



Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας
Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών
Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών
Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία



Παιδαγωγικό τμήμα



Διδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
**Παιδαγωγική μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών και Βιοϊατρικών
Προσεγγίσεων**

POST GRADUATE THESIS

**Η Ανάπτυξη του Εγκεφάλου και οι Γνωστικές Λειτουργίες
των Παιδιών με Αναπτυξιακές Μαθησιακές Δυσκολίες**

**The Development of the Brain and the Cognitive Functions of Children
with Developmental Learning Difficulties**

ΣΟΛΩΜΟΥ ΙΩΑΝΝΑ/SOLOMOU IOANNA

Σολωμού Ιωάννα

Solomou Ioanna

ΑΝΔΡΗ ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ /ANDRI ELISSAVET

Ανδρή Ελισσάβετ

Andri Elissavet

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2021



Faculty of Health and Caring Professions
Department of Biomedical Sciences
Faculty of Administrative, Financial and Social Sciences
Department of Early Childhood Education and Care



Department of Pedagogy



Inter-Institutional Post Graduate Program
Pedagogy through innovative Technologies and Biomedical approaches

POST GRADUATE THESIS

The Development of the Brain and the Cognitive Functions of Children with Developmental Learning Difficulties

SOLOMOY IOANNA

19082

mscedt19082@uniwa.gr

giannan85@hotmail.com

FIRST SUPERVISOR

ANDRI ELISSAVET

SECOND SUPERVISOR

SOPIDOU VARVARA

AIGALEO 2021

Δήλωση συγγραφέα μεταπτυχιακής εργασίας

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η ...Σολωμού Ιωάννα..... του.....Γεωργίου....., με αριθμό μητρώου 19082 φοιτητής/τρια του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Παιδαγωγική μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών και Βιοϊατρικών Προσεγγίσεων των Τμημάτων Βιοϊατρικών Επιστημών/ Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία/Παιδαγωγική τμήμα των Σχολών Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας/Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και της Ανώτατης Σχολής Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι15/7/23..... και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.

Ο/Η Δηλών/ούσα

Σολωμού Ιωάννα

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της.

Ευχαριστώ θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου, κυρία Ελισσάβετ Ανδρή και Κυρία Βαρβάρα Σοπίδου για την εμπιστοσύνη, την καθοδήγησή τους και την υποστήριξή τους.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ την οικογένειά μου για τη συμπαράσταση και την υποστήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Στο σύζυγο μου Νίκο,

Στα παιδιά μου Άννα και Κωνσταντίνο-Γιώργο

Περίληψη

Αναμφίβολα, η μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου παρουσιάζει ένα πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος μελετήθηκε συστηματικά κατά τις τελευταίες δεκαετίες για δύο διαφορετικούς λόγους. Ο πρώτος λόγος αφορούσε το διαχρονικό ενδιαφέρον που έχει ο άνθρωπος για την εξέταση και την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αναπτύσσεται η συμπεριφορά. Ο δεύτερος λόγος αφορά την ύπαρξη της δυνατότητας για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο, χάρη στην ταχύτατη πρόοδο των νευροεπιστημών. Έτσι, κατέστη πλέον εφικτό το να μελετηθεί εις βάθος ο ανθρώπινος εγκέφαλος με τη χρήση νευροαπεικονιστικών μεθόδων και να υπάρξει μία σημαντική επίγνωση για τις λειτουργίες του.

Στη φυσιολογική ανάπτυξη, η θεωρητική έρευνα είχε εστιάσει στην ανάπτυξη μοντέλων βάσει των οποίων όπως αναπτύσσεται γνωστικά. Η θεωρία του Piaget συνιστά μία από τις πιο δημοφιλείς θεωρίες, μελετώντας τη γνωστική ανάπτυξη του ανθρώπου σε διακριτά μεταξύ τους στάδια. Με βάση την έως τώρα θεωρητική γνώση, ο άνθρωπος φαίνεται να διαθέτει εγγενώς τις γνωστικές λειτουργίες και η βιολογική ωρίμανση του εγκεφάλου να βελτιστοποιεί αυτές. Ως προς τη νευροεπιστημονική βάση της συμπεριφοράς, σε ένα πρώτο στάδιο εξέλιξης των σχετικών μελετών θεωρούνταν ότι η εκάστοτε περιοχή του εγκεφάλου είναι υπεύθυνη για μία συγκεκριμένη γνωστική λειτουργία. Ωστόσο, κατά μήκος του χρόνου διαπιστώθηκε ότι η εγκεφαλική λειτουργία είναι αρκετά πιο σύνθετη και πως μια περιοχή ενδεχομένως να είναι υπεύθυνη για περισσότερες γνωστικές λειτουργίες και το αντίστροφο.

Ως προς τις παθολογίες της ανάπτυξης, στη συγκεκριμένη μελέτη εξετάστηκαν τρεις βασικές παθολογίες, ο αυτισμός, η δυσαριθμησία και η δυσλεξία. Στην περίπτωση του αυτισμού φαίνεται ότι υπάρχει μία πληθώρα νευροβιολογικών παρεκκλίσεων στα παιδιά που πάσχουν από τη διαταραχή. Διαφορές στη συνδεσιμότητα του εγκεφάλου, η απότομη ανάπτυξη του μεγέθους του ως τους 14 μήνες, οι κυτταρικές ανωμαλίες και τα αυξημένα επίπεδα BDNF είναι ιδιαίτερα χαρακτηριστικές.

Ως προς τη δυσαριθμησία, φαίνεται ότι αυτή αναπτύσσεται σε σημαντικό βαθμό λόγω ανωμαλιών στον πλάγιο βρεγματικό λοβό. Είναι ωστόσο ασαφές το αν κάτι τέτοιο μπορεί να αποδοθεί σε γενετικές ανωμαλίες ή σε ανεπάρκεια περιβαλλοντικών ερεθισμάτων που να βοηθούν την ανάπτυξη της συγκεκριμένης περιοχής, αν και με βάση τα έως τώρα διαθέσιμα δεδομένα φαίνεται πως μάλλον ισχύει το δεύτερο παρά το πρώτο.

Τέλος, στην περίπτωση της δυσλεξίας φαίνεται ότι η ασυμμετρία στην άνω οπίσθια επιφάνεια του κροταφικού λοβού, οι ανωμαλίες στο μεσολόβιο και στη γωνιώδη έλικα έχουν κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη της διαταραχής.

Συμπερασματικά, η συγκεκριμένη μελέτη οδηγείται στη διαπίστωση πως οι νευροεπιστήμες έχουν συμβάλει καταλυτικά στην αύξηση της επίγνωσης για τις παθολογίες της ανάπτυξης. Ο αυτισμός, η δυσαριθμησία και η δυσλεξία φαίνεται να σχετίζονται με συγκεκριμένες παρεκκλίσεις της φυσιολογικής ανάπτυξης του εγκεφάλου.

Λέξεις κλειδιά: ανάπτυξη; αυτισμός; δυσαριθμησία; εγκεφάλος; νευροεπιστήμες

Abstract

Undoubtedly, the study of the human brain presents a very great interest. The human brain has been systematically studied over the past few decades for two different reasons. The first reason concerned the timeless interest that man has in examining and understanding how behavior develops. The second reason concerns the possibility of doing so, thanks to the rapid progress of neuroscience. Thus, it became possible to study the human brain in depth using neuroimaging methods and to have a significant understanding of its functions.

In normal development, theoretical research had focused on the development of models, based on different developmental stages. Piaget's theory is one of the most popular theories, studying the cognitive development of man at distinct stages. Based on the current state of knowledge, man seems to possess inherently the cognitive functions and the biological maturation of the brain to optimize them. With regard to the neuroscientific basis of behavior, at a first stage of development of the relevant studies it was considered that the specific region of the brain is responsible for a particular cognitive function. However, over time it was found that brain function is considerably more complex and that an area may be responsible for more cognitive functions and vice versa.

Regarding the pathologies of development, this study examined three main pathologies, autism, dyscalculia and dyslexia. In the case of autism there appears to be a plethora of neurobiological deviations in children suffering from the disorder. Differences in brain connectivity, sharp growth in size up to 14 months, cellular abnormalities and elevated BDNF levels are particularly characteristic.

As to dyscalculia, it appears that it develops to a considerable extent due to abnormalities in the lateral parietal lobe. However, it is unclear whether this can be attributed to genetic abnormalities or to a lack of environmental stimuli to help the development of this region, although based on the data available so far, it seems that the second rather than the first is the case.

Finally, in the case of dyslexia it appears that asymmetry in the upper posterior surface of the temporal lobe, abnormalities in the corpus callosum and angular gyrus have a central role in the development of the disorder.

In conclusion, this study leads to the finding that neurosciences have contributed to the increase of awareness for pathologies of development. Autism, dyscalculia and dyslexia appear to be associated with specific deviations of normal brain development.

Key-words: autism; brain; development; dyscalculia; neuroscience

Πίνακας περιεχομένων

Δήλωση περί λογοκλοπής.....	3
Ευχαριστίες.....	4
Αφιερώσεις.....	5
Περίληψη	6
Abstract.....	8
1. Εισαγωγή	11
2. Κυρίως Μέρος.....	15
2.1 Το κεντρικό νευρικό σύστημα	15
2.1.1 Συνοπτική επισκόπηση του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος	15
2.1.2 Η σπονδυλική στήλη.....	15
2.1.3 Ο εγκέφαλος.....	16
2.2 Σχέσεις εγκέφαλου και νοημοσύνης.....	20
2.3 Γνωστικές λειτουργίες και ανθρώπινη ανάπτυξη	25
2.4 Η θεωρία γνωστικής ανάπτυξης του Piaget και σχετικές θεωρίες	34
2.5 Η απόκλιση από τη φυσιολογική εγκεφαλική ανάπτυξη στον αυτισμό	42
2.6 Η απόκλιση από τη φυσιολογική εγκεφαλική ανάπτυξη στη δυσαριθμησία	45
2.7 Η εγκεφαλική λειτουργία στη δυσλεξία	50
3. Συμπεράσματα	59
Βιβλιογραφία	62

1. Εισαγωγή

Η δυνατότητα για απεικόνιση των δομών του ανθρώπινου εγκεφάλου οδήγησε σε σημαντικές προόδους στην κατανόηση των παθολογιών της ανάπτυξης. Οι παθολογίες αυτές δεν αφορούν μόνο τα σωματικά νοσήματα, αλλά και τα ψυχικά. Όπως αναφέρει ο Millon (2004), η μελέτη της ψυχοπαθολογίας αποτελούσε ένα διαρκές ενδιαφέρον των ανθρώπων, από την αρχαιότητα ως και τον 21ο αιώνα. Παραδοσιακά το εργαλείο για την μελέτη αυτής δεν ήταν παρά η φαινομενολογία, καθώς δεν υπήρχαν οι μέθοδοι αυτοί που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εξέταση του εγκεφάλου για τη διαπίστωση τυχόν αποκλίσεων από τη φυσιολογική ανάπτυξη, που θα εξηγούσαν τις παθολογίες που παρατηρούνται στη συμπεριφορά. Η δυνατότητα χρήσης των νευροαπεικονιστικών μεθόδων οδήγησε και σε μία διαφορετικού τύπου επίγνωση για τις σχετικές αποκλίσεις, καθώς η μελέτη αυτών έπαψε να είναι φαινομενολογική (Millon, 2004).

Κατά μήκος της ανάπτυξης των συγκεκριμένων μεθόδων, σε ένα πρώτο στάδιο δόθηκε βαρύτητα στη χρήση αυτών για τη μελέτη των παθολογιών που σχετίζονταν με την κοινωνικά αποκλίνουσα συμπεριφορά. Καθώς επομένως υπήρχε ένας σημαντικός διάλογος για το κατά πόσο η βίαιη συμπεριφορά είναι βιολογικά προσδιορισμένη, η ανάπτυξη των μεθόδων μελέτης του ανθρώπινου εγκεφάλου παρείχε νέες δυνατότητες στη διερεύνηση σχετικών ερευνητικών ερωτημάτων (Wenar & Kerig, 2008). Σύντομα ωστόσο η χρήση των σχετικών μεθόδων άρχισε να επεκτείνεται, εξετάζοντας ένα τεράστιο εύρος παθολογιών της ανάπτυξης και της συμπεριφοράς ως προς τη σχέση τους με τις δομές του ανθρώπινου εγκεφάλου (Millon, 2004).

Η έρευνα στο πεδίο αυτό δεν οφείλει να εξεταστεί ως έχουσα αυτοσκοπό την πρόοδο αντικειμένων όπως η νευροβιολογία και η ψυχοφυσιολογία. Αντίθετα, τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να εξυπηρετήσουν άλλες επιστήμες και να συμβάλλουν στην απάντηση ερωτημάτων που αφορούσαν αυτές. Η εξέταση λοιπόν των επιστημονικών πεδίων που επηρεάστηκαν από την αυξημένη χρήση των νευροεπιστημονικών μεθόδων είναι συνάρτηση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει η επιστημονική κοινότητα (Millon, 2004).

Κατά τον 20ο αιώνα, και ιδίως κατά το δεύτερο μισό αυτού, άρχισε να δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στις εκπαιδευτικές ανάγκες των μαθητών με ειδικές μαθησιακές και αναπτυξιακές διαταραχές. Κάτι τέτοιο πραγματοποιήθηκε για διάφορους λόγους. Αρχικώς, η τάση αυτή παρατηρήθηκε λόγω της αυξημένης τάσης για από

ιδρυματοποίηση, που πραγματοποιήθηκε πρώτα στις ανεπτυγμένες ευρωπαϊκές και αμερικανικές χώρες και εν συνεχεία άρχισε, έστω και με πιο αργούς ρυθμούς, να απασχολεί και τις υπόλοιπες (Στασινός, 2020). Η αποιδρυματοποίηση οδήγησε αναγκαστικά και σε μία αυξημένη ανάγκη η ανάπτυξη τρόπων και μεθόδων παρέμβασης με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικότητας και της συνολικότερης ποιότητας της ζωής των ατόμων με μαθησιακές και αναπτυξιακές διαταραχές που πλέον ζούσαν στην κοινότητα (Kalantzis & Cope, 2013).

Ο δεύτερος λόγος για τον οποίο υπήρξε μία συστηματική έρευνα στις διαταραχές αυτές αφορά την αυξημένη συχνότητα που πλέον παρατηρείται, δηλαδή την αυξητική τους τάση κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών. Ανεξαρτήτως αν κάτι τέτοιο αποδίδεται στη μεγαλύτερη ακρίβεια καταγραφών ή σε μία πραγματική αύξηση της συχνότητας, είναι πλέον αδιαμφισβήτητο πως ολοένα και περισσότερα άτομα διαγιγνώσκονται με ειδικές μαθησιακές και αναπτυξιακές διαταραχές, όπως για παράδειγμα ο αυτισμός και η δυσλεξία (Αναστασίου, 2011; OnoIaro & OnoIaro, 2017). Λόγω της αυξημένης συχνότητας καθίσταται επομένως αναγκαίο το να μελετηθούν εις βάθος οι διαταραχές αυτές. Έτσι, χρησιμοποιήθηκε στην ομάδα αυτή η νευροβιολογία και η ψυχοφυσιολογία για τη μελέτη όχι απλώς αιτιακού μηχανισμού ανάπτυξης των διαταραχών, αλλά και των τρόπων με τους οποίους θα μπορούσε να βελτιστοποιηθεί η παρέμβαση (Kalantzis & Cope, 2013).

Είναι σε κάθε περίπτωση αδιαμφισβήτητο πως κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει πραγματοποιηθεί μία αλματώδης ανάπτυξη των σχετικών μεθόδων της νευροβιολογίας και της ψυχοφυσιολογίας. Πρόκειται συνεπώς για μία ταχύτατη ανάπτυξη των σχετικών μεθόδων, η οποία έχει επηρεάσει άρδην την κατανόηση για τις παθολογίες της ανάπτυξης (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014). Η μελέτη του εγκεφάλου κατέστη εφικτή λόγω της ανάπτυξης σχετικών μέσων έρευνας, τα οποία στην πραγματικότητα οδήγησαν στη γέννηση νέων επιστημών. Οι σύγχρονες μέθοδοι για την απεικόνιση του εγκεφάλου με στόχο τη μελέτη διαφόρων διαταραχών εντάσσονται σε δύο κεντρικές κατηγορίες, στις δομικές και στις λειτουργικές. Οι δομικές νευροαπεικονιστικές μέθοδοι αναφέρονται σε ανιχνευτικές τεχνικές που δείχνουν την εγκεφαλική δομή η ανατομία. Αυτές οι μέθοδοι, όπως για παράδειγμα η υπολογιστική αξονική τομογραφία και η μαγνητική τομογραφία, χρησιμοποιούμενες σε συγκριτικές μελέτες, έχουν τη δυνατότητα για αποκάλυψη μορφολογικών και δομικών εγκεφαλικών διαφορών. Οι λειτουργικές νευροαπεικονιστικές μέθοδοι αναφέρονται σε τεχνικές οι οποίες δείχνουν ιδιαίτερες όψεις της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Τέτοιες

μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί στην έρευνα για τις παθολογίες της ανάπτυξης είναι η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων και η λειτουργική μαγνητική τομογραφία. Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας μπορούν να δώσουν μία εικόνα του ζωντανού εγκεφάλου «εν δράσει», Δηλαδή τη στιγμή που δραστηριοποιείται για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης γνωστικής λειτουργίας (Αναστασίου, 2011).

Στην πραγματικότητα, η θεώρηση πως ορισμένες περιοχές του εγκεφάλου ενδεχομένως να είναι υπεύθυνες για την ύπαρξη αναπτυξιακών διαταραχών κυριαρχούσε στην επιστημονική σκέψη ακόμα και στα τέλη του 19ο αιώνα. Ωστόσο, στο πρώιμο αυτό στάδιο η έρευνα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μόνο μελετώντας άτομα με σημαντικούς εγκεφαλικούς τραυματισμούς, προκειμένου να διαπιστωθεί μέσω της εξέτασης των περιοχών που αδιαμφισβήτητα είχαν υποστεί κάποια βλάβη η έκπτωση συγκεκριμένων δεξιοτήτων και να πραγματοποιηθεί εν συνεχεία η συσχέτιση της εκάστοτε περιοχής με μία συγκεκριμένη παθολογία. Ακολούθως, επιχειρούνταν επαγωγικά η εξαγωγή ορισμένων σχετικών συμπερασμάτων για το πώς η περιοχή αυτή υπολειτουργεί σε άτομα που δεν έχουν υποστεί τραυματισμό, άλλα που παρουσιάζουν σχετικές παθολογικές συμπεριφορές και ως εκ τούτου αναμενόμενα θα έχουν κάποια έκπτωση στις σχετικές εγκεφαλικές λειτουργίες (Pinel, 1997).

Στο πλαίσιο αυτό, στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η επισκόπηση της ανάπτυξης του εγκεφάλου και των γνωστικών λειτουργιών των παιδιών με αναπτυξιακές και μαθησιακές δυσκολίες. Η έρευνα υποδιαιρείται σε δύο κεντρικά τμήματα. Στο πρώτο τμήμα αυτής παρουσιάζονται γενικώς οι γνωστικές λειτουργίες και ο ανθρώπινος εγκέφαλος με στόχο την κατανόηση του πώς αυτές λαμβάνουν χώρα και πώς αυτός αναπτύσσεται στην φυσιολογική ανάπτυξη. Στο δεύτερο σκέλος της έρευνας πραγματοποιείται εξέταση συγκεκριμένων παθολογιών της ανάπτυξης και διερεύνηση της σχετικής βιβλιογραφίας για την παρουσίαση των σχετικών μελετών που έχουν εξετάσει τις εγκεφαλικές δυσλειτουργίες στις αναπτυξιακές παθολογίες. Εν συνεχεία, ακολουθεί το σκέλος της συζήτησης, όπου επιχειρείται η ευρύτερη μελέτη των όσων εξετάστηκαν, η ανάδειξη των σχετικών περιορισμών, οι προτάσεις για την κλινική πρακτική και προτάσεις για τη μελλοντική έρευνα. Τέλος, μέσω του σκέλους των συμπερασμάτων επιχειρείται η διεξαγωγή μιας ευρύτερης συμπερασματολογίας από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε.

2. Κυρίως Μέρος

2.1 Το κεντρικό νευρικό σύστημα

2.1.1 Συνοπτική επισκόπηση του Κεντρικού Νευρικού

Συστήματος

Το κεντρικό νευρικό σύστημα συνιστά το πιο βασικό τμήμα του νευρικού συστήματος του ανθρώπου. Το κεντρικό νευρικό σύστημα έχει ως βασική του λειτουργία την επεξεργασία των πληροφοριών που προσλαμβάνονται μέσω των αισθήσεων. Επιπροσθέτως, μέσω του κεντρικού νευρικού συστήματος ρυθμίζονται πολλές από τις λειτουργίες του οργανισμού, ενώ σε αυτό βασίζεται η σκέψη και η λογική. Το κεντρικό νευρικό σύστημα δεν εντοπίζεται μόνο στον άνθρωπο, αλλά εν γένει στο ζωικό βασίλειο, αφορώντας όλα τα αμφίπλευρα ζώα (Brodal, 2004; Mai, Majtanik, & Paxinos, 2015).

Το κεντρικό νευρικό σύστημα έχει μία συγκεκριμένη δομή και αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία. Το πρώτο στοιχείο αφορά τη σπονδυλική στήλη, ενώ το δεύτερο στοιχείο αφορά τον ανθρώπινο εγκέφαλο (Brodal, 2004; Notle, 1993).

2.1.2 Η σπονδυλική στήλη

Η σπονδυλική στήλη αφορά το σύνολο των σπονδύλων που αρθρώνονται μεταξύ τους με σειρά. Η σπονδυλική στήλη αποτελείται από 33 ή 34 συναθρωμένους με σειρά σπόνδυλους. Ο κάθε σπόνδυλος περιλαμβάνει ένα ημικυλινδρικό σώμα με μέγεθος ανάλογο με το τμήμα στο οποίο ανήκει. Στην πλάγια πλευρά αυτού υπάρχουν δύο εγκάρσιες αποφύσεις και μια οπίσθια ακανθώδη απόφυση, οι οποίες εξυπηρετούν την πρόσφυση των μυών και των συνδέσμων. Οι σπόνδυλοι διακρίνονται μεταξύ τους με βάση τη θέση τους τη σπονδυλική στήλη στους παρακάτω (Brodal, 2004; Kirshblum & Lin, 2018; Tresch, Saltiel, & Bizzi, 1999):

1. Σε 7 αυχενικούς, που οι εγκάρσιες αποφύσεις τους παρουσιάζουν οπή από την οποία διέρχονται τα αγγεία των σπονδύλων.
2. Σε 12 θωρακικούς, στους οποίους αρθρώνονται οι αντίστοιχες πλευρές.
3. Σε 5 οσφυϊκούς, το σώμα των οποίων είναι πιο μεγάλο από αυτό όλων των προηγούμενων.
4. Σε πέντε ενοποιημένους, των οποίων το μέγεθος ελαττώνεται προς τα κάτω

5. Σε 4-5 κοκκυγικούς, που συναποτελούν τον κόκκυγα.

2.1.3 Ο εγκέφαλος

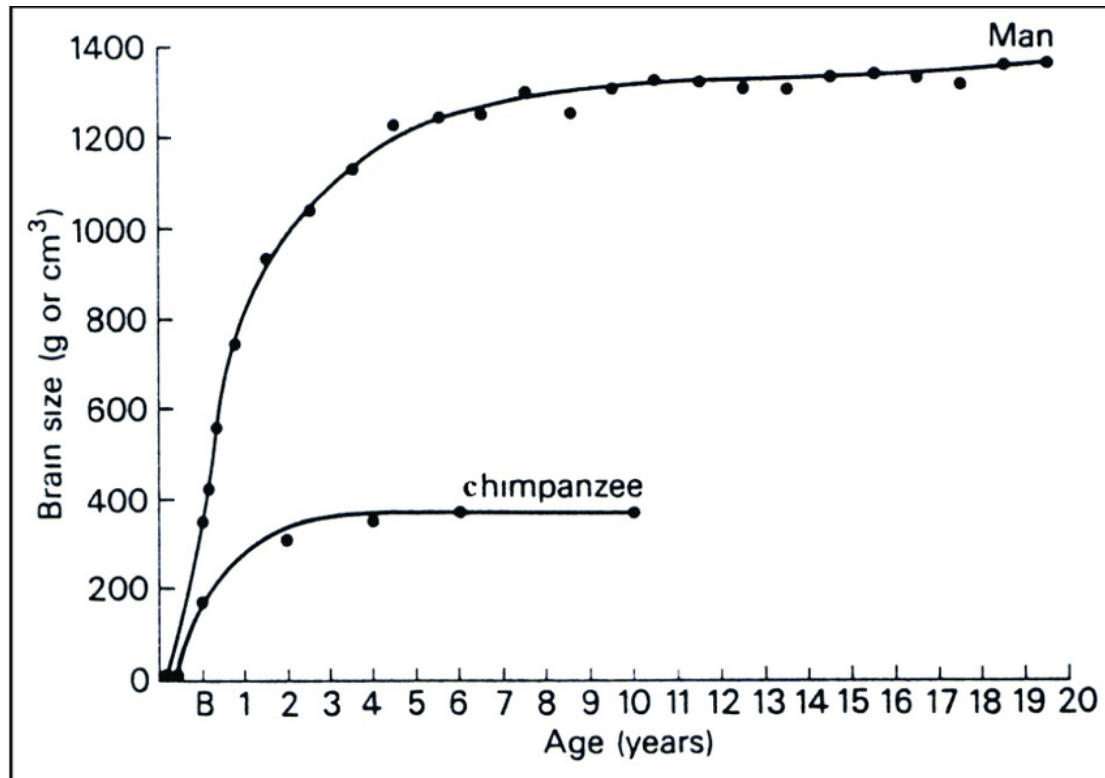
Ο εγκέφαλος συνιστά το πιο σημαντικό και πιο μεγάλο τμήμα που εντοπίζεται στο κεντρικό νευρικό σύστημα του ανθρώπου. Ο εγκέφαλος βρίσκεται μέσα στο εγκεφαλικό κρανίο και περιβάλλεται από τρεις διαφορετικούς προστατευτικούς υμένες, τις μήνιγγες, με στόχο την καλύτερη προστασία του. Μία κεντρική διάκριση στον εγκέφαλο αφορά αυτή των ημισφαιρίων, δηλαδή το αριστερό και το δεξί ημισφαίριο. Τα δύο ημισφαίρια διακρίνονται μεταξύ τους από την επιμήκη σχισμή. Στην περιοχή της κάτω επιφάνειας του εκφύονται τα νεύρα και από εκεί αναπτύσσεται ο νωτιαίος μυελός. Ο εγκεφαλικός φλοιός μεταφορά της πλαγιάς και άνω περιοχές του εγκεφάλου. Ο εγκέφαλος αποτελείται από νευρώνες, οι οποίοι δέχονται, επεξεργάζονται και μεταβιβάζουν ερεθίσματα. Συγκεκριμένες και αρκετά εξειδικευμένες περιοχές του εγκεφάλου ευθύνονται για την αντίληψη, τις αισθήσεις, τον έλεγχο και τη λειτουργία των μυών, αλλά και τις ανώτερες νοητικές λειτουργίες του ανθρώπου. Από ανατομικής απόψεως, ο εγκέφαλος μπορεί να διακριθεί επίσης σε τρεις περιοχές, στα εγκεφαλικά ημισφαίρια, στο στέλεχος και στην παρεγκεφαλίδα (Brodal, 2004; Frackowiak, 2004).

