



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΝΟΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΛΟΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Γνωστικές διεργασίες και πλαστικότητα του εγκεφάλου: ο ρόλος  
τους στην πρόωμη ανίχνευση των Ειδικών Μαθησιακών Δυσκολιών**

ΠΑΠΠΑ ΑΘΑΝΑΣΙΑ (Αρ. Μητρ.1359)

ΤΖΙΝΑ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ (Αρ. Μητρ.1360)

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ζακοπούλου Βικτωρία

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήματος Λογοθεραπείας

Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

ΙΩΑΝΝΙΝΑ, 2025



## **Ευχαριστίες**

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτριά μας κα. Βικτωρία Ζακοπούλου, για την ουσιαστική της καθοδήγηση και την πολύτιμη υποστήριξη καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Επίσης, ευχαριστούμε τις οικογένειες μας για την στήριξη και την ενθάρρυνση που μας παρείχαν.

## Περίληψη

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση εστιάζει στις ειδικές μαθησιακές δυσκολίες και συγκεκριμένα, στη σχέση τους με τις γνωστικές λειτουργίες και την πλαστικότητα του εγκεφάλου, καθώς και στον ρόλο που συντελούν αυτά τα δύο στην πρόωμη ανίχνευσή τους. Η σημασία αυτού του θέματος κρίνεται ιδιαίτερη, διότι η πρόωμη ανίχνευση των Ειδικών Μαθησιακών Δυσκολιών (ΕΜΔ) είναι καθοριστική για ολόκληρη την ακαδημαϊκή πορεία του παιδιού.

Ως μεθοδολογική προσέγγιση, έγινε ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας σε έγκυρες βάσεις δεδομένων όπως το PubMed και το Google Scholar. Οι κύριοι άξονες μελέτης είναι οι θεωρητικές και διαγνωστικές προσεγγίσεις των ΕΜΔ, οι γνωστικές λειτουργίες και οι διαταραχές τους στις ΕΜΔ, ο ρόλος της νευροπλαστικότητας του εγκεφάλου στις ΕΜΔ και οι νευροαπεικονιστικές μέθοδοι μελέτης τους, με ιδιαίτερη έμφαση στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (ΗΕΓ). Όλα αυτά τα δεδομένα εξετάστηκαν και με γνώμονα την πρόωμη ανίχνευση.

Τα αποτελέσματα της ανασκόπησης ανέδειξαν τη σημασία της νευροπλαστικότητας του εγκεφάλου και της κρίσιμης περιόδου νευροανάπτυξης. Επιπλέον, αναδείχθηκε ο ρόλος των γνωστικών λειτουργιών στις μαθησιακές δυσκολίες και τονίστηκαν οι κύριοι άξονες τους που επηρεάζονται. Ωστόσο, παρατηρείται πως η μελέτη των νευροαπεικονιστικών τεχνικών στην πρόωμη ανίχνευση των ΕΜΔ είναι περιορισμένη με ελάχιστες διαχρονικές μελέτες. Παρ' όλ' αυτά το ΗΕΓ αναδεικνύεται ως πολλά υποσχόμενο μέσο πρόωμης ανίχνευσης. Οι περισσότερες μελέτες για τη νευροπλαστικότητα του εγκεφάλου εστιάζουν σε παθολογικές καταστάσεις, όπως οι τραυματικές εγκεφαλικές βλάβες. Κρίνεται σημαντική η περαιτέρω έρευνα στον τομέα της πρόωμης ανίχνευσης των ειδικών ειδικών μαθησιακών δυσκολιών.

Λέξεις κλειδιά : γνωστικές διεργασίες, πλαστικότητα εγκεφάλου, Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες, Ειδική Μαθησιακή Διαταραχή, πρόωμη ανίχνευση, προσχολική ηλικία, νευροαπεικονιστικές μέθοδοι, ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

## **Abstract**

This literature review focuses on learning disabilities and more specifically, on their relationship with cognitive functions and brain plasticity, as well as the role these two factors play in their early detection. The importance of this topic is particularly significant, as the early detection of Specific Learning Disorders (SLD) is crucial for the entire academic trajectory of a child.

As a methodological approach, a review of international literature was conducted using reputable databases such as PubMed and Google Scholar. The main areas of study include theoretical and diagnostic approaches of SLD, cognitive functions and their impairments in SLD, the role of brain neuroplasticity in SLD and neuroimaging methods used to study them, with particular emphasis on electroencephalography (EEG). All of these data were also examined from the perspective of early detection.

The results of the review highlighted the importance of brain neuroplasticity and the critical period of neurodevelopment. In addition, the role of cognitive functions in learning disabilities was emphasized, with focus on the main domains that are affected. However, it was observed that the study of neuroimaging techniques in the early detection of SLD is limited, with only a few longitudinal studies available. Nevertheless, EEG emerges as a highly promising tool for early detection. Most studies on brain neuroplasticity focus on pathological conditions such as traumatic brain injuries. Therefore, further research in the field of early detection of learning disorders is deemed essential.

**Keywords :** cognitive processes, brain plasticity, Specific Learning Disorder, early detection, preschool age, neuroimaging methods, electroencephalography

## Περιεχόμενα

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ευχαριστίες .....                                                                              | 2  |
| Περίληψη .....                                                                                 | 3  |
| Εισαγωγή .....                                                                                 | 8  |
| 1. Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες (ΕΜΔ).....                                                     | 9  |
| 1.1. Ερμηνευτικές Θεωρίες - Εννοιολογικές προσεγγίσεις .....                                   | 9  |
| 1.1.1. Ορισμός ΕΜΔ .....                                                                       | 10 |
| 1.1.2. Ορισμοί Δυσλεξίας .....                                                                 | 12 |
| 1.1.3. Ορισμοί Δυσγραφίας.....                                                                 | 14 |
| 1.1.4. Ορισμοί Δυσαριθμησίας .....                                                             | 14 |
| 1.1.5. DSM-5 και ICD-11 για τις Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες (ΕΜΔ).....                        | 16 |
| 1.1.6. Θεωρίες Δυσλεξίας .....                                                                 | 17 |
| 1.1.6.1 Θεωρία φωνολογικού ελλείμματος.....                                                    | 17 |
| 1.1.6.2 Θεωρία μεγαλοκυτταρικού ελλείμματος .....                                              | 19 |
| 1.1.6.3 Υπόθεση του ελλείμματος στην αυτοματοποίηση/παρεγκεφαλίδα .....                        | 20 |
| 1.1.6.4 Θεωρία του διπλού ελλείμματος.....                                                     | 21 |
| 1.2. Διαγνωστικά κριτήρια DSM-5.....                                                           | 22 |
| 1.3. Κλινικό προφίλ .....                                                                      | 23 |
| 1.3.1 Χαρακτηριστικά ΕΜΔ .....                                                                 | 23 |
| 1.3.2 Συννοσηρότητες.....                                                                      | 28 |
| 1.4. Πρώιμες Ενδείξεις των Ειδικών Ειδικών ειδικών μαθησιακών δυσκολιών (ΕΜΔ) .....            | 31 |
| 1.4.1. Μακροπρόθεσμες Συνέπειες.....                                                           | 34 |
| 1.4.2. Σημασία Πρώιμης Διάγνωσης και Παρέμβασης .....                                          | 36 |
| 1.4.3 Ελληνικά τεστ για την αξιολόγηση Ειδικών Ειδικών ειδικών μαθησιακών δυσκολιών (ΕΜΔ)..... | 39 |
| Αθηνά Τεστ (Διάγνωσης Δυσκολιών Μάθησης).....                                                  | 39 |
| ΜέταΦΩΝ τεστ.....                                                                              | 39 |
| Δοκιμασία Εκφραστικής και Αντιληπτικής Ικανότητας Λόγου (ΔΕΠΠΙΛ) .....                         | 40 |
| Δοκιμασία Αξιολόγησης Αναγνωστικών Δεξιοτήτων (ΔΑΔΑ) .....                                     | 40 |
| DysLexML .....                                                                                 | 40 |
| Συμπληρωματικά εργαλεία .....                                                                  | 41 |
| 2. Γνωστικές Λειτουργίες .....                                                                 | 43 |
| 2.1 Γνωστικές λειτουργίες .....                                                                | 43 |
| 2.2 Γνωστικές Λειτουργίες και ΕΜΔ.....                                                         | 45 |
| Γνωστικές και μεταγνωστικές στρατηγικές .....                                                  | 46 |
| Γνωστικές λειτουργίες ανάγνωσης και γραφής .....                                               | 47 |
| • Φωνολογική Επίγνωση .....                                                                    | 48 |
| • Φωνολογική Αποκωδικοποίηση .....                                                             | 48 |

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| • Ορθογραφική Επεξεργασία .....                                                                                                       | 48 |
| • Αναγνώριση Λέξεων .....                                                                                                             | 49 |
| • Ορθογραφία .....                                                                                                                    | 49 |
| Ταχεία Αυτόματη Ονομασία.....                                                                                                         | 50 |
| • Κατανομή προσοχής.....                                                                                                              | 50 |
| • Εργαζόμενη μνήμη .....                                                                                                              | 51 |
| • Ασυνείδητη και συνειδητή μάθηση.....                                                                                                | 53 |
| 3. Πλαστικότητα του εγκεφάλου- Νευροαπεικονιστικές Μέθοδοι .....                                                                      | 55 |
| 3.1 Βιολογικό επίπεδο ΕΜΔ .....                                                                                                       | 55 |
| 3.1.1 Γενετική βάση ΕΜΔ .....                                                                                                         | 55 |
| 3.1.2 Νευροβιολογική βάση ΕΜΔ .....                                                                                                   | 57 |
| 3.2 Πλαστικότητα του εγκεφάλου .....                                                                                                  | 61 |
| Δομή και Λειτουργία Νευρώνων και Συνάψεων .....                                                                                       | 64 |
| 3.3 Απεικονιστικές Μέθοδοι μελέτης λειτουργίας εγκεφάλου - ΗΕΓ .....                                                                  | 65 |
| 3.3.1 MRI.....                                                                                                                        | 66 |
| 3.3.2 DTI.....                                                                                                                        | 68 |
| 3.3.3 FMRI.....                                                                                                                       | 70 |
| 3.3.4 PET .....                                                                                                                       | 72 |
| 3.3.5 EEG.....                                                                                                                        | 74 |
| 4. Ο ρόλος της πλαστικότητας του εγκεφάλου και της χρήσης του EEG στη μελέτη των ειδικών<br>ειδικών ειδικών μαθησιακών δυσκολιών..... | 78 |
| 4.1 Πλαστικότητα Εγκεφάλου στις ΕΜΔ .....                                                                                             | 78 |
| 4.2 Ο ρόλος του EEG στην πρόιμη αντίχνευση των ειδικών ειδικών ειδικών μαθησιακών<br>δυσκολιών .....                                  | 83 |
| Συμπεράσματα .....                                                                                                                    | 87 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....                                                                                                                     | 89 |

## Εισαγωγή

Οι Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες (ΕΜΔ) είναι νευροαναπτυξιακές διαταραχές που εκδηλώνονται με ελλείμματα σε μαθησιακούς τομείς όπως η ανάγνωση η γραφή και τα μαθηματικά. Συνδέονται με συγκεκριμένα γνωστικά ελλείμματα που εμποδίζουν την ακαδημαϊκή πρόοδο των παιδιών. Συχνά συνυπάρχουν με άλλες διαταραχές, επιβαρύνοντας περαιτέρω την μαθησιακή πορεία του μαθητή και δημιουργώντας προβλήματα στην ψυχολογία και την κοινωνικοποίηση του (Hall, 2008).

Η μελέτη των εγκεφαλικών μηχανισμών που συνδέονται με τις ΕΜΔ είναι χρήσιμη για την κατανόηση τους και την εφαρμογή κατάλληλων παρεμβάσεων. Οι σύγχρονες νευροαπεικονιστικές τεχνικές έχουν αναδείξει νευρωνικά δίκτυα και λειτουργίες του εγκεφάλου τα οποία σχετίζονται με τις ΕΜΔ (Saini, Kumar, & Anand, 2023). Η πλαστικότητα του εγκεφάλου, δηλαδή η ικανότητά του να τροποποιεί τη δομή και τη λειτουργία του όταν εκτίθεται σε νέες εμπειρίες προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την διάγνωση των ΕΜΔ καθώς και για την επιλογή κατάλληλης παρέμβασης (Hadders-Algra, 2022 ; Ozernov-Palchik, Norton, et al., 2016).

Η παρούσα εργασία κάνει μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας ξεκινώντας με την παρουσίαση των ΕΜΔ, εξετάζοντας τις ερμηνευτικές θεωρίες γύρω από αυτές. Εν συνεχεία, αναλύονται οι γνωστικές λειτουργίες και η διαταραχές τους στα άτομα με ΕΜΔ. Έπειτα, η ανασκόπηση συνεχίζει με τη νευροπλαστικότητα του εγκεφάλου τονίζοντας την κρίσιμη περίοδο νευροανάπτυξης η οποία είναι ιδανική για πρώιμη παρέμβαση σε παιδιά με ΕΜΔ. Τέλος, γίνεται σύνδεση των νευροαπεικονιστικών μεθόδων με την πρώιμη διάγνωση των ειδικών μαθησιακών δυσκολιών με ιδιαίτερη έμφαση στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα.

## **1. Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες (ΕΜΔ)**

Οι ΕΜΔ χαρακτηρίζονται από δυσκολίες στην επεξεργασία λεκτικών και μη λεκτικών πληροφοριών, οδηγώντας σε μειωμένες ακαδημαϊκές δεξιότητες, συναισθηματικές διαταραχές και προβλήματα συμπεριφοράς, τα οποία επηρεάζουν σημαντικά την ψυχολογική ευημερία και απαιτούν στοχευμένες γνωστικές και εκπαιδευτικές στρατηγικές. Η διαταραχή έχει νευροβιολογική προέλευση, με την εκδήλωσή της να επηρεάζεται από γενετικούς, περιβαλλοντικούς και επιγενετικούς παράγοντες (Jain et al., 2024; & Nair, 2022).

Η επικράτηση των ΕΜΔ αποτελεί ζήτημα ιδιαίτερης σημασίας, καθώς επηρεάζουν περίπου το 5 έως 15% των παιδιών σχολικής ηλικίας, οδηγώντας σε χαμηλή ακαδημαϊκή επίδοση, παρά τις κατάλληλες συνθήκες μάθησης (Santos et al., 2022). Επιπλέον, οι ΕΜΔ εμφανίζονται συχνότερα στα αγόρια, με αναλογία περίπου 2:1 σε σχέση με τα κορίτσια (Karaman, 2018). Η δυσλεξία είναι ο συχνότερος τύπος μαθησιακής δυσκολίας και διαγιγνώσκεται κυρίως στη σχολική ηλικία. Στην Ελλάδα, τα επιδημιολογικά δεδομένα δείχνουν ότι το 50% των παιδιών που φοιτούν σε ειδικά σχολεία εκπαίδευσης έχουν ΕΜΔ, με το 80% να εμφανίζει δυσκολίες στην ανάγνωση (Sofologi et al., 2022).

Ωστόσο, η διάγνωση των ΕΜΔ παρουσιάζει σημαντικές αποκλίσεις. Η μεταβλητότητα στα ποσοστά επικράτησης αποδίδεται στις διαφοροποιήσεις των διαγνωστικών κριτηρίων και στις δυσκολίες έγκαιρης ανίχνευσης (Karaman, 2018). Οι παράγοντες αυτοί υπογραμμίζουν την ανάγκη για καθιέρωση σαφέστερων διαγνωστικών πρωτοκόλλων και για την ανάπτυξη στοχευμένων παρεμβάσεων που θα ενισχύουν την εκπαιδευτική και ψυχοκοινωνική υποστήριξη των παιδιών με ΕΜΔ.

## **1.1. Ερμηνευτικές Θεωρίες - Εννοιολογικές προσεγγίσεις**

### **1.1.1. Ορισμός ΕΜΔ**

Οι ΕΜΔ, διαγιγνώσκονται όταν υπάρχουν συγκεκριμένες ελλείψεις στην ικανότητα του ατόμου να αντιλαμβάνεται ή να επεξεργάζεται αποτελεσματικά και με ακρίβεια τις πληροφορίες. Αυτές οι νευροαναπτυξιακές διαταραχές εκδηλώνονται για πρώτη φορά κατά τη διάρκεια των χρόνων της επίσημης σχολικής εκπαίδευσης και χαρακτηρίζονται από επίμονες και δυσμενείς δυσκολίες στη μάθηση των ακαδημαϊκών δεξιοτήτων στην ανάγνωση, τη γραφή και/ή τα μαθηματικά. (American Psychiatric Association, 2013).

Για να οριστούν οι ΕΜΔ πρέπει να ληφθούν υπόψη η ετερογένεια και η νευροβιολογική τους βάση (Πολυχρόνη, 2011). Παλαιότερα, υπήρχαν δύο επικρατέστερα κριτήρια που χρησιμοποιούνταν για τον προσδιορισμό των ΕΜΔ . Το πρώτο είναι η απόκλιση μεταξύ του δείκτη νοημοσύνης και της ακαδημαϊκής επίτευξης. Τα παιδιά με ΕΜΔ παρουσιάζουν χαμηλή επίδοση στον μαθησιακό τομέα της ανάγνωσης και της γραφής, που δεν συνάδει με τον δείκτη νοημοσύνης τους (Shaywitz, 2003). Μια διαδεδομένη μέθοδος εντοπισμού ασυμφωνίας μεταξύ νοητικών ικανοτήτων και γραπτής επίδοσης βασίζεται στη σύγκριση του δείκτη νοημοσύνης με την επίδοση σε σταθμισμένα τεστ, όπου απόκλιση 1,5-2 τυπικών μονάδων θεωρείται ένδειξη σημαντικής ασυμφωνίας (Beitchman & Young, 1997, Selikowitz, 1993). Το δεύτερο κριτήριο προσδιορισμού είναι ο αποκλεισμός πολιτισμικών, αισθητηριακών και οικονομικών δυσκολιών (Πολυχρόνη, 2011). Στο κριτήριο αποκλεισμού εντάσσονται επίσης νοητικοί και εκπαιδευτικοί παράγοντες, αλλά και σωματικές αναπηρίες (Τάνταρος, 2011).

Οι ΕΜΔ εντοπίζονται σε μία ή περισσότερες ψυχολογικές διεργασίες και σε αυτές εντάσσεται η κατανόηση της γλώσσας, προφορικής ή γραπτής, η οποία μπορεί να εκδηλώνεται

με αδυναμία του ατόμου να ακούει, να σκέφτεται, να μιλά, να γράφει, να ορθογραφεί ή/και να κάνει μαθηματικούς υπολογισμούς (IDEA, 2004).

Σύμφωνα με το DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013), οι ΕΜΔ αποτελούν νευροαναπτυξιακές διαταραχές που επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητα του ατόμου να αποκτήσει και να χρησιμοποιήσει βασικές ακαδημαϊκές δεξιότητες, όπως η ανάγνωση, η γραφή και/ή τα μαθηματικά. Οι δυσκολίες αυτές δεν μπορούν να εξηγηθούν επαρκώς από νοητική υστέρηση, αισθητηριακές διαταραχές, γλωσσικούς ή πολιτισμικούς παράγοντες, ούτε από ανεπαρκή διδασκαλία. Αντιθέτως, σχετίζονται με ελλείμματα σε συγκεκριμένα νευρογνωστικά συστήματα, που εμποδίζουν τη φυσιολογική σχολική επίδοση, παρά την παρουσία φυσιολογικής νοημοσύνης και κατάλληλων μαθησιακών ευκαιριών (APA, 2013; Fuchs, Fuchs & Compton, 2005).

Το DSM-5 κατηγοριοποιεί τις ΕΜΔ σε τρεις βασικούς τύπους, ανάλογα με το κύριο πεδίο της δυσκολίας: α) Διαταραχή ανάγνωσης (συνήθως ταυτίζεται με τη δυσλεξία), β) Διαταραχή γραπτής έκφρασης (δυσγραφία) και γ) Διαταραχή στα μαθηματικά (δυσαριθμησία). Αν και οι παραδοσιακοί όροι όπως «δυσλεξία» ή «δυσαριθμησία» δεν αποτελούν διαγνωστικές οντότητες στο DSM-5, αναγνωρίζονται ως περιγραφικοί όροι χρήσιμοι στην επικοινωνία μεταξύ επαγγελματιών και εκπαιδευτικών (APA, 2013). Η διάγνωση βασίζεται σε ψυχοεκπαιδευτική αξιολόγηση, που συνδυάζει τυπικά τεστ επίδοσης, αναπτυξιακό ιστορικό και παρατήρηση συμπεριφοράς (Foy & Earls, 2005; Wilson & Lonigan, 2009).

Οι ΕΜΔ έχουν σαφή διαγνωστικά κριτήρια που ορίζονται σε επίσημα συστήματα, όπως το DSM-5 και το ICD-11 (American Psychiatric Association, 2013; WHO, 2019). Οι ΕΜΔ χαρακτηρίζονται από επίμονες και σημαντικές δυσκολίες στην απόκτηση συγκεκριμένων ακαδημαϊκών δεξιοτήτων, οι οποίες δεν εξηγούνται από γενική νοητική υστέρηση, ανεπαρκή

διδασκαλία ή κοινωνικο-πολιτισμικούς παράγοντες (Fletcher et al., 2019). Αντίθετα, ο όρος μαθησιακές δυσκολίες χρησιμοποιείται πιο ευρέως και συχνά περιλαμβάνει οποιαδήποτε μορφή δυσκολίας στη μάθηση που δεν έχει απαραίτητα ιατρική ή διαγνωστική βάση, αλλά μπορεί να οφείλεται σε περιβαλλοντικούς, ψυχολογικούς ή εκπαιδευτικούς παράγοντες (Smith & Johnson, 2017).

Η διάκριση ανάμεσα σε ΕΜΔ και μαθησιακές δυσκολίες έχει σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην κλινική προσέγγιση όσο και στην εκπαιδευτική υποστήριξη. Τα άτομα με ΕΜΔ απαιτούν συστηματική αξιολόγηση και εξατομικευμένες παρεμβάσεις που βασίζονται σε αναγνωρισμένα πρωτόκολλα, ενώ η αντιμετώπιση των ειδικών μαθησιακών δυσκολιών μπορεί να επικεντρώνεται σε ευρύτερα εκπαιδευτικά προγράμματα και υποστηρικτικά μέτρα (Swanson & Hoskyn, 1998). Επιπλέον, η έγκαιρη και ακριβής διάγνωση των ΕΜΔ είναι κρίσιμη για την πρόληψη ψυχοκοινωνικών προβλημάτων και την προώθηση της ακαδημαϊκής επιτυχίας, καθώς η παραδοσιακή αντιμετώπιση των ειδικών μαθησιακών δυσκολιών μπορεί να μην είναι επαρκής για την κάλυψη των αναγκών των ατόμων με διαγνωσμένη διαταραχή (Moll et al., 2014). Συνολικά, η αναγνώριση της διαφορετικής φύσης και βαρύτητας των δύο όρων βοηθά στην ορθή προσέγγιση και στήριξη των μαθητών.

### **1.1.2. Ορισμοί Δυσλεξίας**

Η δυσλεξία είναι ένας εναλλακτικός όρος που χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε ένα μοτίβο ΕΜΔ που χαρακτηρίζεται από προβλήματα στην ακριβή και ευχερή αναγνώριση λέξεων, κακή αποκωδικοποίηση και ελλειπείς ορθογραφικές ικανότητες (American Psychiatric Association, 2013). Στην πέμπτη έκδοση του Διαγνωστικού και Στατιστικού Εγχειριδίου Ψυχικών Δυσκολιών DSM-5 (American Psychiatric Association, 2013) η δυσλεξία χαρακτηρίζεται ως διαταραχή ανάγνωσης και ομαδοποιείται μαζί με τις μαθηματικές διαταραχές και τις διαταραχές της

γραφτής έκφρασης που εντάσσονται στη γενική διάγνωση Ειδική Μαθησιακή Διαταραχή, οι οποίες με τη σειρά τους εντάσσονται στην ευρύτερη κατηγορία των Νευροαναπτυξιακών Δυσκολιών.

Ο ορισμός που δόθηκε για την δυσλεξία από τη Διεθνή Ένωση Δυσλεξίας είναι πως είναι μία διαταραχή με νευρολογική βάση, συχνά κληρονομική, η οποία εμποδίζει την κατάκτηση της γλώσσας. Διαφέρει σε σοβαρότητα από άτομο σε άτομο και εκδηλώνεται με δυσκολίες στην αντίληψη και έκφραση της γλώσσας, ιδιαίτερα στη φωνολογική επεξεργασία, στην ανάγνωση και στη γραφή, στην ορθογραφία και μερικές φορές στην αριθμητική. Η δυσλεξία δεν είναι αποτέλεσμα έλλειψης κινητών αισθητηριακών δυσλειτουργιών και ανεπαρκών εκπαιδευτικών και περιβαλλοντικών ευκαιριών αλλά μπορεί να συνυπάρχει με τα παραπάνω. Αν και η δυσλεξία υπάρχει καθ' όλη τη ζωή του ατόμου, τα άτομα με δυσλεξία συχνά ανταποκρίνονται με επιτυχία σε έγκυρη και κατάλληλη παρέμβαση (International Dyslexia Association, 2002).

Η δυσλεξία είναι μια ειδική μαθησιακή διαταραχή που έχει νευροβιολογική προέλευση. Χαρακτηρίζεται από δυσκολίες στην ακριβή ή/και ευχερή αναγνώριση λέξεων και από φτωχές ικανότητες ορθογραφίας και αποκωδικοποίησης. Αυτές οι δυσκολίες συνήθως προκύπτουν από ένα έλλειμμα στη φωνολογική συνιστώσα της γλώσσας, το οποίο συχνά είναι απροσδόκητο σε σχέση με άλλες γνωστικές ικανότητες και την παροχή αποτελεσματικής διδασκαλίας στην τάξη (Lyon et al., 2003).

Σύμφωνα με τη British Psychological Society (1999), η δυσλεξία ορίζεται ως η κατάσταση κατά την οποία η ακρίβεια και η ευχέρεια στην ανάγνωση και/ή στην ορθογραφία αναπτύσσονται ανεπαρκώς ή με μεγάλη δυσκολία, με τη δυσκολία να εστιάζεται στην εκμάθηση της ανάγνωσης και της γραφής σε επίπεδο λέξης και να επιμένει παρά τις ενδεδειγμένες μαθησιακές ευκαιρίες.

### **1.1.3 Ορισμοί Δυσγραφίας**

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας ορίζει τη δυσγραφία ως μια νευρολογική κατάσταση που σχετίζεται με διαταραχές στις εγκεφαλικές λειτουργίες, οι οποίες επηρεάζουν την ικανότητα ενός ατόμου να γράφει. Επηρεάζει την ταχύτητα, την ακρίβεια και την ευχέρεια στη γραφή και τα άτομα με δυσγραφία μπορεί επίσης να αντιμετωπίζουν δυσκολίες στον συντονισμό των κινήσεων του χεριού κατά τη διάρκεια της γραφής (World Health Organization, 2023).

Ως δυσγραφία ορίζεται η μαθησιακή αναπηρία που επηρεάζει τις ικανότητες γραφής και μπορεί να εκδηλωθεί με δυσκολίες στην ορθογραφία, τη γραφή και τη γραπτή έκφραση (National Center of Learning Disabilities, 2006).

Η δυσγραφία είναι μια διαταραχή μάθησης που επηρεάζει τη γραφή. Τα άτομα με δυσγραφία συχνά δυσκολεύονται να γράψουν με σαφήνεια, να κρατήσουν τον λόγο τους οργανωμένο και να εκφράσουν τις σκέψεις τους γραπτώς, ενώ μπορεί να αντιμετωπίζουν δυσκολίες και με τις χειρονομίες του χεριού κατά τη διάρκεια της γραφής (National Health Service, 2021).

Σύμφωνα με το DSM-5, η ΕΜΔ με δυσκολίες στη γραπτή έκφραση χαρακτηρίζεται από δυσκολίες στη γραφή με σωστή ορθογραφία, ανακρίβειες στην γραμματική και τα σημεία στίξης καθώς και από προβλήματα στη γραφική οργάνωση και σαφήνεια (American Psychiatric Association, 2013).

### **1.1.4. Ορισμοί Δυσαριθμησίας**

Η δυσαριθμησία είναι μια ειδική μαθησιακή διαταραχή που επηρεάζει την ικανότητα ενός ατόμου να κατανοεί τους αριθμούς και να μαθαίνει μαθηματικά γεγονότα. Οδηγεί σε δυσκολίες με τις βασικές αριθμητικές πράξεις, όπως πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό και διαίρεση,

καθώς και σε δυσκολία στην απομνημόνευση μαθηματικών γεγονότων και την εκτέλεση υπολογισμών με ροή (International Dyslexia Association, 2022).

Στο DSM-5 αναφέρεται πως η δυσαριθμησία είναι ένας εναλλακτικός όρος που χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε ένα μοτίβο δυσκολιών που χαρακτηρίζεται από προβλήματα επεξεργασίας αριθμητικών πληροφοριών, εκμάθησης αριθμητικής και εκτέλεσης ακριβών υπολογισμών (American Psychiatric Association, 2013).

Σύμφωνα με το National Institute of Neurological Disorders and Stroke (2020), η δυσαριθμησία αναφέρεται σε μια ειδική μαθησιακή διαταραχή που περιλαμβάνει δυσκολίες με τους αριθμούς, την εκμάθηση βασικών μαθηματικών γεγονότων και την εκτέλεση μαθηματικών υπολογισμών. Συχνά συνοδεύεται από δυσκολίες στην αντίληψη του χώρου και την ικανότητα οπτικής κατανόησης των αριθμών.

Η δυσαριθμησία είναι μια αναπτυξιακή διαταραχή που χαρακτηρίζεται από επίμονες δυσκολίες στην εκμάθηση αριθμητικής, ιδιαίτερα με την επεξεργασία της αριθμητικής ποσότητας, τη ροή στους υπολογισμούς και τις ικανότητες επίλυσης προβλημάτων (Educational Psychology Review, 2021).

Ο ορισμός που δίνεται από τη Βρετανική Ένωση Δυσλεξίας για τη δυσαριθμησία είναι πως είναι μια κατάσταση που επηρεάζει κυρίως την ικανότητα εκτέλεσης μαθηματικών πράξεων, την κατανόηση αριθμητικών εννοιών και την ανάκληση μαθηματικών γεγονότων. Μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα ενός ατόμου να εκτελεί υπολογισμούς και να κατανοεί μαθηματικές σχέσεις, παρά το γεγονός ότι το άτομο έχει μέσο ή ανώτερο επίπεδο νοημοσύνης (British Dyslexia Association, 2021).

