμη δηλώνει ότι σε ένα μακροπρόθεσμο πλαίσιο, όταν οι εκπαιδευτικοί ενσωματώνουν ευκαιρίες στα προγράμματα σπουδών τους ώστε τα παιδιά να αναπτύξουν εξειδικευμένη διαίσθηση, τα τελευταία μπορούν να μάθουν αποδοτικότερα, καθώς θυμούνται καλύτερα όσα έμαθαν. Αν δεν αναπτυχθεί η συναισθηματική διαίσθηση, είναι πολύ πιθανό οι μαθητές να μην θυμούνται το υλικό μακροπρόθεσμα ή και αν το θυμούνται δεν θα μπορούν να το εφαρμόσουν σε νέες καταστάσεις, καθώς θα έχουν μια πιο αφηρημένη μνήμη από αυτό. Τέλος, η ανάπτυξη των συναισθημάτων εξαρτάται από το κλίμα της τάξης και συχνά πολλοί δάσκαλοι στην προσπάθειά τους να δημιουργήσουν θετικά συναισθήματα μπορεί να

υιοθετήσουν τρόπους που δεν σχετίζονται με το διδασκόμενο αντικείμενο, όπως το να κάνουν αστεία. Μια χρονομετρημένη δόση χιούμορ σαφώς μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές ώστε να επενδύσουν συναισθηματικά στην τάξη, καθώς νιώθουν ότι είναι ένα χαρούμενο μέρος στο οποίο θέλουν να ανήκουν, ενώ παράλληλα αισθάνονται ασφαλείς και εκφράζονται ακόμη και όταν κάνουν λάθη, κάτι που τους δίνει την ευκαιρία να μαθαίνουν από αυτά. Ωστόσο, τα συναισθήματα που είναι άσχετα με το μάθημα μπορεί να επηρεάσουν την ικανότητα των ατόμων να μάθουν, αφού εμποδίζουν την ικανότητα των μαθητών να κατευθύνουν τα συναισθήματά τους και έτσι να αναπτύσσουν και να εφαρμόζουν νέες σημασιολογικές γνώσεις. Συνακολούθως, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να διαχειριστούν αποτελεσματικά το κλίμα της τάξης τους και να βρουν μία ισορροπία προκειμένου να υπάρχει ενεργή διαχείριση των συναισθημάτων. Όσο πιο πολύ τα παιδιά αρχίζουν να εξοικειώνονται με τα συναισθήματα τόσο οι συναισθηματικές δραστηριότητες που δεν σχετίζονται άμεσα με το διδασκόμενο αντικείμενο μπορούν να ξεθωριάζουν, δίνοντας χώρο στην ενεργή συναισθηματική εμπειρία της μάθησης και βοηθώντας τους μαθητές να παρακολουθήσουν, να εμπιστευτούν και να βιώσουν συναισθηματικά μηνύματα μέσα από αυτές τις ακαδημαϊκές εμπειρίες (Immordino-Yang & Faeth, 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαιωτικά Συμπεράσματα

Βάσει όλων των θεωρητικών και των ερευνητικών δεδομένων που έχουν παρουσιαστεί στην παρούσα εργασία, θα μπορούσε να υποστηριχθεί πως οι θεωρίες νευρωνικής επαναχρησιμοποίησης φαίνεται να ισχύουν για πρόσφατες εξελικτικές ικανότητες του ανθρώπινου είδους, όπως είναι η γλώσσα και τα μαθηματικά. Μάλιστα, η παρούσα ανασκόπηση φαίνεται να απομακρύνει περαιτέρω την επιστημονική σκέψη από αυστηρές εντοπιστικές θεωρήσεις, οι οποίες υποστήριζαν πως συγκεκριμένες εγκεφαλικές περιοχές επιτελούν πολύ συγκεκριμένους ρόλους (Immordino-Yang & Fischer, 2009), με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αυτό της περιοχής VWFA η οποία λειτουργεί ενισχυτικά και για τη θεωρία Νευρωνικής Ανακύκλωσης, καθώς αποδεικνύει πως μια περιοχή που είχε ως πρωταρχικό στόχο την αναγνώριση προσώπων έχει πλέον αναλάβει και άλλη λειτουργία, αυτήν της ανάγνωσης, σε άτομα τα οποία έχουν σχετική γνώση (Dehaene, 2010). Αυτή η διαπίστωση επιβεβαιώνεται από αρκετές απεικονιστικές μελέτες, οι οποίες υποστήριζαν ότι υπάρχουν μικρά φλοιικά τμήματα σε διάφορες περιοχές του εγκεφάλου, τα οποία χρησιμοποιούνται για την ανάγνωση και την αριθμητική αυτοματοποιημένα, περιοχές όμως που προτείνεται ότι παλιότερα αφορούσαν σε μία άλλη λειτουργία, σχετική με αυτήν που τελικά ανέλαβαν. Με αυτόν τον τρόπο επιβεβαιώνεται για ακόμη μια φορά η ισχύς της Νευρωνικής Ανακύκλωσης.

Βασικό σημείο διαφωνίας στη βιβλιογραφία που παρουσιάστηκε αποτελεί το γεγονός ότι δυσκολίες που σχετίζονται με την ανάγνωση, όπως η δυσλεξία, δεν έχουν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία βάσει των οποίων μπορούν να χαρακτηριστούν ως αναπτυξιακές

διαταραχές και άρα να γίνει αντιληπτό ποιο ακριβώς είναι το νευρο-ανατομικό μοτίβο το οποίο θα διαφοροποιούσε ένα άτομο με δυσλεξία από ένα τυπικώς αναπτυσσόμενο άτομο αναφορικά με την εκπαίδευσή τους στον τομέα της ανάγνωσης, ενώ ταυτόχρονα οι δυσκολίες που αφορούν τα μαθηματικά δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς.

