

Η Χρήση των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών στην πρόγνωση, διάγνωση και αποκατάσταση παιδιών με δυσλεξία

A. B. ΚΑΡΑΠΕΤΣΑΣ *, N. X. ΖΥΓΟΥΡΗΣ **

Περίληψη

Η δυσλεξία επηρεάζει το 5 - 15 % του μαθητικού πληθυσμού. Η διάγνωσή της γίνεται όταν κάποιος αντιμετωπίζει προβλήματα στην ανάγνωση. Μία από τις μεγαλύτερες δυσκολίες που αντιμετωπίζουν τα άτομα με δυσλεξία είναι η επιτυχής φωνολογική αποκωδικοποίηση των γραμμάτων στους ήχους τους οποίους αντιπροσωπεύουν. Υπάρχουν διάφορες νευροψυχολογικές θεωρίες που αιτιολογούν τη γένεση της δυσλεξίας. Μερικές από αυτές είναι η υπόθεση για την ύπαρξη δυσλειτουργιών στη μεγαλοκυτταρική οδό, οι διαταραχές στον εγκεφαλικό φλοιό, τα προβλήματα στην ημισφαιρική ασυμμετρία, οι διαταραχές στην εργαζόμενη μνήμη, τα ελλείμματα στην οπτική και ακουστική επεξεργασία κ.α. Εξαιτίας της νευροψυχολογικής βάσης της διαταραχής της ανάγνωσης έχει προταθεί ότι ένα καλό εργαλείο για την αξιολόγηση των παιδιών με δυσλεξία είναι τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά, μια μη επεμβατική τεχνική που μας παρέχει πληροφορίες για τη νευρωνική δραστηριότητα που εκλύεται κατά την διαδικασία ενεργοποίησης των γνωστικών λειτουργιών. Η εγκεφαλική δραστηριότητα καταγράφεται μέσω των κυματομορφών των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών. Το εύρος και ο χρόνος έκλυσής τους αποτελούν τα βασικά στοιχεία που καταδεικνύουν τον τρόπο ενεργοποίησης των γνωστικών λειτουργιών, πριν τα αποτελέσματά τους εμφανιστούν στη συμπεριφορά του εξεταζομένου. Στο παρόν άρθρο στόχος είναι η ανασκόπηση των ερευνητικών δεδομένων που υπάρχουν για τη διάγνωση της δυσλεξίας με τη συγκεκριμένη ηλεκτροφυσιολογική τεχνική. Ταυτόχρονα, όμως, σκοπός είναι και η βιβλιογραφική παράθεση των δεδομένων για την πρόγνωση της δυσλεξίας στην προσχολική ηλικία καθώς και για την αποκατάσταση των γνωστικών ελλειμμάτων σε παιδιά που παρουσιάζουν αναγνωστικές δυσκολίες. Τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν σε μια έρευνα πιλότο που αυτή τη στιγμή διεξάγεται από το Εργαστήριο Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

* Καθηγητής Νευροψυχολογίας - Νευρογλωσσολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

** Διδάκτορας Κλινικής Νευροψυχολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Λέξεις Κλειδιά: Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά, Δυσλεξία, Εγκεφαλική Δραστηριότητα.

Εισαγωγή

Η δυσλεξία ως πρόβλημα της ανάγνωσης, διακρίνεται σε δύο μεγάλες και σαφώς καθορισμένες κατηγορίες: την επίκτητη δυσλεξία και την ειδική ή εξελικτική δυσλεξία. Η επίκτητη δυσλεξία χαρακτηρίζεται από μία δυσκολία ή ανικανότητα του ατόμου στην επεξεργασία του γραπτού λόγου. Η διαφορά της από την ειδική δυσλεξία βρίσκεται στο ότι στις περιπτώσεις της επίκτητης δυσλεξίας οι ικανότητες της ανάγνωσης είχαν πλήρως αποκτηθεί αλλά χάθηκαν ή ελαττώθηκαν ως αποτέλεσμα εγκεφαλικού τραυματισμού στην πλευρικό-κροταφική χώρα του αριστερού ημισφαιρίου. Το 1962 ο Geschwind¹ ξεχώρισε τρεις τύπους επίκτητης δυσλεξίας. Ο πρώτος χαρακτηρίζεται από σοβαρή ανικανότητα στην κατανόηση του προφορικού και γραπτού λόγου και μια δυσκολία στην παραγωγή ορθογραφημένης γραφής. Ο δεύτερος και λιγότερο συνηθισμένος τύπος, χαρακτηρίζεται από σαφή ανικανότητα στην ανάγνωση και γραφή. Ο τρίτος τύπος χαρακτηρίζεται από ανικανότητα στην ανάγνωση αλλά όχι και τόσο στη γραφή. Από τους τρεις τύπους ο τελευταίος είναι εκείνος που μοιάζει με την ειδική δυσλεξία. Εκτεταμένες μελέτες στο πρόβλημα της επίκτητης δυσλεξίας έχουν γίνει από τους Shallice & Warrington² και Patterson & Marcel³. Οι ερευνητές αυτοί αναφέρουν περιπτώσεις ασθενών με επίκτητη δυσλεξία, οι οποίοι είχαν μεγάλη δυσκολία στην ονομασία γραμμάτων του αλφαβήτου ή στην προφορά ορθογραφικά κανονικών ψευδολέξεων.

Τα αναγνωστικά λάθη των ασθενών αυτών κατατάχθηκαν σε τρεις βασικές κατηγορίες: η πρώτη περιλάμβανε τα λεγόμενα «οπτικά λάθη» δηλαδή τα λάθη που κάνει ο αναγνώστης θεωρώντας ένα γράμμα ή μία λέξη για άλλη. Στη δεύτερη κατηγορία κατατάχθηκαν τα λάθη της μετατροπής των γραφημάτων σε φωνήματα και η τρίτη κατηγορία περιλάμβανε σημασιολογικά ή ετυμολογικά λάθη, τα οποία είχαν αποτέλεσμα την αποτυχία του ασθενή να διαβάσει σωστά τις παρουσιασμένες λέξεις. Με την ειδική δυσλεξία έχουν ασχοληθεί διάφοροι ερευ-

νητές και έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικοί όροι για την τυπολογική ταξινόμησή της. Στο παρελθόν υποστήριζαν δύο τύπους ειδικής δυσλεξίας α) την οπτική και β) την ακουστική. Για τη διατύπωση αυτή, οι ερευνητές στηρίχθηκαν στο ότι οι διαταραχές στην ανάπτυξη της οπτικής αντίληψης ευθύνονται πρωταρχικά για τη διαμόρφωση της δυσλεξίας. Λίγα χρόνια αργότερα ο Mykle-bust (1973)⁴, βασιζόμενος σε κλινικές νευροψυχολογικές μελέτες υποστήριξε επίσης δύο βασικούς τύπους δυσλεξίας: α) τον οπτικό και β) τον ακουστικό. Σ' αυτούς τους δύο, ενέτασε και άλλους τρεις:

- α. τη *δυσλεξία της εσωτερικής γλώσσας*,
- β. την *ακουστική δυσλεξία* και
- γ. την *οπτικό-λεξική αγνωσία*⁵.

