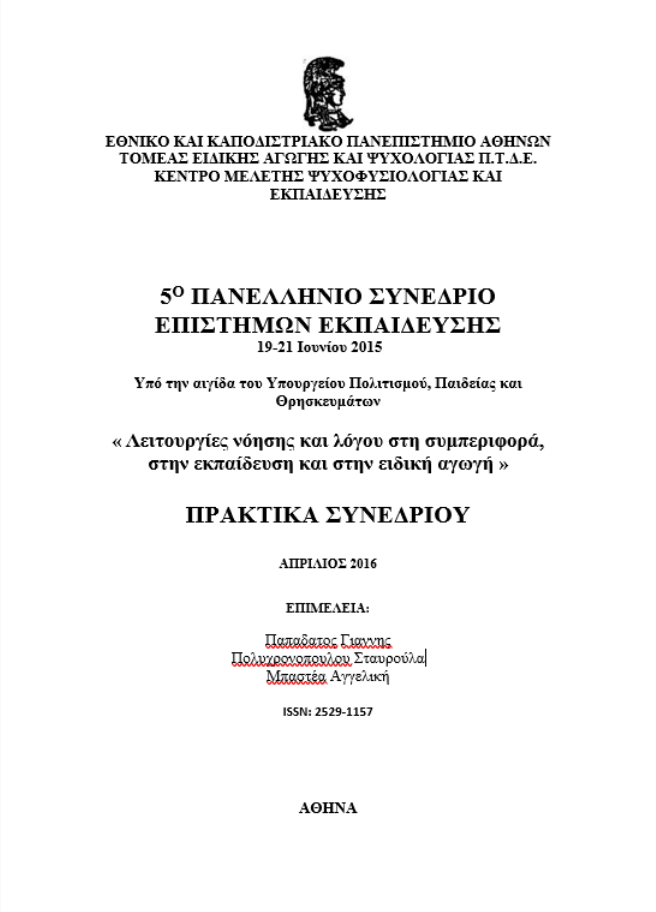
ePublishing

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
EKT
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο Επιστημών Εκπαίδευσης

Τόμ. 2015, Αρ. 1 (2015)

Λειτουργίες νόησης και λόγου στη συμπεριφορά, στην εκπαίδευση και στην ειδική αγωγή: Πρακτικά 5ου Συνεδρίου



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ Π.Τ.Δ.Ε.
ΚΕΝΤΡΟ ΜΕΛΕΤΗΣ ΨΥΧΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

5Ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
19-21 Ιουνίου 2015

Υπό την αιγίδα του Υπουργείου Πολιτισμού, Παιδείας και Θρησκευμάτων

« Λειτουργίες νόησης και λόγου στη συμπεριφορά, στην εκπαίδευση και στην ειδική αγωγή »

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2016

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

Παπαδατος Γιαννης
Πολυχρονοπουλου Σταυρούλα
Μπαστέα Αγγελική

ISSN: 2529-1157

ΑΘΗΝΑ

Η συνεισφορά των νευροεπιστημών στο πεδίο της Ειδικής Αγωγής

Φίλιππος Βλάχος

doi: 10.12681/edusc.424

Βιβλιογραφική αναφορά:

Βλάχος Φ. (2016). Η συνεισφορά των νευροεπιστημών στο πεδίο της Ειδικής Αγωγής. *Πανελλήνιο Συνέδριο Επιστημών Εκπαίδευσης*, *2015*(1), 5–13. https://doi.org/10.12681/edusc.424

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 09/09/2026 13:09:10

Η συνεισφορά των νευροεπιστημών στο πεδίο της Ειδικής Αγωγής

Βλάχος Φίλιππος
Καθηγητής Παιδαγωγικού Τμήματος Ειδικής Αγωγής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
fvlachos@uth.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή επιχειρούμε να αναδείξουμε πως οι πρόσφατες νευροεπιστημονικές έρευνες έχουν συνεισφέρει στο πεδίο της ειδικής αγωγής. Σκοπός μας είναι να αναδείξουμε πως οι σύγχρονες νευροαπεικονιστικές και ηλεκτροφυσιολογικές τεχνικές έχουν συμβάλλει: α) στη μελέτη και την κατανόηση των ιδιαίτερα περίπλοκων διαδικασιών που υποστηρίζουν την ανάπτυξη της μάθησης, β) στη διερεύνηση των αιτίων των αναπτυξιακών διαταραχών, γ) στη διαμόρφωση ή/και τον έλεγχο θεωριών για τις αναπτυξιακές διαταραχές, δ) στην πρώιμη ανίχνευση παιδιών που βρίσκονται σε κίνδυνο για την εμφάνιση αναπτυξιακών διαταραχών και ως εκ τούτου στην έγκαιρη έναρξη της παρέμβασης, ε) στη μελέτη των επιδράσεων διαφορετικών εκπαιδευτικών προγραμμάτων στην εγκεφαλική λειτουργία, και στ) στη σύγκριση εκπαιδευτικών παρεμβάσεων και στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων τους.

Λέξεις-κλειδιά: Νευροεπιστήμες, Ειδική αγωγή

Abstract

In this paper we attempt to highlight the way that recent neuroscientific research has contributed to the discipline of special education. Our aim was to show that modern neuroimaging and electrophysiological techniques have contributed: a) to the study and understanding of highly complex processes that support the development of learning, b) to investigate the causes of developmental disorders, c) in the formation and / or proof theories for developmental disorders, d) in the early detection of children at risk for developmental disorders and hence the early start of the intervention, e) to study the effects of different educational programs in brain function, and f) to compare educational interventions and evaluating their results.