Το βασικότερο συμπέρασμα, ωστόσο, είναι ότι στη διαδικασία της μάθησης σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζουν τα συναισθήματα, τα οποία δεν μπορούν να αποκλείονται από την εκπαιδευτική διαδικασία καθώς λειτουργούν υποστηρικτικά. Τα συναισθήματα καθοδηγούν τη μάθηση και συχνά με έναν ασυνείδητο τρόπο σταθεροποιούν σταδιακά τις αποφάσεις και τις συμπεριφορές του ατόμου, αφού πρώτα του έχουν επιτρέψει να αναγνωρίσει και να ανακαλέσει τη σχετική γνώση (Immordino-Yang & Faeth, 2010).

Ένα άλλο βασικό συμπέρασμα είναι το γεγονός ότι μεγάλη σημασία έχει και η έκθεση του ατόμου στον πολιτισμό, ο οποίος φαίνεται να επιδρά με έμμεσο τρόπο σε αυτό, καθώς καθορίζει το πώς νιώθει το άτομο, το πώς αντιλαμβάνεται και ορίζει αυτό που νιώθει (Immordino-Yang & Damasio, 2014), ενώ παράλληλα οι πολιτισμικοί κανόνες και οι αξίες που ισχύουν στην κάθε κοινωνία επηρεάζουν το άτομο και σε νευρωνικό επίπεδο, μέσα από το οποίο βιώνει τα συναισθήματά του. Η εμπειρία που είχε ένα άτομο από κάποιο μαθησιακό έργο είναι πολλές φορές καθοριστική για τη μελλοντική συμπεριφορά που θα αναπτύξει το συγκεκριμένο άτομο, ακόμα και σε ακαδημαϊκό επίπεδο, και αυτό γιατί ο τρόπος με τον οποίο δομούνται και επεξεργάζονται τα άτομα τα συναισθήματά τους είναι βασικός για τη γνωστική και για την ακαδημαϊκή επίδοσή τους, και επομένως είναι χρήσιμη γνώση για τους εκπαιδευτικούς και για την εκπαιδευτική διαδικασία συνολικά, η οποία θα πρέπει να έχει ως στόχο την ενσωμάτωση των συναισθημάτων στη μάθηση (Immordino-Yang & Gotlieb, 2017). Οι εκπαιδευτικοί διαδραματίζουν καίριο ρόλο σε αυτήν την προσπάθεια και οφείλουν να αντιλαμβάνονται την ανάπτυξη του παιδιού με έναν πιο ολιστικό τρόπο, κάτι που σημαίνει ότι πρέπει να εκπαιδεύεται το παιδί, αλλά ταυτόχρονα να συμμετέχει σε αυτήν την

εκπαίδευση η οικογένεια και η κοινωνία, ενέργεια που απαιτεί βασικές αλλαγές στις εκπαιδευτικές στρατηγικές και πολιτικές, είναι όμως καθοριστικής σημασίας για την επιτυχημένη ανάπτυξη του παιδιού (Immordino-Yang et al., 2018).

Καταληκτικά, πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η επιστήμη της ανάπτυξης του ανθρώπινου εγκεφάλου συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση και εξήγηση του τρόπου με τον οποίον είναι αλληλένδετα τα συναισθήματα, η ακαδημαϊκή και η κοινωνική ανάπτυξη, αλλά και των απαραίτητων κοινωνικών σχέσεων, των συναισθηματικών εμπειριών και των γνωστικών πηγών, οι οποίες παρέχουν τις απαραίτητες ευκαιρίες για μάθηση στο άτομο, κάνοντας με αυτόν τον τρόπο τη σύζευξη νευροεπιστημών και εκπαιδευτικής έρευνας να φαντάζει πιο αναγκαία από ποτέ.

Περιορισμοί Έρευνας

Αρκετές από τις έρευνες που πραγματοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο είναι έρευνες που γίνονται σε θηλαστικά, με συχνή χρήση πιθήκων, όπως για παράδειγμα συνέβη στην περίπτωση των κατοπτρικών νευρώνων, γεγονός που όμως δεν επιτρέπει σε όλες τις περιπτώσεις την εφαρμογή των αποτελεσμάτων αυτών των ερευνών και στο ανθρώπινο είδος. Μάλιστα, δεν είναι απαραίτητη η ποιοτική μοναδικότητα των νευρικών μηχανισμών σε ένα είδος, απλά και μόνο επειδή ένα γνωστικό χαρακτηριστικό εκφράζεται με έναν πολύ συγκεκριμένο και πιθανά μοναδικό τρόπο στο συγκεκριμένο είδος, με αποτέλεσμα να χρίζουν ιδιαίτερης προσοχής όλες εκείνες οι αξιώσεις που αφορούν στη μοναδικότητα της κοινωνικής γνώσης που υπάρχει στους ανθρώπους.