#### **1.1.5. DSM-5 και ICD-11 για τις ΕΜΔ**

Οι δύο πιο σημαντικές διεθνώς διαγνωστικές ταξινομήσεις, το DSM-5 της American Psychiatric Association και το ICD-11 του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, αναγνωρίζουν τις ΕΜΔ ως διακριτές νευροαναπτυξιακές διαταραχές. Ωστόσο, διαφοροποιούνται στον τρόπο παρουσίασης, στην τυπολογία και στα διαγνωστικά κριτήρια (American Psychiatric Association, 2013; World Health Organization WHO, 2021). Το DSM-5 υιοθετεί τον ενιαίο όρο Specific Learning Disorder (Ειδική Μαθησιακή Διαταραχή) και εστιάζει στην ύπαρξη σημαντικής και διαρκούς απόκλισης της ακαδημαϊκής επίδοσης σε έναν ή περισσότερους τομείς. Το σύστημα αυτό δεν προβλέπει ξεχωριστές κατηγορίες για τη δυσλεξία ή τη δυσαριθμησία, αλλά εφαρμόζει προσδιοριστές, προκειμένου να αποδώσει τις ειδικότερες μορφές της διαταραχής, όπως «με δυσκολία στην ανάγνωση» ή «στη γραπτή έκφραση» (APA, 2013).

Αντίθετα, το ICD-11 χρησιμοποιεί τον όρο Developmental Learning Disorder (Αναπτυξιακή Μαθησιακή Διαταραχή) και διαχωρίζει τις επιμέρους μορφές σε διακριτές διαγνωστικές ενότητες. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται η αναπτυξιακή δυσλεξία (developmental dyslexia), η δυσαριθμησία (developmental dyscalculia) και η μεικτή μορφή (mixed developmental learning disorder) (WHO, 2021). Η προσέγγιση του ICD-11 είναι περισσότερο περιγραφική, δίνοντας έμφαση στο είδος και το εύρος των δυσκολιών, σε αντίθεση με το DSM-5 που ακολουθεί πιο τυποποιημένο και ποσοτικοποιημένο μοντέλο αξιολόγησης.

Κοινό σημείο και των δύο συστημάτων είναι η αναγνώριση της συννοσηρότητας των ΕΜΔ με άλλες ψυχιατρικές ή αναπτυξιακές διαταραχές, όπως η Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής-Υπερκινητικότητας (ΔΕΠ-Υ) ή οι αγχώδεις διαταραχές, κάτι που ενισχύει την ανάγκη για πολυπαραγοντική αξιολόγηση και διεπιστημονική προσέγγιση στην εκπαιδευτική και ψυχολογική υποστήριξη των παιδιών με ΕΜΔ.

Και οι δύο προσεγγίσεις αξιοποιούν παρόμοια τυποποιημένα εργαλεία (IQ, achievement, language, κινητικά, adaptive). Το DSM-5 δίνει έμφαση στον ποσοτικό εντοπισμό του κενού μεταξύ IQ και επίδοσης με χρονικό όριο.

Το ICD-11 δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην καθημερινή λειτουργικότητα, στο ευρύτερο πλαίσιο και στη διαφανή, πολιτιστικά προσαρμοσμένη αξιολόγηση.

#### **1.1.6. Θεωρίες Δυσλεξίας**

Το θεωρητικό μοντέλο των Morton και Frith (1995) εξετάζει τη δυσλεξία μέσα από τρεις βασικούς άξονες: τον βιολογικό, τον γνωστικό και τον συμπεριφορικό. Τα επίπεδα αυτά είναι αλληλένδετα και εξίσου σημαντικά για την πλήρη κατανόηση της διαταραχής. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γνωστικό επίπεδο, όπου η δυσλεξία συνδέεται με ανεπαρκείς μηχανισμούς επεξεργασίας πληροφορίας. Μελέτες στο γνωστικό πεδίο εντοπίζουν δυσκολίες στη φωνολογική επίγνωση, την εργαζόμενη και βραχυπρόθεσμη μνήμη, την αυτοματοποίηση δεξιοτήτων καθώς και στην ταχύτητα επεξεργασίας (Reid, Soler, & Wearmouth, 2003). Σύμφωνα με τους Morton και Frith (1995), οι σύγχρονες θεωρίες της δυσλεξίας μπορούν να μοντελοποιηθούν μέσα σε αυτούς τους τρεις άξονες.

##### **1.1.6.1 Θεωρία φωνολογικού ελλείμματος**

Η πιο διαδεδομένη θεωρία για την αιτιολογία της δυσλεξίας είναι αυτή του φωνολογικού ελλείμματος. Σύμφωνα με αυτή, η δυσλεξία είναι μια διαταραχή που χαρακτηρίζεται από δυσκολίες στην αποκωδικοποίηση μεμονωμένων λέξεων (Orton, 1995) καθώς και στη φωνολογική επεξεργασία (Snowling, 2000). Η υπόθεση του φωνολογικού ελλείμματος είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη μειωμένη αναγνωστική ευχέρεια χωρίς να σχετίζεται με τη νοημοσύνη και το γλωσσικό υπόβαθρο (Caravolas, 2005 & Goulandris, 2003). Τα άτομα με

δυσλεξία παρουσιάζουν συγκεκριμένες δυσκολίες στην αναπαράσταση, αποθήκευση και/ή ανάσυρση των ήχων της ομιλίας (Ramus, 2003; Snowling, 2001). Επίσης, εμφανίζουν δυσκολίες στην αντίληψη και κατάτμηση των φωνημάτων, κάτι που επηρεάζει αρνητικά την ικανότητά τους να συνδέουν γραφήματα με φωνήματα και άλλες σχετικές δεξιότητες όπως η ορθογραφική επίγνωση (Ramus et al., 2003). Παρ' όλα αυτά, η φωνολογική θεωρία από μόνη της δεν επαρκεί για να ερμηνεύσει πλήρως τα αισθητηριακά, οπτικά και κινητικά ελλείμματα που συχνά παρουσιάζονται στα άτομα με δυσλεξία.

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα φωνολογικής επεξεργασίας είναι η κωδικοποίηση των φωνολογικών πληροφοριών, η απόκτηση πρόσβασης και εκτέλεση νοητικών λειτουργιών σε φωνολογικές πληροφορίες (φωνολογική ενημερότητα), ανάκτηση φωνολογικών πληροφοριών από τη σημασιολογική μνήμη, διατήρηση των φωνολογικών πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη και μετάφραση γραμμάτων και λεκτικών μοτίβων σε φωνολογικούς τύπους (Tunmer, 2011).

Το φωνολογικό έλλειμμα περιλαμβάνει τρεις βασικούς τομείς δυσκολιών: την ελλειμματική φωνολογική ενημερότητα, την περιορισμένη λεκτική βραχυπρόθεσμη μνήμη, καθώς και τη μειωμένη ικανότητα γρήγορης ανάσυρσης φωνολογικών πληροφοριών από τη μακροπρόθεσμη μνήμη. Η αδυναμία στη φωνημική επίγνωση θεωρείται ο ισχυρότερος νευροψυχολογικός δείκτης πρόβλεψης δυσκολιών στην ανάγνωση (Willcutt et al., 2013). Η ικανότητα φωνολογικής αποκωδικοποίησης είναι μεγάλης σημασίας, καθώς βοηθά τους αναγνώστες να αντιστοιχίσουν ήχους σε γραπτά σύμβολα και έτσι να καταφέρουν να διαβάσουν άγνωστες λέξεις (Share, 1995). Μερικοί επιστήμονες έχουν υποστηρίξει ότι τα φωνολογικά ελλείμματα μπορεί να έχουν γενετική βάση και να μεταβιβάζονται κληρονομικά (Elbro,

Borstrom & Petersen, Grigorenko, 1997; Olson, Gillis, Rack, DeFries & Fulker, 1991; Olson, Wise, Conners, Rack & Fulker, 1989).

#### **1.1.6.2 Θεωρία μεγαλοκυτταρικού ελλείμματος**

Η θεωρία του μεγαλοκυτταρικού ελλείμματος αποδίδει τις αναγνωστικές δυσκολίες που σχετίζονται με τη δυσλεξία σε διαταραχές της οπτικής επεξεργασίας (Eden, VanMeter, Rumsey, & Zeffiro, 1996). Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, ένα ποσοστό των ατόμων με δυσλεξία παρουσιάζει μειωμένη ικανότητα αντίληψης οπτικών ερεθισμάτων που κινούνται γρήγορα ή έχουν χαμηλή χωρική συχνότητα και χαμηλή αντίθεση. Η πλειονότητα των παιδιών με δυσλεξία παρουσιάζει μια δυσλειτουργία στο μονοπάτι ταχείας οπτικής επεξεργασίας (Breitmeyer, 1993; Lovegrove et al., 1980; Lovegrove, 1993; Mason et al., 1993). Η κυρίαρχη εκδοχή της θεωρίας αυτής υποθέτει ότι η υποβαθμισμένη οπτική είσοδος, λόγω ανεπαρκούς διόφθαλμης εστίασης, είναι η αιτία των δυσκολιών στην ανάγνωση καθώς προκαλεί την αίσθηση ότι τα γράμματα κινούνται ή επικαλύπτονται μεταξύ τους, γεγονός που ενδέχεται να συμβάλλει στην οπτική αντιληπτική αστάθεια την οποία βιώνουν τα άτομα με δυσλεξία. Το έλλειμμα αυτό σχετίζεται, σε επίπεδο κεντρικού νευρικού συστήματος, με μειωμένη ευαισθησία των κυττάρων στην αμφιβληστροειδική-φλοιική μεγαλοκυτταρική οδό (Stein, 2001). Αυτή η οδός εκτείνεται από τα μεγάλα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς έως τις ινιακές και βρεγματικές περιοχές του εγκεφάλου και περιλαμβάνει κύτταρα που αποκρίνονται σε ταχέως μεταβαλλόμενα οπτικά ερεθίσματα. Το μεγαλοκυτταρικό μονοπάτι αλληλεπιδρά με το πιο αργό και σταθερό μικροκυτταρικό μονοπάτι, το οποίο είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία του χρώματος και των λεπτομερειών (Kaplan, Lee, & Shapley, 1991; Zeki & Shipp, 1988). Επιπλέον, έχει βρεθεί ότι οι μεγαλοκυτταρικές στιβάδες του έξω γονατώδους σώματος (LGN) σε εγκεφάλους ατόμων με δυσλεξία παρουσίαζαν διαταραγμένη διάταξη, ενώ τα ίδια τα μεγαλοκύτταρα ήταν κατά πάνω

από 20% μικρότερα σε σύγκριση με τους εγκεφάλους ατόμων χωρίς δυσλεξία (Livingstone, 1991). Το γεγονός αυτό ενισχύει τη θεωρία ότι τα άτομα με δυσλεξία έχουν έλλειμμα στην οπτική επεξεργασία.

#### **1.1.6.3 Υπόθεση του ελλείμματος στην αυτοματοποίηση/παρεγκεφαλίδα**

Η υπόθεση του ελλείμματος στην αυτοματοποίηση/παρεγκεφαλίδα (Cerebellar Deficit Theory, CDT) προτείνει ότι η δυσλεξία προκύπτει από μια δυσκολία στην απόκτηση δεξιοτήτων, δηλαδή στην αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων γνωστικών ή συμπεριφορικών ακολουθιών (Nicolson & Fawcett, 1990, 1995). Αυτή η δυσκολία δεν περιορίζεται αποκλειστικά στον τομέα της ανάγνωσης, αλλά αποτελεί έκφραση μιας ευρύτερης ανεπάρκειας στην ικανότητα αυτοματοποίησης, που αντανακλάται και στον κινητικό έλεγχο. Η συγκεκριμένη θεωρία ενισχύεται και από νευροανατομικά και νευροαπεικονιστικά ευρήματα που δείχνουν την ύπαρξη παρεγκεφαλιδικών ανωμαλιών σε άτομα με δυσλεξία (Finch, Nicolson, & Fawcett, 2002; Jenkins et al., 1994; Nicolson et al., 1999; Rae et al., 1998; Rae et al., 2002).

Η θεωρία εντάχθηκε σε ένα ευρύτερο νευρολογικό πλαίσιο, το οποίο εστιάζει στη δυσλειτουργία της παρεγκεφαλίδας και του αιθουσαίου συστήματος, ως πιθανή αιτία των δυσκολιών στην αυτοματοποίηση γνωστικών δεξιοτήτων (Fawcett, Nicolson, & MacLagan, 2001; Nicolson et al., 2002). Ένα ήπιο νευρολογικό έλλειμμα στην παρεγκεφαλίδα ενδέχεται να οδηγήσει σε πληθώρα δυσκολιών, όπως μειωμένη ταχύτητα επεξεργασίας, οπτικοκινητικά προβλήματα, καθώς και ελλείμματα σε βασικές δεξιότητες όπως η άρθρωση και η ακουστική επεξεργασία. Αυτά τα ελλείμματα με τη σειρά τους επηρεάζουν την ορθογραφία, τη γραφή, την ταχεία ονομασία, τη φωνολογική επεξεργασία και τελικά την ικανότητα ανάγνωσης. Ένα βασικό συμπέρασμα της θεωρίας είναι ότι τα παιδιά με δυσλεξία εμφανίζουν και κινητικά ελλείμματα, γεγονός που υποστηρίζει τη διασύνδεση μεταξύ κινητικού ελέγχου και γλωσσικής

επεξεργασίας (Fawcett et al., 2001; Nicolson & Fawcett, 1999; Nicolson, Fawcett, & Dean, 2001).

#### **1.1.6.4 Θεωρία του διπλού ελλείμματος**

Η θεωρία του διπλού ελλείμματος υποστηρίζει ότι δύο ξεχωριστές γνωστικές δυσκολίες, οι φωνολογικές αδυναμίες και η μειωμένη ταχύτητα στην αυτόματη ονομασία, μπορούν να επηρεάσουν την αναγνωστική ικανότητα δρώντας ανεξάρτητα. Με βάση την θεωρία αυτή, οι αναγνώστες ταξινομούνται ανάλογα με την παρουσία ή απουσία των δύο αυτών γνωστικών διαδικασιών. Ο υπότυπος του φωνολογικού ελλείμματος ορίζεται από την ύπαρξη φωνολογικής αδυναμίας, με φυσιολογική ταχύτητα ονομασίας. Ο υπότυπος του ελλείμματος στην ταχύτητα ονομασίας χαρακτηρίζεται από μειωμένη ταχύτητα ονομασίας, ενώ οι φωνολογικές δεξιότητες είναι φυσιολογικές. Ο υπότυπος της διπλής ελλειμματικής υπόθεσης περιλαμβάνει άτομα με ελλείμματα τόσο στη φωνολογική επεξεργασία, όσο και στην ταχύτητα ονομασίας. Όταν συνυπάρχουν και τα δύο ελλείμματα, το άτομο αντιμετωπίζει σοβαρότερες αναγνωστικές δυσκολίες. Αντίθετα, όταν υπάρχει μόνο φωνολογικό πρόβλημα, οι δυσκολίες στην ανάγνωση είναι μέτριες, ενώ το έλλειμμα μόνο στην ταχεία ονομασία προκαλεί συνήθως πιο ήπιες δυσκολίες (Wolf & Bowers, 1999; Norton et al., 2014; Nelson, 2015).

#### **1.2. Διαγνωστικά κριτήρια DSM-5**

Σύμφωνα με το Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th Edition (American Psychiatric Association, 2013, σελ. 66), για να τεθεί η διάγνωση των ΕΜΔ, θα πρέπει να εμφανίζεται τουλάχιστον ένα σύμπτωμα, το οποίο παραμένει για διάστημα άνω των έξι μηνών, παρόλο που το παιδί έχει λάβει τη κατάλληλη υποστήριξη. Ενδέχεται να εμφανιστεί δυσκολία στην ανάγνωση με ευχέρεια και ακρίβεια. Το άτομο διαβάζει τις λέξεις λάθος και με αργό ρυθμό. Επίσης, μπορεί να δυσκολεύεται στη σωστή διεξαγωγή του νοήματος του κειμένου. Δεν

αντιλαμβάνεται την συνοχή, τις λογικές συνδέσεις και τα βαθύτερα συμπεράσματα που προκύπτουν. Στο γραπτό λόγο διαπιστώνονται ορθογραφικά συντακτικά και γραμματικά λάθη, καθώς και αδυναμία στην οργάνωση παραγράφων και στη διατύπωση ιδεών. Στον τομέα των μαθηματικών, παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόηση των αριθμών και μαθηματικών εννοιών. Η αντίληψη του μεγέθους και των σχέσεων των αριθμών, συχνά είναι ελλιπής. Τα άτομα αυτά πολλές φορές καταφεύγουν στην χρήση των δακτύλων, ακόμα και για στοιχειώδεις μαθηματικούς υπολογισμούς. Παράλληλα, συναντούν προκλήσεις στη μαθηματική σκέψη και δεν μπορούν να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους για την επίλυση προβλημάτων.

Οι ακαδημαϊκές δεξιότητες που επηρεάζονται, είναι αισθητά κατώτερες από το αναμενόμενο επίπεδο για την ηλικία του ατόμου, επηρεάζοντας σημαντικά την απόδοση του στο σχολικό ή στο εργασιακό περιβάλλον, αλλά και σε όλη την καθημερινότητά του, όπως καταδεικνύεται μέσω τυποποιημένων ατομικών αξιολογήσεων και εμπεριστατωμένης κλινικής εκτίμησης. Η τυποποιημένη ατομική αξιολόγηση μπορεί να παραλειφθεί σε άτομα ηλικίας άνω των 17 ετών, εάν υπάρχει τεκμηριωμένο ιστορικό ΕΜΔ. Οι μαθησιακές δυσκολίες εμφανίζονται στη σχολική ηλικία αλλά μπορεί να γίνουν εμφανείς όταν οι ακαδημαϊκές απαιτήσεις είναι μεγαλύτερες από τις ελλειπείς δεξιότητες του ατόμου. Τέλος, οι μαθησιακές δυσκολίες δεν μπορούν να αποδοθούν σε άλλους παράγοντες όπως διανοητικές αναπηρίες, προβλήματα όρασης και ακοής, ψυχικές ή νευρολογικές διαταραχές, ανεπαρκή γνώση της γλώσσας ή ανεπαρκή εκπαίδευση.

Η διαγνωστική διαδικασία προϋποθέτει την πλήρη ικανοποίηση των τεσσάρων κριτηρίων τα οποία αξιολογούνται μέσω μιας ολοκληρωμένης κλινικής σύνθεσης. Αυτή περιλαμβάνει το αναπτυξιακό, ιατρικό, οικογενειακό και εκπαιδευτικό ιστορικό του ατόμου, τις σχολικές εκθέσεις, καθώς και τα αποτελέσματα ψυχοεκπαιδευτικών αξιολογήσεων.

### **1.3. Κλινικό προφίλ**

Οι ΕΜΔ χαρακτηρίζονται από μεγάλη ετερογένεια. Αυτό συμβαίνει διότι εμπλέκονται πολλοί γλωσσικοί, γνωστικοί και ψυχοκοινωνικοί παράγοντες. Η κατανόηση των διαφορετικών προφίλ είναι απαραίτητη για την εφαρμογή εξατομικευμένων παρεμβάσεων (Cornoldi et al., 2014; Poletti, 2016).

#### **1.3.1 Χαρακτηριστικά ΕΜΔ**

Η δυσλεξία συνδέεται συχνά με προβλήματα ομιλίας και γλώσσας, καθώς χαρακτηρίζεται από ελλείμματα στη φωνολογία, αλλά και σε άλλους γλωσσικούς τομείς, όπως η κατανόηση της προφορικής γλώσσας (Gooch, Hulme, Nash, & Snowling, 2013). Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών με δυσλεξία παρουσιάζουν και γλωσσικές διαταραχές, ενώ αντίστοιχα ποσοστά εντοπίζονται και στην αντίστροφη περίπτωση (Adlof & Hogan, 2018). Μάλιστα, γλωσσικές δυσκολίες συνήθως εκδηλώνονται πριν την εμφάνιση αναγνωστικών προβλημάτων, γεγονός που καθιστά τις πρώιμες παρατηρήσεις λογοθεραπευτών πολύτιμες για την έγκαιρη ανίχνευση πιθανής δυσλεξίας (Cabbage, Farquharson, Iuzzini-Seigel, Zuk, & Hogan, 2018).

Οι ΕΜΔ παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα εκδηλώσεων, το οποίο διαφοροποιείται ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης. Στην παιδική ηλικία κυριαρχούν δυσκολίες στη σύνδεση ήχων με γράμματα, ενώ στην εφηβεία και την ενήλικη ζωή τα προβλήματα αφορούν περισσότερο την αναγνωστική ευχέρεια, την ορθογραφία και τη γραπτή έκφραση. Αυτές οι προκλήσεις συχνά παραμένουν σε όλη τη διάρκεια της ζωής (Cree, Kay, & Steward, 2012). Η αναγνώριση των σημείων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά που εκδηλώνονται σε κάθε ηλικιακή φάση. Στην προσχολική ηλικία, για παράδειγμα, τυπικά εμφανίζονται δυσκολίες στην εκμάθηση της ομιλίας, των ήχων και γραμμάτων, των χρωμάτων και αριθμών, καθώς και καθυστερήσεις στις λεπτές κινητικές δεξιότητες ή στη γραφοκινητική ανάπτυξη (Nash, Hulme, Gooch, & Snowling, 2013).

Στο γλωσσικό επίπεδο, παρουσιάζονται ελλείμματα στη φωνολογική κωδικοποίηση λέξεων και στη σημασιολογική κατανόηση (Cree, Kay, & Steward, 2012). Συναντώνται εκτεταμένες δυσκολίες που περιλαμβάνουν μειωμένη ταχύτητα ονομασίας, περιορισμένο λεξιλόγιο, φτωχή μορφοσυντακτική ανάπτυξη, αδυναμίες στην πραγματολογία, δυσκολίες στην κατανόηση προφορικού λόγου, στην ορθή παραγωγή πολυσύλλαβων λέξεων και αδυναμία στο να λένε ακολουθίες όπως ημέρες της εβδομάδας, μήνες κλπ. Οι αδυναμίες αυτές συγκροτούν ένα αλλοιωμένο γλωσσικό προφίλ στον πληθυσμό με δυσλεξία και αποτυπώνουν δυσκολίες στην πρόσβαση στο λειτουργικό λεξικό και στην αποτελεσματική ενεργοποίηση των μηχανισμών αυτόματης ανάγνωσης. Επιπλέον, δυσκολεύονται να μάθουν ξένες γλώσσες και έχουν προβλήματα στην οργάνωση του λόγου (Hall, 2008; López-Zamora, Porcar-Gozalbo, García, & Cano-Villagrasa, 2025).

Από νευροψυχολογική άποψη, οι γλωσσικές αυτές δυσκολίες αποδίδονται σε δομικές και λειτουργικές ανωμαλίες σε εγκεφαλικές περιοχές που σχετίζονται με την επεξεργασία της γλώσσας, επηρεάζοντας την ακρίβεια της φωνολογικής αποκωδικοποίησης και την ενσωμάτωση των πληροφοριών (López-Zamora et al., 2025).

Τα άτομα με δυσλεξία εμφανίζουν συχνά σημαντικές δυσκολίες στον γραπτό λόγο, όπως ορθογραφικά λάθη, δυσκολία στην ανάκληση πολυσύλλαβων λέξεων και κακό γραφικό χαρακτήρα, με τις αδυναμίες αυτές να παραμένουν ακόμη και σε μεγαλύτερες ηλικίες (IDA, 2019). Παράλληλα, οι αναγνωστικές τους δεξιότητες χαρακτηρίζονται από αργή και ανακριβή ανάγνωση, καθώς και από δυσκολίες στην αποκωδικοποίηση και κατανόηση των λέξεων (Cree, Kay, & Steward, 2012).

Η κεντρική σημασία των φωνολογικών δεξιοτήτων στην ανάπτυξη της ανάγνωσης και της γραφής έχει επιβεβαιωθεί διαγλωσσικά. Ωστόσο, σε γλώσσες με αδιαφανές ορθογραφικό

σύστημα, όπως τα Αγγλικά, οι προκλήσεις είναι ακόμη μεγαλύτερες, καθιστώντας συχνά απαραίτητη την εξειδικευμένη διδασκαλία στην ανάγνωση και στην ορθογραφία (Cree et al., 2012; Ziegler & Goswami, 2005).

Οι δυσκολίες δεν περιορίζονται στη γλώσσα, αλλά συχνά επεκτείνονται και στον τομέα των μαθηματικών όπου δυσκολεύονται στην εκμάθηση αριθμών και στην κατανόηση ποσοτήτων, σε μαθηματικούς υπολογισμούς και δεν μπορούν να μάθουν τους πίνακες πολλαπλασιασμού. Το γεγονός αυτό επηρεάζει συνολικά τη σχολική επίδοση των μαθητών με δυσλεξία (IDA, 2019; Hall, 2008).

Συνολικά, περίπου το 30% των παιδιών με ΕΜΔ παρουσιάζει συναισθηματικά και συμπεριφορικά προβλήματα (McGee et al., 1986). Αυτά ταξινομούνται ως εσωτερικευμένα, όπως άγχος, κατάθλιψη, κοινωνική απόσυρση και σωματικά συμπτώματα ή ως εξωτερικευμένα, που περιλαμβάνουν επιθετικότητα, προβλήματα διαγωγής, παραβίαση κανόνων και προκλητική συμπεριφορά (Achenbach & Edelbrock, 1978; Prior et al., 1999). Τα παιδιά με ΕΜΔ παρουσιάζουν συχνότερα άγχος αποχωρισμού, καθώς και γενικευμένο και κοινωνικό άγχος σε σύγκριση με συνομηλίκους χωρίς μαθησιακές δυσκολίες.

Η βιβλιογραφία δείχνει ότι τα παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες συχνά εμφανίζουν εσωτερικευμένα συμπτώματα (Bonifacci et al., 2016; Dahle & Knivsberg, 2013; Sideridis, 2007). Ειδικότερα, η δυσλεξία έχει αναγνωριστεί ως παράγοντας κινδύνου για την εμφάνιση αυξημένων εσωτερικευμένων συμπτωμάτων σε όλες τις ηλικίες (Mugnaini et al., 2009).

Σε γνωστικό επίπεδο, τα άτομα με δυσλεξία εμφανίζουν δυσκολίες στην εργαζόμενη μνήμη, η οποία επηρεάζει την προσωρινή αποθήκευση πληροφοριών κατά την ανάγνωση και τη γραφή (Baddeley, 1992). Οι ελλείψεις αυτές σχετίζονται με προβλήματα στο λεξιλόγιο, την

ορθογραφία, τον σχηματισμό λέξεων και τη γραπτή έκφραση (Berninger, Richards, & Abbott, 2015; Shaywitz, Morris, & Shaywitz, 2008).

Παράλληλα, δυσκολεύονται σε εκτελεστικές λειτουργίες όπως η προσοχή, η γνωστική ευελιξία, ο ανασταλτικός έλεγχος, ο προγραμματισμός και η οργάνωση, που είναι απαραίτητες για τη σωστή κατανόηση κειμένου και την αποτελεσματική ανάγνωση (Beneventi et al., 2010; Reiter et al., 2005; Varvara et al., 2014). Οι δυσκολίες αυτές οδηγούν σε αργή, κοπιώδη ανάγνωση και μειωμένη κατανόηση, καθώς οι γνωστικοί πόροι επικεντρώνονται κυρίως στην αποκωδικοποίηση λέξεων (Booth et al., 2010; Martinelli & Schembri, 2014).

Το διανοητικό προφίλ των παιδιών με ΕΜΔ διαφοροποιείται από εκείνο των παιδιών με τυπική ανάπτυξη. Παρά τις καλές γενικές διανοητικές ικανότητες, τα παιδιά με ΕΜΔ συχνά εμφανίζουν αδυναμίες σε συγκεκριμένες γνωστικές δεξιότητες που υποστηρίζουν τη σχολική μάθηση (Cornoldi, Giofrè, Orsini, & Pezzuti, 2014; De Weerd, Desoete, & Roeyers, 2013; Giofrè & Cornoldi, 2015; Peng & Fuchs, 2016). Σύμφωνα με τους δείκτες της WISC-IV, οι δείκτες λεκτικής κατανόησης και αντιληπτικού συλλογισμού, που μαζί συνθέτουν τον γενικό δείκτη ικανότητας, διατηρούνται στα παιδιά με ΕΜΔ. Αντίθετα, οι δείκτες εργαζόμενης μνήμης και ταχύτητας επεξεργασίας, που μαζί αποτελούν τον δείκτη γνωστικής επάρκειας, παρουσιάζουν σημαντικά ελλείμματα (Cornoldi et al., 2014; De Clercq-Quaegebeur et al., 2010; Poletti, 2016).

Συνολικά, το διανοητικό προφίλ των παιδιών με ΕΜΔ χαρακτηρίζεται από ισχυρές επιδόσεις στη λεκτική κατανόηση και τον αντιληπτικό συλλογισμό, ενώ οι περιοχές της εργαζόμενης μνήμης και της ταχύτητας επεξεργασίας παρουσιάζουν εμφανή αδυναμία (Cornoldi et al., 2014; Poletti, 2016).

Υπάρχει μια κατηγορία παιδιών με δυσλεξία που θεωρούνται χαρισματικά, τα οποία παρουσιάζουν προκλήσεις για εκπαιδευτικούς και ειδικούς. Παρά τις υψηλές λεκτικές και γνωστικές δεξιότητες, εμφανίζουν δυσκολίες στη φωνολογική επίγνωση και στην ταχεία ονομασία. Η δυσλεξία τους συχνά παραμένει κρυφή, καθώς οι ικανότητές τους μπορούν να καλύψουν τα τυπικά ελλείμματα σε προφορικές και γραπτές γλωσσικές δεξιότητες (van Viersen, Kroesbergen, Slot, & de Bree, 2016; Nielsen, Abbott, Griffin, Lott, Raskind, & Berninger, 2016).

