



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ, ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΜΣ ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ

ΕΠΙΣΤΗΜΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

Σχεδίαση και προκαταρκτικός έλεγχος διαδικασίας εντοπισμού γλωσσικών περιοχών στον εγκέφαλο με χρήση λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας

Design and preliminary procedure of localizing language brain areas through functional magnetic resonance imaging

Φοιτήτρια:

Καννά Αικατερίνη

11M14 Επιβλέπων

καθηγητής:

Πρωτόπαπας Αθανάσιος

ΑΘΗΝΑ 2017



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ, ΘΕΩΡΙΑΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΜΣ ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΝΩΣΙΑΚΗ

ΕΠΙΣΤΗΜΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

Σχεδίαση και προκαταρκτικός έλεγχος διαδικασίας εντοπισμού γλωσσικών περιοχών
στον εγκέφαλο με χρήση λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας

Καννά Αικατερίνη

Επιβλέπων καθηγητής: Πρωτόπαπας Αθανάσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΚΠΑ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 06/02/2017

Πρωτόπαπας Αθανάσιος
Αν. καθηγητής ΕΚΠΑ

Ορφανίδου Ελένη
Επ. καθηγ. Παν. Κρήτης

Σμυρνής Νικόλαος
Αν. καθηγητής ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2017

Περίληψη

Η ανάπτυξη των μη συμβατικών μεθόδων νευροαπεικόνισης (όπως η PET και η fMRI) κατά τις τελευταίες δεκαετίες, επέτρεψε τη ραγδαία πρόοδο της έρευνας σχετικά με τις εγκεφαλικές δομές που συμμετέχουν στις λειτουργίες της γλωσσικής επεξεργασίας. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν ο εντοπισμός των εγκεφαλικών περιοχών που εμπλέκονται στη γλωσσική επεξεργασία, μέσω της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας. Πιο συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν εγκεφαλικές δομές που συμμετέχουν στη γλωσσική επεξεργασία, όταν αυτή εμπλέκει είτε τη φωνολογία (π.χ. ανάγνωση/ επανάληψη ψευδολέξεων), είτε τη σημασιολογία (π.χ. κατονομασία εικόνων) είτε και τα δύο (π.χ. ανάγνωση/ επανάληψη λέξεων). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν διαδικασίες που έχουν ήδη αναπτυχθεί στην αγγλική γλώσσα (ομάδα Price, στο UCL) και κατασκευάστηκε αντίστοιχο υλικό (λέξεις, ψευδολέξεις, προτάσεις) με βάση τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά της ελληνικής γλώσσας. 8 υγιείς εθελοντές κλήθηκαν είτε να κατονομάσουν αντικείμενα, χρώματα, ήχους και το φύλο των ατόμων, είτε να διαβάσουν/ να επαναλάβουν λέξεις και ψευδολέξεις. Για τα έργα που απαιτούσαν ανάγνωση ή επανάληψη λέξεων και ψευδολέξεων, επιλέχθηκαν ελληνικές λέξεις και ψευδολέξεις, οι οποίες είχαν εξισωθεί μεταξύ τους σε μήκος, ορθογραφική διαφάνεια, διγραμματοτική και συλλαβική συχνότητα. Όσον αφορά τα ατομικά αποτελέσματα και λόγω της αυξημένης ανομοιογένειας των εγκεφαλικών περιοχών που παρουσίασαν αυξημένη ενεργοποίηση μεταξύ των εθελοντών, τέθηκε το ζήτημα των διατομικών διαφορών, το οποίο έχει απασχολήσει αρκετά τους σύγχρονους νευροεπιστήμονες. Σε ομαδικό επίπεδο και όσον αφορά τις δομές που εμπλέκονται στη φωνολογία και στη σημασιολογία ακουστικών ή οπτικών ερεθισμάτων, φάνηκε ότι και η παρούσα

έρευνα έρχεται να επιβεβαιώσει την ύπαρξη ενός ευρέος δικτύου εγκεφαλικών περιοχών που συμμετέχουν στις παραπάνω γλωσσικές λειτουργίες, χωρίς όμως να μπορεί να στοιχειοθετηθεί πλήρως ο ακριβής ρόλος της κάθε δομής και των υπο-περιοχών της. Τέλος τέθηκαν οι περιορισμοί της παρούσας εργασίας και προτάθηκαν τρόποι που θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην ανάπτυξη της έρευνας για τον καθορισμό των εγκεφαλικών περιοχών που συμμετέχουν στα διάφορα επίπεδα επεξεργασίας του λόγου, μέσω των νευροαπεικονιστικών μεθόδων.

Λέξεις κλειδιά

Λειτουργική μαγνητική τομογραφία, φωνολογία, σημασιολογία, εγκεφαλική ενεργοποίηση

Abstract

The brain areas associated with language functions have been investigated through neuroimaging techniques such as PET and fMRI for more than 20 years. The purpose of this study was to identify brain areas that are involved in language processing, through functional magnetic resonance imaging (fMRI). Specifically, we attempted to segregate brain structures when phonology and/or semantics were involved. We used similar procedures to those developed by Cathy Price's team in UCL and used the same paradigm after translating and adjusting it in the greek population (words, pseudowords e.t.c). 8 healthy adults were asked to name objects, colors, sounds and gender of humming, read / repeat words and pseudowords while they were scanned by fMRI. Individual analysis revealed increased heterogeneity of the brain areas involved in language processing, presumably due to intersubject variability. At group level, the presence of a large network of brain regions involved in phonology and semantic cues was confirmed, but with an unclear functional role of each brain area and its subregions. Finally limitations and future directions were discussed.

Key- words

Functional magnetic resonance imaging, brain activation, phonology, semantics, BOLD

Αφιερώνεται στους γονείς μου,

Μαρία και Μιλτιάδη Καννά

με πολλή αγάπη

EΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία είναι αποτέλεσμα μιας συλλογικής προσπάθειας και γι' αυτό θα ήθελα να εκφράσω με ευγνωμοσύνη τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην ολοκλήρωσή της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κο Αθανάσιο Πρωτόπαπα, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και πρωτότυπο θέμα. Η υλοποίηση της παρούσας εργασίας θα ήταν αδύνατη χωρίς την καθοδήγηση, την επίβλεψη, την επιμονή και την υπομονή του, αλλά και την ενεργό συμμετοχή του ειδικότερα όταν οι συνθήκες ήταν δύσκολες για μένα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αδελφό μου κο Καννά Θεόδωρο, ο οποίος εκτός από το ότι με εμπύχωνε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας έρευνας, συνέβαλε και στη συγγραφή με τις πολύτιμες γνώσεις του.

Ένας άλλος άνθρωπος που με στήριξε και συνέβαλε με την επιστημοσύνη του στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας, είναι ο φίλος μου κος Μαρκάκης Ιωάννης και γι' αυτό τον ευχαριστώ θερμά.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της ομάδας γλώσσας και μάθησης του ΜΙΘΕ και ιδιαιτέρως την κα Ζιακά Λάουρα και τον κο Φωτιάδη Φώτη για τις σημαντικές συμβουλές τους και την πολύτιμη βοήθειά τους, καθώς και τη γραμματέα του μεταπτυχιακού γνωσιακής επιστήμης, κυρία Ευθυμίου Σπυριδούλα η οποία ήταν πάντα διαθέσιμη για ο, τι κι αν τη χρειαζόμουν.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συμμετέχοντες στα πειράματα της παρούσας έρευνας, για την τεράστια υπομονή τους και τη διάθεση του χρόνου τους.