Ακόμη, δεδομένου ότι οι περισσότερες έρευνες είναι νευρο-μελέτες με συμμετέχοντες στους οποίους ανατίθεται κάποια εργασία και παρατηρείται η ενεργοποίηση των εγκεφαλικών περιοχών, πολύ συχνά υπάρχει αναφορά για δυσκολία γενίκευσης των

αποτελεσμάτων τους λόγω του μικρού δείγματος, ενώ παράλληλα - ιδίως για την περίπτωση της γλώσσας, η οποία αποτελούσε βασικό δεδομένο της συγκεκριμένης μελέτης - τα περισσότερα στοιχεία προέρχονται από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε άτομα που μιλούσαν αγγλικά και συνεπώς δεν μπορούν να υπάρξουν βέβαια συμπεράσματα για το τι θα ίσχυε σε περιπτώσεις αλλόγλωσσων ομιλητών.

Ένας ακόμα μεθοδολογικός περιορισμός σχετικός με το δείγμα αφορά στον τρόπο επιλογής των συμμετεχόντων σε κάθε έρευνα, αλλά και στο σε ποια εγκεφαλικά τμήματα επικεντρώνεται η εκάστοτε έρευνα. Συχνά προκύπτουν περιορισμοί όταν χρησιμοποιούνται δεδομένα από ενήλικες για να διερευνηθούν θεωρητικά ερωτήματα όπως η δυσλεξία, μια διαταραχή που όμως αφορά και άλλες ηλικίες. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να είναι παραπλανητική η εφαρμογή δεδομένων από ενήλικες συμμετέχοντες με δυσλεξία, ιδίως όταν αυτοί έχουν συμμετάσχει σε έρευνες σε μεγάλη ηλικία, καθώς έχουν ολοκληρώσει την εκμάθηση της ανάγνωσης, η οποία πιθανότητα συμβάλλει στην εγκεφαλική οργάνωση. Συνεπώς, η σύγκριση αυτών των δύο ηλικιακών ομάδων και τα συνακόλουθα αποτελέσματα είναι πολύ συχνά επισφαλής. Ειδικά για έρευνες που αφορούν σε παιδιά μικρής ηλικίας σχετικά με κάποιες γνωστικές λειτουργίες, όπως τα μαθηματικά και η γλώσσα, ελλοχεύει ο κίνδυνος μερικά από αυτά να μην έχουν εκτεθεί στην εκπαίδευση, καθόλου ή έστω επαρκώς, των σχετικών γνωστικών δεξιοτήτων και άρα είναι πιθανότερο να δείξουν μεγάλες διαφοροποιήσεις και αποκλίσεις στα μοτίβα εγκεφαλικής ενεργοποίησης και κατ' επέκταση πιθανές αποκλίσεις από το φυσιολογικό.

Ένας επιπρόσθετος περιορισμός σχετίζεται με την εκάστοτε έρευνα και το πώς ορίζει αυτή τις δεξιότητες που μελετά. Πιο συγκεκριμένα, ειδικά για τη δυσαριθμησία, επειδή πρόκειται για μια διαταραχή που δεν έχει μελετηθεί όσο η δυσλεξία, παρατηρείται πολύ έντονα στη βιβλιογραφία μια ποικιλία στα κριτήρια χαρακτηρισμού των παιδιών ως παιδιά με δυσαριθμησία, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν κοινά κριτήρια επιλογής του δείγματος, και

σε πολλές περιπτώσεις να είναι αμφίβολο αν οι συμμετέχοντες εντάσσονται όλοι στην κατηγορία της διαταραχής που μελετάται.

Τέλος, παρόμοιο πρόβλημα παρατηρείται και αναφορικά με τη δόμηση στρατηγικών οι οποίες ενσωματώνουν τα συναισθήματα στην εκπαιδευτική διαδικασία, έχουν εφαρμοστεί σε τέτοια πλαίσια και σε ικανοποιητικό αριθμό συμμετεχόντων ώστε να μπορούν να παραχθούν αξιολογικά συμπεράσματα, τα οποία έπειτα από αξιολόγηση θα μπορούσαν να οδηγήσουν στη δόμηση συγκεκριμένων στρατηγικών, με αποδεδειγμένη αποτελεσματικότητα, ώστε να υπάρξει πλέον και πρακτική εφαρμογή όλων όσων υποστηρίζονται σε θεωρητικό επίπεδο.

Προτάσεις για Μελλοντικές Έρευνες

Ως απόρροια όλων όσων έχουν αναφερθεί σε θεωρητικό επίπεδο και των κενών που έχουν εντοπιστεί από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, προτείνονται κάποιες πιθανές μελλοντικές έρευνες που θα μπορούσαν να εμπλουτίσουν το διάλογο νευροεπιστημών και παιδαγωγικής επιστήμης, προκειμένου τα ευρήματα του ενός πεδίου να βρίσκουν εφαρμογή και στο άλλο, επιτυγχάνοντας έτσι έναν ουσιαστικό και αποτελεσματικό διάλογο. Αρχικά, πρέπει να καθοριστεί εάν υπάρχουν αλλαγές στη συνεισφορά λειτουργιών που σχετίζονται με την ανάγνωση κατά την ωρίμανση του ανθρώπινου εγκεφάλου, και αν τελικά ισχύει αυτή η αλλαγή, να μελετηθούν οι βάσεις μιας τέτοιας αναπτυξιακής αναπροσαρμογής.

Αναφορικά με τις γνωστικές λειτουργίες που αναφέρθηκαν, πρέπει να μελετηθεί περισσότερο ο τομέας που σχετίζεται με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα παιδιά στα μαθηματικά, και συγκεκριμένα η νευρωνική ευπλαστικότητα και τα όριά της σε παιδιά με δυσαριθμησία, παράλληλα με μια προσπάθεια να καταγραφούν τα συμπεριφορικά της

αποτελέσματα. Με αυτόν τον τρόπο πιθανώς να παραχθούν μελέτες που θα βοηθήσουν αφενός στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου, στη βάση του, αλλά και στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί, λαμβάνοντας υπόψη τις θεωρίες Νευρωνικής Ανακύκλωσης.