Το πρόβλημα των ατόμων με οπτική δυσλεξία εκδηλώνεται ως δυσκολία στη μάθηση κυρίως διαμέσου της οπτικής λειτουργίας. Ανάμεσα στα έκδηλα χαρακτηριστικά είναι η δυσκολία στη διάκριση σύνθετων σχεδίων, στην αντίληψη και αναπαραγωγή οπτικών ακολουθιών καθώς και πιθανή αδεξιότητα στη γενική κινητικότητα. Στην ανάγνωση, το οπτικά δυσλεξικό παιδί παρουσιάζει μια τάση να συγχέει λέξεις ή γράμματα που έχουν οπτική ομοιότητα ή καθρεπτική αντιστοιχία. Αυτό αποδόθηκε στην αδυναμία της οπτικής μνήμης για οπτικά σύνολα, η οποία θεωρήθηκε επίσης ως αιτία της δυσκολίας για την εκμάθηση της σωστής θέσης και προσανατολισμού των γραμμάτων. Συνέπεια αυτών των λειτουργικών ελαττωμάτων είναι η δυσκολία των παιδιών αυτών για άμεση και ταχεία αναγνώριση των λέξεων. Συνήθως αντιμετωπίζουν όλες τις λέξεις σαν να τις βλέπουν πρώτη φορά, πράγμα που δικαιολογεί την άποψη ότι τα άτομα αυτά έχουν περιορισμένο οπτικό λεξιλόγιο. Κατά συνέπεια δυσκολεύονται να διαβάσουν τις λέξεις «ολικά», αλλά τις επεξεργάζονται «αναλυτικά» χρησιμοποιώντας την ανάλυση και τη σύνθεση, η οποία τους βοηθά να διαβάζουν ακόμα και ψευδολέξεις.

Πάρα πολλές είναι οι έρευνες που δίνουν έμφαση στους μηχανισμούς της ανάγνωσης και του συλλαβισμού. Κυρίαρχο όνομα είναι αυτό της Boder⁶, που διέκρινε τρεις τύπους αναγνωστικής δυσκολίας βασιζόμενη σε κλινικό-εκπαιδευτική ανάλυση των λαθών ανάγνωσης και συλλαβισμού. Σύμφωνα μ' αυτές τις έρευνες υπάρχουν οι ακόλουθοι δυσλεξικοί τύποι:

- α) ο *δυσφωνητικός αναγνώστης που χαρακτηρίζεται από μειωμένη κατανόηση των σχέσεων γράμματος - ήχου*
- β) ο *δυσειδητικός τύπος που χαρακτηρίζεται από μία ανικανότητα να διαβάζει τις λέξεις σαν όλα και σύνολα και,*
- γ) ο *μεικτός τύπος (δυσφωνητικός - δυσειδητικός) ή αλεξικός που έχει όλες τις δυσκολίες των δύο προηγούμενων τύπων*⁴.

Στις μέρες μας η κλινική νευροψυχολογία έχει τη δυνατότητα με διάφορες απεικονιστικές τεχνικές να κάνει πρόγνωση, αξιολόγηση και αποκατάσταση των Ειδικών Μαθησιακών Δυσκολιών και κυρίως της δυσλεξίας. Στον παρόν άρθρο έμφαση δίδεται στα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά, μια ηλεκτροφυσιολογική τεχνική που ως στόχο της έχει την αξιολόγηση του χρόνου και του τρόπου επεξεργασίας του εγκεφάλου ερεθισμάτων που ενεργοποιούν τις γνωστικές του λειτουργίες. Τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά αντιπροσωπεύουν την ταυτόχρονη ενεργοποίηση ηλεκτρικών πεδίων ενός μεγάλου αριθμού νευρώνων. Η δραστηριότητα αυτή επικοινωνεί με το τριχωτό της κεφαλής και μπορεί να καταγραφεί μια και τα ηλεκτρικά πεδία αθροίζονται σχηματίζοντας ένα δίπολο, θετικό και αρνητικό ηλεκτρικό πεδίο. Τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά αντικατοπτρίζουν αλλαγές στην ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου σαν αποτέλεσμα ενός γεγονότος - ερεθίσματος. Η ηλεκτρική δραστηριότητα συγκεντρώνεται μετά την επαναλαμβανόμενη παρουσίαση του ερεθίσματος. Η καταγραφή, γενικά, της ηλεκτρικής δραστηριότητας ξεκινά από εκατό ή και περισσότερα χιλιοστά του δευτερολέπτου πριν την χορήγηση του ερεθίσματος και συνεχίζεται για πεντακόσια έως και δύο χιλιάδες χιλιοστά του δευτερολέπτου, μετά το τέλος της παρουσίας του ερεθίσματος. Κάθε εφαρμογή (χορήγηση) σε γενικές γραμμές αθροίζεται με σκοπό την εξάλειψη ηλεκτρικών θορύβων που μπορεί να καταγραφούν, αλλά δεν σχετίζονται με το χορηγούμενο ερέθισμα. Ως αποτέλεσμα του αθροίσματος οι ηλεκτρικοί θόρυβοι μηδενίζονται και οι θετικές και αρνητικές κυματομορφές που καταγράφονται αντιπροσωπεύουν μια διαφορετική νευρωνική αντιληπτική - γνωστική δραστηριότητα⁷.

Οι πρώτες μελέτες με εφαρμογή Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών σε ασθενείς με ψυχιατρικές διαταραχές πραγματοποιήθηκαν στα μέσα της δεκαετίας του 1960⁸ και αρχικά χρησιμοποιήθηκε η χορήγηση σωματοαισθητικών ερεθισμάτων για την έκλυσή τους. Την ίδια περίπου χρονική περίοδο ανακαλύφθηκε και η κυματομορφή P300 από τον Samuel Sutton⁹ και με αυτό τον τρόπο εδραιώθηκε η αντίληψη ότι τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά επηρεάζονται από την ψυχολογική κατάσταση του ατόμου και τις νοητικές του λειτουργίες. Η κυματομορφή αυτή, όπως και οι περισσότερες κυματομορφές των προκλητών δυναμικών, πήρε το όνομά της από την θετική πολικότητά της (Positive) και από το χρόνο έκλυσης που αναμένεται να εμφανιστεί (300 ms). Η πρώτη εφαρμογή της κυματομορφής P300 ήταν στην αξιολόγηση των ανώτερων γνωστικών λειτουργιών με την πάροδο της ηλικίας.

Οι κυματομορφές των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών εμφανίζονται τόσο με τη χορήγηση ακουστικών όσο και με τη χορήγηση οπτικών ερεθισμά-

των. Επίσης, οι περισσότερες εντοπίζονται μετά τη χορήγηση του ερεθίσματος στόχου (oddball) σε διάφορα στάδια ενεργοποίησης των γνωστικών λειτουργιών που χρησιμοποιεί ο εγκέφαλος προκειμένου να ανταποκριθεί σε αυτό. Βέβαια στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι οι περισσότερες κυματομορφές των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών μπορούν να εντοπιστούν και κατά την παρουσίαση του συνηθισμένου ερεθίσματος. Ωστόσο, δεν είναι τόσο ευδιάκριτες και χρησιμοποιούνται κυρίως για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων του παράδοξου ερεθίσματος.

Οι Βασικότερες κυματομορφές των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών

Η κυματομορφή N100

Πρόκειται για ένα αρνητικό δυναμικό ενέργειας που εκλύεται σε 100 περίπου χιλιοστά του δευτερολέπτου ως αντίδραση του εγκεφάλου σε επαναλαμβανόμενο ακουστικό ερέθισμα, όταν το άτομο βρίσκεται σε εγρήγορση. Ουσιαστικά, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι πρόκειται για αυθόρμητη αντίδραση του εγκεφάλου μετά την παρουσίαση του ερεθίσματος¹⁰.

Η κυματομορφή N200

Η κυματομορφή N200 συνήθως εκλύεται μεταξύ 180 - 325 χιλιοστών του δευτερολέπτου μετά την παρουσίαση ενός οπτικού ή ακουστικού ερεθίσματος. Πρόκειται για ένα αρνητικό δυναμικό ενέργειας που εμφανίζεται ως αποτέλεσμα του διαχωρισμού στα ερεθίσματα (οπτικά ή ακουστικά) στα οποία καλείται ο εξεταζόμενος να ανταποκριθεί. Η έκκληση της συνήθως επιτυγχάνεται με την χρησιμοποίηση του κλασικού παράδοξου ερεθίσματος. Όταν, δηλαδή, ο εξεταζόμενος καλείται να αναγνωρίσει δύο ειδών ερεθίσματα που το ένα διαφέρει σε μικρό βαθμό από το άλλο. Επίσης, το ένα παρουσιάζεται συχνότερα από το άλλο. Κατά την παρουσίαση του λιγότερο συχνού ερεθίσματος αναμένεται να εντοπιστεί η κυματομορφή N200. Επίσης, η κυματομορφή N200 εμφανίζεται πριν την ξεκάθαρη συνειδητοποίηση του εγκεφάλου του εξεταζόμενου ότι του παρουσιάστηκε ένα ερέθισμα στο οποίο δεν έχει συνηθίσει. Πρόκειται, δηλαδή, για την αυθόρμητη αντίδραση του εγκεφάλου του εξεταζόμενου όταν χορηγείται το ερέθισμα. Η συγκεκριμένη κυματομορφή δεν εντοπίζεται συχνά σε παιδιά μικρής ηλικίας¹¹.

