



Νευροψυχολογία και ειδικές διαταραχές μάθησης

Διδάσκων : Αργύρης Καραπέτσας
Καθηγητής Νευροψυχολογίας – Νευρογλωσσολογίας
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**ΔΥΣΛΕΞΙΑ ΚΑΙ ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ ΤΙ
ΜΑΣ ΔΕΙΧΝΟΥΝ ΠΡΟΣΦΑΤΑ
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ?**

- Η αναπτυξιακή δυσλεξία και η σχέση της με τη λειτουργία του εγκεφάλου συνιστούν σύνθετο ζήτημα που απασχολεί τους ερευνητές για πάνω από έναν αιώνα , από τη στιγμή δηλαδή που περιγράφηκε για πρώτη φορά.
- Ο W.P.Morgan αναφέρει(British Medical Journal) την περίπτωση ενός παιδιού δηλώνοντας χαρακτηριστικά :
- Ο P. 14 ετών είναι ένας έφηβος με καλή νοημοσύνη, γρήγορος στα παιχνίδια και τις διάφορες δραστηριότητες, κοινωνικός. Η μόνη του δυσκολία η οποία και παραμένει είναι η δυσκολία του στην ανάγνωση.

- Περισσότερα από 20 χρόνια ερευνών ορίζουν τη δυσλεξία ως :
Μία ειδική μαθησιακή διαταραχή νευροψυχολογικής προέλευσης και αιτιολογίας. Τα κύρια χαρακτηριστικά της είναι η δυσκολία αναγνώρισης των λέξεων από τη πλευρά του ατόμου καθώς και οι περιορισμένες του ικανότητες για συλλαβισμό και αποκωδικοποίηση. Αυτές οι δυσκολίες πηγάζουν από έλλειμμα, διαταραχή του φωνολογικού στοιχείου της γλώσσας και δεν αναμένονται λαμβάνοντας υπόψη τις άλλες γνωστικές ικανότητες του ατόμου. (Α.Καραπέτσας,2003,Lyon, Shaywitz,2003,).

- Το 1968, η Παγκόσμια Νευρολογική Ομοσπονδία όρισε την ειδική αναπτυξιακή δυσλεξία ως μια *«διαταραχή που εκδηλώνεται με δυσκολία στη μάθηση της ανάγνωσης παρότι υπάρχει καλή εκπαίδευση, φυσιολογική ευφυΐα και καλό κοινωνικο-πολιτιστικό περιβάλλον. Εξαρτάται από βασικές γνωστικές διαταραχές που συνήθως είναι ιδιοσυγκρασιακής προέλευσης»* (Αρ.Καραπέτσας 1997).
- Σε έναν δεύτερο ορισμό η Ομοσπονδία προσδιόρισε πως η δυσλεξία είναι μια *«παιδική διαταραχή, κατά την οποία, παρόλο που η εκπαίδευση είναι καλή, το παιδί δεν καταφέρνει να μάθει ανάγνωση, γραφή και συλλαβισμό ώστε να συμβαδίσει με την ηλικία του»* (Αρ.Καραπέτσας 1997).

- Τα παιδιά με δυσλεξία θα παρουσιάσουν δύο χαρακτηριστικές δυσκολίες όταν θα κληθούν να διαβάσουν ένα κείμενο. Αρχικά, δεν θα μπορέσουν να διαβάσουν τον ίδιο αριθμό λέξεων, βάση της αυτοματοποίησης, σε σχέση με τα μη δυσλεξικά παιδιά της ηλικίας τους. Θα υπάρξουν αρκετές λέξεις στις οποίες θα σταματήσουν, ή θα μαντέψουν ή θα προσπαθήσουν να κάνουν συλλαβισμό. Οι παραπάνω δυσκολίες σχετίζονται με την άνετη και γρήγορη αναγνώριση των λέξεων

- Η δεύτερη δυσκολία που θα παρουσιάσουν τα δυσλεξικά παιδιά σχετίζεται με προβλήματα στην αποκωδικοποίηση γεγονός που σημαίνει ότι τα παιδιά θα δυσκολευτούν πολύ στο να διαβάσουν άγνωστες λέξεις. Δεν θα είναι τόσο σωστοί στο να κάνουν γραφοφωνημική αντιστοιχία και σε συνδυασμό με το περιεχόμενο του κειμένου να διαβάσουν τις άγνωστες λέξεις.

