



Πανεπιστήμιο  
Ιωαννίνων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία

Θέμα:

«Η Μεγαλοκυτταρική Θεωρία»

*Μήντση Πετρούλα AM:17127*

*Τσοβάρα Χριστίνα AM:17116*

*Υφαντή Σμαραγδή AM:17118*

*Επιβλέπων καθηγητής:*

*Χριστοδουλίδης Πάυλος*



Πανεπιστήμιο  
Ιωαννίνων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Πτυχιακή εργασία

Θέμα:

«Η Μεγαλοκυτταρική Θεωρία»

*Μήντση Πετρούλα AM:17127*

*Τσοβάρα Χριστίνα AM:17116*

*Υφαντή Σμαραγδή AM:17118*

*Επιβλέπων καθηγητής:*

*Χριστοδουλίδης Πάυλος*



„The Magnocellular Theory“

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

1. Επιβλέπων καθηγητής

2. Μέλος επιτροπής

3. Μέλος επιτροπής

Ο/Η Προϊστάμενος/η του Τμήματος

© **ον/νομο**, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

## Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία. Γνωρίζω πως η λογοκλοπή αποτελεί σοβαρότατο παράπτωμα και είμαι ενήμερη για την επέλευση των νόμιμων συνεπειών.

Ον/νυμο

*Μήντση Πετρούλα*

*Τσοβάρα Χριστίνα*

*Υφαντή Σμαραγδή*

Υπογραφή

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον καθηγητή μας κ. Παύλο Χριστοδουλίδη για την δυνατότητα που μας έδωσε να πραγματοποιήσουμε την πτυχιακή μας εργασία. Θα θέλαμε κυρίως να τον ευχαριστήσουμε για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια της υλοποίησης της. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διαφόρων θεμάτων.

Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μας έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μας. Πέραν όμως από την πολύτιμη αυτή στήριξη, μας έδωσαν τα εφόδια ώστε να γίνουμε ολοκληρωμένοι και σωστοί άνθρωποι και αυτό δεν είναι κάτι που μαθαίνεται αλλά μεταδίδεται.

Τέλος, αυτή η πτυχιακή είναι η επισφράγιση μιας μεγάλης φιλίας που θα μας συντροφεύει μέχρι τα βαθιά γεράματα.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Η μεγαλοκυτταρική θεωρία» αναλύει μια από τις σημαντικότερες θεωρίες αιτιολογίας της δυσλεξίας. Η δυσλεξία αποτελεί την πιο κοινή παγκοσμίως κατηγορία μαθησιακών δυσκολιών. Ένα δυσλεκτικό άτομο εμφανίζει προβλήματα στην ανάγνωση, στη γραφή και στην αντίληψη μαθηματικών.

Σύμφωνα με τη μεγαλοκυτταρική θεωρία, ανατομικές διαταραχές στο οπτικό μεγαλοκυτταρικό σύστημα επηρεάζουν τις αναγνωστικές ικανότητες των ατόμων και οδηγούν στην εμφάνιση δυσλεξίας. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της θεωρίας αυτής μέσω αναφορών και παραπομπών σε πολυάριθμες έρευνες που έχουν δημοσιευθεί στο παρελθόν, καθώς και η μελέτη πιθανών διαταραχών και στα άλλα δυο κύρια οπτικά συστήματα.

Όπως φαίνεται, η θεωρία παραμένει αμφιλεγόμενη και μετά από δεκαετίες έρευνας, γιατί ενώ η πλειοψηφία των ερευνητών την υποστηρίζουν, υπάρχουν και εκείνοι οι οποίοι την αποδοκιμάζουν και την απορρίπτουν. Συνεπώς, η μεγαλοκυτταρική θεωρία της δυσλεξίας χρήζει περαιτέρω μελέτης, ώστε να επιβεβαιωθεί οριστικά και να μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο για την έγκαιρη διάγνωση όσο και για την επιτυχή αντιμετώπιση της δυσλεξίας.

Λέξεις – Κλειδιά: Μεγαλοκυτταρική θεωρία, Δυσλεξία, Μεγαλοκυτταρικό οπτικό σύστημα, γαγγλιακά κύτταρα

## ABSTRACT

This study with title „The Magnocellular Theory“ analyzes one of the most important theories about the causes of dyslexia. Dyslexia is the most common worldwide category of reading disorders. People with dyslexia have difficulties in reading, writing and math concept.

According to the magnocellular theory, anatomical disorders in the magnocellular dorsal pathway affect the reading skills of the people and lead to dyslexia. The aim of this work was the study of this theory through references from numerous surveys which have been published in the past, as well as the study of possible disturbances in the other dorsal pathways too.

As it seems, the theory remains controversial after decades of research, because the majority of the researchers support it, but there are others who dismiss and reject it. Therefore, the magnocellular theory of dyslexia needs further study, so that it can be definitely confirmed and to be exploited for the early diagnosis and successful treatment of dyslexia.

Keywords: Magnocellular deficit theory, Dyslexia, Magnocellular dorsal pathway, Ganglion cells

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	8
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ABSTRACT.....	11
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	13
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	15
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	18
1.1 Νευροφυσιολογία Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (Κ.Ν.Σ).....	18
1.2 Εγκέφαλος: Βασική Ανατομία και Λειτουργική οργάνωση.....	18
1.3 Κέντρο Όρασης.....	21
1.3.1 Ο ρόλος του αμφιβληστροειδή και η λειτουργική του οργάνωση.....	22
1.3.2 Γαγγλιακά κύτταρα.....	25
1.3.3 Έξω γονατώδης πυρήνας.....	26
1.3.4 Οπτικός φλοιός.....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	29
2.1 Ανάγνωση.....	29
2.1.1 Ορισμός.....	29
2.1.2 Νευροφυσιολογική βάση της ανάγνωσης.....	29
2.1.3 Μοντέλα ανάγνωσης.....	31
2.2 Φωνολογική Ενημερότητα: Ο ρόλος της στην ανάγνωση.....	32
2.3 Μαθησιακές δυσκολίες.....	33

2.4 Δυσλεξία.....	34
2.4.1 Ορισμός.....	34
2.4.2 Τύποι δυσλεξίας.....	35
2.4.3 Δυσλεξία και Ανάγνωση.....	38
2.4.4. Αιτίες και Διάγνωση δυσλεξίας.....	39
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ.....</b>	<b>42</b>
3.1 Ο δυσλεξικός εγκέφαλος .....	42
3.2 Η Μεγαλοκυτταρική Θεωρία.....	45
3.3 Ανάλυση τριών οπτικών συστημάτων: Μεγαλοκυτταρικό, μικροκυτταρικό και κονιοκυτταρικό.....	47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ.....</b>	<b>52</b>
4.1 Διαταραχές των τριών οπτικών συστημάτων σε δυσλεκτικά άτομα...52	
4.2 Μεγαλοκυτταρικό σύστημα και αναπτυξιακή δυσλεξία: Παλαιότερες και σύγχρονες έρευνες.....	54
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ.....</b>	<b>60</b>
5.1 Συζήτηση.....	60
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>63</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Απεικόνιση βασικών ανατομικών περιοχών του εγκεφάλου.....	19
Εικόνα 1.2 Λοβοί του εγκεφάλου.....	20
Εικόνα 1.3 Ανατομική εικόνα του ανθρώπινου οφθαλμού.....	22
Εικόνα 1.4 Οργάνωση του αμφιβληστροειδούς.....	24
Εικόνα 1.5 Στιβαδωτή δομή του έξω γονατώδη πυρήνα.....	27
Εικόνα 1.6 Ανατομικές περιοχές του οπτικού φλοιού του εγκεφάλου.....	28
Εικόνα 2.1 Απεικόνιση εγκεφαλικών περιοχών που συμμετέχουν στο μηχανισμό της ανάγνωσης.....	31
Εικόνα 3.1 Σύγκριση αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου μεταξύ ενός δυσλεξικού ατόμου και ενός μη με βάση τις περιοχές που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια μαθησιακών δεξιοτήτων.....	44
Εικόνα 3.2 Οπτική οδός.....	48
Εικόνα 3.3 Κατάτμηση του έξω γονατώδη πυρήνα κατά τύπο γαγγλιακού κυττάρου.....	51

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δυσλεξία αποτελεί μια μαθησιακή δυσκολία που εμφανίζεται σήμερα στο 5 - 12% του μαθητικού πληθυσμού της Ελλάδος. Μέχρι και σήμερα δεν έχει διατυπωθεί ένας αποδεκτός ορισμός της δυσλεξίας και της αιτιολογίας της. Ερευνητές από διαφορετικά επιστημονικά πεδία εκφράζουν τις απόψεις τους χωρίς ακόμη να έχει εξαχθεί κάποιο αδιαμφισβήτητο συμπέρασμα.

Τα τελευταία χρόνια η επιστήμη ανακάλυψε ότι η δυσλεξία σχετίζεται με τον τομέα της Νευροφυσιολογίας. Όλο και περισσότερες μελέτες δημοσιεύουν ότι τα δυσλεκτικά άτομα εμφανίζουν εγκεφαλικές δυσλειτουργίες οι οποίες σχετίζονται με μαθησιακές δυσκολίες. Στόχος της εργασίας αυτής είναι η επανεξετάσει τις θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί και συνδέουν την δυσλεξία με ανατομικές και λειτουργικές δυσαναλογίες του εγκεφάλου, ώστε να διερευνηθούν τα βαθύτερα αίτια της δυσλεξίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, λοιπόν, παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για την ανατομία του εγκεφάλου και τις λειτουργίες του και επικεντρώνεται στο κέντρο όρασης, περιγράφοντας τα κυριότερα μέρη του και τη λειτουργία του καθενός.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ανάγνωση. Παρουσιάζεται ο ορισμός, η νευροφυσιολογική βάση και τα μοντέλα της, καθώς επίσης και η σχέση της ανάγνωσης με την φωνολογική ενημερότητα και τις μαθησιακές δυσκολίες. Το κεφάλαιο αυτό κλείνει δίνοντας βασικές πληροφορίες για τη πιο γνωστή και συχνή μορφή μαθησιακής δυσκολίας, τη δυσλεξία.

Το τρίτο κεφάλαιο, που αποτελεί και το βασικό κορμό της εργασίας, είναι αυτό, το οποίο αναπτύσσει τη μεγαλοκυτταρική θεωρία της δυσλεξίας και αναλύει τα οπτικά συστήματα που σχετίζονται με αυτά. Μια θεωρία που διατυπώθηκε πρώτη φορά το 1993 και υποστηρίζει ότι τα δυσλεξικά άτομα εμφανίζουν διαφορετικό μέγεθος των κυττάρων στο μεγαλοκυτταρικό σύστημα του φλοιού του εγκεφάλου σε σχέση με το φυσιολογικό πληθυσμό. Το σύστημα αυτό μαζί με άλλα δυο, το μικροκυτταρικό και το κωνιοκυτταρικό, είναι υπεύθυνα για τις λειτουργίες της οπτικής και ακουστικής επεξεργασίας των πληροφοριών και διαταραχές τους έχουν συσχετιστεί με τη αναπτυξιακή δυσλεξία.



Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται πειράματα και έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο παρελθόν και μελετούν τη σχέση του οπτικού μεγαλοκυτταρικού και μικροκυτταρικού οπτικού συστήματος με τη δυσλεξία. Τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής αυτής επισκόπησης επιβεβαιώνουν τη μεγαλοκυτταρική θεωρία της δυσλεξίας.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο, ως επίλογος όλων των κεφαλαίων ακολουθεί μια συνοπτική εικόνα της παρούσας εργασίας και ένα σύντομο συμπέρασμα, το οποίο συγκεντρώνει επιγραμματικά όλα τα αποτελέσματα των ερευνών που αναφέρθηκαν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

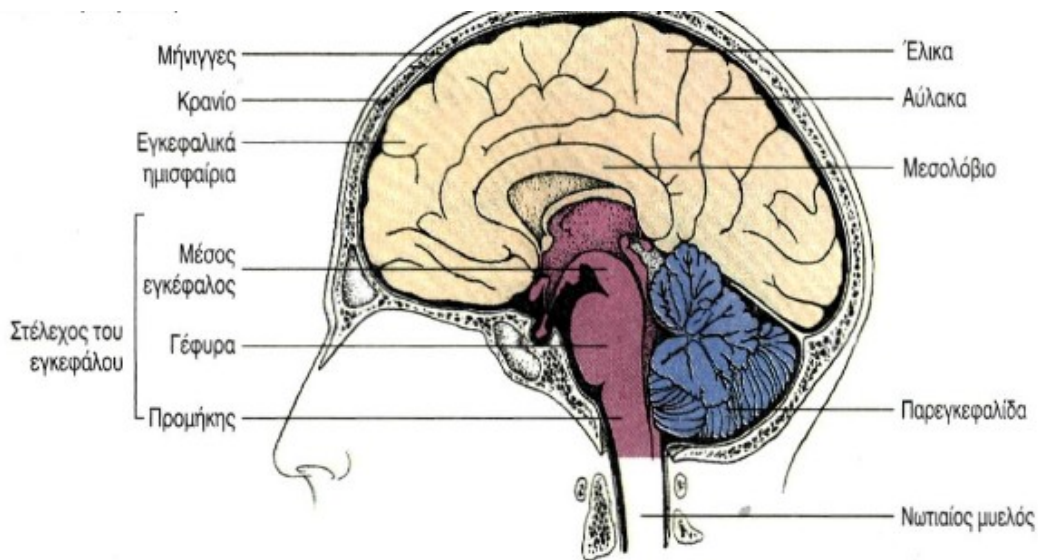
### 1.1 Νευροφυσιολογία Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (Κ.Ν.Σ)

Η Νευροεπιστήμη αποτελεί την επιστήμη που μελετά τη δομή και τις λειτουργίες του νευρικού συστήματος ενός οργανισμού και διαχωρίζεται σε πολλούς κλάδους όπως η νευροψυχολογία, νευροβιολογία, νευρογενετική, νευροφυσιολογία και άλλους. Η νευροφυσιολογία επικεντρώνεται στη μελέτη του κεντρικού νευρικού συστήματος, το οποίο συνιστάται από το νωτιαίο μυελό και τον εγκέφαλο, και τη μελέτη του περιφερικού νευρικού συστήματος το οποίο δομείται από τα νεύρα και τα γάγγλια που εκτείνονται από τον εγκέφαλο ή το νωτιαίο μυελό ως τους μύς, τους αδένες και τα αισθητήρια όργανα.

Οι νευροφυσιολόγοι επιστήμονες εξετάζουν και ερευνούν τη δομή και λειτουργία του νευρικού συστήματος μέσω ιατρικών απεικονιστικών μεθόδων, όπως είναι η υπολογιστική αξονική τομογραφία και η μαγνητική τομογραφία (δομικές μέθοδοι) ή με τη τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων και τη λειτουργική μαγνητική τομογραφία (λειτουργικές μέθοδοι). Κατά αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να εντοπίσουν εγκεφαλικές δυσλειτουργίες και ανατομικές δυσαναλογίες οι οποίες είναι δυνατόν να οδηγήσουν έναν εξειδικευμένο ιατρό, όπως για παράδειγμα έναν νευρολόγο ή νευροχειρουργό, σε άμεση διάγνωση κάποιου νευρολογικού νοσήματος.

### 1.2 Εγκέφαλος: Βασική Ανατομία και Λειτουργική οργάνωση

Ο εγκέφαλος είναι το πιο μεγάλο τμήμα του νευρικού συστήματος και έχει βάρος 1,3 με 1,4 κιλά. Αποτελείται από νευρώνες, οι οποίοι δέχονται, επεξεργάζονται και μεταβιβάζουν ερεθίσματα και κατά αυτόν τον τρόπο ελέγχει όλες τις λειτουργίες του οργανισμού, ερμηνεύει πληροφορίες από τον έξω κόσμο και ενσωματώνει την ουσία του νου και της ψυχής. Ο εγκέφαλος προστατεύεται από το κρανίο που το περιβάλλει και ανατομικά χωρίζεται σε τρεις βασικές περιοχές: στα δυο εγκεφαλικά ημισφαίρια, στο στέλεχος και στην παρεγκεφαλίδα.



Εικόνα 1.1 Απεικόνιση βασικών ανατομικών περιοχών του εγκεφάλου.

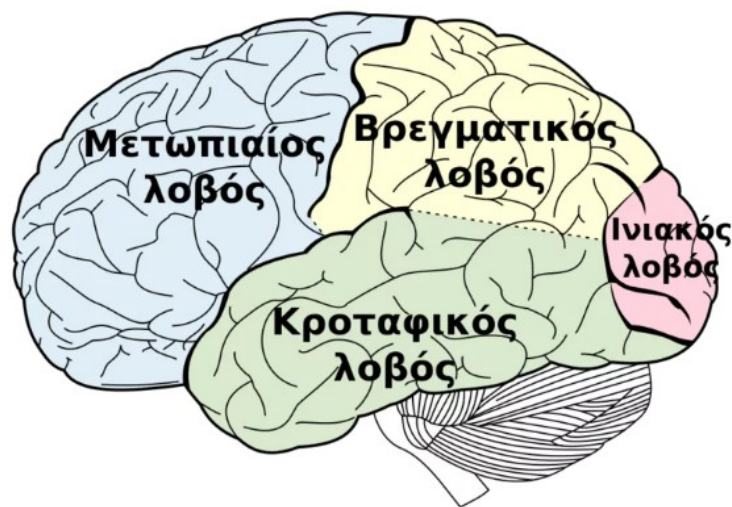
Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια συνιστούν σημαντικότερο και μεγαλύτερο τμήμα του εγκεφάλου. Στην επιφάνεια τους εμφανίζουν πολυάριθμες έλικες (προεξοχές) και αύλακες (εσοχές), οι πιο βαθιές των οποίων ονομάζονται σχισμές. Η επιμήκης σχισμή χωρίζει το αριστερό από το δεξί ημισφαίριο, τα οποία επικοινωνούν με το μεσολόβιο, μια γέφυρα από νευρικές αποφυάδες στη βάση τους. Άλλες σχισμές χωρίζουν κάθε ημισφαίριο σε λοβούς, τον μετωπιαίο, τον βρεγματικό, τον κροταφικό και τον ινιακό, που καθένας ονομάστηκε από το κρανιακό οστό που τον καλύπτει. Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια συνίστανται από τον φλοιό, ένα εξωτερικό στρώμα φαίας ουσίας, που συγκροτείται κυρίως από σώματα νευρώνων, και μάζες λευκής ουσίας κάτω από τον φλοιό, που συγκροτούνται από δεσμίδες νευρικών αποφυάδων.

Ο φλοιός των ημισφαιρίων χωρίζεται λειτουργικά σε τρεις περιοχές:

1. Κινητικές περιοχές: Εντοπίζονται στο πίσω μέρος του μετωπιαίου λοβού και ελέγχουν τις κινήσεις των σκελετικών μυών σε συγκεκριμένο τμήμα του σώματος.
2. Αισθητικές περιοχές: Εντοπίζονται στο πρόσθιο τμήμα του βρεγματικού λοβού, όπου εκτελείται η ανάλυση και ερμηνεία των σωματικών ή γενικών αισθήσεων, όπως η αφή, η πίεση, η θερμοκρασία και ο πόνος, στο οπίσθιο τμήμα του ινιακού λοβού όπου εδράζει το κέντρο όρασης και στον κροταφικό λοβό όπου χαρτογραφείται το κέντρο ακοής.

3. Συνειρμικές περιοχές: Καταλαμβάνουν πάνω από το μισό της επιφάνειας του φλοιού των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και τμήματα τους εντοπίζονται στο σύνολο των λοβών. Έχουν σχέση με την ερμηνεία και ανάλυση των ανώτερων πνευματικών λειτουργιών του ανθρώπινου οργανισμού όπως είναι για παράδειγμα η μνήμη, η κρίση, η μάθηση, η συμπεριφορά η έκφραση λόγου και η αιτιολόγηση.

Γενικότερα, το αριστερό ημισφαίριο του εγκεφάλου ευθύνεται για τη γλώσσα και την ομιλία, ενώ το δεξί ημισφαίριο παίζει ρόλο στην ερμηνεία των οπτικών πληροφοριών και της χωρικής επεξεργασίας.



Εικόνα 1.2 Λοβοί του εγκεφάλου

Το στέλεχος του εγκεφάλου ενεργεί ως κέντρο αναμετάδοσης που συνδέει τα εγκεφαλικά ημισφαίρια και την παρεγκεφαλίδα με το νωτιαίο μυελό. Οι πιο σημαντικές του περιοχές είναι ο θάλαμος, ο υποθάλαμος και ο προμήκης μυελός. Ο θάλαμος διοχετεύει τις νευρικές ώσεις από τους αισθητικούς νευρώνες στις κατάλληλες περιοχές του φλοιού για να αναλυθούν και παίζει ρόλο στην αίσθηση του πόνου, την προσοχή, την εγρήγορση και τη μνήμη. Ο υποθάλαμος συνιστά το κέντρο ομοιόστασης του ανθρώπινου οργανισμού και ελέγχει το αυτόνομο νευρικό σύστημα και την υπόφυση, ρυθμίζοντας έτσι μεταξύ άλλων και την έκκριση ορμονών, τον ύπνο, τη δίψα και την πείνα. Ο προμήκης μυελός περιλαμβάνει σημαντικά κέντρα του αυτόνομου νευρικού συστήματος τα οποία ελέγχουν την καρδιακή λειτουργία, την αναπνοή και άλλα.