Περιεχόμενα

1.	Γενική εισαγωγή	4
2.	Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	5
2.1	Εγκέφαλος- Βασικές ανατομικές έννοιες.....	5
2.2	Χαρτογράφηση εγκεφάλου κατά Brodmann.....	7
2.3	Λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (fMRI).....	9
2.4	Εγκέφαλος και γλώσσα	11
2.5	Στάδια επεξεργασίας της γλώσσας και εγκεφαλικές δομές	15
2.5.1	Πρώιμα στάδια επεξεργασίας του λόγου και εγκεφαλικές δομές.....	15
2.5.2	Φωνολογική επεξεργασία και εγκεφαλικές δομές	17
2.5.3	Σημασιολογική επεξεργασία και εγκεφαλικές δομές	18
2.5.4	Γλωσσική παραγωγή και εγκεφαλικές δομές	20
3	Παρούσα έρευνα	24
3.1	Σκοπός της Έρευνας.....	24
3.2	Σχεδιασμός της έρευνας	24
4	Μεθοδολογία.....	25
4.1	Συμμετέχοντες.....	25
4.2	Ερεθίσματα.....	25
4.3	Πειραματική διαδικασία.....	27
4.4	Επεξεργασία δεδομένων fMRI.....	29
4.4.1	Εισαγωγή δεδομένων	30
4.4.2	Προ- επεξεργασία δεδομένων	30
4.4.3	Στατιστική μοντελοποίηση- Ανάλυση 1 ^{ου} επιπέδου	31
4.4.4	Ανάλυση 2 ^{ου} επιπέδου.....	32
5	Αποτελέσματα.....	33
5.1	Αποτελέσματα 1 ^{ου} επιπέδου- Ατομικά αποτελέσματα.....	33
5.1.1	Φωνολογικά έργα> Μη φωνολογικά έργα.....	33
5.1.2	Σημασιολογικά έργα> Μη σημασιολογικά έργα	36
5.1.3	Ακουστικά έργα> Οπτικά έργα.....	39
5.1.4	Οπτικά έργα> Ακουστικά έργα.....	42
5.2	Αποτελέσματα 2 ^{ου} επιπέδου- Ομαδικά αποτελέσματα	46
5.2.1	Φωνολογικά έργα> Μη φωνολογικά έργα.....	46
5.2.2	Σημασιολογικά έργα> Μη σημασιολογικά έργα	48
5.2.3	Ακουστικά έργα> Οπτικά έργα.....	51
5.2.4	Οπτικά έργα> Ακουστικά έργα.....	52
6	Συζήτηση.....	55
6.1	Εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στη φωνολογική επεξεργασία	57
6.2	Εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στη σημασιολογική επεξεργασία	58

6.3	Εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στην επεξεργασία ακουστικών ερεθισμάτων	61
6.4	Εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στην επεξεργασία οπτικών ερεθισμάτων	62
6.5	Περιορισμοί έρευνας και μελλοντική έρευνα	64
7	Βιβλιογραφία	65
8	Παραρτήματα.....	79
8.1	Ατομικά αποτελέσματα- φωνολογικά έργα> μη φωνολογικά έργα.....	79
8.2	Ατομικά αποτελέσματα- σημασιολογικά έργα> μη σημασιολογικά έργα.....	82
8.3	Ατομικά αποτελέσματα- ακουστικά έργα> οπτικά έργα	85
8.4	Ατομικά αποτελέσματα- οπτικά έργα> ακουστικά έργα	90

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΟΙ ΛΟΒΟΙ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΟΥ (CARTER, 2011)	6
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΛΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΥΛΑΚΕΣ ΤΟΥ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΟΥ ΦΛΟΙΟΥ (CARTER, 2011).....	7
ΕΙΚΟΝΑ 3. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΚΑΤΑ BRODMANN (CARTER, 2011).....	8
ΕΙΚΟΝΑ 4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ BLOCK (ΑΝΩ) ΚΑΙ EVENT-RELATED (ΚΑΤΩ) fMRI (MIYAPURAM, 2008).....	10
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ (STEVEN E. PETERSEN ET AL., 1989)	13
ΕΙΚΟΝΑ 6. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ (C J PRICE, 2012).....	14
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	28
ΕΙΚΟΝΑ 8. ΣΗΜΑ BOLD- ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ> ΜΗ ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ (ΑΤΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)	36
ΕΙΚΟΝΑ 9. ΣΗΜΑ BOLD- ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ> ΜΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ (ΑΤΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)	39
ΕΙΚΟΝΑ 10. ΣΗΜΑ BOLD- ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ> ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΑ (ΑΤΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)	42
ΕΙΚΟΝΑ 11. ΣΗΜΑ BOLD- ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ (ΑΤΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)	46
ΕΙΚΟΝΑ 12. ΣΗΜΑ BOLD- ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ (ΟΜΑΔΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ)	47
ΕΙΚΟΝΑ 13. ΣΗΜΑ BOLD- ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ (ΟΜΑΔΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ).....	49
ΕΙΚΟΝΑ 14. ΣΗΜΑ BOLD- ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ (ΟΜΑΔΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ).....	51
ΕΙΚΟΝΑ 15. ΣΗΜΑ BOLD- ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ (ΟΜΑΔΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ).....	53

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΕΓΚΕΦΑΛΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΚΑΤΑ BRODMANN (BRODMANN, 1910)	8
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. ΣΕΙΡΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ, ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΡΓΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3. ΒΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ fMRI ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 4. ΑΝΤΙΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΩΝ	32
ΠΙΝΑΚΑΣ 5. ΑΤΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 6. ΑΤΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ	37
ΠΙΝΑΚΑΣ 7. ΑΤΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ	40
ΠΙΝΑΚΑΣ 8. ΑΤΟΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ	43
ΠΙΝΑΚΑΣ 9. ΟΜΑΔΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ	48
ΠΙΝΑΚΑΣ 10. ΟΜΑΔΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ	49
ΠΙΝΑΚΑΣ 11. ΟΜΑΔΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ	52
ΠΙΝΑΚΑΣ 12. ΟΜΑΔΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ< ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ	54

1. Γενική εισαγωγή

Πολυάριθμες είναι οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό την ανάλυση των διαφόρων επιπέδων της γλώσσας, καθώς και τη σύνδεση αυτών με διακριτές περιοχές του εγκεφάλου. Τα ευρήματα των πρώτων ερευνών, ήταν αποτέλεσμα μελέτης μεμονωμένων περιπτώσεων ασθενών που παρουσίαζαν γλωσσικό έλλειμμα ως αποτέλεσμα συγκεκριμένης εγκεφαλικής βλάβης. Γνωστή είναι η πρώτη περιγραφή της περιοχής Broca και της κινητικής αφασίας (αφασία Broca) από τον Γάλλο χειρουργό Pierre Paul Broca (Broca, 1861) και της περιοχής Wernicke και της αισθητικής αφασίας (αφασία Wernicke) από τον Carl Wernicke (Wernicke, 1874b). Οι δυο παραπάνω επιστήμονες, κατάφεραν μέσω των ασθενών τους, οι οποίοι παρουσίαζαν συγκεκριμένα ελλείμματα στο λόγο (ο ένας στην παραγωγή και ο άλλος στην κατανόηση), να εντοπίσουν εκείνες τις περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται με την αντίστοιχη λειτουργία της γλώσσας. Με το πέρασμα των ετών και ενώ στην αρχή οι έρευνες επικεντρώνονταν στην αναζήτηση συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφάλου για συγκεκριμένες λειτουργίες της γλώσσας, τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος για δίκτυα εγκεφαλικών περιοχών που συνδέονται με τις διάφορες γλωσσικές λειτουργίες. Σε αυτό βέβαια συνέβαλε σημαντικά η ανάπτυξη των διαφόρων νευροαπεικονιστικών μεθόδων όπως είναι η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI) και η τομογραφία εκπομπής προζιτρονίων (PET).

Το κεφάλαιο που ακολουθεί (κεφάλαιο 2) αφορά την ανασκόπηση των βιβλιογραφικών δεδομένων σχετικά με τις ανατομικές εγκεφαλικές δομές που συμμετέχουν στη γλωσσική διαδικασία, τη χαρτογράφηση του εγκεφάλου κατά Brodmann, τη νευροαπεικονιστική τεχνική της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας και τα βασικά λειτουργικά και ανατομικά μοντέλα επεξεργασίας του λόγου. Στο κεφάλαιο 3 θα περιγραφεί ο σκοπός και ο σχεδιασμός της παρούσας εργασίας και στο κεφάλαιο 4 θα παρουσιαστεί η μεθοδολογία της έρευνας. Θα ακολουθήσει το κεφάλαιο 5 με την παρουσίαση των ατομικών και των ομαδικών αποτελεσμάτων και στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 6 θα γίνει σχολιασμός των αποτελεσμάτων αυτών. Ακολουθούν η αναφορά στους περιορισμούς της παρούσας έρευνας και οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα (κεφάλαιο 7) και στο τέλος παρουσιάζεται η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας (κεφάλαιο 8).