- Οι άνθρωποι με δυσλεξία δυσκολεύονται να κατανοήσουν όσα έχουν διαβάσει εξαιτίας της μεγάλης δυσκολίας που έχουν στο να προσεγγίσουν τις (γραπτές-τυπωμένες) λέξεις. (Α.Καραπέτσας, 2003)

- Οι δυσκολίες στην αναγνώριση- εκφορά των λέξεων πηγάζουν από δυσκολίες κυρίως στο φωνολογικό κομμάτι της γλώσσας , γεγονός που επιφέρει δυσκολίες για τους δυσλεξικούς στον να μπορέσουν να κάνουν γραφοφωνημική αντιστοιχία , δηλαδή να συνδυάσουν τα γράμματα (γραφήματα) με τους αντίστοιχους ήχους (φωνήματα) και έτσι να μπορέσουν να αποκωδικοποιήσουν τη λέξη.(Α.Καραπέτσας,2003)

ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΕΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΞΙΑΣ

(Heim et al, 2008, Cognitive subtypes of dyslexia)

10

- Η Φωνολογική θεωρία (Liberman 1973, Snowling , 2000) συνδέει τη δυσλεξία με ελλείμματα στη φωνολογική επίγνωση / ενημερότητα (αδυναμία χειρισμού των ηχητικών μονάδων του λόγου – φωνημάτων που απαρτίζουν τη λέξη).

ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΕΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΞΙΑΣ

11

- Αντίθετα , η θεωρία ελλειμματικής ακουστικής επεξεργασίας (Tallal, 1980) υποστηρίζει ότι τα δυσλεξικά άτομα παρουσιάζουν δυσκολία στην ταχεία ακουστική επεξεργασία, επεξεργασία ακουστικών ερεθισμάτων με ταχεία χρονική διαδοχή. Εξαιτίας αυτής της πιο βασικής και ευρύτερης δυσκολίας δεν μπορούν να διαμορφωθούν οι απαραίτητες φωνολογικές αναπαραστάσεις

ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΕΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΞΙΑΣ

- Άλλοι ερευνητές θεωρούν τη δυσλεξία απόρροια της ελλειμματικής οπτικής επεξεργασίας οφειλόμενης σε διαταραχές του οπτικού μεγαλοκυτταρικού συστήματος του εγκεφάλου. (Stein & Walsh , 1997). Το σύστημα αυτό είναι υπεύθυνο για τον οπτικό έλεγχο του οφθαλμοκινητικού συστήματος , υποστηρίζει τη επεξεργασία των κινούμενων οπτικών ερεθισμάτων . Βοηθά στο να κοιτάζουν τα μάτια σταθερά κάθε γράμμα με τη σειρά κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης και συνεπώς να ορίζουν τη σειρά των γραμμάτων. Δυσλειτουργία του μεγαλοκυτταρικού συστήματος οδηγεί σε ανεπαρκείς οπτικές αναπαραστάσεις των γραμμάτων και συνεπώς καθιστούν πιο δύσκολη τη διάκριση τους.

ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΕΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΞΙΑΣ

13

- Μια άλλη θεωρία εξετάζει τους μηχανισμούς της προσοχής για την εκδήλωση δυσλεξίας (Facoetti, 2001, 2003, Hari & Renvall, 2001). Οι διαταραγμένοι μηχανισμοί της προσοχής αλληλεπιδρούν με την κωδικοποίηση μιας σειράς – αλληλουχίας γραμμάτων προκαλώντας σύγχυση των γραμμάτων και των λέξεων ως οπτικά σύνολα.

ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΕΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΙΤΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΞΙΑΣ

14

- Τέλος η θεωρία της παρεγκεφαλίδας .Η παρεγκεφαλίδα των δυσλεξικών δυσλειτουργεί .(Nicolson et al . 1999, 2001, Nicolson & Fawcett, 2005) Η παρεγκεφαλίδα είναι υπεύθυνη πρώτον, για τον κινητικό έλεγχο και συνεπώς για την άρθρωση του λόγου και δεύτερον για την αυτοματοποίηση των καθηκόντων που μαθαίνονται συνεχώς, η οποία επηρεάζει την μάθηση της αντιστοιχίας του γραφήματος- φωνήματος.

- **ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΓΛΩΣΣΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΣΗ**

- Ο ανθρώπινος εγκέφαλος είναι ένα σύνθετο όργανο με πολλές και διαφορετικές λειτουργίες. Ελέγχει το σώμα και δέχεται , αναλύει και αποθηκεύει πληροφορίες.(Α.Καραπέτσας,2003)
- Χωρίζεται σε 2 ημισφαίρια , το αριστερό και το δεξί. Οι περισσότερες από τις περιοχές που είναι υπεύθυνες για την ομιλία, τη γλώσσα και την ανάγνωση εδράζονται στο αριστερό ημισφαίριο. Σε κάθε ημισφαίριο συναντάμε τους ακόλουθους 4 λοβούς.

- **1 .ο Μετωπιαίος Λοβός:**Είναι ο μεγαλύτερος σε επιφάνεια λοβός και είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο της ομιλίας , το συλλογισμό (σκέψη) , στο σχεδιασμό – επίλυση προβλημάτων , τη ρύθμιση – έλεγχο των συναισθημάτων και τη συνείδηση.
- Τον 19ο αιώνα ο Paul Broca μελέτησε περιοχές του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνες για τη γλώσσα και παρατήρησε μια συγκεκριμένη περιοχή που είχε υποστεί βλάβη και που η ομιλία του ασθενούς του ήταν περιορισμένη μετά από εγκεφαλικό. Αυτή η περιοχή που μελετήθηκε και μελετάται ακόμη , γνωστή ως περιοχή του Broca, και που εδράζεται στο μετωπιαίο λοβό , είναι υπεύθυνη για την οργάνωση , παραγωγή και χειρισμό του λόγου και της ομιλίας (Joseph, Noble, Eden, 2001). Άλλες περιοχές του μετωπιαίου λοβού είναι υπεύθυνες για την επιτυχή σιωπηλή ανάγνωση .(διαβάζουμε από μέσα μας).

- **2.ο Βρεγματικός λοβός:** Εδράζεται στον πίσω μέρος του εγκεφάλου και πριν τον ινιακό λοβό. Ελέγχει την αντίληψη των αισθητηριακών ερεθισμάτων καθώς επίσης και το να συνδέει την προφορική και τη γραπτή γλώσσα με τη μνήμη προκειμένου να δοθεί νόημα και έτσι να μπορούμε να καταλαβαίνουμε αυτό που ακούμε και διαβάζουμε.

- **3.ο Ινιακός ή Οπτικός λοβός** :Βρίσκεται στο πίσω μέρος του κεφαλιού και είναι ο λοβός στον οποίο εδράζεται ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός. Ανάμεσα σε άλλους τύπους οπτικής αντίληψης, ο οπτικός φλοιός είναι υπεύθυνος για την προσδιορισμό - αναγνώριση των γραμμάτων.

- 4.ο **Κροταφικός** Λοβός :Εδράζεται στο χαμηλότερο μέρος του εγκεφάλου , παράλληλα με τα αυτιά και εμπλέκεται στην λεκτική- ακουστική μνήμη.
- Εδώ edράζεται και η περιοχή Wernicke , περιοχή άκρως σημαντική για την κατανόηση του λόγου.(Joseph et al., 2001).Αυτή η περιοχή , που εντοπίστηκε και πήρε και το όνομα της από τον Carl Wernicke , περίπου την ίδια χρονολογικά περίοδο με τον Broca, είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία του λόγου, της γλώσσας και την ανάγνωση

- Επίσης , δύο ακόμη συστήματα που επεξεργάζονται τη γλώσσα μέσα και μεταξύ των λοβών είναι επίσης σημαντικά για την ανάγνωση.