Keywords: Neurosciences, SpecialEducation

Εισαγωγή

Οι νευροεπιστήμες αποτελούν ένα διεπιστημονικό πεδίο που ασχολείται με τη μελέτη της ανατομίας, της φυσιολογίας και της λειτουργικότητας του νευρικού συστήματος και των επιπτώσεων τους στην ανάπτυξη, στην υγεία και τη συμπεριφορά. Αν και σχετικές έρευνες και αναζητήσεις έχουν μακρόχρονη ιστορία, η εκρηκτική ανάπτυξη που συντελέστηκε στο τομέα της ιατρικής και της υπολογιστικής τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια συνέβαλε καταλυτικά στην εντυπωσιακή πρόοδο που είχαμε στο χώρο των νευροεπιστημών την τελευταία δεκαετία, καθώς κατέστει δυνατό να διερευνηθούν invivo οι πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις δομής και λειτουργίας του εγκεφάλου, τόσο σε φυσιολογικά υποκείμενα, όσο και σε εκείνα που έχουν σοβαρές αναπτυξιακές, νευρολογικές ή ψυχικές διαταραχές. Έτσι, η χρήση των ηλεκτροφυσιολογικών και των νευροαπεικονιστικών μεθόδων έχει γίνει στις μέρες μας απαραίτητο εργαλείο της έρευνας, καθώς μπορούν να μας προσφέρουν

πειραματικά δεδομένα που δεν μπορούν να προσδιοριστούν από την συμπεριφοριστική διερεύνηση.

Οι σύγχρονες νευροαπεικονιστικές και ηλεκτροφυσιολογικές τεχνικές μας έχουν δώσει μια πολύ πιο σαφή εικόνα για τη λειτουργία του αναπτυσσόμενου εγκέφαλου και πολλά σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα συγκλίνουν σήμερα στο ότι όλες σχεδόν οι αναπτυξιακές διαταραχές (δυσλεξία, δυσαριθμησία, αυτισμός, κ.α.) έχουν νευροφυσιολογική βάση. Αποτελούν δηλαδή συνέπεια νευροβιολογικών διαφοροποιήσεων στη λειτουργία του εγκεφάλου αυτών των ατόμων, γεγονός που φέρνει πολύ κοντά τη νευροεπιστήμη με την εκπαίδευση και την ειδική αγωγή. Έτσι, αποτελεί μια από τις μεγάλες προκλήσεις της εποχής μας η συστηματική προσέγγιση των επιπτώσεων της νευροεπιστημονικής έρευνας στην κατανόηση των διαταραχών της ανάπτυξης και πως οι γνώσεις που προκύπτουν από την νευροεπιστήμη θα βρουν άμεσες εφαρμογές στο χώρο της πρώιμης ανίχνευσης, της έγκυρης διάγνωσης και της έγκαιρης εκπαιδευτικής παρέμβασης.

Αντικείμενο της συγκεκριμένης εργασίας είναι η παρουσίαση πρόσφατων ευρημάτων της νευροεπιστήμης που βρίσκουν εφαρμογές σε διάφορα πεδία της ειδικής αγωγής. Στόχος μας είναι να αναδείξουμε πως η νευροεπιστημονική έρευνα μπορεί να ρίξει φως σε σημαντικά θέματα που απασχολούν το χώρο της ειδικής αγωγής.

Κατανόηση των διαδικασιών της ανάπτυξης και της μάθησης

Τα νευροεπιστημονικά ευρήματα των τελευταίων ετών έχουν αρχίσει να ρίχνουν φως στις βασικές διαδικασίες που εμπλέκονται στην ανάπτυξη των ικανοτήτων και σε συγκεκριμένες περιοχές της μάθησης, όπως η εκμάθηση της γλώσσας και της ανάγνωσης και η ανάπτυξη των αριθμητικών ικανοτήτων. Για παράδειγμα, σύγχρονες μη επεμβατικές ηλεκτροφυσιολογικές μέθοδοι, όπως τα προκλητά δυναμικά, έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται για να διερευνήσουν τα αρχικά στάδια της εγκεφαλικής δραστηριότητας, τα οποία αντικατοπτρίζουν την αντίληψη των ήχων της ομιλίας από τα βρέφη. Οι μελέτες αυτές δείχνουν ότι η τεχνική αυτή μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο και να μας προσφέρει ουσιαστικές πληροφορίες τόσο για την κατανόηση της νευροβιολογικής βάσης των γλωσσικών λειτουργιών, όσο και του χρονοδιαγράμματος ανάπτυξης αυτών των λειτουργιών σε σχέση με την αντίστοιχη ωρίμανση του εγκεφάλου (για ανασκόπηση βλ. Conboy, Rivera-Gaxiola, Silva-Pereyra, & Kuhl, 2008).

Επίσης, νευροαπεικονιστικές μελέτες δείχνουν ότι το νευρωνικό υπόστρωμα για την γλωσσική λειτουργία συμπεριλαμβανομένης της ομιλίας και της ανάγνωσης είναι ήδη ισχυρά εξειδικευμένο σε συγκεκριμένες περιοχές και πλευριωμένο στον εγκέφαλο από την πρώτη κιόλας δεκαετία της ζωής του ανθρώπου (Ahmadetal., 2003.Gaillardetal., 2003). Ο γλωσσικός φλοιός είναι εύκολα ταυτοποιήσιμος στον αριστερό κατώτερο οπίσθιο μετωπιαίο έλικα και στον αριστερό άνω κροταφικό έλικα τόσο στα παιδιά όσο και στους ενήλικες. Ο αριστερός κάτω μετωπιαίος έλικας, ο άνω και ο μέσος κροταφικός έλικας, η γωνιώδης έλικα, η μέση ανώτερη μετωπιαία έλικα και η αντίπλευρη παρεγκεφαλίδα εμφανίζουν έντονη ενεργοποίηση σε μελέτες λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας κατά τη διάρκεια εκτέλεσης γλωσσικών δοκιμασιών από φυσιολογικά παιδιά (Ahmadetal., 2003).