Η κυματομορφή P300

Είναι η πλέον μελετημένη των Γνωστικών Προ-

κλητών Δυναμικών. Πρόκειται για ένα θετικό δυναμικό ενέργειας που εκλύεται σε περίπου 300 χιλιοστά του δευτερολέπτου μετά την παρουσίαση του ερεθίσματος. Η συγκεκριμένη κυματομορφή είναι ένα φλοιώδες μετασυναπτικό δυναμικό ενέργειας και στη δημιουργία του διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο διάφοροι νευροδιαβιβαστές καθώς και διάφορες εγκεφαλικές δομές. Όπως έχει ήδη αναφερθεί είναι η πρώτη κυματομορφή των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών που εντοπίστηκε το 1965 από τον S. Sutton και τους συνεργάτες του⁸. Οι συγκεκριμένοι την είχαν χαρακτηρίσει ως μια ηλεκτροφυσιολογική μέτρηση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο για την αξιολόγηση μιας διαταραχής με ψυχολογικά συμπτώματα. Η έκλυση της κυματομορφής εξαρτάται από το ποσοστό προσοχής του ατόμου απέναντι σε μια διαδικασία καθώς και την προσπάθεια που καταβάλλει για να διακρίνει τις διαφορές μεταξύ των φυσικών χαρακτηριστικών ενός ερεθίσματος¹². Για την καταγραφή της μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακουστικά, οπτικά και σωματοαισθητικά ερεθίσματα. Πιο απλά η κυματομορφή αυτή μας παρέχει πληροφορίες για τον τρόπο ενεργοποίησης και λειτουργίας όλων των ανώτερων γνωστικών λειτουργιών¹³ του εξεταζόμενου όπως είναι η μνήμη, η μάθηση, η προσοχή, το επίπεδο εγρήγορσης και η αντίληψη¹⁴.

Οι κυματομορφές MMN και LDN

Η κυματομορφή MMN εντοπίστηκε από τον R. Näätänen και τους συνεργάτες του το 1978¹⁵. Η κυματομορφή αυτή αντανάκλα την αντίδραση του εγκεφάλου στην αλλαγή των ερεθισμάτων. Πιο απλά ο εγκέφαλος έχει διατηρήσει στη μνήμη του ένα ερέθισμα, το οποίο κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης χωρίς προειδοποίηση αντικαθίσταται από κάποιο άλλο. Σε αυτή τη χρονική στιγμή εκλύεται η κυματομορφή MMN. Γενικά, η συγκεκριμένη κυματομορφή είναι εξειδικευμένη για την αξιολόγηση της μνημονικής λειτουργίας του εξεταζόμενου¹⁶. Μάλιστα, επειδή δεν απαιτείται η ενεργητική προσοχή του, όπως στην κυματομορφή P300, θεωρείται ότι η MMN μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αξιολόγηση της μνήμης βρεφών. Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί ότι η καταγραφή της MMN σε βρέφη και μικρά παιδιά συνήθως ακολουθείται από ένα αρνητικό αργό δυναμικό ενέργειας την κυματομορφή LDN. Η τελευταία συνήθως εκλύεται μετά τα 600 χιλιοστά του δευτερολέπτου και συνδέεται με την προσπάθεια του παιδιού να διακρίνει τα νέα ερεθίσματα μέσα σε μια σειρά από γνωστά του ερεθίσματα^{17,18}.

Η Χρήση των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών στην πρόγνωση της δυσλεξίας

Οι δυσκολίες στην κατάκτηση της ανάγνωσης, όπως προαναφέραμε, μπορεί να οφείλονται σε διάφορους λόγους. Ωστόσο, οι δυσκολίες αυτές μπορούν να εντοπιστούν με διάφορες μεθόδους αρκετά χρόνια πριν το παιδί φτάσει στην ηλικία που πρέπει να αναπτύξει την αναγνωστική του ικανότητα. Παρόλο που μερικά προβλήματα ανάγνωσης εντοπίζονται σε προβλήματα κατανόησης των οδηγιών βάσει των οποίων διαβάζουμε ή οφείλονται σε έλλειψη εμπειρίας, έχει υποστηριχθεί από πολλούς ερευνητές ότι η εξελικτική δυσλεξία έχει γενετική βάση. Η εξελικτική δυσλεξία θεωρείται ότι είναι αποτέλεσμα δυσκολίας της φωνολογικής κατάκτησης που εντοπίζεται στο πρόβλημα απομνημόνευσης και εκφοράς των φωνημάτων, γραμμάτων και λέξεων.

Είναι ευρύτερα αποδεκτό ότι πολλά παιδιά που θα εξελιχθούν σε δυσλεκτικά εμφανίζουν προβλήματα αρκετά νωρίς στη ζωή τους. Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι η πιο ενδεδειγμένη ηλικία για την πρόγνωση της δυσλεξίας είναι αυτή των τριών ετών. Στη συγκεκριμένη ηλικία μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα στην ανάπτυξη του λόγου, γεγονός που αποτελεί μια πρώτη ένδειξη για μια πιθανή επιβράδυνση της κατάκτησης της ανάγνωσης. Ωστόσο, οι κλασικές νευροψυχολογικές δοκιμασίες που εντοπίζουν την δυσλεξία πριν την σχολική ηλικία δεν είναι τόσο ευαίσθητες και συχνά εντοπίζονται σημαντικές παραλείψεις με αποτέλεσμα να μην καθίσταται αξιόπιστος ο έγκαιρος εντοπισμός της. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος οι σύγχρονες έρευνες με απεικονιστικές τεχνικές έχουν στραφεί στον εντοπισμό της συγκεκριμένης μαθησιακής δυσκολίας με τις τεχνικές απεικόνισης της εγκεφαλικής δραστηριότητας που συνδέεται με τις διαδικασίες κατανόησης και επεξεργασίας του λόγου, όπως για παράδειγμα τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά με χορήγηση ακουστικών ερεθισμάτων. Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι η μέτρηση της εγκεφαλικής δραστηριότητας με χρήση της συγκεκριμένης τεχνικής είναι πολύ χρήσιμη μια και μπορεί να αποκαλύψει διαφορές μεταξύ παιδιών που αργότερα θα εμφανίσουν ή δεν θα εμφανίσουν δυσκολίες στην κατάκτηση της ανάγνωσης, αλλά και ταυτόχρονα μπορεί να εντοπιστεί και η εξέλιξη των παιδιών που θα εμφανίσουν τέτοια προβλήματα, αφού ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών, μπορούμε να επιτύχουμε μια πρόγνωση για την εξέλιξη της δυσλεξίας.