- 1.Το αριστερό βρεγματικοκροταφικό σύστημα το οποίο φαίνεται να εμπλέκεται στη ανάλυση των λέξεων(στη συνειδητή αποκωδικοποίηση των λέξεων)
- (Shaywitz et al , 2002,Α.Καραπέτσας,2003,*Η δυσλεξία στο παιδί*). Αυτή η περιοχή είναι σημαντική για την
- γραφοφωνημική αντιστοιχία (δηλ. για την αντιστοίχιση των γραπτών συμβόλων με τους αντίστοιχους ήχους)(Heim& Keil, 2004).Αυτή η περιοχή είναι επίσης υπεύθυνη για την κατανόηση του γραπτού και του προφορικού λόγου (Joseph et al., 2001,Α.Καραπέτσας,2003).

- Το δεύτερο σύστημα που είναι επίσης υπεύθυνο για την ανάγνωση είναι η αριστερή ινιακοκροταφική περιοχή. Αυτό το σύστημα φαίνεται να εμπλέκεται στη αυτόματη , γρήγορη προσέγγιση της λέξης ως σύνολο και όλων των λέξεων και είναι σημαντική για επιτυχή ανάγνωση με ευχέρεια.(Shaywitz et al , 2002,2004).

- Τι μας δείχνουν οι νευροαπεικονιστικές μελέτες όσον αφορά στη δυσλεξία?

Δομικές εγκεφαλικές διαφορές

- Μελέτες δείχνουν ότι υπάρχουν διαφορές μεταξύ των ανθρώπων με δυσλεξία και χωρίς ανεξαρτήτως ηλικίας που αφορούν στη δομή διαφόρων εγκεφαλικών περιοχών.(Α.Καραπέτσας,2003)
- Ο εγκέφαλος δομείται από τη φαιά ουσία και τη λευκή ουσία. Η Φαιά είναι αυτή που βλέπουμε όταν κοιτάμε εξωτερικά έναν εγκέφαλο και συντίθεται από νευρικά κύτταρα. Κύρια της λειτουργία είναι η επεξεργασία πληροφοριών.

- Η λευκή ουσία υπάρχει στο βαθύτερο μέρος του εγκεφάλου και αποτελείται , συντίθεται από ίνες που καλύπτονται από μυελίνη , ουσία που βοηθά στην επικοινωνία μεταξύ των νευρώνων. Η λευκή ουσία είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά των πληροφοριών από τη μια εγκεφαλική περιοχή στην άλλη, σε όλο τον εγκέφαλο.

- Οι Booth και Burman(2001) βρήκαν ότι οι δυσλεξικοί έχουν λιγότερη φαιά ουσία στην αριστερή βρεγματοκροταφική περιοχή σε σχέση με τους μη δυσλεξικούς. Η ανεπάρκεια αυτή οδηγεί σε προβλήματα φωνολογικής επεξεργασίας της γλώσσας , σε προβλήματα δηλαδή με τη φωνολογική ενημερότητα.

- Επίσης αρκετοί δυσλεξικοί παρουσιάζουν λιγότερα επίπεδα λευκής ουσίας στην ίδια περιοχή σε σχέση με τους μη δυσλεξικούς, γεγονός που είναι σημαντικό γιατί όσο πιο υψηλά είναι τα επίπεδα της συγκεκριμένης ουσίας τόσο πιο μεγάλη είναι και η αναγνωστική ικανότητα. (Deutsch, Dougherty, Bammer, Siok, Gabrieli, & Wandell, 2005). Η ανεπάρκεια της λευκής ουσίας περιορίζει την επικοινωνία μεταξύ των εγκεφαλικών περιοχών. (Α.Καραπέτσας, 2003)