Επιπλέον, είναι απαραίτητη η εύρεση ενός νευροανατομικού μοτίβου το οποίο διαφοροποιείται στον εγκέφαλο των παιδιών με δυσλεξία και στον εγκέφαλο ενός τυπικώς αναπτυσσόμενου παιδιού κατά τη διαδικασία της εκπαίδευσης, προκειμένου να καθοριστεί τελικά η φύση της διαταραχής, εάν δηλαδή πρόκειται για μία νευροαναπτυξιακή διαταραχή ή όχι, γεγονός που θα οδηγήσει στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου και κατ' επέκταση στον ορθότερο και αποτελεσματικότερο σχεδιασμό παρεμβάσεων. Θα ήταν χρήσιμος ο σχεδιασμός ενός νευρωνικού χάρτη για την περίπτωση της δυσλεξίας και των διαδικασιών που σχετίζονται με όλες τις διαδικασίες που επιδρούν στην ανάγνωση.

Μία ακόμη ενδιαφέρουσα έρευνα θα μπορούσε να περιλαμβάνει τη μελέτη της αναγνωστικής διαδικασίας των Ελλήνων αναγνωστών λόγω της ιδιαιτερότητας της ελληνικής γλώσσας, η οποία αναφέρθηκε στην παρούσα εργασία, μελέτη που θα μπορούσε να συνδυαστεί με την προηγούμενη πρόταση, την εύρεση δηλαδή ενός νευροανατομικού μοτίβου διαφοροποίησης της δυσλεξίας και συγκεκριμένα πιθανής διαφοροποίησης αυτού του μοτίβου ανάλογα με τη γλώσσα την οποία γνωρίζουν και μιλούν οι συμμετέχοντες.

Περαιτέρω έρευνα, κατανόηση και πρακτική σύνδεση απαιτείται και ως προς την επίδραση του πολιτισμού στο σχηματισμό και στην έκφραση των συναισθημάτων, προσεγγίζοντας με αυτόν τον τρόπο πιθανές διαφοροποιήσεις της νευρωνικής έκφρασης των συναισθημάτων ως αποτέλεσμα του εκάστοτε πολιτισμού, μέσα στον οποίο αναπτύσσεται ένα άτομο.

Τέλος, κρίνεται απαραίτητος ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και τελικά η μελέτη των αποτελεσμάτων στρατηγικών που θα ενσωματώνουν τα κοινωνικά συναισθήματα σε μαθητές

με διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο, διαφορετική γλώσσα και πιθανές διαταραχές που σχετίζονται με την ανάγνωση και τα μαθηματικά, προκειμένου να φανεί ο τρόπος και η ένταση με την οποία επιδρούν αυτά στη μάθηση, σε ένα πιο ολιστικό πλαίσιο, λαμβάνοντας υπόψη και άλλους παράγοντες, οι οποίοι ανά περιπτώσεις μπορεί να παραβλέπονται από τις νευροεπιστήμες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ablin, J. (2008). Learning as Problem Design Versus Problem Solving: Making the Connection Between Cognitive Neuroscience Research and Educational Practice. *Mind, Brain, and Education, Vol 2* (No 2), 52-54. Ανακτήθηκε 16 Δεκεμβρίου, 2018, από <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1751-228X.2008.00030>.
- Anderson, M. L. (2007). The massive redeployment hypothesis and the functional topography of the brain. *Philosophical Psychology, Vol 20* (No 2), 143-174.
- Anderson, M. L. (2008). Circuit sharing and the implementation of intelligent systems. *Connection Science, Vol 20* (No 4), 239–51.
- Anderson, M. L. (2010). Neural reuse: A fundamental organizational principle of the brain. *Behavioral and Brain Sciences, Vol 33* (No 4), 245–266.
- Anderson, M. L. (2014). *After phrenology: neural reuse and the interactive brain*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Anderson, M. (2015). Précis of after phrenology: Neural Reuse and the interactive brain. *Behavioral and Brain Sciences, Vol 39* (No 120), 1-46. Ανακτήθηκε 9 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.cambridge.org/core/journals/behavioral-and-brain-sciences/article/precis-of-after-phrenology-neural-reuse-and-the-interactive-brain/A0EFCDD4E0C2EC213CDE48E19808238C>.
- Ansari, D. (2012). Culture and education: New frontiers in brain plasticity. *Trends in Cognitive Sciences, Vol 16* (No 2), 93-95. Ανακτήθηκε 12 Φεβρουαρίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22206752>.
- Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., Tenison, C., & Menon, V. (2012). Weak task-related modulation and stimulus representations during arithmetic problem solving in children with developmental dyscalculia. *Developmental Cognitive Neuroscience, Vol 2*, 152-