Το βάρος του εγκεφάλου επίσης έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας. Φαίνεται ότι αναλογικά ως προς το σύνολο του βάρους του ανθρώπου ο εγκέφαλος αφορά ένα πολύ μικρό ποσοστό. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι μόλις το 2% του σωματικού βάρους του ανθρώπου αφορά τον εγκέφαλο (Maldonato & Dell' Oreo, 2010). Ωστόσο, ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί το 20% του οξυγόνου που προσλαμβάνει ο άνθρωπος και το 20% των θερμίδων. Πρόκειται συνεπώς για αυξημένες απαιτήσεις σε ενέργεια παρά το σχετικά χαμηλό ποσοστό σωματικού βάρους στο σύνολο του σώματος. Κύριες πηγές ενέργειας του εγκεφάλου είναι οι υδατάνθρακες και κυρίως η γλυκόζη (Dienel, 2019; Goyal & Raichle, 2018).

Το βάρος του ανθρώπινου εγκεφάλου διαφοροποιείται κατά μήκος της αναπτυξιακής πορείας του ανθρώπου, έχοντας φτάσει ωστόσο στην ηλικία περίπου των επτά ετών το 90% του μέγιστου βάρους που αναμένεται να έχει. Αυτή αποτελεί άλλωστε και μία βασική διαφορά του ανθρώπου σε σχέση με άλλα συγγενή είδη, όπως για παράδειγμα ο χιμπατζής, όπου το μέγιστο βάρος εντοπίζεται σε μία αρκετά

νωρίτερη ηλικία, παρεμποδίζοντας έτσι τη δυνατότητα για περαιτέρω ανάπτυξης του εγκεφάλου του (Maldonato & Dell' Orco, 2010).

Γράφημα 1. Η συσχέτιση της ηλικίας με το βάρος του εγκεφάλου

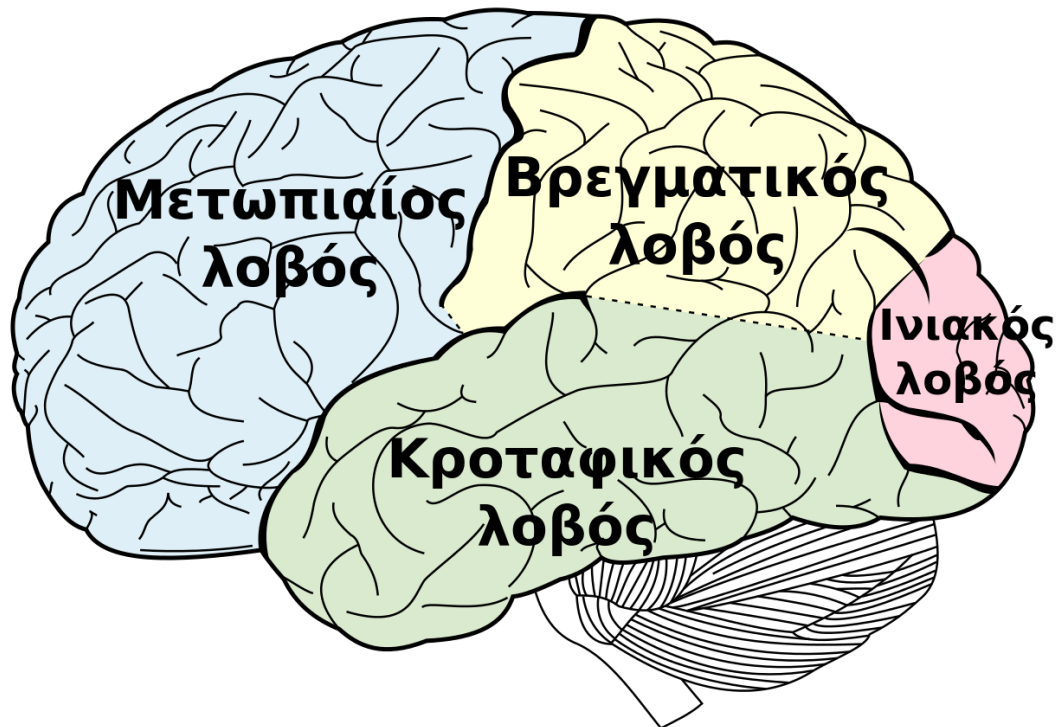


Προσαρμογή από: Maldonato & Dell' Orco (2010)

Η διαίρεση του εγκεφάλου μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ορισμένα κεντρικά μέρη. Το πρώτο τμήμα αφορά τον πρόσθιο εγκέφαλο. Ο πρόσθιος εγκέφαλος συνιστά το μεγαλύτερο σε όγκο τμήμα του εγκεφάλου και αποτελείται από τα δύο ημισφαίρια αυτού, τους συνδέσμους μεταξύ αυτών και τις πλαγιές κοιλιές του (Brodal, 2004).

1. Ημισφαίρια: το κάθε ένα εκ των ημισφαιρίων σήμερα αποτελείται από τον μετωπιαίο, το βρεγματικό, τον ινιακό, τον κροταφικό λοβό και τη νήσο του Reil, όπως επίσης από τα βασικά γάγγλια και τη λευκή ουσία.
2. Σύνδεσμοι ανάμεσα στα ημισφαίρια: οι σύνδεσμοι αυτοί αφορούν τον πρόσθιο σύνδεσμο, το μεσολόβιο, το διαφανές διάφραγμα και το σύνδεσμο ανάμεσα στους υπόκαμπους
3. Ρινικός εγκέφαλος: Αποτελείται από μια κεντρική μοίρα και από μια περιφερική μοίρα.

Εικόνα 1. Η διαίρεση του εγκεφάλου σε λοβούς



Προσαρμογή από: Gray (1918)

Η δεύτερη κατηγορία διαίρεσης αφορά το διάμεσο εγκέφαλο. Ο διάμεσος εγκέφαλος αποτελείται από δύο θαλάμους, το μεταθάλαμο, τον επιθάλαμο και την τρίτη κοιλία του εγκεφάλου (Brodal, 2004).

1. θάλαμοι: συνιστούν δύο μάζες φαιάς ουσίας με ωοειδές σχήμα.
2. υποθάλαμος: αποτελείται από τον ιδίως υποθάλαμο και από την υποθαλάμια χώρα.
3. Επιθάλαμος: αποτελείται από το επιθηλιακό πέταλο της τρίτης κοιλίας, την επίφυση, το τρίγωνο της ηνίας και τον οπίσθιο σύνδεσμο του εγκεφάλου.
4. Μεταθάλαμος: απαρτίζεται από το έσω και έξω γονατώδες σώμα.

Η τρίτη κατηγορία διαίρεσης αφορά τον μέσο εγκέφαλο. Η κατηγορία αυτή αποτελείται από το τετράδυμο πέταλο, τα δύο σκέλη του εγκεφάλου και τον υδραγωγό του Sylvius (Brodal, 2004).

1. Τετράδυμο πέταλο: πρόκειται για ένα πέταλο φαιάς ουσίας, το οποίο αποτελείται από τα πρόσθια και οπίσθια διδύμια και τον άνω και κάτω βραχίονα του τετραδύμου.
2. Εγκεφαλικά σκέλη συνιστούν 90 λεπτές αποπεπλατυσμένες ταινίες λευκής ουσίας.
2. Ο υδραγωγός του Sylvius αποτελεί στενό και βραχύ ανατομικό σωλήνα ροής του εγκεφαλονωτιαίου υγρού στην πορεία από την τρίτη κοιλία προς την τέταρτη.

Ο οπίσθιος εγκέφαλος αποτελείται από την παρεγκεφαλίδα ακόμα τη γέφυρα και την τέταρτη κοιλία του εγκεφάλου (Brodal, 2004).

1. Γέφυρα: πρόκειται για αποπεπλατυσμένο όγκωμα λευκής ουσίας
2. Παρεγκεφαλίδα: αφορά δομή του εγκεφάλου με σημαντικό ρόλο στον συντονισμό των κινήσεων

Ο έσχατος εγκέφαλος αποτελείται από το κάτω τριτημόριο της τέταρτης κοιλίας και τον προμήκη μυελό. Ο προμήκης μυελός έχει σχήμα αποπεπλατυσμένου κώνου. Η γέφυρα και ο κάτω νωτιαίος μυελός συνδέονται με αυτή την περιοχή.

2.2 Σχέσεις εγκεφάλου και νοημοσύνης

Η μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει ως αυτοσκοπό την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αυτός είναι δομημένος, καθώς κάτι τέτοιο θα ήταν μία υπεραπλούστευση και δεν θα χρησίμευε κάπου στην επεξήγηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Αντίθετα, ο εγκέφαλος και οι λειτουργίες του συνδέονται και μελετώνται με την ανθρώπινη συμπεριφορά, προκειμένου να κατανοηθεί η νευροβιολογική δομή του πως ο άνθρωπος συμπεριφέρεται, κάτι που χρησιμεύει τόσο στην κατανόηση της φυσιολογικής ανάπτυξης, όσο και στην κατανόηση της παθολογικής ανάπτυξης (Siegler, 2002). Έτσι, η μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου εστιάζει στη μελέτη της ίδιας της νοημοσύνης, που θεωρείται ως το κεντρικό διαφοροποιητικό στοιχείο του ανθρώπου από τα υπόλοιπα έμβια όντα (Millon, 2004).

Προ της ανάπτυξης των νευροεπιστημών, η μελέτη της νοημοσύνης πραγματοποιούνταν με τη χρήση λοιπών μεθόδων έρευνας. Ένας τέτοιος τρόπος αφορά οπωσδήποτε τη σύγκριση των ανθρώπων με άλλα έμβια όντα και την προσπάθεια εντοπισμού διαφορών στη νοημοσύνη και στη λειτουργία μεταξύ του ανθρώπου και αυτών των ειδών (Roth & Dicke, 2005). Κάτι τέτοιο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην περίπτωση ειδών που διακρίνονται από μεγάλη γενετική ομοιότητα με τον άνθρωπο, αλλά διαφέρουν ως προς ειδοποιή στοιχεία που οδηγούν στην ανάπτυξη των ανώτερων γνωστικών λειτουργιών και εν τέλει του ανθρώπινου πολιτισμού (Παπαηλίου, 2005).

Μία δεύτερη κατηγορία αφορά τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί με τη χρήση ψυχομετρικών εργαλείων. Οι μελέτες αυτές επιδιώκουν την αποτύπωση της ανθρώπινης νοημοσύνης μέσω της διερεύνησης του πως αποκρίνεται ο άνθρωπος σε

διάφορες περιστάσεις και πειραματικές συνθήκες, σκοράροντας σε σχετικά ερωτηματολόγια ή τεστ (Boake, 2002).

Η τρίτη κατηγορία αφορά τις κοινωνιολογικές και ανθρωπολογικές μελέτες. Οι μελέτες αυτές επικεντρώνονται στη διερεύνηση ομάδων ανθρώπων που διαφοροποιούνται σημαντικά ως προς τη νοημοσύνη τους και εντοπίζονται σε διαφορετικές φυλετικές ομάδες ή περιοχές. Για παράδειγμα, οι Ασκενάζι Εβραίοι αποτελούν μία σχετική ομάδα που έχει παραδοσιακά μελετηθεί για τη διερεύνηση διαφόρων της νοημοσύνης σε σχέση με τους υπόλοιπους (Cochran, Hardy, & Harpending, 2006).

Μία ακόμα κατηγορία μελετών που παραδοσιακά έχουν χρησιμοποιηθεί στην επιδημιολογία και βρήκαν μεγάλη απήχηση κατά μήκος του 20ου αιώνα αφορά τις συγκριτικές μελέτες διδύμων (Feldman & Otto, 1997). Ιδίως στην περίπτωση των μονοζυγωτικών διδύμων, οι μελέτες αυτές παρέχουν τη δυνατότητα για διερεύνηση διαφορών των περιβαλλοντικών επιδράσεων στη νοημοσύνη (Cole & Cole, 1996). Οι μελέτες αυτές μπόρεσαν να πραγματοποιηθούν βάσει αρχείων που επέτρεψαν τον εντοπισμό μονοζυγωτικών διδύμων που είχαν αποχωριστεί. Για παράδειγμα, η περίπτωση μονοζυγωτικών διδύμων που διαβίωσαν σε ορφανοτροφεία και ανατέθηκαν σε διαφορετικές οικογένειες συνιστά μία χαρακτηριστική της ευρύτερης περίπτωση αυτής κατηγορίας συνθηκών που οδηγούν σε δυνατότητα για μελέτη των μονοζυγωτικών διδύμων (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014). Τέλος, η ανάπτυξη των νευροεπιστημών παρείχε νέες δυνατότητες για τη μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου μέσω νευροαπεικονιστικών μεθόδων και τη διερεύνηση της σχέσης της νοημοσύνης με συγκεκριμένες λειτουργίες (Haier, 1990; Lightfoot, Cole, & Cole, 2014). Η ανάπτυξη των νευροεπιστημών κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα οδήγησε σε υπερπήδηση του εμποδίου της ανάγκης ανάπτυξης διακριτών ομάδων για τη μελέτη των διαφορών στη νοημοσύνη, παρέχοντας τη δυνατότητα για μελέτη της σχέσης της νοημοσύνης με την εγκεφαλική λειτουργία σε πραγματικό χρόνο (Ewing-Cobbs, Thompson, Miner, & Fletcher, 1994; Haier, 1990).

Βασική αρχή της μελέτης της σχέσης της νοημοσύνης με τον ανθρώπινο εγκέφαλο αποτελεί η αντιστοίχιση περιοχών αυτού με συγκεκριμένες λειτουργίες του. Σε ένα πρώτο επίπεδο, η έρευνα επικεντρώθηκε στη συσχέτιση ορισμένων μόνο περιοχών με συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες. Επιχειρήθηκε έτσι η εκάστοτε γνωστική λειτουργία να συνδεθεί με κάποια ορισμένη περιοχή και να αποδοθεί σε αυτή η ανάπτυξη της σχετικής πτυχής της νοημοσύνης (Kandel, Schwartz, & Jessell, 1995).

Σύντομα ωστόσο διαπιστώθηκε ότι κάτι τέτοιο συνιστούσε μία υπεραπλούστευση. Διαπιστώθηκε επομένως ότι ενδεχομένως ένα ευρύ φάσμα περιοχών να σχετίζονται με μία γνωστική λειτουργία ή μία γνωστική λειτουργία να σχετίζεται με περισσότερες περιοχές (Roth & Dicke, 2005). Κατέστη επομένως αρκετά σαφές ότι η σχέση μεταξύ της αντιστοίχισης των περιοχών του ανθρώπινου εγκεφάλου και παραμέτρων της ανθρώπινης νοημοσύνης είναι αρκετά πιο σύνθετη από ότι αρχικά πιστευόταν.

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, το βάρος και το μέγεθος του εγκεφάλου φαίνεται να έχουν μία κεντρική σημασία στην ανθρώπινη ανάπτυξη και στην διαφορά αυτής από την αντίστοιχη ανάπτυξη άλλων ζωικών ειδών που παρουσιάζουν σημαντική γενετική ομοιότητα με τον άνθρωπο, όπως για παράδειγμα οι χιμπατζήδες. Σε πρώτο επίπεδο θεωρούνταν ότι η ειδοποιός διαφορά στη νοημοσύνη μεταξύ του ανθρώπου και άλλων ζωικών ειδών αποδιδόταν στο βάρος του εγκεφάλου. Ωστόσο, ενδεχομένως τελικά να μην πρόκειται για μία διάφορα που αποδίδεται στο βάρος, αλλά για μία αποδιδόμενη στο μέγεθος διάφορα. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει ένα πιο μεγάλο μέγεθος συγκριτικά με αυτό άλλων θηλαστικών, ενώ φαίνεται πως υπάρχει και μία ιεραρχικού τύπου κλίμακα μεταξύ του μεγέθους του ανθρώπινου εγκεφάλου και της νοημοσύνης. Επί παραδείγματι, ο εγκέφαλος των χιμπατζήδων έχει πιο μικρή έκταση από τον ανθρώπινο εγκέφαλο, ενώ ο εγκέφαλος του σκύλου έχει πιο μικρή συνολική έκταση από αυτή του και χιμπατζή (Roth & Dicke, 2005). Σε μία πρόσφατη μάλιστα μετα-ανάλυση 148 διαφορετικών μελετών με πληθυσμό περισσότερο από 8.000 άτομα επιβεβαιώθηκε αυτή η διαπίστωση, καθώς οι άνθρωποι που είχαν πιο μεγάλο μέγεθος εγκεφάλου είχαν και πιο υψηλό δείκτη νοημοσύνης σε σχέση με αυτούς που είχαν πιο μικρό μέγεθος (Pietschnig, Penke, Wicherts, Zeiler, & Voracek, 2015).

Το μέγεθος του εγκεφάλου έχει μία θετική συσχέτιση με την ικανότητα για ανάλυση των πληροφοριών και επίλυση προβλημάτων μέσω της γλώσσας, μία πτυχή της νοημοσύνης που στα αγγλικά περιγράφεται με τον όρο verbal intelligence (Siegler, 2002). Μία παρόμοια συσχέτιση παρατηρείται και για την οπτικοχωρικού τύπου νοημοσύνη, καθώς υπάρχει μία θετική συσχέτιση στα σκορ στη συγκεκριμένη παράμετρο της νοημοσύνης με το μέγεθος του ανθρώπινου εγκεφάλου (Pietschnig, Penke, Wicherts, Zeiler, & Voracek, 2015). Κατά συνέπεια, μπορεί να θεωρηθεί ότι το μέγεθος του εγκεφάλου σχετίζεται με τη συνολική νοημοσύνη, αλλά και με τις επιμέρους παραμέτρους αυτής.

Μία άλλη παράμετρος η οποία σχετίζεται σε σημαντικό βαθμό με τη νοημοσύνη του ανθρώπου αφορά το μέγεθος που έχει ο προμετωπιαίος φλοιός (Roth & Dicke, 2005). Καθώς ο προμετωπιαίος φλοιός συνιστά μία περιοχή του εγκεφάλου που σχετίζεται σε σημαντικό βαθμό με τη νοημοσύνη, το μέγεθος αυτού φαίνεται να σχετίζεται με τα επίπεδα της (Cole, Yarkoni, Repovs, Anticevic, & Braver, 2012; Miller & Cohen, 2001). Μάλιστα, ήδη από τον 19ο αιώνα είχε διαπιστωθεί ότι άτομα με βλάβες στον προμετωπιαίο φλοιό είχαν ιδιαίτερα σημαντική αντικοινωνική συμπεριφορά και αδυναμία ελέγχου των παρορμήσεων τους (Γιωτοπούλου-Μαραγκοπούλου, 1984). Αν και κάτι τέτοιο αποδόθηκε σε πρώτο βαθμό στις ίδιες τις βλάβες του προμετωπιαίου φλοιού, ενδεχομένως κάτι τέτοιο αποδίδεται στην αδυναμία ανάπτυξης μιας ηθικού τύπου νοημοσύνης εξαιτίας της βλάβης στην περιοχή αυτή (Wenar & Kerig, 2008).

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα της εγκεφαλικής δομής και λειτουργίας που σχετίζεται με την ανθρώπινη νοημοσύνη αφορά τον αριθμό των νευρώνων του εγκεφάλου. Ο αριθμός, αλλά και η πυκνότητα, φαίνεται να βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα στο ανθρώπινο είδος σε σχέση με άλλα θηλαστικά, κάτι που ενδεχομένως να οδηγεί σε ανάλογες συνδέσεις με το επίπεδο νοημοσύνης του ανθρώπου (Roth & Dicke, 2005). Ο αριθμός των νευρώνων, το μήκος των ενδονευρωνικών αποστάσεων, η πυκνότητα των νευρώνων και η ταχύτητα αξονικής αγωγής συνιστούν παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με το επίπεδο νοημοσύνης (Dick & Roth, 2016).

Μία άλλη παράμετρος η οποία σχετίζεται σε σημαντικό βαθμό με τη νοημοσύνη του ανθρώπου αφορά το ανατομικό δίκτυο του εγκεφάλου. Σε μία σχετική έρευνα σε δείγμα 79 υγιών ενηλίκων, υπήρχε μία αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στο μήκος μονοπατιού μετάδοσης ενός σήματος νευρώνων ανάμεσα σε διαφορετικούς κόμβους του εγκεφάλου με τις τιμές της νοημοσύνης (Lee, Choi, Gray, Cho, Chae, Lee, & Kim, 2006). Διάφορες επομένως στο ανατομικό δίκτυο του εγκεφάλου φαίνεται να συνιστούν παράγοντα που σχετίζεται με τα επίπεδα νοημοσύνης.

Τέλος, πέραν των περιπτώσεων ατόμων που έχουν παθολογική ή χαμηλή νοημοσύνη και εξετάζονται σε σχέση με τις εγκεφαλικές τους λειτουργίες, διάφορες άλλες μελέτες έχουν εστιάσει στη διερεύνηση της σχέσης συγκεκριμένων εγκεφαλικών λειτουργιών με την ανώτερη νοημοσύνη, ένα ερευνητικό αντικείμενο που κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει συγκεντρώσει σημαντική προσοχή (Αντωνίου, 2009). Σε μία σχετική έρευνα στη Νότια Κορέα μελετήθηκαν δύο ομάδες εφήβων, οι οποίοι διακρίνονταν από φυσιολογική και από αρκετά υψηλή νοημοσύνη. Η μελέτη της

εγκεφαλικής λειτουργίας στους εφήβους αυτούς οδήγησε στη διαπίστωση ότι όσοι διακρίνονταν από αρκετά υψηλή νοημοσύνη είχαν υπερδραστηριότητα στον πλευρικό προμετωπιαίο φλοιό, στο πρόσθιο προσαγωγείο και στον οπίσθιο βρεγματικό φλοιό (Li, Liu, Li Qin, Li, Yu, & Jiang, 2006). Σε μεταγενέστερη δε παρόμοιας στόχευσης έρευνα διαπιστώθηκε ότι στα άτομα με ανώτερη νοημοσύνη υπάρχει μία πιο συχνή χρήση και των δύο ημισφαιρίων του εγκεφάλου σε σχέση με όσους διακρίνονται από φυσιολογικά επίπεδα νοημοσύνης (Desco, Navas-Sanchez, Sanchez-González et al., 2011).

Σε κάθε περίπτωση, σημαντικό τμήμα της έρευνας έχει εστιάσει όχι στη γενική έννοια της νοημοσύνης αλλά στη σύνδεση επιμέρους περιοχών του εγκεφάλου με πτυχές αυτής. Όπως αναφέρεται και ανωτέρω, ο προμετωπιαίος φλοιός φαίνεται να συνιστά μία περιοχή του εγκεφάλου που συνδέεται σε σημαντικό βαθμό με την ανθρώπινη νοημοσύνη. Συγκεκριμένα, η υπολειτουργία του προμετωπιαίου φλοιού οδηγεί σε προβληματική επίδοση κατά την επίλυση προβλημάτων (Roca, Parr, Thompson, et al., 2010). Σε επίπεδο συνθηκών του πραγματικού κόσμου, κάτι τέτοιο αποδίδεται όχι μόνο στον προμετωπιαίο φλοιό, αλλά και στον βρεγματικό λοβό, καθώς οι περιοχές αυτές σχετίζονται σε σημαντικό βαθμό με την προσαρμοστικότητα και την αντιμετώπιση προβλημάτων σε πραγματικές συνθήκες (Gray, Chabris, & Braver, 2003). Η επίλυση προβλημάτων συνδέεται επίσης με διάφορες άλλες περιοχές του εγκεφάλου, όπως η παρεγκεφαλίδα και ο ινιακός λοβός (Bodner, Muftuler, Nalcioglu, & Shaw, 2001).