Η παρεγκεφαλίδα βρίσκεται κάτω από τον εγκέφαλο και αποτελείται από δυο ημισφαίρια και μια δομή που τα συνδέει, τον σκώληκα. Συνίσταται κυρίως από λευκή ουσία, η οποία καλύπτεται από ένα λεπτό στρώμα φαίας ουσίας, το οποίο καλείται φλοιός της παρεγκεφαλίδας. Λειτουργικά, η παρεγκεφαλίδα αποτελεί το κέντρο διατήρησης της στάσης του σώματος και της ισορροπίας του καθώς και κέντρο ελέγχου και συντονισμού των κινήσεων των σκελετικών μυών.

### 1.3 Κέντρο Όρασης

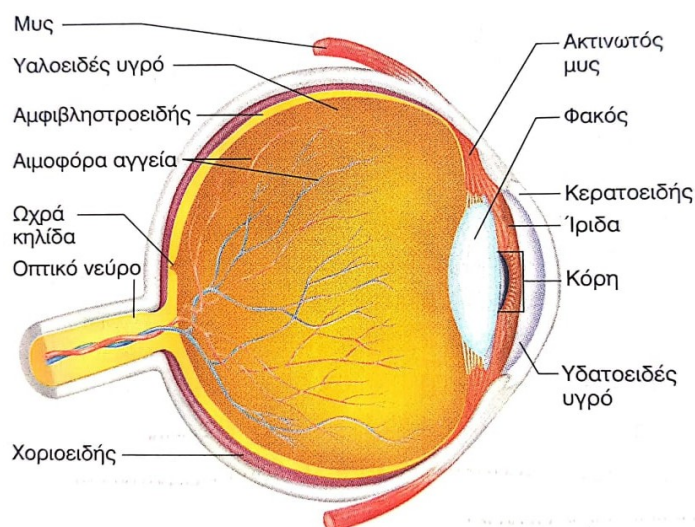
Η όραση ή οπτική αντίληψη θεωρείται η πιο σημαντική από τις πέντε αισθήσεις του ανθρώπινου οργανισμού καθώς με αυτήν αντιλαμβάνεται άμεσα τον εξωτερικό κόσμο. Αποτελεί μια πολύπλοκη εγκεφαλική και νοητική λειτουργία η οποία σχηματίστηκε σταδιακά κατά την εξελικτική πορεία των οργανισμών. Η όραση του κάθε οργανισμού του επιτρέπει να αντιλαμβάνεται, να γνωρίζει και συνεπώς να δρα αποτελεσματικότερα στον κόσμο που τον περιβάλλει.

Περίπου το 30% του ανθρώπινου εγκεφάλου ασχολείται με την επεξεργασία και ερμηνεία των οπτικών ερεθισμάτων. Η λειτουργία της όρασης ολοκληρώνεται στο κέντρο της όρασης το οποίο βρίσκεται στον ινιακό λοβό του φλοιού του εγκεφάλου. Εκεί υπάρχει η πληκτραία σχισμή του εγκεφάλου και τα πεδία 17, 18, 19 κατά Wernicke.

Το αισθητήριο όργανο της όρασης είναι ο οφθαλμός, το μάτι. Ο οφθαλμός διακρίνεται σε ένα οπτικό τμήμα, το οποίο εστιάζει την οπτική εικόνα στους φωτοϋποδοχείς και σε ένα νευρικό τμήμα, το οποίο μετατρέπει την οπτική εικόνα σε μια δεδομένη σειρά νευρικών ώσεων. Περιβάλλεται μερικώς και προστατεύεται από τον οφθαλμικό κόγχο που είναι μέρος της οστέινης κοιλότητας του προσώπου. Το όργανο της όρασης αποτελείται δεξιά και αριστερά από το βολβό του οφθαλμού μαζί με το οπτικό νεύρο, τα προασπιστικά και επικουρικά μόρια του βολβού (βλέφαρα, επιπεφυκότας, φρύδια κλπ) και τους επτά μυς που κινούν το βολβό του οφθαλμού.

Ο βολβός του οφθαλμού αποτελεί το σημαντικότερο τμήμα του οπτικού συστήματος, είναι κοίλος και εμφανίζει τοίχωμα και περιεχόμενο. Το τοίχωμα του δομείται από τρεις ομόκεντρους χιτώνες, τον ινώδη, τον αγγειώδη και τον αμφιβληστροειδή. Το

περιεχόμενο του αποτελείται από τον κρυσταλλοειδή φακό, μπροστά από τον οποίο είναι το υδατοειδές υγρό, ενώ από πίσω του είναι το υαλώδες σώμα.



Εικόνα 1.3 Ανατομική εικόνα του ανθρώπινου οφθαλμού

Η οπτική αντίληψη ξεκινάει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού και πραγματοποιείται σε 2 στάδια. Αρχικά, το φως το οποίο διέρχεται την πρόσθια επιφάνεια του οφθαλμού προβάλλεται στον βυθό του βολβού, στους φωτοϋποδοχείς του αμφιβληστροειδούς χιτώνα που μετατρέπουν την φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρικό σήμα. Μετά, οι νευρικές αυτές ώσεις μεταβιβάζονται μέσω του οπτικού νεύρου, αρχικά στον έξω γονατώδη πυρήνα, μετά στο κέντρο όρασης (V1, πρωτοταγής οπτικός φλοιός) και τελικά σε ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου για περαιτέρω επεξεργασία. Εκεί, οι οπτικές πληροφορίες αναλύονται και «εκδηλώνονται» μέσω αντιδράσεων του μυοσκελετικού μας συστήματος (Πλαϊνής & Παλλήκαρης, 2007).

### 1.3.1 Ο ρόλος του αμφιβληστροειδή και η λειτουργική του οργάνωση

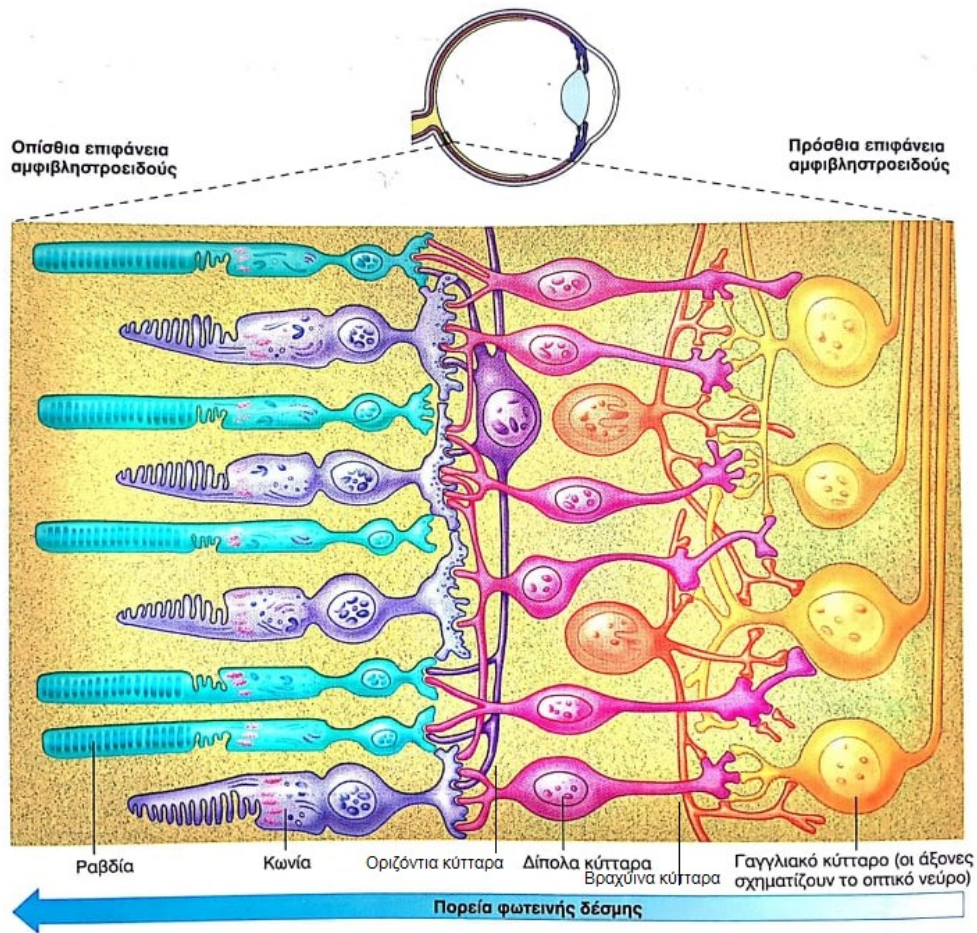
Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας αποτελεί τον φωτοευαίσθητο χιτώνα του οφθαλμικού βολβού. Είναι μια λεπτή στιβάδα νευρικού ιστού που εντοπίζεται στο πίσω τμήμα της σφαίρας του οφθαλμού. Συνιστά μέρος του κεντρικού νευρικού συστήματος, μια

«απόφυση» του εγκεφάλου και για αυτό εμφανίζει όμοια συναπτική οργάνωση με εκείνη άλλων δομών του.

Ο αμφιβληστροειδής δομείται από δύο πέταλα, το έξω που ονομάζεται μελάγχρουν επιθήλιο και χρησιμεύει κυρίως στη θρέψη των περιφερικών στιβάδων και το έσω πέταλο που καλείται ιδίως αμφιβληστροειδής. Ο ιδίως αμφιβληστροειδής χωρίζεται σε τρεις χαρακτηριστικές ανατομικές περιοχές:

1. Την ωχρά κηλίδα, όπου εστιάζεται η οπτική εικόνα και αποτελεί την περιοχή με τη μεγαλύτερη οπτική οξύτητα.
2. Το βοθρίο, υπεύθυνο για την έγχρωμη και λεπτομερή οπτική επεξεργασία των εικόνων, και
3. Τη θηλή του οπτικού νεύρου ή οπτική θηλή, από όπου οι νευρικές απολήξεις του οπτικού νεύρου εγκαταλείπουν τον αμφιβληστροειδή.

Τα κύτταρα του αμφιβληστροειδή διατάσσονται σε στιβάδες και χωρίζονται σε πέντε διακριτές κατηγορίες νευρώνων: τους φωτοϋποδοχείς (ραβδία και κωνία), τα οριζόντια, τα δίπολα, τα βραχύινα και τα γαγγλιακά κύτταρα.



Εικόνα 1.4 Οργάνωση του αμφιβληστροειδούς

Οι φωτοϋποδοχείς του αμφιβληστροειδή αποτελούν τροποποιημένους νευρώνες, οι απολήξεις των οποίων περιέχουν φωτοευαίσθητες χρωστικές. Χάρη στο σχήμα των απολήξεων ονομάζονται ραβδία και κωνία. Τα ραβδία είναι περισσότερα αριθμητικά (περίπου  $120 \times 10^6$ ) και εντοπίζονται κυρίως στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή. Περιέχουν πιο πολλή οπτική χρωστική η οποία ευαισθητοποιείται περισσότερο στο αμυδρό φως και το σκοτάδι. Αντιθέτως, τα κωνία είναι λιγότερα (περίπου  $7 \times 10^6$ ) και εντοπίζονται στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς, ιδίως στην ωχή κηλίδα. Τα κωνία είναι υπεύθυνα για την έγχρωμη όραση στο φως και εξασφαλίζουν καλύτερη διακριτική ικανότητα σε ταχείες αλλαγές.

Μεταξύ των φωτοαισθητήρων και των γαγγλιακών κυττάρων υπάρχουν οι τρεις τάξεις διανευρώνων. Τα δίπολα κύτταρα εμφανίζουν δυο «πόλους» ή δυο σημεία σύνδεσης. Η μια σύνδεση γίνεται με ένα φωτοϋποδοχέα και η άλλη με ένα γαγγλιακό κύτταρο και μεταφέρουν έτσι ερεθίσματα μέσω άμεσων ή έμμεσων οδών. Τα οριζόντια κύτταρα έρχονται σε επαφή με πολλούς φωτοϋποδοχείς και έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν



πληροφορίες από απομακρυσμένα κωνία στα δίπολα κύτταρα. Τα βραχύινα ή αμακρύινα κύτταρα φαίνεται να μην έχουν νευρίτη και αποτελούν μια ιδιαίτερη ομάδα κυττάρων που διαμορφώνουν τις διασυνδέσεις μεταξύ διπολικών και γαγγλιακών κυττάρων αλλά και μεταξύ τους διανέμοντας πλαγίως τις πληροφορίες σαν και τα οριζόντια κύτταρα.

### 1.3.2 Γαγγλιακά κύτταρα

Τα γαγγλιακά κύτταρα συνιστούν την τελευταία στιβάδα κυττάρων στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού. Έχουν κυκλικά αισθητηριακά πεδία με εξειδικευμένο κέντρο (υποδεκτικά πεδία) και περικείμενες περιοχές. Με βάση το πόσο ανταποκρίνονται σε μια φωτεινή πηγή χωρίζονται σε δυο κατηγορίες: τα κεντρικά γαγγλιακά κύτταρα και τα έκκεντρα. Όταν φως προσπίπτει στο κέντρο του πεδίου, διεγείρονται τα κεντρικά κύτταρα και αναστέλλονται όταν το φωτεινό ερέθισμα ασκείται στην περιφέρεια του. Τα έκκεντρα κύτταρα έχουν αντίστροφη λειτουργία. Κάθε φωτοϋποδοχέας στέλνει ώσεις και στους δυο τύπους γαγγλιακών κυττάρων οι οποίοι είναι ισάριθμοι στον αμφιβληστροειδή.

Τα περισσότερα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς χωρίζονται σε δυο λειτουργικές κατηγορίες, καθεμία από τις οποίες περιέχει και έκκεντρα και κεντρικά κύτταρα. Παλαιότερα ονομάζονταν *midget* και *parasol*, αλλά σήμερα είναι γνωστά ως κύτταρα τύπου M, το οποίο προέρχεται από τη λατινική λέξη *magni* που σημαίνει μεγάλος, και κύτταρα τύπου P από τη λατινική λέξη *parvi* η οποία μεταφράζεται ως μικρός. Οι ονομασίες αυτές δόθηκαν ανάλογα με τις στιβάδες του έξω γονατώδη πυρήνα στις οποίες καταλήγουν (Wiesel T & Hubel D., 1966).

Τα γαγγλιακά κύτταρα τύπου M έχουν μεγάλα αισθητηριακά υποδεκτικά πεδία και αντιδρούν στον παρατεταμένο ερεθισμό σχετικά παροδικά. Βρίσκονται στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή και αντιδρούν καλύτερα σε μεγάλα αντικείμενα. Τα μικρότερα κύτταρα τύπου P είναι περισσότερα σε αριθμό και βρίσκονται επί το πλείστον στην περιοχή του κεντρικού βοθρίου. Έχουν μικρό υποδεκτικό πεδίο και ευθύνονται για την ανάλυση των μικρών λεπτομερειών της οπτικής εικόνας, όπως είναι το σχήμα και το χρώμα. Πρόσφατα, αναγνωρίστηκε και ένας τρίτος τύπος γαγγλιακών κυττάρων, τα

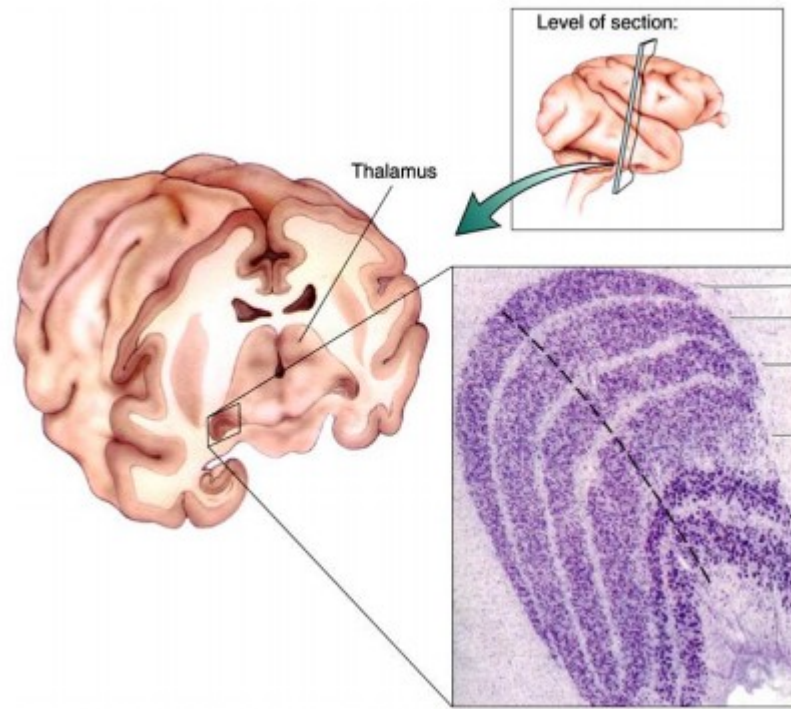
λεγόμενα “small bistratified” κύτταρα που ευθύνονται για τη χρωματική αντίληψη μπλε – κίτρινου και δέχονται πληροφορίες από τα S - κωνία.

Οι νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων σχηματίζουν το οπτικό νεύρο, το οποίο προβάλλει σε τρεις υποφλοιώδεις περιοχές: το 90% των νευροαξόνων στον έξω γονατώδη πυρήνα στον θάλαμο του εγκεφάλου για επεξεργασία οπτικών πληροφοριών, ενώ το 10% των νευροαξόνων στο άνω διδύμιο για την διεκπεραίωση των οφθαλμικών κινήσεων, καθώς και στην προτετραδυμική περιοχή, σημαντική για την παραγωγή των αντανακλαστικών της κόρης του οφθαλμού (Perry VH & Cowey A., 1984).

### 1.3.3 Έξω γονατώδης πυρήνας

Ο έξω γονατώδης πυρήνας (Lateral Geniculate Nucleus – LGN) εντοπίζεται στο πλάγιο και οπίσθιο τμήμα του θαλάμου του εγκεφάλου και έχει περίπλοκη δομή. Ενδιάμεσα σε στιβάδες νευροαξόνων και δενδριτών σχηματίζει έξι στιβάδες κυτταρικών σωμάτων. Σε αυτόν καταλήγουν οι νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή χιτώνα και δημιουργούν συνάψεις με τους νευρώνες του θαλάμου. Οι νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων P καταλήγουν στις τέσσερις ανώτερες στιβάδες του LGN, τις λεγόμενες μικροκυτταρικές (parvo-cellular), ενώ των κυττάρων M καταλήγουν στις δυο κατώτερες στιβάδες, οι οποίες ονομάζονται μεγαλοκυτταρικές (magno-cellular). Μια νέα ομάδα κυττάρων, των λεγόμενων konio, εντοπίστηκε τα τελευταία χρόνια σε λεπτές στιβάδες ανάμεσα στις μικροκυτταρικές και δέχονται πληροφορίες από γαγγλιακά κύτταρα που παρουσιάζουν ανταγωνισμό μπλε-κίτρινου χρώματος. Οι μεγαλοκυτταρικοί νευρώνες διαθέτουν μεγάλα, μονόφθαλμα υποδεκτικά πεδία με παροδικές αντιδράσεις, ενώ οι μικροκυτταρικοί έχουν μικρά, μονόφθαλμα υποδεκτικά πεδία με συνεχείς αντιδράσεις, όπως αντίστοιχα έχουν και οι νευρώνες των γαγγλιακών κυττάρων.

Ο έξω γονατώδης πυρήνας συνδέεται και με τον πρωτοταγή οπτικό φλοιό του εγκεφάλου και με νευρώνες του εγκεφαλικού στελέχους.



Εικόνα 1.5 Στιβαδωτή δομή του έξω γονατώδη πυρήνα

#### 1.3.4 Οπτικός φλοιός

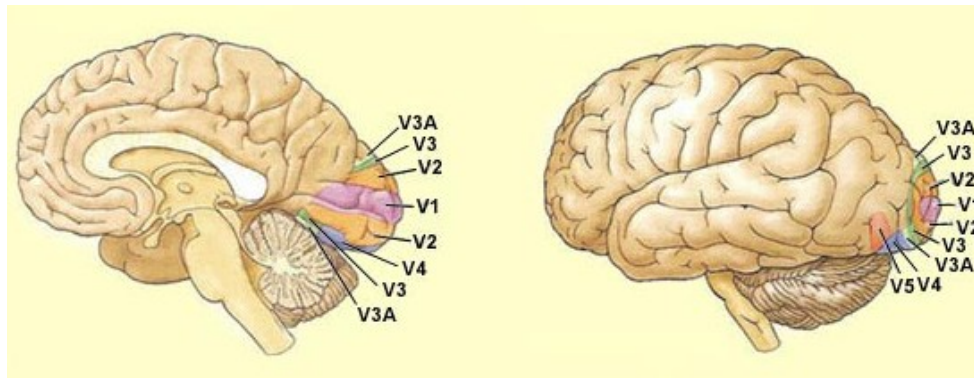
Ως οπτικός φλοιός ορίζεται ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός που αντιστοιχεί ανατομικά στην περιοχή Brodmann 17 και στον εξωταινωτό φλοιό, ο οποίος αποτελείται από τις περιοχές 18 και 19 κατά Brodmann.

Ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός ονομάζεται διαφορετικά και ταινιωτός φλοιός ή περιοχή V και έχει μελετηθεί διεξοδικά. Βρίσκεται στο πίσω μέρος του εγκεφαλικού ινιακού λοβού, γύρω και μέσα στην πληκτραία σχισμή. Συνιστά το πρώτο και απλούστερο επίπεδο επεξεργασίας οπτικών πληροφοριών στον εγκεφαλικό φλοιό, τις οποίες δέχεται από το έξω γονατώδη πυρήνα. Αποτελείται από περίπου  $140 \times 10^6$  νευρώνες και χωρίζεται σε έξι λειτουργικές στιβάδες (1-6) στις οποίες βρίσκονται πυραμιδικοί νευρώνες και διάμεσοι νευρώνες. Η στιβάδα 4 δέχεται τις οπτικές πληροφορίες από τον LGN και υποδιαιρείται περαιτέρω σε τέσσερις στιβάδες, 4A, 4B, 4Ca και 4Cβ.

Στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό οι νευρώνες χωρίζονται σε απλά και σύνθετα κύτταρα με βάση το είδος του υποδεκτικού πεδίου. Τα απλά κύτταρα διαθέτουν πεδίο ανεξάρτητο του μεγέθους του φωτεινού σήματος και της κίνησης του, ενώ στα σύνθετα κύτταρα το

πεδίο εξαρτάται τόσο από τον προσανατολισμό του φωτεινού σήματος όσο και από την κατεύθυνση της κίνησης και το μέγεθος του.

Ο εξωταινιωτός φλοιός ή δευτεροταγής διακρίνεται σε τέσσερις περιοχές, τις λεγόμενες V2, V3, V4 και V5, οι οποίες σχετίζονται με την οπτική αντίληψη του χρώματος.



Εικόνα 1.6 Ανατομικές περιοχές του οπτικού φλοιού του εγκεφάλου

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### 2.1 Ανάγνωση

#### 2.1.1 Ορισμός

Ο πιο απλός ορισμός που μπορεί να δοθεί στην ανάγνωση είναι ο εξής:

*«Ανάγνωση ορίζουμε τη διαδικασία αναγνώρισης και μετατροπής ενός γραπτού κώδικα συμβόλων σε ένα κώδικα ήχων».*

Ο Πόρποδας (2002) αναφέρει ότι η ανάγνωση αποτελεί μια δομημένη σύνθεση δύο βασικών και ανεξάρτητων λειτουργιών, της αποκωδικοποίησης και της κατανόησης, η οποία καταδεικνύει τη διττή θεώρηση της ανάγνωσης ως γνωστικής λειτουργίας και διαδικασίας επεξεργασίας πληροφοριών. Με την αποκωδικοποίηση νοείται η ανάγνωση των γραπτών συμβόλων, δηλαδή των γραμμάτων και η μετάφραση τους σε μια φωνολογική - ακουστική παράσταση, ενώ η κατανόηση επιτελείται όταν η σημασία της λέξης που διαβάζεται ανακαλείται από τη μακροπρόθεσμη μνήμη και αναγνωρίζεται.

Η ανάγνωση είμαι μια δεξιότητα, την οποία καλούνται τα παιδιά να μάθουν ως βασικό γνωστικό αντικείμενο από μικρή ηλικία, διότι χωρίς αυτήν θα αντιμετωπίσουν στο μέλλον προβλήματα στον εκπαιδευτικό, κοινωνικό, εργασιακό, οικονομικό και ψυχολογικό τομέα. Όλα τα παιδιά διέρχονται από συγκεκριμένα, εμφανή και διακριτά στάδια ώσπου να κατακτήσουν την ανάγνωση, καθώς δεν αποτελεί μια εγγενή δεξιότητα, όπως είναι για παράδειγμα η βάδιση. Η διάρκεια της κατάκτησης αυτής διαφέρει από παιδί σε παιδί, καθώς επηρεάζεται σημαντικά από την ποιότητα της διδασκαλίας την οποία δέχεται (Seymour & Elder, 1986). Επίσης, υπάρχει ένα μικρό ποσοστό παιδιών που παρουσιάζουν δυσκολίες στα στάδια κατάκτησης της ανάγνωσης, παρά την ικανοποιητική υποστήριξη από την οικογένεια και το σχολείο. Τα παιδιά αυτά είναι παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες.

#### 2.1.2 Νευροφυσιολογική βάση της ανάγνωσης

Κατά την ανάγνωση ενός κειμένου πραγματοποιούνται αλληπάλλληλες σακκαδικές κινήσεις των οφθαλμών με αρκετά μεγάλα διαλείμματα, ώστε τα μάτια να

προσηλώνονται σε ένα μόνο μικρό τμήμα του κειμένου. Τα γραπτά ερεθίσματα μεταβιβάζονται στον οπτικό φλοιό μέσω της μικροκυτταρικής οδού στη διάρκεια πολύ σύντομων περιόδων προσήλωσης του βλέμματος (40-400ms). Ταυτόχρονα, σε κάθε σακκαδική κίνηση κατά την ανάγνωση, αναστέλλεται στιγμιαία η αντίληψη των δεδομένων που συνεχίζουν να προβάλλονται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα μέσω ώσεων που μεταβιβάζονται στον οπτικό φλοιό μέσω της μεγαλοκυτταρικής οδού.

Στη συνέχεια ο μηχανισμός της ανάγνωσης βασίζεται σε ένα δίκτυο στενά συνδεδεμένων εγκεφαλικών περιοχών στο οπίσθιο μέρος του αριστερού ημισφαιρίου. Οι περιοχές αυτές είναι δυνατόν να χωριστούν σε τρία επιμέρους υποσυστήματα, με κριτήριο τη λειτουργική τους εξειδίκευση.

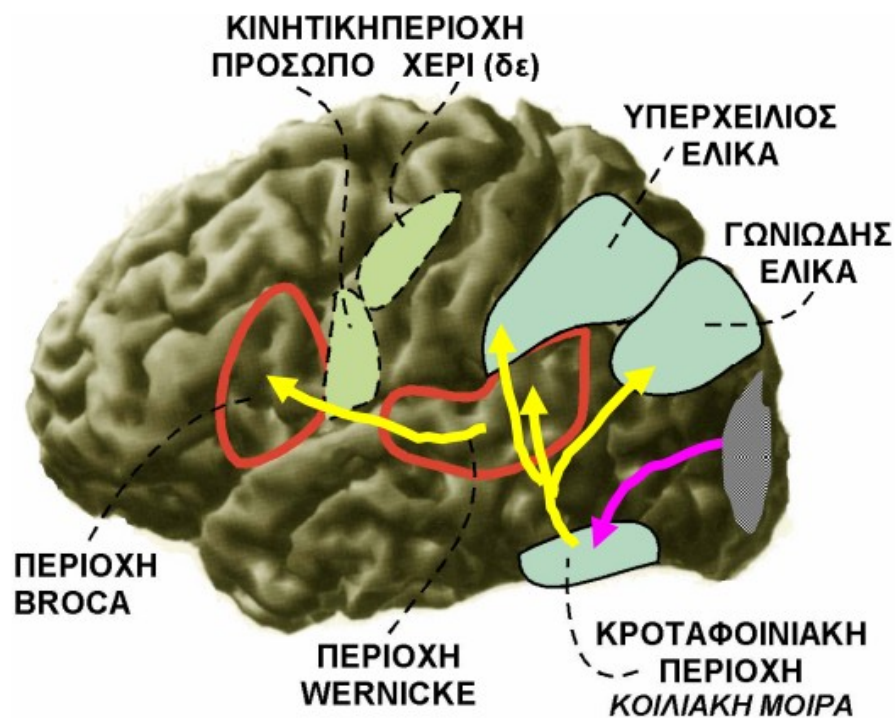
Το πρώτο υποσύστημα περιλαμβάνει τις κροταφοϊνικές περιοχές στην πλάγια και βασική επιφάνεια του κροταφικού λοβού στα όρια με τον ινιακό λοβό. Λαμβάνει ερεθίσματα κυρίως από τη μικροκυτταρική οπτική οδό και ευθύνεται για τη γραφημική επεξεργασία μεμονωμένων λέξεων κατά την ανάγνωση, καθώς και για την ανάκληση τους.

Το δεύτερο υποσύστημα απαρτίζεται από τις οπίσθιες κροταφικές και κροταφο - βρεγματικές περιοχές στο οπίσθιο τμήμα της ανώτερης κροταφικής, της υπερχειλίας και της γωνιώδης έλικας. Περιλαμβάνει την περιοχή του Wernicke και ευθύνεται για τη γλωσσική ανάλυση του γραπτού λόγου, δηλαδή τη φωνολογική αποκωδικοποίηση και τη λεξικολογική ανάλυση του κείμενου.

Το τρίτο και τελευταίο υποσύστημα αποτελείται από το φλοιό της κάτω μετωπιαίας έλικας και περιλαμβάνει την περιοχή του Broca. Σε αυτό πραγματοποιείται δευτερεύουσα αποκωδικοποίηση των γραπτών ερεθισμάτων.

Το πρώτο και το δεύτερο υποσύστημα παράλληλα συμμετέχουν και στο μηχανισμό επεξεργασίας του προφορικού λόγου.

Ωστόσο, διάφορες μελέτες έχουν δείξει και πως άλλες εγκεφαλικές περιοχές παίζουν ρόλο στη διαδικασία της ανάγνωσης. Μια από αυτές είναι η περιοχή 46 κατά Brodmann, η οποία φαίνεται να συμβάλει στη φωνολογική επεξεργασία του γραπτού λόγου. Συγκεκριμένα, στην περιοχή 46 πραγματοποιείται ανάλυση των λεκτικών ερεθισμάτων σε σχέση με τις σύνθετες αλληλουχίες κινήσεων των τμημάτων της στοματικής κοιλότητας οι οποίες εκτελούνται κατά την παραγωγή των φθόγγων.



Εικόνα 2.1 Απεικόνιση εγκεφαλικών περιοχών που συμμετέχουν στο μηχανισμό της ανάγνωσης.

### 2.1.3 Μοντέλα ανάγνωσης

Για την κατάκτηση της αναγνωστικής ικανότητας έχουν διατυπωθεί τρία μοντέλα, το «από κάτω προς τα πάνω», το «από πάνω προς τα κάτω» και το «αντισταθμιστικό μοντέλο».

Το πρώτο μοντέλο ανάγνωσης ονομάζεται «από κάτω προς τα πάνω» (bottom-up, text-based) διότι ξεκινάει από κάτω, δηλαδή τα γράμματα, και τελειώνει πάνω, δηλαδή την κατανόηση. Αρχικά ο αναγνώστης διαβάζει τη πρώτη λέξη μιας πρότασης από τα αριστερά προς τα δεξιά και έπειτα την αναγνωρίζει. Στη συνέχεια προχωράει στη δεύτερη λέξη και προχωρά μετατρέποντας κάθε γράμμα στον αντίστοιχο ήχο. Έτσι συνδέει την οπτική πληροφορία με προφορικά σύμβολα και γίνεται κατανοητός. Το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται από γραμμικότητα, ιεραρχία και εμπειρισμό.

Το δεύτερο μοντέλο ανάγνωσης που καλείται «από πάνω προς τα κάτω» (top-down, reader-based) δίνει έμφαση στη πληροφορία ή τη γνώση, η οποία υπάρχει ήδη στο

μυαλό του αναγνώστη. Ονομάστηκε έτσι γιατί η διαδικασία της ανάγνωσης ξεκινάει από πάνω, δηλαδή τις προβλέψεις και γνώσεις του αναγνώστη, και συνεχίζει προς τα κάτω, δηλαδή στο κείμενο με σκοπό να επιβεβαιώσει ή όχι τις προβλέψεις του. Ο αναγνώστης ψάχνει το νόημα και όχι τα γράμματα ή τις λέξεις του κειμένου και διαβάζει έχοντας υπόψιν ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο. Το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται επίσης από γραμμικότητα και ιεραρχία.

Το τρίτο μοντέλο, το λεγόμενο «αντισταθμιστικό» αποτελεί περίπου ένα συνδυασμό των προηγούμενων δυο μοντέλων ανάγνωσης. Σε αυτό οι διαδικασίες των δυο άλλων μοντέλων συνυπάρχουν και συσχετίζονται, εφόσον ο αναγνώστης αντλεί πληροφορίες από τα γράμματα, τους ήχους και τη γραμματική αλλά παράλληλα κάνει και προβλέψεις. Καθένα από αυτά παίζουν ανεξάρτητο ρόλο στην ανάγνωση αλλά επηρεάζουν και το ένα το άλλο. Έτσι, το μοντέλο αυτό συμβάλει στην κατανόηση του νοήματος που είναι και ο βασικός στόχος της ανάγνωσης.

## 2.2 Φωνολογική Ενημερότητα: Ο ρόλος της στην ανάγνωση

Ως φωνολογική ενημερότητα ορίζεται η ικανότητα του ατόμου να αναγνωρίζει, να αναλύει και να συνθέτει προτάσεις οι οποίες αποτελούνται από λέξεις, οι οποίες αποτελούνται από συλλαβές και εκείνες από φωνήματα. Θεωρείται πολύ σημαντική και είναι αναγκαίο να έχει κατακτηθεί πριν τη διδασκαλία της γραφής και της ανάγνωσης για να μην προκληθούν προβλήματα.

Η φωνολογική ενημερότητα διακρίνεται σε επίπεδα που προκύπτουν από τα διαφορετικά δομικά στοιχεία της γλώσσας. Το επίπεδο της λεξικής επίγνωσης, όπου το άτομο συνειδητοποιεί πως η γλώσσα δομείται από λέξεις, το επίπεδο της συλλαβικής επίγνωσης, όπου αντιλαμβάνεται πως κάθε λέξη χωρίζεται σε συλλαβές και είναι ικανό να τις αναλύει και να τις συνθέτει, το επίπεδο της ενδοσυλλαβικής επίγνωσης, όπου το άτομο διακρίνει ότι κάθε συλλαβή έχει αρχικό και τελικό τμήμα και το επίπεδο της φωνημικής επίγνωσης, στο οποίο συνειδητοποιεί ότι οι λέξεις αποτελούνται από φωνήματα και μπορεί να τα αναλύσει και να τα συνθέσει.

Τα τελευταία χρόνια, η φωνολογική ενημερότητα θεωρείται προγνωστικός και διαγνωστικός δείκτης της μετέπειτα αναγνωστικής ικανότητας των παιδιών. Πιστεύεται



ότι έχει ισχυρή και αιτιώδης σχέση με τη κατάκτηση της ανάγνωσης. Πολλοί υποστηρίζουν ότι ένα παιδί πρέπει να έχει κατακτήσει τη φωνολογική επίγνωση πριν διδαχθεί ανάγνωση, βασιζόμενοι στην άποψη ότι τα παιδιά πρέπει να είναι ικανά να αναγνωρίζουν τα φωνήματα για να μπορέσουν μετά να τα αντιστοιχίσουν με σύμβολα και να μάθουν να διαβάζουν.

Άλλοι ερευνητές υποστηρίζουν το αντίθετο, δηλαδή ότι η φωνολογική ενημερότητα εξελίσσεται μέσω της αναγνωστικής δεξιότητας, ενώ κάποιιο θεωρούν ότι και οι δυο διαδικασίες μαθαίνονται και αναπτύσσονται παράλληλα. Στην πραγματικότητα, ισχύουν εν μέρει όλα τα παραπάνω. Ένα παιδί όταν αρχίζει να μαθαίνει ανάγνωση, γνωρίζει ήδη σε κάποιο βαθμό τα φωνήματα. Με την πάροδο του χρόνου όμως και όσο διαβάζει όλο και περισσότερο αποκτάει νέες φωνολογικές γνώσεις και τις τελειοποιεί. Δημιουργείται συνεπώς «μια αμφίδρομη σχέση, εφόσον από τη μια η φωνολογική ενημερότητα βοηθάει στην εκμάθηση της ανάγνωσης όταν προηγείται και από την άλλη βελτιώνεται με την κατάκτηση του αλφαριθμητισμού» (Γιαννικοπούλου, Α.Α.,1998).

Αποτελεί λοιπόν, μια σπουδαία ικανότητα η ανάπτυξη της οποίας είναι σημαντικό μέλημα στην προσχολική ηλικία και στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού, καθώς έρευνες δείχνουν ότι τα παιδιά που εξασκούν τη φωνολογική ενημερότητα υπερέχουν ως προς την αναγνωστική τους επίδοση έναντι των μαθητών που δε τη διδάχθηκαν (Byrne και Fielding-Barnsley, 1990). Ωστόσο, η φωνολογική ενημερότητα από μόνη της δεν αρκεί για την πλήρη κατάκτηση της ανάγνωσης, αλλά είναι απαραίτητες και περαιτέρω δεξιότητες.

### 2.3 Μαθησιακές δυσκολίες

Οι μαθησιακές δυσκολίες αναφέρονται σε μια ετερογενή ομάδα διαταραχών που γίνονται αντιληπτές μέσω δυσκολιών στην κατάκτηση του προφορικού και γραπτού λόγου. Πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε σαν όρος από τον Kirk, το 1962, ο οποίος ανέφερε ότι οι μαθησιακές δυσκολίες είναι διαταραχές στην κατανόηση, στην παραγωγή προφορικού λόγου, στη γραφή, στην αριθμητική και σε δεξιότητες σχετικές με την κοινωνική αλληλεπίδραση, οι οποίες δεν είναι συνέπεια ελλίπυς διδασκαλίας ή οικογενειακών προβλημάτων ή πολιτισμικών, περιβαλλοντικών προβλημάτων του παιδιού.

Οι μαθησιακές δυσκολίες οφείλονται σε εγκεφαλικές δυσλειτουργίες και / ή συναισθηματικές και / ή συμπεριφοριστικές διαταραχές δε σχετίζονται με χαμηλό νοητικό επίπεδο ή περιβαλλοντικούς παράγοντες. Αποτελούν μια μόνιμη κατάσταση, η οποία ακολουθεί το παιδί και στην ενήλικη ζωή του και το επηρεάζουν ψυχολογικά και κοινωνικά. Λόγω των μαθησιακών δυσκολιών το άτομο είναι δυνατόν να έχει χαμηλή αυτοπεποίθηση, να μη κοινωνικοποιείται και να θέτει χαμηλούς προσωπικούς και επαγγελματικούς στόχους.

Οι μαθησιακές δυσκολίες κατηγοριοποιούνται ως εξής: δυσλεξία, δυσγραφία, δυσορθογραφία, δυσμνησίες γραπτού και προφορικού λόγου, αργή νευροωρίμανση, δυσχέρεια διατύπωσης, σύνδρομο αργού αναγνώστη, διάσπαση προσοχής, διαταραχή λόγου, γενικευμένες μαθησιακές δυσκολίες, υπερκινητικότητα, συμπεριφορικές διαταραχές και ψευδοδιαταραχές (Μήτσιου – Δάχτυλα, 2008). Για τη διάγνωση κάθε μαθησιακής δυσκολίας είναι απαραίτητη μια επαγγελματική αξιολόγηση, καθώς κάθε κατηγορία της έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, τα οποία πολλές φορές συγχέονται.

## 2.4 Δυσλεξία

### 2.4.1 Ορισμός

Η δυσλεξία συνιστά παγκοσμίως την κυριότερη μορφή μαθησιακής δυσκολίας και εμφανίζεται σήμερα στο 5 - 12% του μαθητικού πληθυσμού της Ελλάδος. Απασχολεί παραπάνω από ένα αιώνα τώρα μια πληθώρα επιστημόνων, όπως ψυχολόγους, παιδαγωγούς και νευρολόγους και παρά το γεγονός ότι διερευνάται εντατικά, δεν έχει διατυπωθεί ακόμη ένας αποδεκτός ορισμός της. Ο πολυπρόσωπος χαρακτήρας της που βασίζεται σε ένα σύνολο πολλών και διαφορετικών παραγόντων καθιστούν αδύνατη τη διατύπωση του.

Μερικοί από τους ορισμούς που έχουν διατυπωθεί έως σήμερα είναι οι εξής:

«Η δυσλεξία είναι η διαταραχή που παρουσιάζεται σε παιδιά, τα οποία παρά τη φοίτηση τους σε συνηθισμένες σχολικές τάξεις αποτυγχάνουν να αποκτήσουν τις γλωσσικές δεξιότητες που σχετίζονται με την ανάγνωση, τη γραφή και την ορθογραφία, σε βαθμό ανάλογο με τις διανοητικές τους ικανότητες» (Eisenberg, 1962).