166. Ανακτήθηκε 5 Μαρτίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22682904>.
- Barrett, L. F., Mesquita, B., Ochsner, K. N. & Gross, J. J. (2007). The experience of emotion. *Annual Review of Psychology, Vol 58*, 373-403. Ανακτήθηκε 2 Φεβρουαρίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1934613/>.
- Battro, A. (2001). *Half a brain is enough*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. & Damasio, A. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science, Vol 275* (No 5304), 1293-1295. Ανακτήθηκε 3 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9036851>.
- Bechara, A. (2005). Decision making, impulse control and loss of willpower to resist drugs: A neurocognitive perspective. *Nature Neuroscience, Vol 8* (No 11), 1458-1463. Ανακτήθηκε 2 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16251988>.
- Beilock, S. (2010). *Choke: What the secrets of the brain reveal about getting it right when you have to*. New York, NY, US: Free Press.
- Bishop, D. & Rutter, M. (2008). Neurodevelopmental disorders: Conceptual issues. In M. Rutter, D. Bishop, D. Pine, S. Scott, J. S. Stevenson, E. A. Taylor & A. Thapar (Eds.), *Rutter's Child and Adolescent Psychiatry, 5th Edition* (pp. 32-41). Oxford, UK: Blackwell.
- Bishop, D. V. M. (2010). Which neurodevelopmental disorders get researched and why?. *PLoS ONE, Vol 5* (No 11), e15112. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου, 2019, από <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0015112>.
- Bonnelle, V., Leech, R., Kinnunen, K., Ham, T., Beckmann, C., De Boissezon, X., Greenwood, R. & Sharp, D. (2011). Default mode network connectivity predicts

- sustained attention deficits after traumatic brain injury. *Journal of Neuroscience*, Vol 31 (No 38), 13442-13451. Ανακτήθηκε 3 Ιουνίου, 2019, από <https://www.pnas.org/content/pnas/109/12/4690.full.pdf>.
- Brannon, E. M. & Terrace, H. S. (1998). Ordering of the numerosities 1 to 9 by monkeys. *Science*, Vol 282 (No 5389), 746-749.
- Brem, S., Bach, S., Kucian, K., Kujala, J., Guttorm, T., Martin, E., Lyytinen, H., Brandeis, D. & Richardson, U. (2010). Brain sensitivity to print emerges when children learn letter-speech sound correspondences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol 107 (No 17), 7939-7944. Ανακτήθηκε 12 Ιανουαρίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20395549>.
- Bugden, S. & Ansari, D. (2015). How can cognitive developmental neuroscience constrain our understanding of developmental dyscalculia? In S. Chinn (Ed.), *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical learning difficulties* (pp. 18-43). New York: Routledge.
- Cantlon, J., Davis, S., Libertus, M. & Pelphrey, K. (2011). Inter-parietal white matter development predicts numerical performance in young children. *Learning and Individual Differences*, Vol 21 (No 6), 672-680.
- Castles, A., Kohnen, S., Nickels, L. & Brock, J. (2014). Developmental disorders: What can be learned from cognitive neuropsychology? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, Vol 369, 1-9. Ανακτήθηκε 16 Φεβρουαρίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24324246>.
- Changizi, M., Zhang, Q., Ye, H. & Shimojo, S. (2006). The structures of letters and symbols throughout human history are selected to match those found in objects in natural scenes. *The American Naturalist*, Vol 167 (No 5), 117-139. Ανακτήθηκε 16 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16671005>.
- Chinn, S. (2015). *The Routledge international handbook of dyscalculia and mathematical*

- learning difficulties*. Abingdon: Routledge.
- Culham, J. C. & Valyear, K. F. (2006) Human parietal cortex in action. *Current Opinion in Neurobiology*, Vol 16 (No 2), 205-12. Ανακτήθηκε 10 Δεκεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16563735>.
- Damasio, H., Grabowski, T. J., Tranel, D., Hichwa, R. D. & Damasio, A. R. (1996). A neural basis for lexical retrieval. *Nature*, Vol 381 (No 6585), 499-505.
- Damasio, A. R. (1999). *The feeling of what happens*. New York, NY: Harcourt Brace.
- Damasio, A. R. (2005). *Descartes' error: Emotion, reason and the human brain*. New York, NY: Random House.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense*. New York: Oxford University Press.
- Dehaene, S. & Naccache, L. (2001). Towards a cognitive neuroscience of consciousness: Basic evidence and a workspace framework, *Cognition*, Vol 79, 1-37.
- Dehaene, S., Le Clec'H, G., Poline, J. B., Le Bihan, D. & Cohen, L. (2002). The visual word form area: A prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport*, Vol 13 (No 3), 321-325.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P. & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, Vol 20, 487-506. Ανακτήθηκε 23 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20957581>.
- Dehaene, S., Jobert, A., Naccache, L., Ciuciu, P., Poline, J., Le Bihan, D. & Cohen, L. (2004a). Letter binding and invariant recognition of masked words. Behavioral and neuroimaging evidence. *Psychological Science*, Vol 15 (No 5), 307-313. Ανακτήθηκε 9 Δεκεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15102139>.
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L. & Wilson, A. (2004b). Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology*, Vol 14 (No 2), 218-224. Ανακτήθηκε 12 Δεκεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15082328>.

- Dehaene, S. (2005). Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The “Neuronal Recycling” hypothesis. In S. Dehaene, J.-R. Duhamel, M. D. Hauser & G. Rizzolatti (Eds.), *From Monkey Brain to Human Brain* (pp. 133-157). Cambridge, MA: MIT Press.
- Dehaene, S., Izard, V., Spelke, E. & Pica, P. (2008). Log or linear? Distinct intuitions of the number scale in western and Amazonian indigene cultures. *Science*, Vol 320 (No 5880), 1217-1220. Ανακτήθηκε 30 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2610411>.
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain: The new science of how we read*, New York: Penguin Press.
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L., Ventura, P., Filho, G., Jobert, A., Dehaene-Lambertz, G., Kolinsky, R., Morais, J. & Cohen, L. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, Vol 330 (No 6009), 1359-1364. Ανακτήθηκε 7 Δεκεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21071632>.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Devlin, R. H., D’Andrade, M., Uh, M. & Biagi, C. A. (2004). Population effects of growth hormone transgenic coho salmon depend on food availability and genotype by environment interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol 101 (No 25), 9303–9308. Ανακτήθηκε 17 Ιανουαρίου, 2019, από <https://www.pnas.org/content/101/25/9303>.
- Fabry, R. E. (2017). Cognitive innovation, cumulative cultural evolution, and enculturation. *Journal of Cognition and Culture*, Vol 17 (No 5), 375–395. Ανακτήθηκε 11 Απριλίου, 2019, από https://www.academia.edu/36230706/Cognitive_Innovation_Cumulative_

Cultural_Evolution_and_Enculturation.