Ως προς τη μνήμη, αυτή αφορά μία πληθώρα διαφορετικών περιοχών του ανθρώπινου εγκεφάλου. Συγκεκριμένα, οι σχετικές με τη μνήμη λειτουργίες εντοπίζονται στον προμετωπιαίο φλοιό, στον ιππόκαμπο και στην αμυγδαλή (Kandel, Schwartz, & Jessell, 1995). Η μνήμη παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς τη συσχέτισή της με συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου, καθώς υπάρχει μία ακόμα μεγαλύτερη κατηγοριοποίηση, αφού ορισμένες μνημονικές λειτουργίες συνδέονται με συγκεκριμένες περιοχές. Για παράδειγμα, η λεκτική μνήμη συνδέεται με την αριστερή παρεγκεφαλίδα και τον μετωπιαίο φλοιό (Andreasen, O'Leary, Arndt, et al., 1995), ενώ ο ιππόκαμπος συνδέεται με την χωρική μνήμη (Kandel, Schwartz, & Jessell, 1995).

Σε κάθε περίπτωση, κάτι τέτοιο δεν σημαίνει ότι η συνολική νοημοσύνη είναι ήσσονος σημασίας και πως η έρευνα οφείλει να εστιάζει αποκλειστικά και μόνο σε επιμέρους πτυχές αυτής. Αυτό οφείλεται στο ότι η γενική έννοια της νοημοσύνης παρουσιάζει μία ισχυρή συσχέτιση με επιμέρους πτυχές αυτής (Millon, 2004). Για

παράδειγμα, παράμετροι της νοημοσύνης όπως η αντιληπτική ικανότητα αναγνώρισης (Fagan & Signer, 1983) και η λήψη αποφάσεων η επίλυση προβλημάτων (Brand, Laier, Pawlikowski, & Markowitsch, 2009) σχετίζονται με το γενικό επίπεδο νοημοσύνης του ατόμου.

Ένα άλλο ιδιαίτερα βασικό και ενδιαφέρον αντικείμενο έρευνας αφορά τις μεταβολές του ανθρώπινου εγκεφάλου κατά μήκος του χρόνου. Όπως αναφέρεται και παραπάνω, το βάρος, αλλά και το μέγεθος του εγκεφάλου σαφώς και διαφοροποιούνται κατά μήκος της πορείας της ανθρώπινης ανάπτυξης. Ο εγκέφαλος νοείται επομένως ως ένα όργανο το οποίο μεταβάλλεται, εξελίσσεται και αναπτύσσεται (Budday, Steinmann, & Kuhl, 2015). Η ανάπτυξη του μέγεθος του εγκεφάλου παρατηρείται ταυτόχρονα με την αύξηση στα επίπεδα λευκής και φαιάς ουσίας, οδηγώντας έτσι σε αύξηση της νοημοσύνης κατά μήκος του χρόνου (De Bellis, Keshavan, Beers, 2001). Η ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών, η προσαρμοστικότητα στην επίλυση προβλημάτων και η μνήμη εργασίας φαίνεται να είναι άμεσα συνδεδεμένες ως προς την ανάπτυξή τους με την ανάπτυξη του μεγέθους του ανθρώπινου εγκεφάλου (Fry & Hale, 2000).

Σε κάθε περίπτωση φαίνεται ότι οι δυνατότητες χρήσης του εγκεφάλου για αποτελεσματικότερη προσαρμογή του ανθρώπου στο εξωτερικό περιβάλλον υπάρχουν ήδη από τη βρεφική ηλικία και πως αυτές βελτιώνονται κατά μήκος του χρόνου ως απόρροια της μεγαλύτερης και πληρέστερης ανάπτυξης του ανθρώπινου εγκεφάλου. Για παράδειγμα, η αναγνώριση προσώπων παρουσιάζεται ήδη από τη βρεφική ηλικία (Fagan & Singer, 1983), στην ηλικία των 7-8 ετών της ζωής υπάρχει μία σημαντική βελτίωση της δυνατότητας αυτής, η οποία ενισχύεται σε ακόμα μεγαλύτερο βαθμό στην ηλικία των 13-14 ετών (Sprondel, Kirp, & Mecklinger, 2011), οδηγώντας έτσι στη θεώρηση περί μιας γραμμικής πορείας βελτίωσης της ικανότητας για αναγνώριση προσώπων από την βρεφική ηλικία ως και την ενήλικη ζωή (Bäckman, 1991). Κάτι παρόμοιο μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει και για την λήψη αποφάσεων. Η λήψη αποφάσεων υπάρχει ήδη στη βρεφική ηλικία, όταν το βρέφος καλείται να λάβει απόφαση να εμπιστευτεί τη μητέρα του ή να κλειστεί στον εαυτό του (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014). Στην προσχολική ηλικία υπάρχει μία ταχύτατη ανάπτυξη της δυνατότητας για λήψη αποφάσεων (Kerr & Zelazo, 2004), η οποία συνεχώς ενισχύεται κατά την πορεία του ανθρώπου προς την ενήλικη ζωή (Cole & Cole, 1996). Μπορεί επομένως να θεωρηθεί ότι το υπόβαθρο για την τέλεση των αναγκαίων λειτουργιών υπάρχει ήδη από την βρεφική ηλικία και διαρκώς αναπτύσσεται ο εγκέφαλος κατά την

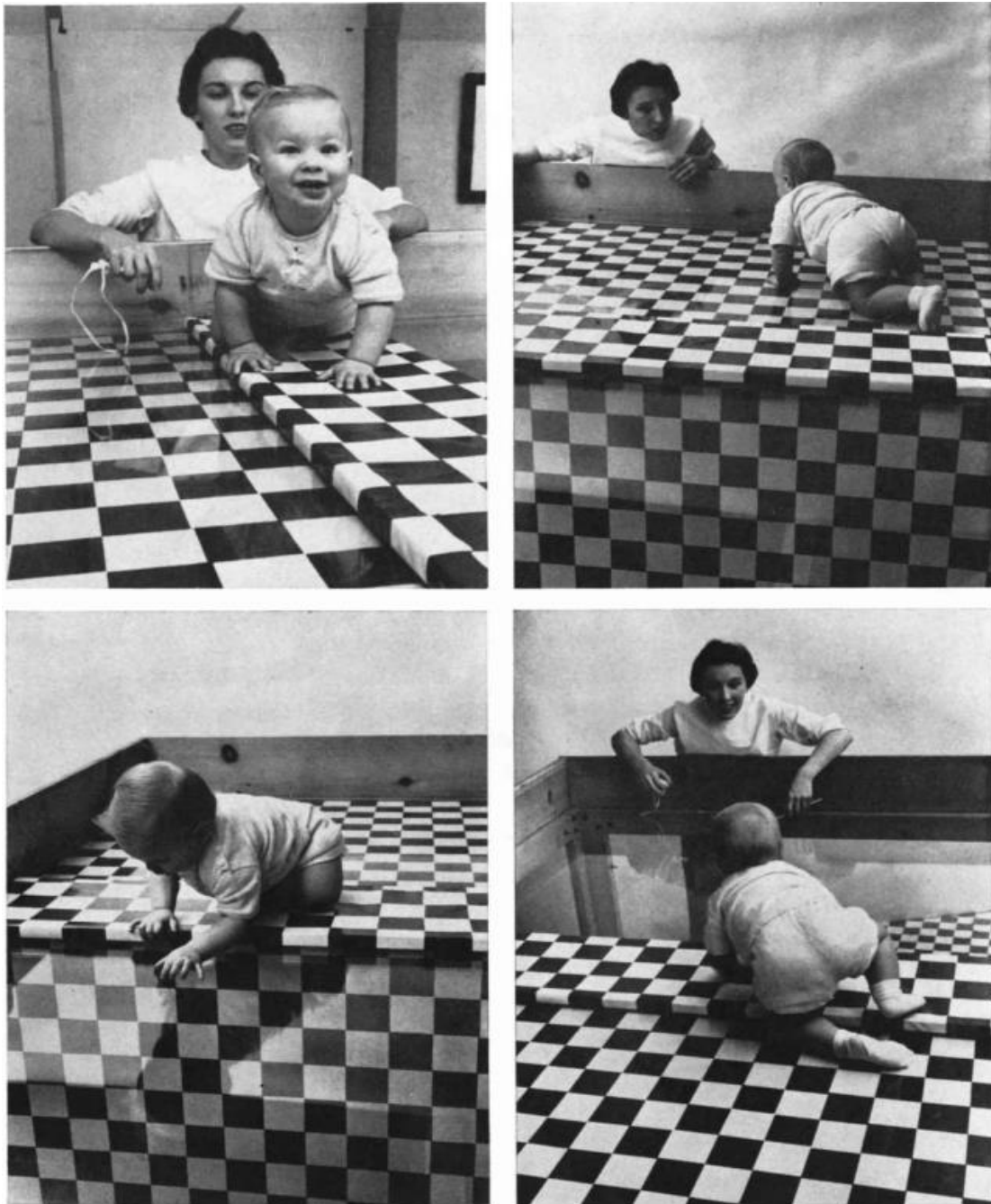
πορεία προς την ενηλικίωση, ενισχύοντας τον άνθρωπο στο να πραγματοποιεί κάτι τέτοιο (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014).

2.3 Γνωστικές λειτουργίες και ανθρώπινη ανάπτυξη

Μία βασική γνωστική λειτουργία αφορά την ανθρώπινη αντίληψη. Οι εμπειρικοί φιλόσοφοι όπως ο Locke, ο Berkeley και ο Hume θεώρησαν ότι η αντίληψη συνιστά μία δεξιότητα που μαθαίνεται. Στην αρχή τα βρέφη αντιλαμβάνονται τον κόσμο ως μεμονωμένες γραμμές και γωνίες. Βαθμιαία, μαθαίνουν πως αυτές οι γραμμές και γωνίες συνιστούν αντικείμενα. Σε επόμενο στάδιο μαθαίνουν να αποδίδουν ιδιότητες στα αντικείμενα, όπως το πόσο μακριά από αυτά βρίσκονται, παρατηρώντας τη σχέση μεταξύ του πως φαίνονται τα αντικείμενα και πόση ώρα παίρνει σε αυτά να μπουσουλήσουν ή να περπατήσουν ως εκεί. Οι λιγοστές πρώιμες ικανότητες που διέκριναν τα βρέφη κατά τη συγκεκριμένη φιλοσοφία οδήγησαν τον James (1890), έναν από τους πατέρες της ψυχολογίας, στη θεώρηση πως τα βρέφη βιώνουν τον κόσμο ως «μία μεγάλη ανθηρή, βουερή σύγχυση».

Άλλοι θεωρητικοί, όπως για παράδειγμα η Gibson (1994), υποστήριξαν πως οι αντιληπτικές ικανότητες είναι αναγκαίες για την ίδια την επιβίωση του βρέφους. Παρατήρησε έτσι ότι ο άνθρωπος, όπως όλα τα ζώα, αναπτύσσεται σε ένα περιβάλλον από αντικείμενα και γεγονότα. Ήδη από την αρχή τους ηλικία τα ζώα πρέπει να αντιλαμβάνονται τα αντικείμενα αυτά προκειμένου να επιβιώσουν. Η Gibson τόνισε επίσης πως η επιβίωση εξαρτάται από την ικανότητα των ζώων να ενεργούν βάσει των αντιλήψεων τους. Για παράδειγμα, τα παιδιά πρέπει να αντιλαμβάνονται αν μπορούν να περπατήσουν στο χώρο που βρίσκεται μπροστά τους, δηλαδή αν αυτός ο χώρος είναι γκρεμός νερό ή στέρεο έδαφος, κάτι που διαπιστώθηκε μέσω πειραμάτων οπτικού κενού, δηλαδή πειραμάτων στα οποία τα βρέφη διστάζουν να μπουσουλήσουν σε ένα γυάλινο έδαφος που δίνει την εντύπωση του κενού (Gibson & Walk, 1960). Έτσι, υποστήριξε πως η αντίληψη και η πράξη είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους και πως η σύνδεση αυτή υπάρχει ήδη από τη βρεφική ηλικία (Gibson, 1994).

Εικόνα 2. Το πείραμα του οπτικού κενού



Προσαρμογή από: Lightfoot, Cole, & Cole (2014)

Οι δύο ανωτέρω τοποθετήσεις, δηλαδή αυτή του James και της Gibson, βρίσκονται σε αντίθεση μεταξύ τους. Η προσέγγιση της Gibson είναι μάλιστα πολύ πιο πρόσφατη από αυτή του James, αλλά και εμπειρικά τεκμηριωμένη. Όπως αναφέρει ο Siegler (2002), μία πληθώρα διαφορετικών ερευνών φαίνεται να επιβεβαιώνει την προσέγγιση της Gibson και όχι αυτή του James.

Μπορεί να θεωρηθεί πως η οπτική αντίληψη αναπτύχθηκε προσαρμοστικά στον άνθρωπο για τη βελτίωση της προσαρμογής του στο περιβάλλον. Μία τέτοια παραδοχή βασίζεται σαφώς στην εξελικτική ψυχολογία και γενικότερα στην εξελικτική θεωρία, βάσει της οποίας είναι εφικτή η τροποποίηση των δυνατοτήτων και των μηχανισμών του ανθρώπου για τη βέλτιστη δυνατή προσαρμογή στο εξωτερικό του περιβάλλον (Tooby & Cosmides, 2005). Κάτι τέτοιο ενδεχομένως να ισχύει και ως προς την οπτική αντίληψη. Όπως αναφέρει ο Siegler (2002), υπάρχει κάποιος λόγος για τον οποίο τα φυτά δεν έχουν όραση, καθώς κάτι τέτοιο δεν θα τους επέτρεπε το να μετακινηθούν στο εξωτερικό περιβάλλον. Η αντίληψη του ανθρώπου μπορεί επομένως να θεωρηθεί, βάσει της προσέγγισης του, ως εξελικτικά διαμορφωμένη για να βελτιώνει τη δυνατότητα του να εκμεταλλεύεται την εγγενή δυνατότητα της κίνησης στο εξωτερικό του περιβάλλον.

Ο συνδυασμός ανάμεσα στην οπτική αντίληψή και στην πράξη είναι φανερός σε νευροφυσιολογικό επίπεδο. Το οπτικό σύστημα περιλαμβάνει δύο υποσυστήματα. Το πρώτο είναι το κοιλιακό σύστημα, το οποίο μεταφέρει πληροφορίες σε μεγάλο μέρος στον κροταφικό φλοιό του εγκεφάλου και είναι εξειδικευμένο να αναγνωρίζει και να αναπαριστά τον οπτικό κόσμο. Το δεύτερο υποσύστημα είναι το ραχιαίο σύστημα, το οποίο μεταφέρει πληροφορίες κυρίως στο βρεγματικό φλοιό και είναι εξειδικευμένο να χρησιμοποιεί τις αντιληπτικές πληροφορίες για να καθοδηγεί τις πράξεις (Goodale & Milner, 1992). Το σύστημα αυτό φαίνεται πως λειτουργεί στον άνθρωπο ήδη από τους πρώτους μήνες της ζωής (Siegel, 2002).

Κεντρικής σημασίας για την αντίληψη είναι η όραση. Η όραση επιτρέπει στα νεογέννητα βρέφη να αρχίζουν να μαθαίνουν τον κόσμο. Από τη δεκαετία του 1960 και μετά υπάρχει μία σημαντική αναθεώρηση ως προς το κατά πόσο τα βρέφη διακρίνονται από την οπτική αντίληψη, καθώς ως τότε θεωρούνταν ότι είναι κατά μία έννοια λειτουργικά τυφλά (Siegler, 2002).

Για την κατανόηση της οπτικής ανάπτυξης είναι αναγκαία η αναφορά στο οπτικό σύστημα. Η αντίληψη βασίζεται στο φως που αντανακλάται ή εκπέμπεται από ένα αντικείμενο στο περιβάλλον. Το φως έρχεται σε επαφή με το μάτι και περνάει από τον κερατοειδή χιτώνα και την κόρη στο φακό. Οι ακτίνες φωτός συγκλίνουν στο φακό που προβάλλει μία εστιασμένη εικόνα στο φωτοευαίσθητο αμφιβληστροειδή πίσω του. Η αλλαγή στο σχήμα του φακού που εστιάζει στο αντικείμενο είναι γνωστή ως προσαρμογή (Siegler, 2002).

Ο αμφιβληστροειδής διαθέτει δύο είδη φωτοδεκτών, τα ραβδία και τα κωνία. Τα κωνία συγκεντρώνονται στο βοθρίο, πού είναι μία μικρή, σχεδόν κυκλική περιοχή κοντά στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς. Αντιθέτως τα ραβδία δεν βρίσκονται στο βοθρίο, αλλά στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς. Με κανονικό φωτισμό, η όραση είναι οξυτερη στο βοθρίο, ακριβώς επειδή τα κωνία στοιβάζονται πολύ πυκνά εντός αυτού. Από τον αμφιβληστροειδή οι πληροφορίες μεταφέρονται στον εγκέφαλο μέσα από το οπτικό νεύρο. Ο οπτικός φλοιός του εγκεφάλου καταγράφει την πληροφορία και την ενσωματώνει με βάση τις προηγούμενες πληροφορίες για να σχηματίσει μία αναπαράσταση της οπτικής σκηνής (Siegler, 2002).

Ανεξάρτητα από την κατανόηση των μηχανισμών αυτών, σύντομα οι αναπτυξιολόγοι μπόρεσαν να μελετήσουν τις συμπεριφορές των βρεφών που υποδεικνύουν όχι μόνο το ότι έχουν φτάσει στην οπτική ανάπτυξη, αλλά και το ότι τη χρησιμοποιούν για την καλύτερη κατανόηση του εξωτερικού περιβάλλοντος και την προσαρμογή σε αυτό. Όπως διαπίστωσαν, η λειτουργία της όρασης ως αντιληπτικής ικανότητας είναι εύκολο να διαπιστωθεί, παρατηρώντας τις κινήσεις των ματιών των παιδιών προς διάφορα άτομα και αντικείμενα (Siegler, 2002). Ασφαλώς, κάτι τέτοιο δεν συνεπάγεται πως σε περιπτώσεις στις οποίες τα βρέφη δεν πραγματοποιούν σχετικές κινήσεις δεν έχουν και αντιληπτικές ικανότητες όρασης. Ωστόσο, το αντικείμενο μελέτης σε αυτή την περίπτωση αφορά το κατά πόσο οι κινήσεις των ματιών των παιδιών υποδηλώνουν πως η οπτική αντίληψη χρησιμεύει συνολικότερα για τη διαπίστωση της υγιούς ανάπτυξης του γνωστικού του συστήματος, καθώς σε αναπτυξιακές διαταραχές, όπως για παράδειγμα ο αυτισμός, παρατηρείται μία μειωμένη εστίαση του βρέφους το εξωτερικό του περιβάλλον μέσω της περιορισμένης οπτικής εξερεύνησης του περιβάλλοντος του (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014). Συνεπώς, η όραση οφείλει να μελετάται ως αντιληπτική ικανότητα, καθώς αντανakλά αναπτυξιακές παθολογίες.

Η δεύτερη βασική λειτουργία που επιτρέπει στον άνθρωπο την επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον είναι η ακοή. Η ακοή φαίνεται να αναπτύσσεται ήδη από την εμβρυακή ζωή, καθώς όταν η μητέρα βρίσκεται σε περιβάλλον με δυνατούς θορύβους, τα έμβρυα κινούνται περισσότερο και η καρδιά τους χτυπάει πιο γρήγορα. Σε ηλικία μόλις μίας εβδομάδας τα βρέφη ακούν και ανταποκρίνονται σε μία μεγάλη πληθώρα διαφορετικών ήχων. Όταν πραγματοποιούνται δυνατοί θόρυβοι, μοιάζουν κατάπληκτα, ανοιγοκλείνουν γρήγορα τα μάτια τους ή τα κλείνουν πολύ σφιχτά. Έτσι, φαίνεται πως

το ακουστικό σύστημα του ανθρώπου έχει ήδη αναπτυχθεί επαρκώς στην περίοδο της πρώτης εβδομάδας της ζωής (Siegler, 2002).

Τα βρέφη προσέχουν περισσότερο προσεκτικά ορισμένους ήχους από όσο άλλους, καθώς φαίνονται ιδιαίτερα προσεκτικά όταν οι ήχοι μοιάζουν με ομιλία. Αρκετά γενικά χαρακτηριστικά της ακοής τους τα προδιαθέτουν προς αυτή την κατεύθυνση. Αντιδρούν πιο ευαίσθητα σε ήχους με συχνότητα 1.000 ως 3.000 Hz, που είναι η συχνότητα της συνηθισμένης ομιλίας. Επιπλέον, αντιδρούν περισσότερο σε ήχους που, όπως οι ομιλίες, περιλαμβάνουν μία σειρά συχνοτήτων, από όσο σε τόνους στους οποίους όλος ο ήχος είναι σε μία και μόνο συχνότητα. Αυτό δεν οφείλεται στο γεγονός ότι είναι ικανά να ακούνε αυτούς τους τόνους με μεγαλύτερη οξύτητα, αφού ανιχνεύουν ήχους σε υψηλότερες συχνότητες εξίσου σωστά, αλλά στο ότι οι ήχοι αυτοί ενδιαφέρουν αρκετά τα βρέφη, ώστε να τραβούν την προσοχή τους (Siegler, 2002).

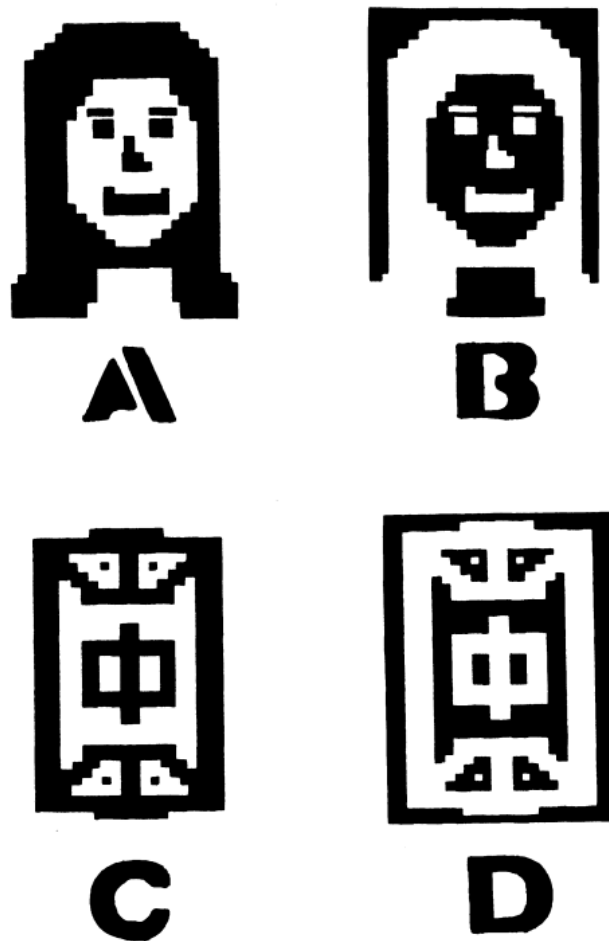
Ένας τύπος ήχου τον οποίο τα βρέφη βρίσκουν ιδιαίτερα ελκυστικό είναι αυτός του ονόματός τους. Πιο συγκεκριμένα, τα βρέφη στρέφουν ήδη από την ηλικία των τεσσάρων μηνών για περισσότερη ώρα την προσοχή τους σε πηγές ήχου που λένε το όνομά τους παρά σε πηγές ήχου που λένε ένα άλλο όνομα με την ίδια ένταση (Siegler, 2002).

Ιδιαίτερα διαφωτιστικό για τη γνωστική ανάπτυξη των βρεφών είναι το ότι τείνουν να παρατηρούν τη λεγόμενη «μωρουδίστικη ομιλία». Πρόκειται για μία μορφή ομιλίας η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλό τόνο φωνής και υπερβολικούς τονισμούς. Κατά μήκος διαφορετικών πολιτισμών φαίνεται πως οι ενήλικες τείνουν να χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο τρόπο για την επικοινωνία τους με τα βρέφη, οδηγώντας έτσι στην παράδοση διαπίστωση πως η ομιλία κατά αυτόν τον τρόπο καθολική στο ανθρώπινο είδος (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014). Όπως υποστηρίζουν οι Cooper & Aslin (1990), οι ενήλικες μιλούν έτσι βάσει ενός μηχανισμού συμπεριφορικής μάθησης, καθώς τα βρέφη ανταποκρίνονται περισσότερο σε αυτόν τον τρόπο ομιλίας, παρέχοντας τους έτσι συμπεριφορικές ενισχύσεις που απαιτούνται για τη συνέχιση αυτού του τρόπου ομιλίας.