Τα παραπάνω δεδομένα ενισχύονται από μια εξαιρετικά δυναμική εικόνα της εδραίωσης της γλώσσας κατά τη διαδικασία της φυσιολογικής γνωστικής ανάπτυξης που προκύπτει από μια διαχρονική μελέτη λειτουργικής νευροαπεικόνισης που πραγματοποιήθηκε επί πέντε χρόνια σε παιδιά πέντε έως έντεκα ετών (Szaflarskietal., 2006). Η έρευνα αυτή διαπίστωσε ότι η ωρίμανση των γλωσσικών διεργασιών

σχετίζεται με αυξημένη δραστηριότητα στον αριστερό μέσο και κατώτερο μετωπιαίο φλοιό, στη μέση κροταφική και τη γωνιώδη έλικα, στη δεξιά γλωσσική έλικα και στη δεξιά κατώτερη κροταφική έλικα. Τα παραπάνω ευρήματα υποστηρίζουν ότι η γλωσσική ανάπτυξη κατά την παιδική ηλικία είναι μια διαδικασία που εμπλέκει την ωρίμανση συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών και την προοδευτική διασύνδεση και αλληλεπίδρασή τους ώστε να οργανωθούν συγκεκριμένα γλωσσικά κέντρα.

Επίσης, διάφορες νευροαπεικονιστικές τεχνικές έχουν συνεισφέρει συμπληρωματικά στοιχεία σχετικά με τα νευρωνικά δίκτυα που υποστηρίζουν την κατάκτηση της ανάγνωσης (για ανασκόπηση βλ. Σίμος Μουζάκη & Παπανικολάου, 2004). Όπως αναφέρουν οι Σίμος Μουζάκη & Παπανικολάου (2004) «το απολύτως απαραίτητο κομμάτι αυτού του μηχανισμού περιλαμβάνει δύο κυρίως τμήματα στην οπίσθια χώρα του αριστερού ημισφαιρίου. Το κροταφο-βρεγματικό τμήμα φαίνεται να υποστηρίζει νευροφυσιολογικές διεργασίες οι οποίες είναι απαραίτητες για τη φωνολογική αποκωδικοποίηση (περιοχή του Wernicke) και την αντιστοίχηση γραπτών συμβόλων με φωνολογικές αναπαραστάσεις (γωνιώδης έλικα). Νευροφυσιολογικές διεργασίες που λαβαίνουν χώρα στο κροταφο-ινιακό τμήμα του μηχανισμού θεωρείται ότι ευθύνονται για τη γραφημική επεξεργασία των γραπτών ερεθισμάτων αναφορικά με αποθηκευμένες αναπαραστάσεις της ορθογραφίας των λέξεων εκείνων που είναι γνωστές στον αναγνώστη» (σελ. 66-67). Το παραπάνω περίγραμμα του μηχανισμού της ανάγνωσης που προσδιορίστηκε με μαγνητοεγκεφαλογραφία, επαληθεύτηκε και από μελέτες λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας (Gaillardetal., 2003), ενώ μελέτες με προκλητά δυναμικά επιβεβαίωσαν και τη χρονική αλληλουχία της δραστηριοποίησης των διάφορων εγκεφαλικών περιοχών (Liu&Perfetti, 2003).

Συνολικά, τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών, υποστηρίζουν ότι η ανάπτυξη και η οργάνωση των νευρικών δικτύων, που εμπλέκονται στην ακουστική / λεκτική επεξεργασία και είναι απαραίτητα για να εξυπηρετήσουν αρχικά τις γλωσσικές λειτουργίες και μετέπειτα την ανάγνωση, αρχίζουν να οργανώνονται σε πολύ πρώιμα στάδια της ανάπτυξης. Με βάση αυτό το δεδομένο, η έρευνα που χρησιμοποιεί τα βρέφη ως ένα προγλωσσικό μοντέλο μελέτης παρέχει σημαντικές ελπίδες για τη διερεύνηση συγκρουόμενων μοντέλων για την τυπική και την άτυπη γλωσσική ανάπτυξη.

Επίσης, είναι σήμερα αποδεδειγμένο από τις μελέτες της νευροαπεικόνισης ότι η κρίσιμη περιοχή που επεξεργάζεται αριθμούς στον άνθρωπο βρίσκεται στην ενδοβρεγματική αύλακα, καθώς αυτή η περιοχή του εγκεφάλου δραστηριοποιείται κατά τη σύγκριση ψηφίων και συστοιχιών κουκίδων και κατά την απαρίθμηση αντικειμένων. Αυτές οι θεμελιώδεις λειτουργίες υποστηρίζουν την κανονική ανάπτυξη των αριθμητικών δεξιοτήτων και οι βρεγματικοί λοβοί εμπλέκονται βαθιά στο νευρωνικό δίκτυο για περισσότερο σύνθετους υπολογισμούς.Τα ευρήματα της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας (fMRI) έχουν δείξει ότι τα αριθμητικά μεγέθη, όπως αντιπροσωπεύονται από τα αραβικά ψηφία είναι αυτόματα προσβάσιμα από τον παιδικό εγκέφαλο κατά το ξεκίνημα του σχολείου και προκαλούν ενεργοποίηση στην οριζόντια ενδοβρεγματική αύλακα (Rubinsten, Henik, Berger&Shahar-Shalev, 2002). Πιο πρόσφατα ευρήματα έχουν δείξει ότι η οριζόντια ενδοβρεγματική αύλακα παρουσιάζει μειωμένη ενεργοποίηση όταν υπάρχουν δυσκολίες αριθμητικής εξοικείωσης, ακόμα και στην ηλικία των 5 ετών (Gantlon, Platt&Brannon, 2007). Παρότι όμως οι νευροαπεικονιστικές έρευνες υποστηρίζουν την άποψη ότι η ενδοβρεγματική αύλακα αποτελεί το νευροβιολογικό υπόστρωμα για τη διαδικασία αριθμητικών υπολογισμών με μη συμβολικό τρόπο στην παιδική ηλικία, υπάρχει μια αυξανόμενη εξειδίκευση για τις αριθμητικές διεργασίες στην οριζόντια