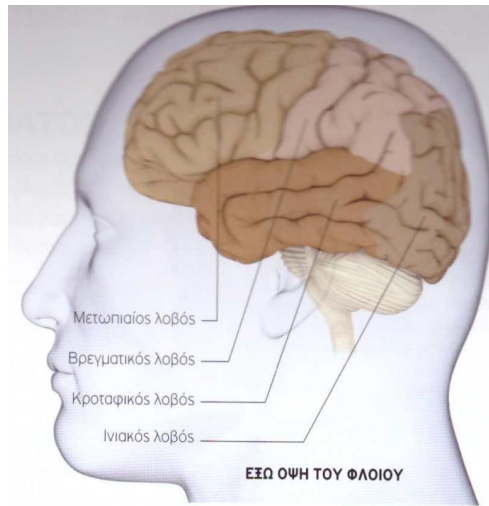
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εγκέφαλος- Βασικές ανατομικές έννοιες

Ο εγκέφαλος αποτελείται από δύο ημισφαίρια (αριστερό και στο δεξιό), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με μια «γέφυρα» νευρικών ινών, το μεσολόβιο. Τα ημισφαίρια, μαζί με τρεις υποφλοιώδεις δομές (τα βασικά γάγγλια, την αμυγδαλή και τον ιππόκαμπο), είναι γνωστά ως τελικός εγκέφαλος. Ο τελικός εγκέφαλος, μαζί με τον θάλαμο και τον υποθάλαμο -συλλογικά γνωστά ως διεγκέφαλος- συναπαρτίζει τον πρόσθιο εγκέφαλο. Κάτω από τον πρόσθιο εγκέφαλο είναι ο μέσος εγκέφαλος, ένα μικρό τμήμα του εγκεφαλικού στελέχους το οποίο περιλαμβάνει ομάδες από σώματα νευρώνων γνωστών ως πυρήνες και νευρικές οδούς. Κάτω από το μέσο εγκέφαλο είναι ο ρομβοειδής εγκέφαλος με τη γέφυρα ως το ανώτατο τμήμα του, και κάτω από αυτό την παρεγκεφαλίδα και τον προμήκη μυελό, ο οποίος έχει σχήμα κωνοειδές και συνδέεται με το νωτιαίο μυελό (Carter, 2011).

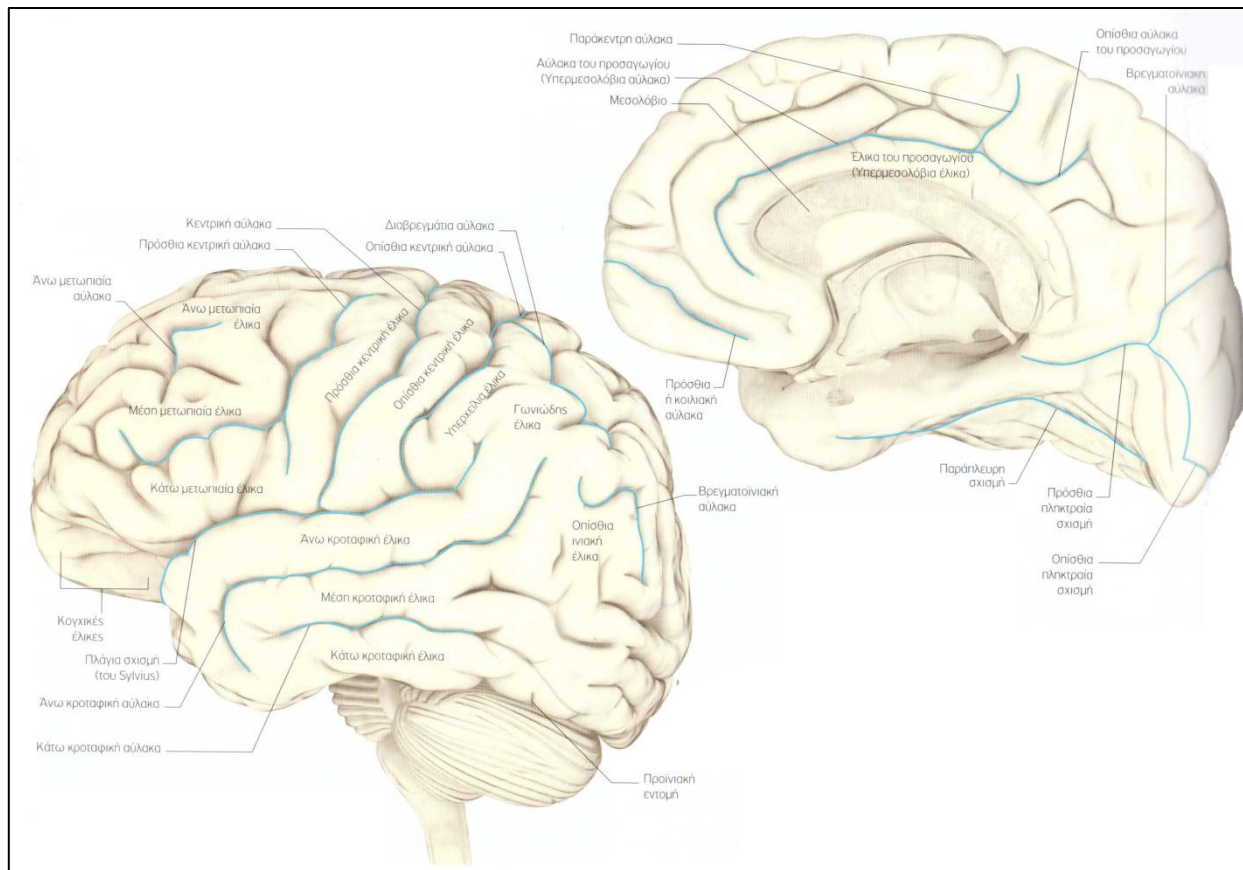
Ο εγκεφαλικός φλοιός περιβάλλει και καλύπτει τα δύο ημισφαίρια ως μανδύας και φαίνεται ότι είναι υπεύθυνος για τις ανώτερες νοητικές λειτουργίες, όπως ο λόγος. Ο φλοιός των εγκεφαλικών ημισφαιρίων έχει δύο σημαντικά χαρακτηριστικά οργάνωσης. Πρώτον, κάθε ημισφαίριο σχετίζεται κυρίως με αισθητικές και κινητικές λειτουργίες του αντίθετου ημιμορίου του σώματος. Δεύτερον, παρόλο που τα ημισφαίρια αρχικά φαίνονται να είναι όμοια στον άνθρωπο, με μια λεπτομερέστερη ανάλυση δεν είναι απόλυτα συμμετρικά ως προς την κατασκευή ούτε ως προς τη λειτουργία.

Ο τελικός εγκέφαλος, όπως και ο φλοιός, διαχωρίζεται σε τέσσερις ανεξάρτητους λοβούς που έχουν λάβει το όνομα τους από τα οστά του κρανία που τα καλύπτουν. Οι λοβοί είναι ο μετωπιαίος, ο βρεγματικός, ο κροταφικός και ο ινιακός. Οι τέσσερις λοβοί παρουσιάζουν διαφορετικές και εξειδικευμένες λειτουργίες. Ο μετωπιαίος λοβός σχετίζεται με τον προγραμματισμό της μελλοντικής δράσης και με τον έλεγχο της κίνησης, ο βρεγματικός λοβός με την αίσθηση της αφής και την απεικόνιση του σώματος, ο ινιακός λοβός με την όραση και ο κροταφικός λοβός με την ακοή και με πλευρές της μάθησης, της μνήμης και των συναισθημάτων.



Εικόνα 1. Οι λοβοί του εγκεφάλου (Carter, 2011)