Οι δύο ανωτέρω αυτές μορφές αντίληψης, η οπτική αντίληψη και η ακουστική αντίληψη, είναι κεντρικής σημασίας για την ανάπτυξη των μετέπειτα γνωστικών ικανοτήτων και δεξιοτήτων των παιδιών. Πάρα πολλές διαφορετικές παθολογίες της ανάπτυξης αντανακλώνται όχι μέσω της ανεπαρκούς αισθητηριακής αντίληψης, που αφορά ιατρικές παθολογίες, αλλά και μέσω της ανεπαρκούς αξιοποίησης των δύο αυτών μορφών αντίληψης για την αλληλεπίδραση με τους άλλους, που αφορούν

αναπτυξιακές παθολογίες (Cole & Cole, 1996). Ιδιαίτερα χαρακτηριστική είναι η κοινωνική αντίληψη, η οποία αφορά την προσοχή στο πρόσωπο της μητέρας, του πατέρα και άλλων ανθρώπων. Από τους πρώτους μήνες τα βρέφη που παρουσιάζουν τυπική ανάπτυξη προτιμούν να κοιτάζουν τα πρόσωπα περισσότερο από κάθε άλλο αντικείμενο. Ιδιαίτερα διαφωτιστικό είναι ένα σχετικό πείραμα των Dannemiller & Stephens (1988), στο οποίο ομάδες βρεφών 6 και 12 εβδομάδων είδαν τα ερεθίσματα που δημιουργήθηκαν από υπολογιστή και παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα. Αν και τα ερεθίσματα Α και Β διαφοροποιούνται μόνο ως προς το ότι έχουν ανεστραμμένη την αντίθεσή τους, οι ενήλικοι βλέπουν το σχήμα Α να μοιάζει περισσότερο με πρόσωπο. Σε ηλικία 6 εβδομάδων τα βρέφη κοίταζαν τα δύο σχήματα με την ίδια συχνότητα. Ωστόσο, στην ηλικία των 12 εβδομάδων προτιμούν πολύ περισσότερο το σχήμα Α, το οποίο μοιάζει πιο πολύ με πρόσωπο. Δεν έδειξαν μάλιστα καμία αλλαγή στην προτίμησή τους για το σχήμα C ή D, κάτι που υποδηλώνει πως η όποια αλλαγή τους για την προτίμηση του σχήματος Α δεν οφείλεται απλώς στο ότι τα βρέφη 12 εβδομάδων προτιμούν περισσότερο εικόνες με παχιά σκούρα γράμματα. Έτσι, τα βρέφη 12 εβδομάδων δείχνουν να αναγνωρίζουν τα πρόσωπα ως πρόσωπα και να τα κοιτάζουν τουλάχιστον εν μέρει για αυτό το λόγο. Στα μικρότερα βρέφη αρέσει επίσης να κοιτάζουν πρόσωπα, αλλά η έλλειψη τους μπορεί να οφείλεται σε λεπτομέρειες, όπως η κίνηση και οι αντιθέσεις, παρά μάλλον στο ότι τα πρόσωπα είναι πρόσωπα (Siegler, 2002).

Εικόνα 3. Οι εικόνες του πειράματος των Dannemiller & Stephens (1988)



Καθώς επομένως ο άνθρωπος κατακτά ήδη από τη βρεφική ηλικία την ακοή και την όραση κατά τρόπο που μπορεί να εξυπηρετεί την προσαρμογή του και την αλληλεπίδραση του με το εξωτερικό περιβάλλον, σε επόμενο στάδιο κατακτά λοιπές δεξιότητες, χρησιμοποιώντας όμως ως αφετηρία τις δύο αυτές ανωτέρω λειτουργίες (Cole & Cole, 1996).

Η βασικότερη κατάκτηση στην οποία προχωρά ο άνθρωπος είναι αναμφίβολα αυτή της γλώσσας. Βάσει της εξελικτικής θεωρίας, ο άνθρωπος μοιράζεται μία σειρά από κοινές βιολογικές και μη λειτουργίες με τα υπόλοιπα ζώα. Οφείλει δε να αναφερθεί πως με είδη του ζωικού βασιλείου με τα οποία ο άνθρωπος παρουσιάζει μεγαλύτερη συγγένεια έχει και περισσότερες κοινές λειτουργίες (Cole & Cole, 1996). Ωστόσο, όπως αναφέρουν οι Cheney & Seyfarth (1998), η γλώσσα παρατηρείται αποκλειστικά στον άνθρωπο και όχι σε άλλα συγγενή με αυτόν ήδη, όπως για παράδειγμα οι χιμπατζήδες. Μπορεί επομένως να θεωρηθεί ότι η γλώσσα καθιστά τον άνθρωπο κατά

μία έννοια μοναδικό, επιτρέποντας έτσι την ανάπτυξη του πολιτισμού (Παπαηλίου, 2005).

Καθώς η ανάπτυξη και κατάκτηση της γλώσσας συνιστά κάτι το μοναδικό, μία πληθώρα διαφορετικών θεωριών έχουν αναπτυχθεί για να επεξηγηθεί το πως κάτι τέτοιο λαμβάνει χώρα. Μία πρώτη προσέγγιση η οποία επιχείρησε να εξηγήσει τη γλωσσική ανάπτυξη είναι η συμπεριφορική. Βάσει της προσέγγισης αυτής, η οποία αναπτύχθηκε κυρίως κατά τις πρώτες δεκαετίες του 20ού αιώνα στις Ηνωμένες Πολιτείες, η γλωσσική ανάπτυξη πραγματοποιείται μέσω συμπεριφορικών μηχανισμών, όπου οι σχέσεις αμοιβής και τιμωρίας έχουν έναν ιδιαίτερα κεντρικό και διαμορφωτικό ρόλο. Έτσι, οι συμπεριφοριστές θεώρησαν ότι δεν υπάρχει κάποιος έμφυτος και εγγενής στον άνθρωπο μηχανισμός που να οφείλεται για τη γλωσσική ανάπτυξη, παρά πως αυτή είναι απόρροια των περιβαλλοντικών του ερεθισμάτων (Demirezen, 1998).

Παράλληλα με την ανάπτυξη της συμπεριφορικής θεωρίας, σε διάφορες ανεπτυγμένες χώρες όπου υπήρχε στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα σημαντική επιστημονική πρόοδος προτάθηκαν θεωρίες βάσει των οποίων η ανθρώπινη ανάπτυξη επεξηγείται καλύτερα από παράγοντες βιολογικούς, παρά από παράγοντες συμπεριφορικούς. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν παρατηρήθηκε στην περίπτωση της γλωσσικής ανάπτυξης, όπου πράγματι θα ήταν αδύνατη η υποστήριξη του ότι αυτή πραγματοποιείται αποκλειστικά βάσει βιολογικών παραγόντων (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014).

Η κεντρική συμβολή στην κατανόηση των εγγενών στον άνθρωπο μηχανισμών που οφείλονται για τη γλωσσική ανάπτυξη αποδίδεται στον Chomsky. Με βάση τη θεωρία του, ο άνθρωπος έχει έναν εγγενή μηχανισμό με τον οποίο πραγματοποιείται η γλωσσική ανάπτυξη, ανεξάρτητα από τις ομιλούμενες γλώσσες. Η τάση για γλωσσική ανάπτυξη λαμβάνοντας υπόψιν το σχετικό μηχανισμό είναι, όπως υποστήριξε, έμφυτη στον άνθρωπο. Η θεωρία του αναπτύχθηκε λόγω της συνειδητοποίησης ότι ο άνθρωπος δεν καταβάλλει στα πρώτα έτη της ζωής σημαντική προσπάθεια για να αναπτύξει τη γλώσσα, η οποία αναπτύσσεται με τρόπο σχετικά άκοπο, καταδεικνύοντας την ύπαρξη ενός τέτοιου μηχανισμού (Παπαηλίου, 2005). Επιπροσθέτως, η κοινή μεταξύ διαφορετικών γλωσσών δομή των συντακτικών εννοιών οδηγεί στη θεώρηση περί ύπαρξης ενός έμφυτου μηχανισμού, καθώς η γλώσσα αναπτύσσεται με παρόμοιο τρόπο σε διαφορετικά πολιτισμικά περιβάλλοντα, αφήνοντας, όπως θεώρησε ο Chomsky, τον

αρχικό μηχανισμό που οφείλεται για την ανάπτυξη της ανεπηρέαστο (Rosenberg, 1993).

Μία ακόμα σχετική θεωρία για την απόκτηση της γλώσσας είναι αυτή της κρίσιμης περιόδου. Η θεωρία αυτή προτάθηκε από διάφορους ερευνητές. Με βάση αυτή τη θεωρία, υπάρχει μία κρίσιμη περίοδος για την ανάπτυξη της γλώσσας στον άνθρωπο, περίοδος στην οποία ο ανθρώπινος εγκέφαλος διακρίνεται από έντονη πλαστικότητα. Έτσι, ο άνθρωπος είναι βιολογικά προσδιορισμένος για την απόκτηση της γλώσσας σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό σημείο της ζωής του. Η γλωσσική ανάπτυξη μπορεί να πραγματοποιείται επομένως σε κάποιο καθορισμένο χρονικό στάδιο και όχι πριν ή μετά από αυτό, οδηγώντας έτσι στη θεώρηση περί μιας κρίσιμης περιόδου για τη γλωσσική ανάπτυξη (Scovel, 2000).

Σε κάθε περίπτωση, η ανάπτυξη της γλώσσας λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια των πρώτων ετών της ζωής, διακρινόμενη σε δύο επιμέρους στάδια. Το πρώτο στάδιο αφορά την ηλικία έως τα τρία έτη της ζωής, ενώ το δεύτερο στάδιο την ηλικία μετά τα τρία έτη της ζωής. Η διαφοροποίηση μεταξύ αυτών των δύο ηλικιακών σταδίων είναι συνάρτηση των εξωτερικών ερεθισμάτων που προσλαμβάνει το παιδί για να αναπτύξει τη γλώσσα. Στο πρώτο στάδιο τα ερεθίσματα προέρχονται σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα από τους γονείς, οδηγώντας έτσι σε επαρκή γλωσσική κατανόηση και δυνατότητα για παραγωγή λέξεων, ενώ στο δεύτερο στάδιο είναι κυρίαρχες οι κοινωνικές πλέον αλληλεπιδράσεις του παιδιού, οδηγώντας στη χρήση της γλώσσας για δόμηση επικοινωνιακών και κοινωνικών σχέσεων με τους υπόλοιπους (Topping, Dekhinet, & Zeedyk, 2013).

Όπως αναφέρεται και ανωτέρω, χάρη στις ακουστικές δεξιότητες τα βρέφη μπορούν να αναγνωρίζουν με ιδιαίτερη ευκολία και αποτελεσματικότητα τη μωρουδίστικη ομιλία. Η ομιλία κατά τον τρόπο αυτό από το γονέα προς το βρέφος οδηγεί σε διάφορα ευεργετήματα, με τα πιο βασικά ευεργετήματα να είναι τα κάτωθι (Golinkoff, Can, Soderstrom, & Hirsh-Pasek, 2015): α) η προαγωγή της ανάπτυξης της προσοχής του παιδιού στη γλώσσα β) η ενίσχυση των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στο φροντιστή και στο παιδί γ) η απόκτηση πληροφοριών από τα παιδιά για ποικίλα στοιχεία της γλώσσας τους.

2.4 Η θεωρία γνωστικής ανάπτυξης του Piaget και σχετικές θεωρίες

Μία από τις πιο παραδοσιακές θεωρίες που είναι επεξηγούν τη γνωστική ανάπτυξη του ανθρώπου είναι αυτή του Piaget. Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα διάφοροι μελετητές κατέληξαν στη θεώρηση πως η γνωστική ανάπτυξη πραγματοποιείται σε συγκεκριμένα, αλληλοδιαδεχόμενα και διακριτά μεταξύ τους στάδια (Fischer, 1980). Ο Piaget είναι ένας από τους μελετητές που ανέπτυξε μία σχετική θεωρία. Παρ' ότι η θεωρία του μπορεί να θεωρηθεί ως αρκετά πολύπλοκη, υπάρχουν δύο βασικές αρχές οι οποίες διακρίνουν το έργο του. Η πρώτη είναι αυτή της θεώρησης περί αλληλοδιαδεχόμενων σταδίων της ανάπτυξης και η δεύτερη είναι αυτή περί του κοινωνικού κονστρουκτιβισμού, που αφορά επομένως όχι τη μελέτη μιας αντικειμενικής πραγματικότητας, αλλά μιας πραγματικότητας που γίνεται αντιληπτή και διαμορφώνεται υπό την οπτική του ίδιου του παιδιού, το οποίο δομή την ίδια την κοινωνική πραγματικότητα και τη γνωστική του ανάπτυξη (Carey, Zaitchik, & Bascandziew, 2015). Καθώς το έργο του Piaget επεξήγησε σε σημαντικό βαθμό τον τρόπο με τον οποίο αναπτύσσεται γνωστικά ο άνθρωπος, οι θεωρίες του βρήκανε μία σημαντική εφαρμογή τόσο στη γενική, όσο και στην ειδική εκπαίδευση (Genovese, 2003).

Ο Piaget άρχισε να μελετά την ανθρώπινη ανάπτυξη βάσει διακριτών, όπως αναφέρεται και ανωτέρω, σταδίων. Αντιμετώπισε έτσι τη γνωστική ανάπτυξη όχι ως μία πορεία γραμμική, αλλά ως μία πορεία όπου το κάθε στάδιο έχει διακριτές και δομικές διαφορές με το άλλο, αφορώντας έτσι διαφορετικές αναπτυξιακές κατακτήσεις (Wellman & Gelman, 1992). Κεντρικής σημασίας για τη θεωρία του Piaget είναι η έννοια του γνωστικού σχήματος. Το γνωστικό σχήμα αποτελεί μία ευρύτερη γνωστική δομή που διαμορφώνεται βάσει της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με το εξωτερικό περιβάλλον, συγκεκριμένα μέσω διαδικασιών αφομοίωσης και συμμόρφωσης (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014).

Ο Piaget θεώρησε ότι το πρώτο στάδιο της γνωστικής ανάπτυξης παρατηρείται στην ηλικία των 1-24 μηνών της ζωής. Με βάση τη θεωρία του, στο στάδιο αυτό κεντρικής σημασίας για τη γνωστική ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη των αντανακλαστικών. Κατά τη βρεφική ηλικία τα αντανακλαστικά συνιστούν έναν βασικό συντελεστή της ανθρώπινης ανάπτυξης, αφού βάσει αυτών λαμβάνουν χώρα οι αποκρίσεις του ανθρώπου έναντι του γνωστικού περιβάλλοντος. Θεώρησε έτσι πως

μέσω της αρχικής αυτής κατάκτησης των αντανακλαστικών αναπτύσσονται στη συνέχεια τα γνωστικά σχήματα του ανθρώπου, μέσω των οποίων πραγματοποιεί την αναπαράσταση του κόσμου και επιτρέπεται η προσχεδιασμένη από αυτόν δράση. Αυτού του τύπου η προσαρμογή θεώρησε ότι συνιστά μία έμφυτη βιολογική ανάγκη του ανθρώπου. Έτσι, η φυσιολογική ανάπτυξη των αντανακλαστικών σε αυτό το στάδιο της ανάπτυξης θεωρήθηκε από τον Piaget ως αναγκαία για τη φυσιολογική μετέπειτα γνωστική ανάπτυξη (Huitt & Humme, 2003).

Στους πρώτους μήνες της ζωής ο Piaget έδωσε κεντρική σημασία στην ανάπτυξη των αντανακλαστικών μέσα από τις λεγόμενες πρωτογενείς κυκλικές αντιδράσεις, όπως για παράδειγμα το πιπίλισμα, που έχουν ως στόχο την ανάπτυξη ενός αισθήματος ευχαρίστησης στο βρέφος (Cole & Cole, 1996). Την αντίδραση αυτή την ενέταξε εντός ενός ευρύτερου σταδίου της ανθρώπινης ανάπτυξης, το οποίο ονόμασε αισθητηριοκινητικό (ως τα 2 έτη της ζωής). Θεώρησε έτσι ότι οι πρωτογενείς κυκλικές αντιδράσεις συνιστούν το πρώτο στάδιο του αισθητηριοκινητικού σταδίου της ανάπτυξης (Lightfoot, Cole, & Cole, 2014).

Το επόμενο υποστάδιο της αισθητηριο κινητικής ανάπτυξης εντοπίζεται μεταξύ της ηλικίας των τεσσάρων και οχτώ μηνών της ζωής. Στο στάδιο αυτό αναπτύσσονται οι λεγόμενες δευτερογενείς κυκλικές αντιδράσεις. Αυτές οι αντιδράσεις έχουν να κάνουν με την αναδυόμενη επίγνωση για τη σχέση των ενεργειών με το περιβάλλον και αποτελούν μία προέκταση των ενεργειών που παράγουν ενδιαφέρουσες αλλαγές σε αυτό. Σε αυτό το στάδιο το βρέφος επαναλαμβάνει τις ενέργειες που έχουν ως συνέπεια την ανάπτυξη ενός ευχάριστου αισθήματος και την άντληση ικανοποίησης, όχι όμως από την ενέργεια καθαυτή, όπως συνέβαινε στο προηγούμενο υποστάδιο, αλλά επιδιώκοντας τις μεταβολές στο εξωτερικό περιβάλλον, που του προκαλούν την ικανοποίηση. Επιπροσθέτως, ενώ κατά το προηγούμενο στάδιο η εστίαση αφορά το σώμα του βρέφους, δηλαδή οι ενέργειές του επικεντρώνονταν σε αυτό, πλέον κεντρικό ρόλο έχουν τα αντικείμενα, όπου επικεντρώνει την προσοχή του το βρέφος. Λόγω των συγκεκριμένων συμπεριφορών ο Piaget θεώρησε ότι στο συγκεκριμένο στάδιο το βρέφος αντιλαμβάνεται ότι τα αντικείμενα συνιστούν κάτι παραπάνω από μία προέκταση των ενεργειών του και πως έχουν μία δική τους διακριτή από το σώμα του ταυτότητα (Cole & Cole, 1996). Διάφοροι μετέπειτα μελετητές όπως οι Moore & Meltzoff (1999), ανέδειξαν την κεντρική σημασία αντίληψης της μονιμότητας του αντικειμένου για την μετέπειτα γνωστική ανάπτυξη του βρέφους και γενικότερα του ανθρώπου. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί πως σε αυτό το αναπτυξιακό στάδιο ο Piaget

θεώρησε ότι το βρέφος δεν κατέχει, τη μονιμότητα του αντικειμένου, καθώς, όπως ανέφερε, όταν ένα σχετικό αντικείμενο απουσιάζει τα βρέφη δεν το αναζητούν (Cole & Cole, 1996).

Το επόμενο σχετικό υπό στάδιο που διέκρινε ο Piaget αφορά την ηλικία των 8 έως 12 μηνών της ζωής. Σε αυτό το στάδιο τα βρέφη αναπτύσσουν σχήματα για την επίτευξη επιθυμητών αποτελεσμάτων, τα οποία συνιστούν μία πρόιμη μορφή επίλυσης προβλημάτων. Στο συγκεκριμένο στάδιο το βρέφος αναπτύσσει συμπεριφορές που δεν ανέπτυξε ως τότε, αναζητώντας πλέον τα αντικείμενα του εξωτερικού του περιβάλλοντος. Επί παραδείγματι, αν ένα βρέφος διαπιστώσει ότι κάποιο αντικείμενο βρίσκεται κάτω από ένα άλλο, τότε αυτόματα το τραβά, με στόχο τον εντοπισμό του αντικειμένου που το ενδιαφέρει. Στο στάδιο αυτό ο Piaget θεώρησε επομένως ότι το βρέφος έχει κατακτήσει τη μονιμότητα του αντικειμένου (Harris, 1975).

Το επόμενο στάδιο αφορά τους 12 έως 18 μήνες της ζωής. Σε αυτό το στάδιο γίνεται η ανάπτυξη των πρωτογενών κυκλικών αντιδράσεων. Σε αυτή την περίπτωση λαμβάνει χώρα μία εμπρόθετη παραλλαγή των μέσων που χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων, αλλά και πειραματισμός για να διαπιστωθούν ενδεχόμενες συνέπειες ενεργειών του βρέφους. Για παράδειγμα, ο Piaget διαπίστωσε πως συχνά τα βρέφη πετούν αντικείμενα από το καρεκλάκι τους για να τα δουν να πέφτουν και να αναπηδούν. Ο Piaget θεώρησε ότι η ηλικία αυτή συνιστά ένα υποστάδιο δοκιμής και πλάνης, όπου το βρέφος προχωρά σε χειρισμούς του εξωτερικού περιβάλλοντος, ώστε να διαπιστώσει τις συνέπειες των ενεργειών του (Cole & Cole, 1996).

Το επόμενο υποστάδιο παρατηρείται ανάμεσα στους 18 και στους 24 μήνες. Σε αυτή την περίοδο λαμβάνει χώρα η απαρχή της συμβολικής αναπαράστασης, καθώς εικόνες και λέξεις καταλαμβάνουν πλέον τη θέση γνωστών αντικειμένων και γίνεται επινόηση μέσων για την επίλυση προβλημάτων μέσα από συμβολικούς συνδυασμούς. Επομένως, πραγματοποιείται η μετάβαση του βρέφους προς ένα νέο αναπτυξιακό στάδιο, στο οποίο δεν χρησιμοποιεί πλέον ως βασικό μέσο για την επίλυση των προβλημάτων τη δοκιμή και την πλάνη. Στο στάδιο αυτό λαμβάνει χώρα η ανάπτυξη του συμβολικού παιχνιδιού, το οποίο ο Piaget θεώρησε ότι είναι κεντρικής σημασίας για τη μετέπειτα ψυχοκοινωνική ωρίμανση και τη γνωστική ανάπτυξη του ανθρώπου (Cole & Cole, 1996).

Οι κατακτήσεις αυτές από πλευράς του ανθρώπου θεωρήθηκαν ανάγκες από τον Piaget προκειμένου να επεξηγήσει τις δύο βασικές διαδικασίες με τις οποίες θεώρησε ότι μετέπειτα πραγματοποιείται η γνωστική ανάπτυξη, δηλαδή αυτή της

αφομοίωσης και της συμμόρφωσης. Έτσι, η ανάπτυξη των γνωστικών λειτουργιών κατά τα πρώτα στάδια της ζωής θεωρήθηκε ως άρρηκτα συνδεδεμένη με τη μετέπειτα γνωστική ανάπτυξη του ανθρώπου (Cole & Cole, 1996).

Με βάση τη θεωρία του Piaget, η τάση για εξερεύνηση της εξωτερικής πραγματικότητας παρατηρείται γενικώς στον άνθρωπο και όχι μόνο στα βρέφη, οδηγώντας έτσι στην ανάπτυξη γνωστικών σχημάτων και σε ευρύτερο επίπεδο στη γνωστική ανάπτυξη (Bliss, 1995). Τα γνωστικά σχήματα διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Η πρώτη έχει να κάνει με τα παρουσιαστικά σχήματα, τα οποία αφορούν την αναγνώριση των μόνιμων και ταυτόχρονα συγκρίσιμων μεταξύ των αντικειμένων χαρακτηριστικών. Τα σχήματα της παράστασης και οι έννοιες εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία. Για παράδειγμα, η «γάτα» αποτελεί ένα τέτοιο σχήμα. Τα σχήματα αυτά κάνουν την εμφάνισή τους προ της συγκρότησης των παραστατικών ικανοτήτων, δηλαδή προ της πρώτης αισθητήριο κινητικής περιόδου. Τα σχήματα αυτής της κατηγορίας είναι εύκολα στη γενίκευση και στην απομόνωση από μία ευρύτερη περίσταση, όπου παρατηρούνται για πρώτη φορά, με αποτέλεσμα να έχουν έναν έντονα δηλωτικό χαρακτήρα και να διατηρούνται εν συνεχεία παρά την ένταξή τους σε πιο μεγάλης εμβέλειας γνωστικά σχήματα, όπως για παράδειγμα η ένταξη της έννοιας της γάτας στην έννοια του ζώου (Παπαμιχαήλ, 2004).

Τα διαδραστικά σχήματα συνιστούν μία δεύτερη κατηγορία σχημάτων που εξετάζονται από τη γνωστική ψυχολογία και αποτελούνται από διαρκείς πράξεις- μέσα για την επίτευξη συγκεκριμένων σκοπών. Τα σχήματα αυτής της κατηγορίας δεν είναι άμεσα γενικεύσιμα, καθώς δεν υπάρχει σύνδεση τους με συγκεκριμένες περιστάσεις που να εφαρμόζονται, δηλαδή περιστάσεις πάντα σχετικές με ένα ειδικό πρόβλημα. Η διατήρηση αυτών στη μνήμη προκύπτει πλέον μόνο από παρουσιαστικού τύπου ανασυγκροτήσεις. Τα σχήματα χρησιμεύουν συνεπώς για συγκυριακή κατανόηση μιας πραγματικότητας που έχει ήδη κατασκευαστεί (Παπαμιχαήλ, 2004).

Η τρίτη κατηγορία έχει να κάνει με τα επιχειρησιακά σχήματα. Τα σχήματα αυτής της κατηγορίας έχουν ένα χαρακτήρα διαδραστικό, καθώς είναι σχήματα γενικά και δομικά. Τα σχήματα αυτά αφορούν τους κανόνες που διακρίνουν τις λογικές πράξεις και που με το συντονισμό αυτών αναπτύσσονται δομές παρουσιαστικού τύπου. Μια τέτοια δομή είναι για παράδειγμα η σειριοθέτηση. Αυτής της κατηγορίας τα σχήματα συνιστούν μία σύνθεση των σχημάτων των δύο ανωτέρω κατηγοριών, έχοντας δηλαδή έναν ταυτόχρονα διαδραστικό και δηλωτικό χαρακτήρα (Παπαμιχαήλ, 2004).