«Οι Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες / Δυσλεξία μπορούν να οριστούν ως μορφές δυσκολιών που σχετίζονται με την επεξεργασία των πληροφοριών και εκτείνονται από πολύ ήπιες μέχρι εξαιρετικά σοβαρές μορφές που καταλήγουν σε περιορισμό της ανάπτυξης των ικανοτήτων γραφής και ανάγνωσης και αποκλίσεις στις επιδόσεις μέσα στα μαθήματα του αναλυτικού προγράμματος» (Reid, 1996).

«Η δυσλεξία είναι μία ειδική μαθησιακή δυσκολία νευρολογικής προέλευσης. Χαρακτηρίζεται από δυσκολίες στην κατάκτηση αλφαριθμητισμού, στην ακριβή και αβίαστη αναγνώριση των λέξεων και από μειωμένες ικανότητες για σωστή ορθογραφία και αποκωδικοποίηση. Αυτές οι δυσκολίες είναι αποτέλεσμα ενός ελλείμματος στο φωνολογικό τμήμα της γλώσσας, το οποίο είναι συχνά ασύμβατο σε σχέση με άλλες γνωστικές ικανότητες και την παροχή αποτελεσματικής σχολικής καθοδήγησης. Ως δευτερεύουσες συνέπειες μπορεί να υπάρχουν προβλήματα στην αναγνωστική κατανόηση κειμένων και στην μειωμένη εμπειρία ανάγνωσης που μπορεί να παρεμποδίσει την ανάπτυξη του λεξιλογίου και τη συσσώρευση γνώσεων» (International Dyslexia Association, 2002).

«Η Δυσλεξία μπορεί καλύτερα να περιγραφεί ως ένας συνδυασμός ικανοτήτων και δυσκολιών που επηρεάζουν τη μαθησιακή διαδικασία σε έναν ή περισσότερους από τους τομείς της ανάγνωσης, της ορθογραφημένης γραφής και του γραπτού λόγου. Συμπληρωματικές αδυναμίες μπορεί να αναγνωριστούν στους τομείς της επεξεργασίας του λόγου, της βραχυπρόθεσμης μνήμης, της ακολουθιακής δομής και οργάνωσης, της ακουστικής και/ ή οπτικής αντίληψης, της ομιλούμενης γλώσσας και των κινητικών δεξιοτήτων. Συνδέεται συγκεκριμένα με την κατάκτηση και τη χρήση της γραπτής γλώσσας που μπορεί να εμπεριέχει αλφαριθμητικούς, αριθμητικούς και μουσικούς συμβολισμούς. Κάποια άτομα με δυσλεξία έχουν μοναδικές ή δημιουργικές δεξιότητες. Άλλοι έχουν ισχυρά οπτικά ταλέντα. Κάποιοι έχουν συνηθισμένα ταλέντα. Όλοι έχουν δυνατά σημεία» (British Dyslexia Association, 2013).

#### 2.4.2 Τύποι δυσλεξίας

Η δυσλεξία χωρίζεται σε τύπους με βάση διάφορα κριτήρια και βοηθά τους θεραπευτές να βρουν την πιο αποτελεσματική στρατηγική διδασκαλίας για το αντίστοιχο άτομο. Οι πιο διαδεδομένοι τύποι δυσλεξίας είναι οι εξής:

- Επιφανειακή δυσλεξία: Το άτομο δυσκολεύεται να διαβάσει ολόκληρη τη λέξη και σε αυτήν την περίπτωση η ανάγνωση κατακτάται με τη φωνητική μέθοδο. Επίσης, το άτομο είναι πιθανόν να μη μπορεί να διαβάσει καθόλου μια δύσκολη ορθογραφικά λέξη και να χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να την αναγνωρίσει (Al-Shidhani και Arora, 2012).

- Δυσλεξία διπλού ελλείμματος: Το άτομο αντιμετωπίζει πρόβλημα στο να απομονώσει τους ήχους και δε μπορεί να ονομάσει γρήγορα γράμματα και αριθμούς όταν τα βλέπει. Συνήθως συνδέεται με πιο σοβαρές μορφές δυσλεξίας και είναι ιδιαίτερα δύσκολος τύπος για να θεραπευθεί (Serniclaes et al., 2004).

- Φωνολογική δυσλεξία: Ο πιο κοινός τύπος δυσλεξίας. Το άτομο δεν εμφανίζει φωνητική συνειδητοποίηση, δυσκολεύεται να αποκωδικοποιήσει μια λέξη με συνέπεια να αδυνατεί να ταιριάζει το γραπτό σύμβολο που βλέπει με ένα ήχο (Menghini et al., 2010).

Με βάση τα αίτια που προκαλούν τη δυσλεξία χωρίζεται σε δυο ευρύτερα γνωστούς τύπους, την επίκτητη και την αναπτυξιακή.

Η επίκτητη δυσλεξία είναι αποτέλεσμα μιας εγκεφαλικής βλάβης που δεν υπήρχε εκ γενετής και αφορά κυρίως ενήλικα άτομα. Ο εγκεφαλικός αυτός τραυματισμός εντοπίζεται στην πλευρικό – κροταφική περιοχή του αριστερού ημισφαιρίου. Τα άτομα αυτά, πριν εκδηλώσουν κάποια ασθένεια ή υποστούν κάποιο ατύχημα, είχαν κατακτήσει την ανάγνωση, τη γραφή και την ορθογραφία με επάρκεια (Πόρποδας, 1981 & Αναστασίου, 1998). Έπειτα, οι δεξιότητες αυτές είτε ελαττώνονται είτε χάνονται τελείως, αναλόγως της έκτασης του εγκεφαλικού τραυματισμού.

Τα άτομα με επίκτητη δυσλεξία διακρίνονται σε τρεις υποκατηγορίες (Geschwind, 1962) :

\* Άτομα που αδυνατούν να διαβάσουν, αλλά μπορούν να γράψουν (μοιάζει περισσότερο με την αναπτυξιακή δυσλεξία).

\* Άτομα που δυσκολεύονται να κατανοήσουν τόσο τον γραπτό όσο και τον προφορικό λόγο και κατά συνέπεια αδυνατούν να γράψουν ορθογραφήματα σωστά.

\* Άτομα που δε μπορούν να διαβάσουν και να γράψουν (η πιο σπάνια υποκατηγορία).

Η αναπτυξιακή ή αλλιώς λεγόμενη ειδική ή εξελικτική δυσλεξία στην ουσία είναι ίδια με το γενικότερο όρο που χρησιμοποιείται για τη δυσλεξία. Ορίζεται ως η διαταραχή των παιδιών, που εκδηλώνεται ως μια δυσκολία στη μάθηση της ανάγνωσης, παρά τις νοητικές ικανότητες, την κατάλληλη σχολική εκπαίδευση και τη θετική κοινωνικό – πολιτιστική κατάσταση (Καραπέτσας, 1993). Τα άτομα δυσκολεύονται να διαβάσουν, λόγω μια κληρονομικής, φωνολογικής ή εγκεφαλικής αναπηρίας, και συχνά εμφανίζεται σε άτομα συνδυαστικά με διαταραχή ελλειμματικής προσοχής (ΔΕΠΥ).

Με βάση τα ελλείμματα που υπάρχουν στα άτομα, η αναπτυξιακή δυσλεξία μπορεί να ταξινομηθεί περαιτέρω σε οπτική και ακουστική.

Η οπτική δυσλεξία χαρακτηρίζεται από ελλείμματα στην οπτική αντίληψη και έτσι το άτομο αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα στο να μεταβάλλει τα γραπτά σύμβολα σε αντίστοιχα λεκτικά περιεχόμενα. Έχει βρεθεί ότι τα δυσλεκτικά άτομα χρειάζονται παραπάνω από δεκαπέντε λεπτά για να διαβάσουν ένα κείμενο που αποτελείται από δέκα σειρές, για το οποίο φυσιολογικά απαιτούνται περίπου τρία λεπτά (Πόρποδας, 1997). Επίσης, το άτομο δυσκολεύεται να διακρίνει σύνθετα σχέδια, να αντιληφθεί και να αναπαράγει οπτικές ακολουθίες και εμφανίζει επίσης αδεξιότητα στη γενική κινητικότητα.

Η ακουστική δυσλεξία χαρακτηρίζεται από ελλείμματα στην ικανότητα διάκρισης ηχητικών ομοιοτήτων ή διαφορών και σύνθεσης ήχων σε λέξεις ή αντίστροφα και όχι σε ελλείμματα κατά αυτού του ακουστικού συστήματος. Τα άτομα αδυνατούν να ξεχωρίσουν τους ήχους της γλώσσας, να συνθέτουν διαφορετικού ήχους και να τηρούν μια ακουστική ακολουθία, η οποία συνδέεται με την απομνημόνευση πληροφοριών, τηρώντας τη σωστή διάταξη και σειρά (Vellulito, 1979). Κατά συνέπεια, αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα όταν τους ζητηθεί να γράψουν καθ'υπαγόρευση ένα κείμενο, καθώς δεν είναι σίγουροι για το αν ακούν σωστά τις λέξεις ή φράσεις.

Και στις δυο κατηγορίες αναπτυξιακής δυσλεξίας, τα άτομα δεν εμφανίζουν αισθητηριακές ανωμαλίες, δηλαδή έχουν κανονική όραση και ακοή αντίστοιχα. Συνήθως στα άτομα με δυσλεξία συνυπάρχουν δυσκολίες και των δυο κατηγοριών και για αυτό ο Ingram το 1964 και ο Boder το 1973 αναφέρθηκαν σε μια Τρίτη κατηγορία τη μικτή δυσλεξία.

### 2.4.3 Δυσλεξία και Ανάγνωση

Η κατάκτηση της ανάγνωσης όπως προαναφέρθηκε είναι μια πολυσταδιακή διαδικασία στην οποία αντιμετωπίζουν προβλήματα τα παιδιά με δυσλεξία. Προϋποθέτει την κατάκτηση της φωνολογικής συνειδητοποίησης, δηλαδή την ικανότητα του παιδιού να αντιλαμβάνεται τα όρια των λέξεων, να αναγνωρίζει ομοιοκαταληξίες, να αντιλαμβάνεται παρηγήσεις και να διακρίνει τους ήχους και τα φωνήματα που απαρτίζουν τις λέξεις. Ωστόσο, τα δυσλεκτικά παιδιά εμφανίζουν ελλιπή την ικανότητα αυτή.

Γενικότερα τα παιδιά με δυσλεξία εμφανίζουν τα εξής χαρακτηριστικά που αφορούν την ανάγνωση (Αναστασίου, 1998) :

- Διαβάζουν αργά και διστακτικά.
- Δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν όλα τα γράμματα όταν διαβάζουν ένα κείμενο για πρώτη φορά, με συνέπεια να συλλαβίζουν.
- Χάνουν τη αλληλουχία του κειμένου κυρίως όταν τελειώνει η μια σειρά και πρέπει να μεταβούν στην επόμενη.
- Παραλείπουν ή επαναλαμβάνουν φράσεις ή προτάσεις.
- Παρατονίζουν τις λέξεις.
- Αγνοούν τα σημεία στίξης με αποτέλεσμα να διαβάζουν αδιάκοπα μη λαμβάνοντας υπόψην τελείες, κόμματα, θαυμαστικά ή ερωτηματικά.
- Δυσκολεύονται στις πολυσύλλαβες λέξεις και σε όσες δεν τους είναι ήδη γνωστές.
- Αντικαθιστούν λέξεις βάση νύξεων που σχετίζονται με το πρώτο γράμμα, την πρώτη ή μια άλλη αναγνωρίσιμη συλλαβή και την παραγωγική κατάληξη ή την ορθογραφική ομοιότητα λέξεων.
- Αντικαθιστούν λέξεις με συνώνυμες τους.
- Προσθέτουν παραπάνω φθόγγους ή συλλαβές σε μια λέξη.
- Δυσκολεύονται στα συμπλέγματα συμφώνων.

- Παραλείπουν ή επαναλαμβάνουν μικρές λέξεις.
- Παρουσιάζουν καθρεφτική ανάγνωση.
- Προφέρουν λάθος διάφορα φωνήεντα.
- Δυσκολεύονται στο να κατανοήσουν τι διαβάζουν.

#### 2.4.4 Αιτίες και Διάγνωση δυσλεξίας

Με το πέρασμα των χρόνων η επιστήμη στρέφεται όλο και σε περισσότερους τομείς για να ανακαλύψει τα αίτια της δυσλεξίας. Το μόνο βέβαιο σήμερα είναι ότι η δυσλεξία προέρχεται από ένα συνδυασμό περισσότερων αιτιών, τα οποία εντάσσονται σε νευροβιολογικά, γενετικά και περιβαλλοντικά.

Αρκετοί ερευνητές έστρεψαν το ενδιαφέρον τους σε παράγοντες που σχετίζονται με την ανάπτυξη του εγκεφάλου και των νευρώνων είτε κατά την κύηση είτε κατά τα νεογνά χρόνια με σκοπό να εντοπίσουν την αιτιολογία της δυσλεξίας. Σύμφωνα με έρευνες σε εγκεφάλους αποθανόντων δυσλεκτικών ατόμων καθώς και έρευνες in vivo MRI έχουν παρατηρηθεί βλάβες στη δομή του εγκεφάλου, οι οποίες δημιουργήθηκαν κατά το 5<sup>ο</sup> με 6<sup>ο</sup> μήνα της εγκυμοσύνης, όταν αναπτύσσεται ο εγκεφαλικός φλοιός. Θεωρείται ότι δεν πραγματοποιείται σωστά η ανάπτυξη και οριοθέτηση των εγκεφαλικών κυττάρων με συνέπεια να δημιουργούνται ανωμαλίες και δυσπλασίες κυρίως στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο. Ειδικότερα, κυτταρικές ανωμαλίες έχουν ανιχνευτεί στο οπτικό σύστημα, στο μεσολόβιο, στο θάλαμο και στις φλοιικές περιοχές και έχουν συσχετιστεί με την αδυναμία ανάγνωσης, συγκέντρωσης, μάθησης και με άλλες μαθησιακές δυσκολίες.

Κάποιοι ερευνητές αναφέρουν ότι τα νευρολογικά προβλήματα ανάπτυξης του εγκεφάλου είναι πιθανόν να προκαλούνται λόγω χρήσης τοξινών, αλκοόλ και κακής διατροφής της μητέρας κατά τη διάρκεια της κύησης και άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι είναι συνέπεια πρόωρου τοκετού ή εμφάνισης επιληψίας κατά τις τέσσερις πρώτες εβδομάδες ζωής του νεογνού.

Ήδη από το 1950, ο Hallgreen αναφέρθηκε στην κληρονομικότητα της δυσλεξίας, καθώς υποστήριζε ότι εάν ένας από τους δυο γονείς ήταν δυσλεκτικός, τότε υπήρχε

μεγάλη πιθανότητα ένα στα δυο παιδιά του να εκδηλώσει και εκείνο δυσλεξία. Σημαντική είναι και η μελέτη του Critchley (1970), όπου διαπιστώθηκε ότι σε μονοζυγωτικά δίδυμα και τα δυο παιδιά εμφάνιζαν 100% δυσλεξία, ενώ στα διζυγωτικά μόνο στο 33% των περιπτώσεων παρουσιάστηκε δυσλεξία και στα δυο αδέλφια. Αργότερα, προσδιορίστηκαν περιοχές στο ανθρώπινο γονιδίωμα που παραλλαγές τους προκαλούν αναγνωστικές δυσκολίες. Συγκεκριμένα, το 1987 οι Pennington και Smith εντόπισαν περιοχές στο χρωμόσωμα 15, τις οποίες συσχέτισαν με την κληρονομικότητα της δυσλεξίας από γενιά σε γενιά, ενώ το 2002 ο Francks και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι γονίδια στα χρωμοσώματα 6 και 18 επηρεάζουν την ικανότητα των ανθρώπων να κατανοούν το γραπτό λόγο και να διαβάζουν με ακρίβεια.

Σχετικά με την αιτιολογία της δυσλεξίας έχουν αναπτυχθεί και πολλές θεωρίες οι κυριότερες από τις οποίες υποστηρίζουν ότι η δυσλεξία οφείλεται σε:

1. Νευρολογικές υπολειτουργίες. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία η δυσλεξία ερμηνεύεται είτε ως οργανωτική βλάβη της εγκεφαλικής ημισφαιρικής κυριαρχίας είτε ως λειτουργική εγκεφαλική ανωμαλία.
2. Ελλιπή ημισφαιρική κυριαρχία. Στη θεωρία αυτή πιστεύεται ότι η εγκεφαλική ημισφαιρική κυριαρχία δεν εκδηλώνεται καθόλου ή εκδηλώνεται καθυστερημένα.
3. Λειτουργικές ανωμαλίες στην αντιληπτική και γνωστική επεξεργασία. Η θεωρία αυτή υποστηρίζει ότι η δυσλεξία βασίζεται σε ανωμαλίες που εντοπίζονται είτε στις ασυνήθιστες οφθαλμικές κινήσεις είτε στο αισθητηριακό σύστημα επεξεργασίας των ερεθισμάτων κ.α.
4. Νευρολογική ανωμαλία. Με βάση αυτή τη θεωρία η δυσλεξία οφείλεται σε νευρολογική ανωμαλία που εκδηλώνεται ως ανικανότητα στην αντίληψη των γρήγορων αλλαγών στο οπτικό και ακουστικό περιβάλλον (Τάνος, 2004).

Παρά την πολυσύνθετη αιτιολογία της δυσλεξίας, μια έγκυρη και λεπτομερής διάγνωση και αξιολόγηση της, μπορεί να βοηθήσει θεραπευτές, γονείς και εκπαιδευτικούς να αντιμετωπίσουν κάποιες πτυχές της.

Η διάγνωση της δυσλεξίας είναι μια σύνθετη διαδικασία που περιλαμβάνει μια ακολουθία ειδικών αξιολογήσεων, στην οποία εμπλέκονται διάφοροι εξειδικευμένοι



επιστήμονες, όπως ψυχολόγοι, λογοθεραπευτές και παιδαγωγοί. Μπορεί να πραγματοποιηθεί σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με εξέταση προφορικού λόγου ή σε μεγαλύτερη ηλικία (παιδιά Α και Β Δημοτικού σχολείου) μέσω εξέτασης και γραπτού λόγου.

Στην εξατομικευμένη διαγνωστική εξέταση, ελέγχεται αρχικά εάν οι μαθησιακές δυσκολίες που παρουσιάζει το παιδί συνιστούν όντως δυσλεξία και μετέπειτα ελέγχεται τι μορφής είναι και σε ποιον τύπο εντάσσεται. Στα πλαίσια της εξέτασης περιλαμβάνονται τεστ μέτρησης νοημοσύνης, τεστ εξέλιξης εγκεφαλικών λειτουργιών, τεστ ικανοτήτων ανάγνωσης και γραφής και τεστ προσωπικότητας. Τα αποτελέσματα όλων των τεστ θα διαμορφώσουν το γνωσιακό προφίλ του παιδιού, το οποίο σε περίπτωση δυσλεξίας θα παρουσιάζει ανομοιογένεια στις ικανότητες του. Επίσης, ελέγχεται η συναισθηματική και κοινωνική ανάπτυξη του παιδιού καθώς και η σωματική και ψυχική του υγεία. Τέλος, εξετάζεται το ιστορικό του παιδιού και της οικογένειας για την έρευνα πιθανής κληρονομικότητας και γενετικών ή περιβαλλοντικών αιτιών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### 3.1 Ο δυσλεξικός εγκέφαλος

Πολυάριθμοι ερευνητές έχουν μελετήσει διεξοδικά τη δομή, την ανατομία και την λειτουργία του εγκεφάλου σε δυσλεξικά άτομα σε σύγκριση με τον κοινό εγκέφαλο με στόχο να εξηγήσουν τις μαθησιακές δυσκολίες που παρουσιάζουν οι δυσλεκτικοί.

Το 1861, πρώτος ο χειρουργός Broca από τη Γαλλία αναφέρθηκε σε μια συγκεκριμένη εγκεφαλική περιοχή που σχετίζεται μόνο με τη λειτουργία της γλώσσας. Οχτώ χρόνια αργότερα, ο Bastian αναφέρθηκε στην ίδια εγκεφαλική περιοχή και τόνισε ότι εγκεφαλικές βλάβες σε αυτήν οδηγούν στην ανικανότητα αναγνώρισης λέξεων. Η περιοχή αυτή πλέον ονομάζεται «κέντρο Broca». Λίγα χρόνια αργότερα, το 1887 ο Γερμανός οφθαλμολόγος Rudolf Berlin χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον όρο «δυσλεξία» και υποστήριξε επίσης ότι αυτή η μαθησιακή διαταραχή οφείλεται σε κάποια βλάβη του εγκεφάλου. Πατέρας του φαινομένου της δυσλεξίας θεωρείται ο γιατρός Pringle Morgan ο οποίος το 1896 δημοσίευσε ένα από τα πρώτα άρθρα αφιερωμένα στη δυσλεξία με τίτλο “A case of Congenital Word Blindness” υποστηρίζοντας ότι η δυσλεξία αποτελεί ένα νευρολογικό σύνδρομο.