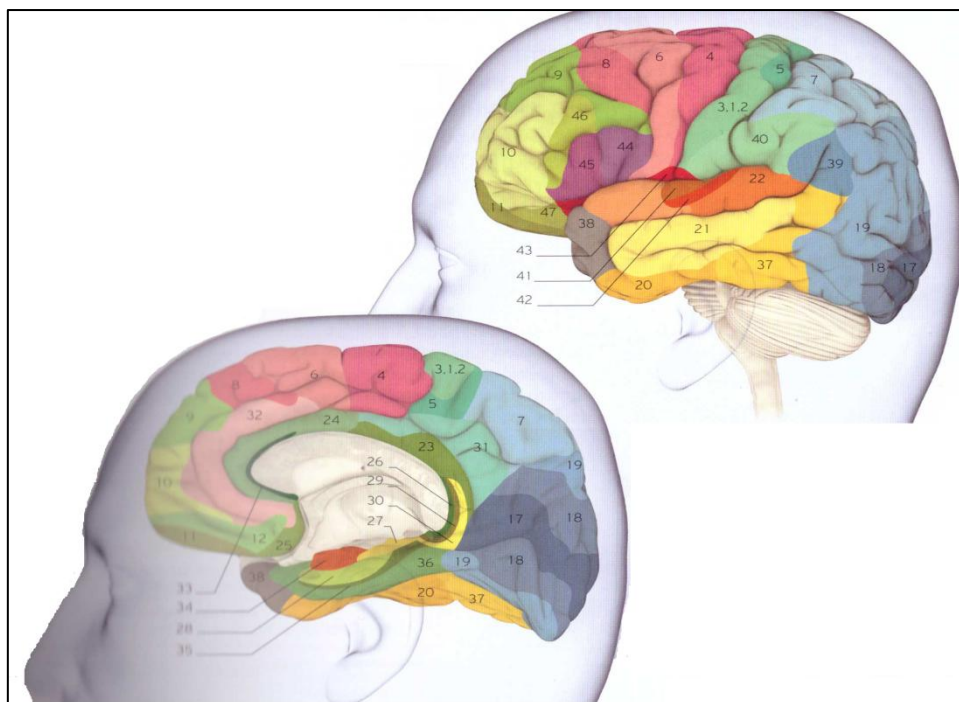
Οι έλικες είναι χαρακτηριστικές πτυχωσεις του εγκεφαλικού φλοιού, με τις οποίες επιτυγχάνεται η αύξηση της συνολικής επιφάνειάς του μέσα στον περιορισμένο όγκο της κρανιακής κοιλότητας. Μεταξύ των ελίκων υπάρχουν οι αύλακες. Ο όρος σχισμές χρησιμοποιείται για αύλακες που έχουν μεγάλο βάθος. Οι κυριότερες σχισμές και αύλακες στον ανθρώπινο εγκέφαλο είναι: α) η πλάγια σχισμή (ή αλλιώς σχισμή του Sylvius), η οποία χωρίζει το μετωπιαίο από τον κροταφικό λοβό, β) η επιμήκης σχισμή, η οποία χωρίζει το αριστερό από το δεξί ημισφαίριο, γ) η εγκάρσια σχισμή, η οποία χωρίζει τα εγκεφαλικά ημισφαίρια από την παρεγκεφαλίδα, δ) η κεντρική αύλακα (του Rolando), η οποία χωρίζει το μετωπιαίο λοβό από τον βρεγματικό, ε) η βρεγματοϊνιακή σχισμή, η οποία χωρίζει τον βρεγματικό από τον ινιακό λοβό και ζ) η πληκτριαία σχισμή που βρίσκεται εντός του ινιακού λοβού. Στο τέλος αυτών των σχισμών, υπάρχουν έλικες, οι οποίες σχηματίζουν μια περιοχή που λέγεται νήσος του εγκεφάλου (νήσος του Reil) (Martin, 2003). Τόσο οι έλικες όσο και οι αύλακες παρουσιάζουν την ίδια ανάπτυξη σχεδόν σε όλα τα άτομα. Στην εικόνα 2, παρουσιάζεται η πλάγια όψη του εγκεφάλου, στην οποία αναδεικνύονται οι βασικές έλικες και αύλακες του εγκεφαλικού φλοιού, πολλές από τις οποίες συμμετέχουν ενεργά στη λειτουργία της γλώσσας.



Εικόνα 2. Βασικές έλικες και αύλακες του εγκεφαλικού φλοιού (Carter, 2011)

2.2 Χαρτογράφηση εγκεφάλου κατά Brodmann

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί η προσπάθεια του ανατόμου Korbinian Brodmann (Brodmann, 1910), ο οποίος διέκρινε 52 περιοχές του φλοιού των εγκεφαλικών ημισφαιρίων, με βάση την μικροσκοπική κυτταροαρχιτεκτονική τους. Ο διαχωρισμός τους έγινε βάσει της μορφολογίας των εγκεφαλικών κυττάρων και της διάταξής τους σε στοιβάδες στην εγκεφαλική δομή. Η χαρτογράφηση κατά Brodmann, είναι ευρέως αποδεκτή από τους επιστήμονες έως και σήμερα, γιατί παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μιας «κοινής» γλώσσας για τον καθορισμό των εγκεφαλικών δομών στις οποίες αναφέρονται. Παρακάτω θα γίνει αναφορά στις εγκεφαλικές δομές που συμμετέχουν στις γλωσσικές λειτουργίες με χρήση της χαρτογράφησης κατά Brodmann. Παρακάτω παρουσιάζεται η ταξινόμηση κατά Brodmann (εικόνα 3) και ο αντίστοιχος πίνακας (πίνακας 1) με τις ονομασίες των περιοχών αυτών (Brodmann, 1910)



Εικόνα 3. Ταξινόμηση εγκεφαλικών περιοχών κατά Brodmann (Carter, 2011)

Πίνακας 1. Εγκεφαλικές περιοχές κατά Brodmann (Brodmann, 1910)

Ταξινόμηση εγκεφαλικών περιοχών κατά Brodmann (Brodmann, 1910)			
Περιοχή 1	Μέση οπίσθια κεντρική περιοχή	Περιοχή 27	Ενδορρινική περιοχή
Περιοχή 2	Ουραία οπίσθια κεντρική περιοχή	Περιοχή 28	Οπίσθια ενδορρινική περιοχή
Περιοχή 3	Ρυγχαία οπίσθια κεντρική περιοχή	Περιοχή 29	Κοκκιώδης οπίσθια μεταιχμιακή περιοχή
Περιοχή 4	Γιγάντια πυραμιδική περιοχή	Περιοχή 30	Άκκοκη οπίσθια μεταιχμιακή περιοχή
Περιοχή 5	Προβρεγματική περιοχή	Περιοχή 31	Ραχιαία οπίσθια περιοχή της ελικας του προσαγωγίου
Περιοχή 6	Άκοκη μετωπιαία περιοχή	Περιοχή 32	Ραχιαία πρόσθια περιοχή της ελικας του προσαγωγίου
Περιοχή 7	Άνω βρεγματική περιοχή	Περιοχή 33	Προμεσολόβια περιοχή
Περιοχή 8	Διάμεση μετωπιαία περιοχή	Περιοχή 34	Ραχιαία ενδορρινική περιοχή

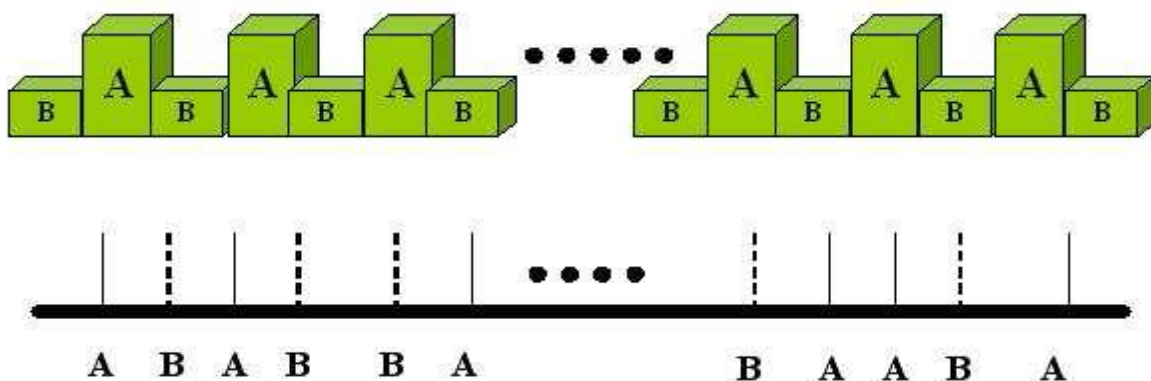
Περιοχή 9	Κοκκιώδης μετωπιαία περιοχή	Περιοχή 35	Περιρρινική περιοχή
Περιοχή 10	Μετωποπολική περιοχή	Περιοχή 36	Παραϊπποκάμπια περιοχή
Περιοχή 11	Προμετωπιαία περιοχή	Περιοχή 37	Κροταφοινιακή Περιοχή
Περιοχή 12	Ρυγχαία περιοχή	Περιοχή 38	Κροταφοπολική περιοχή
Περιοχή 17	Ταινιωτή περιοχή	Περιοχή 39	Γωνιώδης περιοχή
Περιοχή 18	Παραταινιωτή περιοχή	Περιοχή 40	Υπερχείλια περιοχή
Περιοχή 19	Προταινιωτή περιοχή	Περιοχή 41	Μέση εγκάρσια κροταφική περιοχή
Περιοχή 20	Κάτω κροταφική περιοχή	Περιοχή 42	Οπίσθια εγκάρσια κροταφική περιοχή
Περιοχή 21	Μέση κροταφική περιοχή	Περιοχή 43	Υποκεντρική περιοχή
Περιοχή 22	Άνω κροταφική περιοχή	Περιοχή 44	Καλυπτρική περιοχή
Περιοχή 23	Κοιλιακή οπίσθια περιοχή του προσαγωγίου	Περιοχή 45	Τριγωνική περιοχή
Περιοχή 24	Κοιλιακή πρόσθια μοίρα της έλικας του προσαγωγίου	Περιοχή 46	Μέση κροταφική περιοχή
Περιοχή 25	Υπομεσολόβια περιοχή	Περιοχή 47	Κογχική περιοχή
Περιοχή 26	Εξωσπλήνια περιοχή	Περιοχή 48	Οπισθοϋποθεματική περιοχή
		Περιοχή 52	Παρανησιδιακή περιοχή