- Fabry, R. (2019). The cerebral, extra-cerebral bodily, and socio-cultural dimensions of enculturated arithmetical cognition. *Synthese*, 1-36. Ανακτήθηκε 21 Μαΐου, 2019, από <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11229-019-02238-1#citeas>.
- Farah, M. (2017). The neuroscience of socioeconomic status: correlates, causes, and consequences. *Neuron*, Vol 96 (No 1), 56-71. Ανακτήθηκε 30 Μαρτίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28957676>.
- Galaburda, A. & Sherman, G. (2007). The genetics of dyslexia: what is the phenotype?. In K. Fischer, J. Bernstein & M. Immordino-Yang (Eds.), *Mind, Brain, and Education in Reading Disorder, 1st Edition* (pp. 16-26). New York: Cambridge University Press.
- Gallese, V. (2003). The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*, Vol 358, 517–528.
- Gallese, V. & Lakoff, G. (2005). The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cognitive Neuropsychology*, Vol 22 (No 3-4), 455-479.
- Gallese, V. (2006). Intentional attunement: A neurophysiological perspective on social cognition and its disruption in autism. *Brain Research*, Vol 1079 (No 1), 15-24.
- Gallese, V. (2008). Mirror neurons and the social nature of language: The neural exploitation hypothesis. *Social Neuroscience*, Vol 3 (No 3-4), 317-333. Ανακτήθηκε 26 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17470910701563608>.
- Gashaj, V., Oberer, N., Mast, F. & Roebbers, C. (2019). Individual differences in basic numerical skills: The role of executive functions and motor skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, Vol 182, 187-195. Ανακτήθηκε 17 Απριλίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30831383>.
- Glenberg, A. & Kaschak, M. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin &*

- Review, Vol 9 (No 3)*, 558-565. Ανακτήθηκε 16 Ιανουαρίου, 2019, από <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03196313>.
- Goldin-Meadow, S. (2005). *Hearing gesture: How our hands help us think*. Cambridge, Mass: Belknap Press.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: from research to practice?. *Nature Reviews Neuroscience, Vol 7 (No 5)*, 406-413. Ανακτήθηκε 13 Οκτωβρίου, 2018, από <https://www.springer.com/gp>.
- Goswami, U. (2010). *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development*. Malden, Mass.: Wiley-Blackwell.
- Grazzani, I., Ornaghi, V., Conte, E., Pepe, A. & Caprin, C. (2018). The relation between emotion understanding and theory of mind in children aged 3 to 8: The key role of language. *Frontiers in Psychology, Vol 9*, 24-28.
- Grigorenko, E. L. (2005). A conservative meta-analysis of linkage and linkage-association studies of developmental dyslexia. *Scientific Studies of Reading, Vol 9 (No 3)*, 285-316. Ανακτήθηκε 25 Νοεμβρίου, 2018, από https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s1532799xssr0903_6.
- Hair, N., Hanson, J., Wolfe, B. & Pollak, S. (2015). Association of child poverty, brain development, and academic achievement. *JAMA Pediatrics, Vol 169 (No 9)*, 822-829.
- Hauser, M., Carey, S. & Hauser, L. (2000). Spontaneous number representation in semi-free-ranging rhesus monkeys. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, Vol 267 (No 1445)*, 829-833. Ανακτήθηκε 15 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10819154>.
- Henrich, J. P. (2016). *The secret of our success: How culture is driving human evolution, domesticating our species, and making us smarter*. Princeton: Princeton University Press.
- Herrmann, E., Call, J., Hernandez-Lloreda, M., Hare, B. & Tomasello, M. (2007). Humans

- have evolved specialized skills of social cognition: The cultural intelligence hypothesis. *Science*, Vol 317 (No 5843), 1360-1366. Ανακτήθηκε 5 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17823346>.
- Humphreys, P., Kaufmann, W. & Galaburda, A. (1990). Developmental dyslexia in women: Neuropathological findings in three patients. *Annals of Neurology*, Vol 28 (No 6), 727-738. Ανακτήθηκε 27 Απριλίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2285260>.
- Immordino-Yang, M. H. (2007). A tale of two cases: Lessons for education from the study of two boys living with half their brains. *Mind, Brain, and Education*, Vol 1 (No 2), 66-83.
- Immordino-Yang, M. H., & Damasio, A. R. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain and Education*, Vol 1 (No 1), 3-10.
- Immordino-Yang, M. H. & Deacon, T. (2007). An evolutionary perspective on reading and reading disorders. In K. Fischer, J. Bernstein & M. Immordino-Yang (Eds.), *Mind, Brain, and Education in Reading Disorder, 1st Edition* (pp. 16-26). New York: Cambridge University Press.
- Immordino-Yang, M. H. & Fischer, K. W. (2009). Neuroscience bases of learning. In V. G. Aukrust (Ed.), *International Encyclopedia of Education, 3rd Edition* (pp. 310-316). Oxford, England: Elsevier.
- Immordino-Yang, M.H., Chiao, J.Y. & Fiske, A.P. (2010). Neural reuse in the social and emotional brain. *Behavioral and Brain Sciences*, Vol 33 (No 4), 275-276. Ανακτήθηκε 4 Φεβρουαρίου, 2019, από https://www.researchgate.net/publication/47518695_Neural_reuse_in_the_social_and_emotional_brain.
- Immordino-Yang, M. H., & Faeth, M. (2010). The role of emotion and skilled intuition in