«Πράγματι, το 1891 όπως πρώτα είχε αναφερθεί από τον Γάλλο νευρολόγο Jules Dejerine μία βλάβη στο αριστερό ημισφαίριο του εγκεφάλου των ατόμων με δυσλεξία προκαλεί δυσχέρεια στην διαδικασία ανάγνωσης και γραφής. Μετέπειτα, κατά τα έτη 1925-1937, σύμφωνα με τον νευρολόγο Samuel Norton και τον Norman Geschwind, αναφέρθηκε ότι μία ασυμμετρία στο αριστερό ημισφαίριο του εγκεφάλου, και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή που συνδέεται με τις γλωσσικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού, δεν επιτρέπει το δυσλεκτικό άτομο να αναπτύξει με φυσιολογικό τρόπο τις μαθησιακές του δεξιότητες» (Habib, 2000).

Το δεύτερο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα, οι ερευνητές επικεντρώθηκαν στο φαινόμενο της ασυμμετρίας του εγκεφάλου και κυρίως του εγκεφαλικού φλοιού, που πλέον ήταν γνωστό ότι σχετίζεται με όλες τις ανώτερες εγκεφαλικές λειτουργίες, όπως είναι η αντίληψη, η μνήμη, η μάθηση, η γλώσσα και η επίλυση προβλημάτων. Ένας από τους πρωτοπόρους ερευνητές ήταν ο Galaburda ο οποίος εξήγησε σε άρθρο του που

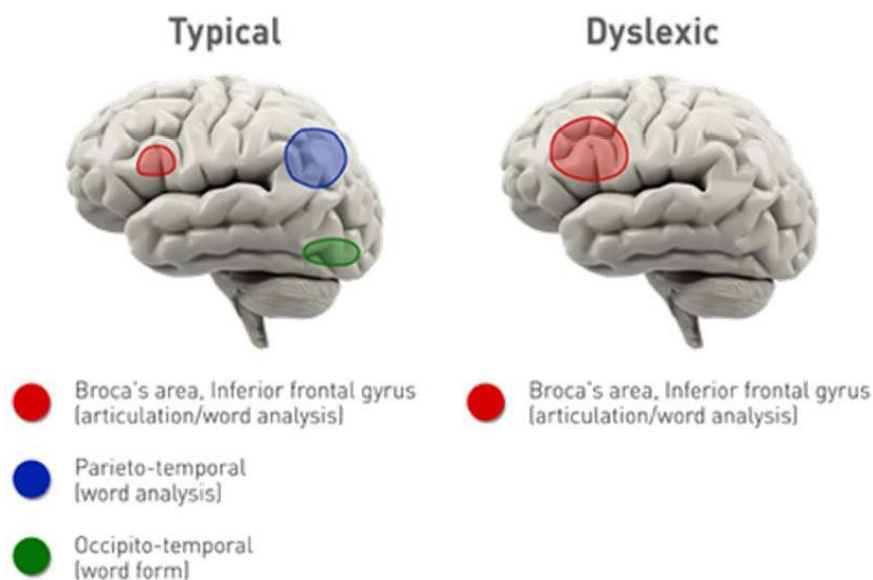
δημοσιεύτηκε το 1993 ότι οι εγκέφαλοι των δυσλεξικών ατόμων διαφέρουν από τους κοινούς εγκέφαλους λόγω μετανάστευσης κυττάρων στον εγκεφαλικό φλοιό κατά την εμβρυϊκή ανάπτυξη.

Ειδικότερα, διευκρίνισε ότι η ανάπτυξη του εγκεφαλικού φλοιού πραγματοποιείται σε στάδια κατά τον 5<sup>ο</sup> με 6<sup>ο</sup> μήνα της εγκυμοσύνης. Στο αρχικό στάδιο, τα πρώιμα νευρικά κύτταρα αναπτύσσονται σε συμπλέγματα και έπειτα μεταναστεύουν στις τελικές τους θέσεις στο φλοιό, όπου ωριμάζουν και εξειδικεύονται λειτουργικά. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης τους, άλλα νευρικά κύτταρα του εγκεφαλικού φλοιού πεθαίνουν. Οι ταυτόχρονες αυτές διαδικασίες, της κυτταρικής ωρίμανσης και του κυτταρικού θανάτου, προκαλούν την φυσιολογική ασυμμετρία που παρατηρείται στο φλοιό των δυο εγκεφαλικών ημισφαιρίων.

Μελετώντας νεκροψίες εγκεφάλων δυσλεκτικών ατόμων, ο Albert Galaburda διαπίστωσε ότι οι νευρώνες που φυσιολογικά έπρεπε να πεθάνουν, παρέμεναν ζωντανοί και ότι συμπλέγματα νέων φλοιικών κυττάρων στοιβάζονταν επιφανειακά στον φλοιό, αντί να μεταναστεύουν στις εξειδικευμένες θέσεις (εκτοπίες νευρώνων). Η μη μετανάστευση αυτή έχει ως αποτέλεσμα τα νευρικά κύτταρα να αποτυγχάνουν να δράσουν ανασταλτικά σε άλλα και για αυτό πιθανολογείται ότι οι δυσλεξικοί εγκέφαλοι διαθέτουν περισσότερα νευρικά κύτταρα. Επίσης, πολλοί από τους νευρώνες που επιβιώνουν διασχίζουν το σώμα των ομόλογων περιοχών στο αντίθετο εγκεφαλικό ημισφαίριο προκαλώντας απενεργοποίηση των περιοχών στα δυσλεξικά άτομα.

Ο δυσλεξικός εγκέφαλος λοιπόν εμφανίζει έναν αυξημένο αριθμό έκτοπων νευρώνων και άλλες δευτερεύουσες ανωμαλίες στον εγκεφαλικό φλοιό που εντοπίζονται κυρίως στο αριστερό ημισφαίριο. Πολλές μελέτες αποκαλύπτουν ότι κατά την ανάγνωση ενός ατόμου με δυσλεξία, υπάρχει μειωμένη δραστηριότητα στο οπίσθιο αριστερό ημισφαίριο σε σχέση με έναν αναγνώστη χωρίς δυσλεξία, έλλειψη συγχρονισμού μεταξύ της οπίσθιας και της πρόσθιας περιοχής στο αριστερό ημισφαίριο, αυξημένη δραστηριότητα στις ομόλογες περιοχές του δεξιού ημισφαιρίου και σχετική αύξηση της δραστηριότητας στον μετωπιαίο φλοιό (Paulesu et al., 1996 & Vandenberghe et al., 1996 & Rumsey et al., 1999). Όσον αφορά στις συνδέσεις μεταξύ των φλοιικών περιοχών που εμπλέκονται στην αναγνωστική διαδικασία, παρατηρήθηκαν ανωμαλίες στις συνάψεις της περισυλβιακής λευκής ουσίας του αριστερού ημισφαιρίου (Klingberg et al., 2000).

## Typical Brain / Dyslexic Brain comparison



Εικόνα 3.1 Σύγκριση αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου μεταξύ ενός δυσλεξικού ατόμου και ενός μη με βάση τις περιοχές που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια μαθησιακών δεξιοτήτων.

Στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα, έγινε αναφορά για ανωμαλίες στη δομή του μεσολοβίου στα άτομα με δυσλεξία. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν διαφορές στην εγκάρσια διατομή των περιοχών του μεσολοβίου (corpus callosum), όπου τα δυσλεκτικά άτομα εμφανίζουν μεγαλύτερο σπληνίο στο πίσω άκρο (Duara et al., 1991) ή μικρότερο γόνυ μεσολοβίου στο πρόσθιο μέρος (Hynd et al., 1995). Μία πιθανή εξήγηση γι' αυτό το φαινόμενο είναι ότι στους δυσλεξικούς ο εγκέφαλος προσπαθεί να προσαρμοστεί στη μειονεξία που παρατηρείται στο ένα ημισφαίριο, κάνοντας επιπλέον συνδέσεις στο άλλο, καταλήγοντας με αυτό τον τρόπο σε μεγαλύτερο όγκο κυττάρων στο μεσολόβιο (Kender & Kender, 1998).

Ο Livingstone με τους μαθητές του μελέτησαν ιστολογικά εγκεφάλους δυσλεξικών ατόμων και δημοσίευσαν το 1991 ότι εντός του έξω γονατώδη πυρήνα, οι μεγαλοκυτταρικές στιβάδες είναι 30% μικρότερες και περισσότερο ανοργάνωτες από ότι είναι σε κοινούς εγκεφάλους. Επιπρόσθετα, ανέφεραν ότι γενικότερα οι νευρώνες του LGN δεν εμφάνιζαν ευκρινή στιβαδωτή δομή και ότι νευράξονες των κυττάρων M είχαν μεταναστεύσει σε στιβάδες που φυσιολογικά παρατηρούνται μόνο κύτταρα τύπου konio.

Τελευταία, με τη βοήθεια των σύγχρονων τεχνολογικών μεθόδων απεικόνισης, το 2004 ο Zambo απέδειξε ότι σε άτομα με δυσλεξία παρατηρείται και μειωμένη η ροή αίματος προς τη γωνιακή έλικα. Η εγκεφαλική αυτή περιοχή είναι γνωστό ότι σχετίζεται με τη μετάφραση του γραπτού λόγου σε προφορικό.

### 3.2 Η Μεγαλοκυτταρική Θεωρία

Έχουν αναπτυχθεί διάφορες θεωρίες για την αναπτυξιακή δυσλεξία από τις οποίες οι τέσσερις πιο γνωστές με βάση την έρευνα των Prestes and Feitosa, το 2016, αλλά και γενικότερα την σύγχρονη βιβλιογραφία είναι οι εξής: η φωνολογική θεωρία, η μεγαλοκυτταρική θεωρία, η θεωρία της παρεγκεφαλίδας και η θεωρία του ακουστικού ελλείμματος.

Η μεγαλοκυτταρική θεωρία ή αλλιώς γνωστή ως θεωρία του μονοκυτταρικού συστήματος ή θεωρία του μεγαλοκυτταρικού ελλείμματος διατυπώθηκε πρώτη φορά το 1993 από τους Galaburda και Livingstone. Η συγκεκριμένη θεωρία προσβέει ότι το οπτικό μεγαλοκυτταρικό σύστημα στους δυσλεξικούς παρουσιάζει διαφορές, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στον έλεγχο της κίνησης του ματιού, στην οπτικο-χωρική προσοχή και την οπτική αναζήτηση.

Ειδικότερα, αναφέρεται ότι τα δυσλεξικά άτομα εμφανίζουν διαφορετικό μέγεθος των κυττάρων στο μεγαλοκυτταρικό σύστημα του κεντρικού νευρικού συστήματος και μάλιστα μικρότερο σε σχέση με το φυσιολογικό πληθυσμό. Η δυσαναλογία αυτή επηρεάζει τις λειτουργίες της οπτικής και ακουστικής επεξεργασίας των πληροφοριών στις οποίες οι δυσλεξικοί υστερούν.

Όταν το μάτι μας συναντήσει κάποια οπτικά ερεθίσματα (γράμματα ή λέξεις), πληροφορίες για το σχήμα και την μορφή τους μεταφέρονται στα ανάλογα τμήματα του εγκεφάλου, που ελέγχουν την επεξεργασία οπτικών πληροφοριών. Μέσω της μεγαλοκυτταρικής οδού οι οπτικές αυτές πληροφορίες φτάνουν στον εγκέφαλο ο οποίος επιτρέπει στους αναγνώστες να αναγνωρίσουν τις λέξεις με σαφήνεια και ταχύτητα. Ωστόσο, στα άτομα με δυσλεξία οι πληροφορίες αυτές επεξεργάζονται με πιο αργό ρυθμό, λόγω των ανωμαλιών στα κύτταρα της οδού.

Επιπρόσθετα, κάποιοι υποστηρικτές της θεωρίας αναφέρουν ότι διαταραχές ανάγνωσης που εμφανίζουν κάποια δυσλεκτικά άτομα οφείλονται σε βλάβες του μεγαλοκυτταρικού συστήματος κι όχι του μικροκυτταρικού το οποίο φαίνεται να λειτουργεί κανονικά στα άτομα αυτά. Μάλιστα αποδίδουν τις διαταραχές αυτές είτε σε μη φυσιολογικές διεργασίες σακκαδικής καταστολής (Breitmeyer & Ganz , 1976), είτε σε βλάβες της διοφθαλμικής στερέωσης και των γρήγορων κινήσεων του οφθαλμού (Stein & Talcott, 1999) .

Το 2003 ο Goswami, υποστηρικτής της θεωρίας, τόνισε ότι η διαδικασία αλληλούχισης των γραμματοσειρών είναι πιο αργή και λιγότερο ακριβή στα δυσλεκτικά άτομα λόγω ανεπαρκούς λειτουργίας του οπτικού μεγαλοκυτταρικού συστήματος στον εγκέφαλο.

Έχει διατυπωθεί και μια γενικευμένη θεωρία της μεγαλοκυτταρικής, σύμφωνα με την οποία οι δυσλειτουργίες της αντίστοιχης οπτικής οδού δεν επηρεάζουν μόνο την οπτική αντίληψη αλλά είναι η αιτία και άλλων γνωστικών διαταραχών οι οποίες συνολικά οδηγούν στην αναπτυξιακή δυσλεξία. Ευρήματα που επιβεβαιώνουν αυτή την υπόθεση, παρουσιάζουν ότι δυσλεξικά άτομα εμφανίζουν χαμηλή απόδοση στο μορσικό κώδικα και στο σύστημα Μπράιγ, σε σχέση με φυσιολογικούς αναγνώστες (Rudel et al., 1976). Επίσης, ο Ramus με τους συνεργάτες του (2003) προσθέτουν στη γενικευμένη θεωρία την ιδέα ότι η γενικευμένη μεγαλοκυτταρική μειονεξία επηρεάζει και τις λειτουργίες της παρεγκεφαλίδας, καθώς αυτή δέχεται μαζικά πληροφορίες από το μεγαλοκυτταρικό οπτικό σύστημα του εγκεφάλου. Με αυτό τον τρόπο η συγκεκριμένη θεωρία καταφέρνει να ερμηνεύσει όλα τα γνωστά συμπτώματα της δυσλεξίας: οπτικά, ακουστικά, απτικά, κινητικά και κατά συνέπεια φωνολογικά.

Η μεγαλοκυτταρική θεωρία της δυσλεξίας έχει συνδυαστεί και με την υπόθεση του ακουστικού ελλείμματος. Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή πέρα των οπτικών ανωμαλιών, υποστηρίζεται ότι τα δυσλεκτικά άτομα εμφανίζουν ανωμαλίες και στο ακουστικό τους σύστημα, οι οποίες οφείλονται στις ανατομικές ανωμαλίες των κυττάρων της μεγαλοκυτταρικής οδού. Έτσι, τα άτομα με δυσλεξία δυσκολεύονται να αντιληφθούν χαμηλούς και σύνθετους ήχους, αλλά αντιλαμβάνονται καλύτερα υψηλούς και απλούς ήχους.

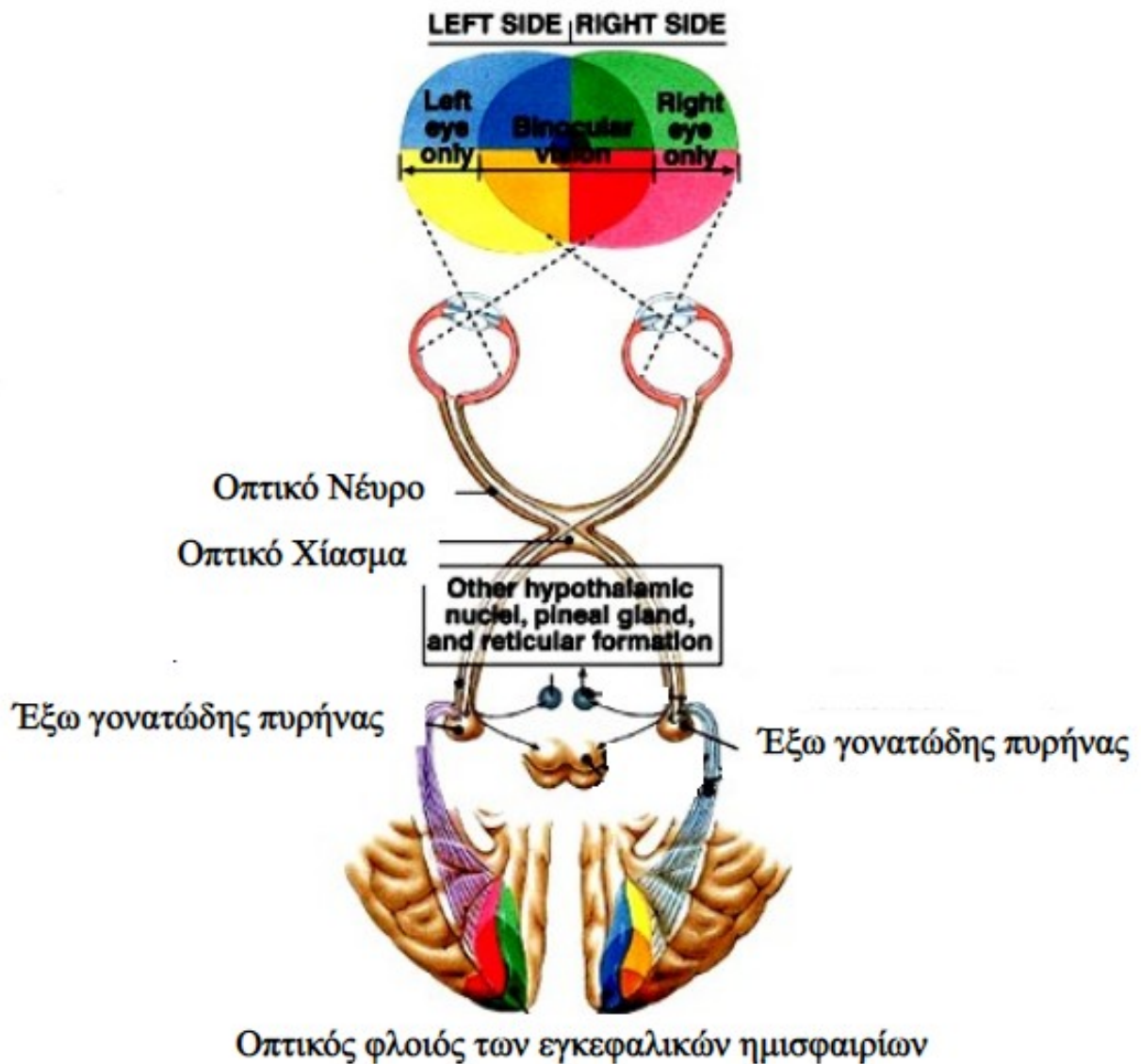
Κατά συνέπεια, αρκετοί ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η μεγαλοκυτταρική θεωρία αποτελεί μια θεωρία ενοποίησης τόσο της υπόθεσης της παρεγκεφαλιδικής μειονεξίας, όσο και των υποθέσεων της οπτικής ή ακουστικής μειονεξίας ή αλλιώς μια

γενίκευση της οπτικής θεωρίας. Με βάση αυτήν μια γενική αισθητηριακή μεγαλοκυτταρική ανωμαλία, η οποία οδηγεί σε δυσκολίες στην επεξεργασία αισθητηριακών πληροφοριών, έχει ως αποτέλεσμα να διαταράσσεται η φυσιολογική μάθηση και επεξεργασία της γλώσσας οδηγώντας σε μαθησιακές δυσκολίες (Stein et al., 2001).

### 3.3 Ανάλυση τριών οπτικών συστημάτων: Μεγαλοκυτταρικό, μικροκυτταρικό και κωνιοκυτταρικό

Το ανθρώπινο οπτικό σύστημα διαχωρίζεται σε τρεις παράλληλες οδούς, την μεγαλοκυτταρική (magnocellular, M), την μικροκυτταρική (parvocellular, P) και την κωνιοκυτταρική (konioocellular, K), οι οποίες ξεκινούν από τα αντίστοιχα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού και καταλήγουν στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό, την περιοχή V1. Η κάθε οπτική οδός είναι εξαιρετικά οργανωμένη και ακολουθεί τη δικιά της διαδρομή καθ' όλο το μήκος του οπτικού συστήματος, με συνέπεια ο οπτικός φλοιός να παρουσιάζει ακριβή τοπογραφική αντιστοιχία με τον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

Το οπτικό ερέθισμα που φτάνει στον αμφιβληστροειδή του οφθαλμού ακολουθεί μια ιδιαίτερη διαδρομή έως να φτάσει στις οπτικές περιοχές που ευθύνονται για την επεξεργασία του. Αρχικά, το οπτικό ερέθισμα γίνεται δεκτό από τους φωτοϋποδοχείς του αμφιβληστροειδή χιτώνα, τα κωνία και τα ραβδία. Στη συνέχεια, συνάπτονται και δραστηριοποιούν τα δίπολα κύτταρα μέσω διαβαθμιζόμενων δυναμικών, τα οποία με τη σειρά τους προκαλούν δυναμικά ενέργειας στα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς. Με αυτόν τον τρόπο, η οπτική πληροφορία περνά στα γαγγλιακά κύτταρα, οι νευράξονες των οποίων σχηματίζουν το οπτικό νεύρο. Το οπτικό νεύρο πριν εισέλθει στον εγκέφαλο διαμορφώνει το οπτικό χίασμα, όπου οι ίνες από το ρινικό ήμισυ του κάθε αμφιβληστροειδούς χιάζονται, οδεύοντας προς την αντίπλευρη οπτική οδό. Η οπτική πληροφορία οδεύει έπειτα σε συγκεκριμένες στιβάδες του έξω γονατώδη πυρήνα (LGN) στο οπίσθιο μέρος του θαλάμου. Τέλος, η πληροφορία του οπτικού ερεθίσματος καταλήγει στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό που βρίσκεται στον ινιακό λοβό.