2.3 Λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (fMRI)

Η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI) αποτελεί μία από τις βασικότερες μεθόδους μελέτης του εγκεφάλου. Η μέθοδος αυτή, εκμεταλλευόμενη την τεχνική του μαγνητικού συντονισμού όπως η κλασσική μαγνητική τομογραφία, δημιουργεί εικόνες του εγκεφάλου ευαίσθητες στη μεταβολή της αιματικής ροής που παρατηρείται στο τριχοειδικό δίκτυο, όταν ο νευρικός ιστός «λειτουργεί» (Σμυρνής, Ν., Μαλογιάννης, Α., Ευδοκίμης, Ι., Παπαθανασίου, Μ., Μαντάς, Α., Μπάρας, Π., Κελέκης, Δ., Χριστοδούλου, 2006). Με

τον τρόπο αυτό, καταγράφεται η διαφορά του μαγνητικού συντονισμού μεταξύ του οξυγονωμένου και του μη οξυγονωμένου αίματος (σήμα BOLD). Το μέγεθος του σήματος BOLD εξαρτάται και από την ένταση του στατικού πεδίου που θα πρέπει να είναι περισσότερη από 1,5 Tesla (δηλαδή 15.000 φορές ισχυρότερο από το μαγνητικό πεδίο της γης). Οι εικόνες συλλέγονται μέσω της ακολουθίας των βαθμιδωτών πεδίων (EPI), η οποία είναι ευαίσθητη στην αντίθεση BOLD.

Αφού ο εθελοντής τοποθετηθεί στον μαγνητικό τομογράφο, καλείται να εκτελέσει κάποιες δοκιμασίες ή να δεχτεί κάποια ερεθίσματα, ανάλογα με τον σχεδιασμό του πειράματος. Τα ερεθίσματα είναι συνήθως ακουστικά ή οπτικά. Όπως γίνεται κατανοητό, οι εικόνες του εγκεφάλου που λαμβάνονται, είναι αποτέλεσμα της διαφοράς μεταξύ των 2 φάσεων που βρίσκεται ο εγκέφαλος, όπως είναι η περίοδος ηρεμίας και η περίοδος εκτέλεσης μιας δοκιμασίας. Επομένως, βασική αρχή για τη δημιουργία ενός πειράματος fMRI, είναι η δημιουργία δύο διαφορετικών φάσεων. (π.χ. 'πριν' και 'μετά' ή 'μέ' και 'χωρίς' κ.α.). Ο σχεδιασμός των πειραμάτων μέσω fMRI, γίνεται συνήθως με δύο τρόπους και είναι 1) σχεδιασμός block και 2) σχεδιασμός event related ή και συνδυασμό αυτών (εικόνα 4). Όσον αφορά τον σχεδιασμό block, δίδεται ένα είδος ερεθίσματος για αρκετό χρόνο ή πολλά παρόμοια ερεθίσματα εναλλάσσονται με ταχύ ρυθμό. Στον event related σχεδιασμό, τα ερεθίσματα δεν είναι οργανωμένα σε blocks αλλά σύντομα διακριτά ερεθίσματα που παρουσιάζονται σε τυχαία σειρά και χρόνο.



Εικόνα 4. Σχεδιασμοί πειραμάτων Block (άνω) και Event-related (κάτω) fMRI (Miyapuram, 2008)

Ο εντοπισμός εγκεφαλικών περιοχών που συμμετέχουν στη γλωσσική διαδικασία μελετάται για περισσότερο από τρεις δεκαετίες. Οι νευροαπεικονιστικές έρευνες διαφέρουν στο βαθμό που τα αποτελέσματά τους έχουν εφαρμογή στην ανάπτυξη διάφορων θεωριών. Για παράδειγμα, πολλοί ερευνητές επιλέγουν να μελετούν τις λειτουργίες συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφάλου (region of interest: ROI), ενώ άλλοι προσπαθούν να εντοπίσουν τα δίκτυα εγκεφαλικών δομών που συμμετέχουν στις διάφορες γλωσσικές διαδικασίες (J Binder & Price, 2006). Βέβαια η μελέτη του εγκεφάλου μέσω της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας, απαιτεί την ύπαρξη κάποιων βασικών παραδοχών, ως προς τη σχέση μεταξύ του σήματος BOLD και της νευρωνικής δραστηριότητας. Από τις πρώτες κιόλας έρευνες, οι οποίες περιελάμβαναν συνδυασμό νευροαπεικονιστικών και ηλεκτροφυσιολογικών μελετών, επιβεβαιώθηκε το γεγονός ότι το σήμα BOLD αντανακλά πτυχές νευρωνικών αντιδράσεων που προκαλούνται από ένα ερέθισμα, χωρίς όμως η συσχέτιση μεταξύ του σήματος BOLD και της νευρωνικής δραστηριότητας να είναι απόλυτη (Logothetis & Wandell, 2004).

2.4 Εγκέφαλος και γλώσσα

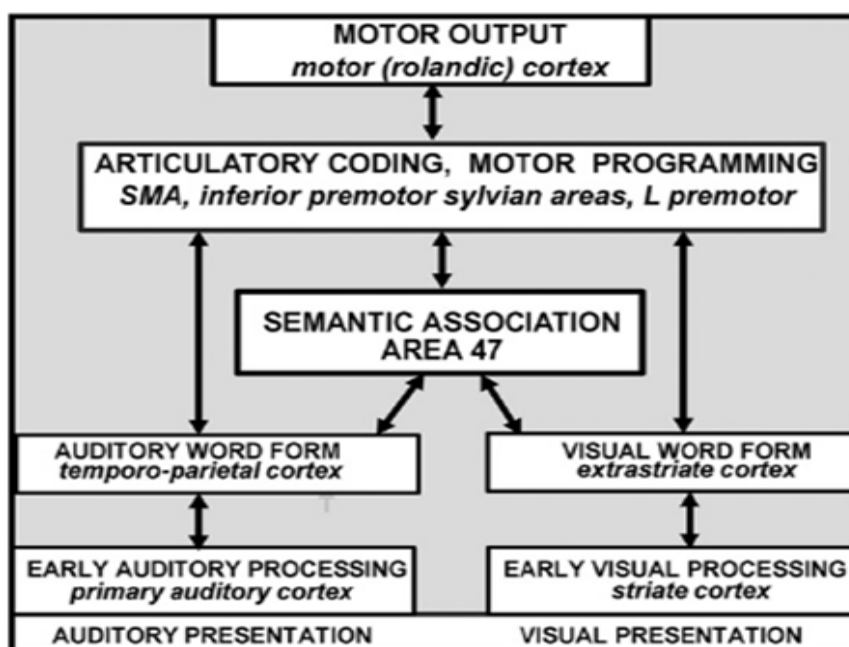
Οι πρώτες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε σχέση με τη γλώσσα, βασίστηκαν στη μελέτη γλωσσικών διαταραχών που οφείλονταν κυρίως σε επίκτητες εγκεφαλικές βλάβες. Τέτοιες σημαντικές προσπάθειες εντοπισμού του νευροανατομικού υποστρώματος της γλώσσας ήταν αυτή του Γάλλου νευρολόγου Pierre Paul Broca (Broca, 1861) με την ανάδειξη της κατώτερης μετωπιαίας έλικας (περιοχή Broca) ως μιας περιοχής που σχετίζεται με την παραγωγή του λόγου και την ανάδειξη μιας περιοχής του οπίσθιου κροταφικού λοβού (περιοχή Wernicke) που σχετίζεται με την κατανόηση του λόγου από τον Karl Wernicke (Wernicke, 1874). Ένα πολύ γνωστό ανατομικό- λειτουργικό μοντέλο που αποτέλεσε τη βάση για τα νεότερα μοντέλα και που οι βασικές του αρχές υποστηρίζονται μέχρι σήμερα, ήρθε από τον Geschwind το 1965 (N Geschwind, 1965). Βάσει του μοντέλου αυτού, υπάρχουν 7 ανατομικά στοιχεία που συνδέονται με τον λόγο και τα οποία είναι τα εξής: 1) πρωτοταγής ακουστικός φλοιός (περιοχή 41), 2) πρωτοταγής οπτικός φλοιός (περιοχή 17), 3) πρωτοταγής κινητικός φλοιός (περιοχή 4), 4) γωνιώδης έλικα (περιοχή 39), 5) τοξοειδής δεσμίδα 6) περιοχή Wernicke και 7) περιοχή Broca. Στο εν λόγω μοντέλο, περιγράφονται βασικές λειτουργίες της γλώσσας που είναι η αντίληψη και κατανόηση λέξεων, καθώς και η ανάγνωση και η παραγωγή τους. Πιο συγκεκριμένα, για την ακουστική αντίληψη και κατανόηση μιας