Οι έρευνες προς αυτή την κατεύθυνση έχουν ξεκινήσει και για ένα επιπλέον λόγο. Είναι ευρύτερα αποδεκτό το γεγονός ότι όσο πιο νωρίς εντοπιστεί το πρόβλημα της δυσλεξίας, όπως και οποιαδήποτε μαθησιακή δυσκολία ή ψυχοπαθολογική δυσλειτουργία, τόσο πιο εύκολη και μόνιμη, με βάση τις αρχές της πλαστικότητας του εγκεφάλου, είναι η αποκατάσταση της δυσλειτουργίας μέσα από το σχεδιασμό του κατάλληλου θεραπευτικού προγρά-

μματος. Οι έρευνες, λοιπόν, για τον έγκαιρο εντοπισμό της δυσλεξίας με χρήση Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών έχουν στραφεί στη μελέτη παιδιών που και οι δύο ή ο ένας από τους δύο γονείς τους έχουν δυσλεξία. Εξάλλου, υπάρχουν ισχυρά ερευνητικά δεδομένα που αποδεικνύουν ότι κάποιες μορφές δυσλεξίας είναι γονιδιακά μεταφερόμενες, άρα και τα παιδιά με δυσλεκτικούς γονείς ή στενούς συγγενείς έχουν περισσότερες πιθανότητες να αναπτύξουν δυσλεξία^{19,20}. Οι έρευνες αυτές καθιστούν ευκολότερο των εντοπισμό των παραγόντων που οδηγούν στην εκδήλωση δυσλεξίας εξαιτίας των γονιδίων και όχι εξαιτίας διάφορων περιβαλλοντικών παραγόντων.

Ένας λογικός τρόπος εξέτασης των παραγόντων αυτών θα ήταν η παρουσίαση ακουστικών ερεθισμάτων που σχετίζονται με φωνολογικούς τύπους λέξεων που αναμένουμε ότι δεν θα μπορέσουν να ανταποκριθούν παιδιά που αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα. Ωστόσο, σε αρκετές έρευνες η μελέτη αυτών των λειτουργιών είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, εξαιτίας του γεγονότος ότι η συγκεκριμένη δοκιμασία απαιτεί από πολύ μικρά παιδιά να ανταποκριθούν σε δοκιμασίες που εξελικτικά θα κατορθώσουν, όπως η συγκέντρωση της προσοχής και η ικανότητα λύσης προβλημάτων. Για το λόγο αυτό ερευνητικά χρησιμοποιούνται ευκολότερα προβλήματα που αναμένεται ότι τα παιδιά που έχουν δυσλεξία θα δυσκολευτούν να ανταποκριθούν. Για το λόγο αυτό τα Προκλητά Δυναμικά είναι ένα εξαιρετικά καλό εργαλείο μια και δεν εξαρτάται το αποτέλεσμά τους από τους προαναφερθέντες περιορισμούς, τους οποίους εντοπίζουμε στα κλασικά διαγνωστικά εργαλεία των μαθησιακών δυσκολιών. Αντίθετα, επειδή χρησιμοποιούν απλές μεθόδους εξέτασης και το αποτέλεσμά τους επηρεάζεται από την εγκεφαλική δραστηριότητα και μόνο αποτελούν ένα αξιόπιστο διαγνωστικό εργαλείο αξιολόγησης παιδιών που βρίσκονται σε μικρή ηλικία.

Επιπλέον, η αξιολόγηση νεογέννητων παιδιών με Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά έχει εξαιρετικά καλά αποτελέσματα στην διάγνωση γλωσσικών δεξιοτήτων που θα εμφανιστούν αργότερα στα παιδιά. Σε μια έρευνα των Guttorm και συνεργατών το 2001²¹ βρέθηκε ότι τα νεογέννητα παιδιά που πρόκειται να αναπτύξουν δυσλεξία σχημάτιζαν την κυματομορφή LDN στα 540 - 630 ms όταν τους χορηγήθηκε ακουστικό ερέθισμα που περιελάμβανε άσημες συλλαβές (μπα, γκα κ.α.). Μάλιστα, όταν αυτές οι τιμές στο χρόνο έκλυσης της κυματομορφής LDN προέκυπταν από το δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο σήμαιναν ότι τα παιδιά αυτά σε ηλικία 2.5 ετών θα εμφάνιζαν διαταραχές στην απόκτηση της γλωσσίας, ενώ εάν εμφάνιζονταν στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο αποτελούσαν ένδειξη ότι τα παιδιά αυτά σε ηλικία 5 ετών θα εμφάνιζαν διαταραχές στην ακουστική απομνημό-

νευση λέξεων. Τα αποτελέσματα αυτά με χρήση της κυματομορφής LDN επαληθεύτηκαν το 2004 σε μια παρόμοια σχεδιασμένη έρευνα του Friedrich και συνεργατών²² στην οποία αξιολογήθηκαν παιδιά ηλικίας 2 μηνών.

Σε μια έρευνα²³ εξετάστηκαν παιδιά που είχαν γεννηθεί σε οικογένειες όπου ο ένας ή και οι δύο γονείς έπασχαν από δυσλεξία και παιδιά που δεν είχαν τέτοιο ιστορικό στις ηλικίες από 12 - 36 μήνες. Στην έρευνα αυτή βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην έκλυση της κυματομορφής P150, N250 και MMN. Οι συγκεκριμένες κυματομορφές δεν είναι στις συνήθειες που εξετάζουμε με τη χρήση των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών μια και γίνεται λόγος για παιδιά με ιδιαίτερα μικρή ηλικία. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αλλοιώσεις στο χρόνο έκλυσης της κυματομορφής N250 σε παιδιά που θα εμφανίσουν δυσλεξία σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.

Αναφορικά με το εύρος της κυματομορφής MMN βρέθηκε ότι τα παιδιά που θα εμφάνιζαν δυσλεξία εμφάνισαν μικρότερο εύρος τόσο από το δεξί όσο και από το αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο του μετωπιαίου λοβού, της μετωπιαίας - κεντρικής εγκεφαλικής περιοχής, του κέντρου του εγκεφάλου και του κροταφικού λοβού. Παρόλο, που και στον βρεγματικό και τον ινιακό λοβό η κυματομορφή MMN σχηματίστηκε με μικρότερο εύρος οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

Σε μια άλλη έρευνα ο Stein²⁴ αναφέρει ότι οι αυθόρμητες εγκεφαλικές αντιδράσεις που προκαλούνται μετά τη χορήγηση ακουστικού ερεθίσματος δεν έχουν διαφορά στο χρόνο έκλυσης (50ms) μεταξύ των παιδιών που θα εμφανίσουν δυσλεξία και

αυτών που δεν θα εμφανίσουν, έχουν όμως διαφορά στο εύρος. Ειδικότερα, τα παιδιά που θα εμφανίσουν δυσλεξία δεν παρουσίασαν καθόλου εύρος στο σχηματισμό της κυματομορφής. Η προαναφερθείσα κυματομορφή ονομάστηκε P50 και μπόρεσε να γίνει αντιληπτή με τον εκσυγχρονισμό των μεθόδων καταγραφής Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών.

Οι ερευνητές, ακόμα, υποστηρίζουν ότι το εύρος της κυματομορφής P200 αντικατοπτρίζει τις αναγνωστικές δυσκολίες που αναμένεται να αντιμετωπίσει ένα άτομο που πάσχει από τη συγκεκριμένη μαθησιακή διαταραχή.

Εξαιρετικά σημαντική, τέλος, κρίνεται η έρευνα των Näätänen και συνεργάτες το 2007²⁵, όπου αξιολογήθηκαν παιδιά που ο ένας ή και οι δύο γονείς τους έπασχαν από δυσλεξία. Τα παιδιά που συμμετείχαν στην έρευνα παρακολουθούνταν από 2 έως 10 ετών. Τα παιδιά που εμφάνισαν αναπτυξιακά συμπτώματα δυσλεξίας είχαν χρόνο έκλυσης στην κυματομορφή LDN στα 715 - 755 ms ενώ τα παιδιά που δεν εμφάνισαν είχαν χρόνο έκλυσης από 590 - 625 ms. Μάλιστα η διαφορά αυτή ήταν εντονότερη στο δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο.

Τέλος, η έρευνα έχει προχωρήσει τόσο ώστε προτείνεται ότι η κυματομορφή LDN μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλύτερα στην πρόγνωση της δυσλεξίας στις ηλικίες από 3,5 - 5,5 ετών και μάλιστα, ότι καλύτερες γλωσσικές δεξιότητες αναμένεται να αναπτύξουν τα παιδιά που θα έχουν χρόνο έκλυσης της συγκεκριμένης κυματομορφής στα 600 περίπου ms στο δεξί βρεγματικό λοβό²⁶.