Εικόνα 3.2 Οπτική οδός

Η μεγαλοκυτταρική ή παχυλωριδική ή μακροκυτταρική ή Μ οδός είναι εξειδικευμένη για τον έλεγχο της κίνησης και των χωρικών σχέσεων και συμβάλλει στην αντίληψη του βάθους. Ξεκινάει από τα γαγγλιακά κύτταρα τύπου Μ που βρίσκονται στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή χιτώνα και προβάλλουν στις δυο κοιλιακά εντοπιζόμενες στιβάδες του έξω γονατώδη πυρήνα. Έπειτα, εκτείνεται από τις μεγαλοκυτταρικές αυτές στιβάδες του LGN δια μέσου της στιβάδας 4ca στην στιβάδα 4B του πρωτοταγή οπτικού φλοιού V1. Η στιβάδα αυτή περιέχει κύτταρα επιλεκτικά και ως προς τον προσανατολισμό και ως προς τη διεύθυνση, που μετά από περαιτέρω κατεργασία δίνουν γένεση σε δυο διαφορετικούς διαύλους. Ο διάυλος Μ σχετίζεται με την οπτική αντίληψη του σχήματος και προβάλλει άμεσα μέσω των παχιών λωρίδων της περιοχής



V2 (οι οποίες είναι επιλεκτικές στη στερεοσκοπική όραση και στην κατεύθυνση των αντικειμένων) στην περιοχή V3. Στη συνέχεια σχηματίζοντας την ραχιαία - βρεγματική οδό, προβάλλει στην μέση κροταφική περιοχή MT ή V5, την περιοχή που έχει σχέση με το βάθος και την κίνηση, και καταλήγει σε περιοχές του βρεγματικού λοβού, που έχουν σχέση με την λειτουργία αντίληψης του χώρου (Πλαϊνης, Τσιλιμπάρης & Παλληκάρης, 2007).

Η μεγαλοκυτταρική οδός που αποτελείται από τους μεγαλύτερους σε μέγεθος νευρώνες M, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από υψηλή διεγερσιμότητα και ταχύτητα κινητικής αγωγιμότητας, είναι ικανή να αντιδρά σε οπτικά ερεθίσματα πολύ γρήγορα και παροδικά. Ευαισθητοποιείται σε αχρωματικά ερεθίσματα χαμηλών χωρικών συχνοτήτων, υψηλών χρονικών συχνοτήτων και χαμηλών αντιθέσεων της φωτεινότητας. Ασχολείται συνεπώς με την περιφερειακή όραση και η κύρια λειτουργία της οδού είναι να κατευθύνει την προσοχή στα χωροταξικά χαρακτηριστικά του οπτικού αντικειμένου – ερεθίσματος (Vidyasagar, 1999; Laycock et al., 2008; Brown, 2009).

Βλάβες σε οποιαδήποτε εγκεφαλική περιοχή που εμπλέκεται στη μεγαλοκυτταρική οδό προκαλούν επιλεκτική διαταραχή στις κινήσεις των οφθαλμών προς κινούμενους στόχους και στην αντίληψη της κίνησης, τη λεγόμενη ακινητοψία.

Η μικροκυτταρική ή μεσολωριδική ή λεπτολωριδική ή P οδός είναι υπεύθυνη για την οπτική αντίληψη των χρωμάτων, της μορφής και των σχημάτων. Η μικροκυτταρική οδός αρχίζει από τα γαγγλιακά κύτταρα τύπου P που βρίσκονται επί το πλείστον στην περιοχή του κεντρικού βοθρίου και προβάλλουν στις τέσσερις ραχιαία εντοπιζόμενες στιβάδες του έξω γονατώδη πυρήνα. Στη συνέχεια, η οδός δημιουργεί συνάψεις με τη στιβάδα 4Cb του πρωτοταγή οπτικού φλοιού V1, η οποία με τη σειρά της προβάλλει στις επιφανειακές στιβάδες 2 και 3, όπου βρίσκονται τα κηλιδώδη και διακηλιδώδη κύτταρα αντίστοιχα. Έτσι, μπορούν να διακριθούν δυο ξεχωριστοί δίαυλοι στην μικροκυτταρική οδό: το μικροκυτταρικό κηλιδώδες σύστημα για την αντίληψη του χρώματος και το μικροκυτταρικό διακηλιδώδες σύστημα για την αντίληψη του σχήματος. Από τον κηλιδώδη δίαυλο η οδός συνεχίζει στις λεπτές λωρίδες της V2 περιοχής, που είναι επιλεκτικές στο χρώμα, τις λεπτομέρειες και τη μορφής των εικόνων, ενώ από το διακηλιδώδη δίαυλο συνεχίζει στις μεσολωριδικές περιοχές της V2, οι οποίες είναι επιλεκτικές στο περίγραμμα, στα όρια και στον προσανατολισμό των εικόνων. Έπειτα, και οι δυο δίαυλοι της P οδού προχωρούν στην περιοχή V4,

σχηματίζοντας την κοιλιακή οδό που καταλήγει στον κάτω κροταφικό φλοιό, όπου πραγματοποιείται η συνδυαστική αντίληψη του σχήματος με το χρώμα.

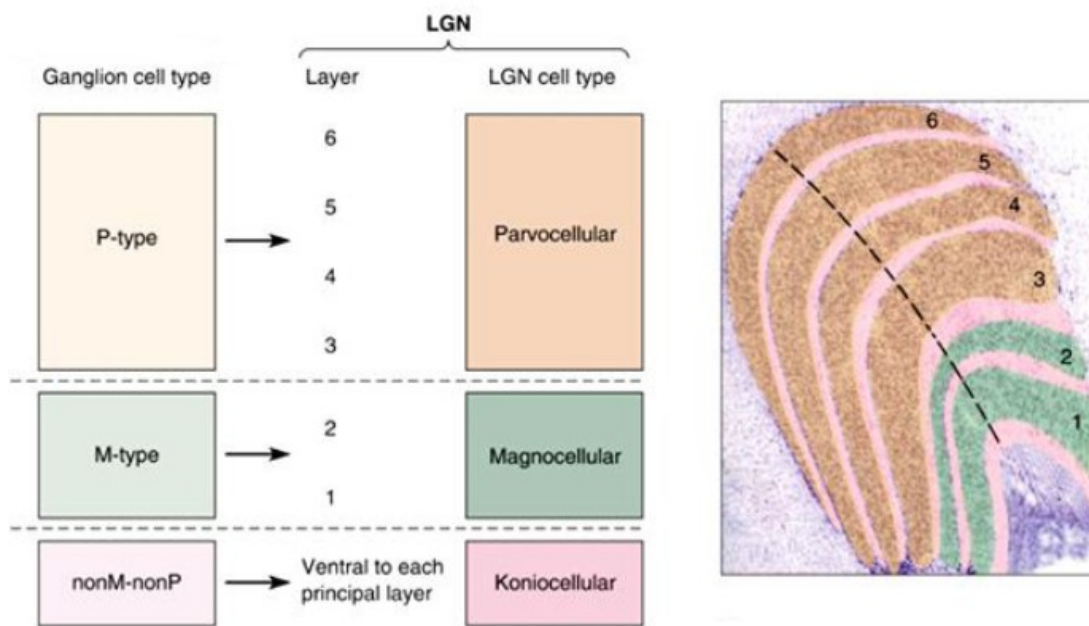
Σε αντίθεση με την μακροκυτταρική οδό, η μικροκυτταρική συνίσταται από μικρότερους νευρώνες P, που χαρακτηρίζονται από χαμηλή διεγερσιμότητα και ταχύτητα κινητικής αγωγιμότητας, και είναι ικανή να αντιδρά σε οπτικά ερεθίσματα αργά και αδιάπτωτα. Ανταποκρίνεται με μεγάλη ευαισθησία σε ερεθίσματα κόκκινης/πράσινης απόχρωσης, υψηλών χωρικών συχνοτήτων και χρωματικών αντιθέσεων και χαμηλών χρονικών συχνοτήτων (Bonfiglio et al., 2017). Η μικροκυτταρική οδός σχετίζεται κατά κύριο λόγο με την κεντρική όραση και η βασική της λειτουργία είναι να κατευθύνει την προσοχή στα αναγνωρίσιμα χαρακτηριστικά του οπτικού αντικειμένου – ερεθίσματος.

Βλάβες κυρίως στην περιοχή V4 του οπτικού φλοιού που συμμετέχει στη μικροκυτταρική οδό προκαλούν προβλήματα αναγνώρισης σύνθετων αντικειμένων και προσώπων, που είναι γνωστά ως προσωποαγνωσία.

Η κονιοκυτταρική οδός δεν έχει μελετηθεί διεξοδικά και πιστεύεται ότι παίζει ρόλο στο μηχανισμό αντίληψης και σταθερότητας των χρωμάτων (Yoonessi & Kingdom, 2008) και ότι συνεισφέρει στην αντίληψη της κίνησης των οπτικών αντικειμένων, καθώς προβάλλει νευράξονες στην περιοχή V5 ή MT της μεγαλοκυτταρικής οδού M (Shipp, 2006). Η κονιοκυτταρική οδός αρχίζει από τα γαγγλιακά κύτταρα τύπου K (κονιοκύτταρα), που σχηματίζουν λεπτές στιβάδες οι οποίες προβάλλουν κοιλιακά στις μακροκυτταρικές και μικροκυτταρικές στιβάδες του έξω γονατώδη πυρήνα (στιβάδες K1-K6). Οι ραχιαίες στιβάδες K5 και K6 μεταδίδουν οπτικές πληροφορίες χαμηλής οξύτητας στην περιοχή I του πρωτοταγή οπτικού φλοιού V1, οι στιβάδες K3 και K4 προβάλλουν στα κύτταρα των κηλίδων κυτταροχρωμικής οξειδάσης του V1, ενώ οι κοιλιακές στιβάδες K1 και K2 φαίνεται να συνδέονται λειτουργικά με το άνω διδύμιο του εγκεφάλου. Ο παραπάνω διαχωρισμός δεν είναι ακόμη απόλυτα διευκρινισμένος. Σε μια μελέτη, έχει βρεθεί ότι η κονιοκυτταρική οδός διαπερνά τη στιβάδα 4 του πρωτοταγή οπτικού φλοιού V1 και προβάλλει τους νευράξονες της στις επιφανειακές στιβάδες 2 και 3, ενώ σε άλλη τονίστηκε ότι τμήμα της προβάλλει στη μέση κροταφική περιοχή MT ή V5, την περιοχή που είναι υπεύθυνη για την αντίληψη του βάθους και της κίνησης, και καταλήγει μαζί με την μεγαλοκυτταρική οδό σε περιοχές του βρεγματικού λοβού, που έχουν σχέση με την λειτουργία αντίληψης του χώρου.

Η κονιοκυτταρική οδός αποτελείται από τα κονιοκύτταρα τα οποία είναι μικρότερα σε μέγεθος και λιγότερα σε αριθμό από τα κύτταρα τύπου P ή M και ανταποκρίνονται με μεγάλη ευαισθησία σε οπτικά ερεθίσματα μπλε/κίτρινης απόχρωσης.

Βλάβες στην κονιοκυτταρική οπτική οδό έχουν συσχετιστεί με το φαινόμενο τυφλής όρασης (blindsight), όπου οι ασθενείς λόγω τραυματισμού στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό δείχνουν επιμονή στην ανίχνευση κίνησης χωρίς οπτική συνειδητοποίηση.



Εικόνα 3.3 Κατάτμηση του έξω γονατώδη πυρήνα κατά τύπο γαγγλιακού κυττάρου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### 4.1 Διαταραχές των τριών οπτικών συστημάτων σε δυσλεκτικά άτομα

Τα τελευταία 40 χρόνια γίνονται συνεχώς έρευνες που αποσκοπούν να υποστηρίξουν ή να απορρίψουν τη συσχέτιση των τριών οπτικών συστημάτων με το φαινόμενο της δυσλεξίας. Η πλειοψηφία των ερευνητών έχει βρει μια ισχυρή σχέση αιτίου – αποτελέσματος μεταξύ της μεγαλοκυτταρικής οδού και της δυσλεξίας, που διατυπώνεται ως μεγαλοκυτταρική θεωρία, και αναλύεται στην παρούσα εργασία σε άλλες υποενότητες.

Πρώτοι, το 1984 οι Martin και Lovegrove ανέφεραν ότι τα δυσλεκτικά άτομα εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία αντίθεσης σε στατικές χωρικές συχνότητες, οι οποίες εξυπηρετούνται από τα γαγγλιακά κύτταρα P της μικροκυτταρικής οδού. Πιθανολογείται πως η μικροκυτταρική οδός προσπαθεί να καλύψει τα «κενά», που προκαλούνται από την παρουσία μικρότερων κυττάρων M της μεγαλοκυτταρικής οδού στους δυσλεκτικούς, από τα πρώτα κιάλας στάδια ανταγωνισμού στην ανάπτυξη του εγκεφάλου. Κατά αυτόν τον τρόπο, η μικροκυτταρική οδός αυξάνει τις νευρικές συνδέσεις της και εμφανίζεται κάπως πιο αναπτυγμένη.

Διαταραχές και στα τρία οπτικά συστήματα παρατηρήθηκαν σε μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2015 από την ερευνητική ομάδα του Ahmadi στο Ιράν. Συμμετείχαν 13 παιδιά με δυσλεξία και 13 παιδιά – μάρτυρες ίδιας ηλικίας και φύλου. Αρχικά, τα παιδιά έλαβαν οδηγίες να ταιριάζουν εικόνες με βάση την αντίθεση φωτεινότητας (καθορίζεται από τη μεγαλοκυτταρική οδό), το κόκκινο – πράσινο (μικροκυτταρική οδός) και το μπλε – κίτρινο (κονιοκυτταρική οδός) περιεχόμενου τους. Σε δεύτερο στάδιο, τα παιδιά έπρεπε να απομονώσουν τις εικόνες κόκκινου – πράσινου περιεχομένου, με σκοπό να μελετηθεί η εκλεκτική ανταπόκριση των κυττάρων P. Τελευταία αξιολογήθηκε η χρονική επεξεργασία οπτικών αντικειμένων, μετρώντας το χρόνο αντίδρασης και το ποσοστό σωστών απαντήσεων σε μια δοκιμασία αναγνώρισης με τη χρήση τεσσάρων κατηγοριών εικόνων, οι οποίες ενεργοποιούν και τις τρεις οπτικές οδούς.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά με δυσλεξία ευαισθητοποιούνται περισσότερο σε χρωματικές αντιθέσεις και αντιθέσεις φωτεινότητας, παρουσιάζοντας μεγαλύτερη ασυμμετρία στην αναλογία L/M (μεγάλου κύματος σήματα / μεσαίου μήκους κύματα) η οποία σχετίζεται με διαταραχές στη μικροκυτταρική οδό. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με εκείνα των ερευνητών Farrag, Khedr και Abel-Naser, οι οποίοι βρήκαν ότι η δυσλεξία σε αραβικά παιδιά ενδέχεται να έχει σχέση με βλάβες στη μικροκυτταρική οδό.

Επίσης, τα δυσλεκτικά παιδιά απάντησαν ορθά σε μικρότερο ποσοστό από τα παιδιά – μάρτυρες στις εικόνες μπλε – κίτρινου περιεχομένου, υποδηλώνοντας πιθανά ελλείμματα και στην κονιοκυτταρική οδό. Παρόλο που η οδός αυτή έχει γενικότερα αγνοηθεί στις έρευνες δυσλεξίας, μια ακόμη μελέτη βρήκε ότι τα δυσλεκτικά άτομα εμφανίζουν ελαττωμένη ανταπόκριση σε ερεθίσματα μπλε – κίτρινου περιεχομένου, οδηγώντας σε θετικές επιπτώσεις χρωματιστών φακών ( Dain, Floyd & Elliot, 2008).

Δυο χρόνια αργότερα, το 2017 η ερευνητική ομάδα του Bonfligio ανακοίνωσε ότι τα αναγνωστικά προβλήματα σε παιδιά με δυσλεξία σχετίζονται με αργοπορημένα οπτικά προκλητικά δυναμικά τόσο της μεγαλοκυτταρικής οδού όσο και της μικροκυτταρικής και της κονιοκυτταρικής οδού. Υποστηρίζει λοιπόν, όπως και οι προηγούμενες έρευνες, ότι οι μαθησιακές δυσκολίες των δυσλεκτικών ατόμων συνδέονται νευροφυσιολογικά με διαταραχές σε όλο τον χρωματικό άξονα του οπτικού συστήματος στον εγκέφαλο.

Σε αντίθεση με τα προαναφερόμενα δημοσιεύματα, πολλές είναι οι έρευνες που δε βρίσκουν κάποια διαταραχή στη μικροκυτταρική ή κονιοκυτταρική οπτική οδό στους δυσλεκτικούς (Hansen P.C., Stein J.F., Orde S.R., Winter J L. & Talcott, J.B., 2001). Για παράδειγμα, το 2011 ο McLean και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν διάφορα διαγνωστικά τεστ ανάγνωσης και χρωματικής αντίληψης για να διακρίνουν διαφορές στη λειτουργία της μεγαλοκυτταρικής και μικροκυτταρικής οδού σε 90 παιδιά ηλικίας 7 έως 11 ετών. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν σημαντικές διαταραχές στη μεγαλοκυτταρική οδό των δυσλεκτικών παιδιών συγκριτικά με τα παιδιά που δεν διέθεταν κάποια μαθησιακή δυσκολία, ενώ όλα παρουσίασαν ομαλή λειτουργία της μικροκυτταρικής οδού. Υποστήριξαν λοιπόν, πως η δυσλεξία δε σχετίζεται με αλλαγές στο οπτικό μικροκυτταρικό σύστημα.

## 4.2 Μεγαλοκυτταρικό σύστημα και αναπτυξιακή δυσλεξία: Παλαιότερες και σύγχρονες έρευνες

Έχουν εντοπιστεί δυο ανεξάρτητα χαρακτηριστικά του οπτικού μεγαλοκυτταρικού συστήματος, τα οποία διακρίνονται και νευρολογικά: η ιδιαίτερα υψηλή ευαισθησία αντίθεσης για χαμηλές χωρικές συχνότητες και η γρήγορη χρονική ανάλυση. Πολλές έρευνες με παιδιά έχουν δείξει ότι η ομαλή ή όχι λειτουργία του οπτικού μεγαλοκυτταρικού συστήματος, που βασίζεται στα προαναφερόμενα χαρακτηριστικά, σχετίζεται με μαθησιακές γνώσεις, όπως είναι η ακρίβεια ανάγνωσης, η ταχύτητα ανάγνωσης, η οπτική και ακουστική αναγνώριση ερεθισμάτων.

Το 1980 έγινε η πρώτη μελέτη από τον Lovegrove και τους συνεργάτες του, η οποία πρότεινε ότι τα άτομα με δυσλεξία εμφανίζουν κάποια βλάβη στο παροδικό οπτικό σύστημα, το οποίο τότε ακόμη δεν είχε χαρακτηριστεί ως μεγαλοκυτταρικό. Ειδικότερα μελέτησαν την ευαισθησία αντίθεσης ατόμων με δυσλεξία και ατόμων χωρίς δυσλεξία και διαπίστωσαν ότι στα δυσλεκτικά άτομα η ευαισθησία μειώνεται κυρίως σε χαμηλές χωρικές και υψηλές χρονικές συχνότητες. Συνεπώς, η μελέτη αυτή παρείχε ορισμένα αρχικά στοιχεία για τη μετέπειτα διατύπωση της μεγαλοκυτταρικής θεωρίας. Μάλιστα, το 1986 ο Lovegrove ανέφερε ότι το 75% των δυσλεκτικών παρουσιάζει διαταραχές στην οπτική μεγαλοκυτταρική οδό.