λέξης, το ερέθισμα που προσλαμβάνεται από τον πρωτοταγή ακουστικό φλοιό, μεταφέρεται στην περιοχή Wernicke όπου «αποκτά» νόημα. Όσον αφορά την παραγωγή ομιλίας, το νόημα μεταφέρεται από την περιοχή Wernicke στη περιοχή Broca, μέσω μιας τοξοειδούς δεσμίδας που συνδέει τις δυο αυτές περιοχές. Στη συνέχεια, μέσω της περιοχής Broca, επιλέγονται τα κατάλληλα φωνήματα και με τη βοήθεια του κινητικού φλοιού επιτυγχάνεται η παραγωγή της λέξης. Για την ανάγνωση μιας λέξης μεγαλοφώνως, το ερέθισμα μεταφέρεται από τον οπτικό φλοιό, στην αριστερή γωνιώδης έλικα και, εν συνεχεία, στην περιοχή Wernicke ώστε να αποκτήσει νόημα. Αφού αποκτήσει νόημα, μεταφέρεται στην περιοχή Broca και στον κινητικό φλοιό, μέσω τις τοξοειδούς δεσμίδας, όπου τελικά παράγεται. Στην περίπτωση σιωπηρούς ανάγνωσης, το ερέθισμα μεταφέρεται από τον πρωτοταγή οπτικό φλοιό, στην αριστερή γωνιώδη έλικα και, έπειτα, στον κροταφικό λοβό.

Ένας πολύ σημαντικός περιορισμός του εν λόγω μοντέλου ήταν ότι αφορούσε την επεξεργασία σε επίπεδο λέξης και όχι σε επίπεδο πρότασης. Η απόδειξη για τον παραπάνω περιορισμό, ήρθε το 1976 όταν οι Caramazza & Zurif (Caramazza & Zurif, 1976) παρατήρησαν ότι οι ασθενείς με αφασία Broca, μπορούσαν να κατανοήσουν τα γλωσσικά ερεθίσματα, στα πλαίσια μιας απλής πρότασης, αλλά δυσκολεύονταν να κατανοήσουν προτάσεις με αυξημένη συντακτική πολυπλοκότητα.

Η ραγδαία ανάπτυξη των νευροαπεικονιστικών μεθόδων που ακολούθησε, κατέστησε δυνατό τον εντοπισμό πολλών εγκεφαλικών περιοχών που συμμετέχουν στις διάφορες λειτουργίες της γλώσσας. Ένα πολύ σημαντικό μοντέλο στο χώρο της νευροαπεικόνισης της γλώσσας ήρθε το 1989 από τον Petersen και τους συνεργάτες του (Steven E. Petersen, Fox, Posner, Mintun, & Raichle, 1989), που επιχείρησαν να εντοπίσουν δομές του εγκεφάλου που συνδέονται με τις γλωσσικές λειτουργίες, με τη βοήθεια της τομογραφίας εκπομπής προζιτρονίων (PET). Ένα από τα βασικότερα ευρήματα της συγκεκριμένης έρευνας, αφορούσε τα πρώιμα στάδια επεξεργασίας των οπτικών ερεθισμάτων, κατά τα οποία παρατηρήθηκε αύξηση του σήματος ενεργοποίησης του πρωτοταγούς οπτικού φλοιού, ανεξαρτήτως του τύπου των ερεθισμάτων (είτε αυτά ήταν λεκτικά ή μη). Αντιθέτως, αύξηση του σήματος ενεργοποίησης του εξωταινιωτού φλοιού, παρατηρήθηκε μονάχα στα οπτικά λεκτικά ερεθίσματα. Όσον αφορά τα ακουστικά ερεθίσματα και τα πρώτα στάδια επεξεργασίας αυτών, αύξηση του σήματος ενεργοποίησης παρατηρήθηκε στον πρωτοταγή ακουστικό φλοιό και την πρόσθια-κατώτερη μοίρα της έλικας του προσαγωγίου, ανεξαρτήτως αν το

ερεθίσμα ήταν λεκτικό ή μη. Συμμετοχή του κροταφοβρεγματικού αριστερού λοβού και του άνω- πρόσθιου κροταφικού λοβού, παρατηρήθηκε μόνο στα έργα που αφορούσαν ακουστικά λεκτικά ερεθίσματα. Για τα έργα που απαιτούσαν πρόσβαση στις σημασιολογικές αναπαραστάσεις των λέξεων, παρατηρήθηκε συμμετοχή του αριστερού κοιλιακού προκινητικού φλοιού. Επιπλέον, δομές που συμμετείχαν στην επιλογή των σωστών φωνημάτων και τον κινητικό προγραμματισμό, ήταν οι περιοχές γύρω από τη σχισμή του Sylvius και προκινητικές περιοχές όπως ο συμπληρωματικός κινητικός φλοιός και ο πρωτοταγής σωματισθητικός φλοιός. Τέλος, οι περιοχές του κινητικού φλοιού συμμετείχαν στη γλωσσική επιτέλεση (παραγωγή λέξεων). Παρακάτω παρατίθεται το Ανατομικό/Λειτουργικό μοντέλο (S E Petersen, Fox, Posner, Mintun, & Raichle, 1988; Steven E. Petersen et al., 1989).

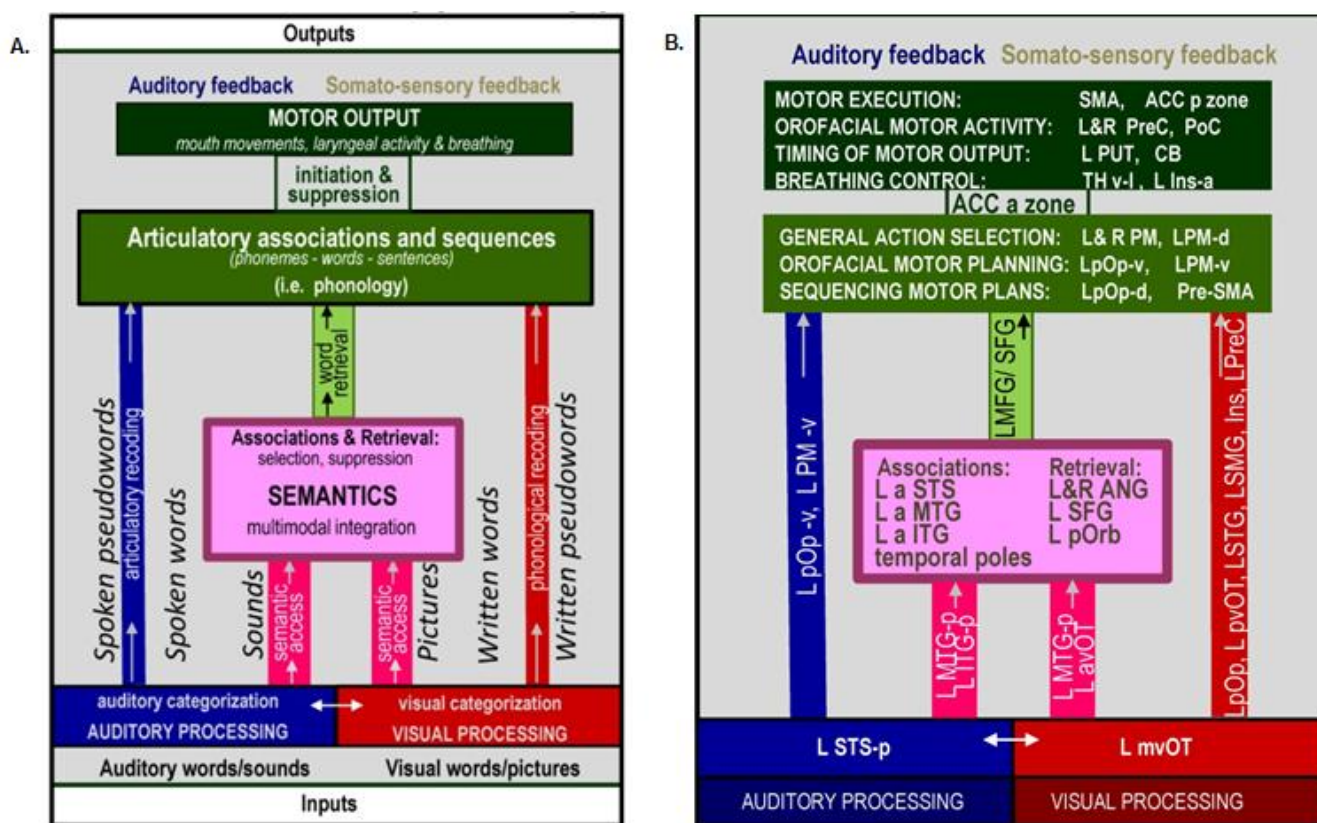


Εικόνα 5. Το μοντέλο (Steven E. Petersen et al., 1989)