Συμπερασματικά, γίνεται εύκολα κατανοητό το γεγονός ότι η εξέλιξη στην καταγραφή των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών μας παρέχει τη δυνατό-

Εγκεφαλική Περιοχή	Έκλυση της κυματομορφής N250 σε παιδιά με Ιστορικό Δυσλεξίας	Έκλυση της κυματομορφής N250 σε παιδιά χωρίς Ιστορικό Δυσλεξίας	Στατιστικά σημαντική Διαφορά ³
Αριστερός Μετωπιαίος λοβός	307 ms	266ms	0.02
Δεξής Μετωπιαίος λοβός	305 ms	264 ms	0.01
Αριστερή Μετωπιαίο - κεντρική περιοχή	288ms	269 ms	0.09
Δεξιά Μετωπιαίο - κεντρική περιοχή	277 ms	262 ms	0.02
Αριστερό κέντρο του εγκεφάλου	279 ms	269 ms	0.02
Δεξί κέντρο του εγκεφάλου	274 ms	273 ms	0.80
Αριστερός κροταφικός λοβός	267 ms	298 ms	0.12
Δεξής κροταφικός λοβός	278 ms	292 ms	0.27
Αριστερός βρεγματικός λοβός	309 ms	324 ms	0.14
Δεξής βρεγματικός λοβός	315 ms	321 ms	0.41
Αριστερός ινιακός λοβός	288 ms	331 ms	0.06
Δεξής ινιακός λοβός	287 ms	328 ms	0.04

³ Θυμίζουμε ότι για να είναι μια τιμή στατιστικά σημαντική πρέπει $p < 0.05$

τητα να αξιολογούμε όχι μόνο το εάν κάποιο παιδί πάσχει από δυσλεξία, αλλά και εάν κάποιο παιδί πρόκειται να εμφανίσει δυσλεξία. Το γεγονός αυτό κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό μια και με αυτό τον τρόπο μας παρέχεται η δυνατότητα παρέμβασης σε παιδιά μικρότερης ηλικίας, όπου μπορούν ευκολότερα να ισχύσουν οι αρχές της πλαστικότητας του εγκεφάλου με αποτέλεσμα να μπορούμε να παρέμβουμε πιο αποτελεσματικά σε αυτά τα παιδιά.

Η Χρήση των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών στη Διάγνωση της δυσλεξίας.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί με τον όρο δυσλεξία νοείται η διαταραχή στην κατάκτηση της ανάγνωσης που είναι αποτέλεσμα του προβλήματος στην επεξεργασία του προφορικού και γραπτού λόγου και της διασύνδεσής τους. Η εξελικτική δυσλεξία θεωρείται ότι προέρχεται από διαταραχές στη φωνολογία πιθανότατα εξαιτίας ενός προβλήματος που σχετίζεται με την κατάκτηση του λόγου και την απομνημόνευση και χρησιμοποίηση της φωνολογίας. Το γεγονός αυτό είναι έκδηλο όταν ένα παιδί αρχίζει να κατακτά τη σχέση γράμματος ήχου.

Τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στη διάγνωση της δυσλεξίας. Ο εντοπισμός των εγκεφαλικών περιοχών που ευθύνονται για τη γένεση της δυσλεξίας, οι διαφορές στην ενεργοποίηση των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και οι διαφορές στην ενεργοποίηση των εγκεφαλικών λοβών έχουν εντοπιστεί με τη χρήση ηλεκτροφυσιολογικών τεχνικών. Τα χαρακτηριστικά των κυματομορφών των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών που έχουν κυρίως χρησιμοποιηθεί είναι το εύρος και ο χρόνος έκλυσής τους. Σε επίπεδο χρόνου έκλυσης το ενδιαφέρον κυρίως εντοπίζεται σε κυματομορφές που εκλύονται από 100 - 500 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Στη διάγνωση, λοιπόν, της δυσλεξίας έχουν γίνει μελέτες που αξιολογούν παιδιά με δυσλεξία και ομάδες μαρτύρων με χρήση των κυματομορφών με μεγάλο λανθάνοντα χρόνο έκλυσης ή όπως αλλιώς αναφέρονται γνωστικών κυματομορφών με χρήση ακουστικών ερεθισμάτων ή γλωσσικών ερεθισμάτων που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον εντοπισμό των γνωστικών διεργασιών που σχετίζονται με τη γλωσσική κατάκτηση²⁷.

Οι κυματομορφές των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών με χορήγηση ακουστικών ερεθισμάτων που φαίνεται ότι καταδεικνύουν τις διαφορές μεταξύ ερευνητικών ομάδων δυσλεξικών και ομάδων ελέγχου φαίνεται ότι είναι η N100, η MMN και η P300 κυματομορφή. Πολλοί ερευνητές^{28,29,30} έχουν εντοπίσει διαφορές στο χρόνο έκλυσης και το εύρος της κυματομορφής N100. Ο Neville και συνεργάτες³¹ εντόπισαν διαφορές στην ημισφαιρική επικράτηση μεταξύ παιδιών με δυσλεξία και παιδιών της

ομάδας ελέγχου. Το εύρος της κυματομορφής N100 βρέθηκε ότι είναι μικρότερο και ο χρόνος έκλυσης μεγαλύτερος στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο παιδιών με αναγνωστικές δυσκολίες. Μάλιστα, οι διαφορές ήταν μεγαλύτερες όταν το ακουστικό ερέθισμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν λεκτικό και όχι τόνοι. Επίσης, στην αξιολόγηση των παιδιών με δυσλεξία χρησιμοποιείται και η κυματομορφή N200. Στα παιδιά με προβλήματα στην ανάγνωση η συγκεκριμένη κυματομορφή εμφανίζεται με μικρότερο εύρος και μεγαλύτερο λανθάνοντα χρόνο έκλυσης³².

Μία σημαντική κυματομορφή που χρησιμοποιείται στη διάγνωση της δυσλεξίας είναι η Mismatch Negativity (MMN). Η MMN αποκρίνεται σε διαφορετικά ερεθίσματα που φαίνεται να προέρχονται από διαφορετικές περιοχές του ακουστικού φλοιού. Επομένως, αν αποτύχει η εμφάνιση της MMN πιθανόν αυτό να οφείλεται σε προβλήματα της ακουστικής μνήμης ή στη διαδικασία διάκρισης των ακουστικών ερεθισμάτων. Ένα ισχυρό πλεονέκτημα της MMN είναι ότι έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί μία ανεξάρτητη-προσεκτική μέτρηση της ακουστικής συνειδησης. Πολλοί ερευνητές^{33, 34}, παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ παιδιών και δυσλεξία και φυσιολογικών αναγνωστών στο χρόνο έκλυσης της κυματομορφής MMN. Μια πρόσφατη έρευνα³⁵ παρατήρησε μεγάλο λανθάνοντα χρόνο έκλυσης της κυματομορφής MMN όταν το ερέθισμα που χορηγήθηκε ήταν λεκτικό. Αντίθετα, όταν το ακουστικό ερέθισμα ήταν τόνοι (tones) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ δυσλεξικών παιδιών και ομάδας ελέγχου.