Έντεκα χρόνια αργότερα η ομάδα των Livingstone και Galaburda επιβεβαίωσε την άποψη της ερευνητικής ομάδας του Lovegrove, μετρώντας την εγκεφαλική δραστηριότητα δυσλεκτικών ατόμων. Με τη χρήση οπτικών προκλητών δυναμικών παρατήρησαν ότι τα άτομα με δυσλεξία ανταποκρίνονται λιγότερο σε χαμηλής αντίθεσης οπτικά ερεθίσματα και πιο αργά. Ειδικότερα, βρήκαν ότι οι αντιδράσεις της μεγαλοκυτταρικής οδού κυμαίνονταν μεταξύ 20 με 40 ms, οι οποίες είναι 2 με 4 φορές πιο αργές από ότι σε άτομα με φυσιολογικά ανεπτυγμένο το αντίστοιχο οπτικό σύστημα, όπου οι αντιδράσεις κυμαίνονται στα 10 ms (Dreher et al., 1976).

Στη συνέχεια, οι ίδιοι ερευνητές εξέτασαν τους εγκεφάλους δυσλεκτικών ατόμων και μη δυσλεκτικών μετά από νεκροψία και ανακάλυψαν ότι ανατομικά τα γαγγλιακά κύτταρα τύπου M διαφέρουν στους δυσλεκτικούς. Κατέγραψαν τα αντίστοιχα κύτταρα του LGN και συμπέραναν πως είναι μικρότερα σε μέγεθος και πιο αποδιοργανωμένα, λόγω ανωμαλιών στη νευρολογική μετανάστευση, από ότι σε ένα εγκέφαλο ατόμου

χωρίς μαθησιακές δυσκολίες. Συγκεκριμένα, οι νευρώνες ήταν περίπου 30% μικρότεροι και κύτταρα τύπου Μ εντοπίζονταν ανάμεσα στις στιβάδες 2 και 3 του LGN.

Βασιζόμενος στα αποτελέσματα του προηγούμενου πειράματος, το 1996 ο Chase συνδύασε τα δεδομένα για τις ανατομικές διαφορές με τη μελέτη του για την οπτική συγχώνευση των δυσλεξικών. Διαπίστωσε ότι τα παιδιά με αναγνωστικές δυσκολίες χρειάζονται πιο πολύ χρόνο για να δουν δυο διαφορετικές εικόνες, από ότι να συγχωνεύουν τα δυο οπτικά ερεθίσματα μαζί. Υποστήριξε λοιπόν ότι η ποιότητα και η ταχύτητα των οπτικών πληροφοριών για τα χαμηλής χωρικής συχνότητας ερεθίσματα είναι φτωχότερες στους δυσλεκτικούς, εμποδίζοντας υψηλού επιπέδου δραστηριότητες, όπως είναι οι γρήγορες οπτικές διακρίσεις και οι υψηλής ποιότητας ορθογραφικές αναπαραστάσεις.

Οι Rao, Rainer και Miller το 1997 ανέφεραν ότι ανωμαλίες δεν παρατηρούνται μόνο στα κύτταρα τύπου Μ στο έξω γονατώδη πυρήνα, αλλά και σε άλλες εγκεφαλικές περιοχές της μεγαλοκυτταρικής οδού. Στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό, στη μέση κροταφική περιοχή MT, στον οπίσθιο βρεγματικό φλοιό και στον προμετωπιαίο φλοιό του εγκεφάλου.

Η «αδυναμία» των γαγγλιακών κυττάρων Μ της μεγαλοκυτταρικής οδού επιβεβαιώθηκε από πολλές και διαφορετικές έρευνες και τα μετέπειτα χρόνια (Pammer & Wheatley, 2001; Edwards et al., 2004). Είναι σημαντικό να αναφερθούν οι παρακάτω δυο έρευνες, διότι πρωτοτύπησαν στις μεθόδους που χρησιμοποίησαν για να υποστηρίξουν τη μεγαλοκυτταρική θεωρία. Το 2004 οι Pammer, Lavis και Cornelissen αξιοποίησαν τη λειτουργική απεικόνιση με μαγνητικό συντονισμό (fMRI) και εντόπισαν το παροδικό έλλειμμα της μεγαλοκυτταρικής οδού στους δυσλεκτικούς, καθώς και την εξασθενημένη ευαισθησία της οπτικής κίνησης ακόμη και σε υψηλότερες αντιθέσεις φωτεινότητας. Το 2015 επιβεβαιώθηκαν για πρώτη φορά με τη μέθοδο της δομικής μαγνητικής τομογραφίας (MRI) οι ανατομικές διαφορές των κυττάρων Μ που αναφέρθηκαν ήδη το 1993 από τους Livingstone και Galaburda. Πρωτοπόροι οι Giraldo και Chica μελέτησαν τους εγκεφάλους ζωντανών ατόμων, καθώς η *in vivo* MRI τους επέτρεψε να απεικονίσουν ζωντανά τον έξω γονατώδη πυρήνα ατόμων με δυσλεξία και διαπίστωσαν το μικρότερο μέγεθος και την αποδιοργάνωση των γαγγλιακών κυττάρων Μ της μεγαλοκυτταρικής οδού.

Μια εναλλακτική προσέγγιση αναπτύχθηκε από τον Stein και τους συνεργάτες του (Stein & Talcott, 1999; Stein & Walsh, 1997). Πρότειναν πως τα ελλείμματα της μεγαλοκυτταρικής οδού δεν αρκούν για την ανάπτυξη της δυσλεξίας και ότι παρουσιάζονται ελλείμματα και σε άλλα συστήματα. Παρόλο που ανατομικά δε συναντώνται κύτταρα τύπου Μ εντός των αυξουσών ακουστικών οδών, πρότειναν ότι υπάρχουν μεγάλοι νευρώνες που πιθανόν παίζουν αντίστοιχο ρόλο. Οι άξονες των νευρώνων στην ακουστική οδό δομούνται από πολλή μυελίνη, χαρακτηρίζονται από υψηλή κινητική δραστηριότητα και μπορούν να ανιχνεύουν ταχείες αλλαγές. Βλάβες στους νευρώνες μπορεί να οδηγήσουν σε γενικές δυσκολίες αναγνώρισης ταχέων ερεθισμάτων κατά την αντίληψη του λόγου και με αυτόν τον τρόπο μαζί με βλάβες στη μεγαλοκυτταρική οδό να προκαλούν τα συμπτώματα των δυσλεκτικών. Υποστήριξαν συνεπώς ότι οι ανωμαλίες της μεγαλοκυτταρικής οδού δρουν έμμεσα και όχι αποκλειστικά στην ανάπτυξη των μαθησιακών δυσκολιών στα δυσλεκτικά άτομα. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε ο Talcott και οι συνεργάτες του το 2000, όταν ανακάλυψαν ότι τα δυσλεκτικά άτομα πέρα από τη φτωχή οπτική μεγαλοκυτταρική λειτουργία εμφανίζουν και κακή ακουστική χρονική επεξεργασία ερεθισμάτων.

Γενικότερα, είναι γνωστό ότι τα κύτταρα της μεγαλοκυτταρικής οδού παίζουν σημαντικό ρόλο και στην ανάγνωση. Κατά την ανάγνωση είναι απαραίτητη η διατήρηση της σταθερότητας των ματιών, η οποία επιτυγχάνεται με τον έλεγχο των σακκαδικών κινήσεων, και η καταστολή της μικροκυτταρικής οδού, ώστε να μη δημιουργούνται συγχύσεις από τις πολλαπλές προσηλώσεις. Χωρίς τις δυο αυτές διαδικασίες, τα μάτια θολώνουν, αδυνατούν να μείνουν σταθερά και τα γράμματα φαίνεται να τρεμοπαίζουν με συνέπεια να προκαλείται οπτική σύγχυση η οποία δυσχεραίνει την αναγνωστική ικανότητα του ατόμου.

Τα μάτια πραγματοποιούν συνεχώς μικροσκοπικές σακκαδικές κινήσεις, ώστε να μη χαθεί η οπτική αντίληψη λόγω της λεύκανσης των κώνων του αμφιβληστροειδή. Ταυτόχρονα, πρέπει το οπτικό σύστημα να αντισταθμίζει αυτές τις κινήσεις για να αγνοηθεί η κίνηση της οπτικής εικόνας που προκαλείται από αυτά. Οι σακκαδικές αυτές κινήσεις των ματιών εξαρτώνται από την ανατροφοδότηση των κυττάρων Μ. Συνεπώς, μεταβολές τόσο στον πληθυσμό τους όσο και στην οργάνωση των κυττάρων Μ στον εγκέφαλο μπορούν να οδηγήσουν σε βλάβη κάθε είδους κίνησης των ματιών.



Το 1994 ο Eden με την ερευνητική του ομάδα ανακάλυψε ότι οι δυσλεκτικοί τείνουν να κάνουν περιοδικά σακκαδικές κινήσεις για να εντοπίσουν ένα κινούμενο οπτικό στόχο και ότι αυτές είναι πολύ πιο συχνές από ότι σε ένα άτομο χωρίς δυσλεξία. Συμπέρανε δηλαδή ότι ο ελλιπής έλεγχος των κινήσεων των ματιών μπορεί να είναι η αιτία δυσκολιών ανάγνωσης στη δυσλεξία. Το 2000 οι Biscaldi και Fischer πρόσεξαν ότι η μειωμένη αυτή ακρίβεια στις σακκαδικές κινήσεις δεν παρατηρείται μόνο κατά την ανάγνωση, αλλά γενικότερα στην ομαλή οπτική αναζήτηση των δυσλεκτικών ατόμων. Ακόμη, την ίδια χρονολογία ο Stein και οι συνεργάτες του ανέφεραν ότι ο ανεπαρκής έλεγχος των κινήσεων των ματιών, που οφείλεται σε διαταραχές της μεγαλοκυτταρικής οδού, μπορεί να οδηγήσει σε ασταθή διόφθαλμη εστίαση – καθήλωση. Μάλιστα, οχτώ χρόνια αργότερα ο Stein δημοσίευσε πως κατά την εναλλαγή από ένα δονούμενο ερέθισμα σε στατικό, οι δυσλεκτικοί εμφανίζουν μικρότερη περίοδο δόνησης, καθώς τα κύτταρα του μεγαλοκυτταρικού συστήματος είναι λιγότερο ευαίσθητα και δεν είχαν προσαρμοστεί φυσιολογικά στο βαθμό μέσης κίνησης του αμφιβληστροειδή. Συνεπώς, δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι αρκετά δυσλεκτικά άτομα παραπονιούνται ότι αδυνατούν να διαβάσουν επειδή τα γράμματα κινούνται.

Από αναπτυξιακή άποψη, η μεγαλοκυτταρική θεωρία ισχυρίζεται ότι η οπτική μεγαλοκυτταρική οδός είναι εξασθενημένη από τη γέννηση του ατόμου, άρα αυτή η εξασθένιση θα πρέπει να έχει γενετική προέλευση. Πρώτη φορά το 1983 αναφέρθηκε ότι η περιοχή DYX1 του χρωμοσώματος 15 ευαισθητοποιείται κατά την εμφάνιση μαθησιακών δυσκολιών ανάγνωσης σε άτομα με δυσλεξία. Μετέπειτα, περιγράφηκαν πολλές άλλες χρωμοσωμικές περιοχές, όπως οι 2p15β16, 3p13, 6q, 7q32, 15q21 και 18p11.2. Σύμφωνα με τον Stein (2001) η δυσλεξία σχετίζεται κυρίως με μια περιοχή του μικρού βραχίονα του ανθρώπινου χρωμοσώματος 6, η οποία βοηθάει στον έλεγχο παραγωγής αντισωμάτων. Αργότερα, το 2015 η Gori αναφέρθηκε στην ύπαρξη μιας γενετικής μετάλλαξης στη χρωμοσωμική περιοχή 6p22 του γονιδίου DYX2 και ειδικότερα έλλειψη μήκους 2.445 ζευγών βάσεων στο δεύτερο εσώνιο του DCDC, την οποία συσχέτισε με τα ελλείμματα στη μεγαλοκυτταρική οδό. Η συγκεκριμένη μετάλλαξη θεωρήθηκε παράγοντας κινδύνου για την ανάπτυξη δυσλεξίας και από άλλους ερευνητές (Meng et al. 2005; Marino et al. 2011, 2012, 2014; Mascheretti et al. 2013; Riva et al. 2015).

Παράλληλα με όλες τις έρευνες που υποστηρίζουν τη μεγαλοκυτταρική θεωρία και την ύπαρξη διαταραχών της μεγαλοκυτταρικής οδού σε δυσλεκτικά άτομα, πολλές είναι και εκείνες που την αποδοκιμάζουν και την απορρίπτουν.

Από τις πιο γνωστές δημοσιεύσεις που διατύπωσαν έντονη αντίθεση στη μεγαλοκυτταρική θεωρία είναι αυτές του Skottun (2000, 2005). Ο Skottun ανέφερε ότι δεν είναι πολλοί οι δυσλεκτικοί άνθρωποι που εμφανίζουν ελλείμματα στην οπτική οδό και ότι δεν είναι απαραίτητο να σχετίζονται μεταξύ τους. Θεώρησε ότι είναι σημαντικό να διακρίνονται ξεχωριστά θέματα έρευνας τα εξής ερωτήματα: κατά πόσο παίζουν κάποιο ρόλο οι νευρώνες του οπτικού μεγαλοκυτταρικού συστήματος στη δυσλεξία και κατά πόσο ελλείμματα του συστήματος αυτού μπορεί να είναι η αιτία ανάπτυξης δυσλεξίας. Προσωπικά υποστήριξε ότι η δυσλεξία δεν είναι αποτέλεσμα ελλειμμάτων της μεγαλοκυτταρικής οδού.

Το 2004 ο Kibby και οι συνεργάτες του δεν διέκριναν κάποια σημαντική διαφορά των οπτικοχωρικών ικανοτήτων των δυσλεκτικών παιδιών, απορρίπτοντας έτσι την άποψη ότι το μεγαλοκυτταρικό οπτικό σύστημα παίζει ρόλο στην ασταθή όραση των γραμμάτων και κατά συνέπεια στις αναγνωστικές δυσκολίες. Παρομοίως, το 2012 η δημοσίευση των Wright, Conlon και Dyck υποστηρίζει ότι τα ελλείμματα στο μεγαλοκυτταρικό σύστημα των δυσλεκτικών ατόμων δεν είναι σχετικά με τα ελλείμματα προσοχής τους σε οπτικοχωρικά ερεθίσματα. Μια ακόμη μελέτη που διεξήχθη σε ενήλικα δυσλεκτικά άτομα με αναγνωστικές δυσκολίες δεν μπόρεσε να ανιχνεύσει χαμηλότερη ευαισθησία του οπτικού μεγαλοκυτταρικού συστήματος (Stuart et al., 2006).

Η μεγαλύτερη κριτική που έχει υποστεί η μεγαλοκυτταρική θεωρία της δυσλεξίας είναι ότι τα ελλείμματα της οπτικής μεγαλοκυτταρικής οδού δεν είναι κοινά στα δυσλεκτικά άτομα και αντ'αυτού μπορεί να είναι συνέπεια της ελλιπής ανάγνωσης (Olulade et al., 2013; Goswami 2015), καθώς τα παιδιά με δυσλεξία διαβάζουν γενικότερα λιγότερο από παιδιά χωρίς δυσλεξία της ίδιας ηλικίας (Cunningham και Stanovich, 1997).

Τα ευρήματα μιας μεγαλύτερης μελέτης στην οποία συμμετείχαν 140 παιδιά δημοτικού σχολείου στην Γερμανία έδειξαν ότι τα φωνολογικά προβλήματα που παρουσιάζουν δεν είναι δευτερογενές αποτέλεσμα των ελλειμμάτων της μεγαλοκυτταρικής οδού. Αντιστρόφως, σύμφωνα με τα νευρολογικά μοντέλα, τα δυο αυτά είδη προβλημάτων έχουν ξεχωριστές νευρολογικές προελεύσεις και για αυτό είναι πιθανόν να συνυπάρχουν

σε ένα δυσλεκτικό άτομο αλλά δεν είναι απαραίτητο να σχετίζονται μεταξύ τους, όπως αναφέρουν κάποιοι υποστηρικτές της μεγαλοκυτταρικής θεωρίας (Heim et al., 2010).

Οι Kranich και Lupfer το 2014 χρησιμοποίησαν δυο διαφορετικές μεθόδους απεικόνισης με τελείες εντός τετραγώνων με διαφορετικά χρώματα σε συνδυασμό με τη δράση φλας, ώστε να διακρίνουν τη λειτουργία της μεγαλοκυτταρικής οδού σε άτομα με ή χωρίς δυσλεξία. Δεν παρατήρησαν καμία διαφορά μεταξύ των δυο ομάδων και έτσι συμπέραναν πως οι δυσλεκτικοί δεν εμφανίζουν ελλείμματα στο οπτικό μεγαλοκυτταρικό σύστημα.

Τέλος, δε φαίνεται να συμφωνούν τα ευρήματα μελετών που συνδυάζουν τα ελλείμματα της οπτικής μεγαλοκυτταρικής οδού με ακουστικά ελλείμματα σε δυσλεκτικούς. Άλλες μελέτες αναφέρουν πως δεν επιβεβαιώνεται η συσχέτιση αυτή σε επαναληπτικά ευρήματα (Heath et al., 1999; McArthur & Hogben, 2001), ενώ άλλες αναφέρουν την ύπαρξη ακουστικών ελλειμμάτων σε υποκατηγορίες δυσλεκτικών ατόμων, που αφορούν ένα μικρό ποσοστό έως και το 50% των ατόμων υπό μελέτη (Lorenzi et al., 2000; Marshall et al., 2001).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### 5.1 Συζήτηση

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η λεπτομερής κατανόηση του ρόλου της οπτικής οδού στην ανάπτυξη μαθησιακών δυσκολιών στην δυσλεξία. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού μελετήθηκε μια από τις σημαντικότερες θεωρίες που έχουν διατυπωθεί για τη δυσλεξία, η λεγόμενη μεγαλοκυτταρική.

Σύμφωνα με τη μεγαλοκυτταρική θεωρία, τα δυσλεκτικά άτομα υστερούν σε λειτουργίες επεξεργασίας οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων, διότι εμφανίζουν μικρότερου μεγέθους και αποδιοργανωμένα γαγγλιακά κύτταρα τύπου Μ στο οπτικό μεγαλοκυτταρικό σύστημα του εγκεφάλου. Έτσι, διαταραχές στο κεντρικό νευρικό σύστημα εμπλέκονται στην ανάπτυξη μαθησιακών δυσκολιών και κυρίως στην ανάγνωση.

Από το 1980 έως σήμερα πολυάριθμες μελέτες υποστηρίζουν τη θεωρία, τονίζοντας πως τα δυσλεκτικά άτομα ανταποκρίνονται λιγότερο και πιο αργά στα χαμηλής χωρικής συχνότητας οπτικά ερεθίσματα, τα οποία ελέγχονται από τα κύτταρα της μεγαλοκυτταρικής οδού στον εγκέφαλο. Ωστόσο, δεν είναι λίγες και οι έρευνες που απορρίπτουν τη θεωρία και αναφέρουν ότι τα ελλείμματα της μεγαλοκυτταρικής οδού δεν είναι η αιτία ανάπτυξης δυσλεξίας και ότι δεν πρέπει να συσχετίζονται.

Το 2014 η Agnieszka Anna Reid δημοσίευσε τα αποτελέσματα μιας πολλαπλής μελέτης περίπτωσης (case study) η οποία επέτρεψε την εξερεύνηση και την κατανόηση του σύνθετου θέματος της δυσλεξίας. Μέσω αναφορών προηγούμενων μελετών παρουσίασε την αναπτυξιακή δυσλεξία ως μια περίπλοκη διαταραχή που είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, τόσο γενετικών όσο και περιβαλλοντικών, και όχι συνέπεια μιας μόνο αιτίας, όπως για παράδειγμα τεκμηριώνει η μεγαλοκυτταρική θεωρία.

Συνεπώς, μετά από περίπου σαράντα χρόνια η μεγαλοκυτταρική θεωρία της δυσλεξίας παραμένει αμφιλεγόμενη και είναι αναγκαία περαιτέρω μελέτη. Ωστόσο, έχουν διεξαχθεί και έρευνες που με βάση τη μεγαλοκυτταρική θεωρία προτείνουν μεθόδους

παρέμβασης ώστε να βελτιωθεί η λειτουργία της στα δυσλεκτικά άτομα με ανώτερο στόχο να μπορούν έπειτα να διαβάζουν πιο εύκολα.

Ο Lawton και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν μεθόδους εκπαίδευσης της μεγαλοκυτταρικής οπτικής οδού για να καλυτερεύσουν τη διακριτική κατεύθυνση των κινούμενων δοκιμαστικών σχεδίων σε σχέση με ένα σταθερό υπόβαθρο. Στο τέλος της μελέτης διαπίστωσαν ότι τα παιδιά πρόσεχαν καλύτερα, μπορούσαν να κατανοούν, να διαβάζουν ευκολότερα και πιο γρήγορα και επίσης παρατήρησαν βελτίωση και στην ακουστική τους λειτουργία.