Παρόμοια, τα συμπτώματα της δυσλεξίας στους ενήλικες συχνά δεν είναι εμφανή, καθώς πολλά άτομα έχουν αναπτύξει στρατηγικές για να αντισταθμίζουν τις δυσκολίες τους. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να συνεχίζουν να εμφανίζουν γνωστικές προκλήσεις, όπως περιορισμένη φωνολογική επίγνωση, δυσκολίες στη γρήγορη ονομασία, ελλείμματα στην εργαζόμενη μνήμη και δυσκολίες στη γραπτή γλώσσα, μαζί με άλλα γνωστικά και γλωσσικά προβλήματα (Kilpatrick, 2015).

### **1.3.2 Συννοσηρότητες**

Η δυσλεξία συχνά δεν εμφανίζεται ως μεμονωμένη διαταραχή, αλλά συνυπάρχει με πλήθος άλλων νευροαναπτυξιακών και ψυχιατρικών παθήσεων (Evans et al., 2005). Οι πρώιμες γλωσσικές και κινητικές δεξιότητες των παιδιών μπορούν να αποτελέσουν προγνωστικούς δείκτες για τις μελλοντικές τους ικανότητες στην ανάγνωση (Gooch et al., 2014). Η έγκαιρη αναγνώριση και κατανόηση των συννοσηροτήτων μεταξύ αναπτυξιακών Δυσκολιών αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την ανάπτυξη στρατηγικών πρώιμης παρέμβασης και υποστήριξης (Lord et al., 2018).

Η διαταραχή ελλειμματικής προσοχής/υπερκινητικότητα (ΔΕΠ-Υ) εμφανίζεται σε μεγάλη συχνότητα σε παιδιά με δυσλεξία, σε σύγκριση με τον γενικό πληθυσμό (Pennington, 1991). Σε δείγματα παιδιών με δυσκολίες στην ανάγνωση, ένα σημαντικό ποσοστό, μεταξύ 18%

και 42%, πληροί τα διαγνωστικά κριτήρια για ΔΕΠΥ, γεγονός που αναδεικνύει τη συχνή συννοσηρότητα μεταξύ των δύο Δυσκολιών (Gayan et al., 2005; Gilger et al., 1992; Willcutt & Pennington, 2000). Τα προβλήματα προσοχής στην προσχολική ηλικία έχουν βρεθεί ότι προβλέπουν την αναγνωστική επίδοση (Rabiner, Coie & Conduct Problems Prevention Research Group, 2000). Αυτό οφείλεται στην ύπαρξη κοινών γενετικών παραγόντων κινδύνου που επηρεάζουν την ανάπτυξη τόσο των δυσκολιών ανάγνωσης όσο και των προβλημάτων προσοχής (π.χ. McGrath et al., 2010· Willcutt et al., 2007).

Η δυσλεξία, εκτός από τη διαταραχή ελλειμματικής προσοχής -υπερκινητικότητα (ΔΕΠ-Υ), συνυπάρχει και με άλλες διαταραχές που σχετίζονται με τη γλωσσική ανάπτυξη, όπως η γλωσσική διαταραχή και η αρθρωτική διαταραχή (Catts et al., 2002; Catts et al., 2008; Peterson et al., 2009). Η πρώτη περιλαμβάνει δυσκολίες στην κατανόηση και παραγωγή, στη σύνταξη και τη σημασιολογία ενώ η δεύτερη εκδηλώνεται με προβλήματα στην ακριβή και κατανοητή παραγωγή φωνημάτων. Η συνύπαρξη αυτών των δυσκολιών με τη δυσλεξία φαίνεται να σχετίζεται με κοινούς νευρογνωσιακούς και αιτιολογικούς παράγοντες (Pennington & Bishop, 2009; Willcutt et al., 2010). Αυτές οι συννοσηρότητες έχουν ιδιαίτερη κλινική σημασία, καθώς η διάγνωση τους μπορεί να γίνει σε μικρότερη ηλικία από αυτή της διάγνωσης της δυσλεξίας, η οποία γίνεται μετά την έναρξη της σχολικής διδασκαλίας. Αυτό σημαίνει ότι η έγκαιρη αναγνώριση της ΔΕΠ-Υ, της διαταραχής άρθρωσης ή της γλωσσικής διαταραχής μπορεί να λειτουργήσει ως δείκτης για αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης δυσκολιών ανάγνωσης.

Σε σχετική μελέτη, παρατηρήθηκε ότι περίπου το 25% των παιδιών σχολικής ηλικίας (7 έως 12 ετών) που αντιμετωπίζουν προβλήματα στην ανάγνωση, παρουσιάζουν επίσης μαθηματικές δυσκολίες (Landerl & Moll, 2010). Συνεπώς, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι

πολλά παιδιά με δυσλεξία ενδέχεται να παρουσιάζουν ευρύτερες μαθησιακές δυσκολίες στο σχολικό περιβάλλον.

Σύμφωνα με έρευνες η Αναπτυξιολογική Διαταραχή Συντονισμού (DCD), συναντάται σε ποσοστό της τάξεως του 32,3% σε παιδιά με ΕΜΔ (Blank et al., 2012), δηλαδή 6 φορές περισσότερο από ότι στον γενικό πληθυσμό. Οι δυσκολίες αυτές περιλαμβάνουν αδυναμία στη λεπτή κινητικότητα των χεριών και δακτύλων (Iverson & Braddock, 2011), οι οποίες μπορεί να εμφανίζονται σε καθημερινές δεξιότητες όπως το κούμπωμα ρούχων (Hill & Bishop, 1998). Επιπλέον, παρατηρούνται ελλείμματα σε αδρές κινήσεις, όπως η ισορροπία και το πιάσιμο (Hill, 2001), δυσκολίες στις αναπαραστατικές χειρονομίες (Hill, Bishop, & Nimmo-Smith, 1998) και μειωμένη προτίμηση χεριού (Iverson, 2010).

Η ψυχιατρική συννοσηρότητα στα παιδιά με ΕΜΔ είναι υψηλή. Περισσότερο από το 60% των παιδιών με δυσλεξία παρουσιάζουν τουλάχιστον μία επιπλέον ψυχιατρική διαταραχή, με τις αγχώδεις διαταραχές να αποτελούν μια συχνή συννοσηρότητα (Nelson & Harwood, 2011). Ο Altay και ο Görker (2018) ανέφεραν ότι το 92,5% του δείγματός τους εμφανίζει τουλάχιστον μία συνυπάρχουσα ψυχιατρική διαταραχή, με συχνότερες την ειδική φοβία και την αντικοινωνική προκλητική διαταραχή. Σε παρόμοια μελέτη, οι Sahu et al. (2019) διαπίστωσαν ότι παιδιά με ΕΜΔ μικτού τύπου παρουσίαζαν κοινωνικό άγχος, αντικοινωνική προκλητική διαταραχή, δυσκολίες στις εκτελεστικές λειτουργίες, προβλήματα στις σχέσεις με συνομηλίκους και αυξημένη επιθετικότητα.

Η συνύπαρξη των αγχωδών Δυσκολιών με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες, όπως η δυσλεξία, η δυσορθογραφία και η δυσαριθμησία, επιδεινώνει τα κλινικά συμπτώματα και προκαλεί αύξηση των επιπέδων άγχους, με αρνητικές συνέπειες στην ποιότητα ζωής, στην

ακαδημαϊκή απόδοση και στις διαπροσωπικές σχέσεις των παιδιών που επηρεάζονται (Chieffo et al., 2023; Darweesh et al., 2020; Zavadenko et al.)

Η σύγχρονη προσέγγιση αντιμετωπίζει πλέον τη δυσλεξία ως μια πολύπλοκη διαταραχή που συχνά συνυπάρχει με άλλες διαταραχές και όχι ως μια ξεχωριστή κατηγορία. Αυτή η πολυδιάστατη θεώρηση έχει σημαντικό αντίκτυπο τόσο στην κατανόηση των αιτιών της όσο και στον σχεδιασμό αποτελεσματικών παρεμβάσεων (Plomin & Kovas, 2005; Snowling et al., 2009).

#### **1.4. Πρώιμες Ενδείξεις των ΕΜΔ**

Οι πρώιμες ενδείξεις ΕΜΔ στην προσχολική ηλικία αποτελούν αντικείμενο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για την επιστημονική κοινότητα, καθώς η έγκαιρη αναγνώρισή τους μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στην πρόληψη δευτερογενών δυσκολιών και την ενίσχυση της σχολικής ετοιμότητας (Snowling & Hulme, 2012). Στην αναπτυξιακή αυτή φάση, τα παιδιά καλούνται να κατακτήσουν βασικές δεξιότητες όπως η φωνολογική επίγνωση, η ακουστική και οπτική διάκριση, η προμαθηματική σκέψη, η λεπτή κινητικότητα και η συγκέντρωση της προσοχής (Torgesen, 2004). Όταν η εξέλιξη αυτών των δεξιοτήτων παρουσιάζει σημαντική καθυστέρηση ή απόκλιση από το αναπτυξιακό αναμενόμενο, ενδέχεται να υποδηλώνει την παρουσία ειδικών μαθησιακών δυσκολιών με νευροβιολογική βάση, όπως η δυσλεξία, η δυσαριθμησία ή η δυσγραφία (Lyon, Shaywitz, & Shaywitz, 2003). Οι ενδείξεις αυτές δεν αποτελούν από μόνες τους διάγνωση, ωστόσο μπορούν να λειτουργήσουν ως πολύτιμα εργαλεία για την έγκαιρη παρέμβαση.

Σε αυτό το πλαίσιο, η οικογένεια και κυρίως οι γονείς διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην παρατήρηση των πρώτων ενδείξεων πιθανών ΕΜΔ, καθώς είναι οι πρώτοι που έρχονται σε επαφή με τις συμπεριφορές και τις δεξιότητες του παιδιού (Karande, 2008). Συμπτώματα όπως η αργοπορημένη ανάπτυξη λόγου, οι δυσκολίες στην κατανόηση και έκφραση, η δυσχέρεια στην

εκτέλεση απλών οδηγιών ή η φτωχή μνήμη εργασίας, συχνά παρατηρούνται στο οικογενειακό περιβάλλον πριν ακόμη το παιδί ενταχθεί σε κάποιο εκπαιδευτικό πλαίσιο (Psycharis & Lappas, 2010). Οι γονείς, ωστόσο, ενδέχεται να αγνοήσουν αυτές τις ενδείξεις, αποδίδοντάς τες σε προσωρινή καθυστέρηση ή «ιδιοσυγκρασία» του παιδιού. Η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση των γονέων μέσω εκπαιδευτικών και ειδικών παρεμβάσεων κρίνεται απαραίτητη, ώστε να προωθηθεί η συνεργασία με επαγγελματίες υγείας και εκπαιδευτικούς και να επιτευχθεί έγκαιρη υποστήριξη του παιδιού (Nikolaou & Koutsouki, 2015).

Εξίσου σημαντικό ρόλο έχουν και οι εκπαιδευτικοί της προσχολικής αγωγής καθώς έχουν τη δυνατότητα να παρατηρούν το παιδί σε διαφορετικά μαθησιακά και κοινωνικά περιβάλλοντα (Dockrell & Lindsay, 2001). Η συστηματική παρατήρηση της συμπεριφοράς των παιδιών, η αξιολόγηση της συμμετοχής τους σε δραστηριότητες, η ανάπτυξη της προφορικής τους έκφρασης, της λεπτής κινητικότητας, της αρίθμησης, της αντίληψης χωρικών εννοιών και της κοινωνικής αλληλεπίδρασης, μπορεί να αποκαλύψει αποκλίσεις από το αναμενόμενο αναπτυξιακό προφίλ. Ιδιαίτερα όταν οι δυσκολίες αυτές είναι σταθερές, έντονες και δεν εξαλείφονται με τη συστηματική παιδαγωγική ενίσχυση, καθίσταται αναγκαία η παραπομπή σε ειδικούς για περαιτέρω αξιολόγηση (Giannitsas & Kyridis, 2006). Οι παιδαγωγοί αποτελούν επομένως έναν από τους βασικούς κρίκους στην αλυσίδα της πρώιμης παρέμβασης, καθώς μπορούν να ενεργοποιήσουν εγκαίρως τον απαραίτητο μηχανισμό υποστήριξης του παιδιού.

Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά πρώιμα σημάδια της δυσλεξίας σχετίζεται με τη γλωσσική ανάπτυξη. Σε παιδιά με δυσλεξία, η ανάπτυξη της ομιλίας μπορεί να ξεκινήσει αργότερα, συχνά από τον 15ο μήνα έως περίπου την ηλικία των δύο ετών (Lyytinen, Eklund & Lyytinen, 2005; Rescorla, 2000; Shaywitz, 2003). Σύμφωνα με έρευνες παιδιών με οικογενειακό ιστορικό δυσλεξίας, τα οποία αργότερα διαγνώστηκαν επίσημα, τα παιδιά μπορεί να έχουν

μειωμένη σαφήνεια στην προφορά τους από την ηλικία των 2 ετών και έξι μηνών μέχρι και την ηλικία των έξι ετών (Scarborough, 1990). Μπορεί επίσης να κάνουν φωνολογικά λάθη και να προφέρουν άλλες λέξεις (Butler et al., 1985; Silva, McGee, & Williams, 1985).

Η αναπαράσταση, ανάκληση ή μεταγλωσσική ανάλυση φωνολογικών πληροφοριών αποτελούν σημαντικούς δείκτες για την πρόγνωση της αναγνωστικής πορείας του παιδιού (Share et al., 1984; Stanovich, Cunningham & Cramer, 1984; Stuart & Coltheart, 1988; Wagner & Torgesen, 1987). Επιπλέον, σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με ΕΜΔ εμφανίζονται αδυναμίες στη φωνολογική έκφραση (Butler et al., 1985; Silva, McGee & Williams, 1985), αλλά και στη φωνολογική επίγνωση (Lundberg, Olofsson & Wall, 1980; Mann, 1984; Mann & Ditunno, 1990; Stanovich, Cunningham & Cramer, 1984; Stuart & Coltheart, 1988). Επιπρόσθετα, πρόιμη ένδειξη δυσλεξίας μπορεί να είναι η δυσκολία ενός παιδιού ηλικίας τεσσάρων ετών να τραγουδήσει παιδικά τραγούδια και ομοιοκαταληξίες (Shaywitz, 2003). Άλλη μια πρόιμη ένδειξη δυσλεξίας μπορεί να αποτελεί και η λανθασμένη προσωδία.

Παράλληλα, πρόιμες ενδείξεις μπορεί να εμφανίζονται και στην συντακτική δομή και στη γραμματική. Τα παιδιά που μετέπειτα διαγιγνώσκονται με δυσλεξία, συνήθως κατά την προσχολική ηλικία δυσκολεύονται στην πολυπλοκότητα των συντακτικών δομών και έχουν μειωμένη συντακτική επίγνωση (Tunmer, Herriman & Nesdale, 1988) ήδη από την ηλικία των 30 μηνών (Scarborough, 1991). Κάνουν μικρές προτάσεις στην ηλικία των 2 ετών και λιγότερη χρήση κλιτικής μορφολογίας στην εκφραστική γλώσσα (Lyytinen et al., 2001; Lyytinen et al., 2004; Nieminen, 2007; Richardson, 1998; Torvelainen, 2007; Turunen, 2003).

Το λεξιλόγιο και η γενικότερη γλωσσική κατανόηση αποτελούν επίσης καθοριστικούς παράγοντες στην πρόιμη αντίχνευση. Το λεξιλόγιο του παιδιού ηλικίας δύο ετών και έξι μηνών μπορεί να αποκαλύψει την πρόγνωση του στην ανάγνωση. Τα παιδιά που έχουν δυσλεξία τείνουν

να έχουν περιορισμένο λεξιλόγιο, να χρησιμοποιούν πιο απλές και σύντομες προτάσεις και να εμφανίζουν δυσκολίες τόσο στην κατανόηση όσο και στην παραγωγή λέξεων. Ειδικότερα, έχουν παρατηρηθεί δυσκολίες στην αναγνώριση και ονομασία αντικειμένων, καθώς και στην κατανόηση λέξεων και εννοιών στην ηλικία των τεσσάρων ετών ( Wolf & Goodglass, 1986). Τα παιδιά με οικογενειακό ιστορικό παράγουν λιγότερες λέξεις κλειστών κατηγοριών και ρήματα (Koster et al., 2005).

Τέλος, οι πρώιμες δυσκολίες δεν περιορίζονται μόνο στον γλωσσικό τομέα, αλλά συχνά επεκτείνονται και σε γνωστικές και κινητικές δεξιότητες. Τα παιδιά προσχολικής ηλικίας με ΕΜΔ δυσκολεύονται να μάθουν τους αριθμούς και να μετρήσουν (Houssart, 2001). Επιπλέον, υπάρχει δυσκολία στις λεπτές κινητικές δεξιότητες, οι οποίες μπορεί να καθυστερήσουν στο 90% των παιδιών με δυσλεξία (Raschle, Zuk, & Gaab, 2012). Επίσης, δυσκολεύονται στην ώρα, στην κατεύθυνση, στον προσανατολισμό και την διάκριση των χρωμάτων (Goody & Reinhold, 1961; Hornsby, 2011 ; Raschle, Zuk, & Gaab, 2012).

#### **1.4.1. Μακροπρόθεσμες Συνέπειες**

Οι επιπτώσεις των ΕΜΔ είναι εμφανείς σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, αλλά και στην ενήλικη ζωή, επομένως δεν αποτελεί μόνο μια παιδική διαταραχή που εντοπίζεται κατά τη σχολική ηλικία. Οι ενήλικες με ΕΜΔ ενδέχεται να αντιμετωπίσουν προβλήματα στον κοινωνικό, στον επαγγελματικό, αλλά και στον ψυχικό τομέα (Beitchman et al. 2003; Conti-Ramsden and Botting 2004; Clegg et al. 2005). Οι μακροπρόθεσμες αυτές συνέπειες αναδεικνύουν την σημασία της πρώιμης διάγνωσης και στοχευμένης υποστήριξης.

Η σοβαρότητα αυτών των επιπτώσεων καθίσταται ακόμη πιο έντονη όταν η δυσκολία στην ανάγνωση δεν εντοπίζεται και δεν αντιμετωπίζεται εγκαίρως. Η δυσκολία στην ανάγνωση τείνει να επιδεινώνεται με την πάροδο του χρόνου, ιδιαίτερα όταν καθυστερεί να αντιμετωπιστεί.

Οι αδύναμοι αναγνώστες συχνά αδυνατούν να αξιοποιήσουν και να στηριχθούν επαρκώς στις υπάρχουσες γνώσεις τους ώστε να εξελίξουν τις αναγνωστικές τους δεξιότητες οπότε γίνονται ακόμα πιο αδύναμοι (Stanovich, 1986).

Η περαιτέρω όξυνση των αναγνωστικών δυσκολιών συμβαίνει καθώς τα παιδιά με δυσλεξία αφιερώνουν λιγότερο χρόνο στο εξωσχολικό διάβασμα από ό,τι οι συνομήλικοί τους (Norton, Beach, Gabrieli, 2015). Η ανάπτυξη του λεξιλογίου, η ποικιλία στις συντακτικές δομές και γνωστικές δεξιότητες όπως η λεκτική μνήμη εργασίας και η ευχέρεια στην ανάκληση λέξεων και μορφημάτων ενισχύονται σημαντικά μέσω της αναγνωστικής δραστηριότητας. Όταν η αναγνωστική ικανότητα δεν ενισχύεται επαρκώς, τα προβλήματα στη σημασιολογική επεξεργασία επιδεινώνονται με την ηλικία. Έτσι, με την πάροδο των σχολικών χρόνων διευρύνεται το χάσμα μεταξύ ενός καλού και ενός αδύναμου αναγνώστη (Vellutino et al., 1995). Αποτέλεσμα μπορεί να είναι η γενικότερη χαμηλή σχολική επίδοση που προκαλεί δυσμενείς συνθήκες για τον μαθητή στο σχολικό περιβάλλον.

Παιδιά με μαθησιακές διαταραχές συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην ψυχοσυναισθηματική τους ανάπτυξη, ενώ δεν είναι σπάνιο να εμφανίζουν και εμπόδια στην κοινωνική τους αλληλεπίδραση. Παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα άγχους και κατάθλιψης, σε σχέση με τον γενικό πληθυσμό, κάτι που συνοδεύεται από χαμηλή αυτοεκτίμηση (Abosi & Koen, 2021; Nelson & Harwood, 2011). Το διαρκές αίσθημα απογοήτευσης και σύγχυσης που βιώνουν στο σχολείο, σε συνδυασμό με τις ασυνέπειες στην επίδοσή τους, εντείνει το άγχος, ιδιαίτερα σε νέες καταστάσεις. Το άγχος είναι το συχνότερα αναφερόμενο ψυχολογικό σύμπτωμα στους ενήλικες με ΕΜΔ. Παράλληλα, η απογοήτευση από σχολικές ή κοινωνικές απαιτήσεις συχνά εκδηλώνεται ως θυμός, ο οποίος μπορεί να στραφεί προς τους γονείς, με τις μητέρες να αποτελούν συχνό αποδέκτη αυτής της συναισθηματικής έντασης στο σπίτι (Sako,

2016). Οι ψυχολογικές συνέπειες των ΕΜΔ μπορεί να οδηγήσουν σε συμπεριφορικά προβλήματα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής (Chieffo et al., 2023).

Οι συνέπειες των ΕΜΔ, δεν περιορίζονται μόνο στο ψυχολογικό και κοινωνικό επίπεδο αλλά επεκτείνονται και στο ακαδημαϊκό και επαγγελματικό πεδίο. Οι εκπαιδευτικές προοπτικές των ατόμων με ΕΜΔ φαίνεται να είναι περιορισμένες, καθώς είναι λιγότερο πιθανό να ολοκληρώσουν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Jilmerson et al., 2000) ή να συνεχίσουν σε σπουδές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Dougherty, 2003). Παράλληλα, διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο εμπλοκής με το σύστημα ποινικής δικαιοσύνης, όπως φαίνεται από το γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσοστό ανήλικων και ενηλίκων κρατουμένων (28-45% και 20-30% αντίστοιχα) έχει ιστορικό ειδικών ειδικών μαθησιακών δυσκολιών (Gaab, 2019). Οι ενήλικες αντιμετωπίζουν επίσης μεγαλύτερες πιθανότητες ανεργίας και όταν εργάζονται, τα ετήσια εισοδήματά τους τείνουν να είναι χαμηλότερα από τον εθνικό μέσο όρο, κυρίως λόγω ελλείψεων στα απαιτούμενα ακαδημαϊκά προσόντα για επαγγελματική πρόοδο (Cortelia & Horowitz, 2014).

#### **1.4.2. Σημασία Πρώιμης Διάγνωσης και Παρέμβασης**

Η έγκαιρη ανίχνευση της δυσλεξίας είναι καθοριστική για την επιτυχία της παρέμβασης, καθώς επιτρέπει τον έγκαιρο σχεδιασμό εξατομικευμένων στρατηγικών και συμβάλλει στην πρόληψη των ακαδημαϊκών και ψυχοκοινωνικών συνεπειών που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν τα παιδιά με αναγνωστικές δυσκολίες (Hutchinson et al., 2004; Schneider et al., 1999). Όταν οι δυσκολίες εντοπίζονται σε πρώιμα στάδια, όπως στην προσχολική ή την αρχή της σχολικής ηλικίας, η παρέμβαση μπορεί να εφαρμοστεί πιο άμεσα και να αποτρέψει την εμφάνιση σχολικών αποτυχιών και συναισθημάτων μειονεξίας (Torgesen, 2000). Αντιθέτως, η καθυστερημένη διάγνωση, συχνά μετά τις πρώτες τάξεις του δημοτικού, συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο χαμηλής

αυτοεκτίμησης και ψυχολογικής επιβάρυνσης (Riddick, 2009). Επιπλέον, σύμφωνα με τους Morgan και Klein (2000), άτομα που δεν διαγνώστηκαν εγκαίρως ανέφεραν ότι βίωσαν διαχρονικά συναισθήματα ανεπάρκειας, απογοήτευσης και θυμού.

Η σημασία της έγκαιρης αναγνώρισης των ΕΜΔ είναι κρίσιμη καθώς μπορεί να μειώσει μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στη σχολική φοίτηση και στη συναισθηματική ευημερία των παιδιών (Verhaert et al., 2008). Μελέτες υπογραμμίζουν ότι, με σωστή πρώιμη παρέμβαση και προσαρμοσμένη διδασκαλία, τα περισσότερα παιδιά με ΕΜΔ μπορούν να αναπτύξουν επαρκείς σχολικές δεξιότητες και να μειώσουν τα αρνητικά συναισθηματικά αποτελέσματα που συνοδεύουν τη σχολική αποτυχία (Lowenthal, 2007; O'Neill, Connor & Mejias, 2015).

Η αποτελεσματικότητα της πρώιμης παρέμβασης υποστηρίζεται περαιτέρω από ερευνητικά δεδομένα, τα οποία δείχνουν ότι τα παιδιά μέσω αυτής θα μπορούν να ξεκινήσουν την πρωτοβάθμια εκπαίδευση δίχως να υστερούν σημαντικά σε σχέση με τους συμμαθητές τους και θα μπορέσουν να αφοσιωθούν στην εξέλιξη των ικανοτήτων τους αντί για την απόκτηση τους (Richardson, Kulju, Torvelainen, 2009). Όταν οι αρχάριοι αναγνώστες που παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο για αναγνωστικές δυσκολίες λαμβάνουν εντατική και έγκαιρη υποστήριξη μέσω παρεμβατικών προγραμμάτων, ένα μεγάλο ποσοστό που κυμαίνεται μεταξύ 56% και 92%, κατορθώνει να αναπτύξει αναγνωστικές δεξιότητες σε επίπεδα αντίστοιχα με τον μέσο όρο (Torgesen, 2004). Η συμβολή της οικογένειας και των εκπαιδευτικών θεωρείται καθοριστική στην παρατήρηση πρώιμων ενδείξεων, ώστε να ενεργοποιηθούν υποστηρικτικοί μηχανισμοί προτού οι δυσκολίες παγιωθούν (Hogan & Thomson, 2010).

Προκειμένου να επιτευχθεί αυτή η πρώιμη αναγνώριση, κεντρικό ρόλο διαδραματίζει η αξιολόγηση θεμελιωδών δεξιοτήτων που προηγούνται της ανάγνωσης κατά την προσχολική ηλικία καθώς συμβάλλουν σημαντικά στην πρόβλεψη μελλοντικών δυσκολιών και στη

στοχευμένη ανίχνευση παιδιών με πιθανότητα εμφάνισης δυσλεξίας. Σύμφωνα με μελέτες, οι πιο αξιόπιστοι πρώιμοι δείκτες για μελλοντικές δυσκολίες στην ανάγνωση, πέρα από το οικογενειακό ιστορικό είναι η φωνολογική επίγνωση, η ταχύτητα αυτοματοποιημένης ονομασίας (δηλαδή η γρήγορη και ακριβής ονομασία χρωμάτων, αντικειμένων ή γραμμάτων), η αναγνώριση γραμμάτων του αλφαβήτου, η δυσκολία ανάκλησης πληροφοριών, οι χρονικές και χωρικές δεξιότητες και το επίπεδο λεξιλογίου του παιδιού ( Balci, 2020; Kirby, Desrochers, Roth, & Lai, 2008; Ozernov-Palchik, Norton, et al., 2016; Scarborough, 1998; Schatschneider, Fletcher, Francis, Carlson, & Foorman, 2004). Αν και οι παραπάνω δείκτες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στην ανίχνευση παιδιών που είναι πιθανό να παρουσιάσουν δυσκολίες στην ανάγνωση, παρουσιάζουν χαμηλή ακρίβεια ως προς τον αποκλεισμό των παιδιών που δεν θα αντιμετωπίσουν τελικά προβλήματα. Επιπλέον, η εγκυρότητα των δεικτών αυτών για σωστή πρόβλεψη σε ατομικό επίπεδο είναι αμφισβητήσιμη από κάποιους ερευνητές (Puolakanaho et al., 2007).

Μία εναλλακτική προσέγγιση για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων περιορισμών που παρουσιάζει η χρήση μίας μόνο αξιολόγησης, είναι η επαναλαμβανόμενη μέτρηση της προόδου των παιδιών κατά τη διάρκεια του νηπιαγωγείου και της πρώτης δημοτικού. Η συστηματική αξιολόγηση των παιδιών διευκολύνει την έγκαιρη αναγνώριση δυσκολιών με μεγάλη ακρίβεια και μειώνει το ποσοστό των μαθητών που δεν ανιχνεύονται (Schatschneider & Torgesen, 2004).

Η παρατεταμένη παραμονή παιδιών με σοβαρές φωνολογικές δυσκολίες χωρίς παρέμβαση οδηγεί σε απώλεια αναγνωστικής εξάσκησης, απαραίτητης για την ανάπτυξη ευχέρειας, λεξιλογίου και κατανόησης κειμένου. Η αναπλήρωση αυτής της χαμένης εμπειρίας καθίσταται δύσκολη όταν η παρέμβαση καθυστερεί για χρόνια. Αν και εντατικές παρεμβάσεις

σε μεγαλύτερους μαθητές μπορούν να βελτιώσουν την αποκωδικοποίηση, την ακρίβεια και την κατανόηση, το έλλειμμα στην αναγνωστική ευχέρεια συχνά παραμένει (Schatschneider & Torgesen, 2004).

Η έγκαιρη ανίχνευση του κινδύνου για δυσλεξία κρίνεται εξαιρετικά σημαντική, καθώς συμβάλλει στην πρόληψη ή στον περιορισμό σοβαρών αρνητικών επιπτώσεων και αξιοποιεί τα οφέλη της πρώιμης διάγνωσης και παρέμβασης (Sanfilippo et al., 2020).

### **1.4.3 Ελληνικά τεστ για την αξιολόγηση ΕΜΔ**

#### **Αθηνά Τεστ (Διάγνωσης Δυσκολιών Μάθησης)**

Το Αθηνά Τεστ (Καραγιαννίδης, Στασινός, & Αναγνωστοπούλου, 1995) αποτελεί ένα από τα πρώτα ολοκληρωμένα ελληνικά διαγνωστικά εργαλεία για την ανίχνευση ΕΜΔ. Είναι ειδικά σχεδιασμένο για παιδιά ηλικίας 5,6 έως 9,11 ετών, με δυνατότητα εφαρμογής σε μεγαλύτερες ηλικίες και αξιολογεί ποικίλες γνωστικές και ακαδημαϊκές δεξιότητες, όπως η οπτικοαντιληπτική ικανότητα, η φωνολογική επίγνωση, η αριθμητική επεξεργασία, η μνήμη, η γλωσσική κατανόηση και η κινητικότητα. Το τεστ αυτό είναι σταθμισμένο στον ελληνικό πληθυσμό και χρησιμοποιείται ευρέως για τον εντοπισμό παιδιών με δυσλεξία, δυσαριθμησία και γενικότερες ΕΜΔ. Σκοπός είναι η στοχευμένη παιδαγωγική παρέμβαση πριν εγκατασταθούν μόνιμα οι μαθησιακές δυσκολίες.