ενδοβρεγματική αύλακα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, η οποία βοηθά τα παιδιά να μαθαίνουν να κάνουν υπολογισμούς σε συμβολικό επίπεδο (Rubinsten&Henik 2009).

Διερεύνηση των αιτίων των νευροαναπτυξιακών διαταραχών

Εκεί όμως που η νευροεπιστημονική έρευνα έχει συμβάλλει ουσιαστικά τα τελευταία χρόνια και μπορεί να προσφέρει ακόμα περισσότερα πράγματα στο άμεσο μέλλον είναι στη διερεύνηση των αιτίων των νευροαναπτυξιακών διαταραχών. Πολλές νευροαπεικονιστικές τεχνικές έχουν χρησιμοποιηθεί σε διαταραχές όπως η δυσλεξία, η Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής-Υπερκινητικότητα (ΔΕΠ-Υ), ή ο αυτισμός για να μετρήσουμε τη διαφοροποιημένη δραστηριοποίηση των εγκεφαλικών συστημάτων που υπόκεινται των διαταραγμένων διεργασιών που πραγματοποιούνται στον εγκέφαλο των παιδιών ώστε να έχουμε σαφέστερη γνώση για τα αίτια της δυσκολίας τους.

Η χρήση μη επεμβατικών μεθόδων καταγραφής και απεικόνισης της δραστηριότητας περιοχών του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια εκτέλεσης αναγνωστικών δοκιμασιών, έχει διαπιστώσει ότι τα παιδιά με δυσλεξία παρουσιάζουν μειωμένη ενεργοποίηση στην κροταφο-βρεγματική περιοχή, στη γωνιώδη έλικα, και στο συνειρμικό οπτικό φλοιό (για ανασκόπηση βλ. Σίμος, Μουζάκη, & Παπανικολάου, 2004). και υποστηρίζουν την άποψη ότι η συχνότερη μορφή δυσλεξίας σχετίζεται με ένα άτυπα διαρθρωμένο εγκεφαλικό μηχανισμό για την ανάγνωση. Επίσης, υπάρχουν αρκετά ευρήματα σήμερα συγκεντρωμένα από διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις (νευροανατομικές μελέτες, έρευνες με προκλητά δυναμικά, fMRI, κ.α.) που υποστηρίζουν τη διαφοροποιημένη δομή και λειτουργία της μεγαλοκυτταρικής οδού τουλάχιστον σε κάποια παιδιά με αναγνωστικές διαταραχές. Επίσης, οι Tallal, Merzenich, Miller και Jenkins (1998) ισχυρίζονται ότι όπως τα παιδιά με γλωσσικές διαταραχές, έτσι και τα παιδιά με δυσλεξία χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να επεξεργαστούν ακουστικά ερεθίσματα που αλλάζουν γρήγορα. Τα στοιχεία αυτά υποδηλώνουν ότι ένα από τα προβλήματα στη δυσλεξία ίσως να είναι μια ανικανότητα επεξεργασίας αισθητικών πληροφοριών με ικανοποιητική ταχύτητα. Οι μελέτες αυτές αποτέλεσαν την αφετηρία για τη διατύπωση της θεωρίας του μεγαλοκυτταρικού ελλείμματος (Stein&Walsh, 1997), που υποστηρίζει ότι ορισμένοι δυσλεξικοί έχουν δυσχέρεια επεξεργασίας ταχέων, υψηλής αντίθεσης αισθητηριακών ερεθισμάτων και η δυσκολία τους αυτή πιθανά διαταράσσει τη φυσιολογική μάθηση και την επεξεργασία της γλώσσας.

Όσον αφορά την αναπτυξιακή δυσαριθμησία οι νευροαπεικονιστικές μελέτες έχουν μέχρι στιγμής επικεντρωθεί στη μελέτη του πιθανού ρόλου της οριζόντιας ενδοβρεγματικής αύλακαστου εγκεφάλου, και την έχουν αναδείξει την ενδοβρεγματικήάυλακα ως το επίκεντρο της αριθμητικής αναπαράστασης (Dehaeneetat. 2003). Τόσο η δομή όσο και η δραστηριότητα του εγκεφάλου σε αυτήν την περιοχή, εμφανίζουν διαφοροποιήσεις στις μαθηματικές διαταραχές, και πρόσφατες έρευνες υποστηρίζουν ότι οι ανωμαλίες στην ενδοβρεγματική αύλακα αποτελούν το μοναδικό βιολογικό σημαντήρα της αναπτυξιακής δυσαριθμησίας (για ανασκόπηση βλ. Βλάχος, 2013).