Με βάση τα παραπάνω, ο Piaget προχώρησε στη διάκριση δύο βασικών κατηγοριών αλληλοσυμπληρωματικών μεταξύ τους γνωστικών σχημάτων. Το πρώτο έχει να κάνει με την κατανόηση του συνόλου των λογικομαθηματικών και φυσικών ιδιοτήτων των γεγονότων και αντικειμένων, ενώ το δεύτερο έχει να κάνει με την επιτυχία στο σύνολο των τομέων της γνωστικής ανάπτυξης, από τις πιο βασικές έως και τις πιο αφηρημένες κατηγορίες. Το πρώτο σχήμα, που σχετίζεται με την κατανόηση της ανάπτυξης μεταγνωστικής σκέψης και της συνείδησης, αναπτύσσεται βάσει παρουσιαστικών και επιχειρησιακών σχημάτων, σε μία δομικού τύπου σύνθεση. Τα παρουσιάστηκα σχήματα δεν διατηρούνται απομονωμένα, αλλά συντονίζονται εντός ταξινομήσεων, όσον αφορά τις έννοιες, και εντός σειριοθετήσεων, όσον αφορά τις ασύμμετρες σχέσεις. Ως εκ τούτου, ο συντονισμός αυτών οδηγεί σε έναν επιχειρησιακό χαρακτήρα. Το δεύτερο σχήμα αφορά εκείνο των επιτυχιών και αφορά το σύνολο των διαδραστικών σχημάτων, ως και τα επιχειρησιακά σχήματα από την άποψη της μετατρεπτικής τους λογικής λειτουργίας που στοχεύουν κάποιο στόχο (Παπαμιχαήλ, 2004).

Όλες οι παραπάνω θεωρητικές αρχές της προσέγγισης του Piaget έχουν να κάνουν με τον τρόπο μέσω του οποίου ο άνθρωπος οργανώνει τις πληροφορίες που σχετίζονται με το εξωτερικό του περιβάλλον. Ακολούθως, ο Piaget εξέτασε τους τρόπους προσαρμογής του ανθρώπου στις νέες πληροφορίες, διαδικασία που περιλαμβάνει, όπως υποστήριξε, δύο βήματα, αυτό της αφομοίωσης και αυτό της συμμόρφωσης. Η αφομοίωση αναφέρεται στην πρόσληψη της νέας πληροφορίας με βάση την υφιστάμενη γνώση, ενώ η συμμόρφωση στη μεταβολή των έως τώρα πληροφοριών, επιδιώκοντας τη συμπερίληψη επιπρόσθετων και νέων πληροφοριών (Cole & Cole, 1996). Τα παιδιά αναπτύσσουν με υγιή τρόπο τη γνωστική τους λειτουργικότητα όταν πραγματοποιείται μία διαρκής χρήση και των δύο αυτών διαδικασιών. Η ισορροπία μεταξύ αυτών θεωρείται επομένως ουσιαστικής σημασίας για την ανθρώπινη μάθηση (Qayumi, 2001).

Η επίδραση της θεωρίας του Piaget ήταν κεντρικής σημασίας στην κατανόηση της ανθρώπινης γνωστικής ανάπτυξης. Ως εκ τούτου, οι μετέπειτα θεωρίες γνωστικής ανάπτυξης αναπτύχθηκαν ως μία κριτική προς την κεντρική αυτή θεωρία. Κατά τον Piaget (1964), τόσο η φύση, όσο και το περιβάλλον, συμβάλλουν στην ανάπτυξη των αντανεκλαστικών και στη γνωστική ανάπτυξη, καθώς το κάθε άτομο διαθέτει τους σχετικούς μηχανισμούς, οι οποίοι αναπτύσσονται με βάση την επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων. Η θεώρηση αυτή είναι ευρύτερη στην

κοινωνιοκονστροκτουβιστική προσέγγιση και κατέστη ιδιαίτερα δημοφιλής λόγω της δυνατότητας της για υπέρβαση της διαρκούς αντιπαράθεσης μεταξύ της φύσης και του περιβάλλοντος (Cole & Cole, 1996). Αν και η θεωρία αυτή «έλυσε» κατά μία έννοια το τότε πρόβλημα, που αφορούσε τη διαμάχη μεταξύ των δύο αυτών τάσεων, διάφοροι μελετητές που υποστήριζαν την βιολογική και εγγενή τάση της γνωστικής ανάπτυξης αμφισβήτησαν τη θεωρία του Piaget (Salkind, 2006).

Η βασική κριτική προς τη θεωρία του Piaget αφορά μία δαρβινικού τύπου θεώρηση. Η βιολογική θεωρία της γνωστικής ανάπτυξης εδράζεται στην αρχή πως η συνολικότερη γνωστική ανάπτυξη στη βρεφική ηλικία είναι σε πολύ πιο μεγάλο βαθμό κοινή για τον άνθρωπο και τα συγγενή σε αυτόν είδη. Η θεωρία αυτή απορρίπτει συνεπώς την επίδραση κοινωνικών παραγόντων, δίνοντας σημαντική βαρύτητα σε βιολογικούς παράγοντες που έχουν διαμορφωτικές επιδράσεις στην πρόιμη γνωστική ανάπτυξη του ανθρώπου (Redshaw, 1978).

Ο σημαντικότερος ίσως μελετητής που αμφισβήτησε τη θεωρία του Piaget και επιχείρησε να διαμορφώσει μία εναλλακτική προσέγγιση για το πώς πραγματοποιείται η γνωστική ανάπτυξη στον άνθρωπο είναι ο Gesell. Ο Gesell πραγματοποίησε συστηματική έρευνα για τη μελέτη της επίδρασης της φύσης στην γνωστική ανάπτυξη των αντανεκλαστικών και εν γένει στη γνωστική ανάπτυξη κατά τη διάρκεια της βρεφικής ηλικίας. Σα πειράματα του μελέτησε μονοζυγωτικούς διδύμους, λόγω του ότι αυτοί έχουν ένα ίδιο γενετικό προφίλ. Βασικός στόχος του ήταν η μελέτη πιθανών διαφορών των αντανεκλαστικών αντιδράσεων τους κατά την παρουσία διαφορετικών ερεθισμάτων στο περιβάλλον τους. Όπως διαπίστωσε από τα πειράματα του, ο τρόπος με τον οποίο αναπτύσσονταν τα αντανεκλαστικά των μονοζυγωτικών διδύμων διαφοροποιούνταν ως συνάρτηση των διαφορών του εξωτερικού τους περιβάλλοντος. Έτσι, διαπίστωσε πως η γνωστική ανάπτυξη δεν είναι στον άνθρωπο περιβαλλοντικά κατευθυνόμενη, παρά πως είναι βιολογικά προσδιορισμένη (Salkind, 2006). Σε κάθε περίπτωση, η αξία της θεωρίας του Piaget αναδεικνύεται από το ότι και οι μελετητές της βιολογικής προσέγγισης, όπως ο Gesell, βασίστηκαν στην παραδοχή πως τα αντανεκλαστικά συνιστούν μία κατεξοχήν μορφή της γνωστικής ανάπτυξης στην βρεφική ηλικία για να τεκμηριώσουν τη θεωρητική τους αντιπρόταση (Cole & Cole, 1996).

Η πιο κεντρική όμως κριτική προς τη θεωρία του Piaget ασκείται από αυτούς οι οποίοι υιοθέτησαν σε, μεγαλύτερο βαθμό την προσέγγιση του κοινωνικού κονστροκτιβισμού. Η κριτική δεν αναπτύσσεται επομένως συνολικά ως προς τη

θεωρία του, αλλά ως προς επιμέρους παραμέτρους αυτής, οδηγώντας έτσι σε νέες θεωρητικές παραδοχές. Η πιο βασική κριτική αυτής της κατηγορίας αφορά τη μονιμότητα του αντικειμένου. Σε σχετικά πειράματα βρέφη ηλικίας πέντε μηνών εξοικειώθηκαν με μία οθόνη και ένα κουτί, οδηγώντας ακολούθως σε δύο πειραματικές ομάδες. Στην πρώτη ομάδα παρουσιαζόταν η χωροταξική θέση των δύο αντικειμένων με τρόπο που σε κάθε συνθήκη η οθόνη κάλυπτε στο σύνολο των περιπτώσεων το κουτί και δεν το διαπερνούσε, ενώ στη δεύτερη ομάδα δεν πραγματοποιούνταν κάτι τέτοιο. Το συγκεκριμένο πείραμα στηριζόταν στην υπόθεση ότι τα βρέφη θα αντιληφθούν ότι το κουτί συνεχίζει και υπάρχει στην ίδια θέση παρότι καλύπτεται από την οθόνη και ότι η οθόνη είναι αδύνατον να μετακινείται από το χώρο που καταλαμβάνεται από το κουτί. Η παρακολούθηση των αποκρίσεων των βρεφών οδήγησε στη διαπίστωση ότι αντιλαμβάνονταν πως τα στέρεα αντικείμενα δεν μπορούν να μετακινούνται από το χώρο που καταλαμβάνεται από άλλα αντικείμενα και πως τα βρέφη αντιλαμβάνονταν ότι τα αντικείμενα συνεχίζουν να υπάρχουν όταν αυτά δεν παρατηρούνται στο χώρο, καθώς τα παιδιά αναζητούσαν το κουτί όταν αυτό απουσίαζε. Τα αποτελέσματα του πειράματος αυτού βρίσκονται σε αντίθεση με τις παραδοχές του Piaget, καθώς διαπιστώνεται ότι ακόμα και από την ηλικία των πέντε μηνών τα βρέφη αντιλαμβάνονται τη μονιμότητα του αντικειμένου, κάτι που ο Piaget θεώρησε ότι πραγματοποιείται σε μετέπειτα αναπτυξιακά στάδια (Baillargeon, Spelke, & Wasserman, 1985).

2.5 Η απόκλιση από τη φυσιολογική εγκεφαλική ανάπτυξη στον αυτισμό

Ο αυτισμός είναι μια διαταραχή με πρώιμη έναρξη ζωής και νοείται ως μια σημαντική αναπτυξιακή παρέκκλιση (Stefanatos, 2008). Οι μελέτες νευροαπεικόνισης των παιδιών είναι επομένως ιδιαίτερα κρίσιμες για την ανάπτυξη ακριβών μοντέλων της υποκείμενης νευροβιολογίας της διαταραχής. Έτσι, ίσως προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι πολύ λίγες μελέτες fMRI έχουν αντιμετωπίσει το ζήτημα του τρόπου με τον οποίο ο εγκέφαλος είναι λειτουργικά οργανωμένος στον παιδικό αυτισμό κατά τα πρώιμα έτη της ζωής, δηλαδή πιο κοντά χρονικά στο σημείο όπου πραγματοποιείται η κατεξοχήν ανάπτυξη της σχετικής παθολογίας (Amaral, 2011).

Η λειτουργική συνδεσιμότητα του εγκεφάλου των παιδιών με αυτισμό έχει αποτελέσει κεντρικό αντικείμενο έρευνας. Η μελέτη για τη λειτουργική συνδεσιμότητα

βασίζεται σε έρευνες που εξετάζουν τον συγχρονισμό των επιπέδων ενεργοποίησης μεταξύ των περιοχών του εγκεφάλου κατά την εκτέλεση μιας δεδομένης γνωστικής εργασίας. Τα ελλείμματα της συνδεσιμότητας φαίνεται να αφορούν τις περιοχές που είναι υπεύθυνες για μια πληθώρα λειτουργιών, όπως:

- Η χρήση της γλώσσας (Jones, Bandettini, Kenworthy, Case, Milleville, Martin, & Birn, 2010)
- Η μνήμη εργασίας (Koshino, Kana, Keller, Cherkassky, Minshew, & Just, 2008)
- Οι νοητικές αναπαραστάσεις (Kana, Libero, & Moore, 2011)
- Οι εκτελεστικές λειτουργίες (Just, Cherkassky, Keller, Kana, & Minshew, 2007)
- Η κοινωνική αναπαράσταση (Kana, Keller, Cherkassky, Minshew, & Just, 2009)

Κατά τρόπο φαινομενικά παράδοξο, σε άλλες περιπτώσεις παρατηρείται μία σημαντική υπερ-σύνδεση περιοχών του εγκεφάλου. Κάτι τέτοιο παρατηρείται στις περιοχές που είναι υπεύθυνες για τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Την οπτική αναζήτηση (Shih, Keehn, Oram, Leyden, Keown, & Müller, 2011)
- Τη μνήμη (Noonan, Haist, & Müller, 2009)
- Την επεξεργασία συναισθηματικώς σχετιζόμενων πληροφοριών (Welchew, Ashwin, Berkouk, Salvador, Suckling, Baron-Cohen, & Bullmore, 2005)
- Την επεξεργασία των οπτικοαισθητικών πληροφοριών (Mizuno, Villalobos, Davies, Dahl, & Müller, 2006; Turner, Frost, Linsenhardt, McIlroy, & Müller, 2006)

Ο συνολικότερος όγκος γνώσης σχετικά με την υπερδραστηριότητα ορισμένων περιοχών έχει οδηγήσει σε αμφισβήτηση του κατά πόσο η υπερσυνδεσιμότητα και η υποσυνδεσιμότητα γενικώς παρατηρείται στην εγκεφαλική δομή των παιδιών με αυτισμό. Η βασική αυτή αμφισβήτηση προκύπτει από την ύπαρξη σημαντικών μεθοδολογικών σφαλμάτων στις μελέτες οι οποίες αναφέρουν υπό συνδεσιμότητα (Müller, Shih, Keehn, Deyoe, Leyden, & Shukla, 2011), αλλά και αντιφατικά αποτελέσματα σε σχέση με μελέτες που οδηγούν στη διαπίστωση υπέρ συνδεσιμότητας. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των γλωσσικών λειτουργιών έχει διαπιστωθεί από άλλες έρευνες μία υπερσυνδεσιμότητα, ενώ από άλλες έρευνες μία

υποσυνδεσιμότητα, χωρίς έτσι να είναι απόλυτα σαφές το τι από τα δύο ισχύει στην περίπτωση του αυτισμού (Uddin, Supekar, & Menon, 2013).

Η ανωτέρω προβληματική ενδεχομένως να οδηγεί σε ορισμένους γόνιμους προβληματισμούς τους ερευνητές που μελετούν είναι υπερσυνδεσιμότητα και υποσυνδεσιμότητα του εγκεφάλου των ατόμων με αυτισμό. Ενδεχομένως να μην πρόκειται για ένα τόσο απλοϊκό ερευνητικό ερώτημα που θα μπορούσε να εξηγηθεί είτε μέσω της ανάπτυξης υπερσυνδεσιμότητας είτε μέσω της ανάπτυξης υποσυνδεσιμότητας. Για την υπέρβαση αυτού του διχοτομικού διλήμματος ενδεχομένως να είναι χρήσιμη η εξέταση των σχετικών μελετών σε διαφορετικά ηλικιακά και αναπτυξιακά στάδια. Ειδικότερα, φαίνεται ότι όταν οι μελέτες πραγματοποιούνται σε άτομα ηλικίας 7 έως 14 ετών τείνει να καταγράφεται μία σημαντική υπερσυνδεσιμότητα των εγκεφαλικών λειτουργιών, ενώ όταν οι μελέτες πραγματοποιούνται σε αλλά ηλικιακά και αναπτυξιακά στάδια τείνει να καταγράφεται το αντίθετο. Πρόκειται, συνεπώς για μία διαφορά η οποία αφορά το ηλικιακό στάδιο και όχι το ερώτημα του αν παρατηρείται αποκλειστικά το ένα ή το άλλο φαινόμενο (Uddin, Supekar, & Menon, 2013).

Σε κάθε περίπτωση, οφείλει να αναφερθεί, όπως καταγράφεται σε μία σχετική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας των Uddin, Supekar, & Menon, (2013), ότι το πολυσύνθετο αυτό φαινόμενο επηρέασε αρνητικά την ίδια την έρευνα στο πεδίο του αυτισμού. Όπως υποστηρίζουν, ενδεχομένως πολλοί μελετητές να φοβήθηκαν να δημοσιεύσουν τα αποτελέσματά τους, εξετάζοντας σημαντικά το αν μέσω αυτών θα έρθουν σε αντίθεση με την υφιστάμενη γνώση, κάτι που τους αποθάρρυνε και οδήγησε σε μία αρκετά αργή πρόοδο μέχρι τη διαπίστωση του ότι η υπερσυνδεσιμότητα και η υποσυνδεσιμότητα εξαρτώνται από το ηλικιακό στάδιο. Έτσι, το φαινόμενο αυτό επηρέασε αρνητικά την ίδια την έρευνα για την κατανόηση των γνωστικών και εγκεφαλικών αποκλίσεων που διακρίνουν τον αυτισμό (Uddin, Supekar, & Menon, 2013).

Εάν επομένως η υπερσυνδεσιμότητα και η υποσυνδεσιμότητα εξαρτώνται από το ηλικιακό και αναπτυξιακό στάδιο, είναι επιβεβλημένο να προταθεί ένα σχετικό μοντέλο του γιατί μπορεί κάτι τέτοιο να συμβαίνει. Μία σχετική επεξήγηση θα μπορούσε να αποδοθεί με βάση τις αλλαγές στις οποίες συνεπάγεται σε ορμονικό επίπεδο η περίοδος της εφηβείας για τον άνθρωπο, καθώς από την έναρξη αυτής μεταβάλλεται σημαντικά η εγκεφαλική δομή και λειτουργία στην τυπική ανάπτυξη. Ειδικότερα, κατά τη συγκεκριμένη ηλικιακή περίοδο φαίνεται πως υπάρχει μία

σημαντική αύξηση της φαιάς ουσίας στον ανθρώπινο εγκέφαλο (Blakemore, 2012). Είναι ασαφές το αν στην περίπτωση του αυτισμού υπάρχουν σχετικές αλλαγές που να αποδίδονται συγκεκριμένα στην περίοδο της εφηβείας και να ευθύνονται για τη μετάβαση από την υποσυνδεσιμότητα στην υπερσυνδεσιμότητα, κάτι ωστόσο που θεωρείται ιδιαίτερα πιθανό, δεδομένου του ότι η περίοδος της εφηβείας συνιστά μία περίοδο δομικών μεταβολών για τον ανθρώπινο εγκέφαλο (Uddin, Supekar, & Menon, 2013).

Συμπερασματικά, είναι αναμφισβήτητο πως στον αυτισμό παρατηρείται μία σημαντική απόκλιση από την φυσιολογική εγκεφαλική λειτουργία. Η απόκλιση αυτή φαίνεται να αφορά κυρίως τη συνδεσιμότητα, η οποία διαφοροποιείται σε μία πληθώρα διαφορετικών περιοχών του εγκεφάλου σε σχέση με την τυπική ανάπτυξη. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί το ότι αυτή διαφοροποιείται σαφώς μεταξύ επιμέρους ηλικιακών και αναπτυξιακών σταδίων, υπαγορεύοντας έτσι την αναγκαιότητα ανάπτυξης σχετικών αποδόσεων του γιατί κάτι τέτοιο ενδεχομένως να πραγματοποιείται (Uddin, Supekar, & Menon, 2013).

Οφείλει ωστόσο να αναφερθεί ότι πέραν των μελετών που έχουν εστιάσει τη συνδεσιμότητα, άλλες έρευνες έχουν εξετάσει επιπρόσθετους παράγοντες που ενδεχομένως να παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των παιδιών με αυτισμό και των υπολοίπων. Μία σχετική κατηγορία μελετών αφορά τις ογκομετρικές μελέτες. Ειδικότερα, διαπιστώνεται ότι η περίμετρος της κεφαλής των παιδιών με αυτισμό παρουσιάζει μία αρκετά γρήγορη ανάπτυξη κατά την βρεφονηπιακή ηλικία. Καθώς υπάρχει μία σημαντική αντιστοιχία ανάμεσα στην περίμετρο της κεφαλής και στον όγκο του εγκεφάλου, έχει εξεταστεί το κατά πόσο ο όγκος του εγκεφάλου των παιδιών με αυτισμό είναι αυξημένος σε σχέση με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης σε αυτό το ηλικιακό και αναπτυξιακό στάδιο, κάτι που ενδεχομένως θα μπορούσε να οδηγήσει σε απόδοση της σχετικής παθολογίας (Κωτσόπουλος, 2007).

Η συστηματική μελέτη στο ερευνητικό αυτό πεδίο οδήγησε σε μία αρκετά παράδοξη διαπίστωση. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι κατά τη γέννηση η περίμετρος της κεφαλής και ο όγκος του εγκεφάλου των παιδιών με αυτισμό είναι σημαντικά μικρότερος από των παιδιών τυπικής ανάπτυξης, ενώ από τον πρώτο ως και τον 14ο μήνα της ζωής παρατηρείται μία αρκετά πιο γρήγορη ανάπτυξη της περιμέτρου της κεφαλής και του όγκου του εγκεφάλου για τα παιδιά με αυτισμό σε σχέση με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης. Μετά από τον 14ο μήνα ως και το 4ο έτος υπάρχει μία επιβράδυνση αυτής της πορείας τα παιδιά με αυτισμό, με αποτέλεσμα εν τέλει να μην

παρατηρείται μία διαφορά στο μέγεθος της κεφαλής και στον όγκο του εγκεφάλου μεταξύ των παιδιών με αυτισμό και των παιδιών τυπικής ανάπτυξης. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν σημαίνει ότι έως την ηλικία των τεσσάρων ετών δεν έχει υπάρξει μία σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ της περιμέτρου της κεφαλής και του όγκου του εγκεφάλου μεταξύ των παιδιών τυπικής ανάπτυξης και των παιδιών με αυτισμό (Κωτσόπουλος, 2007).

Μία άλλη κατηγορία παθολογικών της ανάπτυξης αφορά τις κυτταρικές ανωμαλίες οι έρευνες αυτές εστιάζουν στις ανωμαλίες στην ανάπτυξη του φλοιού. Σε σχετική έρευνα οι Bailey, Luthert, Dean, et al. (1998) μελέτησαν το πάχος του φλοιού του εγκεφάλου, διαπιστώνοντας περιοχές αυξημένης πάχυνσης. Επιπροσθέτως, στην ίδια έρευνα διαπιστώθηκε ένα σαφές όριο ανάμεσα στη φαιά και στη λευκή ουσία του εγκεφάλου, νευρωνικές ετεροτοπίες και ύπαρξη μοναχικών νευρώνων στη λευκή ουσία. Επιπροσθέτως, διαπιστώθηκαν δυσπλασίες στις κατώτερες ελαίες και έκτοπα κύτταρα των ελαιών. Στην εξωτερική στιβάδα της παρεγκεφαλίδας διαπιστώθηκε μείωση της πυκνότητας των κυττάρων Purkinje. Συνεπώς, η συγκεκριμένη μελέτη κατέληξε στη διαπίστωση του ότι μία πληθώρα από διαφορετικές κυτταρικές παθολογίες ενδεχομένως να παρατηρούνται στα παιδιά με αυτισμό, παθολογίες που δεν παρατηρούνται στα παιδιά τυπικής ανάπτυξης (Κωτσόπουλος, 2007).

Μία άλλη διαφοροποίηση σε επίπεδο εγκεφαλικής λειτουργίας μεταξύ των παιδιών με αυτισμό και των παιδιών τυπικής ανάπτυξης αφορά τον νευροτροφικό παράγοντα BDNF. Ο παράγοντας αυτός είναι σημαντικά αυξημένος σε παιδιά τα οποία παρουσιάζουν αυτισμό. Συνολικότερα, παρατηρούνται ιδιαίτερα πιο αυξημένες συγκεντρώσεις του BDNF στα παιδιά με νευρολογικές διαταραχές σε σχέση με τα παιδιά τυπικής ανάπτυξης. Ωστόσο, στα παιδιά με αυτισμό παρατηρούνται ακόμα πιο υψηλές τιμές και από τα παιδιά που διακρίνονται από νευρολογικές διαταραχές (Connolly, Chez, Streif, et al., 2006). Παρά τα ανωτέρω, κάτι τέτοιο δεν φαίνεται να παρατηρείται γενικότερα σε παιδιά με αυτισμό, παρά σε συγκεκριμένες ηλικιακές ομάδες. Πιο συγκεκριμένα, σε άλλες έρευνες, ειδικά σε μελέτες σε παιδιά ηλικίας έως 9 ετών, διαπιστώνεται πως οι τιμές του BDNF είναι χαμηλότερες για τα παιδιά με αυτισμό σε σχέση με τα παιδιά χωρίς αυτισμό (Kato-Semba, Wakako, Komori, et al., 2007). Συνολικότερα, οι έρευνες που έχουν μελετήσει τη διαφοροποίηση των επιπέδων του BDNF μεταξύ των παιδιών με αυτισμό και των παιδιών χωρίς αυτισμό παρουσιάζουν μεταξύ τους σημαντική ετερογένεια ως προς τα αποτελέσματά, ενώ οφείλει επίσης να αναφερθεί ότι διακρίνονται και από διαφορετικές σε σημαντικό

βαθμό μεθοδολογικές προσεγγίσεις. Για το λόγο αυτό, είναι αρκετά δύσκολη η εξαγωγή σχετικών συμπερασμάτων για το ρόλο του BDNF σε παιδιά με αυτισμό (Κωτσόπουλος, 2007).

Τέλος, μια άλλη κατηγορία από έρευνες έχει μελετήσει τις διαφορές στα επίπεδα σεροτονίνης μεταξύ των παιδιών με αυτισμό και των παιδιών που δεν έχουν αυτισμό. Ιδιαίτερα διαφωτιστική ως προς αυτό είναι μία σχετική μετα-ανάλυση των επιπέδων σεροτονίνης στο αίμα των παιδιών με αυτισμό σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα σε παιδιά τυπικής ανάπτυξης, όπως μελετήθηκαν μέσα από 22 επιμέρους έρευνες. Μέσα από τη συγκεκριμένη μετα-ανάλυση διαπιστώθηκε ότι στα παιδιά με αυτισμό υπήρχαν αυξημένα επίπεδα σεροτονίνης, κάτι που οδηγεί στη διαπίστωση ότι ενδεχομένως τα αυξημένα επίπεδα αυτής στον εγκέφαλο να εμπλέκονται στην αιτιοπαθολογική ανάπτυξη του αυτισμού (Gabriele, Sacco, & Persico, 2014).