Μετά από το μοντέλο των Steven E. Petersen et al., 1989, υπήρξε ραγδαία ανάπτυξη της έρευνας, με αποκορύφωμα το ανατομικό και λειτουργικό μοντέλο που προτάθηκε από την Price το 2012 (C J Price, 2012). Το μοντέλο αυτό, ήταν αποτέλεσμα μιας συστηματικής ανασκόπησης, στην οποία συμπεριλήφθηκαν έρευνες της τελευταίας 20ετίας και αφορούσαν την αντίληψη, την παραγωγή του λόγου και την ανάγνωση, με τη χρήση των PET και fMRI. Στην εικόνα 6, απεικονίζεται το ανατομικό και το λειτουργικό μοντέλο του λόγου της Price (C J Price, 2012). Παρακάτω ακολουθεί η λεπτομερής περιγραφή του μοντέλου αυτού, η

οποία έχει ως στόχο τη κατανόηση των βασικών επιπέδων επεξεργασίας της γλώσσας και τη σύνδεσή τους με τις διάφορες εγκεφαλικές περιοχές.

Το πρώτο στάδιο επεξεργασίας αφορά την πρόσληψη των ερεθισμάτων είτε αυτά είναι ακουστικά είτε οπτικά. Στο επίπεδο αυτό, με μπλε χρώμα παρουσιάζονται τα ακουστικά ερεθίσματα, ενώ με κόκκινο χρώμα τα οπτικά ερεθίσματα. Στο πρώτο στάδιο ακουστικής επεξεργασίας, γίνεται διάκριση μεταξύ των λεκτικών και μη λεκτικών ήχων που προσλαμβάνονται μέσω της ακουστικής οδού. Όταν αφορά λεκτικούς ήχους, που δεν αποτελούν υπαρκτές λέξεις, αναφερόμαστε σε ακουστικές ψευδολέξεις. Κατά την επεξεργασία των ψευδολέξεων δεν απαιτείται πρόσβαση στη σημασιολογία, εφόσον είναι λέξεις που δε γνωρίζουμε, αλλά μόνο στη φωνολογία.



Εικόνα 6. Λειτουργικό και ανατομικό μοντέλο της γλώσσας (C J Price, 2012)

Στην αντίθετη περίπτωση όπου το ερέθισμα αποτελεί πραγματική λέξη, τότε για την επεξεργασία του απαιτείται πρόσβαση στη σημασιολογία και στη φωνολογία. Για τους ήχους αντικειμένων όπως είναι το άκουσμα του ήχου του κουδουνιού, δεν απαιτείται πρόσβαση στη φωνολογία, αλλά μόνο στη σημασιολογία, εφόσον είναι ένας ήχος που γνωρίζουμε.

Στο πρώτο στάδιο οπτικής επεξεργασίας, γίνεται διάκριση μεταξύ των γραπτών λέξεων/ψευδολέξεων και των εικόνων αντικειμένων που προσλαμβάνονται μέσω της ακουστικής οδού. Όπως και στις ακουστικές ψευδολέξεις, έτσι και στην ανάγνωση ψευδολέξεων, δεν απαιτείται πρόσβαση στη σημασιολογία, εφόσον είναι λέξεις που δε γνωρίζουμε, αλλά μόνο στη φωνολογία. Στην αντίθετη περίπτωση όπου το ερέθισμα αποτελεί πραγματική γραπτή λέξη, τότε για την επεξεργασία του απαιτείται πρόσβαση στη σημασιολογία και στη φωνολογία. Για τις εικόνες αντικειμένων, όπως είναι η εικόνα ενός σκύλου, δεν απαιτείται πρόσβαση στη φωνολογία, αλλά μόνο στη σημασιολογία. Για την ανάκληση και επανάληψη λέξεων είναι απαραίτητη η πρόσβαση στη σημασιολογία, ενώ για την επανάληψη ψευδολέξεων δεν είναι. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι για την ορθή λειτουργία της σημασιολογίας, είναι απαραίτητη η ενεργός μνήμη, καθώς και άλλες ικανότητες όπως είναι η επιλογή των κατάλληλων αναπαραστάσεων με παράλληλη αναχαίτιση των μη κατάλληλων. Εν συνεχεία, στην εικόνα 6, διακρίνονται τα δύο επίπεδα παραγωγής του λόγου. Στο πρώτο επίπεδο, γίνεται επιλογή των κατάλληλων φωνημάτων, τα οποία θα αποδώσουν το μήνυμα που θέλουμε να παράγουμε και σε δεύτερο χρόνο γίνεται η παραγωγή. Στο δεύτερο επίπεδο παραγωγής, εμπλέκονται παράγοντες όπως ο έλεγχος της αναπνοής, ο συντονισμός των στοματοπροσωπικών δομών και η κινητική επιτέλεση.

Κάνοντας χρήση του λειτουργικού μοντέλου της Price (C J Price, 2012), στη συνέχεια θα παρουσιαστούν κάποιες από τις βασικότερες έρευνες που αφορούν τις εγκεφαλικές δομές που φαίνεται να συμμετέχουν στα διάφορα επίπεδα επεξεργασίας του λόγου.

2.5 Στάδια επεξεργασίας της γλώσσας και εγκεφαλικές δομές

Παρακάτω θα γίνει μια προσπάθεια σύνδεσης των διάφορων γλωσσικών λειτουργιών με τις εγκεφαλικές δομές που φαίνεται να συμμετέχουν στην επιτέλεσή τους, δηλαδή τις δομές που εμπλέκονται στην πρόσληψη των ερεθισμάτων, στην κατανόηση και στην παραγωγή λόγου.

2.5.1 Πρώιμα στάδια επεξεργασίας του λόγου και εγκεφαλικές δομές

Όπως προαναφέρθηκε, το πρώτο στάδιο επεξεργασίας ενός ερεθίσματος επιτυγχάνεται μέσω της πρόσληψής του από τα αισθητήρια όργανα. Όταν το ερέθισμα είναι ακουστικό, η πρόσληψή του γίνεται μέσω της ακοής, ενώ όταν είναι οπτικό, μέσω της οράσεως.