Υπάρχουν αρκετές έρευνες που χρησιμοποιούν την κυματομορφή P300 των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών ως τρόπο αξιολόγησης των εγκεφαλικών δυσλειτουργιών που αντιμετωπίζουν τα παιδιά με δυσλεξία. Αυτό αιτιολογείται μια και η συγκεκριμένη κυματομορφή μπορεί να καταγράψει τις γνωστικές δυσκολίες των παιδιών αυτών, όπως είναι η μνήμη, η προσοχή, το επίπεδο εγρήγορσης, η αντίληψη και η μάθηση. Σε πολλές έρευνες υποστηρίζεται ότι η κυματομορφή P300 εντοπίζεται με μεγαλύτερο εύρος στα παιδιά με δυσλεξία^{36,37,38} καθώς επίσης και στους αργούς αναγνώστες. Σε μια πιο πρόσφατη έρευνα σε ενήλικες δυσλεξικούς εντοπίστηκε επίσης το γεγονός ότι παρουσιάζουν μεγαλύτερο λανθάνοντα χρόνο έκλυσης της κυματομορφής P300 σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου³⁹. Επίσης, σε αυτή την έρευνα οι συμμετέχοντες με δυσλεξία εμφάνισαν μικρότερους χρόνους έκλυσης της κυματομορφής από το δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο σε σχέση με το αριστερό. Οι ενήλικες, όμως, συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου εμφάνισαν τον αντίθετο τρόπο ενεργοποίησης των εγκεφαλικών τους ημισφαιρίων. Σημαντικό, επίσης, γεγονός στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν ότι χρησιμοποιήθηκε ακουστικό - γλωσσικό

ερέθισμα. Επιπλέον, σε διάφορες νευροφυσιολογικές έρευνες με χρήση Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών^{25,40,41,42} προτείνεται ότι τα παιδιά με δυσλεξία παρουσιάζουν αυξημένο χρόνο έκλυσης της κυματομορφής P300. Μάλιστα, υποστηρίζουν, επίσης, ότι ο συγκεκριμένος χρόνος έκλυσης ασκεί αρνητική επιρροή στις ακαδημαϊκές τους επιδόσεις. Επιπλέον, σε μια έρευνα που διεξήχθη από το εργαστήριο Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας βρέθηκε ότι η κυματομορφή P300 παρουσιάζεται με μεγαλύτερο λανθάνοντα χρόνο έκλυσης στα παιδιά με αναγνωστικές δυσκολίες. Επιπλέον, η ενεργοποίηση των εγκεφαλικών ημισφαιρίων των δυσλεκτικών ήταν αντίθετη από την ομάδα ελέγχου. Συγκεκριμένα, στα παιδιά με δυσλεξία η κυματομορφή P300 εκλύθηκε με μικρότερο χρόνο από το δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο, ενώ στα παιδιά της ομάδας ελέγχου η κυματομορφή P300 εκλύθηκε γρηγορότερα στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο⁴³. Αντίθετα, στην έρευνα των Holcomb, Ackerman and Dykman⁴⁴, βρέθηκε ότι τα παιδιά με δυσλεξία παρουσιάζουν μικρότερο λανθάνοντα χρόνο έκλυσης της κυματομορφής P300 σε σχέση με την ομάδα ελέγχου τόσο με τη χορήγηση ακουστικών όσο και οπτικών ερεθισμάτων.

Η Χρήση των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών στην θεραπευτική αποκατάσταση της δυσλεξίας.

Πριν αναφερθούμε στα ερευνητικά δεδομένα που προκύπτουν σχετικά με τις προσπάθειες αποκατάστασης παιδιών που πάσχουν από δυσλεξία κρίνεται αναγκαίο να εξηγήσουμε το ρόλο των Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών στην αποκατάσταση. Ο βασικός ρόλος της συγκεκριμένης μεθόδου βασίζεται στο γεγονός ότι μπορεί να μας παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα αναφορικά με το εκπαιδευτικό πρόγραμμα που ακολουθούμε. Ο κάθε άνθρωπος είναι μια ξεχωριστή οντότητα, άρα κατά την αντιμετώπιση της οποιασδήποτε δυσλειτουργίας, όσο αξιόπιστο και αποτελεσματικό και αν είναι το θεραπευτικό πρόγραμμα που ακολουθούμε κρίνεται αναγκαία η συνεχής αξιολόγησή του προκειμένου να ελέγχουμε εάν το συγκεκριμένο άτομο μπορεί να βοηθηθεί από αυτό ή τι τροποποιήσεις είναι αναγκαίο να γίνουν προκειμένου το άτομο να βελτιώσει την απόδοσή του. Με τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά, αυτό μπορεί να καταστεί εφικτό μια και μας παρέχεται η δυνατότητα να συγκρίνουμε τον εξεταζόμενο με βάση την απόκλιση που εμφανίζει στο εύρος ή/και στο χρόνο έκλυσης των κυματομορφών σε συνδυασμό με τις τιμές που εμφανίζει η ομάδα ελέγχου. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα να μην αξιολογούμε την αποκατάσταση αποκλειστικά με συμπεριφορικά δεδομένα που μπορεί να αργήσουν να εμφανιστούν ή μπορεί να οφείλονται σε παροδικές επιδράσεις,

αλλά αντίθετα με μονιμότερα δεδομένα που προέρχονται από τον τρόπο και το χρόνο δραστηριοποίησης των συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών που παρουσιάζουν δυσλειτουργία εξαιτίας της ειδικής μαθησιακής διαταραχής.

Σε μια έρευνα, λοιπόν, των Kujala και συνεργάτες⁴⁵ γίνεται προσπάθεια αξιολόγησης ενός οπτικο-ακουστικού προγράμματος για την αποκατάσταση της Δυσλεξίας με χρήση Γνωστικών Προκλητών Δυναμικών και συγκεκριμένα της κυματομορφής MMN. Ο λόγος που χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη κυματομορφή είναι το γεγονός ότι δεν απαιτείται από τον εξεταζόμενο η προσοχή του, ο διαχωρισμός των ηχητικών ερεθισμάτων και η κινητική του αντίδραση κατά την παρουσίαση των παράδοξων ερεθισμάτων προκειμένου να εκλυθεί.

Μετά την οπτικοακουστική εκπαίδευση τα δυσλεκτικά παιδιά είχαν χρόνο έκλυσης της κυματομορφής MMN στα 225 - 275 χιλιοστά του δευτερολέπτου, ενώ πριν την αποκατάσταση σχημάτιζαν την κυματομορφή MMN στα 400 - 450 ms. Γίνεται, λοιπόν, εύκολα αντιληπτό ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα βοήθησε τα παιδιά να ξεπεράσουν την μαθησιακή δυσκολία που αντιμετώπιζαν μέσω της ανάπτυξης της μνημονικής τους δραστηριότητας.

Επιπλέον, σε μια έρευνα των Santos και συνεργατών⁴⁶ αξιολογήθηκε η αποκατάσταση 10 παιδιών με δυσλεξία αφού παρακολούθησαν ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα φωνολογικής αποκατάστασης. Κατά την αξιολόγηση χορηγήθηκαν ακουστικά ερεθίσματα, προτάσεις όπου η τελευταία λέξη ήταν όμοια ηχητικά, διαφορετική εννοιολογικά. Κατά τη διαδικασία της αξιολόγησης τα παιδιά με δυσλεξία εμφάνισαν υψηλά στατιστικά σημαντικά μικρότερο εύρος στην κυματομορφή P300 σε σχέση με τα παιδιά της ομάδας ελέγχου. Αναλυτικότερα, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν κατάφεραν να εντοπίσουν την εννοιολογική διαφορά στο ακουστικό ερέθισμα. Αντίθετα, μετά από τρεις μήνες συμμετοχής στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα αποκατάστασης δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο εύρος της κυματομορφής P300. Τα παιδιά με δυσλεξία, δηλαδή, εντόπισαν την εννοιολογική διαφορά αφενός και αφετέρου η αλλαγή στη νευρωνική τους δραστηριότητα ήταν τόσο έντονη ώστε δεν εμφάνισε διαφορές με την ομάδα ελέγχου.

Συμπεράσματα

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι εμφανές το γεγονός ότι τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά μπορούν να αποτελέσουν ένα αξιόπιστο εργαλείο στην πρόγνωση, διάγνωση και αποκατάσταση της δυσλεξίας. Άλλωστε, οι νευρωνικές ανωμαλίες που αποτελούν τα αίτια γένεσης της δυσλεξίας, μπορούν να καταγραφούν από το συγκεκρι-

κριμένο ηλεκτροφυσιολογικό εργαλείο. Ιδιαίτερα σημαντικό, όμως, κρίνεται το γεγονός ότι αυτή η απεικονιστική μέθοδος παρέχει αξιόπιστα συμπεράσματα για την πρόγνωση της δυσλεξίας σε εξαιρετικά μικρές ηλικίες. Σε αυτές τις ομάδες με βάση τις αρχές της πλαστικότητας του εγκεφάλου, εάν πραγματοποιηθεί η παρέμβαση, είναι εφικτό να μειωθούν σε σημαντικό βαθμό τα αναγνωστικά ελλείμματα, όταν το παιδί φτάσει στην ηλικία που εξελικτικά πρέπει να επιτύχει την κατάκτηση της ανάγνωσης⁴⁷.