Πέρα όμως από τις ειδικές μαθησιακές δυσκολίες, η έρευνα στο χώρο των νευροεπιστημών έχει συνεισφέρει στη διερεύνηση της αιτιοπαθογένειας και άλλων διαταραχών, όπως η Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής-Υπερκινητικότητα (ΔΕΠ-Υ). Αν και τα περισσότερα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν την άποψη ότι αν και η αιτιολογία της ΔΕΠ-Υ είναι πολυπαραγοντική, τον πρώτο λόγο φαίνεται ότι έχουν οι βιολογικοί παράγοντες (νευρολογικοί και γενετικοί).Η χρήση τεχνικών, όπως η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) και η απεικόνιση μαγνητικού

συντονισμού (MRI), έχουν οδηγήσει τους ερευνητές στην αποδοχή της δυσλειτουργίας συγκεκριμένων νευρολογικών δομών στη ΔΕΠ-Υ, ενώ συχνές είναι και οι αναφορές για νευροχημικές ανωμαλίες, που σχετίζονται με τη ΔΕΠ-Υ, καθώς έχουν προσδιοριστεί συγκεκριμένες πρωτεϊνικές ανωμαλίες σε εξειδικευμένες εγκεφαλικές περιοχές (για ανασκόπηση βλ. Swansonetal., 2007). Πιο συγκεκριμένα, ανατομικές νευροαπεικονιστικές μελέτες σε άτομα με ΔΕΠ-Υ υποδεικνύουν με συνέπεια δομικές ανωμαλίες σε διάφορες εγκεφαλικές περιοχές όπως οι μετωπιαίοι λοβοί, τα βασικά γάγγλια, το μεσολόβιο και η παρεγκεφαλίδα. Με βάση λοιπόν τα σημερινά δεδομένα φαίνεται ότι οι γενετικοί και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που ευθύνονται για τη ΔΕΠ-Υ τροποποιούν το αναπτυσσόμενο εγκέφαλο, δημιουργώντας ένα ετερογενές προφίλ σε επίπεδο δομής και λειτουργίας με αποτέλεσμα πολλές διαφοροποιήσεις στη συμπεριφορά.Ηνευροεπιστημονική έρευνα έχει επίσης βοηθήσει στην βαθύτερη προσέγγιση των αιτιών του αυτισμού και τεκμηριώνει το νευροβιολογικό του υπόβαθρο. Αν και τα αίτια του αυτισμού δεν είναι ως σήμερα πλήρως εξακριβωμένα, αρκετές έρευνες με τη χρήση νευροαπεικονιστικών και νευροχημικών τεχνικών καταδεικνύουν μορφολογικές ανωμαλίες και λειτουργικές παρεκκλίσεις στα άτομα με αυτισμό, όπως διαφοροποιήσεις στο εγκεφαλικό μέγεθος, στους νευροδιαβιβαστές, στη νευρωνική ανάπτυξη, στην παρεγκεφαλίδα, στον κροταφικό και το μετωπιαίο λοβό, καθώς και σε άλλες εγκεφαλικές δομές, όπως τα βασικά γάγγλια, ο ιππόκαμπος και το εγκεφαλικό στέλεχος (για ανασκόπηση βλ. Penn, 2006).

Στο σύνολό τους, τα ευρήματα που παρουσιάστηκαν σ' αυτή την ενότητα αναδεικνύουν τη συμβολή και τη χρησιμότητα της νευροεπιστημονικής έρευνας στη διερεύνηση των αιτίων των αναπτυξιακών διαταραχών και στην ερμηνεία των συμπτωμάτων τους.

Διατύπωση και έλεγχος θεωριών

Εκτός όμως από αυτή τη συνεισφορά τουςστη διερεύνηση των αιτίων των νευροαναπτυξιακών διαταραχών, οι σύγχρονες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στο χώρο της νευροεπιστήμης, έχουν συντελέσει στη διατύπωση θεμελιωμένων θεωριών, αλλά και στον έλεγχο τους, καθώς μπορούν να προσφέρουν έγκυρους και αξιόπιστους τρόπους για να συγκρίνουμε και να αξιολογήσουμε διαφορετικές θεωρίες. Για παράδειγμα θεωρίες που αποδίδουν τη δυσλεξία σε ελλείμματα αντιληπτικής επεξεργασίας (μεγαλοκυτταρική θεωρία) και σε θεωρίες που την αποδίδουν σε ελλείμματα αυτοματισμού (θεωρία του παρεγκεφαλιδικού ελλείμματος).

Πρώιμη ανίχνευση αναπτυξιακών διαταραχών

Η πρόοδος των τελευταίων ετών στην νευροεπιστημονική έρευνα μπορεί επίσης να βοηθήσει στην ανίχνευση των παιδιών που βρίσκονται σε κίνδυνο να αναπτύξουν μαθησιακά προβλήματα ή άλλες αναπτυξιακές διαταραχές, σε ένα πολύ πιο πρώιμο ηλικιακό στάδιο από ότι μπορούσαμε νωρίτερα, με όλες τις θετικές επιπτώσεις που είναι γνωστό ότι έχει η έγκαιρη έναρξη της παρέμβαση στην αντιμετώπιση των διαταραχών. Για παράδειγμα, τεχνικές όπως τα προκλητά δυναμικά που δεν απαιτούν έκδηλη προσοχή καθώς και κινητικές αντιδράσεις μπορούν να αποτελέσουν έναν αξιόπιστο δείκτη της αντιληπτικής διάκρισης σε πρώιμα στάδια της ανάπτυξης του παιδιού και ως εκ τούτου να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο ως ερευνητικά αλλά και ως κλινικά εργαλεία για την ανίχνευση πιθανών αναπτυξιακών διαταραχών σε ατομικό επίπεδο.

Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα αποτελέσματα μιας οκταετούς διαχρονικής μελέτης (Molfese, 2000), όπου εξετάστηκε η σχέση μεταξύ αντιδράσεων στα προκλητά δυναμικά στους ήχους της ομιλίας κατά τη βρεφική ηλικία με στις αναγνωστικές ικανότητες στα ίδια παιδιά 8 χρόνια αργότερα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ήταν δυνατή η ταξινόμηση για τις καταγραφές των εξεταζομένων, με βάση τα δεδομένα των εγκεφαλικών τους καταγραφών στη βρεφική ηλικία, σε τρεις ομάδες ως προς την αναγνωστική τους επίδοση στην παιδική ηλικία, σε μια ομάδα καλών αναγνωστών, σε μια ομάδα φτωχών αναγνωστών και σε μια ομάδα δυσλεξικών, με ακρίβεια πάνω από 75%. Σε μια ακόμη μελέτη (Lyytinenetal, 2005), όπου συγκρίθηκαν ακουστικά προκλητά δυναμικά παιδιών που βρίσκονταν σε γενετικό κίνδυνο για εμφάνιση δυσλεξίας με τις μετέπειτα γλωσσικές και αναγνωστικές τους ικανότητες λίγο πριν ξεκινήσουν τη σχολική εκπαίδευση, διαπιστώθηκαν ισχυρές προβλεπτικές συσχετίσεις.

Σε μία επίσης μελέτη βρέθηκε ότι τα 2 μηνών βρέφη, με κίνδυνο για δυσλεξία δεν δείχνουν κάποια διαφορετική αντίδραση σε χειριζόμενα φυσικά ερεθίσματα του λόγου στην κορύφωση ΜΜΝ, ενώ η ομάδα ελέγχου έδειξε δύο ευκρινώς διαφορετικές αντιδράσεις, μία πρόωρη ηλεκτροθετική κορύφωση περίπου 260 msec και μία ηλεκτροαρνητική κορύφωση περίπου 570 msec μετά το ερέθισμα (vanLeeuwenetal., 2008). Τα παραπάνω αποτελέσματα υποδηλώνουν μία πρώιμη νευροβιολογική ένδειξη της διαταραχής στα βρέφη με κίνδυνο ανάπτυξης δυσλεξίας και μπορούν να λειτουργήσουν ως ένα πρώιμο σημάδι ανίχνευσης της διαταραχής.

Συνολικά, τα ευρήματα από τις μελέτες που παρουσιάστηκαν σ' αυτή την ενότητα, δείχνουν καθαρά ότι οι γλωσσικές και οι αναγνωστικές δυσκολίες συνοδεύονται από μια κάποια λεπτή λειτουργική ανωμαλία που έχει σχέση με τη διαδικασία επεξεργασίας του λόγου, και η οποία είναι παρούσα πολύ νωρίς στην ανάπτυξη. Υποδεικνύουν επίσης, ότι η χρήση των προκλητών δυναμικών σε βρέφη και νήπια που βρίσκονται σε γενετικό κίνδυνο για την εμφάνιση δυσλεξίας διαπιστώνει αποκλίσεις σε πρώιμα συστατικά των προκλητών δυναμικών (όπως το Ν100 και το ΜΜΝ) που αντικατοπτρίζουν διαφοροποιήσεις στην ακουστική και φωνολογική επεξεργασία, ενώ πρόσφατα ευρήματα υποδεικνύουν και αποκλίσεις στις πρωταρχικές λεξιλογικές και σημασιολογικές διεργασίες (για ανασκόπηση βλ. Βλάχος, 2008). Ο βαθμός, στον οποίο αυτές οι πρώιμες διαφοροποιήσεις στα προκλητά δυναμικά, θα μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν ευρέως στην κλινική πράξη για την πρώιμη ανίχνευση γλωσσικών διαταραχών και δυσλεξίας, ή καλύτερα του πληθυσμού που βρίσκεται σε υψηλό κίνδυνο να εμφανίσει αυτές τις διαταραχές, σίγουρα χρειάζεται πολλές ακόμα έρευνες για να διευκρινιστεί.

Επιδράσεις εκπαιδευτικών προγραμμάτων στην εγκεφαλική λειτουργία

Οι νευροαπεικονιστικές τεχνικές έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση των αποτελεσμάτων των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στην εγκεφαλική λειτουργία. Στην πρώτη από αυτές τις μελέτες (Simosetal., 2002), η μέθοδος της μαγνητοεγκεφαλογραφίας χρησιμοποιήθηκε για να καταγραφεί το περίγραμμα ενεργοποίησης του εγκεφάλου κατά την εκτέλεση μιας δοκιμασίας φωνολογικής αποκωδικοποίησης τόσο πριν όσο και μετά από την ολοκλήρωση ενός ταχύρρυθμου αλλά εντατικού προγράμματος παρέμβασης. Διαπιστώθηκε ότι η κύρια μεταβολή στο περίγραμμα ενεργοποίησης του εγκεφάλου των παιδιών μετά την παρέμβαση συνίστατο στην πολλαπλασιαστική αύξηση του βαθμού ενεργοποίησης της αριστερής κροταφο-βρεγματικής περιοχής.

Μια ακόμα μελέτη με τη χρήση λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας, σε 18 δυσλεξικά παιδιά επιβεβαιώνει ότι αυτά διαφέρουν από τα τυπικά αναπτυσσόμενα

παιδιά στο χρονικό συντονισμό εγκεφαλικών περιοχών που εμπλέκονται σε φωνολογικές διαδικασίες (Richards&Berninger, 2008). Μετά όμως από την εκπαιδευτική παρέμβαση, διαπιστώθηκε ότι ομαλοποιείται η λειτουργική συνδετικότητα των περιοχών που εμπλέκονται στην αναγνωστική διαδικασία ειδικά στο αριστερό ημισφαίριο. Όπως αναφέρουν οι Σίμος, Μουζάκη, & Παπανικολάου (2004) «τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι με την κατάλληλη εκπαιδευτική παρέμβαση είναι δυνατή η εδραίωση ενός εγκεφαλικού μηχανισμού όμοιου κατά πολύ με εκείνον που παρατηρείται σε παιδιά που ποτέ δεν αντιμετώπισαν δυσκολίες στην ανάγνωση και ο οποίος είναι σε θέση να διεκπεραιώσει με ικανοποιητικό τρόπο την εν λόγω λειτουργία» (σελ. 75).

Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και σύγκριση των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που διερευνούν και αξιολογούν την αποτελεσματικότητα εκπαιδευτικών παρεμβάσεων για τη διδασκαλία της ανάγνωσης σε σχέση με την εγκεφαλική λειτουργία. Οι πρώτες απ' αυτές τις μελέτες έγιναν με τη χρήση προκλητών δυναμικών και συγκεκριμένα με την καταγραφή της κορύφωσης ΜΜΝ. Μια αύξηση στο εύρος του ΜΜΝ, η οποία αντικατοπτρίζει λειτουργικές διαφοροποιήσεις της ακουστικής επεξεργασίας, φανερώνει την ευχέρεια των ατόμων στη διάκριση διαφορών ανάμεσα στα ερεθίσματα. Γι' αυτό το λόγο οι καταγραφές του έχουν εφαρμοστεί για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της παρέμβασης σε δυσλεξικούς, Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών έδειξαν ότι τα δυσλεξικά παιδιά που εκπαιδεύτηκαν με ένα πρόγραμμα οπτικο-ακουστικών συνδυασμών εμφάνισαν βελτίωση στις αναγνωστικές τους ικανότητες, αλλά και στην ευχέρεια διάκρισης ανάμεσα στα ερεθίσματα (όπως αντικατοπτρίζεται από το ΜΜΝ). Μάλιστα η αλλαγή στο εύρος του ΜΜΝ παρουσίαζε ισχυρή συσχέτιση με τη βελτίωση της αναγνωστικής επίδοσης. (Kujalaetal., 2001).

Οι νευροαπεικονιστικές τεχνικές θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να προσδιορίσουμε και να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα συγκεκριμένων προγραμμάτων εκπαιδευτικής παρέμβασης που έχουν σχεδιαστεί με βάση συγκεκριμένες θεωρίες για τη δυσλεξία, ή για να αξιολογήσουμε και να κατανοήσουμε τους λόγους για τους οποίους ένας διόλου ευκαταφρόνητος αριθμός παιδιών με δυσλεξία αποτυγχάνουν να επωφεληθούν από την εκπαιδευτική παρέμβαση. Οι Odegard, Ring, Smith, Biggan, καιBlack (2008) διερευνήσαν τους νευροβιολογικούς λόγους για τους οποίους κάποια είδη εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι αποτελεσματικά για κάποιους μαθητές με αναπτυξιακές διαταραχές και αναποτελεσματικά για κάποιους άλλους. Η έρευνα διαπίστωσε ότι η ενεργοποίηση του κάτω αριστερού βρεγματικού λοβού ήταν αυτή που διαφοροποιούσε τους δυσλεξικούς που είχαν ανταποκριθεί στην παρέμβαση από αυτούς που δεν ωφελήθηκαν από αυτή. Τα παιδιά που εξακολουθούσαν μετά την παρέμβαση να εμφανίζουν δυσκολίες στην αποκωδικοποίηση απλών λέξεων έδειχναν και σημαντικά χαμηλότερη ενεργοποίηση του κάτω αριστερού βρεγματικού λοβού, σε σχέση με τους τυπικούς αναγνώστες.

Συμπεράσματα

Σήμερα λοιπόν γίνεται όλο και περισσότερο αποδεκτό ότι στη σύγχρονη κοινωνία είναι απαραίτητη η σύνδεση της έρευνας που πραγματοποιείται στον τομέα της νευροεπιστήμης με την εκπαιδευτική πράξη. Η νευροεπιστημονική έρευνα έχει την δυνατότητα να συνεισφέρει σημαντικά στο χώρο της εκπαίδευσης γενικά και της ειδικής αγωγής ειδικότερα, δίνοντας απαντήσεις σε σημαντικά εκπαιδευτικά

ζητήματα και ερωτήματα. Συνολικά, οι σύγχρονες νευροαπεικονιστικές και ηλεκτροφυσιολογικές τεχνικές μας έχουν δώσει μια πολύ πιο σαφή εικόνα για τη λειτουργία του αναπτυσσόμενου εγκέφαλου και έχουν συμβάλλει: α) στη μελέτη και την κατανόηση των ιδιαίτερα περίπλοκων διαδικασιών που υποστηρίζουν την ανάπτυξη της μάθησης, β) στη διερεύνηση των αιτίων των αναπτυξιακών διαταραχών, γ) στη διαμόρφωση ή/και τον έλεγχο θεωριών για τις αναπτυξιακές διαταραχές, δ) στην πρώιμη ανίχνευση παιδιών που βρίσκονται σε κίνδυνο για την εμφάνιση αναπτυξιακών διαταραχών και ως εκ τούτου στην έγκαιρη έναρξη της παρέμβασης, ε) στη μελέτη των επιδράσεων διαφορετικών εκπαιδευτικών προγραμμάτων στην εγκεφαλική λειτουργία, και στ) στη σύγκριση εκπαιδευτικών παρεμβάσεων και στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και της αποτελεσματικότητας τους.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι οι αναπτυξιακές διαταραχές αποτελούν ένα διεπιστημονικό πεδίο έρευνας που απασχολεί όχι μόνο την εκπαίδευση και την ειδική αγωγή, αλλά και την ψυχολογία, τις νευροεπιστήμες, τη γενετική και πολλούς ακόμη επιστημονικούς κλάδους. Οι απαντήσεις για τη φύση και τα συμπτώματα αυτών των διαταραχών, αλλά κυρίως για την πλέον ενδεδειγμένη εκπαιδευτική παρέμβαση, δεν μπορεί παρά να βασίζονται στη διασταύρωση όλων αυτών των επιστημονικών κλάδων, και για το λόγο αυτό είναι επιβεβλημένη η σύμπραξη και η συνεργασία τους.