- Άλλη δομική διαφορά μεταξύ των ατόμων με αναγνωστικές δυσκολίες και μη εντοπίζεται στη ημισφαιρική ασυμμετρία. Ειδικότερα, οι μη δυσλεξικοί, δεξιόχειρες, παρουσιάζουν ασυμμετρία κροταφικού πεδίου αριστερού ημισφαιρίου, με τη συγκεκριμένη περιοχή να είναι μεγαλύτερη στο αριστερό ημισφαίριο από την αντίστοιχη στο δεξί. (Α.Καραπέτσας, 2003, *Η δυσλεξία στο παιδί*)

- Αντίθετα οι Heim& Keil(2004) σε έρευνά τους βρήκαν ότι οι δεξιόχειρες δυσλεξικοί παρουσίασαν συμμετρία των αντίστοιχων εγκεφαλικών περιοχών ή ασυμμετρία δεξιού , όμως, ημισφαιρίου όπως και κυτταρικές ανωμαλίες στον κροταφικό λοβό κυρίως του αριστερού ημισφαιρίου.

- Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα πολλοί ερευνητές (Hinshelwood, 1895, 1900 και Fisher, 1905) διέκριναν κάποιες ομοιότητες μεταξύ των παιδιών με προβλήματα ανάγνωσης και των ενηλίκων με γνωστή εγκεφαλική παθολογία και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αναπτυξιακή Δυσλεξία θα πρέπει να σχετίζεται με κάποια μορφή Νευροπαθογένεσης. Εδώ και είκοσι περίπου χρόνια, διαπιστώθηκε ότι η δυσλεξία χαρακτηρίζεται από νευροαναπτυξιακές ανωμαλίες. Η έμφαση αυτών των δεδομένων εστιάσθηκε στον κροταφικό λοβό (Planum temporale) του αριστερού ημισφαιρίου.

- Εκτός από τις ανωμαλίες στο αριστερό κροταφικό πεδίο, βρέθηκαν και φλοιϊκές ανωμαλίες στους δυσλεξικούς (άνδρες=4 γυναίκες=3) και είναι οι περίφημες εκτοπίες και δυσπλασίες των νευρώνων γύρω από τη σχισμή του Sylvius (Galaburda et al,1985, Hucuphrens et al,1990).
- Άρα η συμμετρία των κροταφικών λοβών και η νευροβιολογική τους παθολογία παίζουν ρόλο για την εκδήλωση της δυσλεξίας.(Α.Καραπέτσας,2003Η δυσλεξία στο παιδί)

- Δύο πρόσφατες μελέτες με (MRI) (Hynd et al. 1990, Carson et al. 1990) σε δυσλεκτικά παιδιά διαπίστωσαν συμμετρίες ή αντίστροφες ασυμμετρίες για τον κροταφικό λοβό, μικρές τις κροταφικές σχισμές αμφίπλευρα και σημαντικά μειωμένος ο όγκος του αριστερού κροταφικού πεδίου, στις συγκρίσεις με φυσιολογικά και με παιδιά που πάσχουν από ΔΕΠ – Υ.
- Τα παιδιά επίσης, με φωνολογική δυσλεξία έχουν συμμετρικούς τους κροταφικούς λοβούς. Άρα η φωνολογική κατάκτηση εξαρτάται από την ασυμμετρία των κροταφικών λοβών.(Α.Καραπέτσας,2003).

- Με την τεχνική MRI (Hynd et al. 1993) διαπίστωσαν ότι η περιοχή γόνυ του μεσολόβιου, μορφολογικά ήταν διαφορετική στα δυσλεκτικά παιδιά. Η περιοχή αυτή ήταν μικρή και κατά συνέπεια οι ενδοημισφαιρικές επικοινωνίες που είναι οι υπεύθυνες για την ανάγνωση ήταν σοβαρά διαταραγμένες.