Σημαντικό, όμως, ρόλο διαδραματίζουν τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά στην διάγνωση της δυσλεξίας. Ο μεγάλος χρόνος έκλυσης και το μικρό εύρος της κυματομορφής N100 και N200. Ο μεγάλος χρόνος έκλυσης της κυματομορφής MMN και P300, εμφανίζονται σταθερά στις περισσότερες μελέτες παιδιών και ενηλίκων με δυσλεξία. Επίσης, η διαταραγμένη ημισφαιρική επικράτηση που εμφανίζεται με υπερδραστηριότητα του δεξιού εγκεφαλικού ημισφαιρίου ή υποδραστηριότητα του αριστερού, αποτελούν σαφείς δείκτες στη διάγνωση της συγκεκριμένης διαταραχής. Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να διευκρινιστεί το γεγονός ότι τα συγκεκριμένα ευρήματα έρχονται σε συμφωνία με τις νευροψυχολογικές θεωρίες που έχουν αναπτυχθεί αναφορικά με την εμφάνιση της δυσλεξίας. Οι κυματομορφές N100, N200 και MMN φαίνεται ότι αποτελούν ισχυρούς δείκτες της δυσκολίας στην ακουστική επεξεργασία, η οποία θα μπορούσε να περιορίσει την ακρίβεια των φωνολογικών αναπαραστάσεων, οι οποίες θεωρούνται ότι αποτελούν τα κύρια ελλείμματα των δυσλεξικών²⁵. Επιπλέον, ο μεγαλύτερος χρόνος έκλυσης της κυματομορφής P300 αποτυπώνει τις διαταραχές στις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες που αντιμετωπίζουν τα παιδιά με δυσλεξία, ο σωστός

καταμερισμός της προσοχής, η αποκωδικοποίηση, η επεξεργασία, η απομνημόνευση και τέλος η επιτυχής ανταπόκριση στα ακουστικά ερεθίσματα. Ακόμα, η διαταραγμένη ημισφαιρική επικράτηση φαίνεται ότι επαληθεύει την κλασική νευροψυχολογική θεωρία του Geschwind¹, αναφορικά με την ημισφαιρική ασυμμετρία και τις διαταραχές στο μεσολόβιο.

Η ανασκόπησή μας δεν θα ήταν ολοκληρωμένη εάν δεν εστιάζαμε στο γεγονός ότι τα Προκλητά Δυναμικά και κυρίως η κυματομορφή MMN μπορούν να συνδράμουν ουσιαστικά στην αξιολόγηση του προγράμματος αποκατάστασης. Συγκεκριμένα, ο σωστός εντοπισμός των ελλειμμάτων στη διάγνωση μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή του κατάλληλου προγράμματος εκπαίδευσης. Άλλωστε, όπως κάθε άνθρωπος είναι μια διαφορετική προσωπικότητα, με τον ίδιο τρόπο και οι διαταραχές στην εγκεφαλική δραστηριότητα των δυσλεξικών δεν είναι ίδιες. Με τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά, όμως, έχουμε τη δυνατότητα να «ποσοτικοποιήσουμε» τα ελλείμματα με αποτέλεσμα να μπορούμε να αξιολογήσουμε τη βελτίωση που παρουσιάζει ένα παιδί με αναγνωστικές δυσκολίες πριν εντοπίσουμε τα αποτελέσματα της αποκατάστασης στη συμπεριφορά. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται η δυνατότητα κατάρτισης προσαρμοσμένων και εξειδικευμένων προγραμμάτων αποκατάστασης ανάλογα με τα αίτια γένεσης της δυσλεξίας²⁶. Συνεπώς, με τον τρόπο αυτό αφενός μειώνεται ο χρόνος της αποκατάστασης, γεγονός που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εξελικτική πορεία του παιδιού, και αφετέρου η αποκατάσταση στηρίζεται στην αλλαγή της νευρωνικής δραστηριότητας, γεγονός που παρέχει μεγαλύτερη διάρκεια στις αλλαγές της συμπεριφοράς.

Summary

A. V. KARAPETSAS *, N. C. ZYGOURIS **: Event Related Potentials (ERPs) in prognosis, diagnosis and rehabilitation of children with dyslexia.

Developmental dyslexia affects 5 to 15% of the student population. It is diagnosed when literacy skills are much lower than those expected. One of the greatest difficulties that dyslexics have is to efficiently translate the written letters into the sounds that they represent. One of the suggested reasons for this phenomenon is the impaired low level auditory processing, which ultimately affects the phonological processing.

* Professor of Neuropsychology - Neurolinguistics, University of Thessaly, Greece

** Doctor of Clinical Neuropsychology, University of Thessaly, Greece.

Different theories have emerged during the years about the origin of dyslexia, including the magnocellular hypothesis, the cerebral deficit hypothesis, the suggestions of hemispheric asymmetry, disturbances of working memory, deficits in visual and auditory processing, etc. Because of these neuropsychological deficits of reading disorder it is proposed that a good method in the assessment of children with dyslexia is Event Related Potentials (ERPs), a noninvasive tool that can provide data about the neuronal activity which is related to cognitive information processing.

This article's aim is to review research studies available for the diagnosis of dyslexia in this electrophysiological technique. ERPs waveforms can provide unique insights into the nature of reading disorders and highlight quantitative and/or qualitative differences in information processing between normal and reading disabled children. Besides that, this article's purpose is to summarize literature data on the prognosis of dyslexia in pre-school children and on the rehabilitation of cognitive deficits of children who have reading difficulties. All data will be used in a pilot study currently conducted by the Laboratory of Neuropsychology, University of Thessaly.

Key words: Event Related Potentials, dyslexia, brain activity.

Βιβλιογραφία

- Geschwind, N., A human cerebral disconnection syndrome. A preliminary report, *Neurology*, 1962; 12, 675 - 685.
- Shallice, T., Warrington, E.K., Word recognition in a phonemic dyslexic patient, *Q J Exp Psychol*, 1975; 27 (2) 187 - 199.
- Patterson, K.E., Marcel, A., J., Aphasia, dyslexia and the phonological coding of written words, *Q J Exp Psychol*, 1977; 29 (2) 307 - 318).
- Myklebust, H. R. Developmental disorders of written language., 1973, Vol. 2. Studies of normal and exceptional children. New York: Grune & Stratton.
- Καραπέτσας, Α.,Β., Η Δυσλεξία στο Παιδί, Ελληνικά Γράμματα, β' έκδοση. Αθήνα 1993.
- Boder, E., Developmental dyslexia. A new diagnostic approach based on the identification of three subtypes, *Journal of School Health*, 1970; 40 (6) 289 - 290.
- Nelson, C., McLeery Use of Event Related Potentials in the study of typical and atypical Development, *Journal of American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 2008; 47,11, 1252 - 1261.
- Shagass, C., A neuropsychological approach to perceptual psychopathology. Proceedings of the Annual Meeting of American Psychopathological Association, 1965; 53, 41-61.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., John, E. R., Evoked Potentials correlates of stimulus uncertainty, *Science*, 1965; 150 (700), 1187 - 1188.
- Nõđđõnen, R., Picton, T.W., The N100 wave of the human electric and magnetic response to sound. A review and an analysis of the component structure, *Psychophysiology*, 1987; 24, 375 - 425.
- Patel,S., Azzam.,P., Characterization of N200 and P300: Selected studies of the Event Related Potentials, *International Journal of Medical Sciences*, 2005; 2, 147 - 154.
- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. . Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation. *Science*, 1977; 197, 792-795.
- Donchin, E., Coles, M.G.H., Is the P300 component a manifestation of context updating?, *Behavioural and Brain Sciences*, 1988; 11, 406 - 417.
- Polich J., Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b, *Clinical Neurophysiology*, 2007; 118, 2128 - 2148.
- Nõđđõnen, R., Gaillard, A. W. K., & Mantysalo, S. . Early selective attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 1978; 42, 313-329.
- Nõđđõnen, R., Mismatch negativity (MMN): Perspectives for application, *International Journal of Psycho-physiology*, 2000; 37 313-329.
- Ceponiene, R, Cheour, M., Naatanen, R., Interstimulus interval and auditory event related potentials in children: evidence for multiple generators, *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.*, 1998; 108, 345-354.
- Martynova, O., Kirjavainen, J., Cheour, M., Mismatch negativity and late discriminative negativity in sleeping human newborns. *Neuroscience Lett.*, 2003; 340 (2), 75 - 78.
- Pennington, B.F., Filipek, P.A., Lefly, D., Churchwell, J., Kennedy, D.N., Simon, J.H., Filley, C.M., Galaburda, A., Alarcon, M., DeFries, J.,C., (1999). Brain morphometry in reading disabled twins, *Neurology*, 53 (4), 723 - 729
- Lyytinen, H., Ahonen, T., Eklund, K., Guttorm, T.K., Laasko,