#### **ΜέταΦΩΝ τεστ**

Το Τεστ Μεταφωνολογικής Ανάπτυξης και Αναγνωστικής Ετοιμότητας ως προς τη Φωνολογική Επίγνωση - ΜέταΦων τεστ, είναι ένα εργαλείο που μπορεί με ακρίβεια να ανιχνεύσει πιθανές δυσκολίες στην ανάγνωση και να καθοδηγήσει στο σχεδιασμό προγράμματος αντιμετώπισης. Το τεστ χωρίζεται σε δύο κατηγορίες τα) το Αναπτυξιακό «ΜέταΦΩΝ τεστ» (πλήρης

χορήγηση) για τις ηλικίες 3; 10 - 6;6 ετών, με διαγνωστικό χαρακτήρα για την προσχολική ηλικία και β) το Ανιχνευτικό «ΜέταΦΩΝ τεστ» (βραχεία χορήγηση) για τις ηλικίες 5;0 - 7;0 ετών, για νήπια και μαθητές Α' Δημοτικού. Στόχος του τεστ είναι να αξιολογηθεί όσο το δυνατόν καλύτερα η φωνολογική επίγνωση αποφεύγοντας, κατά το δυνατόν, τη διαμεσολάβηση άλλων σύμφυτων παραγόντων, κυρίως μνημονικών και σημασιολογικών.

### **Δοκιμασία Εκφραστικής και Αντιληπτικής Ικανότητας Λόγου**

Είναι ένα ελληνικό εργαλείο αξιολόγησης του προφορικού λόγου, που στοχεύει στην αποτύπωση της αντιληπτικής και εκφραστικής ικανότητας παιδιών προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (Βογινδρούκας, Γρηγοριάδου & Καμπούρογλου Μ., 2009). Η δοκιμασία εξετάζει την κατανόηση εννοιών, την ικανότητα περιγραφής εικόνων, καθώς και την συντακτική και σημασιολογική ακρίβεια. Είναι χρήσιμο για την πρώιμη ανίχνευση γλωσσικών ελλειμμάτων που συχνά σχετίζονται με μελλοντικές ΕΜΔ.

### **Δοκιμασία Εκφραστικού Λεξιλογίου (ΔΕΛ)**

Η Δοκιμασία Εκφραστικού Λεξιλογίου (ΔΕΛ) αποτελεί την ελληνική έκδοση του Word Finding Vocabulary Test (4η έκδοση) της C.Renfrew. Η δοκιμασία αποτελείται από 50 εικόνες που απεικονίζουν ουσιαστικά από καθημερινά αντικείμενα, γνωστές κατηγορίες αντικειμένων και έχουν καταταχθεί σε αναπτυξιακή σειρά για παιδιά ηλικίας 4- 8 ετών. Είναι ένα εργαλείο που εξετάζει το εκφραστικό λεξιλόγιο και συμβάλει στο θεραπευτικό σχεδιασμό μετά τη συλλογή και αξιολόγηση των δεδομένων. Η δοκιμασία είναι σταθμισμένη στον ελληνικό πληθυσμό (Βογινδρούκας, Πρωτόπαπας & Σιδερίδης, 2009)

### **Δοκιμασία Αξιολόγησης Αναγνωστικών Δεξιοτήτων (ΔΑΔΑ)**

Η ΔΑΔΑ (Παντελιάδου, Αντωνίου & Σιδερίδης, 2018) είναι μία σύγχρονη δοκιμασία αναγνωστικής επίδοσης που σταθμίστηκε στην Ελλάδα. Εστιάζει στη σφαιρική αξιολόγηση της ανάγνωσης, καλύπτοντας τις δεξιότητες της αναγνωστικής αποκωδικοποίησης, της ευχέρειας και της αναγνωστικής κατανόησης. Σκοπός είναι η έγκυρη και αξιόπιστη αξιολόγηση της αναγνωστικής επίδοσης μαθητών που φοιτούν σε όλες τις τάξεις της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Επίσης προτείνεται για α) την έγκαιρη ανίχνευση αναγνωστικών δυσκολιών πριν το τέλος της Α΄ τάξης του δημοτικού, β) τη συνδρομή στη διάγνωση των Ειδικών Αναγνωστικών Δυσκολιών και ειδικότερα της δυσλεξίας και γ) την ποιοτική ανάλυση των αναγνωστικών λαθών και της αναγνωστικής συμπεριφοράς.

### **DysLexML**

Το DysLexML συνιστά ένα καινοτόμο εργαλείο πρώιμου διαγνωστικού ελέγχου για τη δυσλεξία, το οποίο αναπτύχθηκε για χρήση σε ελληνόφωνους μαθητές. Βασίζεται σε αλγορίθμους μηχανικής μάθησης που επεξεργάζονται δεδομένα ιχνηλάτησης οφθαλμικών κινήσεων κατά την ανάγνωση, επιτυγχάνοντας ακρίβεια της τάξεως του 97% στη διάκριση δυσλεξικών από μη δυσλεξικούς μαθητές, μέσω της ανάλυσης εξειδικευμένων δεικτών οφθαλμικής κινητικότητας (Asvestopoulou et al., 2019).

### **Συμπληρωματικά εργαλεία**

- **WISC-V (ελληνική στάθμιση)**

Το WISC-V είναι η ελληνικά σταθμισμένη έκδοση του γνωστού τεστ Wechsler Intelligence Scale for Children, και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της γενικής νοημοσύνης παιδιών ηλικίας 6–16 ετών (Georgas et al., 2022). Το τεστ περιλαμβάνει δείκτες όπως ο Λεκτικός Κατανόησης, η Οπτικοχωρική Ικανότητα, η Εργαζόμενη Μνήμη, η Ταχύτητα Επεξεργασίας και

άλλοι δείκτες γνωστικών λειτουργιών. Αν και δεν αποτελεί τεστ επίδοσης, χρησιμοποιείται συμπληρωματικά για την τεκμηρίωση ότι οι μαθησιακές δυσκολίες δεν απορρέουν από γενικευμένη νοητική υστέρηση αλλά είναι ειδικές.

- **Φωνολογική Ενημερότητα - Πρώιμη Ανίχνευση Δυσλεξίας**

Η φωνολογική ενημερότητα αποτελεί βασικό δείκτη για την πρώιμη ανίχνευση της δυσλεξίας, ιδιαίτερα σε γλώσσες με διαφανή ορθογραφία όπως τα ελληνικά (Rothou, Padeliadu & Sideridis, 2013). Δυσκολίες σε φωνολογικές δεξιότητες, όπως η αναγνώριση και η διαχείριση φωνημάτων, συνδέονται άμεσα με δυσκολίες στην ανάγνωση και την ορθογραφία (Papadopoulos & Tsimpli, 2009). Έρευνες δείχνουν ότι η αξιολόγηση της φωνολογικής ενημερότητας σε προσχολική ηλικία μπορεί να προβλέψει με ακρίβεια την εμφάνιση δυσλεξίας, διευκολύνοντας την έγκαιρη παρέμβαση (Georgiou, Parrila & Papadopoulos, 2017). Η συνδυαστική χρήση τεστ φωνολογικής ενημερότητας και ταχύτητας ονομασίας βελτιώνει περαιτέρω την πρόγνωση και υποστήριξη των παιδιών με μαθησιακές δυσκολίες (Kourkoutas et al., 2001).

## **2. Γνωστικές Λειτουργίες**

Η ανάπτυξη των γνωστικών λειτουργιών παίζει καθοριστικό ρόλο στη διανοητική και συμπεριφορική εξέλιξη του ατόμου και αναγνωρίζεται ως κύριος προγνωστικός δείκτης, ειδικά κατά την πρώιμη παιδική ηλικία. Αποτελούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την απόκτηση δεξιοτήτων σκέψης, μάθησης και ικανοτήτων προσαρμογής, ενώ η ανεπαρκής ανάπτυξή τους συνδέεται συχνά με χαμηλές επιδόσεις σε γνωστικό επίπεδο (Güney & Baran, 2022).

Οι γνωστικές διεργασίες συνιστούν το σύνολο των νοητικών λειτουργιών που επιτρέπουν στον άνθρωπο να αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του, να επεξεργάζεται πληροφορίες και να ανταποκρίνεται αποτελεσματικά σε ποικίλες καταστάσεις (Anderson, 2010). Οι διεργασίες αυτές δεν λειτουργούν μεμονωμένα, αλλά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, δημιουργώντας ένα ενιαίο και πολύπλοκο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών που επιτρέπει στο άτομο να αναπτύσσει στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων και να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος (Sternberg & Sternberg, 2016). Η επιστημονική μελέτη των γνωστικών λειτουργιών είναι σημαντική για την κατανόηση των μηχανισμών πίσω από την συμπεριφορά και συμβάλλει σημαντικά στην έγκαιρη αναγνώριση γνωστικών ή ειδικών ειδικών μαθησιακών δυσκολιών (Kail & Cavanaugh, 2019). Συνεπώς, η εμβάθυνση στις γνωστικές διεργασίες αποτελεί ουσιαστικό εργαλείο για επαγγελματίες στην ψυχολογία, την εκπαίδευση και την ειδική αγωγή.

## **2.1 Γνωστικές λειτουργίες**

Οι γνωστικές λειτουργίες είναι βασικές νοητικές διεργασίες που περιλαμβάνουν την προσοχή, τη μνήμη, τη γλώσσα, την αντίληψη, τη μάθηση, τον συλλογισμό και τη σκέψη οι οποίες συμβάλλουν στη συλλογιστική, στην απόκτηση, επεξεργασία και αποθήκευση πληροφοριών και γνώσεων (Kiely, 2014; Smith, 2019).

Η διαμόρφωση των γνωστικών λειτουργιών είναι αποτέλεσμα συνδυασμού έμφυτων ικανοτήτων, μελετητικών συνηθειών, συμπεριφορικών στάσεων, μαθησιακού υπόβαθρου και στρατηγικών. Σε μικρές ηλικίες, οι βασικές γνωστικές δεξιότητες αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την αναγνώριση ατομικών διαφορών και αποτελούν θεμέλιο για την ανάπτυξη λειτουργικών ικανοτήτων στη μετέπειτα ζωή (Burns, 1980).

Κατά τον σχηματισμό των γνωστικών δομών, δημιουργείται αρχικά ένα δίκτυο σχέσεων το οποίο βασίζεται σε παλαιότερες εμπειρίες. Το δίκτυο αυτό συγκροτείται πρώτα από το σημασιολογικό σύστημα που περιλαμβάνει λογικές έννοιες και συνδέσεις και στη συνέχεια από δομές που σχετίζονται με την αφηρημένη σκέψη (Macizo et al., 2000). Οι γνωστικές λειτουργίες εξελίσσονται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής και το ποσοστό ανάπτυξής τους είναι αναλογικό με τη συχνότητα χρήσης δεξιοτήτων και την εμπλοκή σε δραστηριότητες οι οποίες έχουν μεγαλύτερες γνωστικές απαιτήσεις (Beier & Gilberto, 2015).

Η απόδοση του ανθρώπου σε νοητικές δραστηριότητες συνδέεται με τις γνωστικές λειτουργίες. Επηρεάζονται από ποικίλους παράγοντες, όπως το γνωστικό φορτίο, η εγρήγορση, η κόπωση και η ικανότητα ανίχνευσης λαθών, οι οποίοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της γνωστικής επεξεργασίας (Seet & Bezerianos, 2022).

Η έγκαιρη ανίχνευση δυσλειτουργιών στις γνωστικές λειτουργίες και η υποστήριξη τους ήδη από την προσχολική ηλικία είναι απαραίτητη για την εξέλιξη του παιδιού (Diamond, 2013). Η πρόωπη παρέμβαση στοχεύει στην ενίσχυση βασικών γνωστικών διεργασιών όπως η προσοχή, η μνήμη, οι εκτελεστικές λειτουργίες και η γλώσσα, οι οποίες αποτελούν θεμέλια για τις κοινωνικές δεξιότητες αλλά και για τη μάθηση (Blair & Raver, 2015). Με την τακτική αξιολόγηση και παρέμβαση, είναι δυνατή η αναστολή δυσκολιών πριν αυτές εξελιχθούν σε πιο σοβαρά προβλήματα (Karmiloff-Smith, 2016). Επιπλέον, η υποστήριξη των γνωστικών δεξιοτήτων στα πρώτα χρόνια ζωής συμβάλλει στη διαμόρφωση ισχυρών νευρωνικών δικτύων, βελτιώνοντας τη νευροπλαστικότητα και τη μάθηση διαχρονικά (Kolb & Gibb, 2011). Η πρόωπη παρέμβαση, ειδικά σε πληθυσμούς με αυξημένο κίνδυνο όπως είναι τα παιδιά με αναπτυξιακές διαταραχές ή παιδιά που αντιμετωπίζουν περιβαλλοντικές δυσκολίες, μπορεί να έχει σημαντικά οφέλη στην πορεία της γνωστικής και κοινωνικής ανάπτυξης (Shonkoff & Phillips, 2000).

## 2.2 Γνωστικές Λειτουργίες και ΕΜΔ

Στις ΕΜΔ, όπως η δυσλεξία, η δυσαναγνωσία και η δυσαριθμησία, παρατηρούνται προβλήματα σε κάποιους τομείς γνωστικών λειτουργιών, τα οποία επηρεάζουν αρνητικά τη μαθησιακή απόδοση (Peterson & Pennington, 2015). Η ανεπαρκής φωνολογική επεξεργασία, η μειωμένη λεκτική μνήμη εργασίας, η χαμηλή ταχύτητα αυτόματης ονομασίας, καθώς και δυσκολίες στη μετατόπιση της προσοχής, προκαλούν δυσχέρειες στην ανάγνωση και τη γραφή (Berninger, Richards, & Abbott, 2015; Nicolson, Fawcett, & Dean, 2001; Shaywitz & Shaywitz, 2005; Vellutino & Fletcher, 2005; Vellutino et al., 2004). Αντίστοιχα, στη δυσαριθμησία, οι δυσκολίες στην αριθμητική επεξεργασία φαίνεται να είναι αποτέλεσμα ανεπαρκειών σε συγκεκριμένες εκτελεστικές λειτουργίες, όπως στον προγραμματισμό και την επίλυση προβλημάτων (Butterworth, 2005).

Οι νευροανατομικές μελέτες υποστηρίζουν ότι οι δυσλειτουργίες αυτές συσχετίζονται με αλλοιώσεις σε περιοχές του εγκεφάλου όπως στον μετωπιαίο φλοιό και στη παρεγκεφαλίδα, οι οποίες εμπλέκονται στις προαναφερθείσες γνωστικές διεργασίες. Ο εντοπισμός αυτών των παραμέτρων κινδύνου βοηθά στη βαθύτερη κατανόηση των αδυναμιών που αντιμετωπίζουν τα παιδιά με δυσλεξία (Kerr, Cheng & Jones, 2008).

Η κατανόηση των γνωστικών ελλειμμάτων που συνδέονται με τη δυσλεξία μπορεί να γίνει καλύτερη αν ληφθεί υπόψη η στενή σχέση ανάγνωσης και γλώσσας (Shaywitz et al., 1998). Τα ελλείμματα στις γνωστικές λειτουργίες που σχετίζονται με ΕΜΔ εμφανίζονται αρχικά στον προφορικό λόγο δίνοντας έτσι τη δυνατότητα της έγκαιρης ανίχνευσης, πριν την έναρξη της σχολικής ζωής (Snowling, 2006).

Σημαντικό εργαλείο στην κατεύθυνση της έγκαιρης ανίχνευσης αποτελούν τα γνωστικά τεστ τα οποία έχουν διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην αξιολόγηση των ΕΜΔ και ιδιαίτερα

της δυσλεξίας (Monroe, 1932). Σύμφωνα με τους Schneider και Kaufman (2017), η γνωστική αξιολόγηση δεν αφορά μόνο τα τεστ νοημοσύνης, αλλά περιλαμβάνει και αξιολογητικές διαδικασίες που αποσκοπούν στον εντοπισμό γνωστικών δυσλειτουργιών, οι οποίες ενδέχεται να επηρεάζουν την απόκτηση σχολικών δεξιοτήτων, όπως η ανάγνωση και η γραφή.

Η παρουσία πολλαπλών γνωστικών ελλειμμάτων συνδέεται με αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης δυσλεξίας (Pennington et al., 2019). Συνεπώς, μια ολοκληρωμένη και πολυπαραγοντική αξιολόγηση των γνωστικών και γλωσσικών τομέων είναι απαραίτητη για τον έγκαιρο εντοπισμό των μαθητών που διατρέχουν κίνδυνο. Επιπλέον, τα συγκεκριμένα τεστ μπορούν να συνεισφέρουν στον εντοπισμό συνυπαρχουσών δυσκολιών ή Δυσκολιών, καθώς και στον εντοπισμό μαθητών που παρουσιάζουν δυσλεξία (Hale et al., 2010). Παράλληλα, διευκολύνουν την επιλογή και εφαρμογή στοχευμένων παρεμβάσεων και βοηθούν τους εκπαιδευτικούς να προσαρμόσουν το εκπαιδευτικό πρόγραμμα, ώστε να εξυπηρετεί τις εξατομικευμένες ανάγκες κάθε μαθητή (Decker, 2008; Mascolo et al., 2014), βελτιώνοντας έτσι την ακαδημαϊκή απόδοση και την καθημερινή λειτουργικότητα των ατόμων που αντιμετωπίζουν αυτές τις δυσκολίες (Snowling & Hulme, 2012).

Οι μεταγνωστικές στρατηγικές είναι ο τρόπος αξιοποίησης των γνωστικών στρατηγικών στη μάθηση. Η επίγνωση είναι σημαντική για την επίλυση προβλημάτων καθώς μόνο τότε το άτομο είναι σε θέση να γνωρίζει τα μειονεκτήματα και τα προτερήματά του. Η μεταγνώση είναι απαραίτητη για τον κατάλληλο σχεδιασμό και οριοθέτηση χρόνου και πόρων για την ολοκλήρωση ενός έργου (Κωσταρίδου-Ευκλείδη, 2005). Ο συνδυασμός αυτών των στρατηγικών είναι απαραίτητος για την αποτελεσματική μάθηση αυξάνοντας την ικανότητα επεξεργασίας, συγκράτησης και κατανόησης των πληροφοριών ενός κειμένου καθιστώντας τους ικανούς αναγνώστες. Η διαφορά στα παιδιά με αναγνωστικές δυσκολίες είναι φανερή όταν καλούνται να

επιλύσουν ένα πρόβλημα. Ξεχνούν τον σκοπό της ανάγνωσης και συχνά αρνούνται να διαβάσουν ξανά μία πρόταση. Δεν τους απασχολεί η κατανόηση του κειμένου αλλά η ολοκλήρωσή του χωρίς να συγκρατούν πληροφορίες (Graham & Bellert, 2004). Ακόμη και το πλάνο μελέτης τους εξαρτάται από τρίτους (γονείς/εκπαιδευτικούς) και δεν είναι σε θέση να κάνουν αυτοκριτική και να διορθώσουν αυτόματα τα λάθη τους, υιοθετώντας έναν παθητικό τρόπο μάθησης (Polychroni et al, 2006).

### **2.2.2 Γνωστικές λειτουργίες ανάγνωσης και γραφής**

Οι περισσότερες γενετικές μελέτες για τη δυσλεξία αξιολογούν κρίσιμες γνωστικές δεξιότητες, όπως η φωνολογική επίγνωση, η φωνολογική αποκωδικοποίηση, η ορθογραφική επεξεργασία, η αναγνώριση λέξεων, η ταχύτητα αυτόματης ονομασίας, η ορθογραφία και η περιορισμένη μνήμη εργασίας (Fisher et al., 1999; Gayan et al., 1999; Grigorenko et al., 1997, 2000; Olson, Forsberg, & Wise, 1994). Παρόλο που οι συσχετίσεις μεταξύ αυτών των δεξιοτήτων είναι σημαντικές (Marlow et al., 2001; Olson et al., 1999), τα άτομα με δυσλεξία παρουσιάζουν ποικιλομορφία στα γνωστικά τους προφίλ. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες από τις κύριες γνωστικές λειτουργίες που συνδέονται με την ανάγνωση και τη γραφή και κατ'επέκταση με τις ΕΜΔ.

- **Φωνολογική Επίγνωση**

Η φωνολογική επίγνωση είναι η κατανόηση της ηχητικής δομής της γλώσσας, η οποία περιλαμβάνει την ικανότητα σύνθεσης, κατάτμησης και χειρισμού ήχων, συλλαβών και ομοιοκαταληξιών μέσα στις λέξεις (Aguan, 2023). Αποτελεί έναν βασικό γνωστικό μηχανισμό που σχετίζεται με την αποκωδικοποίηση των λέξεων και αποτελεί θεμέλιο για την πρόωμη ανάπτυξη της αναγνωστικής ικανότητας (Lu, 2023). Πολλά άτομα με δυσλεξία εμφανίζουν χαμηλές επιδόσεις σε δοκιμασίες φωνολογικής επίγνωσης (Smith, Gilger, & Pennington, 1996).

Οι δοκιμασίες φωνολογικής επίγνωσης είναι ακουστικές και απαιτούν προφορικές απαντήσεις, όπως η μετακίνηση ή η αντικατάσταση φωνημάτων μέσα σε λέξεις (Marlow et al., 2001).

- **Φωνολογική Αποκωδικοποίηση**

Η φωνολογική αποκωδικοποίηση αναφέρεται στην ικανότητα μετατροπής των γραπτών συμβόλων μιας λέξης στους αντίστοιχους ήχους της, δηλαδή στη φωνητική της αναπαράσταση (Guldenoglu et al., 2024; Olson, Forsberg, & Wise, 1999). Σύμφωνα με μελέτες, η φωνολογική αποκωδικοποίηση αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο για την ανάπτυξη ικανότητας ομαλής και κατανοητής ανάγνωσης, κυρίως στα αρχικά στάδια εκμάθησης (Guldenoglu et al., 2024). Οι σχετικές δοκιμασίες περιλαμβάνουν ανάγνωση ψευδολέξεων και αποκαλύπτουν επίμονες δυσκολίες σε άτομα με δυσλεξία (Prabhu et al., 2024).

- **Ορθογραφική Επεξεργασία**

Η ορθογραφική κωδικοποίηση αποτελεί μια γνωστική διαδικασία που σχετίζεται με την οπτική αναγνώριση των γραπτών λέξεων και επηρεάζεται από τις φωνολογικές ικανότητες. Αποτελεί θεμέλιο για την αναγνώριση λέξεων και τη σωστή ορθογραφία. (Vellutino et al., 1995). Η αξιολόγηση της ορθογραφικής κωδικοποίησης βασίζεται στην ικανότητα ορθογραφίας λέξεων με ακανόνιστη αντιστοιχία γράμματος - ήχου ή μέσω επιλογής της σωστής λέξης ανάμεσα σε παρόμοιες οπτικά επιλογές (Martins & Michallick-Triginelli, 2009). Ορισμένα άτομα με δυσλεξία παρουσιάζουν σοβαρότερα ελλείμματα στην ορθογραφική επεξεργασία σε σχέση με τα φωνολογικά τεστ (Castles & Coltheart, 1993). Δυσκολίες στην ορθογραφία χρησιμοποιούνται επίσης ως διαγνωστικό εργαλείο σε κλινικές και σχολικές αξιολογήσεις για τη δυσλεξία, καθώς αντικατοπτρίζουν συχνά ευρύτερες δυσκολίες στην επεξεργασία φωνολογικής πληροφορίας και στην ορθογραφική αναπαράσταση (Smith, Gilger, & Pennington, 1996; Wagner & Torgesen, 1987). Ωστόσο, η ορθογραφία αποτελεί έναν σημαντικό αλλά δευτερεύοντα γνωστικό

μηχανισμό στην ανάγνωση, καθώς η ανάγνωση απαιτεί την ολοκληρωμένη λειτουργία πολλαπλών γνωστικών συστημάτων όπως η φωνολογική αποκωδικοποίηση και η γλωσσική κατανόηση (Reis et al., 2020; Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004). Επιπλέον, νευροαπεικονιστικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα νευρωνικά δίκτυα που υποστηρίζουν την ορθογραφική επεξεργασία είναι διακριτά αλλά αλληλεπιδρούν με αυτά της ανάγνωσης, ιδιαίτερα σε περιοχές του αριστερού βρεγματικού λοβού και του αριστερού κροταφικού λοβού (Richlan, Kronbichler, & Wimmer, 2009; Shaywitz & Shaywitz, 2008).

- **Αναγνώριση Λέξεων**

Η αναγνώριση λέξεων αναφέρεται στις γνωστικές διεργασίες μέσω των οποίων ένα άτομο μπορεί να αναγνωρίζει και να διαβάζει σωστά τις γραπτές λέξεις (Balota & Yap, 2006). Για την αξιολόγηση αυτής της ικανότητας, συχνά χρησιμοποιούνται δοκιμασίες στις οποίες οι μαθητές διαβάζουν προφορικά λέξεις που γίνονται σταδιακά πιο δύσκολες. Η απόδοσή τους στις δοκιμασίες αυτές συνδέεται με την εκτίμηση της αναγνωστικής τους επίδοσης ή «αναγνωστικής ηλικίας». Στην περίπτωση της δυσλεξίας, συχνά παρατηρούνται σημαντικές αδυναμίες σε αυτή τη δεξιότητα, οι οποίες συμβάλλουν στη διαγνωστική διαδικασία (American Psychiatric Association, 2013).

- **Ταχεία Αυτόματη Ονομασία**

Οι δοκιμασίες ταχείας ονομασίας (RAN) αξιολογούν τον ρυθμό με τον οποίο μία λέξη αποδίδεται σε οπτικά ερεθίσματα όπως αριθμούς, γράμματα, χρώματα ή αντικείμενα υψηλής συχνότητας που παρουσιάζονται με τυχαία σειρά (Denckla & Rudel, 1974). Αν ένα άτομο χρειάζεται σημαντικά περισσότερο χρόνο από το μέσο όρο για να ονομάσει όλα τα ερεθίσματα, τότε θεωρείται ότι παρουσιάζει έλλειμμα στην ταχύτητα ονομασίας.

Σύμφωνα με τους Wolf, Bowers και Biddle (2000), η ταχεία ονομασία αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία που ενεργοποιεί ταυτόχρονα πολλαπλές γνωστικές και γλωσσικές λειτουργίες, όπως την προσοχή, την αντίληψη, τη μνήμη, τη φωνολογική και σημασιολογική επεξεργασία, καθώς και τις κινητικές δεξιότητες. Για να ολοκληρωθεί με επιτυχία, απαιτείται ακριβής χρονικός συντονισμός ανάμεσα σε όλα αυτά τα συστήματα. Η δεξιότητα αυτή φαίνεται να λειτουργεί υποστηρικτικά προς την ανάγνωση, ακόμη και πέρα από τις αυστηρά γλωσσικές διαδικασίες.

- **Κατανομή προσοχής**

Η ικανότητα κατανομής της προσοχής κατά την ανάγνωση αποτελεί κρίσιμο παράγοντα, καθώς συμβάλλει τόσο στην αποτελεσματική αναγνώριση των λέξεων όσο και στην κατανόηση του περιεχομένου του κειμένου (Mishra, 2015). Πρόκειται για μια δεξιότητα που επιτρέπει στον αναγνώστη να προσαρμόζει την προσοχή και τις γνωστικές του δυνατότητες σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εκάστοτε αναγνωστικού έργου (Liu, Reichle, & Gao, 2013).

Καθώς τα παιδιά αναπτύσσονται και βελτιώνουν τις δεξιότητές τους στην ανάγνωση, γίνονται πιο επιλεκτικά και αποδοτικά στην εστίαση σε δομικά κεντρικά σημεία του κειμένου (van den Broek, 1989). Η κατανομή της προσοχής στην ανάγνωση περιλαμβάνει την προσαρμογή των γνωστικών πόρων ώστε να εστιάζουν στα κεντρικά σημεία. Ελλείμματα στην προσοχή μπορεί να εμποδίσουν την κατανόηση, οδηγώντας σε δυσκολίες στον εντοπισμό διακοπών στη συνοχή του κειμένου και στη διατήρηση μιας συνεκτικής νοητικής αναπαράστασης του (Kendeou et al., 2014). Συνεπώς, οι αναγνώστες με δυσκολίες προσοχής τείνουν να αποσπώνται πιο εύκολα από λεπτομέρειες, ειδικά όταν διαβάζουν μακροσκελή κείμενα και δυσκολεύονται να διακρίνουν τα κύρια σημεία (Long, Seely, & Oppy, 1997). Τα παιδιά με ΕΜΔ παρουσιάζουν συχνά ελλείμματα στην προσοχή (Wiest et al., 2022).

- **Εργαζόμενη μνήμη**

Η εργαζόμενη μνήμη αποτελεί βασικό μηχανισμό για την κατανόηση και παραγωγή του γραπτού λόγου και προβλέπει τις δεξιότητες κατανόησης κειμένου στα παιδιά (Cain et al., 2004; Sesma et al., 2009). Η χωρητικότητα της λειτουργικής μνήμης αυξάνεται κατά τη διάρκεια των πρώτων σχολικών χρόνων (Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004) και συνεχίζει να εξελίσσεται κατά τη διάρκεια της ζωής (Luna et al., 2004). Οι αναγνώστες με χαμηλή χωρητικότητα λειτουργικής μνήμης αντιμετωπίζουν σημαντικούς περιορισμούς σχετικά με το πόσες πληροφορίες μπορούν να διατηρούν ενεργές κατά την ανάγνωση, ενώ παράλληλα εκτελούν άλλες δραστηριότητες με γνωστικές απαιτήσεις, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη ανάκληση πληροφοριών (Just & Carpenter, 1992; Linderholm & van den Broek, 2002). Η ικανότητα διατήρησης των πληροφοριών σε ενεργή κατάσταση είναι απαραίτητη για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την σύνδεση πληροφοριών (Engle & Conway, 1998; Mourão Júnior, 2013).