Βιβλιογραφία

Ahmad, B., Balsamo, L., Sachs, B., Xu, B., &Gaillard, W. (2003).Auditory comprehension of language in young children.*Neurology, 60,* 1598–1605.

Βλάχος, Φ. (2008). Προκλητά δυναμικά στη βρεφική και νηπιακή ηλικία: Η συμβολή τους στην ανίχνευση της αναπτυξιακής δυσλεξίας. *Εγκέφαλος, 45,* 160-166.

Βλάχος, Φ. (2013). Η συμβολή των νευροεπιστημών στη διερεύνηση της μαθηματικής σκέψης και των διαταραχών της. *Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνέδριου Ειδικής Εκπαίδευσης.* Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη. ISBN: 978-960-333-781-2

Cantlon J. F., Platt M. L., Brannon E. M. (2009).Beyond the number domain.*Trends in Cognitive Sciences, 13,* 83–91.

Conboy, B., Rivera-Gaxiola, M., Silva-Pereyra, J., &Kuhl, P. (2008). Event-related potential studies of early language processing at the phoneme, word, and sentence levels In: G. Thierry & A. Friederici (Eds.) *Early Language Development: Bridging brain and behaviour*. (pp. 23-64). Amsterdam: John Benjamin Publishing Company.

Gaillard, W., Balsamo, M., Ibrahim, B., Sachs, B., & Xu, B. (2003).fMRI identifies regional specialization of neural networks for reading in young children. *Neurology, 60,* 94–100.

Kujala, T., Karma, K., Ceponiene, R., Belitz, S., Turkkila, P., Tervaniemi, M., Näätänen, R. (2001).Plastic neural changes and reading improvement caused by audio-visual training in reading-impaired children.*Proceedings of National Academy of Science U S A., 98,* 10509–14.

Liu, Y. &Perfetti, C. (2003). The time course of brain activity in reading English and Chinese: An ERP study of Chinese bilinguals, *Human Brain Mapping, 18,* 167–175.

Lyytinen, H., Guttorm, T., Huttunen, T., Hämäläinen, J., LeppänenP.,&Vesterinen, M. (2005). Psychophysiology of developmental dyslexia: a review of findings including studies of children at risk for dyslexia. *Journal of Neurolinguistics, 18,* 167–195.

Molfese, D. (2000). Predicting dyslexia at 8 years of age using neonatal brain responses.*Brain and Language, 72*, 238–245.

Odegard, T., Ring, J., Smith, S., Biggan, J., & Black, J. (2008).Differentiating the neural response to intervention in children with developmental dyslexia.*AnnalsofDyslexia, 58*, 1-14.

Penn, E-H. (2006). Neurobiological correlates of autism: A review of recent research. *Child Neurology, 12*, 57-79.

Richards, T. &Berninger, V. (2008). Abnormal fMRI connectivity in children with dyslexia during a phoneme task: Before but not after treatment. *Journal of Neurolinguistics, 21*, 294-304.

Rubinsten, O., &Henik, A. (2009). Developmental dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in Cognitive Science, 13*, 92-99.

Rubinsten, O., Henik, A., Berger, A., Shahar-Shalev, S., (2002).The development of internal representations of magnitude and their association with Arabic numerals.*Journal of Experimental Child Psychology, 81*, 74–92.

Simos, P., Fletcher, J., Bergman, E., Breier, J., Foorman, B., Castillo, E., Davis, R., Fitzgerald, M., &Papanicolaou, A. (2002). Dyslexia-specific brain activation profile becomes normal following successful remedial training. *Neurology, 58*, 1203-1213.

Σίμος, Π., Μουζάκη, Α., & Παπανικολάου, Α. (2004). Η λειτουργία της ανάγνωσης και οι διαταραχές της: Η συμβολή των μεθόδων λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου. *Hellenic Journal of Psychology, 1,* 56-79.

Stein, L., & Walsh, V. (1997). To see but not to read: The magnocellular theory of dyslexia. Trends in Neuroscience, 20, 147-152.

Swanson, J., Kinsbourne M., Nigg, J., Lanphear, B., Stefanatos, G., Volkow, N., Taylor, E., Casey, B., Castellanos, F. (2007). Etiologic subtypes of ADHD: Brain imaging, molecular genetic and environmental factors and the dopamine hypothesis. *Neuropsychology Review, 17*, 39-59.

Szaflarski, J. P., Schmithorst, V. J., Altaye, M., Byars, A. W., Ret, J., Plante, E., & Holland, S. K. (2006). A longitudinal functional magnetic resonance imaging study of language development in children 5 to 11 years old.*Annals of Neurology, 59,* 796–807.

Tallal, P., Merzenich, M. M., Miller, S., & Jenkins, W. (l998). Language learning impairments: Integrating basic science, technology, and remediation. *Experimental Brain Research, 123*, 210-219.

vanLeeuwen, T., Been, P., van Herten, M., Zwarts, F., Maassen, B., & van der Leij, A. (2008). Two-month-old infants at risk for dyslexia do not discriminate /bAk/ from /dAk/: A brain-mapping study. *Journal of Neurolinguistics, 21*, 333–348.