Το 2012 η ερευνητική ομάδα της Chouake, λαμβάνοντας υπόψιν ότι η μεγαλοκυτταρική οδός παίζει σημαντικό ρόλο στις αναγνωστικές δυσκολίες που εμφανίζουν οι δυσλεκτικοί, προσπάθησε να ξεχωρίσει μεθόδους ενίσχυσης των νευρικών οδών με σκοπό τη βελτίωση κατά την ανάγνωση. Για πέντε συνεχόμενες μέρες τα ενήλικα άτομα υπό μελέτη συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης, όπου χρησιμοποιήθηκε ένα τεστ ανίχνευσης κινήσεων (εκπαίδευση του μεγαλοκυτταρικού συστήματος) και ένα τεστ ελέγχου πρότυπων σχεδίων (εκπαίδευση μικροκυτταρικού συστήματος). Η αναγνωστική ικανότητα των ατόμων χωρίς δυσλεξία μετρήθηκε πριν και μετά την εκπαίδευση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εκπαίδευση χαμηλών οπτικών συχνοτήτων μπορούσε να βελτιώσει την ταχύτητα των λεξικών αποφάσεων και ότι η εκπαίδευση του μεγαλοκυτταρικού οπτικού συστήματος σχετίζεται με την ακρίβεια κατά την ανάγνωση. Συνεπώς, υποστήριξαν το βασικό ρόλο που παίζουν τα οπτικά συστήματα κατά την ανάγνωση και πρότειναν ως αποτελεσματική τη μεγαλοκυτταρική εκπαίδευση για τη βελτίωση των δυσκολιών κατά την ανάγνωση σε άτομα σε δυσλεξία.

Τελευταία, το 2019 η Leila Ebrahimi και οι συνεργάτες της υπέβαλαν δεκατρία παιδιά τα οποία παρουσίαζαν αναγνωστικά προβλήματα σε 12 συνεδρίες οπτικής μεγαλοκυτταρικής εκπαίδευσης. Για έξι εβδομάδες, δυο φορές την εβδομάδα, τα παιδιά συμμετείχαν σε μια συνεδρία που διαρκούσε 30 με 40 λεπτών, δυο φορές. Διαπιστώθηκε ότι στα παιδιά αυτά βελτιώθηκε η ανίχνευση κίνησης με συνοχή και ο έλεγχος των σακκαδικών κινήσεων που διεξάγεται από τα κύτταρα τύπου M της μεγαλοκυτταρικής οδού. Μπορούσαν δηλαδή να διαβάζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι πριν και παρουσίαζαν λιγότερα οπτικά σφάλματα.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι διαταραχές στην οπτική μεγαλοκυτταρική οδό παίζουν κάποιον ρόλο στην ανάπτυξη μαθησιακών δυσκολιών στα άτομα με δυσλεξία, αλλά

χρειάζεται περισσότερη μελέτη για τη λεπτομερή κατανόηση της και την ορθή χρήση πρακτικών εκπαίδευσης της με ανώτερο σκοπό την επιτυχή θεραπεία όσον αφορά τα προβλήματα ανάγνωσης τα οποία εμποδίζουν τα παιδιά να μαθαίνουν εύκολα.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Αναστασίου Δημήτρης, 1998. «Δυσλεξία: Θεωρία και Έρευνα, Όψεις Πρακτικής», Ατραπός, Αθήνα, σελ. 16
- Γιαννικοπούλου, Α.Α. 1998. Από την προανάγνωση στην ανάγνωση. Εκδόσεις Καστανιώτη.
- Καραπέτσας, Α.Β. 1993. Η δυσλεξία στο παιδί, διάγνωση και θεραπεία. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα Α.Ε.
- Μήτσιου – Δάχτυλα, Γ. 2008. Δυσλεξία. Νευροψυχολογία μαθησιακών διαταραχών. Διάγνωση και αντιμετώπιση. Αθήνα. Εκδόσεις: Χρήστος Ε. Δαρδανός
- Πλαϊνης & Παλλήκαρης, 2007. Δομή και λειτουργία του οφθαλμο-κινητικού συστήματος παρατήρησης. Οφθαλμολογικά Χρονικά 17 (1): 45-52
- Πλαϊνης Σ., Τσιλιμπάρης Μ.Κ., Παλληκάρης Ι.Γ., 2007. «Νευροφυσιολογία του αμφιβλειστροειδή και των οπτικών οδών», *Οφθαλμολογία*, 19: 269-283
- Πόρποδας, Κ. Δ. 1997. Δυσλεξία: Η ειδική διαταραχή στη μάθηση του γραπτού λόγου (Ψυχολογική θεώρηση). Αθήνα. Εκδόσεις: Μορφωτική
- Πόρποδας, Κ. Δ. 2002. Η Ανάγνωση. Αθήνα: Αυτοέκδοση.

## ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- [Ahmadi](#) Khazar, [Pouretamad](#) Hamid Reza, [Esfandiari](#) Jahangir, [Yoonessi](#) Ahmad, [Ali Yoonessi](#), 2015. Psychophysical Evidence for Impaired Magno, Parvo, and Konio-cellular Pathways in Dyslexic Children [J Ophthalmic Vis Res.](#); 10(4): 433–440.
- Biscaldi M, B Fischer, K Hartnegg 2000. Voluntary saccadic control in dyslexia *Perception*;29(5):509-21.
- Boden Catherine and Giaschi Deborah, 2007. M-Stream Deficits and Reading-Related Visual Processes in Developmental Dyslexia. *Psychological Bulletin* , Vol. 133, No. 2, 346–366
- Bonfiglio [Luca](#) , [Bocci Tommaso](#) , [Minichilli](#) Fabrizio, et al. 2017 Defective chromatic and achromatic visual pathways in developmental dyslexia: Cues for an integrated intervention programme *Restor Neurol Neurosci*;35(1):11-24.
- Breitmeyer, B. G., & Ganz, L, 1976. Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression, and information processing. *Psychology Review*, 83, 1–36.
- Brown, J.M. 2009. Visual streams and shifting attention. *Progress in Brain Research*, 176, 47-63.
- Chase, C. 1996. A visual deficit model of developmental dyslexia. In: C. Chase, G. Rosen, & S. Sherman (Eds.), *Developmental dyslexia: Neural, cognitive, and genetic mechanisms*. York Press, Baltimore
- Chouake Tara, Tamar Levy, Daniel C. Javitt, and Michal Lavidor 2012. Magnocellular training improves visual word recognition *Front Hum Neurosci*. 10.3389/fnhum.2012.00014
- Critchley M. 1970. Developmental dyslexia: a constitutional disorder of symbolic perception.



- Cunningham AE, Stanovich KE. 1997. Early reading acquisition and its relation to reading experience and ability 10 years later. *Dev Psychol.* 33:934–945.
- Dain SJ, Floyd RA, Elliot RT., 2008. Color and luminance increment thresholds in poor readers. *Vis Neurosci*;25:481-486.
- Dreher, B., Fukada, Y., & Rodieck, R.W. (1976). Identification, classification and anatomical segregation of cells with X-like and Y-like properties in the lateral geniculate nucleus of oldworld primates, *Journal of Physiology (London)* 258, 433–452.
- Duara, R., Kushch, A., Gross-Glenn, K., Barker, W.W., Jallad, B., et al. (1991). Neuroanatomic differences between dyslexic and normal readers on magnetic resonance imaging scans. *Archives of Neurology*, 48, 410-416.
- Ebrahimi Leila, Pouretamad Hamidreza, Khatibi Ali and John Stein 2019. Magnocellular Based Visual Motion Training Improves Reading in PersianSci Rep. 2019; 9: 1142.
- Eden, G., Stein, J., Wood, H., & Wood, F., 1994. Differences in eye movements and reading problems in dyslexic and normal children. *Vision.-Research.* (1345–1358)
- Edwards Veronica T., Giaschi Deborah E., Dougherty Robert F. 2004. Psychophysical Indexes of Temporal Processing Abnormalities in Children With Developmental Dyslexia *Developmental Neuropsychology* Volume 25, Issue 3
- Farrag AF, Khedr EM, Abel.Naser W. 2002 Impaired parvocellular pathway in dyslexic children. *Eur J Neurol*;9:359.363
- Francks, C., MacPhie, L.I., Monaco, A.P. 2002. The genetic basis of dyslexia. *Neurology*, 8, 483-490.
- Galaburda, A. M., & Livingstone, M. (1993). Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682, 70–82.

- Giraldo-Chica M, Hegarty JP II, Schneider KA. 2015. Morphological differences in the lateral geniculate nucleus associated with dyslexia. *Neuroimage Clin.* 20:830–836.
- Gori Simone, Aaron R. Seitz, Luca Ronconi, Sandro Franceschini, Andrea Facchetti, 2016. Multiple Causal Links Between Magnocellular–Dorsal Pathway Deficit and Developmental Dyslexia *Cereb Cortex*; 26(11): 4356–4369.
- Goswami, U, 2003. *Why theories about developmental dyslexia require developmental designs.* *TRENDS in Cognitive Sciences*, 7(12), 534-540
- Goswami U. 2015. Sensory theories of developmental dyslexia: three challenges for research. *Nat Rev Neurosci.* 16:43–54.
- Habib, M., 2000. The neurological basis of developmental dyslexia: an overview and working hypothesis. *Brain*, 123(12), 2373-2399
- Hallgren B. 1950. Specific dyslexia (congenital word blindness): A clinical and genetic study. *Acta Psychiatrica et Neurologica Scandinavica Supplementum*, 65(1), 265.
- Hansen, P. C., Stein, J. F., Orde, S. R., Winter, J. L., & Talcott, J. B. 2001. Are dyslexics' visual deficits limited to measures of dorsal stream function? *NeuroReport*, 12, 1527–1530.
- Heath, S.M., Hogben, J.H., & Clark C.D. (1999). Auditory temporal processing in disabled readers with and without oral language delay. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 40, 637-647.
- Heim Stefan, Grande Marion, Julia Pape-Neumann, et al. 2010. Interaction of phonological awareness and 'magnocellular' processing during normal and dyslexic reading: behavioural and fMRI investigations *Dyslexia*;16(3):258-82.
- Hynd, G.W., Hall, J., Novey, E.S., Eliopoulos, D., Black, K., Gonzalez, J.J., et al. 1995. Dyslexia and corpus callosum morphology. *Archives of Neurology*, 52, 32-38.
- Jednoróg Katarzyna, Natalia Gawron, Artur Marchewka, Stefan Heim, Anna Grabowska, 2014. Cognitive subtypes of dyslexia are characterized by distinct patterns of grey matter volume *Brain Struct Funct* ;219(5):1697-707.

- Kaplan, E., Lee, B. B., & Shapely, R. M. 1990. New views of primate retinal function. *Progress in Retinal Research*, 9, 273–336.
- Kibby, M. Y., Marks, W., Morgan, S., & Long, C. J. 2004. Specific impairment in developmental reading disabilities: A working memory approach. *Journal of learning disabilities*, 37(4), 349-363.
- Kender, J.P., & Kender, M.A. 1998. Educational implications relating neuroanatomical research and developmental dyslexia. *Reading Horizons*, 38(3), 217-225.
- Kirk, S. A., & Bateman, B. 1962. Diagnosis and remediation of learning disabilities. *Exceptional Children*, 29(2), 73-78.
- Klingberg, T., Hedehus, M., Temple, E., Salz, T., Gabrieli, J.D., Moseley, M.E., & Poldrack, R.A. (2000). Microstructure of temporo-parietal white matter as a basis for reading ability: Evidence from diffusion tensor magnetic resonance imaging. *Neuron*, 25, 493-500.
- Kranich Stephen, Lupfer Gwen 2014. Evaluating the Magnocellular Deficit Theory of Dyslexia Using the Flash-Lag Effect *Journal of Articles in Support of the Null Hypothesis* Vol. 10, No. 2
- Lawton Teri, Shelley-Tremblay John, 2017. Training on Movement Figure-Ground Discrimination Remediate Low-Level Visual Timing Deficits in the Dorsal Stream, Improving High-Level Cognitive Functioning, Including Attention, Reading Fluency, and Working Memory. *Front Hum Neurosci*; 11:236.
- Laycock, R., Crewther, D.P., & Crewther, S.G. (2008). The advantage in being magnocellular: A few more remarks on attention and the magnocellular system. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(8), 1409-1415.
- Livingstone, M.S., Rosen, G.D., Drislane, F.W., Galaburda, A.M., 1991. Physiological and anatomical evidence for a magnocellular deficit in developmental dyslexia. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 88, 7943–7947.
- Livingstone, M., Galaburda, A., 1993. Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*. (682: 70-82)

- Lorenzi, C., Dumont, A., & Fuellgrabe, C. 2000. Use of temporal envelope cues by children with developmental dyslexia. *Journal of Speech, Language and Hearing research*, 43, 1367-1379.
- Lovegrove, J., Bowling, A., Badcock, D. & Blackwood, M., 1980. Specific reading disability: Differences in contrast sensitivity as a function of spatial frequency. *Science*. 439-440
- Lovegrove, W., & Martin, F. 1984. "The effects of field size and luminance on contrast sensitivity differences between specifically reading disabled and normal children." *Neuropsychologia*. p. 73-77
- Lyon G., Shaywitz S. & Shaywitz B. (2003). A definition of dyslexia. *Ann Dyslexia* 53, 1-14.
- Marino C, Meng H, Mascheretti S, Rusconi M, Cope N, Giorda R, et al. 2012. DCDC2 genetic variants and susceptibility to developmental dyslexia. *Psychiatr Genet*. 22:25–30.
- Marino C, Scifo P, Della Rosa PA, Mascheretti S, Facoetti A, Lorusso ML, et al. 2014. The DCDC2/intron 2 deletion and white matter disorganization: focus on developmental dyslexia. *Cortex*. 57:227–243.
- Marshall, C.M., Snowling, M.J., & Bailey, P.J. (2001). Rapid auditory processing and phonological ability in normal readers and readers with dyslexia. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 44, 925-940.
- Mascheretti S, Bureau A, Battaglia M, Simone D, Quadrelli E, Croteau J, et al. 2013. An assessment of gene-by-environment interactions in developmental dyslexia-related phenotypes. *Genes Brain Behav*. 12:47–55.
- McArthur, G.M., & Hogben, J.H. (2001). Auditory backward recognition masking in children with a specific language impairment and children with a specific reading disability. *American Journal of Acoustic Society*, 109, 1092-1100.
- [McLean Gregor M T](#), [Stuart](#) Geoffrey W, [Coltheart](#) Veronika, [Castles](#) Anne 2011. Visual temporal processing in dyslexia and the magnocellular deficit theory: the need for speed? *J Exp Psychol Hum Percept Perform*;37(6):1957-75.

- Meng H, Smith SD, Hager K, Held M, Liu J, Olson RK, et al. 2005. DCDC2 is associated with reading disability and modulates neuronal development in the brain. *Proc Natl Acad Sci USA*. 102:17053–17058.
- Menghini, D., Finzi, A., Benassi, M., Bolzani, R., Facoetti, A., Giovagnoli, S., ... & Vicari, S. 2010. Different underlying neurocognitive deficits in developmental dyslexia: a comparative study. *Neuropsychologia*, 48(4), 863-872.
- Paulesu, E., Frith, U., Snowling, M., Gallagher, A., Morton, J., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (1996). Is developmental dyslexia a disconnection syndrome? Evidence from PET scanning. *Brain*, 119(1), 143-157
- Olulade OA, Napoliello EM, Eden GF. 2013. Abnormal visual motion processing is not a cause of dyslexia. *Neuron*. 79:180–190.
- Pammer K, Wheatley C, 2001. Isolating the M(y)-cell response in dyslexia using the spatial frequency doubling illusion *Vision Res*;41(16):2139-47.
- Pammer, K., & Lavis, R., Cornelissen, P., 2004. Visual encoding mechanisms and their relationship to text presentation preferences. *Dyslexia*. (77-94)
- Perry VH & Cowey A, 1984. Retinal ganglion cells that project to the superior colliculus and pretectum in the macaque monkey. *Neuroscience* 12(4): 1125-37
- Prestes, M. R. D., Feitosa, M. A. G., 2016. *Theories of Dyslexia: Support by Changes in Auditory Perception*. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 32, 1-9.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S.C., Day, B.L., Castellote, J.M., White, S., & Frith, U. 2003. Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126, 841-865.
- Rao S C, Rainer G, Miller E K 1997. Integration of what and where in the primate prefrontal cortex *Science*;276(5313):821-4
- Reid Agnieszka Anna 2014. An fMRI multiple case study of the neural correlates of reading deficit in individuals with developmental dyslexia: Theoretical implications *Advances in Neuroimaging Research* (pp.1-119)

- Reid G. 1998. Δυσλεξία. Εγχειρίδιο για Ειδικούς. (Επιμ: Παπαδάτος, Γ. – Μτφρ: Αντωνίου, Α. Σ.). Αθήνα. Εκδόσεις: Παρισιάνου Α.Ε
- Riva V, Marino C, Giorda R, Molteni M, Nobile M. 2015. The role of DCDC2 genetic variants and low socioeconomic status in vulnerability to attention problems. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 24:309–318.
- Rudel, R.G., Denckla, M.B., & Spalten, E. (1976). Paired associate learning of Morse code and Braille letter names by dyslexic and normal children. *Cortex*, 12, 61-70.
- Rumsey, J. M., Horwitz, B., Donohue, B. C., Nace, K. L., Maisog, J. M., & Andreason, P. (1999). A functional lesion in developmental dyslexia: left angular gyral blood flow predicts severity. *Brain and language*, 70(2), 187-204.
- Seymour, P.H.K. & Elder, K. 1986. Beginning reading without phonology, *Cognitive Neuropsychology*, 3, 1-36.
- Serniclaes, W., Van Heghe, S., Mousty, P., Carré, R., & Sprenger-Charolles, L. 2004. Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of experimental child psychology*, 87(4), 336-361
- Shipp, S.D. 2006. Parallel visual pathways. *Advances in Clinical Neuroscience & Rehabilitation*, 6(1), 21-23.
- Skottun Bernt Christian 2000. The magnocellular deficit theory of dyslexia: The evidence from contrast sensitivity *Vision Research* 40(1):111-27
- Skottun Bernt C.2005 Letter to the editor Magnocellular reading and dyslexia *Vision Research* 45 p.133–134
- Smith SD, Kimberling WJ, Pennington BF, Lubs HA 1983. Specific reading disability: identification of an inherited form through linkage analysis. *Science*; 219(4590):1345-7
- Stein, J. F., & Walsh, V. 1997. To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neuroscience*, 20, 147–152.
- Stein, J., & Talcott, J., 1999. Impaired neuronal timing in developmental dyslexia: The magnocellular hypothesis. *Dyslexia*, 5, 59–77.

- Stein, J.F., Talcott, J., & Witton, C., 2001. The sensorimotor basis of developmental dyslexia. In: A.J. Fawcett (Ed.), *Dyslexia: theory and good practice*. Whurr, Lond
- Stein JF, 2018. The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia* 130
- Stuart Geoffrey W., Ken I. McAnally, Adam McKay, Michael Johnston, and Anne Castles 2006. A test of the magnocellular deficit theory of dyslexia in an adult sample *COGNITIVE NEUROPSYCHOLOGY*,23 (8), 1215–1229
- Talcott Joel B., Hansen Peter C, Assoku Elikem L., Stein John F. 2000. Visual motion sensitivity in dyslexia: evidence for temporal and energy integration deficits *Neuropsychologia* 38; 935±943
- Vandenberghe, R., Price, C., Wise, R., Josephs, O., & Frackowiak, R. S. J. (1996). Functional anatomy of a common semantic system for words and pictures. *Nature*, 383(6597), 254
- Vellutino, F. R. (1979). *Dyslexia: Theory and research*.
- Vidyasagar, T.R. (1999). A neuronal model of attentional spotlight: Parietal guiding the temporal. *Brain Research Brain Research Reviews*, 30(1), 66-76.
- Vidyasagar Trichur R. 2013 Reading into neuronal oscillations in the visual system: implications for developmental dyslexia *Front. Hum. Neurosci.*, HYPOTHESIS AND THEORY ARTICLE
- Wiesel T & Hubel D, 1966. Spatial and chromatic interactions in the lateral geniculate body of the rhesus monkey. *Journal of Neurophysiology*. 29: 1115-56
- Wright Craig M., Conlon Elizabeth G. and Dyck Murray, 2012. Visual search deficits are independent of magnocellular deficits in dyslexia *Annals of Dyslexia* Vol. 62, No. 1, pp. 53-69
- Yoonessi A, Kingdom FA. 2008. Comparison of sensitivity to color changes in natural and phase-scrambled scenes. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*;25:676- 684.
- Zambo, D., 2004. Using qualitative methods to understand the educational experiences of students with dyslexia. *The Qualitative Report*, 9(1), 80-93

Zhao Jing, Qian Yi, Hong-Yan Bi & Max Coltheart 2014. The visual magnocellular-dorsal dysfunction in Chinese children with developmental dyslexia impedes Chinese character recognition *Scientific Reports* : 4, 7068