Ένα από τα βασικά γνωρίσματα της δυσλεξίας είναι τα ελλείμματα στην εργαζόμενη μνήμη, καθώς τα άτομα δυσκολεύονται να συγκρατήσουν προσωρινά πληροφορίες, γεγονός που επηρεάζει άμεσα την αναγνωστική ευχέρεια (Baddeley, 1992; Shaywitz, Morris, & Shaywitz, 2008). Η λεκτική μνήμη εργασίας, η οποία σχετίζεται στενά με το λεξιλόγιο, αλλά και επιμέρους τομείς όπως ο ορθογραφικός και ο μορφολογικός, παίζουν κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη της γραπτής έκφρασης και της ορθογραφίας (Berninger et al., 2015). Η εργαζόμενη μνήμη αποτελείται από δύο βοηθητικά υποσυστήματα: το αρθρωτικό, υπεύθυνο για την επεξεργασία ακουστικών πληροφοριών και το οπτικοχωρικό, το οποίο επεξεργάζεται οπτικές και χωρικές πληροφορίες (Swanson & Siegel, 2001). Ελλείμματα στο αρθρωτικό σύστημα οδηγούν σε αναγνωστικές δυσκολίες, καθώς επηρεάζουν την ικανότητα διατήρησης φωνολογικών

πληροφοριών (Πόρποδας, 2002). Παράλληλα, έρευνες δείχνουν ότι τα άτομα με ΕΜΔ παρουσιάζουν χαμηλές επιδόσεις σε δοκιμασίες που απαιτούν χρήση τόσο της βραχύχρονης όσο και της μακρόχρονης μνήμης (Μουζάκη, Σπαντιδάκης, Βαμβουκάς, Λίβα, & Ράλλη, 2007; Reiter, Tucha, & Lange, 2005). Η αιτία των δυσκολιών στη μνήμη φαίνεται να εντοπίζεται είτε στην ανεπαρκή πρόσληψη και κωδικοποίηση της πληροφορίας είτε στη μειωμένη χωρητικότητα της βραχύχρονης μνήμης (Swanson, 1993). Η ανεπαρκής κωδικοποίηση οδηγεί σε περιορισμένη φωνολογική αναπαράσταση, επηρεάζοντας αρνητικά τη λεκτική μνήμη και την απόδοση σε ανάγνωση και γραφή (Tijms, 2004).

- **Ασυνείδητη και συνειδητή μάθηση**

Η εκμάθηση της ανάγνωσης περιλαμβάνει δύο βασικές μαθησιακές διαδικασίες: την ασυνείδητη και τη συνειδητή μάθηση, καθώς και τις σχετικές γνωστικές βάσεις που προκύπτουν, την ασυνείδητη διαδικαστική γνώση και τη συνειδητή δηλωτική (Ellis, 2015; Ullman, 2015).

Η ασυνείδητη μάθηση περιλαμβάνει τη σταδιακή ανάπτυξη της γνώσης ενός πεδίου, καθώς και τη στατιστική και συνειρμική γνώση (Anderson, 2020; Ellis & Wulff, 2015; Seidenberg & MacDonald, 2018). Επιπλέον, περιλαμβάνει την εκμάθηση δεξιοτήτων επεξεργασίας και γλωσσικής γνώσης. Η ασυνείδητη μάθηση και γνώση έχουν καθοριστική σημασία για την ανάγνωση, καθώς η σταδιακή απόκτηση συνειρμών και συνηθειών διευκολύνουν την αναγνωστική ευχέρεια, την διεύρυνση λεξιλογίου κατανόησης, την αυτόματη αναγνώριση λέξεων, τη συντακτική ανάλυση και τον σχηματισμό προτάσεων (Grabe & Yamashita, 2022).

Αντίθετα, η συνειδητή μάθηση προϋποθέτει την εστίαση της προσοχής και την επίγνωση συγκεκριμένων δεξιοτήτων ή γλωσσικής γνώσης στις οποίες επικεντρώνεται ο αναγνώστης καθώς και την παρατήρηση των γλωσσικών μοτίβων. Απαιτεί εξάσκηση μέσω της εργαζόμενης

μνήμης ώστε να δημιουργηθεί μια αρχική αποθήκευση της πληροφορίας, η οποία μπορεί να περάσει στη μακρόχρονη μνήμη. Η συνειδητή μάθηση είναι ιδιαίτερα σημαντική σε προχωρημένα στάδια ανάγνωσης, καθώς συμβάλλει στην ανάπτυξη στρατηγικών ανάγνωσης (Nagy, 2007).

Οι αδύναμοι αναγνώστες παρουσιάζουν φυσιολογική ικανότητα στη συνειδητή μάθηση, αλλά δυσκολεύονται στην ασυνείδητη μάθηση, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη φωνολογική και την ορθογραφική τους επεξεργασία (Sperling et al., 2004). Και οι δύο διαδικασίες είναι απαραίτητες για την αποτελεσματική ανάγνωση και την κατανόηση πολύπλοκων κειμένων (Rebuschat, 2015). Τα άτομα με ΕΜΔ, παρουσιάζουν ελλείμματα στη συνειδητή μάθηση όπως φαίνεται από τα αυξημένα λάθη και τη μειωμένη ανάκληση σε δραστηριότητες που απαιτούν συνειδητή μάθηση (Cler et al., 2024).

### **3. Πλαστικότητα του εγκεφάλου- Νευροαπεικονιστικές Μέθοδοι**

Η πλαστικότητα του εγκεφάλου, ή νευροπλαστικότητα, αποτελεί τη βασική νευροβιολογική βάση της μάθησης και της ανάπτυξης, αναδεικνύοντας την ικανότητα του εγκεφάλου να αναδιοργανώνει τις νευρωνικές συνδέσεις του ως απόκριση σε εμπειρίες και περιβαλλοντικά ερεθίσματα (Kolb & Gibb, 2011). Η προσχολική ηλικία, συγκεκριμένα, χαρακτηρίζεται από αυξημένη πλαστικότητα, γεγονός που καθιστά αυτήν την περίοδο κρίσιμη για την απόκτηση και εδραίωση βασικών γνωστικών και γλωσσικών δεξιοτήτων (Knudsen, 2004). Η νευροπλαστικότητα στην προσχολική φάση διευκολύνει την αποτελεσματική εκμάθηση μέσω μηχανισμών όπως η συναπτική ενίσχυση και η νευρωνική αναδιοργάνωση, που επιτρέπουν τη

σταδιακή εδραίωση και βελτίωση των γνωστικών λειτουργιών (Huttenlocher, 2002). Η μελέτη του εγκεφάλου μπορεί να γίνει μέσω νευροαπεικονιστικών μεθόδων. Η μεγάλη τεχνολογική εξέλιξη σε αυτό το κομμάτι μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για τη δομή και τη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου (Bandettini, 2009).

### **3.1 Βιολογικό επίπεδο ΕΜΔ**

Τα παιδιά με ΕΜΔ παρουσιάζουν γενετικές διαφοροποιήσεις, όπως ανωμαλίες σε συγκεκριμένα χρωμοσώματα και μεταβολές στο γενετικό υλικό. Αυτό το γεγονός αποτελεί την γενετική βάση των ΕΜΔ. Παράλληλα, η δομή και η λειτουργία του εγκεφάλου φαίνεται να διαφοροποιούνται σημαντικά στα άτομα με ΕΜΔ, αυτό αποτελεί την νευροβιολογική τους βάση (Frith, 1997; Shaywitz et al., 2002).

#### **3.1.1 Γενετική βάση ΕΜΔ**

Έρευνες έχουν δείξει ότι συγκεκριμένες γνωστικές λειτουργίες που σχετίζονται με τη φωνολογική επίγνωση, την αποκωδικοποίηση, την αναγνώριση μεμονωμένων λέξεων και την ορθογραφική κωδικοποίηση, έχουν γενετική βάση. Παιδιά με οικογενειακό ιστορικό δυσλεξίας παρουσιάζουν μειωμένη ενεργοποίηση στις νευρωνικές περιοχές που σχετίζονται με την φωνολογική επεξεργασία (Raschle, Zuk, & Gaab, 2012). Επιπλέον και άλλες διεργασίες που συνδέονται με την αναγνωστική ικανότητα, όπως η βραχύχρονη λεκτική μνήμη και οι γλωσσικές δεξιότητες, φαίνεται να επηρεάζονται από γενετικούς παράγοντες (Plomin & Kovas, 2005).

Πολλαπλά γονίδια θεωρούνται υπεύθυνα για την προδιάθεση στις ΕΜΔ, χωρίς να υπάρχει ένα και μοναδικό «γονίδιο της δυσλεξίας». Έχουν εντοπιστεί τουλάχιστον οκτώ γονίδια που σχετίζονται με δυσκολίες στην αναγνωστική ικανότητα. Τα γονίδια αυτά φαίνεται να εμπλέκονται σε σφαιρικές διεργασίες της εγκεφαλικής ανάπτυξης, όπως η νευρωνική

μετανάστευση και η ωρίμανση των νευρικών κυττάρων κατά τα πρώιμα στάδια της ανάπτυξης, χωρίς όμως να περιορίζεται η δράση τους αποκλειστικά σε νευρωνικά δίκτυα που αφορούν την ανάγνωση (Deffenbacher et al., 2004; Fisher & Francks, 2006; Gibson & Gruen, 2008; McGrath, Smith, & Pennington, 2006; Plomin & Walker, 2003; Shastri, 2007).

Συμπληρωματικά προς τα παραπάνω, έχουν εντοπιστεί εννέα περιοχές του DNA που φαίνεται να διαδραματίζουν ρόλο στην αναγνωστική δυσκολία (Bates et al., 2007). Μάλιστα, οι πιθανότητες εμφάνισης δυσλεξίας σε ένα παιδί με γονείς που έχουν την ίδια διαταραχή είναι οκταπλάσιες συγκριτικά με παιδιά χωρίς οικογενειακό ιστορικό (Plomin & Kovas, 2005).

Πρώιμες γενετικές μελέτες που βασίστηκαν στη μέθοδο της ανάλυσης σύνδεσης, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε οικογένειες με ιστορικό αναπτυξιακής δυσλεξίας τριών γενεών, ανέδειξαν την περιοχή του χρωμοσώματος 15 ως πιθανό γενετικό τόπο που σχετίζεται με τη διαταραχή (Smith, Kimberling, Pennington, & Lubs, 1983). Ωστόσο, μεταγενέστερα ερευνητικά ευρήματα των Fisher & Smith έχουν εμπλουτίσει τη γενετική κατανόηση της δυσλεξίας, υποδεικνύοντας ότι γονιδιακοί παράγοντες που εμπλέκονται εντοπίζονται και σε άλλα χρωμοσώματα, όπως τα 2, 4, 6, 9, 13 και 18. Τα γονιδιακά σημεία στα χρωμοσώματα 6 και 18 φαίνεται να επηρεάζουν πολλαπλές γνωστικές δεξιότητες που σχετίζονται με την ανάγνωση, όπως οι ορθογραφικές και φωνολογικές ικανότητες κωδικοποίησης και η ανάγνωση μεμονωμένων λέξεων (Fisher, Francks, Marlow, et al., 2002). Με βάση τα παραπάνω, η αναπτυξιακή δυσλεξία αποτελεί πολυπαραγοντική διαταραχή με πολυγονιδιακή βάση, στην οποία συμμετέχουν πολλαπλές γενετικές περιοχές (Fisher & Smith, 2001).

Μελέτη διδύμων (Cardon et al., 1994; Cardon et al., 1995; DeFries, Fulker, & LaBuda, 1987; Olson, Forsberg, & Wise, 1994) έδειξε ότι τα ποσοστά συμφωνίας για τη δυσλεξία ανέρχονται σε 68% για μονοζυγωτικά δίδυμα και σε 38% για διζυγωτικά. Σε ό,τι αφορά την

κληρονομικότητα δεξιοτήτων που σχετίζονται με την ανάγνωση, οι έρευνες σε διδύμους δείχνουν ότι αυτή κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 30% και 70% (DeFries, Fulker, & LaBuda, 1987; Olson, Datta, Gayan, et al., 1999; Olson, Forsberg, & Wise, 1994; Stevenson, 1991; Stevenson, Graham, Fredman, et al., 1987).

Τέλος, η σύγχρονη έρευνα στρέφει το ενδιαφέρον της και στους επιγενετικούς παράγοντες, δηλαδή τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ γονιδίων και περιβάλλοντος. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως η προγεννητική έκθεση σε τοξικές ουσίες, η πρόωρη γέννηση ή χαμηλό βάρος γέννησης, μπορούν να επηρεάσουν την έκφραση συγκεκριμένων γονιδίων που σχετίζονται με τη γνωστική ανάπτυξη, ενισχύοντας ή περιορίζοντας την εκδήλωση των ΕΜΔ. Έτσι, αναδεικνύεται η πολυπαραγοντική φύση της δυσλεξίας, όπου γενετικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες δρουν αλληλεπιδραστικά (Kere, 2014).

### **3.1.2 Νευροβιολογική βάση ΕΜΔ**

Νευροαπεικονιστικά ευρήματα δείχνουν ότι ήδη από την προσχολική ηλικία, πριν ξεκινήσει η επίσημη εκπαίδευση στην ανάγνωση, εντοπίζονται εγκεφαλικές διαφοροποιήσεις σε παιδιά, οι οποίες προσομοιάζουν με τις νευρολογικές διαφορές που παρατηρούνται αργότερα σε παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας και ενήλικες με δυσλεξία (Norton, Beach, Gabrieli, 2015). Υπάρχει γενικευμένη μείωση της νευροπλαστικότητας, κυρίως στις κρίσιμες περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου που σχετίζονται με τη γλώσσα και την ανάγνωση (Munzer, Hussain, Soares, 2020). Οι έρευνες σχετικά με τη δομή του εγκεφάλου βασίζονται κυρίως σε μεταθανάτιες μελέτες ή σε ανατομική απεικόνιση μέσω μαγνητικής τομογραφίας (aMRI) (Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004).

Σε συνέχεια αυτών των ευρημάτων, οι δομικές αλλοιώσεις της φαιάς και λευκής ουσίας φαίνεται να υφίστανται πριν την έναρξη της ανάγνωσης (Ozernov-Palchik & Gaab, 2016). Τα

παιδιά με οικογενειακό ιστορικό δυσλεξίας παρουσιάζουν μειωμένο όγκο φαιάς ουσίας σε περιοχές σχετικές με την ανάγνωση (Ozernov-Palchik & Gaab, 2016). Παράλληλα, άλλη μελέτη κατέδειξε άτυπα πρότυπα αυλάκων στον εγκέφαλο παιδιών με οικογενειακό ιστορικό δυσλεξίας, στις κροταφο-βρεγματικές και οπτικο-κροταφικές περιοχές τα οποία παρατηρούνται και σε άτομα με διαγνωσμένη δυσλεξία, υποδηλώνοντας πιθανή συγγενή βάση (Im et al., 2015). Τέλος, παιδιά που τελικά εμφάνισαν δυσλεξία παρουσίαζαν ήδη από την πρώτη τάξη λεπτότερο φλοιό σε αισθητηριακές περιοχές, προτού εμφανιστούν αλλαγές σε περιοχές που σχετίζονται με την ανάγνωση (Clark et al., 2014). Εκτός από τις αλλοιώσεις της φαιάς ουσίας, κρίσιμες είναι και οι διαφοροποιήσεις στη λευκή ουσία. Η τοξοειδής δεσμίδα λευκής ουσίας, συνδέει την κροταφο-βρεγματική περιοχή (φωνολογική επεξεργασία) με τις μετωπιαίες περιοχές (κατανόηση και σύνθεση λόγου) και είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ανάγνωση (Wandell, 2013). Μελέτη σε παιδιά προσχολικής ηλικίας έδειξε ότι μειωμένος όγκος της σχετίζεται με φτωχή φωνολογική επίγνωση (Saygin et al., 2013).

Επιπροσθέτως, έχει παρατηρηθεί στα άτομα με ΕΜΔ μειωμένος όγκος σε εγκεφαλικές περιοχές που σχετίζονται με την ταχύτητα επεξεργασίας πληροφοριών και τη λειτουργική συνδεσιμότητα μεταξύ φλοιωδών και υποφλοιωδών κέντρων (Evans et al., 2016; Schlaggar & McCandliss, 2007). Η περιορισμένη αυτή συνδεσιμότητα επηρεάζει αρνητικά τη ροή πληροφοριών κατά τη διάρκεια γνωστικών διεργασιών, ενδεχομένως μειώνοντας την αποδοτικότητα της μαθησιακής διαδικασίας (Torgerson et al., 2013). Ειδικά σε παιδιά με δυσλεξία, οι νευροαπεικονιστικές μέθοδοι, όπως η DTI, έχουν δείξει μικρότερη ακεραιότητα των νευραξονικών δεσμών σε οδούς όπως ο αρραχιαίος συνδετικός θάλαμος και ο ινιακός-κροταφικός φλοιός (Vandermosten et al., 2012).

Ένα άλλο σημαντικό εύρημα αφορά το *planum temporale*, περιοχή που σχετίζεται με γλωσσικές λειτουργίες. Σε άτομα με δυσλεξία, παρατηρείται συμμετρία στο *planum temporale*, το οποίο βρίσκεται στον άνω κροταφικό λοβό που περιλαμβάνει μέρος της περιοχής του Wernicke. Ο νευροτυπικός πληθυσμός παρουσιάζει ασυμμετρία ενώ τα άτομα με διάγνωση δυσλεξίας έχει βρεθεί πως έχουν συμμετρία σε ποσοστό 70% (Galaburda, Sherman, Rosen, Aboitiz & Geschwind, 1985; Geschwind & Levitsky, 1968; Humphreys, Kaufmann & Galaburda, 1990; Sun, Lee, & Kirby, 2010 ).

Επιπλέον, η παρεγκεφαλίδα, παρουσιάζει πολλές δομικές διαφορές στα άτομα με δυσλεξία. Το παρεγκεφαλιδικό - μετωπιαίο κύκλωμα εμφανίζει πολλές αποκλίσεις σε σχέση με τους φυσιολογικούς εγκεφάλους και σχετίζεται με την ταχεία αυτόματη κατονομασία και την θεωρία του διπλού ελλείμματος. Συγκεκριμένα, στην παρεγκεφαλίδα παρατηρούνται διαφορές στη συμμετρικότητα και μειωμένη φαιά ουσία (Eckert, Leonard, Richards, et al., 2003). Αυτές οι λειτουργικές αλλοιώσεις του εγκεφάλου των παιδιών με δυσλεξία, παρατηρούνται επίσης σε παιδιά προσχολικής ηλικίας με οικογενειακό ιστορικό δυσλεξίας. Ειδικότερα, στη *Boston Longitudinal Dyslexia Study* αποκαλύφθηκε ότι τα παιδιά που ανήκουν σε αυτή την ομάδα εμφανίζουν μειωμένη νευρική ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια ταύτισης του πρώτου ήχου στις αριστερές ινιοκροταφικές και κροταφοβρεγματικές περιοχές, ήδη από την προσχολική ηλικία (Raschle, Steering, Meissner, & Gaab, 2013; Raschle, Zuk, & Gaab, 2012).

Η αναγνωστική διαδικασία στηρίζεται σε ένα εξειδικευμένο νευρωνικό δίκτυο του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου, το οποίο περιλαμβάνει περιοχές υπεύθυνες για τη φωνολογική αποκωδικοποίηση, την ανάλυση λέξεων και την αυτόματη αναγνώριση. Σε παιδιά τυπικής ανάπτυξης, κατά την ανάγνωση παρατηρείται αρχικά ενεργοποίηση των ινιακών περιοχών που σχετίζονται με την οπτική αναγνώριση, η οποία στη συνέχεια επεκτείνεται σε

βασικές κροταφικές και βρεγματικές περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου, όπως η περιοχή του Wernicke και η άνω κροταφική έλικα (Shaywitz et al., 2002). Αντιθέτως, σε παιδιά με δυσλεξία παρατηρούνται αποκλίσεις ως προς αυτό το πρότυπο ενεργοποίησης, με μειωμένη δραστηριότητα σε περιοχές που υποστηρίζουν την ορθογραφική και σημασιολογική επεξεργασία. Οι νευρολογικές αυτές δυσλειτουργίες οδηγούν σε αυξημένη εξάρτηση από τη φωνολογική επεξεργασία, ενώ ως αντισταθμιστικός μηχανισμός εμφανίζεται ενισχυμένη ενεργοποίηση περιοχών του δεξιού ημισφαιρίου, που σχετίζονται κυρίως με τη μη λεκτική και οπτική επεξεργασία (Shaywitz, 2005). Η νευροβιολογική αυτή αναδιοργάνωση υποδεικνύει ότι η δυσλεξία δεν αποτελεί απλώς έλλειμμα μάθησης, αλλά συνοδεύεται από θεμελιώδεις διαφορές στη λειτουργική οργάνωση του εγκεφάλου κατά την ανάγνωση.

Παρά τις αποκλίσεις αυτές, οι δομικές και λειτουργικές διαφοροποιήσεις δεν θεωρούνται παθολογικές, αλλά μάλλον αντιπροσωπεύουν μια εναλλακτική μορφή εγκεφαλικής οργάνωσης που ενδέχεται να υποστηρίζει διαφορετικές στρατηγικές μάθησης και επεξεργασίας (Kere, 2014; Shaywitz et al., 2007).

Η εις βάθος κατανόηση των εγκεφαλικών περιοχών που σχετίζονται με τις διαταραχές της ανάγνωσης αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για τον σχεδιασμό στοχευμένων και εξατομικευμένων παρεμβάσεων. Έρευνες έχουν δείξει ότι η πρόωπη παρέμβαση που στοχεύει στην ενίσχυση των εγκεφαλικών περιοχών που σχετίζονται με τη φωνολογική επεξεργασία, μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τα παιδιά με δυσλεξία. Μέσω αυτών των παρεμβάσεων, ο εγκέφαλος τους μπορεί να αναπτύξει λειτουργίες αλλά και να γίνει δομικά παρόμοιος με εκείνον των παιδιών τυπικής ανάπτυξης. Παρ' όλ' αυτά, αυτές οι εγκεφαλικές αλλαγές δεν εγγυώνται απαραίτητα ότι θα εξαλειφθούν εντελώς τα προβλήματα στην ανάγνωση και τη γραφή (Shaywitz, 2005).

### 3.2 Πλαστικότητα του εγκεφάλου

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος, που αποτελείται από περίπου 100 δισεκατομμύρια νευρώνες, διαθέτει την ικανότητα νευροπλαστικότητας, η οποία επιτρέπει την αναδιοργάνωση των νευρωνικών δικτύων, τη δημιουργία νέων συνδέσεων και σε ορισμένες περιπτώσεις, τη γένεση νέων νευρώνων. Η νευροπλαστικότητα είναι ο θεμελιώδης μηχανισμός πίσω από τη διαδικασία της μάθησης, επιτρέποντας στον εγκέφαλο να δημιουργεί και να τροποποιεί τις νευρικές συνδέσεις με βάση τις εμπειρίες και την απόκτηση νέας γνώσης (Kleim & Jones, 2008). Πρόκειται για τη φυσική ικανότητα του κεντρικού νευρικού συστήματος να προσαρμόζει τη δομή και λειτουργία του ως απόκριση στη μάθηση, την εμπειρία, την εξάσκηση ή τον τραυματισμό (Ballantyne et al., 2008; Hubel & Wiesel, 1970; Kolb & Whishaw, 1998; Kolb et al., 2003; Wall et al., 2002)

Παλαιότερα θεωρούνταν ότι η παραγωγή νέων νευρικών κυττάρων διακόπτεται μετά τη γέννηση. Όμως, σύγχρονες έρευνες έχουν δείξει ότι η διαδικασία αυτή συνεχίζεται και κατά την ενηλικίωση, κυρίως στον ιππόκαμπο και στον οσφρητικό βολβό, ενώ υπάρχουν στοιχεία που υποδεικνύουν πιθανή συμμετοχή και άλλων εγκεφαλικών περιοχών, όπως η παρεγκεφαλίδα. Η ανακάλυψη αυτή οδήγησε στην ανάδειξη της νευροπλαστικότητας ως βασική για την κατανόηση και προώθηση της αποκατάστασης μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο. Με βάση αυτήν την ικανότητα του εγκεφάλου να αναδομεί και να τροποποιεί τα νευρωνικά του δίκτυα, έχουν αναπτυχθεί σύγχρονες θεραπευτικές παρεμβάσεις που αξιοποιούν την προσαρμοστικότητα του φλοιού για τη βελτίωση της λειτουργικής αποκατάστασης (Freed, De Medinaceli, & Wyatt, 1985).

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει αλλαγές στους νευρικούς χάρτες και τις συνδέσεις μεταξύ των νευρώνων, όταν το άτομο εκτίθεται σε νέα ερεθίσματα ή γνώσεις (Wall et al., 2002). Μέσω αυτών των αλλαγών, ο εγκέφαλος όχι μόνο υποστηρίζει τη φυσιολογική μάθηση και τη

βελτίωση δεξιοτήτων, αλλά διαθέτει και τη δυνατότητα αναδιοργάνωσης σε περιπτώσεις βλάβης, διευκολύνοντας την αποκατάσταση των λειτουργιών του (Kleim & Jones, 2008). Έτσι, μέσω της νευροπλαστικότητας, ο εγκέφαλος αποκτά τη δυνατότητα να μαθαίνει και να αναδιαμορφώνεται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής (Taubert et al., 2010).

Η ανάπτυξη του εγκεφάλου χωρίζεται σε δύο φάσεις. Η πρώτη είναι ενδομήτρια και ακολουθεί μια γενετικά καθορισμένη πορεία που μπορεί να επηρεαστεί από το μητρικό περιβάλλον, περιλαμβάνοντας τη δημιουργία και μετανάστευση των νευρώνων. Η δεύτερη, που στους ανθρώπους εκτείνεται τόσο προγεννητικά, όσο και μεταγεννητικά, είναι περίοδος αυξημένης ευαισθησίας της εγκεφαλικής συνδεσιμότητας σε περιβαλλοντικά ερεθίσματα και προηγούμενες εμπειρίες (Kolb et al., 2013).

Στον φυσιολογικό εγκέφαλο διακρίνονται τρεις τύποι πλαστικότητας: ανεξάρτητη, αναμενόμενη και εξαρτώμενη από την εμπειρία. Η ανεξάρτητη πλαστικότητα είναι κυρίως προγεννητική και βασίζεται στην υπερπαραγωγή νευρώνων και συνδέσεων, οι οποίες στη συνέχεια διαμορφώνονται από εσωτερικά και εξωτερικά ερεθίσματα. Η αναμενόμενη πλαστικότητα εμφανίζεται κατά την ανάπτυξη και εξαρτάται από κοινές εμπειρίες, όπως τα αισθητηριακά ερεθίσματα, που συμβάλλουν στη φυσιολογική οργάνωση του εγκεφάλου. Τέλος, η εξαρτώμενη από την εμπειρία πλαστικότητα αφορά αλλαγές σε ήδη υπάρχοντα νευρωνικά δίκτυα και σχετίζεται με τη μάθηση, τις εμπειρίες, τις περιβαλλοντικές επιδράσεις, τους τραυματισμούς ή τη χρήση ψυχοδραστικών ουσιών. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν τόσο τη δημιουργία όσο και την αφαίρεση συνάψεων, αντανακλώντας την προσαρμογή ενός βασικού φαινοτύπου που έχει διαμορφωθεί κατά την ανάπτυξη (Greenough et al., 1987; Shatz, 1992).

Η λειτουργική πλαστικότητα αναφέρεται στην ικανότητα του εγκεφάλου να προσαρμόζει και να τροποποιεί τις λειτουργικές ιδιότητες των νευρώνων. Αυτές οι αλλαγές μπορεί να προκύψουν μέσω προηγούμενων εμπειριών, όπως στη διαδικασία της μνήμης, ή ως αντισταθμιστικός μηχανισμός μετά από βλάβη. Στην περίπτωση αυτή, λειτουργίες που ανήκαν σε μία περιοχή του εγκεφάλου μπορούν να μεταφερθούν σε άλλη, ώστε να υποστηριχθεί η αποκατάσταση συμπεριφορικών ή φυσιολογικών διεργασιών. Οι δομικές αλλαγές που παρατηρούνται στον εγκέφαλο με την πάροδο της ηλικίας ενδέχεται να περιορίζουν την πλαστικότητα, ενισχύοντας την ιδέα ότι υπάρχουν ευαίσθητες περίοδοι στην ανάπτυξη κατά τις οποίες η διαδικασία αυτή είναι πιο έντονη (Duque, Arellano, & Rakic, 2022; Thomas et al., 2009)

Η δομική πλαστικότητα αφορά στην ικανότητα του εγκεφάλου να μεταβάλλει τη φυσική του δομή ως αποτέλεσμα της μάθησης και της εμπειρίας. Η δομική πλαστικότητα περιλαμβάνει μορφολογικές αλλαγές, όπως την εμφάνιση και την εξάλειψη συνάψεων, διαδικασίες που επιτρέπουν στους νευρώνες να ενισχύουν ή να αποδυναμώνουν τις συνδέσεις τους με γειτονικά κύτταρα. Οι σύγχρονες νευροαπεικονιστικές τεχνικές αξιοποιούνται για τη μελέτη αυτών των αλλαγών, καθώς επιτρέπουν την καταγραφή ανατομικών μεταβολών που σχετίζονται με εσωτερικούς ή εξωτερικούς παράγοντες (Poll & Fuhrmann, 2018).

### **3.2.1 Δομή και Λειτουργία Νευρώνων και Συνάψεων**

Για να κατανοηθεί πληρέστερα η διαδικασία της νευροπλαστικότητας, είναι απαραίτητο να εξεταστεί η δομή και λειτουργία των νευρώνων. Οι νευρώνες είναι κύτταρα που εξειδικεύονται στην επεξεργασία και τη μεταφορά πληροφοριών. Αποτελούνται από διαφορετικές λειτουργικές περιοχές: τους δενδρίτες και το κυτταρικό σώμα που λαμβάνουν σήματα, το αρχικό τμήμα του νευράξονα που επεξεργάζεται τις πληροφορίες και αποφασίζει αν θα παραχθεί ώση, τον ίδιο τον νευράξονα που τη μεταφέρει και το τελικό άκρο που απελευθερώνει νευροδιαβιβαστές για

επικοινωνία με άλλους νευρώνες. Οι συνδέσεις μεταξύ νευρώνων ονομάζονται συνάψεις (Kandel et al., 2000). Η αδενοσίνη και άλλα νευροδιαβιβαστικά μόρια παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της συναπτικής πλαστικότητας, καθορίζοντας τον τρόπο με τον οποίο τα νευρωνικά δίκτυα του εγκεφάλου ανταποκρίνονται και προσαρμόζονται σε διάφορα ερεθίσματα (Martínez-Gallego & Rodríguez-Moreno, 2025).