- learning. In D. A. Sousa (Ed.), *Mind, Brain, and Education: Neuroscience Implications for the classroom* (pp. 69-84). Bloomington: Solution Tree Press.
- Immordino-Yang, M. H., Christodoulou, J. & Singh, V. (2012). Rest is not idleness. *Perspectives on Psychological Science, Vol 7* (No 4), 352-364. Ανακτήθηκε 15 Μαρτίου, 2018, από <https://scottbarrykaufman.com/wp-content/uploads/2012/07/Immordino-Yang-et-al.-20120.pdf>.
- Immordino-Yang, M. H., Yang, X. & Damasio, H. (2014). Correlations between social emotional feelings and anterior insula activity are independent from visceral states but influenced by culture. *Frontiers in Human Neuroscience, Vol 8*, 1-15.
- Immordino-Yang, M. H. (2015). *Emotions, learning and the brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience*. New York: W.W. Norton & Co.
- Immordino-Yang, M. H. & Gotlieb, R. (2017). Embodied brains, social minds, cultural meaning: Integrating neuroscientific and educational research on social-affective development. *American Educational Research Journal, Vol 54* (No 1), 344-367. Ανακτήθηκε 19 Απριλίου, 2019, από <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0002831216669780>.
- Immordino-Yang, M. H., Darling-Hammond, L. & Krone, C. (2018). *The brain basis for integrated social, emotional and academic development: How emotions and social relationships drive learning*. The Aspen Institute.
- Iuculano, T., Tang, J., Hall, C. & Butterworth, B. (2008). Core information processing deficits in developmental dyscalculia and low numeracy. *Developmental Science, Vol 11* (No 5), 669-680. Ανακτήθηκε 29 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18801122>.
- James, W. (1894). Discussion: The physical basis of emotion. *Psychological Review, Vol 1* (No 5), 516-529. Ανακτήθηκε 1 Μαρτίου, 2019, από https://www.researchgate.net/publication/232595238_Discussion_The_physical_basis_of_emotion.

- Kaufmann, L., Mazzocco, M., Dowker, A., von Aster, M., Göbel, S., Grabner, R., Henik, A., Jordan, N., Karmiloff-Smith, A., Kucian, K., Rubinsten, O., Szucs, D., Shalev, R. & Nuerk, H. (2013). Dyscalculia from a developmental and differential perspective. *Frontiers in Psychology, Vol 4* (No 51), 1-21. Ανακτήθηκε 24 Ιουνίου, 2019, από <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2013.00516/full>.
- Lerner, J., Gonzalez, R., Small, D. & Fischhoff, B. (2003). Effects of fear and anger on perceived risks of terrorism. *Psychological Science, Vol 14* (No 2), 144-150. Ανακτήθηκε 5 Δεκεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12661676>.
- Mazzocco, M. & Myers, G. (2003). Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years. *Annals of Dyslexia, Vol 53* (No 1), 218-253. Ανακτήθηκε 8 Φεβρουαρίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2742419/>.
- Menary, R. (2015). Mathematical cognition: A case of enculturation. In T. Metzinger & J. M. Windt (Eds.), *Open MIND* (pp. 1–20). Frankfurt am Main: MIND Group.
- Merkley, R. & Ansari, D. (2016). Why numerical symbols count in the development of mathematical skills: Evidence from brain and behavior. *Current Opinion in Behavioral Sciences, Vol 10*, 14-20. Ανακτήθηκε 3 Ιουνίου, 2019, από <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352154616300833>.
- Nasir, N. I. S. (2012). *Racialized identities: Race and achievement among African American youth*. Palo Alto, CA: Stanford University Press.
- Nelson, C., Zeanah, C., Fox, N., Marshall, P., Smyke, A. & Guthrie, D. (2007). Cognitive recovery in socially deprived young children: The Bucharest early intervention project. *Science, Vol 318* (No 5858), 1937-1940. Ανακτήθηκε 20 Φεβρουαρίου, 2019, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18096809>.