2.6 Η απόκλιση από τη φυσιολογική εγκεφαλική ανάπτυξη στη δυσαριθμησία

Στην περίπτωση της δυσαριθμησίας παρατηρούνται επίσης ορισμένες σημαντικές αποκλίσεις από την φυσιολογική εγκεφαλική ανάπτυξη. Οφείλει να αναφερθεί πως είναι εδώ και τουλάχιστον 100 χρόνια ευρέως αποδεκτό ότι η εγκεφαλική λειτουργία όσον αφορά τους αριθμούς είναι ολοκληρωτικά διαφορετική σε σχέση με την εγκεφαλική λειτουργία όσον αφορά τη γλώσσα. Έτσι, η μελέτη για τις νευροβιολογικές αποκλίσεις που οφείλονται για τη δυσαριθμησία είναι ολοκληρωτικά διαφορετική από τη μελέτη για τις νευροβιολογικές αποκλίσεις που οφείλονται για τα προβλήματα κατά τη χρήση του προφορικού και γραπτού λόγου (Butterworth, Varma, & Laurillard, 2011).

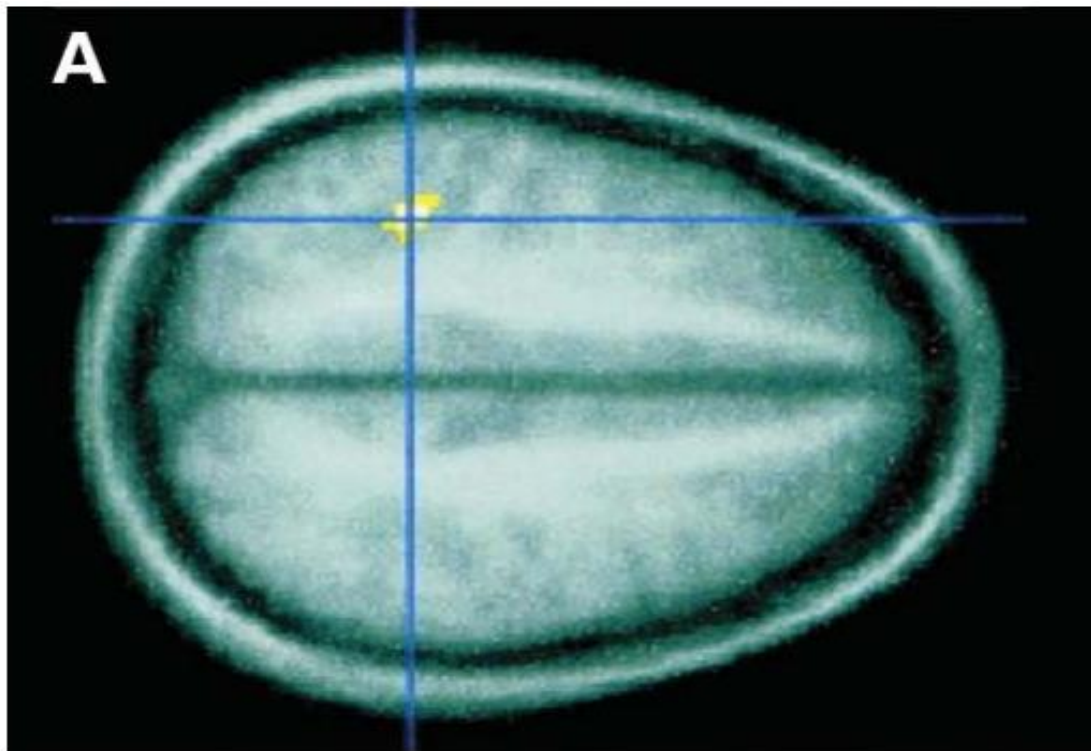
Προοδευτικά, η έρευνα οδηγήθηκε στην ανάδειξη συγκεκριμένων περιοχών οι οποίες να ευθύνονται για τη δυσαριθμησία. Σε ένα πρώτο στάδιο ανάπτυξης των σχετικών ερευνών θεωρήθηκε ότι οι περιοχές που σχετίζονται με τη μνήμη εργασίας είναι υπεύθυνες για τα προβλήματα ως προς τη χρήση των αριθμών και την τέλεση των μαθηματικών πράξεων. Θεωρήθηκε επομένως ότι για τη δυσαριθμησία είναι υπεύθυνες οι παθολογίες σχετικών περιοχών. Σε πιο πρόσφατες περιόδους και έρευνες, διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν συγκεκριμένες περιοχές που να οφείλονται για τη δυσαριθμησία. Ειδικότερα, διαπιστώθηκε ότι ο πλάγιος βρεγματικός λοβός είναι

υπεύθυνος για την ανάπτυξη της δυσαριθμησίας (Butterworth, Varma, & Laurillard, 2011).

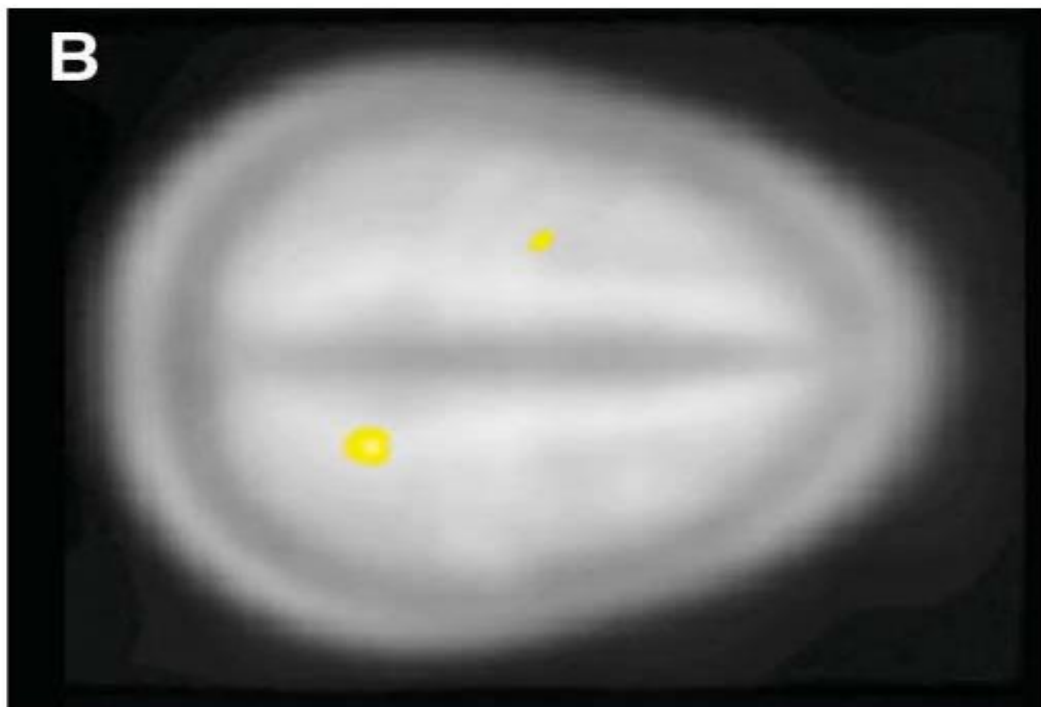
Πέραν της αποτύπωσης των σχετικών περιοχών που ευθύνονται για την παθολογία αυτή, είναι επιβεβλημένη και η διαπίστωση του γιατί κάτι τέτοιο λαμβάνει χώρα, δηλαδή του πώς αναπτύσσονται οι παθολογίες στις περιοχές αυτές. Ωστόσο, δεν είναι αρκετά σαφές το γιατί κάτι τέτοιο παρατηρείται. Κατά μία σχετική επεξήγηση θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι οι παθολογίες αυτές είναι εγγενείς, κληρονομικές και αυστηρά βιολογικά προσδιορισμένες. Ωστόσο, ενδεχομένως οι παθολογίες αυτές να αναπτύσσονται ως συνάρτηση ενός περιβάλλοντος εκπαίδευσης που δεν παρέχει στους μαθητές επαρκείς ευκαιρίες για να αναπτύξουν τις δεξιότητες χρήσης των μαθηματικών. Έτσι, καθώς το περιβάλλον δεν δίνει τις σχετικές ευκαιρίες τους μαθητές αυτοί δεν αναπτύσσουν επαρκώς τις ανάγκες περιοχές του εγκεφάλου και εν συνεχεία έχουν σημαντικά προβλήματα στη χρήση των μαθηματικών (Butterworth, Varma, & Laurillard, 2011).

Οι σύγχρονες νευροαπεικονιστικές μέθοδοι μελέτης του ανθρώπινου εγκεφάλου έχουν οδηγήσει στη δυνατότητα αναλυτικής αποτύπωσης των συγκεκριμένων παθολογιών. Ακολούθως, παρατίθενται ορισμένες σχετικές εικόνες ιδιαίτερα διαφωτιστικές εικόνες περί των συγκεκριμένων προβλημάτων, όπως παρουσιάζονται από τους Butterworth, Varma, & Laurillard (2011). Όπως διαπιστώνεται από τις εικόνες, και στις τρεις περιπτώσεις υπήρχε μια σημαντική υπολειτουργία στον πλάγιο βρεγματικό λοβό των μαθητών με δυσαριθμησία, κάτι που αναδεικνύει τη σημαντική εμπλοκή αυτής της περιοχής του εγκεφάλου στην εν λόγο διαταραχή.

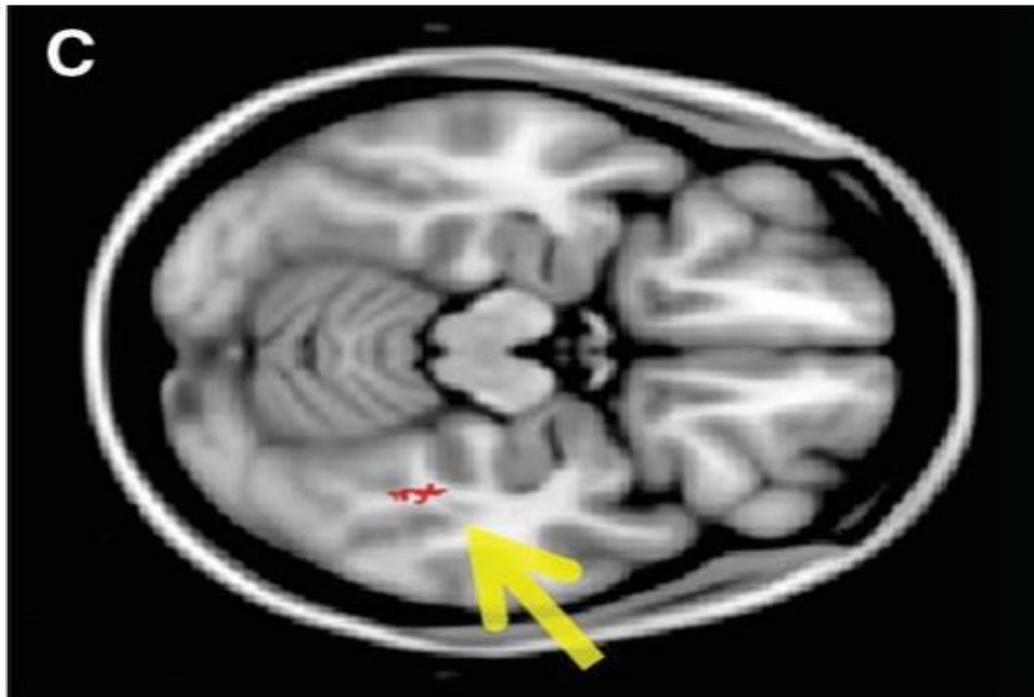
Εικόνα 4. Περίπτωση μειωμένης φαιάς ουσίας στον αριστερό πλαγιοβρεγματικό λοβό σε έφηβο με δυσαριθμσία



Εικόνα 5. Περίπτωση μειωμένης φαιάς ουσίας στο δεξιό πλαγιοβρεγματικό λοβό σε μαθητή ηλικίας 9 ετών με δυσαριθμσία



Εικόνα 6. Μειωμένη συνδεσιμότητα του δεξιού ατρακτοειδούς μεσοφλοιού με τον πλαγιοβρεγματικό λοβό σε μαθητή με δυσαριθμησία



2.7 Η εγκεφαλική λειτουργία στη δυσλεξία

Στην περίπτωση των αναγνωστικών διαταραχών και της δυσλεξίας, σε πρώτο στάδιο ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης πραγματοποιήθηκε διερεύνηση μέσω εντοπιστικών θεωρήσεων για την εξαγωγή μερικών συμπερασμάτων σχετικά με τα τμήματα αυτά του εγκεφάλου που ευθύνονται για τη διαταραχή της ανάγνωσης. Έτσι, εξετάστηκαν ενήλικες που είχαν τραυματισμό σε συγκεκριμένες εγκεφαλικές περιοχές και παράλληλα αντιμετώπιζαν σημαντικά προβλήματα στην αναγνωστική τους ικανότητα, επιδιώκοντας τον εντοπισμό σχετικών υπεύθυνων για τις αναγνωστικές δυσκολίες περιοχών (Filipek, 1995). Παρ' όλα αυτά, όπως επισημαίνει ο Αναστασίου (2011), οι μελέτες αυτές ήταν μεθοδολογικά αδύναμες και ως εκ τούτου δεν μπορούσαν να οδηγήσουν στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με τις περιοχές αυτές του εγκεφάλου που ευθύνονται για τις αναγνωστικές δυσκολίες. Μία δεύτερη φάση της σχετικής επιστημονικής έρευνας αφορούσε την εξέταση της νευροβιολογικής βάσης της δυσλεξίας μέσω μεταθανάτιων κυτταροαρχιτεκτονικών μελετών, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα για τοπογραφικό εντοπισμό μικροβλαβών ή ανωμαλιών στον ανθρώπινο εγκέφαλο, σε συνάρτηση με αρχιτεκτονικές διαφοροποιήσεις στους νευρώνες του εγκεφαλικού φλοιού ή στις υποφλοιϊκές δομές (Hynd & Semrund-

Clikeman, 1989). Η χρήση απεικονιστικών μεθόδων παρείχε νέες δυνατότητες και ευκαιρίες στους ερευνητές για την εξέταση των περιοχών αυτών του εγκεφάλου που ενδεχομένως να οφείλονται για την ανάπτυξη των αναγνωστικών διαταραχών και της δυσλεξίας (Αναστασίου, 2011).

Οι σύγχρονες μέθοδοι για την απεικόνιση του εγκεφάλου με στόχο τη μελέτη των αναγνωστικών διαταραχών εντάσσονται σε δύο κεντρικές κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις δομικές μελέτες και η δεύτερη κατηγορία αφορά τις λειτουργικές μελέτες. Οι δομικές νευροαπεικονιστικές μέθοδοι αναφέρονται σε ανιχνευτικές τεχνικές που δείχνουν την εγκεφαλική δομή ή ανατομία. Αυτές οι μέθοδοι, όπως για παράδειγμα η υπολογιστική αξονική τομογραφία και η μαγνητική τομογραφία, χρησιμοποιούμενες σε συγκριτικές μελέτες, έχουν τη δυνατότητα για αποκάλυψη μορφολογικών και δομικών εγκεφαλικών διαφορών. Οι λειτουργικές νευροαπεικονιστικές μέθοδοι αναφέρονται σε τεχνικές οι οποίες δείχνουν ιδιαίτερες όψεις της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Τέτοιες μέθοδοι που έχουν χρησιμοποιηθεί στην έρευνα για τη δυσλεξία είναι η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων και η λειτουργική μαγνητική τομογραφία. Οι μέθοδοι αυτής της κατηγορίας μπορούν να δώσουν μία εικόνα του ζωντανού εγκεφάλου «εν δράσει», Δηλαδή τη στιγμή που δραστηριοποιείται για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης γνωστικής λειτουργίας (Αναστασίου, 2011).

Η εισαγωγή της υπολογιστικής αξονικής τομογραφίας κατά τη δεκαετία του 1970 οδήγησε σε επανάσταση για τη μελέτη του ζωντανού εγκεφάλου και σήμανε την έναρξη των σύγχρονων νευροαπεικονιστικών μεθόδων (Pine1, 1997). Ως προς τη δυσλεξία, αρχικώς σε μία σχετική έρευνα με τη χρήση της υπολογιστικής αξονικής τομογραφίας διαπιστώθηκε μία παρέκκλιση από την αναμενόμενη ασυμμετρία των οπισθίων περιοχών των εγκεφαλικών ημισφαιρίων (Hier, LeMay, Rosenberger, & Perlo, 1978). Σε άλλη έρευνα ανασκόπησης ερευνών με τη χρήση αξονικής τομογραφίας οι Hynd & Semurnd-Clikeman (1989) διαπίστωσαν πως 5 στις 7 έρευνες αξονικής τομογραφίας που ερεύνησαν την εγκεφαλική ασυμμετρία σε άτομα με δυσλεξία και κατέληξαν στη διαπίστωση πως τα άτομα με δυσλεξία έχουν μία αντεστραμμένη ασυμμετρία στις βρεγματοϊνιακές περιοχές, δηλαδή πώς στους δεξιόχειρες οι αριστερές οπίσθιες βρεγματοϊνιακές φλοιϊκές περιοχές εμφανίζονταν μεγαλύτερες από τις δεξιές. Η ασυμμετρία αυτή φάνηκε μάλιστα μέσω μιας άλλης σχετικής μελέτης να ισχύει τόσο για τους δεξιόχειρες με δυσλεξία όσο και για τους αριστερόχειρες (Pine1, 1997).

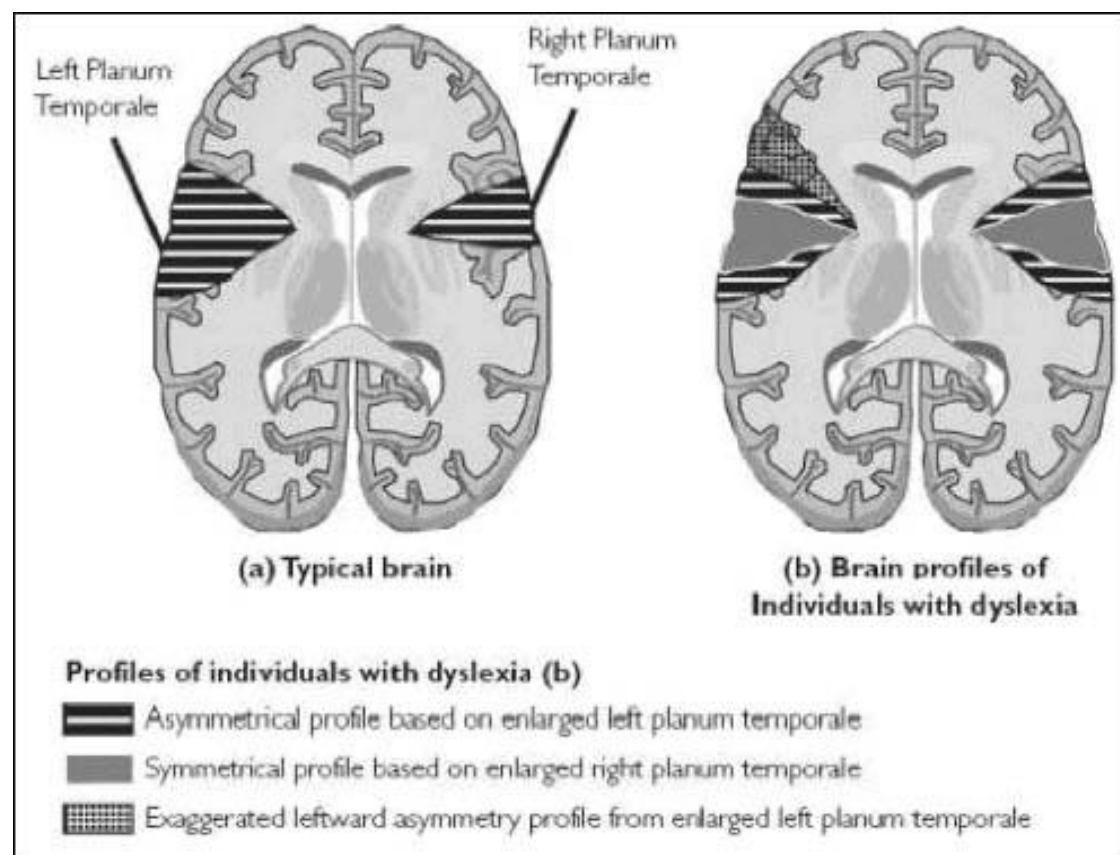
Θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι οι διαπιστώσεις αυτές οδήγησαν και στην αποτύπωση του νευροβιολογικού μηχανισμού που ευθύνεται για την ανάπτυξη της δυσλεξίας. Ωστόσο, ήδη από την πρώιμη περίοδο σχεδιασμού και πραγματοποίησης τέτοιων μελετών διαπιστώθηκε πως η αντεστραμμένη αυτή συμμετρία δεν ήταν επαρκής για να επεξηγήσει την ανάπτυξη της δυσλεξίας και θεωρήθηκε από τους τότε μελετητές ως ένας παράγοντας κινδύνου και όχι ως ο μοναδικός αιτιακός παράγοντας ο οποίος επεξηγεί την ανάπτυξη των αναγνωστικών δυσκολιών (Hier, LeMay, Rosenberger, & Perlo, 1978).

Η μετέπειτα έρευνα άρχισε να εστιάζει ως απόρροια της ανωτέρω προβληματικής σε επιπρόσθετες κρίσιμες εγκεφαλικές δομές που ενδεχομένως να εμπλέκονται στην ανάπτυξη των αναγνωστικών διαταραχών και της δυσλεξίας. Η βελτίωση των σχετικών μεθόδων και η ευρύτατη χρήση της μαγνητικής τομογραφίας παρείχε τη δυνατότητα για ευκρινέστερες εικόνες του εγκεφάλου σε σχέση με την αξονική τομογραφία, επηρεάζοντας έτσι άρδην την έρευνα στο πεδίο των αναγνωστικών διαταραχών και οδηγώντας σε μια νέα γνώση και εις βάθος κατανόηση για το πώς αυτές αναπτύσσονται (Berninger, Cartwright, Yates, Swanson, & Abbott, 1994).

Μία πρώτη κρίσιμη εγκεφαλική δομή αφορά την άνω οπίσθια επιφάνεια του κροταφικού λοβού, πίσω από την έλικα του Heschl. Επειδή η δομή αυτή συνιστά τμήμα της περιοχής του Wernicke θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική για την κατανόηση του προφορικού λόγου και εκτιμάται ότι εμπλέκεται με άμεσο τρόπο στις γλωσσικές λειτουργίες (Altarelli, Leroy, Monzalvo, Fluss, et al., 2014). Η περιοχή περιγράφεται στην αγγλική βιβλιογραφία με τον όρο *Planum temporale* (PT). Σε άτομα χωρίς δυσλεξία είναι ευρέως αποδεκτό ότι υπάρχει μία σημαντική ανατομική ασυμμετρία μεταξύ του αριστερού PT και του δεξιού PT (Αναστασίου, 2011). Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις το αριστερό PT είναι έως και δέκα φορές μεγαλύτερο σε σχέση με το δεξιό (Marie, Roth, Lacoste, et al., 2018; Wada, Clarke, & Hamm, 1975). Κάτι τέτοιο ωστόσο δεν φαίνεται να ισχύει στην περίπτωση των ατόμων με δυσλεξία, όπου παρατηρείται μία απρόσμενη συμμετρία των δύο αυτών περιοχών. Η διαπίστωση αυτή πραγματοποιήθηκε πρώτη φορά από τους Galaburda, Sherman, Rosen, Aboitiz, & Geschwind, (1985), οι οποίοι μελετώντας ανατομικά τον εγκέφαλο 8 αποθανόντων με δυσλεξία βρήκαν οι δύο αυτές περιοχές ήταν αρκετά συμμετρικές μεταξύ τους. Σε μετέπειτα έρευνα με τη χρήση μαγνητικής τομογραφίας οι Hynd, Semrud-Clikeman, Lorys, Novey, & Eliopoulos (1990) διαπίστωσαν ότι το 90% των παιδιών με δυσλεξία

παρουσίαζε είτε συμμετρικά PT είτε μία αρκετά ασυνήθιστη ασύμμετρική σχέση μεταξύ των δύο περιοχών, δηλαδή ανεστραμμένη συμμετρία μεγέθους μεταξύ του αριστερού και του δεξιού PT, κάτι που δεν συναντάται σε υγιείς πληθυσμούς. Κάτι τέτοιο επιβεβαιώθηκε και από σχετική μελέτη των Larsen, Høien, Lundberg, & Ødegaard (1990), οι οποίοι επίσης χρησιμοποίησαν την τεχνική της μαγνητικής τομογραφίας και βρήκαν πως το 70% των εγκεφάλων εφήβων με δυσλεξία διακρίνονταν από σημαντική συμμετρία ως προς τα PT. Στην ίδια έρευνα, εξετάστηκε και μία ομάδα ατόμων που δεν έπασχαν από δυσλεξία. Στην ομάδα αυτή διαπιστώθηκε πως μόλις στο 30% των εφήβων υπήρχε σημαντική συμμετρία των δύο περιοχών. Μάλιστα, αξίζει να αναφερθεί πως στην υποομάδα ατόμων με δυσλεξία που υπήρχε ανεπάρκεια στις φωνολογικές διαδικασίες υπήρχε και συμμετρία των PT στο 100% των περιπτώσεων. Συμπερασματικά, πληθώρα διαφορετικών ερευνών οδηγούν στη διαπίστωση ασυμμετριών στα PT σε άτομα με δυσλεξία.