Λειτουργικές Εγκεφαλικές Διαφορές

35

- Διάφορες νευροαπεικονιστικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για τη μελέτη του εγκεφάλου. (Papanicolaou, Pugh, Simos , Mencl (2004), Richards(2001)).

- Με τη χρήση FMRI(Λειτουργικής Μαγνητικής Τομογραφίας) έχουν εντοπιστεί διαφορές στην εγκεφαλική δραστηριότητα των ανθρώπων με δυσλεξία και μη. Η Λειτουργική Μαγνητική Τομογραφία μας επιτρέπει να μελετούμε την εγκεφαλική δραστηριότητα όταν το άτομο κάνει μια δραστηριότητα και συνεπώς ο εγκέφαλος του επεξεργάζεται κάποιο ερέθισμα .

- Ο Shaywitz et al 2002 μελέτησε 144 παιδιά δεξιόχειρες με δυσλεξία και χωρίς προκειμένου να διερευνήσει την εγκεφαλική δραστηριότητα αυτών την ώρα που αυτά εκτελούσαν δραστηριότητες που σχετίζονται άμεσα με την ανάγνωση .Οι δραστηριότητες που κλήθηκαν τα παιδιά να εκτελέσουν ήταν :

- 1. Να αναγνωρίσουν το όνομα ή τον ήχο κάποιων γραμμάτων
- 2. να προφέρουν ψευδολέξεις.
- 3. να προφέρουν λέξεις με νόημα και να τις συγκρίνουν

- Από την έρευνα προέκυψε ότι τα μη δυσλεξικά παιδιά παρουσίασαν μεγαλύτερη εγκεφαλική δραστηριότητα στις περιοχές που είναι υπεύθυνες για την ανάγνωση σε σχέση με τα δυσλεξικά. Ο Shaywitz (2002) επίσης βρήκε ότι τα παιδιά που ήταν καλοί στην αποκωδικοποίηση των λέξεων παρουσίαζαν μεγαλύτερη δραστηριότητα στις περιοχές που είναι σημαντικές για την ανάγνωση στο αριστερό ημισφαίριο και μικρότερη στο δεξί σε σχέση με τα παιδιά με αναγνωστικές δυσκολίες.

- Οι ερευνητές αποδίδουν την διαφορά αυτή στο γεγονός ότι η διαταραχή και η δυσκολία στα αναγνωστικά συστήματα που υπάρχει στο αριστερό ημισφαίριο των παιδιών με δυσλεξία και που είναι σημαντικά για μια επιτυχή, αποτελεσματική και με ευχέρεια ανάγνωση κάνει τα παιδιά αυτά να αναπληρώσουν την αδυναμία αυτή χρησιμοποιώντας άλλα , λιγότερα κατάλληλα συστήματα του δεξιού ημισφαιρίου.

- Από αυτά τα ερευνητικά δεδομένα μπορούν να εξηγήσουν και το γεγονός ότι παρόλου που τα παιδιά με δυσλεξία μπορούν να διαβάσουν σωστά η ανάγνωση τους όμως ενός κειμένου της ηλικίας τους παραμένει αργή και χωρίς ευχέρεια. (Torgesen, Rashotte, & Alexander, 2001, Α.Καραπέτσας, 2003, *Η δυσλεξία στο παιδί*).

- Με την τεχνική PET οι Gross Glenm et al. 1991, Rumsen et al 1992 σε ενήλικους δυσλεκτικούς διαπίστωσαν απουσία ενεργοποίησης, κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης, στην αριστερή ινιακή, κροταφοβρεγματική και μέση κροταφική περιοχή.

- Άλλες έρευνες (Galzu et al, 1982) διαπίστωσαν ανώμαλες ασυμμετρίες στην πρόσθια περιοχή της γλώσσας (Pars opercularis, Pars triangulates της 3^{ης} μετωπιαίας έλικας), στον ακουστικό φλοιό (Galaburda & Sanides, 1980), στον κατώτερο βρεγματικό λοβό και στον οπίσθιο θάλαμο (Eidelberg & Galaburda, 1982, *A.Καραπέτσας,2003*).