- Oyserman, D. (2015). *Pathways to success through identity-based motivation*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Pantsar, M. (2014). An empirically feasible approach to the epistemology of arithmetic. *Synthese, Vol 191* (No 17), 4201-4229. Ανακτήθηκε 9 Οκτωβρίου, 2018, από <https://link.springer.com/article/10.1007/s11229-014-0526-y>.
- Parrila, R. & Protopapas, A. (2017). Dyslexia and word reading problems. In Cain, K., Compton, D. & Parrila, R. (Eds), *Theories of Reading Development* (pp. 333-358). Amsterdam, The Netherlands: John Benjamins Publishing Company.
- Parrington, J. (2016). The deeper genome: Why there is more to the human genome than meets the eye. *Choice Reviews Online, Vol 53* (No 07), 53-67.
- Paulesu, E., McCrory, E., Fazio, F., Menoncello, L., Brunswick, N., Cappa, S. F., Coteli, M., Cossu, G., Corte, F., Lorusso, M., Presenti, S., Gallagher, A., Perani, D., Price, C., Frith, D. & Frith, U. (2000). A cultural effect on brain function. *National Neuroscience, Vol 3* (No 1), 91-96. Ανακτήθηκε 25 Ιανουαρίου, 2019, από https://www.nature.com/articles/nn0100_91.
- Pegado, F., Nakamura, K., Cohen, L. & Dehaene, S. (2011). Breaking the symmetry: Mirror discrimination for single letters but not for pictures in the Visual Word Form Area. *NeuroImage, Vol 55* (No 2), 742-749. Ανακτήθηκε 24 Δεκεμβρίου, 2018, από <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811910015211>.
- Peisner-Feinberg, E., Burchinal, M., Clifford, R., Culkin, M., Howes, C., Kagan, S. & Yazejian, N. (2001). The relation of preschool child-care quality to children's cognitive and social developmental trajectories through Second Grade. *Child Development, Vol 72* (No 5), 1534-1553.
- Petersen, S. & Sporns, O. (2015). Brain networks and cognitive architectures. *Neuron, Vol 88* (No 1), 207-219. doi: 10.1016/j.neuron.2015.09.027.
- Price, G., R. & Ansari, D. (2013). Dyscalculia: Characteristics, causes, and treatments.

- Numeracy*, Vol 6 (No 1), 1-5. Ανακτήθηκε 24 Ιουνίου, 2019, από <https://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1112&context=numeracy>.
- Protopapas, A. & Parrila, R. (2018). Is dyslexia a brain disorder?. *Brain Sciences*, Vol 8 (No 4), 61. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου, 2018, από <https://doi.org/10.3390/brainsci8040061>.
- Protopapas, A. & Parrila, R. (2019). Dyslexia: Still not a neurodevelopmental disorder. *Brain Sciences*, Vol 9, 9. doi: 10.3390/brainsci9010009.
- Radford, L. (2014). Towards an embodied, cultural, and material conception of mathematics cognition. *ZDM*, 46(3), 349-361. doi: 10.1007/s11858-014-0591-1.
- Raichle, M. (2015). The Brain's Default Mode Network. *Annual Review Of Neuroscience*, 38(1), 433-447. doi: 10.1146/annurev-neuro-071013-014030.
- Ramus, F., Altarelli, I., Jednoróg, K., Zhao, J., & Scotto di Covella, L. (2018). Neuroanatomy of developmental dyslexia: Pitfalls and promise. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Vol 84, 434-452. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.08.001
- Rouselle, L. & Noel, M. P. (2007). Basic numerical skills in children with mathematics learning disabilities: A comparison of symbolic vs non-symbolic number magnitude processing. *Cognition*, Vol 102 (No 3), 361-395.
- Rusconi, E., Walsh, V. & Butterworth, B. (2005). Dexterity with numbers: rTMS over left angular gyrus disrupts finger gnosis and number processing. *Neuropsychologia*, Vol 43 (No 11), 1609-1624.
- Saxbe, D. & Repetti, R. (2010). For better or worse? Coregulation of couples' cortisol levels and mood states. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol 98 (No 1), 92-103.
- Saxbe, D., Yang, X., Del Piero, L. & Immordino-Yang, M. (2012). The embodiment of emotion: Language use during the feeling of social emotions predicts cortical somatosensory activity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, Vol 8 (No 7), 1-

28.

- Seeley, W., Menon, V., Schatzberg, A., Keller, J., Glover, G., & Kenna, H. et al. (2007). Dissociable Intrinsic Connectivity Networks for Salience Processing and Executive Control. *Journal Of Neuroscience*, Vol 27 (No 9), 2349-2356. doi: 10.1523/jneurosci.5587-06.2007.
- Shaywitz, S. E., Morris, R. & Shaywitz, B. A. (2008). The education of dyslexic children from childhood to young adulthood. *Annual Review of Psychology*, Vol 59, 451-475.
- Simos, P., Fletcher, J., Bergman, E., Breier, J., Foorman, B., Castillo, E., Davis, R., Fitzgerald, M. & Papanicolaou, A. (2002). Dyslexia-specific brain activation profile becomes normal following successful remedial training. *Neurology*, Vol 58 (No 8), 1203-1213. Ανακτήθηκε 21 Ιουνίου, 2019, από https://n.neurology.org/content/58/8/1203?ijkey=5b8bf40f6f4fa2f51129856546d3f7de7d772bff&keytype=tf_ipsecsha.
- Stotz, K. (2010). Human nature and cognitive–developmental niche construction. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, Vol 9 (No 4), 483-501. Ανακτήθηκε 28 Φεβρουαρίου, 2019, από <https://link.springer.com/article/10.1007/s11097-010-9178-7>.
- Swain, J., Ho, S., Rosenblum, K., Morelen, D., Dayton, C. & Muzik, M. (2017). Parent–child intervention decreases stress and increases maternal brain activity and connectivity during own baby-cry: An exploratory study. *Development and Psychopathology*, Vol 29 (No 02), 535-553.
- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., Fazio, F., Rizzolatti, G., Cappa, S. & Perani, D. (2005). Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol 17 (No 2), 273-281. Ανακτήθηκε 16 Νοεμβρίου, 2018, από <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15811239>.
- Von Aster, M. and Shalev, R. (2007). Number development and developmental dyscalculia.

Developmental Medicine & Child Neurology, Vol 49 (No 11), 868-873. Ανακτήθηκε
24 Ιουνίου, 2019, από [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8749.](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x)
2007.00868.x.