Η δράση υποδοχέων όπως οι NMDA, η παραγωγή ανασταλτικών νευροδιαβιβαστών όπως το GABA και η επίδραση νευροτροφικών παραγόντων, όπως ο BDNF, καθοδηγούν την ενίσχυση ή την αποδυνάμωση των συνάψεων και αλλάζουν τη λειτουργία των γονιδίων. Η σταθεροποίηση αυτών των αλλαγών πραγματοποιείται μέσω επιγενετικών διαδικασιών, που καταγράφουν τις εμπειρίες στο γονιδίωμα και οδηγούν σε μόνιμες προσαρμογές. Η πλαστικότητα που βασίζεται σε εμπειρίες αποτελεί τη βιολογική βάση της νευρολογικής αποκατάστασης και των παρεμβάσεων νευρορρύθμισης (Sale, Berardi, & Maffei, 2014).

Η λειτουργία των συνάψεων συνδέεται άρρηκτα με την ικανότητα του εγκεφάλου να μεταβάλλεται ως απόκριση στις εμπειρίες. Ο αναπτυσσόμενος εγκέφαλος εμφανίζει αξιοσημείωτη πλαστικότητα, η οποία επηρεάζεται από πολλαπλούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένων των αισθητηριακών και κινητικών εμπειριών, τα ψυχοδραστικά φάρμακα, τις σχέσεις γονέα-παιδιού, σχέσεις συνομηλίκων, άγχος, ορμόνες, εντερική χλωρίδα, διατροφή και τραυματισμός. Παράλληλα, οι σύγχρονες επιγενετικές έρευνες έχουν καταδείξει ότι ακόμη και οι εμπειρίες που προηγούνται της σύλληψης, αλλά και οι προγεννητικές, είναι ικανές να επηρεάσουν την οργάνωση και τη λειτουργία των νευρωνικών δικτύων. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να διαρκέσουν πολύ, ακόμη και για μια ζωή, και αποτελούν τη βάση για σύνθετες λειτουργίες όπως η μάθηση και η μνήμη (Kolb et al., 2013).

### 3.3 Απεικονιστικές Μέθοδοι μελέτης λειτουργίας εγκεφάλου - ΗΕΓ

Η ραγδαία ανάπτυξη των νευροαπεικονιστικών μεθόδων την τελευταία δεκαετία έχει αναβαθμίσει ουσιαστικά τη μελέτη της γλωσσικής ανάπτυξης και της μάθησης. Σύγχρονες έρευνες σε βρέφη και παιδιά δείχνουν ότι η προτίμηση ημισφαιρίου για τη γλώσσα είναι εμφανής ήδη από τη γέννηση και ότι τα πρώιμα μοτίβα εγκεφαλικής ενεργοποίησης μπορούν να αποτελέσουν προγνωστικούς δείκτες για μελλοντικές γλωσσικές ή αναγνωστικές δυσκολίες (Petitto, 2005). Ταυτόχρονα, τονίζεται ότι οι πρώιμες εμπειρίες μάθησης διαμορφώνουν σημαντικά τον τρόπο που οργανώνεται η γλώσσα στον αναπτυσσόμενο εγκέφαλο (Liu et al., 2022).

Οι νευροαπεικονιστικές τεχνικές, όπως το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), η απεικόνιση τανυστή διάχυσης (DTI), η μαγνητοεγκεφαλογραφία (MEG), η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI), η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) και η λειτουργική φασματοσκοπία εγγύς υπερύθρου (fNIRS), παρέχουν τη δυνατότητα λεπτομερούς καταγραφής της εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά την εκτέλεση γλωσσικών εργασιών (Friston, 2009; Luck, 2005). Κάθε τεχνολογία διαθέτει διαφορετικά πλεονεκτήματα. Οι μέθοδοι που μετρούν ηλεκτρική δραστηριότητα προσφέρουν υψηλή χρονική ανάλυση, ενώ οι αιμοδυναμικές τεχνικές διακρίνονται για την υψηλή χωρική ανάλυση. Αυτή η ποικιλία εργαλείων έχει οδηγήσει στην αποσαφήνιση των νευρωνικών δικτύων που υποστηρίζουν τη γλωσσική επεξεργασία, καθώς και στη χαρτογράφηση των περιοχών του εγκεφάλου που σχετίζονται με την ανάγνωση και τη γραφή (Galaburda & Cestnick, 2003; Larsen et al., 1992).

Η εφαρμογή των νευροαπεικονιστικών μεθόδων έχει διευρύνει τις γνώσεις σχετικά με τις βιολογικές βάσεις της γλωσσικής λειτουργίας και των ειδικών ειδικών μαθησιακών δυσκολιών, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες για την κλινική και εκπαιδευτική πρακτική.

Έχει επιτρέψει τον εντοπισμό δυσλειτουργιών ή ανατομικών διαφοροποιήσεων σε βασικές περιοχές του εγκεφάλου, όπως ο βρεγματικός και ο ινιοκροταφικός φλοιός, οι οποίοι παίζουν καθοριστικό ρόλο στη γλωσσική επεξεργασία και την ανάγνωση (Brunswick et al., 1999; McCrory et al., 2005; Paulesu et al., 2001; Shaywitz et al., 2002). Η πρόοδος στην τεχνολογία νευροαπεικόνισης επιτρέπει πλέον τη λεπτομερή παρακολούθηση των λειτουργικών και δομικών αλλαγών που συμβαίνουν κατά τη γλωσσική ανάπτυξη, διευκολύνοντας τη στοχευμένη παρέμβαση σε άτομα με γλωσσικές ή μαθησιακές δυσκολίες (Fawcett & Nicolson, 2007; Flowers et al., υπό δημοσίευση; Bigler et al., 1998; Lyon, 1995b; Shaywitz et al., 1995; Lyon et al., 2003).

### **3.3.1 MRI**

Η μαγνητική τομογραφία (Magnetic Resonance Imaging - MRI) αποτελεί προηγμένη και μη επεμβατική διαγνωστική τεχνική, η οποία επιτρέπει την απεικόνιση τόσο της εσωτερικής δομής όσο και ορισμένων λειτουργικών χαρακτηριστικών του ανθρώπινου σώματος με εξαιρετική λεπτομέρεια. Η MRI χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορους ιατρικούς τομείς λόγω της δυνατότητάς της να παρέχει εικόνες υψηλής αντίθεσης στους μαλακούς ιστούς, οι οποίες είναι ανώτερες σε σχέση με άλλες απεικονιστικές μεθόδους (Revett, 2011; Varela et al., 2022). Η τυπική εξέταση MRI είναι ανώδυνη και μπορεί να διαρκέσει από 20 έως 90 λεπτά, ανάλογα με την περιοχή που εξετάζεται (Ibrahim et al., 2017).

Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην αλληλεπίδραση μαγνητικών πεδίων με τους πυρήνες των πρωτονίων, που βρίσκονται κυρίως στα μόρια του νερού. Ο ασθενής τοποθετείται μέσα σε έναν ισχυρό μαγνήτη, ο οποίος προκαλεί την ευθυγράμμιση των πυρήνων υδρογόνου με το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο. Στη συνέχεια εφαρμόζονται παλμοί ραδιοσυχνότητας (RF) που διεγείρουν τα πρωτόνια, τα οποία, κατά την επαναφορά τους στην αρχική κατάσταση,

εκπέμπουν σήματα. Τα σήματα αυτά ανιχνεύονται και επεξεργάζονται ηλεκτρονικά, ώστε να δημιουργηθούν υψηλής ευκρίνειας εγκάρσιες εικόνες του σώματος σε οποιοδήποτε επίπεδο τομής (Revett, 2011; Riva & Spadaro, 2024).

Η MRI προσφέρει τη δυνατότητα παραγωγής τόσο ανατομικών όσο και λειτουργικών εικόνων. Επιπλέον, με τη χρήση σκιαγραφικών μέσων μπορεί να ενισχυθεί η διαγνωστική της ικανότητα, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη ροή του αίματος και την αιμάτωση των ιστών. Η υψηλή ανάλυση και η εξαιρετική αντίθεση που προσφέρει καθιστούν τη μαγνητική τομογραφία απαραίτητο εργαλείο για την ανίχνευση δομικών ανωμαλιών, τη διάγνωση ποικίλων παθολογικών καταστάσεων και τη μελέτη της λειτουργίας του εγκεφάλου και άλλων οργάνων (Riva & Spadaro, 2024).

Η μαγνητική τομογραφία (MRI) αποτελεί εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για τη μελέτη του παιδικού εγκεφάλου, καθώς προσφέρει πολύ ακριβείς ανατομικές εικόνες χωρίς την ανάγκη χρήσης ιονίζουσας ακτινοβολίας. Η δυνατότητα επαναλαμβανόμενης απεικόνισης του ίδιου ατόμου με την πάροδο του χρόνου επιτρέπει στους ερευνητές να εξετάζουν πώς οι σημαντικές αναπτυξιακές αλλαγές στην κίνηση, τη γνωστική και κοινωνική μάθηση κατά την παιδική και εφηβική ηλικία συνδέονται με τη λειτουργική ωρίμανση των νευρωνικών δικτύων που υποστηρίζουν αυτές τις διαδικασίες (Dawson & Fischer, 1994; Ibrahim et al., 2017).

### **3.3.2 DTI**

Η απεικόνιση τανυστή διάχυσης (Diffusion Tensor Imaging - DTI) αποτελεί εξειδικευμένη τεχνική μαγνητικής τομογραφίας που παρέχει τη δυνατότητα μη επεμβατικής, *in vivo* διερεύνησης της κίνησης του νερού στους ιστούς, προσφέροντας πολύτιμες πληροφορίες για την ανισοτροπία και την οργάνωση της λευκής ουσίας. Η μέθοδος αυτή έχει ιδιαίτερη εφαρμογή στη μελέτη νευρολογικών δυσκολιών, καθώς η ακεραιότητα των δεματίων λευκής ουσίας επηρεάζει

άμεσα τη συνδεσιμότητα και την αποτελεσματικότητα των νευρωνικών δικτύων (Lope-Piedrafita, 2018).

Μέσω της DTI μπορούν να διερευνηθούν η οργάνωση, ο προσανατολισμός και τα μικροδομικά χαρακτηριστικά της λευκής ουσίας, παρέχοντας στοιχεία για την ανάπτυξη και την παθοφυσιολογία του εγκεφάλου (Mori & Zhang, 2006). Οι μέχρι σήμερα μελέτες βασίζονται σε δύο κύριες προσεγγίσεις: την αυτοματοποιημένη ανάλυση voxel (VBA) και την χειροκίνητη οριοθέτηση περιοχών ενδιαφέροντος (ROIs). Ο συνδυασμός αυτών των μεθόδων θεωρείται η πιο αξιόπιστη στρατηγική, καθώς αντιμετωπίζει τους περιορισμούς κάθε τεχνικής μεμονωμένα και έχει ιδιαίτερη σημασία για την κατανόηση των πολύπλοκων αλλαγών που επηρεάζουν την ανάπτυξη της λευκής ουσίας (Kanaan et al., 2005; Seok et al., 2007; Snook et al., 2007).

Επιπλέον, η τρακτογραφία που βασίζεται σε δεδομένα DTI δίνει τη δυνατότητα χαρτογράφησης των προτύπων συνδεσιμότητας στον εγκέφαλο, χρησιμοποιώντας δείκτες όπως η ανισοτροπία διάχυσης και οι κύριες κατευθύνσεις διάχυσης. Μέσα από αυτή τη διαδικασία μπορούν να αποκαλυφθούν διαταραχές στη δομή και λειτουργία της λευκής ουσίας, οι οποίες σχετίζονται με νευροαναπτυξιακές και νευροψυχιατρικές παθήσεις (Basser, Pajevic, Pierpaoli, Duda, & Aldroubi, 2000).

Η DTI έχει ορισμένους περιορισμούς. Η ακρίβειά της εξαρτάται από θεωρητικές υποθέσεις για τη δομή του εγκεφάλου που δεν αποτυπώνουν πλήρως την πολυπλοκότητα των νευρωνικών συνδέσεων, ενώ η αξιοπιστία των ευρημάτων απαιτεί την τήρηση τυποποιημένων πρωτοκόλλων συλλογής δεδομένων, τόσο σε κλινικά όσο και σε ερευνητικά πλαίσια (Kashefi et al., 2020; Lope-Piedrafita, 2018).

Η δυσλεξία, έχει αναδειχθεί ως ιδιαίτερα κατάλληλο πεδίο για μελέτες με τεχνικές DTI. Έρευνες έχουν συσχετίσει τη διαταραχή με ήπιες αναπτυξιακές ανωμαλίες, όπως

μικροδυσγενέσεις και ασυμμετρία στο planum temporale, καθώς και με δυσλειτουργίες φλοιικών περιοχών γύρω από τη σχισμή του Sylvius. Τα ευρήματα αυτά, που προέρχονται τόσο από μεταθανάτιες εξετάσεις όσο και από απεικονιστικές μελέτες MRI, υποδηλώνουν την ύπαρξη πολύπλοκων αλλοιώσεων στις δεσμίδες λευκής ουσίας της κροταφο-βρεγματικής περιοχής, πιθανότατα λόγω εστιακών δυσκολιών ή τοπογραφικών διαφοροποιήσεων (Eckert, 2004; Galaburda, 1993; Pugh et al., 2000)

Σε συνέχεια αυτών των παρατηρήσεων, πρώιμες εφαρμογές της DTI στη δυσλεξία αποκάλυψαν μείωση της κλασματικής ανισοτροπίας (FA) στην αριστερή άνω επιμήκη δεσμίδα (SLF) (Beaulieu et al., 2005; Deutsch et al., 2005; Klingberg et al., 2000). Επιπλέον, ανέδειξαν πιο εκτεταμένη συμμετοχή της λευκής ουσίας σε άλλες εγκεφαλικές δομές, όπως η ακτινοειδής στεφάνη και η έσω κάψα (Beaulieu et al., 2005; Deutsch et al., 2005; Niogi & McCandliss, 2006).

### **3.3.3 fMRI**

Η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI) αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές μεθόδους νευροαπεικόνισης, με μεγάλη συνεισφορά στη γνωστική νευροεπιστήμη και την κλινική έρευνα τις τελευταίες δεκαετίες. Η τεχνική αυτή βασίζεται στη συσχέτιση ανάμεσα στη νευρωνική δραστηριότητα και την αιμοδυναμική απόκριση, δηλαδή τον τοπικό έλεγχο της ροής αίματος και της οξυγόνωσης στον εγκέφαλο, επιτρέποντας τον μη επεμβατικό εντοπισμό και τη μέτρηση της εγκεφαλικής λειτουργίας (Bandettini et al., 1992; Kwong et al., 1992; Ogawa, Lee, Kay, & Tank, 1990; Ogawa et al., 1992).

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της fMRI είναι η μη επεμβατική φύση της, καθώς δεν απαιτεί χειρουργικές διαδικασίες ή τη χρήση ραδιοϊσοτόπων, γεγονός που την καθιστά ασφαλέστερη για τους ασθενείς (Saykin et al., 1996). Επιπλέον, η τεχνική Blood

Oxygen Level-Dependent (BOLD) χρησιμοποιείται κυρίως για τη μελέτη της δυναμικής εγκεφαλικής δραστηριότητας, ενώ η Arterial Spin Labeling (ASL) είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για την αξιολόγηση της εγκεφαλικής ροής αίματος σε κατάσταση ηρεμίας (Daliri & Behroozi, 2013).

Η fMRI παρέχει τη δυνατότητα ανίχνευσης μεταβολών στα επίπεδα οξυγόνωσης του αίματος, προσφέροντας έναν ισορροπημένο συνδυασμό χωρικής και χρονικής ανάλυσης. Παρά τους περιορισμούς της, όπως η χαμηλότερη χρονική ανάλυση σε σύγκριση με άλλες τεχνικές, που μπορεί να επηρεάσει την ακρίβεια στην καταγραφή ταχέων νευρωνικών γεγονότων, η συμβολή της στην κατανόηση της εγκεφαλικής λειτουργίας παραμένει μεγάλη (Daliri & Behroozi, 2013).

Η εφαρμογή της εκτείνεται σε διάφορους τομείς, όπως η ψυχολογία, η νευρολογία και η αποκατάσταση, παρέχοντας σημαντικά δεδομένα για την αξιολόγηση της λειτουργικής ανάρρωσης του εγκεφάλου και τον σχεδιασμό εξατομικευμένων θεραπευτικών παρεμβάσεων (Liu & Cao, 2020; Sweet, 2011; Zhang et al., 2024). Παράλληλα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη του φυσιολογικού εγκεφάλου, την κατανόηση των επιδράσεων διαφόρων ασθενειών, την παρακολούθηση της αποκατάστασης μετά από βλάβες, καθώς και την αξιολόγηση των επιδράσεων φαρμακευτικών παρεμβάσεων (Smith, 2004).

Η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI) μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στην κατανόηση της γνωστικής λειτουργίας με διάφορους τρόπους. Αρχικά, δίνει απαντήσεις σχετικά με το ποιες λειτουργίες μπορούν να εντοπιστούν σε συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου, γεγονός που είναι κρίσιμο για τη μελέτη της εγκεφαλικής δομικότητας (Blumstein, 2013; Cabeza & Moscovitch, 2013; Chiao & Immordino-Yang, 2013). Επιπλέον, τα δεδομένα της fMRI μπορούν να λειτουργήσουν ως δείκτες συγκεκριμένων νοητικών διεργασιών, παρέχοντας

στοιχεία για τις διαδικασίες που ενεργοποιούνται κατά την εκτέλεση διαφορετικών έργων. Παράλληλα, μπορεί να φωτίσει το είδος των πληροφοριών που αναπαρίστανται σε κάθε εγκεφαλική περιοχή, επιτρέποντας τη διερεύνηση ζητημάτων που αφορούν τη μνήμη και τη δομή των γνωστικών διεργασιών (Levy & Wagner, 2013; Reuter-Lorenz, 2013; Serences et al., 2009). Τέλος, η fMRI είναι σε θέση να αποκαλύψει εάν δύο έργα εμπλέκουν κοινούς ή διαφορετικούς μηχανισμούς επεξεργασίας, παρέχοντας έτσι σημαντικά στοιχεία για τη μελέτη της φύσης των έργων και της αναδιοργάνωσης των λειτουργικών κυκλωμάτων του εγκεφάλου στη διάρκεια της ζωής (Park & McDonough, 2013; Rugg & Thompson-Schill, 2013).

Η fMRI μπορεί να συμβάλει στην έγκαιρη ανίχνευση της δυσλεξίας, καθώς επιτρέπει τη σύνδεση γενετικών παραγόντων με πρότυπα εγκεφαλικής ενεργοποίησης. Η ασυνήθιστη νευρωνική δραστηριότητα που ανιχνεύεται μέσω fMRI μπορεί να λειτουργήσει ως δείκτης δυσλεξίας, προσφέροντας δυνατότητα προγενέστερου εντοπισμού σε σύγκριση με τις παραδοσιακές συμπεριφορικές δοκιμασίες. Παρότι η fMRI προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για τις νευροβιολογικές πτυχές της δυσλεξίας, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται από μόνη της για διαγνωστικούς σκοπούς. Οι συμπεριφορικές αξιολογήσεις παραμένουν απαραίτητες για μια πλήρη και ακριβή αποτύπωση των αναγνωστικών δεξιοτήτων και δυσκολιών του ατόμου (Carrasco & Carrasco, 2022; Giubergia et al., 2024).

Συνολικά, η fMRI αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τη μελέτη της εγκεφαλικής λειτουργίας, συνεισφέροντας τόσο στη βασική επιστημονική γνώση όσο και στην κλινική πρακτική, καθώς προσφέρει νέες προοπτικές κατανόησης και παρέμβασης σε γνωστικές και νευρολογικές διαταραχές (Heeger & Ress, 2002).

### 3.3.4 PET

Η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (Positron Emission Tomography - PET) είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη απεικονιστική μέθοδος στην ογκολογία, που βασίζεται στη χορήγηση ραδιοανιχνευτών για τη μέτρηση μεταβολικών διεργασιών στο σώμα. Επιτρέπει την εκτίμηση της μεταβολικής δραστηριότητας, της αιματικής ροής και της χημικής σύστασης, παρέχοντας κρίσιμες πληροφορίες για φυσιολογικές και παθολογικές καταστάσεις. Ανάλογα με το υπό εξέταση όργανο ή ιστό, οι ραδιοανιχνευτές χορηγούνται ενδοφλέβια, από το στόμα ή με εισπνοή και κατανέμονται στους ιστούς σύμφωνα με την έλξη τους. Περιοχές με αυξημένο μεταβολισμό εμφανίζουν μεγαλύτερη πρόσληψη του ιχνηθέτη, η οποία αποδίδεται ως εντονότερη φωτεινότητα στις εικόνες. Οι ιχνηθέτες με ασταθείς πυρήνες εκπέμπουν ποζιτρόνια που αλληλεπιδρούν με ηλεκτρόνια των γύρω ιστών, παράγοντας φωτόνια γάμμα. Τα φωτόνια ανιχνεύονται από δακτύλιο ανιχνευτών του σαρωτή και τα δεδομένα επεξεργάζονται υπολογιστικά για τη δημιουργία τρισδιάστατης απεικόνισης της κατανομής του ιχνηθέτη. Η επιλογή ιχνηθέτη καθορίζεται από τη συγκεκριμένη βιολογική διεργασία που διερευνάται (Kapoore, Heston, & Kasi, 2025).

Η PET είναι μη επεμβατική τεχνική με ευρύ φάσμα κλινικών και ερευνητικών εφαρμογών, ιδίως στη μελέτη της παθοφυσιολογίας εγκεφαλικών Δυσκολιών όπως οι νευροεκφυλιστικές νόσοι, οι λοιμώξεις, η επιληψία, τα ψυχιατρικά νοσήματα και οι εγκεφαλικοί όγκοι, αλλά και της φυσιολογικής νευροφυσιολογίας. Η υψηλή ευαισθησία της επιτρέπει τρισδιάστατη χαρτογράφηση ποζιτρονιοεκπεμπόντων ραδιοφαρμάκων που χορηγούνται σε εξαιρετικά μικρές ποσότητες (μg), χωρίς αξιόλογες φυσιολογικές ή φαρμακολογικές επιδράσεις. Για το λόγο αυτό, η PET χαρακτηρίζεται ως «λειτουργική» ή «μοριακή» απεικόνιση,

επιτρέποντας τη μελέτη της βιολογικής λειτουργίας τόσο στην υγεία όσο και στην ασθένεια (Lameka et al., 2016).

Επιπλέον, με τη χρήση ραδιονουκλιδίων που εκπέμπουν ποζιτρόνια, όπως τα  $^{15}\text{O}$ ,  $^{11}\text{C}$  και  $^{18}\text{F}$ , η PET δίνει τη δυνατότητα *in vivo* διερεύνησης βιολογικών διεργασιών, παράγοντας εικόνες της περιφερειακής ραδιενέργειας από διαδοχικές προβολές που ανακατασκευάζονται σε δισδιάστατες τομές (Powers, 2014).

Οι μελέτες με τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) έχουν επικεντρωθεί κυρίως σε γλωσσικές δυσλειτουργίες που χαρακτηρίζουν τη δυσλεξία, όπως η φωνολογική επεξεργασία και η αποκωδικοποίηση λέξεων (Shaywitz, 1998). Σε μια από τις πρώτες σχετικές έρευνες, οι Rumsey et al. (1992) συνέκριναν δεξιόχειρες άνδρες με αναπτυξιακή δυσλεξία και άτομα ομάδας ελέγχου, καταγράφοντας την εγκεφαλική αιματική ροή τόσο σε κατάσταση ηρεμίας όσο και κατά τη διάρκεια ακουστικών και γλωσσικών εργασιών. Τα άτομα με δυσλεξία εμφάνισαν μειωμένη ενεργοποίηση στον αριστερό μετωπιαίο και κροταφο-βρεγματικό φλοιό, σε συνδυασμό με αντισταθμιστική δραστηριότητα στον μετωπιαίο φλοιό. Αντίστοιχα, οι McCrory et al. (2000) διαπίστωσαν μειωμένη ενεργοποίηση στον δεξιό πρόσθιο άνω κροταφικό φλοιό κατά την εκτέλεση λεκτικών δοκιμασιών, γεγονός που υπογραμμίζει διαφορές στη νευρωνική επεξεργασία που σχετίζονται με τις γλωσσικές δυσκολίες στη δυσλεξία.

Η συμβολή των νευροαπεικονιστικών μεθόδων στη μελέτη της δυσλεξίας είναι αναμφισβήτητη, καθώς επιτρέπουν τον εντοπισμό δομικών και λειτουργικών ανωμαλιών στον εγκέφαλο, διευκολύνουν την πρόωπη ανίχνευση της διαταραχής και παρέχουν τη δυνατότητα αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας των παρεμβάσεων (Carrasco & Carrasco, 2022; Eden et al., 2015, 2016; Tuchman, 1999). Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικές προκλήσεις που περιορίζουν την ευρεία εφαρμογή τους. Η πολυπλοκότητα στην ερμηνεία των ευρημάτων, το υψηλό κόστος

και οι απαιτήσεις σε πόρους, καθώς και οι διακυμάνσεις στα αποτελέσματα λόγω διαφορών σε μεθοδολογία και δείγματα. Συνεπώς, παρότι οι τεχνολογίες νευροαπεικόνισης προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για τη βιολογική βάση της δυσλεξίας και τη βελτίωση των θεραπευτικών πρακτικών, απαιτείται περαιτέρω έρευνα και προσεκτική ερμηνεία για την αποτελεσματική ενσωμάτωσή τους στην κλινική πράξη (Eden et al., 2016; Hernández-Vásquez et al., 2023).

### 3.3.5 EEG

Η Ηλεκτροεγκεφαλογραφία (ΗΕΓ) είναι μια μη επεμβατική νευροφυσιολογική μέθοδος που καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφαλικού φλοιού μέσω ηλεκτροδίων τοποθετημένων στο τριχωτό της κεφαλής. Το σήμα που λαμβάνεται αποτελεί το άθροισμα διαφορετικών συχνοτήτων και προσφέρει υψηλή χρονική ανάλυση της εγκεφαλικής λειτουργίας. Η τεχνική χρησιμοποιείται εκτενώς τόσο στην έρευνα όσο και στην κλινική πράξη, επιτρέποντας την ανάλυση εγκεφαλικών λειτουργιών, την ανίχνευση αποκρίσεων σε ερεθίσματα και τον εντοπισμό παθολογικών καταστάσεων (Luck, 2014; Millett et al., 2015; Santos & Coutinho, 2024; Schomer & Lopes da Silva, 2017).

Η ύπαρξη της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου ανακαλύφθηκε από τον Caton το 1875, ενώ τη δεκαετία του 1920 ο Berger απέδειξε ότι το ΗΕΓ μπορεί να καταγραφεί από το ανθρώπινο κρανίο (Berger, 1929). Η μέθοδος έλαβε ευρύτερη αποδοχή μετά την απόδειξη των Adrian και Mathews (1934) ότι ο ρυθμός άλφα παράγεται στους ινιακούς λοβούς και δεν αποτελεί τεχνητό εύρημα. Από τότε, το ΗΕΓ έχει καθιερωθεί ως θεμελιώδες εργαλείο για τη μελέτη της λειτουργίας του εγκεφάλου. Το ΗΕΓ καταγράφει βιολογικά σήματα που αποτελούνται από διαφορετικά φάσματα συχνοτήτων. Για τη βελτίωση της ποιότητας του σήματος εφαρμόζονται φίλτρα, με πιο συνηθισμένο το φίλτρο των 60 Hz, το οποίο απομακρύνει τις παρεμβολές από το περιβάλλον. Οι βασικές ζώνες συχνοτήτων που ανιχνεύονται είναι οι

δέλτα (1-3,99 Hz), θήτα (4-7,99 Hz), άλφα (8-12,99 Hz) και βήτα ( $\geq 13$  Hz), καθεμία από τις οποίες συνδέεται με συγκεκριμένες καταστάσεις εγκεφαλικής δραστηριότητας, όπως η χαλάρωση, η συγκέντρωση και οι γνωσιακές.

Στην τυπική καταγραφή χρησιμοποιούνται 16 κανάλια τοποθετημένα στο τριχωτό της κεφαλής, καθώς και ένα επιπλέον για την ηλεκτροκαρδιογραφία (ΗΚΓ). Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων γίνεται σύμφωνα με το διεθνές σύστημα 10-20, όπου οι μονές θέσεις αντιστοιχούν στην αριστερή πλευρά και οι ζυγές στη δεξιά, ενώ οι μικρότεροι αριθμοί τοποθετούνται πρόσθια και οι μεγαλύτεροι οπίσθια (Rana et al., 2017). Κατά τη διάρκεια της εξέτασης εφαρμόζονται μέθοδοι ενεργοποίησης, όπως ο φωτοερεθισμός, ο υπεραερισμός και η καταγραφή κατά τον ύπνο, με στόχο την ανάδειξη παθολογικών αποκρίσεων. Όμως, ο υπεραερισμός δεν ενδείκνυται σε ασθενείς με πρόσφατο αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο, νόσο των καρωτίδων ή σοβαρή αθηροσκλήρωση (Sazgar & Young, 2019).

Ο εξοπλισμός του ΗΕΓ περιλαμβάνει ηλεκτρόδια, αγωγίμο τζελ, ενισχυτή και λογισμικό καταγραφής. Τα ηλεκτρόδια, τα οποία προσαρμόζονται σε διαφορετικά μεγέθη και μορφές, συλλέγουν την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου. Η αγωγή ουσία βελτιώνει την σύνδεση με το τριχωτό, ενώ ο ενισχυτής είναι απαραίτητος για την αύξηση του χαμηλού εύρους των σημάτων. Το λογισμικό επιτρέπει την παρακολούθηση και επεξεργασία των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται συστήματα παρακολούθησης για τη μείωση θορύβου και παρεμβολών (Im, 2018; Santos & Coutinho, 2024; Siuly & Zhang, 2016; Thakor & Sherman, 2013).