Εικόνα 7. Η συμμετρία των Planum Temporale σε άτομα με και χωρίς δυσλεξία



Προσαρμογή από: Mather & Wendling, 2011

Μία άλλη περιοχή η οποία έχει μελετηθεί σε σημαντικό βαθμό ως προς τη δυσλεξία είναι το μεσολόβιο. Το μεσολόβιο συνιστά τον πιο βασικό συνδυασμό των δύο εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Συνιστά μία δέσμη από νευράξονες που ανατομικά συνδέουν τα δύο ημισφαίρια του εγκεφάλου και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη μεταβίβαση και ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στα δύο ημισφαίρια (Roland, Snyder, Hacker, et al., 2017).

Ένα ιδιαίτερο τμήμα του μεσολόβιου, το οποίο έχει απασχολήσει την έρευνα σχετικά με την αναγνωστική αποκωδικοποιητική λειτουργία, είναι το οπίσθιο τμήμα του, το οποίο καλείται σπληνίο. Το τμήμα αυτό θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική περιοχή για την αναγνωστική δεξιότητα. Η βλάβη σε αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ημιαλεξία, οπότε ο ασθενής δεν μπορεί να διαβάσει γλωσσικό υλικό που προέρχεται από το ήμισυ του οπτικού πεδίου. Αν επιπροσθέτως πάθει βλάβη και ο οπτικός φλοιός του αριστερού ινιακού λοβού, κάτι που συμβαίνει όταν η αριστερή οπίσθια εγκεφαλική αρτηρία παθαίνει εμβολή, τότε προκαλείται «καθαρή αλεξία». Στην καθαρή αλεξία ο ασθενής χάνει εντελώς την ικανότητα για ανάγνωση ενώ μπορεί να γράφει (Rodríguez-López,, Molina, & Salio, 2018).

Ευρήματα ερευνών που αφορούν το μεσολόβιο προέρχονται από νευροαπεικονιστικού τύπου έρευνες. Τρεις σχετικές μελέτες μαγνητικής τομογραφίας έχουν εστιάσει σε ποσοτικού τύπου μετρήσεις του μεσολοβίου ατόμων με αναπτυξιακή δυσλεξία. Η πρώτη σχετική μελέτη πραγματοποιήθηκε από τους (Duara, Kushch, Gross-Glenn, et al., 1991). Στην έρευνα αυτή οι ενήλικες με δυσλεξία είχαν μεγαλύτερης έκτασης σπληνίο σε σχέση με τους ενήλικες χωρίς δυσλεξία. Υπήρχαν μάλιστα σημαντικές διαφυλικές διαφορές μεταξύ των ατόμων με δυσλεξία, καθώς το σπληνίο ήταν αρκετά πιο μεγάλο στις γυναίκες με δυσλεξία σε σχέση με τους άντρες της έρευνας. Επιπλέον, το μπροστινό τμήμα του μεσολοβίου των γυναικών με δυσλεξία ήταν αρκετά πιο μεγάλο από αυτό των αντρών. Συνεπώς, φάνηκε να υπάρχουν σημαντικές διαφυλικές διαφορές.

Σε άλλη σχετική μελέτη επίσης εξετάστηκε η διαφορά του μεγέθους σε αυτή την περιοχή του εγκεφάλου μεταξύ ατόμων με δυσλεξία και ατόμων χωρίς δυσλεξία. Σε αυτή την έρευνα, που διεξήχθη από τους Larsen, Höien, & Ödegaard (1992), μελετήθηκαν έφηβοι με δυσλεξία και χωρίς, με τη μέση ηλικία αυτών να είναι 14,6 έτη. Στη μελέτη αυτή δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέγεθος του μεσολοβίου ανάμεσα στους εφήβους με δυσλεξία και στους εφήβους χωρίς δυσλεξία. Σε παρόμοιες διαπιστώσεις κατέληξε και η έρευνα των Hynd, Hall, Novey (1995), στην

οποία μελετήθηκαν δύο ομάδες παιδιών με και χωρίς δυσλεξία, με μέσο όρο ηλικίας τα 9,7 έτη.

Στις ανωτέρω έρευνες μπορεί να αναφερθεί μία σημαντική διαφορά η οποία επισημαίνεται από τον Αναστασίου (2011). Όπως πολύ εύστοχα παρατηρεί, στην πρώτη μελέτη από τις ανωτέρω η ηλικία των συμμετεχόντων ήταν πολύ μεγαλύτερη από τις δύο επόμενες, καθώς επρόκειτο για ενήλικες. Μπορεί επομένως να θεωρηθεί ότι η περιοχή αυτή συνεχίζει να αναπτύσσεται στα παιδιά με δυσλεξία σε αντίθεση με τα παιδιά χωρίς δυσλεξία, όπου η περιοχή αυτή σταματά να αναπτύσσεται σε ένα νωρίτερο στάδιο σε σχέση με αυτά που πάσχουν από δυσλεξία. Είναι ωστόσο, όπως αναφέρει ο Αναστασίου (2011), ασαφές το αν η περιοχή αυτή απλώς διαφοροποιείται ως προς την ανάπτυξη της μεταξύ των παιδιών με δυσλεξία και χωρίς ή εάν εμπλέκεται στον αιτιοπαθογενετικό μηχανισμό της διαταραχής.

Μία άλλη περιοχή η οποία έχει εξεταστεί είναι η γωνιώδης έλικα. Η περιοχή αυτή βρίσκεται στο κατώτερο οπίσθιο τμήμα του βρεγματικού λοβού, ακριβώς πίσω από την περιοχή Wernicke (Αναστασίου, 2011).

Η υπόθεση περί εμπλοκής της συγκεκριμένης περιοχής στη δυσλεξία είναι αρκετά παλιά στην επιστημονική έρευνα. Συγκεκριμένα, ο Hinshewood (1895) μελετώντας κατά τα τέλη του 19ου αιώνα ασθενείς που παρουσίαζαν «λεξική τύφλωση», η οποία μετέπειτα περιεγράφηκε ως δυσλεξία, θεώρησε ότι η βλάβη στην αριστερή γωνιώδη έλικα είναι υπεύθυνη για τη διαταραχή αυτή. Μετέπειτα μελετητές στην περίοδο πρώτης ανάπτυξης το νευροπεικονιστικών μεθόδων του ανθρώπινου εγκεφάλου, όπως για παράδειγμα ο Gerschwind (1979), θεώρησαν ότι η βλάβη σε αυτή την περιοχή του εγκεφάλου οδηγούσε σε σημαντικά ελλείμματα στις αναγνωστικές δεξιότητες.

Το «γλωσσικό θεωρητικό μοντέλο των Wernicke-Gerschwind», όπως αποκαλείται στη διεθνή βιβλιογραφία, εμπλέκει για την ανάγνωση των λέξεων τη διαδοχική συνεργασία διαφόρων περιοχών του εγκεφαλικού φλοιού. Κατά το συγκεκριμένο μοντέλο, όταν μία γραπτή λέξη διαβάζεται η οπτική αναπαράσταση αυτή σχηματίζεται στον κύριο οπτικό φλοιό που βρίσκεται στον ινιακό λοβό, η πληροφορία αναμεταδίδεται στην αριστερή γωνιώδη έλικα και εκεί συνδέονται τα οπτικά χαρακτηριστικά της λέξης με τα ακουστικά χαρακτηριστικά της. Στη συνέχεια, ο νέος κώδικας της μεταβιβάζεται στην περιοχή του Wernicke, όπου γίνεται η κατανόηση του νοήματος της λέξης. Από εκεί μέσω της τοξοειδούς δεσμίδας, ο κώδικας της λέξης μεταβιβάζεται στην περιοχή του Broca, όπου προγραμματίζεται η άρθρωση της, που

θα γίνει τελικά στην περιοχή του κινητικού φλοιού. Ο κινητικός φλοιός θα κινητοποιήσει δηλαδή τους μύες του προσώπου, τη γλώσσα και το λάρυγγα. Οι παραπάνω δομές αφορούν κυρίως τις εγκεφαλικές περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου (Αναστασίου, 2011).

Η θεωρία αυτή εξετάστηκε μέσω μιας σχετικής νευροαπεικονιστικής έρευνας που διεξήχθη από τους Duara, Kushch, Gross-Glenn, et al. (1991). Στη μελέτη αυτή πάρθηκαν οριζόντια μεσοπίσθια πλάνα-τομές του εγκεφάλου που περιλάμβαναν κυρίως στη γωνιώδη έλικα. Στην έρευνα αυτή διαπιστώθηκε ότι στους συμμετέχοντες με δυσλεξία η δεξιά πλευρά των τομών αυτών, που συμπεριλάμβανε και τη δεξιά γωνιώδη έλικα, ήταν μεγαλύτερη από την αριστερή πλευρά που συμπεριελάμβανε και την αριστερή γωνιώδη έλικα. Αντίθετα, στην ομάδα σύγκρισης που απαρτιζόταν από άτομα χωρίς δυσλεξία οι δεξιές και αριστερές πλευρές των πλάνων αυτών ήταν αρκετά συμμετρικές. Συνεπώς, φαίνεται ότι στα άτομα με δυσλεξία υπάρχει μία ανατομική ανωμαλία στην περιοχή της γωνιώδους έλικας.

Μία άλλη περιοχή του εγκεφάλου η οποία εμπλέκεται σημαντικά στην ανάπτυξη της δυσλεξίας είναι ο θάλαμος. Ο θάλαμος συνιστά μία υποφλοιωδη δομή στο κέντρο του πρόσθιου εγκεφάλου με σχεδόν ωοειδές σχήμα. Ο θάλαμος συντίθεται από πολλούς μικρότερους πυρήνες, δηλαδή από συναθροίσεις κυτταρικών σωμάτων νευρώνων. Ορισμένοι από τους πυρήνες αυτούς δέχονται πληροφορίες από τους αισθητικούς υποδοχείς, επεξεργάζονται τις πληροφορίες αυτές, και τις μεταβιβάζουν σε ειδικές περιοχές του αισθητικού εγκεφαλικού φλοιού. Οι πυρήνες αυτοί θεωρούνται ως οι κύριοι αισθητηριακοί σταθμοί αναμετάδοσης πληροφοριών προς τον εγκεφαλικό φλοιό. Δύο τέτοιοι πυρήνες του θαλάμου που έχουν συσχετιστεί με τη δυσλεξία είναι οι παρακάτω (Αναστασίου, 2011):

- 1) Ο έξω γονατώδης πυρήνας, ο οποίος δέχεται πληροφορίες από τον αμφιβληστροειδή και στέλνει νευροάξονες στον κύριο οπτικό φλοιό.
- 2) Ο μέσος γονατώδης πυρήνας, έλα που δέχεται πληροφορίες από το εσωτερικό αυτί και στέλνει νευράξονες στον κύριο ακουστικό φλοιό.

Η ανωτέρω θεωρητική τοποθέτηση επιβεβαιώνεται από σχετικές έρευνες. Σε μία σχετική μελέτη των Galaburda & Livingstone (1993) μελετήθηκαν πέντε εγκεφαλοι ατόμων με ιστορικό δυσλεξίας και πέντε εγκεφαλοι ατόμων χωρίς ιστορικό μαθησιακών δυσκολιών. Με βάση τις συγκεκριμένες αυτοψίες παρατηρήθηκαν διάφορες μικροσκοπικές ανωμαλίες και στους συγκεκριμένους πυρήνες του θαλάμου. Ειδικότερα, διαπιστώθηκε ότι τα κυτταρικά σώματα των μεγαλοκυτταρικών νευρώνων

του αριστερού και δεξιού έξω γονατώδους πυρήνα, καθώς και του αριστερού μέσου γονατώδους πυρήνα βρέθηκαν να είναι στα άτομα με δυσλεξία πιο μικρά από το κανονικό.

Τα ευρήματα αυτά έχουν συσχετιστεί κυρίως με ανεπάρκειες της μεγαλοκυτταρικής οπτικής οδού. Η οδός αυτή θεωρείται ως υπεύθυνη για την γρήγορη μετάδοση οπτικών πληροφοριών χαμηλής αντίθεσης και μπλέκεται σε σημαντικό βαθμό στη δυσλεξία (Αναστασίου, 2011).

3. Συμπεράσματα

Αναμφίβολα, η μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου παρουσιάζει ένα πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος μελετήθηκε συστηματικά κατά τις τελευταίες δεκαετίες για δύο διαφορετικούς λόγους. Ο πρώτος λόγος αφορούσε το διαχρονικό ενδιαφέρον που έχει ο άνθρωπος για την εξέταση και την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αναπτύσσεται η συμπεριφορά. Ο δεύτερος λόγος αφορά την ύπαρξη της δυνατότητας για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο, χάρη στην ταχύτατη πρόοδο των νευροεπιστημών. Έτσι, κατέστη πλέον εφικτό το να μελετηθεί εις βάθος ο ανθρώπινος εγκέφαλος με τη χρήση νευροαπεικονιστικών μεθόδων και να υπάρξει μία σημαντική επίγνωση για τις λειτουργίες του.

Η συγκεκριμένη μελέτη εστίασε στη δομή του εγκεφάλου και στη σχέση παραμέτρων αυτής με τις παθολογίες της ανθρώπινης ανάπτυξης. Με βάση την ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, ο εγκέφαλος συνιστά ένα ιδιαίτερα βασικό τμήμα του κεντρικού νευρικού συστήματος. Στα πρώτα έτη της ζωής πραγματοποιείται μία ταχύτατη ανάπτυξη του μεγέθους του εγκεφάλου, η οποία θεωρείται και υπεύθυνη για τη μετέπειτα ανάπτυξη των γνωστικών δεξιοτήτων του ανθρώπου. Καθώς επομένως ο εγκέφαλος αναπτύσσεται σε μέγεθος, κάτι τέτοιο παρέχει τη δυνατότητα για αποτελεσματικότερη ανάπτυξη των γνωστικών λειτουργιών.

Οι λειτουργίες του ανθρώπου που σχετίζονται με την εγκεφαλική λειτουργία και ανάπτυξη παρατηρούνται ήδη από τη βρεφική ηλικία. Για παράδειγμα, η ικανότητα για αναγνώριση προσώπων υπάρχει ήδη από τη βρεφική ηλικία και ενισχύεται κατά μήκος της πορείας προς την εφηβεία, ως απόρροια της εγκεφαλικής ανάπτυξης, που επιτρέπει κάτι τέτοιο.

Σε γενικές γραμμές, φαίνεται ότι επιμέρους περιοχές του εγκεφάλου σχετίζονται με επιμέρους γνωστικές λειτουργίες. Σε ένα πρώτο στάδιο της σχετικής έρευνας θεωρήθηκε ότι κάθε περιοχή είναι υπεύθυνη για μία συγκεκριμένη γνωστική λειτουργία. Ωστόσο, κατά μήκος του χρόνου διαπιστώθηκε ότι η θεώρηση αυτή είναι αρκετά υπεραπλουστευτική και πως επιμέρους περιοχές του ανθρώπινου εγκεφάλου ενδεχομένως να είναι υπεύθυνες για μία και μόνο λειτουργία, ενώ διάφορες λειτουργίες ενδεχομένως να εδράζονται σε μία και μόνο περιοχή του εγκεφάλου. Φαίνεται επομένως ότι η σχέση της συμπεριφοράς και του εγκεφάλου είναι αρκετά πιο σύνθετη από ότι αρχικά πιστευόταν.

Η νοημοσύνη αφορά οπωσδήποτε ένα βασικό αντικείμενο στη μελέτη του ανθρώπινου εγκεφάλου και της γνωστικής λειτουργικότητας. Αυτή άλλωστε καθιστά τον άνθρωπο μοναδικό και τον διαφοροποιεί σαφώς από τα υπόλοιπα είδη του ζωικού βασιλείου. Η ανάπτυξη των νευροεπιστημών φαίνεται να αποτέλεσε τρόπο για ενίσχυση της δυνατότητας κατανόησης του πως αναπτύσσεται η νοημοσύνη στον άνθρωπο και πως αυτός αλληλεπιδρά με το περιβάλλον χάρη σε αυτή.

Εν συνεχεία, μέσω της συγκεκριμένης μελέτης εξετάστηκε η γνωστική λειτουργικότητα. Η γνωστική λειτουργία είχε μελετηθεί αρκετά πριν από την ανάπτυξη των νευροεπεικονιστικών μεθόδων, καθώς διαχρονικά οι φιλόσοφοι επικεντρώνονταν στη μελέτη αυτή της. Η μελέτη της γνωστικής λειτουργικότητας είναι σύμφυτη με την ανάπτυξη της επιστήμης της ψυχολογίας, μελετώμενη εις βάθος από τον James (1890), εδώ και περίπου 130 χρόνια. Η μετέπειτα θεωρητικοί, όπως για παράδειγμα η Gibson (1994), θεώρησαν ότι ο άνθρωπος από την αρχή της ζωής του αντιλαμβάνεται το εξωτερικό περιβάλλον. Η θεώρηση αυτή ήταν σε αντίθεση με αυτή των πατέρων της επιστήμης της ψυχολογίας, όπως ο James, οι οποίοι θεώρησαν ότι τα βρέφη έχουν μειωμένη αντιληπτική ικανότητα για το εξωτερικό περιβάλλον. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το ότι η θεώρηση αυτή μάλλον επιβεβαιώνεται από τη σύγχρονη νευροεπιστήμη, καθώς, όπως αναφέρεται ανωτέρω, ήδη από την αρχή της ζωής του ανθρώπου υπάρχει το αναγκαίο νευροβιολογικό υπόβαθρο για την ανταπόκριση στις προκλήσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος, παρ' ότι κάτι τέτοιο στην αρχή ενδεχομένως να παρατηρείται σε αρκετά περιορισμένο βαθμό. Φαίνεται επομένως ότι η σύγχρονη νευροεπιστήμη επιβεβαίωσε τις διαπιστώσεις θεωρητικών της ψυχολογίας, όπως η Gibson (1994), και όχι αυτές θεωρητικών της ψυχολογίας οι οποίοι ανέπτυξαν σε αρκετά προγενέστερο στάδιο τη θεωρία τους.

Η γνωστική ανάπτυξη του ανθρώπου είναι σε κάθε περίπτωση πολυσύνθετη και έχει μελετηθεί μέσω διαφόρων θεωριών. Μία αρκετά δημοφιλής θεωρία είναι αυτή του Piaget, ο οποίος αντιλήφθηκε τη γνωστική ανάπτυξη ως ένα σύνολο από αλληλοδιαδεχόμενα μεταξύ τους στάδια. Κεντρικό ρόλο στη θεωρία του έχει η ανάπτυξη των αντανεκλαστικών στη βρεφική ηλικία, τα οποία αντιλήφθηκε ως μία πρώτη μορφή γνωστικής ανάπτυξης. Και στη σκέψη του Piaget η γνωστική ανάπτυξη παρατηρείται ήδη από τα πρώτα ήδη της ζωής, ο οποίος αντιλήφθηκε επίσης στην έννοια των γνωστικών σχημάτων ως δομική για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ο άνθρωπος προσλαμβάνει και επεξεργάζεται την εξωτερική πραγματικότητα. Αν και η προσέγγιση του δέχτηκε μία σημαντική κριτική από άλλους μελετητές, κάτι

τέτοιο δεν αναιρεί την αδιαμφισβήτητη επίδραση της θεωρίας του, καθώς μέσω αυτής αφενός μεταβλήθηκε άρδην ο τρόπος αντίληψης για τη γνωστική ανάπτυξη του ανθρώπου, αφετέρου παρακινήθηκε η μελλοντική έρευνα στο πεδίο αυτό, οδηγώντας σε νέες σχετικές θεωρίες και διαπιστώσεις.

Πέραν της τυπικής ανάπτυξης, η συγκεκριμένη έρευνα εστίασε στις παθολογίες της ανάπτυξης. Άλλωστε, η επισκόπηση της φυσιολογικής ανάπτυξης πραγματοποιήθηκε για την καλύτερη δυνατή κατανόηση των παθολογιών της ανάπτυξης.

Η πρώτη παθολογία της ανάπτυξης που μελετήθηκε αφορά τον αυτισμό. Στον αυτισμό φαίνεται ότι υπάρχουν ελλείμματα συνδεσιμότητας σε μία πληθώρα διαφορετικών περιοχών που σχετίζονται με τη γλώσσα, τη μνήμη εργασίας, τις νοητικές αναπαραστάσεις, τις κοινωνικές αναπαραστάσεις και τις εκτελεστικές λειτουργίες. Ωστόσο, άλλες μελέτες οδηγούν στη διαπίστωση υπερσυνδέσεων μεταξύ περιοχών του εγκεφάλου, οδηγώντας έτσι στην παράδοξη κατά μία έννοια παραδοχή πως η υπερσυνδεσιμότητα και η υποσυνδεσιμότητα εξαρτώνται από το ηλικιακό και αναπτυξιακό στάδιο, καθώς μεταξύ της ηλικίας των 7 και 14 ετών καταγράφεται μία υπερ-σύνδεσιμότητα, ενώ στις άλλες ηλικιακές ομάδες και αναπτυξιακές φάσεις μία υπό συνδεσιμότητα. Πρόκειται συνεπώς για διαφορετικού τύπου αποκλίσεις στα διαφορετικά ηλικιακά και αναπτυξιακά στάδια των παιδιών με αυτισμό.

Μία άλλη παθολογία της ανάπτυξης που φαίνεται να υπάρχει στον αυτισμό αφορά την απότομη ανάπτυξη του μεγέθους του εγκεφάλου ως και τους 14 μήνες, ακολουθούμενη από μία αρκετά πιο αργή ανάπτυξη του εγκεφάλου στη συνέχεια. Η διαφορά στο ρυθμό ανάπτυξης του εγκεφάλου ενδεχομένως να ευθύνεται και για τις σχετικές παθολογίες της ανάπτυξης.

Μία ακόμα παθολογία που ενδεχομένως να έχει κεντρικό ρόλο στην πρόκληση της αυτιστικής διαταραχής αφορά τις κυτταρικές ανωμαλίες. Στα παιδιά με αυτισμό φαίνεται ότι κυτταρικές ανωμαλίες, όπως η αυξημένη πάχυνση περιοχών του φλοιού του εγκεφάλου και τα σαφή όρια ανάμεσα στην φαιά και λευκή ουσία. Οι παθολογίες αυτές σχετίζονται με αυξημένη πιθανότητα για αυτισμό.

Τέλος, στα παιδιά με αυτισμό εντοπίζονται αρκετά υψηλές τιμές του BDNF. Μάλιστα, τα επίπεδα του BDNF σε παιδιά με αυτισμό είναι πιο αυξημένα ακόμα και σε σχέση με παιδιά με άλλες αναπτυξιακές διαταραχές.

Στη μελέτη αυτή εξετάστηκε επίσης η περίπτωση της δυσαριθμησίας. Στη δυσαριθμησία είναι ευρέως αποδεκτό ότι υπάρχουν συγκεκριμένες περιοχές του

εγκεφάλου οι οποίες ευθύνονται για τη διαταραχή αυτή, περιοχές οι οποίες είναι εν γένει υπεύθυνες για την τέλεση των μαθηματικών πράξεων. Ο πλάγιος βρεγματικός λοβός φαίνεται ότι έχει κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη της συγκεκριμένης διαταραχής. Είναι ωστόσο ασαφές το αν κάτι τέτοιο μπορεί να αποδοθεί σε γενετικές ανωμαλίες ή σε ανεπάρκεια περιβαλλοντικών ερεθισμάτων που να βοηθούν την ανάπτυξη της συγκεκριμένης περιοχής, αν και με βάση τα έως τώρα διαθέσιμα δεδομένα φαίνεται πως μάλλον ισχύει το δεύτερο παρά το πρώτο.

Στη μελέτη αυτή εξετάστηκαν επίσης οι αναγνωστικές διαταραχές και συγκεκριμένα η δυσλεξία. Σε ένα πρώτο στάδιο της σχετικής έρευνας οι μελέτες ήταν αμιγώς εντοπιστικές. Οι έρευνες αυτές εστίαζαν επομένως στην αποτύπωση και τον εντοπισμό περιοχών οι οποίες είναι υπεύθυνες για την ανεπαρκή ανάπτυξη των αναγνωστικών δεξιοτήτων. Η δεύτερη φάση της έρευνας αφορούσε τις κυτταροαρχιτεκτονικές μελέτες, οι οποίες παρέχουν τη δυνατότητα για τοπογραφικό εντοπισμό μικροβλαβών ή ανωμαλιών στον εγκέφαλο, σε συνάρτηση με αρχιτεκτονικές διαφοροποιήσεις στους νευρώνες του εγκεφαλικού φλοιού ή των υποφλοιϊκών δομών. Μετά ωστόσο από την ανάπτυξη των νευροεπιστημών, κατέστη εφικτή η χρήση νευροαπεικονιστικών μεθόδων για την περαιτέρω διερεύνηση των παθολογιών του εγκεφάλου που ευθύνονται για την ανάπτυξη της δυσλεξίας.