- M.L., Leinonen, S., Leppanen, P.H., Poikkens, A.M., Viholainen, H., Developmental pathways of children with and without familiar risk for dyslexia, *Developmental Neuropsychology*, 2001; 20(2), 35 - 54.
21. Guttorm, T.K., Leppanen, P.H., Richardson, U., Lyytinen, H. Event Related Potentials and consonant differentiation in newborns with familiar risk for dyslexia, *Journal of Learning Disabilities*, 2001; 34 (6) 534 - 544.
 22. Friedrich, M., Weber, C., Friederici, A.D., Electrophysiological evidence for delayed mismatch response in infants at risk for specific language impairment, *Psychophysiology*, 2004; 41(5), 772 - 782.
 23. Benasich, A.A., Choudhury, N., Friedman, J.T., Realpe - Bonilla, T., Chojnowska, C., Gou, Z.,. The infant as a prelinguistic model for language learning impairments: predicting from event related potentials to behavior, *Neuropsychologia*, 2006; 44(3) 396 - 411.
 24. Stein, J., The magnocellular theory of developmental dyslexia, *Dyslexia*, 2001; 7 (1), 12 - 36.
 25. Nöðtønen, R., Paavilainen, P., Rinne, T., Alho, K., The mismatch negativity in basic research of central auditory processing: a review, *Clinical Neurophysiology*, 2007; 118 (12), 2544 - 2590.
 26. Lyytinen, H. Guttorm, T. K. Huttunen, T. Jamalainen J. Leppanen, H. T. P. Vesterinen, M., Psychophysiology of developmental dyslexia: a review of findings including children at risk for dyslexia, *Journal of Neurolinguistics*, 2005; 18, 167 - 195.
 27. Καραπέτσας, Α.Β. Ζυγούρης, Ν.Χ. Νευροψυχολογία των Μαθησιακών Δυσκολιών: Πρώιμη ανίχνευση και θεραπευτική παρέμβαση. Στο Καραπέτσας Α.Β., (επιμ.) Σύγχρονα Θέματα Νευροψυχολογίας. Πρώιμη ανίχνευση, αξιολόγηση και παρέμβαση, 2010 σελ.195 - 221, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος, υπό έκδοση.
 28. Helenius, P., Salmelin, R., Richardson, U., Leinonen, S., & Lyytinen, H. Abnormal auditory cortical activation in dyslexia 100 msec after speech onset. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2002; 14, 603-617.
 29. Tonningquist - Uhlen, I., Topography of auditory evoked cortical potentials in children with severe language impairment, *Scandinavian Audiol. Suppl.* 1996; 44, 1 -40.
 30. Mills, D. L., Coffey-Corina, S. A., & Neville, H. J. . Language acquisition and cerebral specialization in 20-month-old infants. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1993; 5, 317 - 334.
 31. Neville, H.J., Coffey, S.A., Holcomb, P.J., The neurobiology of sensory and language processing in language impaired children, *J. Cogn. Neurosci.*, 1993; 5, 235 - 253.
 32. Pinkerton, F., Watson, D.R., McClelland, R.J., A Neurophysiological study of children with reading, writing and spelling difficulties, *Dev. Med. Child Neurology*, 1989; 31 (5), 569 - 581.
 33. Holopainen, I., Korpilahti, P., Lang, H., What information does mismatch negativity registering give us about developmental speech and language disorders, *Duodecim.*, 1997; 113 (19), 1865 - 1871.
 34. Kujala, T., & Nöðtønen, R. The mismatch negativity in evaluating central auditory dysfunction in dyslexia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 2001; 25, 535-543.
 35. Uwer, R., Albrecht, R., von Suchodoletz, W., Automatic processing of tones and speech stimuli in children with specific language impairment, *Dev. Med. Child Neurology*, 2002; 44 (8) 527 - 532.
 36. Mazzotta, G., & Gallai, V. Study of the P300 event-related potential through brain mapping in phonological dyslexics. *Acta Neurologica (Napoli)*, 1992; 14, 173-186.
 37. Holcomb, P.J., Ackerman, P.T., Dykman, R.A., Auditory event - related potentials in attention and reading disabled boys, *Int J Psychophysiol*, 1986; 3, 263 - 273.
 38. Errez, A., Pratt, H., Auditory event - related potentials among dyslexics and normal - reading children: 3CLT and midline comparisons, *Int J Neurosci*, 1992; 63 (3/4), 247 - 264.
 39. Brezniz, Z., Meyler, A., Speed of lower - level auditory and visual processing as a basic factor in dyslexia: Electrophysiological evidence, *Brain and Language*, 2003; 85, 166 - 184.
 40. Lorrays, A.R., Hynd, G.W., Lahey, B.B., Do neurocognitive measures differentiate Attention Deficit Disorder with and without hyperactivity, *Archives of Clinical Neuropsychology*, 1990; 5(2), 119 -135.
 41. Lorrays, A., Hynd, G., Lyytinen, H., Hern, K., Aetiology of attention deficit hyperactivity disorder, In J.L., Matson (ed.) *Handbook of hyperactivity in children*, 1993; pp. 47 - 65, Boston: Allyn and Bacon.
 42. Connolly, J.F., D'Arcy, R.C., Lynn Newman, R., Kemps, R., The application of cognitive event - related potentials (ERPs) in language - impaired individuals: review and case studies. *International Journal of Psychophysiology*, 2000; 38, 55 - 70.
 43. Καραπέτσας, Α.Β., Ζυγούρης, Ν.Χ., Ηλεκτροφυσιολογικός εντοπισμός της δυσλεξίας: Μελέτες περίπτωσης από το εργαστήριο στη σχολική τάξη, 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ειδικής Παιδαγωγικής, 15 -18 Απριλίου 2010, Αθήνα.
 44. Holcomb, P.J., Ackerman, P.T., Dykman, R.A., Cognitive event - related brain potentials in children with attention and reading deficits, *Psychophysiol*, 1985; 22 (6), 656 - 667.
 45. Kujala, T., Karma, K., Ceponiene, R., Belits, S., Turkilla, P., Terkaniemi, M., Naatanen, R., Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children, *Proc Natl Acad USA*, 2001; 98 (18), 10509 - 10514.
 46. Santos, A., Joly - Pottuz, B., Moreno, S., Habib, M., Besson, M., Behavioral and event related potentials evidence for pitch discrimination deficits in dyslexic children: Improvements after intensive phonic intervention, *Neuropsychologia*, 2007; 45, 1080 - 1090.
 47. Καραπέτσας, Α.,Β., Νευροψυχολογία του Αναπτυσσόμενου Ανθρώπου, Συμρινωτάκης, Αθήνα, 1988.