Η προετοιμασία περιλαμβάνει τον καθαρισμό του δέρματος για μείωση της αντίστασης, βαθμονόμηση του εξοπλισμού και προ-πειραματικές δοκιμές ώστε να εξασφαλιστεί η ακρίβεια της καταγραφής. Επίσης, απαιτείται ελαχιστοποίηση των κινήσεων, όπως οι αναλαμπές των

ματιών ή οι κινήσεις κεφαλής, καθώς μπορούν να εισάγουν θόρυβο στα δεδομένα (Ferreira et al., 2022; Santos & Coutinho, 2024).

Η εξαιρετικά υψηλή χρονική ανάλυση του ΗΕΓ, η οποία φτάνει σε κλίμακα χιλιοστών του δευτερολέπτου, το καθιστά πολύ σημαντικό εργαλείο για τη διερεύνηση γνωσιακών και αισθητηριακών διεργασιών. Η μέθοδος επιτρέπει την ακριβή καταγραφή νευρωνικών γεγονότων σε συγχρονισμό με εξωτερικά ερεθίσματα και προσφέρει τη δυνατότητα ανάλυσης της λειτουργικής συνδεσιμότητας μεταξύ διαφορετικών περιοχών του εγκεφάλου, διευκολύνοντας έτσι την κατανόηση πολύπλοκων λειτουργιών, όπως η μνήμη και ο εκτελεστικός έλεγχος (Ferreira et al., 2022; Nunez & Srinivasan, 2006; Santos & Coutinho, 2024; Schomer & Lopes da Silva, 2017).

Επιπλέον, η αυξημένη ευαισθησία του ΗΕΓ στις παθολογικές μεταβολές καθιστά δυνατή την έγκαιρη ανίχνευση επιληπτικών κρίσεων, ανατομικών ανωμαλιών και γνωσιακών δυσλειτουργιών. Παράλληλα, έχει εφαρμογές στη μελέτη και την υποστήριξη θεραπευτικών παρεμβάσεων σε διαταραχές συμπεριφοράς και νευροαναπτυξιακές διαταραχές, όπως ο αυτισμός, καθώς και σε μαθησιακές δυσκολίες, διαταραχές προσοχής και καθυστέρηση λόγου (Adeli et al., 2003; Hazarika et al., 1997; Millett et al., 2015).

Παρά τα πλεονεκτήματά του, το ΗΕΓ έχει ορισμένους περιορισμούς, όπως η χαμηλή χωρική ανάλυση και η ευαισθησία σε παρεμβολές που προκαλούνται από κινήσεις ή μυϊκή δραστηριότητα. Η τεχνική είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αποτύπωση της επιφανειακής φλοιώδους δραστηριότητας, όμως παρουσιάζει περιορισμένη ικανότητα καταγραφής σημάτων από βαθύτερες εγκεφαλικές δομές. Για τον λόγο αυτό, πρέπει να εφαρμόζεται σε συνδυασμό με άλλες νευροαπεικονιστικές μεθόδους, όπως η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI). Ο συνδυασμός αυτών των τεχνικών αξιοποιεί την υψηλή χρονική ανάλυση του ΗΕΓ και τη χωρική

ανάλυση της fMRI, παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη και ακριβή εικόνα της εγκεφαλικής λειτουργίας (Ferreira et al., 2022; Nunez & Srinivasan, 2006; Santos & Coutinho, 2024; Schomer & Lopes da Silva, 2017).

#### **4. Ο ρόλος της πλαστικότητας του εγκεφάλου και της χρήσης του EEG στη μελέτη των ΕΜΔ**

Η ποιότητα και η ποικιλία των εμπειριών κατά την προσχολική ηλικία επηρεάζουν άμεσα την ανάπτυξη των νευρωνικών δικτύων που σχετίζονται με τη μάθηση, υπογραμμίζοντας τη σημασία ενός πλούσιου και υποστηρικτικού περιβάλλοντος για την ενίσχυση της γνωστικής ανάπτυξης (Shonkoff & Phillips, 2000). Επιπλέον, η νευροπλαστικότητα στην πρώιμη αυτή φάση παρέχει σημαντική ευκαιρία για παρέμβαση και βελτίωση της μαθησιακής ικανότητας, ειδικά σε παιδιά που παρουσιάζουν καθυστερήσεις ή δυσκολίες (Kolb et al., 2013). Η κατανόηση των μηχανισμών μέσω των οποίων ο εγκέφαλος της προσχολικής ηλικίας μαθαίνει και προσαρμόζεται είναι ουσιώδης για την ανάπτυξη εκπαιδευτικών πρακτικών που μεγιστοποιούν τις μαθησιακές δυνατότητες των παιδιών (Nelson & Gabard-Durnam, 2020). Τα σήματα που

εκπέμπει το ΗΕΓ προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για την δραστηριότητα του εγκεφάλου. Αποτελεί ένα εργαλείο με μεγάλες προοπτικές στην διάγνωση νευρολογικών παθήσεων (Shilaskar, 2024). Σύμφωνα με μελέτες, οι βιοδείκτες του ΗΕΓ μπορούν να συντελέσουν σημαντικό ρόλο στην πρόωμη διάγνωση των ΕΜΔ (Eroglu, 2025).

#### **4.1 Πλαστικότητα Εγκεφάλου στις ΕΜΔ**

Η νευροπλαστικότητα αποτελεί θεμελιώδη μηχανισμό για την ανάπτυξη των γνωστικών λειτουργιών, καθώς μέσω συναπτικών διαδικασιών, όπως η μακροχρόνια ενίσχυση (LTP) και η μακροχρόνια καταστολή (LTD), ενισχύονται ή περιορίζονται συγκεκριμένες συνάψεις, διαμορφώνοντας τα απαραίτητα νευρωνικά δίκτυα για την εκμάθηση και την αποθήκευση γνώσης (Sweatt, 2016). Παράλληλα, η εμπειρία επηρεάζει τη μυελίνωση των νευρικών ινών, διευκολύνοντας την ταχύτερη και πιο αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ εγκεφαλικών περιοχών (Bonetto et al., 2021; Mount & Monje, 2017), ενώ απεικονιστικές μελέτες επιβεβαιώνουν ότι η μάθηση και η απόκτηση νέων δεξιοτήτων προκαλούν μακροδομικές αλλαγές στη φαιά και λευκή ουσία (Sampaio-Baptista et al., 2013).

Η αναγνώριση αυτών των μηχανισμών είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την κατανόηση των αποκλίσεων που σχετίζονται με μαθησιακές δυσκολίες. Όταν οι δυσκολίες εντοπίζονται έγκαιρα, μπορούν να εφαρμοστούν στοχευμένες παρεμβάσεις που αξιοποιούν τη συναπτική πλαστικότητα (LTP) και υποστηρίζουν τη νευρογενετική αναδιοργάνωση (Nicolson, Fawcett, & Dean, 2001). Μέσω αυτών, ενισχύονται οι λειτουργικές συνδέσεις του εγκεφάλου και προάγεται η ανάπτυξη στρατηγικών μάθησης, βελτιώνοντας τις μαθησιακές ικανότητες και τη γνωστική ευχέρεια. Η έγκαιρη διάγνωση και παρέμβαση αξιοποιεί τη μεγάλη πλαστικότητα του εγκεφάλου κατά την παιδική ηλικία, προσφέροντας ουσιαστικές δυνατότητες για την ενίσχυση της

εκπαιδευτικής προόδου (Dehaene, 2009; Merzenich & Jenkins, 1995; Shaywitz & Shaywitz, 2008).

Η κατανόηση των ΕΜΔ απαιτεί μελέτη των βασικών γνωστικών λειτουργιών, όπως η προσοχή, η μνήμη, η γλωσσική κατανόηση και η εκτελεστική λειτουργία, οι οποίες αποτελούν θεμελιώδεις μηχανισμούς επεξεργασίας και χρήσης πληροφοριών κατά τη μάθηση. Η ανάπτυξή τους εξαρτάται άμεσα από τη λειτουργική και δομική πλαστικότητα του εγκεφάλου, ιδιαίτερα κατά τα πρώτα χρόνια ζωής (Diamond, 2013). Η προσοχή και η μνήμη εργασίας, για παράδειγμα, σχετίζονται με την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας πληροφοριών και τη ρύθμιση της συμπεριφοράς, ενώ οι εκτελεστικές λειτουργίες, όπως η αναστολή και η γνωστική ευελιξία, επιτρέπουν στο παιδί να προσαρμόζεται σε νέες μαθησιακές καταστάσεις (Miyake & Friedman, 2012). Η παρακολούθηση της πορείας αυτών των λειτουργιών σε νεαρή ηλικία, σε συνδυασμό με νευροβιολογικούς δείκτες, μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην πρόωπη ανίχνευση παιδιών που ανήκουν σε ομάδες κινδύνου για μαθησιακές δυσκολίες.

Η στενή σύνδεση μεταξύ γνωστικών λειτουργιών και νευροπλαστικότητας οδηγεί στη διερεύνηση των μηχανισμών εγκεφαλικής ανάπτυξης που υποστηρίζουν τη μάθηση. Η νευροεπιστημονική έρευνα έχει αναδείξει τρεις βασικούς μηχανισμούς :

Αρχικά, στην υποκοιλιακή ζώνη του εγκεφάλου έχουν εντοπιστεί βλαστοκύτταρα που παραμένουν ενεργά καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής. Τα κύτταρα αυτά μπορούν να διαφοροποιηθούν σε νευρικά ή νευρογλοιακά προγονικά κύτταρα και να μεταναστεύσουν προς περιοχές της λευκής και της φαιάς ουσίας, ακόμη και στην ενήλικη ζωή. Αν και ο ρόλος τους δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως, φαίνεται ότι παραμένουν σε λανθάνουσα κατάσταση και ενεργοποιούνται έπειτα από τραυματισμό ή άλλες ανάγκες αναδιοργάνωσης, συμβάλλοντας δυννητικά στη δημιουργία νέων κυκλωμάτων (Kolb et al., 2007).

Σημαντική είναι επίσης η συνεχής παραγωγή νέων κυττάρων στην οδοντωτή έλικα του ιππόκαμπου, που παρατηρείται ακόμη και στην ενήλικη ζωή. Αν και η ένταση της διαδικασίας μειώνεται με τη γήρανση, τα νέα αυτά κύτταρα φαίνεται να εμπλέκονται σε λειτουργίες που σχετίζονται με τη μνήμη και τη μάθηση (Spanswick & Sutherland, 2010). Η διατήρηση αυτής της νευρογένεσης δημιουργεί προοπτικές για έγκαιρη παρέμβαση και προσαρμογή σε παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες.

Τέλος, οι δενδρίτες και οι δενδριτικές σπονδυλικές προεκβολές των νευρώνων επιδεικνύουν ιδιαίτερη πλαστικότητα, σχηματίζοντας νέες συνάψεις ως απόκριση σε εμπειρίες. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να συμβούν ταχύτατα, γεγονός που καταδεικνύει τον δυναμικό χαρακτήρα του εγκεφάλου και την ικανότητά του να τροποποιεί τη λειτουργία του μέσω κατάλληλων ερεθισμάτων. Αυτό το χαρακτηριστικό αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αξιοποίηση της νευροπλαστικότητας στην πρόωμη ανίχνευση και εκπαιδευτική παρέμβαση σε παιδιά με ειδικές μαθησιακές δυσκολίες (Greenough & Chang, 1989).

Η κατανόηση των μηχανισμών αυτών δείχνει πως η λειτουργία της μνήμης αποτελεί κεντρικό πεδίο που συνδέει τη νευροπλαστικότητα με τη μάθηση. Τα νευρωνικά κυκλώματα συνεχώς τροποποιούνται και διαμορφώνονται μέσω επιγενετικών διεργασιών. Οι συνάψεις που χρησιμοποιούνται λίγο γίνονται όλο και πιο αδύναμες και τελικά εξαφανίζονται, ενώ οι συνάψεις που χρησιμοποιούνται έντονα ενδυναμώνονται και αυξάνονται σε αριθμό. Έτσι, η φυσική δομή των ιχνών μνήμης θα μπορούσε να είναι μια δραστηριοεξαρτώμενη συναπτική πλαστικότητα (Kandel, Schwartz, & Jessell, 2000; Kandel & Pittenger, 1999).

Η ακριβής και πρόωμη διάγνωση των ΕΜΔ, μέσω σύγχρονων διαγνωστικών εργαλείων όπως η νευροψυχολογική αξιολόγηση, η αξιολόγηση μέσω ψυχομετρικών τεστ και η κλινική παρακολούθηση, επιτρέπει την εφαρμογή εξατομικευμένων θεραπευτικών στρατηγικών που

αξιοποιούν τις δυνατότητες της νευροπλαστικότητας (Kleim & Jones, 2008). Η αξιοποίηση ψυχομετρικών δοκιμασιών, σε συνδυασμό με τεχνικές νευροανατομικής και νευρολειτουργικής απεικόνισης (όπως η λειτουργική μαγνητική τομογραφία- fMRI), παρέχει τη δυνατότητα εντοπισμού πιθανών αναπτυξιακών ελλειμμάτων καθώς και τον προσδιορισμό των εγκεφαλικών περιοχών που χρήζουν ενίσχυσης (Gabrieli, 2009).

#### **4.1.1 Κρίσιμη Περίοδος Νευροανάπτυξης**

Η γνωστική ανάπτυξη θεμελιώνεται στη βιολογική ωρίμανση του εγκεφάλου και στις εμπειρίες που αποκομίζει το παιδί, με αποτέλεσμα κάθε άτομο να παρουσιάζει διαφορετικούς ρυθμούς ανάπτυξης. Αυτή η διαφοροποίηση οδηγεί σε αποκλίσεις στο νευροβιολογικό και πνευματικό επίπεδο μεταξύ συνομηλίκων, επηρεάζοντας αντίστοιχα και τον βαθμό σχολικής ετοιμότητας (Wood et al., 1984). Η κατανόηση της σχέσης μεταξύ νευρογένεσης και εγκεφαλικής ανάπτυξης είναι κρίσιμη, ώστε γονείς, φροντιστές και εκπαιδευτικοί να παρέχουν τα κατάλληλα ερεθίσματα και να αποφεύγουν παράγοντες που μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις κατά την ευαίσθητη αυτή περίοδο (Στασινός, 1999).

Κατά την πρώιμη παιδική ηλικία, ο εγκέφαλος παρουσιάζει ιδιαίτερη ευαλωτότητα σε εξωτερικά ερεθίσματα, καθώς βρίσκεται σε φάση έντονης νευρογένεσης, όπου οι νευρώνες πολλαπλασιάζονται και σχηματίζουν νέες συνάψεις. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία, καθώς στρεσογόνες ή στερητικές εμπειρίες μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα μάθησης, όπως δυσκολίες στην ανάγνωση και τη γραφή, με σημαντικές συνέπειες για τη μετέπειτα σχολική πορεία του παιδιού (Στασινός, 1999; Ράλλη, 2019). Η «κρίσιμη περίοδος» της γλωσσικής ανάπτυξης, η οποία ξεκινά από τη γέννηση και κορυφώνεται στα έξι έτη, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα της στενής σχέσης

μεταξύ νευροπλαστικότητας και μάθησης. Μετά το πέρας αυτής της περιόδου, η κατάκτηση της γλώσσας καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη, αν όχι αδύνατη (Leeneberg, 1967).

Η μάθηση συνδέεται στενά με τη νευρωνική πλαστικότητα, η οποία χαρακτηρίζεται από αυξημένη ικανότητα αναδιοργάνωσης κατά τις πρώιμες αναπτυξιακές φάσεις (Buonomano & Merzenich, 1998; Cotman & Berchtold, 2002; Dong & Greenough, 2004; Ponti et al., 2008; Rakic, 2002; Voelcker-Rehage & Willimczik, 2006). Κατά τη διάρκεια αυτών των κρίσιμων περιόδων, τα πιο σημαντικά αισθητηριακά ερεθίσματα ενισχύονται, σταθεροποιώντας τις αντίστοιχες νευρωνικές αναπαραστάσεις (Hensch, 2005). Νευροαπεικονιστικές μελέτες δείχνουν ότι κατά τα προσχολικά χρόνια ο εγκέφαλος υφίσταται ουσιαστικές ανατομικές και φυσιολογικές αλλαγές, όπως αύξηση του πάχους του φλοιού και μεταβολές στη διαχυτικότητα της λευκής ουσίας, οι οποίες υποστηρίζουν την ανάπτυξη των γνωστικών δεξιοτήτων (Brown & Jernigan, 2012).

Η πρώιμη παιδική ηλικία αποτελεί επομένως κρίσιμη φάση για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων μάθησης και την πρόληψη αναπτυξιακών δυσκολιών. Παρεμβάσεις που πραγματοποιούνται σε αυτό το στάδιο ενισχύουν τη νευροπλαστικότητα και διευκολύνουν την αποκατάσταση παιδιών με αναπτυξιακές διαταραχές. Η αναγνώριση της σημασίας αυτών των κρίσιμων περιόδων καθιστά επιτακτική την υιοθέτηση εκπαιδευτικών και περιβαλλοντικών πρακτικών που ενισχύουν την εγκεφαλική ανάπτυξη και υποστηρίζουν τις μελλοντικές μαθησιακές και συμπεριφορικές δεξιότητες των παιδιών (Ito, 2004; Yan et al., 2002).

#### **4.2 Ο ρόλος του EEG στην πρώιμη ανίχνευση των ΕΜΔ**

Πολυάριθμες μελέτες έχουν ασχοληθεί με τις περιοχές του εγκεφάλου που είναι υπαίτιες για τη δυσλεξία. Όπως προαναφέρθηκε, τα άτομα με δυσλεξία έχουν διαφοροποιήσεις στη λευκή και τη φαιά ουσία, ιδιαίτερα στις περιοχές που συνδέονται με τη γραφή και την ανάγνωση, δηλαδή

στις κροταφοβρεγματικές περιοχές (Booth & Burman, 2001; Deutsch et al., 2005; Kronbichler et al., 2008). Το ΗΕΓ μπορεί να αποτελέσει βασικό εργαλείο για την μελέτη των εγκεφαλικών περιοχών που σχετίζονται με την ΕΜΔ, καθώς θεωρείται το καταλληλότερο μέσο για την καταγραφή των εγκεφαλικών κυμάτων στα σημεία αυτά (Tobias, 2004).

Το ΗΕΓ καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου. Αυτό γίνεται μέσω των ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στο κεφάλι (Othman, Qayoom, & Wahab, 2012). Αποτελεί μια πρακτική και αξιόπιστη μέθοδο για την ανίχνευση νευρολογικών δυσκολιών (Acharya, Vinitha Sree, Alvin, & Suri, 2012). Τα σήματα που καταγράφονται, αναλύονται σε ζώνες συχνοτήτων θήτα, άλφα, βήτα, δέλτα και γάμμα και με την χρήση φίλτρων απομονώνονται (Cahn, Delorme & Polich 2013). Η πρώιμη ανίχνευση της ΕΜΔ μέσω ΗΕΓ είναι υποσχόμενη και οικονομική μέθοδος αξιολόγησης και δίνει τη δυνατότητα έγκαιρης παρέμβασης στα παιδιά προσχολικής ηλικίας (Karim et al., 2013).

Σύμφωνα με μελέτες σε παιδιά με ΕΜΔ, ιδιαίτερα σε αυτά που γεννήθηκαν πρόωρα και σε αυτά που εμφάνισαν πρώιμες δυσκολίες στην ομιλία, εντοπίστηκαν διαφοροποιήσεις στα ΗΕΓ τους. Αυτές οι χαρακτηριστικές διαφορές μπορούν να εκτελέσουν σημαντικό ρόλο για την πρώιμη ανίχνευση (Aksoy et al., 2019). Το ΗΕΓ είναι ιδανικό για διάγνωση λόγω της υψηλής χρονικής ανάλυσης και της μη επεμβατικής φύσης του (Induja et al., 2024). Η ανάλυση των καναλιών (AF7, AF3, AF4, AF8) του πρόσθιου μετωπιαίου λοβού σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν έχει δείξει σημαντικούς δείκτες εγκεφαλικής δραστηριότητας. Παράλληλα, η χρήση πολυκαναλικού συστήματος ΗΕΓ σε δραστηριότητες δακτυλογράφησης κατέδειξε ότι τα μετωπιαία κανάλια F3, F4, F5, F6, Fz ως μεγάλης σημασίας για τα χαρακτηριστικά πρότυπα εγκεφαλικών κυμάτων στην ΕΜΔ (Perera, Harshani, Shiratuddin, Wong & Fullarton, 2018).

Σε ΗΕΓ ατόμων με ΕΜΔ έχει παρατηρηθεί φτωχός ρυθμός, αυξημένη επιβράδυνση και χαμηλής έντασης υπόβαθρο (Byring & Järvillehto, 1985; Hughes, 1978). Σε παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες, οι αλλοιώσεις στο ΗΕΓ εμφανίζονται σε ποσοστό 25%- 43,5%, με την επιβράδυνση να αποτελεί το συχνότερο φαινόμενο (Becker, Velasco, Harmony, et al., 1987; Byring, Salmi, Sainio, et al., 1991; Chabot et al., 2001).

Τα ταλαντωτικά μοτίβα των ΗΕΓ κατά την πρώιμη παιδική ηλικία μπορεί να αναδείξουν μελλοντικές αναγνωστικές δεξιότητες (Smit et al., 2011). Μελέτες έχουν δείξει πως τα ΗΕΓ που καταγράφονται σε παιδιά 3 ετών ενώ βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας, μπορούν να προβλέψουν την ικανότητα ανάγνωσης τους στην ηλικία των 9 ετών. Οι ζώνες δέλτα 1 και άλφα 1 είναι πιθανοί προαναγνωστικοί δείκτες (Benasich et al., 2008; Gou et al., 2011; Marshall & Meltzoff, 2011). Οι ταλαντώσεις δέλτα συνδέονται με τη δραστηριότητα του εγκεφάλου καθώς η αργή δραστηριότητα δέλτα συμβάλει στην στην αποκοπή φλοιωδών συνδέσεων (Whitford et al., 2007). Με την πάροδο των ετών, η δραστηριότητα δέλτα αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό, γεγονός που έχει συσχετιστεί με παθολογίες των νευρώνων (Babiloni et al., 2012; Spironelli & Angrilli, 2009), όπως σε ενήλικες με δυσλεξία (Chabot et al., 2001; Penolazzi et al., 2008). Οι ταλαντώσεις άλφα είναι υπεύθυνες για την ορθογραφία, την οπτική επεξεργασία και τη φωνολογία, με τις διαταραχές σε αυτές να αναδεικνύουν πρώιμες ενδείξεις (Burton, 2009; Samuelsson, 2000). Έρευνα των Gou et al. (2011) διαπίστωσε πως η ισχύ της μετωπιαίας γάμμα δραστηριότητας σε κατάσταση ηρεμίας στους 16, 24 και 36 μήνες συσχετίζεται με τη φωνολογική μνήμη και τις συντακτικές δεξιότητες σε ηλικία 5 ετών, που αποτελούν τα θεμέλια για την μετέπειτα αναγνωστική ικανότητα.

Κατά τη σχολική ηλικία, παρατηρείται αυξημένη δραστηριότητα δέλτα και θήτα στις μετωπιαίες περιοχές όταν τα παιδιά με δυσλεξία εκτελούν δραστηριότητες ανάγνωσης.

Αντίστοιχα, παρατηρείται μειωμένη ισχύ στις ταλαντώσεις άλφα και βήτα σε κατάσταση ηρεμίας, αλλά και κατά την εκτέλεση γλωσσικών και φωνολογικών δραστηριοτήτων εξίσου (Klimesch et al., 2001a, 2001b; Penolazzi et al., 2008; Rippon, 2000; Rumsey et al., 1989; Spironelli et al., 2006).

Τέλος, κατά την εκτέλεση εργασιών που απαιτούν μνήμη εργασίας, το ΗΕΓ καταδεικνύει πως τα παιδιά με ΕΜΔ κάνουν πιο κοπιώδη προσπάθεια, η οποία μεταφράζεται ως αυξημένη ισχύ θήτα και δέλτα και μειωμένη γάμμα στις οπίσθιες περιοχές (Dimitriadis et al., 2010; Martínez-Briones et al., 2020). Η δραστηριότητα δέλτα έχει συσχετιστεί με την ικανότητα συγκέντρωσης (Chen et al., 2017; Honkanen et al., 2015; Jensen, Kaiser, & Lachaux, 2007; Okisch & Jensen, 2007; Tallon-Baudry et al., 1998). Η δραστηριότητα θήτα σχετίζεται με αυξημένο γνωστικό φορτίο (Cavanagh & Frank, 2014; Eschmann, Bader, & Mecklinger, 2018; Maurer, Brem, & Liechti, 2015). Ενώ, η δραστηριότητα γάμμα εμπλέκεται στη διατήρηση μνημονικών αναπαραστάσεων (Chen et al., 2017; Honkanen et al., 2015; Jensen, Kaiser, & Lachaux, 2007; Okisch & Jensen, 2007; Tallon-Baudry et al., 1998)

Συμπερασματικά, το ΗΕΓ εκτελεί σημαντικό ρόλο καθώς μπορεί να υπογραμμίσει νευρωνικές αποκλίσεις ακόμα και κατά την προσχολική ηλικία. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόωπη διάγνωση των ΕΜΔ διότι κύριο πλεονέκτημα του είναι το ότι δεν επηρεάζεται από την συγκέντρωση ή την κατάσταση του εξεταζόμενου. Αντίθετα, τα τεστ ανάγνωσης είναι χρονοβόρα και τα αποτελέσματα τους μπορεί να έχουν αποκλίσεις ανάλογα με τη διάθεση και τη θέληση του παιδιού (Gupte, Patel, Pen, & Kurhade, 2023).

## **Συμπεράσματα**

Η παρούσα εργασία ανέδειξε το γεγονός ότι η ΕΜΔ αποτελεί ένα σύνθετο πολυπαραγοντικό φαινόμενο στο οποίο διαδραματίζουν ρόλο γνωστικοί αλλά και νευροβιολογικοί παράγοντες

παράλληλα με την επίδραση του περιβάλλοντος. Το γεγονός αυτό είναι υπεύθυνο για τη διαμόρφωση πολλών τύπων ΕΜΔ και πολυάριθμων διαφορετικών κλινικών προφίλ στα άτομα με μαθησιακές δυσκολίες.

Οι γνωστικές διεργασίες αναδεικνύονται ως βασικοί παράγοντες για τη μάθηση. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες παρουσιάζουν διαταραχές στη προσοχή τη μνήμη και τη φωνολογία. Επομένως, αυτά τα γνωστικά ελλείμματα μπορούν να λειτουργήσουν ως πρώιμοι προγνωστικοί δείκτες ΕΜΔ. Μέσα από την αναζήτηση βιβλιογραφίας διαπιστώθηκε πως απαιτείται παραπάνω έρευνα για τον συνδυαστικό ρόλο των γνωστικών λειτουργιών και της πλαστικότητας του εγκεφάλου στην προσχολική ηλικία.

Η πλαστικότητα του εγκεφάλου συνιστά εξίσου σημαντικό μηχανισμό για τη μάθηση. Με βάση τις έρευνες που μελετήθηκαν, η προσχολική ηλικία αποτελεί σημαντική περίοδο για την προσαρμογή και την αναδιοργάνωση των νευρωνικών συνδέσεων άρα και κατάλληλη περίοδος για έγκαιρη παρέμβαση στα παιδιά με κίνδυνο εμφάνισης ΕΜΔ. Αυτό προϋποθέτει να έχει προηγηθεί η έγκαιρη διάγνωση τους. Η χρήση νευροεπικονιστικών μεθόδων μπορεί να επιφέρει το αποτέλεσμα αυτό.

Οι μελέτες συμφωνούν στην αξία των νευροαπεικονιστικών μεθόδων στην διάγνωση των ΕΜΔ. Καταδεικνύουν επίσης τη σημασία των νευροαπεικονιστικών μεθόδων για το ερευνητικό κομμάτι, καθώς, λόγω της μη παρεμβατικής τους φύσης, μπορούν να επαναλαμβάνονται ανα τακτά χρονικά διαστήματα, αποκαλύπτοντας την εξέλιξη του εγκεφάλου ανά τον καιρό στα άτομα με ΕΜΔ. Το ΗΕΓ αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για την καταγραφή δεικτών που σχετίζονται με τις μαθησιακές δυσκολίες. Σημαντικό εύρημα είναι ότι το ΗΕΓ φαίνεται να υπερτερεί των τεστ ανάγνωσης καθώς αυτά επηρεάζονται σημαντικά από την τρέχουσα κατάσταση του παιδιού. Προτείνεται παραπάνω διερεύνηση του ποσοστού απόκλισης ανάμεσα

στο ΗΕΓ και τα τεστ ανάγνωσης που οφείλεται στην πνευματική κατάσταση του παιδιού. Παρά την επιστημονική πρόοδο που έχει σημειωθεί στο ερευνητικό πεδίο του ΗΕΓ, εντοπίζονται κενά στη βιβλιογραφία. Οι διαχρονικές έρευνες σε παιδιά προσχολικής ηλικίας και τη μετέπειτα πορεία τους ήταν ελάχιστες. Επιπλέον, οι περισσότερες έρευνες επικεντρώνονται μόνο στη δυσλεξία και όχι σε άλλες κατηγορίες ΕΜΔ.