Με βάση τα έως τώρα δεδομένα, μία πρώτη δομή η οποία σχετίζεται σε σημαντικό βαθμό με τη συγκεκριμένη διαταραχή είναι η άνω οπίσθια επιφάνεια του κροταφικού λοβού. Η περιοχή αυτή εντοπίζεται στην αγγλική βιβλιογραφία με τον όρο *Planum temporale* (PT). Είναι ευρέως αποδεκτό ότι στη φυσιολογική ανάπτυξη το αριστερό PT είναι τα πιο μεγάλο σε μέγεθος από το δεξιό. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν ισχύει στην περίπτωση της δυσλεξίας, συνηγορώντας έτσι υπέρ του ότι η ανωμαλία αυτή ενδεχομένως να έχει ένα κεντρικό ρόλο στην πρόκληση της δυσλεξίας.

Μία άλλη περιοχή που έχει μελετηθεί σε άτομα με δυσλεξία είναι το μεσολόβιο και συγκεκριμένα το οπίσθιο τμήμα. Η βλάβη σε αυτό φαίνεται να σχετίζεται με την ανάπτυξη της δυσλεξίας.

Τέλος, μια ακόμα περιοχή που σχετίζεται όπως φαίνεται με βάση την έως τώρα βιβλιογραφία με τη συγκεκριμένη διαταραχή είναι η γωνιώδης έλικα. Η περιοχή αυτή βρίσκεται στο κατώτερο οπίσθιο τμήμα του βρεγματικού λοβού. Ανατομικές ανωμαλίες στη συγκεκριμένη περιοχή φαίνεται επίσης να σχετίζονται με την ανάπτυξη της δυσλεξίας.

Με βάση τα παραπάνω, είναι εφικτή η πραγματοποίηση μιας σειράς προτάσεων για τις μελλοντικές έρευνες. Πιο συγκεκριμένα η θεώρηση πως ο ανθρώπινος εγκέφαλος σχετίζεται με συγκεκριμένες παθολογικές της ανάπτυξης δεν αφορά αποκλειστικά την κάλυψη του πληροφοριακού κενού του ανθρώπου σχετικά με το που οφείλονται οι παθολογίες της ανάπτυξης, αλλά οφείλει να έχει ως στόχο την ενίσχυση της δυνατότητας ανάπτυξης παρεμβάσεων για την αντιμετώπιση των ειδικών μαθησιακών και αναπτυξιακών διαταραχών. Ως τώρα έχουν υπάρξει παρεμβάσεις οι οποίες έχουν αναπτυχθεί σε πιλοτικό επίπεδο και δεν φαίνεται να οδηγούν σε μεγάλης κλίμακας παρεμβάσεις σε επίπεδο εκπαιδευτικής πρακτικής που να στηρίζονται στην αξιοποίηση των παθολογιών των εγκεφαλικών δομών, δηλαδή στην εστίαση στην βελτίωση αυτών μέσω εκπαιδευτικών παρεμβάσεων για την ενίσχυση της μαθησιακής προόδου των μαθητών με αναπτυξιακές και ειδικές μαθησιακές διαταραχές. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της δυσλεξίας παρεμβάσεις όπως η πολυαισθητηριακή μέθοδος βασίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό στην αξιοποίηση της γνώσης που προέκυψε από τις νευροεπιστημονικού τύπου μελέτες (Kelly & Phillips, 2016). Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν έχει πραγματοποιηθεί ως τώρα σε σημαντικό βαθμό, αφού οι έρευνες είναι αρκετά περιορισμένες. Απαιτούνται επομένως περισσότερες κλινικές μελέτες για τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας σχετικών εκπαιδευτικών παρεμβάσεων βάσει μετρήσεων με νευροεπιστημονικές μεθόδους, για να ενισχυθεί σε επόμενο στάδιο η υιοθέτηση των παρεμβάσεων αυτών στην εκπαιδευτική πρακτική.

Μία άλλη πρόταση για τη μελλοντική έρευνα αφορά τη διερεύνηση των νευροβιολογικών παρεκκλίσεων σε μαθητές με άλλες ειδικές μαθησιακές και αναπτυξιακές διαταραχές. Για παράδειγμα, η ΔΕΠΥ αποτελεί μία αναπτυξιακή διαταραχή με σημαντικές συμπεριφορικές εκδηλώσεις και ενδεχομένως επίσης να σχετίζεται με αποκλίσεις από την φυσιολογική εγκεφαλική λειτουργία (Κάκουρος & Μανιαδάκη, 2012). Θα παρουσίαζε επομένως ενδιαφέρον η πραγματοποίηση επιπρόσθετων σχετικών θεωρητικών μελετών με μορφή βιβλιογραφικής ανασκόπησης για την εξέταση τυχόν παρεκκλίσεων από τη φυσιολογική εγκεφαλική ανάπτυξη και σε άλλες διαταραχές

Τέλος, παρότι όπως διαπιστώθηκε από τα παραπάνω υπάρχει ένας σημαντικός ως τώρα όγκος γνώσης για τις δυσλειτουργίες σε εγκεφαλικό επίπεδο σε μαθητές με δυσαριθμησία, δυσλεξία και αυτισμό, η έρευνα για τις διαταραχές αυτές δεν οφείλει να θεωρηθεί ότι έχει φτάσει σε ένα τέλμα, καθώς ενδεχομένως να υπάρχουν επιπρόσθετες εγκεφαλικές περιοχές και λειτουργίες που να σχετίζονται με την ανάπτυξη αυτών των

διαταραχών και οι οποίες δεν έχουν ως τώρα εντοπιστεί. Έτσι, η συνέχιση της έρευνας και ως προς τις τρεις αυτές διαταραχές μπορεί να θεωρεί ιδιαίτερα σημαντική.

Βιβλιογραφία

- Αναστασίου, Δ. (2011). *Δυσλεξία: Θεωρία και Έρευνα-Όψεις Πρακτικής*. Αθήνα: Διάδραση.
- Altarelli, I., Leroy, F., Monzalvo, K., Fluss, J., Billard, C., Dehaene-Lambertz, G., ... & Ramus, F. (2014). Planum temporale asymmetry in developmental dyslexia: revisiting an old question. *Human brain mapping, 35*(12), 5717-5735.
- Amaral, D. G. (2011). The promise and the pitfalls of autism research: an introductory note for new autism researchers. *Brain research, 1380*, 3-9.
- Andreasen, N. C., O'Leary, D. S., Arndt, S., Cizadlo, T., Hurtig, R., Rezai, K., ... & Hichwa, R. D. (1995). Short-term and long-term verbal memory: a positron emission tomography study. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 92*(11), 5111-5115.
- Bäckman L. (1991). Recognition memory across the adult life span: the role of prior knowledge. *Mem Cognit, 19*(1), 63-71.
- Bailey, A., Luthert, P., Dean, A., Harding, B., Janota, I., Montgomery, M., ... & Lantos, P. (1998). A clinicopathological study of autism. *Brain: a journal of neurology, 121*(5), 889-905.
- Baillargeon, R., Spelke, E. S., & Wasserman, S. (1985). Object permanence in five-month-old infants. *Cognition, 20*(3), 191-208.
- Berninger, V. W., Cartwright, A. C., Yates, C. M., Swanson, H. L., & Abbott, R. D. (1994). Developmental skills related to writing and reading acquisition in the intermediate grades. *Reading and Writing, 6*(2), 161-196.
- Blakemore, S. J. (2012). Development of the social brain in adolescence. *Journal of the Royal Society of Medicine, 105*(3), 111-116.
- Bliss, J. (1995). Piaget and after: The case of learning science. *Studies in Science Education, 25*(1), 139-172.
- Boake, C. (2002). From the Binet-Simon to the Wechsler-Bellevue: tracing the history of intelligence testing. *J Clin Exp Neuropsychol, 24*(3), 383-405.
- Bodner, M., Muftuler, L. T., Nalcioglu, O., & Shaw, G. L. (2001). fMRI study relevant to the Mozart effect: brain areas involved in spatial-temporal reasoning. *Neurological research, 23*(7), 683-690.

- Brand, M., Laier, C., Pawlikowski, M., & Markowitsch, H.J. (2009). Decision making with and without feedback: the role of intelligence, strategies, executive functions, and cognitive styles. *J Clin Exp Neuropsychol*, 31(8), 984-98.
- Brodal, P. (2004). *The central nervous system: structure and function*. Oxford university Press.
- Budday, S., Steinmann, P., & Kuhl, E. (2014). The role of mechanics during brain development. *J Mech Phys Solids*, 72, 75-92.
- Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: from brain to education. *Science*, 332(6033), 1049-1053.
- Γιωτοπούλου-Μαραγκοπούλου, Α. (1984). *Εγχειρίδιο Εγκληματολογίας*. Αθήνα: Νομική Βιβλιοθήκη.
- Carey, S., Zaitchik, D., & Bascandziev, I. (2015). Theories of development: In dialog with Jean Piaget. *Developmental Review*, 38, 36-54.
- Cheney, D. L., & Seyfarth, R. M. (1998). Why animals don't have language. *Tanner lectures on human values*, 19, 173-210.
- Cochran, G., Hardy, J., & Harpending, H. (2006). Natural history of Ashkenazi intelligence. *J Biosoc Sci*, 38(5), 659-93.
- Cole, M., & Cole S.R. (1996). *The development of children*. Freeman and Company.
- Cole, M., Yarkoni, T., Repovs, G., Anticevic, A., & Braver, T.S. (2012). Global connectivity of prefrontal cortex predicts cognitive control and intelligence. *J Neurosci*, 32(26), 8988-99.
- Connolly, A. M., Chez, M., Streif, E. M., Keeling, R. M., Golumbek, P. T., Kwon, J. M., ... & Deuel, R. M. K. (2006). Brain-derived neurotrophic factor and autoantibodies to neural antigens in sera of children with autistic spectrum disorders, Landau-Kleffner syndrome, and epilepsy. *Biological psychiatry*, 59(4), 354-363.
- Cooper, R. P., & Aslin, R. N. (1990). Preference for infant-directed speech in the first month after birth. *Child development*, 61(5), 1584-1595.
- Dannemiller, J. L., & Stephens, B. R. (1988). A critical test of infant pattern preference models. *Child Development*, 210-216.
- Demirezen, M. (1988). Behaviorist theory and language learning. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(3), 135-140.

- De Bellis, M. D., Keshavan, M. S., Beers, S. R., Hall, J., Frustaci, K., Masalehdan, A., ... & Boring, A. M. (2001). Sex differences in brain maturation during childhood and adolescence. *Cerebral cortex*, *11*(6), 552-557.
- Desco, M., Navas-Sanchez, F. J., Sanchez-González, J., Reig, S., Robles, O., Franco, C., ... & Arango, C. (2011). Mathematically gifted adolescents use more extensive and more bilateral areas of the fronto-parietal network than controls during executive functioning and fluid reasoning tasks. *Neuroimage*, *57*(1), 281-292.
- Dicke, U., & Roth, G. (2016). Neuronal factors determining high intelligence. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, *371*(1685), 20150180.
- Dienel, G. A. (2019). Brain glucose metabolism: integration of energetics with function. *Physiological reviews*, *99*(1), 949-1045.
- Duara, R., Kushch, A., Gross-Glenn, K., Barker, W. W., Jallad, B., Pascal, S., ... & Lubs, H. (1991). Neuroanatomic differences between dyslexic and normal readers on magnetic resonance imaging scans. *Archives of neurology*, *48*(4), 410-416.
- Ewing-Cobbs, L., Thompson, N.M., Miner, M.E., & Fletcher, J.M. (1994). Gunshot wounds to the brain in children and adolescents: age and neurobehavioral development. *Neurosurgery*, *35*(2), 225-33; discussion 233.
- Fagan, J.F., & Singer, L.T. (1983). Infant recognition memory as a measure of intelligence. *Advances in Infancy Research*, *2*, 31-78.
- Feldman, M.W., & Otto, S.P. (1997). Twin studies, heritability, and intelligence. *Science*, *278*(5342), 1383-4.
- Frackowiak, R. S. (2004). *Human brain function*. Elsevier.
- Filipek, P. A. (1995). Neurobiologic correlates of developmental dyslexia: How do dyslexics' brains differ from those of normal readers?. *Journal of Child Neurology*, *10*(1_suppl), S62-S69.
- Fischer, K. W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, *87*(6), 477-531.
- Fry, A.F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biol Psychol*, *54*(1-3), 1-34.
- Gabriele, S., Sacco, R., & Persico, A. M. (2014). Blood serotonin levels in autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *European Neuropsychopharmacology*, *24*(6), 919-929.

- Galaburda, A., & Livingstone, M. (1993). Evidence for a Magnocellular Defect in Developmental Dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682(1), 70-82.
- Galaburda, A. M., Sherman, G. F., Rosen, G. D., Aboitiz, F., & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 18(2), 222-233.
- Genovese, J. E. (2003). Piaget, pedagogy, and *Evolutionary psychology*. *Evolutionary psychology*, 1(1), 127-137.
- Geschwind, N. (1979). Specializations of the human brain. *Scientific American*, 241(3), 180-201.
- Gibson, E. J. (1994). Has psychology a future?. *Psychological Science*, 5(2), 69-76.
- Golinkoff, R. M., Can, D. D., Soderstrom, M., & Hirsh-Pasek, K. (2015). (Baby) talk to me: The social context of infant-directed speech and its effects on early language acquisition. *Current Directions in Psychological Science*, 24(5), 339-344.
- Gray, J. R., Chabris, C. F., & Braver, T. S. (2003). Neural mechanisms of general fluid intelligence. *Nature neuroscience*, 6(3), 316-322.
- Goyal, M. S., & Raichle, M. E. (2018). Glucose requirements of the developing human brain. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 66(Suppl 3), S46.
- Gray, H. (1918). *Anatomy of the human body*, by Henry Gray. thoroughly rev. and re-edited by Warren H. Lewis. Philadelphia: Lea & Febiger, 20.
- Haier, R.J. (1990). The End of Intelligence Research. *Intelligence*, 14, 371-374.
- Harris, P. L. (1975). Development of search and object permanence during infancy. *Psychological Bulletin*, 82(3), 332.
- Hier, D. B., LeMay, M., Rosenberger, P. B., & Perlo, V. P. (1978). Developmental dyslexia: evidence for a subgroup with a reversal of cerebral asymmetry. *Archives of Neurology*, 35(2), 90-92.
- Huitt, W., & Hummel, J. (2003). Piaget's theory of cognitive development. *Educational psychology interactive*, 3(2), 1-5.
- Hynd, G. W., Hall, J., Novey, E. S., Eliopoulos, D., Black, K., Gonzalez, J. J., ... & Cohen, M. (1995). Dyslexia and corpus callosum morphology. *Archives of Neurology*, 52(1), 32-38.

- Hynd, G. W., Semrud-Clikeman, M., Lorys, A. R., Novey, E. S., & Eliopoulos, D. (1990). Brain morphology in developmental dyslexia and attention deficit disorder/hyperactivity. *Archives of neurology*, *47*(8), 919-926.
- Hynd, G. W., & Semrud-Clikeman, M. (1989). Dyslexia and brain morphology. *Psychological Bulletin*, *106*(3), 447.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*. New York: Holt, Reinhart, and Winston.
- Jones, T. B., Bandettini, P. A., Kenworthy, L., Case, L. K., Milleville, S. C., Martin, A., & Birn, R. M. (2010). Sources of group differences in functional connectivity: an investigation applied to autism spectrum disorder. *Neuroimage*, *49*(1), 401-414.
- Just, M. A., Cherkassky, V. L., Keller, T. A., Kana, R. K., & Minshew, N. J. (2007). Functional and anatomical cortical underconnectivity in autism: evidence from an fMRI study of an executive function task and corpus callosum morphometry. *Cerebral cortex*, *17*(4), 951-961.
- Κάκουρος, Ε., & Μανιαδάκη, Κ. (2012). *Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής-Υπερκινητικότητα. Θεωρητικές Προσεγγίσεις και Θεραπευτική Αντιμετώπιση*. Αθήνα: Gutenberg.
- Κωτσόπουλος, Σ. (2007). Η νευροβιολογία του αυτισμού. *Ψυχιατρική*, *18*(3), 13-26.
- Kalantzis, M., & Cope, B. (2013). *Νέα Μάθηση. Βασικές Αρχές για την Επιστήμη της Εκπαίδευσης*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
- Kana, R. K., Keller, T. A., Cherkassky, V. L., Minshew, N. J., & Just, M. A. (2009). Atypical frontal-posterior synchronization of Theory of Mind regions in autism during mental state attribution. *Social neuroscience*, *4*(2), 135-152.
- Kana, R. K., Libero, L. E., & Moore, M. S. (2011). Disrupted cortical connectivity theory as an explanatory model for autism spectrum disorders. *Physics of life reviews*, *8*(4), 410-437.
- Kandel, R.C., Schwartz, J.H., & Jessell, T.M. (1995). *Essentials of Neural Science and Behavior*. Apleton & Lange: A Simon & Shuster Company.
- Katoh-Semba, R., Wakako, R., Komori, T., Shigemi, H., Miyazaki, N., Ito, H., ... & Nakayama, A. (2007). Age-related changes in BDNF protein levels in human serum: differences between autism cases and normal controls. *International Journal of Developmental Neuroscience*, *25*(6), 367-372.

- Kelly, K., & Phillips, S. (2016). *Teaching literacy to learners with dyslexia: A multi-sensory approach*. Sage.
- Kerr, A., & Zelazo, P.D. (2004). Development of «hot» executive function: the children's gambling task. *Brain Cogn*, 55(1), 148-57.
- Kirshblum, S., & Lin, V. W. (Eds.). (2018). *Spinal cord medicine*. Springer Publishing Company.
- Koshino, H., Kana, R. K., Keller, T. A., Cherkassky, V. L., Minshew, N. J., & Just, M. A. (2008). fMRI investigation of working memory for faces in autism: visual coding and underconnectivity with frontal areas. *Cerebral cortex*, 18(2), 289-300.
- Larsen, J. P., Høien, T., Lundberg, I., & Ødegaard, H. (1990). MRI evaluation of the size and symmetry of the planum temporale in adolescents with developmental dyslexia. *Brain and language*, 39(2), 289-301.
- Larsen, J. P., Høien, T., & Ødegaard, H. (1992). Magnetic resonance imaging of the corpus callosum in developmental dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 9(2), 123-134.
- Lee, K. H., Choi, Y. Y., Gray, J. R., Cho, S. H., Chae, J. H., Lee, S., & Kim, K. (2006). Neural correlates of superior intelligence: stronger recruitment of posterior parietal cortex. *Neuroimage*, 29(2), 578-586.
- Li, Y., Liu, Y., Li, J., Qin, W., Li, K., Yu, C., & Jiang, T. (2009). Brain anatomical network and intelligence. *PLoS Comput Biol*, 5(5), e1000395.
- Lightfoot, C., Cole, M., & Cole, S. R. (2014). *Η ανάπτυξη των παιδιών* (Επιστημονική Επιμέλεια: Ζ. Μπαμπλέκου, Μετάφραση: Μ. Κουλεντιανού). Αθήνα: Gutenberg.
- Mai, J. K., Majtanik, M., & Paxinos, G. (2015). *Atlas of the human brain*. Academic Press.
- Maldonato, N.M., & Dell' Orco, S. (2010). Naturalizing Consciousness. *Human Evolution*, 25(3-4), 213-220.
- Marie, D., Roth, M., Lacoste, R., Nazarian, B., Bertello, A., Anton, J. L., ... & Meguerditchian, A. (2018). Left brain asymmetry of the planum temporale in a nonhominid primate: Redefining the origin of brain specialization for language. *Cerebral Cortex*, 28(5), 1808-1815.
- Mather, N., & Wendling, B. J. (2011). *Essentials of dyslexia assessment and intervention* (Vol. 89). John Wiley & Sons.
- Miller, E.K., & Cohen, J.D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci*, 24, 167-202.

- Millon, T. (2004). *Masters of the Mind: Exploring the story of mental illness from ancient times to the new millennium*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Mizuno, A., Villalobos, M. E., Davies, M. M., Dahl, B. C., & Müller, R. A. (2006). Partially enhanced thalamocortical functional connectivity in autism. *Brain research, 1104*(1), 160-174.
- Müller, R. A., Shih, P., Keehn, B., Deyoe, J. R., Leyden, K. M., & Shukla, D. K. (2011). Underconnected, but how? A survey of functional connectivity MRI studies in autism spectrum disorders. *Cerebral cortex, 21*(10), 2233-2243.
- Noonan, S. K., Haist, F., & Müller, R. A. (2009). Aberrant functional connectivity in autism: evidence from low-frequency BOLD signal fluctuations. *Brain research, 1262*, 48-63.
- Nolte, J. (1993). *The human brain*. Mosby/Elsevier,.
- Παπαηλίου, Χ. (2005). *Η Ανάπτυξη της Γλώσσας: Θεωρητικές Προσεγγίσεις και Ερευνητικά Δεδομένα από την Τυπική και την Αποκλίνουσα Γλωσσική Συμπεριφορά*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.
- Παπαμιχαήλ, Γ. (2004). *Η Γνωστική Εκπαίδευση στην Πρώτη Σχολική Ηλικία*. Αθήνα: Εκδόσεις Οδυσσέας.
- Pinel, J.P. (1997). *Biopsychology*. Boston: Allyn and Bacon.
- Pietschnig, J., Penke, L., Wicherts, J.M., Zeiler, M., & Voracek, M. (2015). Meta-analysis of associations between human brain volume and intelligence differences: How strong are they and what do they mean? *Neurosci Biobehav Rev, 57*, 411-32.
- Qayumi, S. (2001). Piaget and his role in problem based learning. *Journal of Investigative Surgery, 14*(2), 63-65.
- Onaolapo, A. Y., & Onaolapo, O. J. (2017). Global data on autism spectrum disorders prevalence: a review of facts, fallacies and limitations. *Universal Journal of Clinical Medicine, 5*(2), 14-23.
- Redshaw, M. (1978). Cognitive development in human and gorilla infants. *Journal of human Evolution, 7*(2), 133-141.
- Rodríguez-López, C., Molina, M. P. G., & Salio, A. M. (2018). Pure alexia: two cases and a new neuroanatomical classification. *Journal of neurology, 265*(2), 436-438.
- Roland, J. L., Snyder, A. Z., Hacker, C. D., Mitra, A., Shimony, J. S., Limbrick, D. D., ... & Leuthardt, E. C. (2017). On the role of the corpus callosum in

- interhemispheric functional connectivity in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(50), 13278-13283.
- Roca, M., Parr, A., Thompson, R., Woolgar, A., Torralva, T., Antoun, N., ... & Duncan, J. (2010). Executive function and fluid intelligence after frontal lobe lesions. *Brain*, 133(1), 234-247.
- Rosenberg, S. (1993). Chomsky's theory of language: some recent observations. *Psychological Science*, 4(1), 15-15.
- Roth, G., & Dicke, U. (2005). Evolution of the brain and intelligence. *Trends Cogn Sci*, 9(5), 250-7.
- Στασινός, Δ. (2020). *Η ειδική εκπαίδευση 2020 plus*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση.
- Salkind, N.J. (2006). *Εισαγωγή στις θεωρίες της ανθρώπινης ανάπτυξης*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκης.
- Scovel, T. (2000). A critical review of the critical period research. *Annual Review of Applied Linguistics*, 20, 213-223.
- Shih, P., Keehn, B., Oram, J. K., Leyden, K. M., Keown, C. L., & Müller, R. A. (2011). Functional differentiation of posterior superior temporal sulcus in autism: a functional connectivity magnetic resonance imaging study. *Biological psychiatry*, 70(3), 270-277.
- Siegler, R. (2002). *Πώς σκέφτονται τα παιδιά*. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- Sprindel, V., Kipp, K.H., & Mecklinger, A. (2011). Developmental changes in item and source memory: evidence from an ERP recognition memory study with children, adolescents, and adults. *Child Dev*, 82(6), 1638-953.
- Stefanatos, G. A. (2008). Regression in autistic spectrum disorders. *Neuropsychology review*, 18(4), 305-319.
- Tresch, M. C., Saltiel, P., & Bizzi, E. (1999). The construction of movement by the spinal cord. *Nature neuroscience*, 2(2), 162-167.
- Tooby, J., & Cosmides, L. (2005). *Conceptual Foundations of Evolutionary Psychology*. In D. M. Buss (Ed.), *The handbook of evolutionary psychology* (p. 5-67). John Wiley & Sons, Inc.
- Topping, K., Dekhinet, R., & Zeedyk, S. (2013). Parent-infant interaction and children's language development. *Educational Psychology*, 33(4), 391-426.
- Turner, K. C., Frost, L., Linsenhardt, D., McIlroy, J. R., & Müller, R. A. (2006). Atypically diffuse functional connectivity between caudate nuclei and cerebral cortex in autism. *Behavioral and Brain Functions*, 2(1), 1-12.

- Uddin, L. Q., Supekar, K., & Menon, V. (2013). Reconceptualizing functional brain connectivity in autism from a developmental perspective. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 458.
- Wada, J. A., Clarke, R., & Hamm, A. (1975). Cerebral hemispheric asymmetry in humans: Cortical speech zones in 100 adult and 100 infant brains. *Archives of neurology*, 32(4), 239-246.
- Welchew, D. E., Ashwin, C., Berkouk, K., Salvador, R., Suckling, J., Baron-Cohen, S., & Bullmore, E. (2005). Functional disconnectivity of the medial temporal lobe in Asperger's syndrome. *Biological psychiatry*, 57(9), 991-998.
- Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual review of psychology*, 43(1), 337-375.
- Wenar C. & Kerig. P.K. (2008). *Εξελικτική Ψυχοπαθολογία*. Επιστημονική επιμέλεια Δ. Μαρκουλής – Ε. Γεωργάκα. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.