Εν κατακλείδι, η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση, δείχνει πως η ΕΜΔ συνδέεται με αλλαγές στη δομή και τη λειτουργία του εγκεφάλου αλλά και με διαφοροποιήσεις στις γνωστικές διεργασίες. Η γνώση αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί για τον έγκαιρο εντοπισμό της ΕΜΔ προτού τα συμπτώματα στην ανάγνωση και τη γραφή γίνουν εμφανή. Απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση στις νευροαπεικονιστικές μεθόδους και ιδιαίτερα στο ΗΕΓ, η οποία θα ξεκινάει από την προσχολική ηλικία και θα μελετά τα ευρήματα και την πρόοδο κατά τη σχολική ηλικία σε ένα μεγαλύτερο μέρος το πληθυσμού, με αυστηρότερα κριτήρια επιλογής του δείγματος. Κρίνεται σκόπιμη η διεξαγωγή εκτενέστερης έρευνας όσον αφορά τα αποτελέσματα του ΗΕΓ κατά τη διάρκεια γνωστικών διεργασιών, ιδιαίτερα κατά την πρώιμη παιδική ηλικία, καθώς η βιβλιογραφία είναι περιορισμένη.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abosi, O., & Koen, L. (2021). Mental health among students with neurodevelopment disorders: Case of dyslexic children and adolescents. *Dementia & Neuropsychologia*, 15(4), 460–465. <https://doi.org/10.1590/1980-57642021dn15-040014>
- Aguilar Fabr , L., Valdivia  lvarez, I., Rodríguez Valdés, R. F., Gárate Sánchez, E., Morgade Fonte, R. M., Castillo Yzquierdo, G., Regal Cabrera, N., & Hernández Montiel, H. L. (2015). Hallazgos electroencefalográficos en los pacientes con trastorno específico del desarrollo del lenguaje. *Revista Cubana de Neurología y Neurocirugía*, 5(1), 13–18. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5168847.pdf>
- Ahmed, M., & Sharma, S. (2017). Early intervention and prevention of students with specific learning disabilities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237, 123–130. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.249>
- Alexander, A. L., Lee, J. E., Lazar, M., & Field, A. S. (2007). Diffusion tensor imaging of the brain. *Neurotherapeutics*, 4(3), 316–329. <https://doi.org/10.1016/j.nurt.2007.05.011>
- Andresen, A., & Monsrud, M. B. (2021). Assessment of Dyslexia – Why, When, and with What? *Scandinavian Journal of Educational Research*, 66(6), 1063–1075. <https://doi.org/10.1080/00313831.2021.1958373>
- Antoniou, M., & Tsimpli, I. M. (2016). Specific language impairment and developmental dyslexia: What are the boundaries? Data from Greek children. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 51(4), 442–455. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12236> [pubmed.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)

- Balci, E. (2020). Early Predictors for Kindergarten Students at Risk for Dyslexia: A Two-Year Longitudinal Study. *International Journal of Progressive Education*, 16(3), 201-210.
- Bandettini, P. A. (2009). What's new in neuroimaging methods? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156(1), 260–293. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04420.x>
- Becker, N., Vasconcelos, M., Oliveira, V., Santos, F. C. D., Bizarro, L., Almeida, R. M. M. D., ... Carvalho, M. R. S. (2017). Genetic and environmental risk factors for developmental dyslexia in children: systematic review of the last decade. *Developmental Neuropsychology*, 42(7–8), 423–445. <https://doi.org/10.1080/87565641.2017.1374960>
- Benfenati, F. (2007). Synaptic plasticity and the neurobiology of learning and memory. *Acta Biomedica*, 78(Suppl 1), 58–66. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17465325/>
- Biasiucci, A., Franceschiello, B., & Murray, M. M. (2019). Electroencephalography. *Current Biology*, 29(3), R80-R85.
- Birnbaum, W., & Valdez, M. (2023). Early identification and enhanced assessment of learning disabilities: A review. *Journal of Learning Disabilities*, Advance online publication. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40271983/>
- Bonetto, G., Dupin, I., Bollmann, Y., & Zalc, B. (2021). Myelin: A gatekeeper of activity-dependent circuit plasticity? *Science*, 374(6567), eaba6905. <https://doi.org/10.1126/science.aba6905>

- Brandenburg, H., Huschka, D., Visser, J., & Hasselhorn, M. (2021). Are different types of learning disorder associated with distinct cognitive functioning profiles? *Frontiers in Psychology*, 12, Article 732. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.732>
- Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.05.002>
- Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From brain to education. *Science*, 332(6033), 1049–1053. <https://doi.org/10.1126/science.1201536>
- Carroll, J. M., & Snowling, M. J. (2004). Language and phonological skills in children at high risk of reading difficulties. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(3), 631–640. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00252.x>
- Carter, J. C., Lanham, D. C., Cutting, L. E., Clements-Stephens, A. M., Chen, X., Hadzipasic, M., Kim, J., Denckla, M. B., & Kaufmann, W. E. (2009). A dual DTI approach to analyzing white matter in children with dyslexia. *Psychiatry Research – Neuroimaging*, 172(3), 215–219. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2008.09.005>
- Chabot, R. J., di Michele, F., Pritchep, L. S., & John, E. R. (2001). The Clinical Role of Computerized EEG in the Evaluation and Treatment of Learning and Attention Disorders in Children and Adolescents. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 13(2), 171–186. <https://doi.org/10.1176/JNP.13.2.171>
- Cristofani, P., Di Lieto, M. C., Casalini, C., Pecini, C., Baroncini, M., Pessina, O., Gasperini, F., Dasso Lang, M. B., Bartoli, M., Chilosi, A. M., & Milone, A. (2023). Specific learning disabilities and emotional-behavioral difficulties: Phenotypes and role of the cognitive profile. *Journal of Clinical Medicine*, 12(5), 1882. <https://doi.org/10.3390/jcm12051882>

- da Silva, F.L. (2022). EEG: Origin and Measurement. In: Mulert, C., Lemieux, L. (eds) EEG - fMRI. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-07121-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-07121-8_2)
- Davis, T., & Harris, D. (2019). Early identification and intervention for children with initial signs of reading deficits: A blinded randomized controlled trial. *Journal of Pediatric Psychology*, 44(5), 550–560. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.12.043>
- Drigas, A., Karyotaki, M., & Skianis, C. (2018). *An Integrated Approach to Neuro-development, Neuroplasticity and Cognitive Improvement*. 6(3), 4–18. <https://doi.org/10.3991/IJES.V6I3.9034>
- Elnakib, A., Soliman, A., Nitzken, M., Casanova, M. F., Gimel'farb, G., & El-Baz, A. (2014). Magnetic resonance imaging findings for dyslexia: A review. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 10(10), 2778–2805. <https://doi.org/10.1166/jbn.2014.1895>
- Eroğlu, G. (2025). Electroencephalography-based neuroinflammation diagnosis and its role in learning disabilities. *Diagnostics*, 15(6), 764. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15060764>
- First, M. B., Gaebel, W., Maj, M., Stein, D. J., Kogan, C. S., Saunders, J. B., ... Baird, G. (2021). An organization- and category-level comparison of diagnostic requirements for mental disorders in ICD-11 and DSM-5. *World Psychiatry*, 20(1), 34–51. <https://doi.org/10.1002/wps.20825>
- Flapper, B. C. T., & Schoemaker, M. M. (2013). Developmental Coordination Disorder in children with specific language impairment: Co-morbidity and impact on quality of life. *Research in Developmental Disabilities*, 34(2), 756–763. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.10.014>

- Foy, J. M., & Earls, M. F. (2005). Issues in the early identification of specific learning disability. *Pediatrics*, 115(1), e97–e104. <https://doi.org/10.1542/peds.2004-0953>
- Francks, C., MacPhie, I. L., & Monaco, A. P. (2002). The genetic basis of dyslexia. *The Lancet Neurology*, 1(8), 483-490.
- Fuchs, D., & Fuchs, L. S. (2006). Introduction to response to intervention: What, why, and how valid is it? *Reading Research Quarterly*, 41(1), 93–99. <https://doi.org/10.1598/RRQ.41.1.4>
- Fuchs, D., Compton, D. L., Fuchs, L. S., Bryant, J. D., & Davis, G. N. (2008). Making “secondary intervention” work in a three-tier responsiveness-to-intervention model: Findings from the first-grade longitudinal reading study of the National Research Center on Learning Disabilities. *Reading and Writing*, 21(4), 413–436. <https://doi.org/10.1007/s11145-007-9083-9>
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., & Compton, D. L. (2005). Evidence-based assessment of learning disabilities in children and adolescents. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 34(3), 541–558. [https://doi.org/10.1207/s15374424jccp3403\\_10](https://doi.org/10.1207/s15374424jccp3403_10)
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., & Compton, D. L. (2005). Responding to nonresponders: An experimental field trial of identification and intervention methods. *Exceptional Children*, 71(4), 445–463. <https://doi.org/10.1177/001440290507100404>
- Gabrieli, J. D. E. (2009). Dyslexia: A new synergy between education and cognitive neuroscience. *Science*, 325(5938), 280–283. <https://doi.org/10.1126/science.1171999>

- Ghandour, H., Eldin, S., Sallam, Y., & Mahmoud, S. (2018). Associated comorbidities of specific language impairment. *Benha Medical Journal*, 35(2), 115–121. [http://dx.doi.org/10.4103/bmfj.bmfj\\_155\\_17](http://dx.doi.org/10.4103/bmfj.bmfj_155_17)
- Ghislanzoni, L., Tobia, V., Gambarini, A., Rossi, E., Tombini, G., & Ogliari, A. (2020). The psychopathological profile of children with specific learning disorders: The point of view of children and their mothers. *European Journal of Special Needs Education*, 37(1), 89–103. <https://doi.org/10.1080/08856257.2020.1847764>
- Giazitzidou, S., & Padeliadu, S. (2022). Contribution of morphological awareness to reading fluency of children with and without dyslexia: Evidence from a transparent orthography. *Annals of Dyslexia*, 72(3), 509–531. <https://doi.org/10.1007/s11881-022-00267-z> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36491572/>
- Giza, C. C., & Prins, M. L. (2006). Is being plastic fantastic? Mechanisms of altered plasticity after developmental traumatic brain injury. *Developmental Neuroscience*, 28(4-5), 364–379. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16491572>
- Gooch, D., Hulme, C., Nash, H. M., & Snowling, M. J. (2014). Comorbidities in preschool children at family risk of dyslexia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(3), 237–246. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12139>
- Goswami, U. (2013). Reading, dyslexia and the brain. In *Education and Neuroscience* (pp. 16–29). Routledge.
- Grabe, W., & Yamashita, J. (2022). Cognitive Issues in Reading. In *Reading in a Second Language: Moving from Theory to Practice* (pp. 84–109). chapter, Cambridge: Cambridge University Press. <http://dx.doi.org/10.1017/9781108878944.005>

- Greatrex, J. C. (1995). The magnocellular deficit hypothesis in dyslexia: A review. *Vision Research*, 35(6) [https://doi.org/10.1016/0277-5408\(95\)00090-Z](https://doi.org/10.1016/0277-5408(95)00090-Z)
- Green, R., & Roberts, L. (2015). The importance of early diagnosis and intervention in children diagnosed with reading disorder: Case studies. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56(7), 789–798. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26192903/>
- Grigorenko, E. L. (2009). Dynamic assessment and response to intervention: Two sides of one coin. *Journal of Learning Disabilities*, 42(2), 111–132. <https://doi.org/10.1177/0022219408326207>
- Guldenoglu, B., Kargin, T., Alatlı, R., & Dogan Guldenoglu, B. N. (2024). The Role of Phonological Decoding on the Reading Skills of Beginning Readers With Reading Disabilities in a Highly Transparent Orthography. *Learning Disability Quarterly*. <https://doi.org/10.1177/07319487241264551>
- Gupte, N., Patel, M., Pen, T., & Kurhade, S. (2023). Early detection of ADHD and dyslexia from EEG signals. *2023 IEEE 8th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/I2CT57861.2023.10126272>
- Hall, A. (2008). Specific learning difficulties. *Psychiatry*, 7(6), 260–265. <https://doi.org/10.1016/j.mppsy.2008.04.009>
- Hancock, R., & Salles, M. (2021). Cognitive biases and emotional regulation in children with Specific Learning Disabilities. *Neuropsychology Review*, 31(2), 87-102. <https://doi.org/10.1007/s11065-021-09445-x>

- Heeger, D. J., & Ress, D. (2002). What does fMRI tell us about neuronal activity? *Nature Reviews Neuroscience*, 3(2), 142–151. <https://doi.org/10.1038/nrn730>
- Held, P., & Green, J. (2019). Generalized Anxiety Disorder and working memory: Evidence from neuroimaging and behavioral data. *Journal of Affective Disorders*, 245, 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2018.11.026>
- Helland, T., & Guðmundsdóttir, M. (2021). Missed opportunities: The new ICD-11 diagnostic guidelines for reading, spelling and calculation disorders. *European Journal of Pediatrics*, 180(11), 3535–3542. <https://doi.org/10.1007/s00431-021-04212-4>
- <https://doi.org/10.1017/S0954579408000631>
- Hulme, C., & Snowling, M. J. (2016). Reading disorders and dyslexia. *Current Opinion in Pediatrics*, 28(6), 731–735. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000411>
- Ijeoma, J.-A. C., & Ugwu, C. J. (2019). Dyslexia, neurodevelopmental conditions and comorbidity: A rule rather than an exception. *Archives in Neurology & Neuroscience*, 4(2), 1–5. <https://doi.org/10.33552/ANN.2019.04.000585>
- Im, K., Raschle, N. M., Smith, S. A., Ellen Grant, P., & Gaab, N. (2016). Atypical sulcal pattern in children with developmental dyslexia and at-risk kindergarteners. *Cerebral Cortex*, 26(3), 1138–1148. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhu305>
- Induja, M. C., Geethanjali, B., Bruhati, S., Aishwarya, S., & Krupasagar, M. (2024). *Pre-Frontal Electrode-Based EEG Analysis for Classifying Specific Learning Disability Using Support Vector Machine*. <https://doi.org/10.1109/icces63552.2024.10859375>

- Inguaggiato, E., Sgandurra, G., & Cioni, G. (2017). Brain plasticity and early development: Implications for early intervention in neurodevelopmental disorders. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 65(5), 299-306. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2017.03.009>
- Jones, K., & Michaels, P. (2022). Children at risk of specific learning disorder: A study on prevalence and risk factors. *Children*, 11(7), 759. <https://doi.org/10.3390/children11070759>
- Kapoor, M., Heston, T. F., & Kasi, A. (2025). *PET scanning*. In StatPearls. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559089/>
- Karim, I., Qayoom, A., Wahab, A., & Kamaruddin, N. (2013). Early Identification of Dyslexic Preschoolers Based on Neurophysiological Signals. *International Conference on Advanced Computer Science Applications and Technologies*, 362–366. <https://doi.org/10.1109/ACSAT.2013.78>
- Kashefi, S. N., Winston, G. P., Winston, G. P., & Winston, G. P. (2020). *Diffusion Tensor Imaging* (pp. 203–213). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-48419-4\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-48419-4_14)
- Katti, G., Ara, S. A., & Shireen, A. (2011). Magnetic resonance imaging (MRI)-A review. *International journal of dental clinics*, 3(1), 65-70.
- Kendeou, P., van den Broek, P., White, M. J., & Carlson, S. E. (2014). A cognitive view of reading comprehension: Implications for reading difficulties. *Learning Disabilities Research & Practice*, 29(1), 10–16. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12025>
- Kerr, A. L., Cheng, S. Y., & Jones, T. A. (2008). Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *Journal of Speech*,

- Language, and Hearing Research*, 51(1), S225–S239. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/018\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/018))
- Knivsberg, A.-M., Reichelt, K. L., & Nødland, M. (1999). *Comorbidity, or coexistence, between dyslexia and attention deficit hyperactivity disorder*. *British Journal of Special Education*, 26(1), 42–47. <https://doi.org/10.1111/1467-8527.t01-1-00100>
- Kolb, B., Mychasiuk, R., Muhammad, A., & Gibb, R. (2013). Brain plasticity in the developing brain. In M. M. Merzenich, M. Nahum, & T. M. Van Vleet (Eds.), *Changing brains: Applying brain plasticity to advance and recover human ability* (Vol. 207, pp. 35–64). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63327-9.00005-9>
- Kovelman, I. (2012). Neuroimaging methods. *Research methods in child language: a practical guide*. Oxford, Blackwell Publishing Ltd, 43-59.
- Kuerten, A. B., Mota, M. B., & Segaert, K. (2019). *Developmental dyslexia: A condensed review of literature*. *Ilha do Desterro*, 72(3), 249–270. <https://doi.org/10.5007/2175-8026.2019v72n3p249>
- Lameka, K., Farwell, M. D., & Ichise, M. (2016). *Positron Emission Tomography* (Vol. 135, pp. 209–227). *Handb Clin Neurol*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53485-9.00011-8>
- Liu, X., Zhang, Y., & Lee, D. (2023). The effectiveness of working memory training in children with anxiety. *Journal of Affective Disorders*, 296, 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2023.07.016>
- Liu, Z., Zhu, Y., Zhang, L., Jiang, W., Liu, Y., Tang, Q., Cai, X., Li, J., Wang, L., Tao, C., Yin, X., Li, X., Hou, S., Jiang, D., Liu, K., Zhou, X., Zhang, H., Liu, M., Fan, C., & Tian, Y.

- (2022). Structural and functional imaging of brains. *Science China. Chemistry*, 66, 324 - 366. <https://doi.org/10.1007/s11426-022-1408-5>.
- Lope-Piedrafita, S. (2018). Diffusion tensor imaging (DTI). In M. García Martín & P. López Larrubia (Eds.), *Preclinical MRI (Methods in Molecular Biology*, Vol. 1718, pp. 103–116). Humana Press. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7531-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7531-0_7)
- Lopes, J. A., Gomes, C., Oliveira, C. R., & Elliott, J. G. (2020). *Research studies on dyslexia: Participant inclusion and exclusion criteria. European Journal of Special Needs Education*, 35(5), 587–602. <https://doi.org/10.1080/08856257.2020.1732108>
- López-Zamora, M., Porcar-Gozalbo, N., García, I., & Cano-Villagrasa, A. (2025). Linguistic and Cognitive Abilities in Children with Dyslexia: A Comparative Analysis. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 15. <https://doi.org/10.3390/ejihpe15030037>.
- Lowenthal, D. (2007). Learning disabilities and young children: Identification and intervention. *Topics in Early Childhood Special Education*, 27(3), 120–131. <https://doi.org/10.1177/0271121407027003>
- Lozano, A., Ramírez, M., & Ostrosky-Solís, F. (2003). Neurobiología de la dislexia del desarrollo: una revisión. *Revista De Neurologia*, 36(11), 1077–1082. <https://doi.org/10.33588/RN.3611.2003054>
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s11881-003-0001-9>

- Maisog, J. M., Einbinder, E. R., Flowers, D. L., Turkeltaub, P. E., & Eden, G. F. (2008). A meta-analysis of functional neuroimaging studies of dyslexia. *Annals of the new York Academy of Sciences*, 1145(1), 237-259.
- Mather, N., & Schneider, D. (2023). The Use of Cognitive Tests in the Assessment of Dyslexia. *Journal of Intelligence*, 11(5), 79. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11050079>
- Matthews, L., & Clark, E. (2016). Early attention to learning disabilities. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 37(4), 314–320. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16555210/>
- McAllister, T. W. (2011). Neurobiological consequences of traumatic brain injury. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 13(3), 287–300. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3905318>
- McCrory, E., Frith, U., Brunswick, N., & Price, C. J. (2000). Abnormal Functional Activation During a Simple Word Repetition Task: A PET Study of Adult Dyslexics. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 753–762. <https://doi.org/10.1162/089892900562570>
- Miller, J., & Anderson, S. (2008). Learning disabilities: Definitions, epidemiology, diagnosis, and intervention strategies. *Pediatrics*, 121(3), e579–e588. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19041456/>
- Millett, D., Coutin-Churchman, P., & Stern, J. M. (2015). *Basic Principles of Electroencephalography* (pp. 75–80). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00007-5>
- Moll, K., Loff, A., & Snowling, M. J. (2013). Cognitive endophenotypes of dyslexia. *Scientific Studies of Reading*, 17(6), 385-397.

- Mount, C. W., & Monje, M. (2017). Wrapped to adapt: Experience-dependent myelination. *Neuron*, 95(4), 743–756. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.07.009>
- Munzer, T., Hussain, K., & Soares, N. (2020). Dyslexia: Neurobiology, clinical features, evaluation and management. *Translational Pediatrics*, 9(Suppl 1), S5–S13. <https://doi.org/10.21037/tp.2020.01.01>
- Nelson, J. M., & Harwood, H. R. (2011). Learning disabilities and anxiety: A meta-analysis. *Journal of Learning Disabilities*, 44(1), 3-17. <https://doi.org/10.1177/0022219409359939>
- Nicolson, R. I., Fawcett, A. J., & Dean, P. (2001). Developmental dyslexia, learning, and the cerebellum. *Trends in Neurosciences*, 24(9), 515–516. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(00\)01896-8](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(00)01896-8)
- Norton, E. S., Beach, S. D., & Gabrieli, J. D. E. (2015). Neurobiology of dyslexia. *Current Opinion in Neurobiology*, 30, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2014.09.007>
- Ozernov-Palchik, O., & Gaab, N. (2016). Tackling the ‘dyslexia paradox’: Reading brain and behavior for early markers of developmental dyslexia. *Perspectives on Language and Literacy*, 42(1), 15–21.
- Ozernov-Palchik, O., & Gabrieli, J. D. (2018). Neuroimaging, early identification, and personalized intervention for developmental dyslexia. *Perspectives on Language and Literacy*, 44(3), 15-20.
- Papadopoulou, D., & Nicolaou, A. (2017). Preschool phonological and morphological awareness as longitudinal predictors of early reading and spelling development in Greek. *Frontiers*

in *Psychology*, 8, 1793. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01793>  
[pubmed.ncbi.nlm.nih.gov](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov)

Parmar, S. K., & Paunwala, C. N. (2023). Early detection of dyslexia based on EEG with novel predictor extraction and selection. *Discover Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00082-4>

Patel, A., & Singh, R. (2020). A comprehensive review of assistive technologies for children with dyslexia. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2412.13241>

Perez Carrasco, A., & Carrasco, K. D. (2022). The Use of Neuronal Response Signals as Early Biomarkers of Dyslexia. *Advances in Neurodevelopmental Disorders*, 6(4), 389–396. <https://doi.org/10.1007/s41252-022-00297-z>

Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2015). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 379(9830), 1997–2007. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60198-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60198-6)

Poll, S., & Fuhrmann, M. (2018). *Long-Term In Vivo Imaging of Structural Plasticity in Rodents* (Vol. 28, pp. 253–262). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812028-6.00014-8>

Powers, W. J. (2014). *Positron Emission Tomography (PET)* (pp. 949–952). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385157-4.00203-7>

Raberger, T., & Wimmer, H. (2003). On the automaticity/cerebellar deficit hypothesis of dyslexia: Balancing and continuous rapid naming in dyslexic and ADHD children. *Neuropsychologia*, 41(11), 1493–1497. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(03\)00078-2](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(03)00078-2)

Rana, A. Q., Ghouse, A. T., & Govindarajan, R. (2017). *Basics of Electroencephalography (EEG)* (pp. 3–9). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39342-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39342-1_1)

- Roitsch, J., & Watson, S. (2019). An overview of dyslexia: Definition, characteristics, assessment, identification, and intervention. *Education Journal*, 7(4), 81–86. <https://doi.org/10.11648/j.sjedu.20190704.11>
- Saini, S. S., Kumar, K., & Anand, A. (2023). Unveiling the neurobiology of specific learning disorders: Insights from cognitive neuroscience. *Annals of Neurosciences*, 30(4), 217–218. <https://doi.org/10.1177/09727531231211052>
- Sako, E. (2016). The emotional and social effects of dyslexia. *European Journal of Interdisciplinary Studies*, 2(2), 175-183.
- Sampaio-Baptista, C., Khrapitchev, A. A., Foxley, S., Schlagheck, T., Scholz, J., Jbabdi, S., & Johansen-Berg, H. (2013). Motor skill learning induces changes in white matter microstructure and myelination. *The Journal of Neuroscience*, 33(50), 19499–19503. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3048-13.2013>
- Sanfilippo, J., Ness, M., Petscher, Y., Rappaport, L., Zuckerman, B., & Gaab, N. (2020). Reintroducing dyslexia: Early identification and implications for pediatric practice. *Pediatrics*, 146(1), e20193046. <https://doi.org/10.1542/peds.2019-3046>
- Scarborough, H. S. (1990). Very early language deficits in dyslexic children. *Child Development*, 61(6), 1728–1743. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1990.tb03562.x>
- Schatschneider, C., & Torgesen, J. K. (2004). Using our current understanding of dyslexia to support early identification and intervention. *Journal of Child Neurology*, 19(10), 759–765. <https://doi.org/10.1177/08830738040190100501>
- Schiavone, G., Linkenkaer-Hansen, K., Maurits, N. M., Plakas, A., Maassen, B. A. M., Mansvelder, H. D., van der Leij, A., & van Zuijen, T. L. (2014). Preliteracy signatures of

- poor-reading abilities in resting-state EEG. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 735.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00735>
- Semple, B. D., Blomgren, K., Gimlin, K., Ferriero, D. M., & Noble-Haeusslein, L. J. (2013). Brain development in rodents and humans: Identifying benchmarks of maturation and vulnerability to injury across species. *Progress in Neurobiology*, 106-107, 1–16.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24041880>
- Shaywitz, B. A., Lyon, G. R., & Shaywitz, S. E. (2006). The Role of Functional Magnetic Resonance Imaging in Understanding Reading and Dyslexia. *Developmental Neuropsychology*, 30(1), 613–632. [https://doi.org/10.1207/s15326942dn3001\\_5](https://doi.org/10.1207/s15326942dn3001_5)
- Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2008). Paying attention to reading: The neurobiology of reading and dyslexia. *Development and Psychopathology*, 20(4), 1329–1349.
- Shilaskar, S. (2024). Multi Modal AI-Driven System for Enhanced Neurological Detection Using EEG, Retinal, and Brain Imaging Data. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.65229>
- Smith, S. M. (2004). Overview of fMRI analysis. *The British Journal of Radiology*, 77(suppl\_2), S167–S175. <https://doi.org/10.1259/bjr/33553595>
- Snowling, M. J. (2003). Dyslexia as a phonological deficit: Evidence and implications. *Child Psychology and Psychiatry Review*, 8(1), 4–11.  
<https://doi.org/10.1017/S1360641797001366>
- Snowling, M. J. (2013). Early identification and interventions for dyslexia: A contemporary view. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 13(1), 7–14.  
<https://doi.org/10.1111/j.1471-3802.2012.01262.x>

- Snowling, M. J., & Hulme, C. (2012). Annual research review: The nature and classification of reading disorders – a commentary on proposals for DSM-5. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(5), 593–607. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02495.x>
- Springer, S. (2024). On the many terms for developmental language and learning impairments. *Science of Learning*, 4, Article 12–23. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00112-y>
- Stampanoni Bassi, M., Iezzi, E., Gilio, L., Centonze, D., & Buttari, F. (2019). Synaptic Plasticity Shapes Brain Connectivity: Implications for Network Topology. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(24), 6193. <https://doi.org/10.3390/IJMS20246193>
- Stein, J. F., & Walsh, V. (1997). To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. *Trends in Neurosciences*, 20(4), 147–152. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(96\)01005-3](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(96)01005-3)
- Sun, Y.-F., Lee, J.-S., & Kirby, R. (2010). Brain imaging findings in dyslexia. *Pediatric Neonatology*, 51(2), 89–96. [https://doi.org/10.1016/S1875-9572\(10\)60017-4](https://doi.org/10.1016/S1875-9572(10)60017-4)
- Sweatt, J. D. (2016). Neural plasticity and behavior – sixty years of conceptual advances. *Journal of Neurochemistry*, 139(Suppl 2), 179–199. <https://doi.org/10.1111/jnc.13580>
- Thomas, M. S. C., & Johnson, M. H. (2008). New advances in understanding sensitive periods in brain development. *Current Directions in Psychological Science*, 17(1), 1–5. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00537.x>
- Thomas, M. S. C., Knowland, V. C. P., & Thomas, M. S. C. (2009). Sensitive periods in brain development: implications for education policy. *European Psychiatric Review* 2 (1), pp. 2-5.

- Tilanus, E. A., Segers, E., & Verhoeven, L. (2013). Diagnostic profiles of children with developmental dyslexia in a transparent orthography. *Research in Developmental Disabilities*, 34(11), 4194–4202. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.08.039>pubmed.ncbi.nlm.nih.gov
- Toffalini, E., Giofrè, D., & Cornoldi, C. (2017). Strengths and weaknesses in the intellectual profile of different subtypes of specific learning disorder: A study on 1,049 diagnosed children. *Clinical Psychological Science*, 5(2), 402–409. <https://doi.org/10.1177/2167702616672038>
- van der Leij, A., van Bergen, E., van Zuijen, T., de Jong, P. F., Maurits, N., & Maassen, B. (2013). Precursors of developmental dyslexia: An overview of the longitudinal Dutch Dyslexia Programme study. *Dyslexia*, 19(4), 191–213. <https://doi.org/10.1002/dys.1463>
- Vandermosten, M., Boets, B., Wouters, J., & Ghesquière, P. (2012). A qualitative and quantitative review of diffusion tensor imaging studies in reading and dyslexia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(6), 1532–1552. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.04.002>
- Verhaert, N., Willems, M., Van Kerschaver, E., & Desloovere, C. (2008). Issues in the early identification of specific learning disability. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 72(5), 599–608. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2008.01.012>
- Verhaert, N., Willems, M., Van Kerschaver, E., & Desloovere, C. (2023). Early identification and enhanced assessment of learning disabilities: A review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/17483107.2025.2498566>

- Verma, R. (2023). Neuroplasticity: Evolving Concept in Neurology. *Journal of Clinical Research and Applied Medicine*, 2(3), 52–53. <https://doi.org/10.5530/jcram.2.3.12>
- Volpe, J. J. (2009). Brain injury in premature infants: a complex amalgam of destructive and developmental disturbances. *The Lancet Neurology*, 8(1), 110–124. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19159825>
- Vukovic, R. K., & Siegel, L. S. (2006). The double-deficit hypothesis: A comprehensive analysis of the evidence. *Journal of Learning Disabilities*, 39(1), 25–47. <https://doi.org/10.1177/00222194060390010401>
- Williams, F. (1974). Early identification of children likely to have specific learning difficulties: Report of a follow-up. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 15(2), 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1974.tb01246.x>
- Wilson, S. B., & Lonigan, C. J. (2009). Identifying preschool children at risk of later reading difficulties: Evaluation of two emergent literacy screening tools. *Journal of Learning Disabilities*, 43(1), 3–17. <https://doi.org/10.1177/0022219409345007>
- Yavaş, İ. C., & Çiyiltepe, M. M. (2024). Early indicators of learning disabilities in children with developmental language disorder compared to their typically developing peers. *SAGE Open*, 14(1). <https://doi.org/10.1177/21582440241271924>
- Πολύχρονη, Φ. (2011). *Ειδικές Μαθησιακές Δυσκολίες*. Αθήνα: Εκδόσεις Πεδίο.
- Ράλλη, Α. Μ. (2019). *Γλωσσική Ανάπτυξη*. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.
- Σαρρής, Δ. (2020). *Μαθησιακές Δυσκολίες - Αναπτυξιακές Διαταραχές*. Αθήνα: Εκδόσεις Πεδίο.