Μια περιοχή που εμπλέκεται στην πρώιμη ακουστική επεξεργασία των ερεθισμάτων είναι η άνω κροταφική έλικα (STG) (J. Obleser, Wise, Dresner, & Scott, 2007; C J Price, 2012; Turkeltaub & Branch Coslett, 2010). Στην άνω κροταφική έλικα, συμπεριλαμβάνονται δομές όπως είναι ο πρωτοταγής ακουστικός φλοιός, η έλικα του Heschl (HG) και το κροταφικό πεδίο (planum temporale-PT) ή αλλιώς περιοχή Wernicke, οι οποίες φαίνεται να συμμετέχουν ενεργά και με διαφορετικό τρόπο στη γλωσσική διαδικασία. (Mirz et al., 1999). Η εξοικείωση με το ακουστικό ερέθισμα (Kotz & Schwartz, 2010a) και η πολυπλοκότητα του ερεθίσματος (Hwang, Wu, Chou, Liu, & Chen, 2005), όπως αναφέρθηκε στην ανασκόπηση της Price (C J Price, 2012), φαίνεται να επηρεάζει το ποσό ενεργοποίησης του άνω κροταφικού φλοιού αμφοτερόπλευρα. Στην πρώιμη επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων (είτε αυτά αποτελούν εικόνες αντικειμένων, είτε γραπτές λέξεις), φαίνεται να εμπλέκεται ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός (S E Petersen et al., 1988). Σε έργα που εμπλέκουν τη σημασιολογία, όπως είναι η ανάγνωση και η κατονομασία αντικειμένων, παρατηρείται συμμετοχή της ατρακτοειδούς έλικας, της αριστερής άνω κροταφικής έλικας, των προμετωπιαίων περιοχών, καθώς και της προκεντρικής περιοχής. (Moore & Price, 1999; C. J. Price et al., 2006). Ο Borowsky και οι συνεργάτες του (Borowsky, Esopenko, Cummine, & Sarty, 2007) έδειξαν ότι η αναγνώριση αντικειμένων και η ανάγνωση πραγματικών λέξεων, προκαλούν ενεργοποίηση των κοιλιακών δομών του οπτικού φλοιού. Πιο συγκεκριμένα, η αναγνώριση αντικειμένων σχετίζεται με ενεργοποίηση των δομών της παραιποκάμπιας έλικας και της κροταφοϊνιακής έλικας, ενώ η ανάγνωση πραγματικών λέξεων σχετίζεται με ενεργοποίηση της γωνιώδους έλικας και της οπίσθιας κάτω κροταφικής έλικας. Όσον αφορά τα ερεθίσματα με ελάχιστο σημασιολογικό φορτίο, όπως ήταν τα παραμορφωμένα αντικείμενα και οι ψευδολέξεις, αυτά προκαλούν αύξηση της ενεργοποίησης σε πιο κεντρικές περιοχές, με το αριστερό ημισφαίριο να συμμετέχει περισσότερο στην επεξεργασία των παραμορφωμένων αντικειμένων και το δεξί ημισφαίριο στα φωνολογικά έργα. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2006 από τους Thierry & Price (Thierry & Price, 2006), βρέθηκε ότι τα μη φωνολογικά έργα ενεργοποιούσαν δομές του δεξιού ημισφαιρίου όπως τον οπίσθιο κροταφικό φλοιό, ενώ τα φωνολογικά έργα περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου όπως ο ανώτερος πρόσθιος κροταφικός λοβός.

2.5.2 Φωνολογική επεξεργασία και εγκεφαλικές δομές

Μελετώντας τη βιβλιογραφία σχετικά με την αναζήτηση εγκεφαλικών δομών που επεξεργάζονται αποκλειστικά φωνολογικά ερεθίσματα, παρατηρήθηκε ότι οι εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στην επεξεργασία των φωνολογικών ερεθισμάτων, επεξεργάζονται εκτός από φωνολογικά και άλλου είδους ερεθίσματα. (Schön et al., 2010). Τα διαφορετικά μοτίβα συνδεσιμότητας μεταξύ των εγκεφαλικών δομών, είναι αυτά που επιτρέπουν τη συμμετοχή των δομών αυτών σε πολλές και διαφορετικές λειτουργίες (είτε αυτές είναι γλωσσικές ή μη), εξαρτώμενα από τον τύπο του έργου που καλούνται να επιτελέσουν την κάθε φορά. (Thierry & Price, 2006). Μια περιοχή που φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην αντιληπτική επεξεργασία φωνολογικών ερεθισμάτων είναι η άνω κροταφική αύλακα, (Hickok & Poeppel, 2004, 2007). Η επικράτηση του αριστερού ημισφαιρίου στην επεξεργασία φωνολογικών έργων, εντοπίζεται κυρίως σε περιοχές όπως είναι η πρόσθια ανώτερη κροταφική έλικα και η οπίσθια ανώτερη κροταφική έλικα (F. Dick, Lee, Nusbaum, & Price, 2011; Leech, Holt, Devlin, & Dick, 2009; Meyer, Zysset, Von Cramon, & Alter, 2005). Σύμφωνα με την ανασκόπηση της Price το 2012 (C J Price, 2012), παράγοντες όπως η πολυπλοκότητα του ερεθίσματος και η εξοικείωση με τους ήχους, φαίνεται να επηρεάζουν τη συμμετοχή των συγκεκριμένων δομών στην επιτέλεση των φωνολογικών έργων. Η συμμετοχή του κροταφικού πεδίου στην ακουστική επεξεργασία, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί ενώ αρχικά φάνηκε ότι η συγκεκριμένη περιοχή και πιο συγκεκριμένα το αριστερό κροταφικό πεδίο, εξειδικεύεται στα γλωσσικά έργα (Norman Geschwind & Levitsky, 1968), στη συνέχεια, ο Eckert με τους συνεργάτες του (Eckert, Leonard, Possing, & Binder, 2006), διαπίστωσαν ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, η ανταπόκριση του αριστερού κροταφικού πεδίου είναι καλύτερη στους τόνους παρά στους λεκτικούς ήχους. Παρόλα αυτά, αριστερή επικράτηση του κροταφικού πεδίου, φαίνεται να υπάρχει σε έργα διάκρισης μεταξύ λεκτικών και μη λεκτικών ήχων, ταχέως εναλασσόμενων (Elmer, Meyer, Marrama, & Jäncke, 2011), σε έργα που ο συμμετέχοντας παράγει εσωτερικό λόγο (McGuire et al., 1996) ή μη λεκτικούς ήχους (Pa & Hickok, 2008) ή όταν φαντάζεται ότι ακούει τη φωνή κάποιου άλλου ατόμου (McGuire et al., 1996). Επίσης, τα τελευταία χρόνια διαπιστώθηκε συμμετοχή του κροταφικού πεδίου σε έργα που για την επιτέλεσή τους, απαιτούν τη συμμετοχή της ακουστικής ενεργού μνήμης (McGettigan et al., 2011) και σε έργα που εμπλέκεται ο μηχανισμός φώνησης (Loucks, Poletto, Simonyan, Reynolds, & Ludlow, 2007). Αυτό που προκύπτει από τα

παραπάνω είναι ότι δομές όπως είναι το κροταφικό πεδίο, συμμετέχουν ενεργά σε ένα μεγάλο φάσμα εγκεφαλικών λειτουργιών, γλωσσικών και μη, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι η επιτέλεση κάποιων εγκεφαλικών λειτουργιών, αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία, που πολλές φορές ‘αλληλεπικαλύπτεται’ με την επιτέλεση άλλων λειτουργιών. Παραδείγματος χάριν η ανταπόκρισή του κροταφικού πεδίου στα διάφορα ακουστικά, κινητικά και μνημονικά έργα, μπορεί να είναι αποτέλεσμα μιας κοινής διαδικασίας που ακολουθείται στις εν λόγω λειτουργίες (C J Price, 2012). Εκτός όμως από τη συμμετοχή των κροταφικών περιοχών σε αυτό το στάδιο επεξεργασίας των ερεθισμάτων, φαίνεται ότι και μετωπιαίες περιοχές και συγκεκριμένα ο κατώτερος κινητικός φλοιός έχει ενεργό ρόλο στην επεξεργασία λεκτικών και μη λεκτικών ερεθισμάτων και ειδικότερα σε λειτουργίες που σχετίζονται με τη ομαδοποίηση των ερεθισμάτων και την προώθησή τους στην ακουστική μνήμη εργασίας (Burton, Small, & Blumstein, 2000; Poldrack et al., 2001), σε ακουστικά έργα (λεκτικά ή μη) κατηγοριοποίησης καθώς και σε έργα διάκρισης φωνολογικών ερεθισμάτων (Booth et al., 2003; Burton, Locasto, Krebs-Noble, & Gullapalli, 2005), ενώ εμπλέκεται και στη λειτουργία του αρθρωτικού προγραμματισμού (μετατροπή του φωνήματος σε αρθρωτική κίνηση) (Burton et al., 2005) και στους μηχανισμούς απόφασης (Jeffrey R Binder, Liebenthal, Possing, Medler, & Ward, 2004). Όπως αναφέρεται στην ανασκόπηση της Price (C J Price, 2012), ισχυρή ένδειξη για εμπλοκή των δεξιών ακουστικών περιοχών στην προσωδία της ομιλίας, αποτελούν οι διάφορες μελέτες που υποστηρίζουν ότι οι περιοχές αυτές είναι ευαίσθητες σε μεταβολές του φάσματος συχνοτήτων (Jonas Obleser, Eisner, & Kotz, 2008), του ρυθμού (Peretz et al., 2009) και του τόνου (Zhang, Shu, Zhou, Wang, & Li, 2010).

2.5.3 Σημασιολογική επεξεργασία και εγκεφαλικές δομές

Η σημασιολογική επεξεργασία των ερεθισμάτων αποτελεί ένα σύνολο λειτουργιών που συμμετέχουν στην αποθήκευση, στην ανάσυρση και στη χρήση της γνώσης μας για τον κόσμο (J Binder & Price, 2006). Σε αντίθεση με άλλα επίπεδα επεξεργασίας του λόγου, η αυξημένη συμμετοχή του αριστερού ημισφαιρίου σε σχέση με τη συμμετοχή του δεξιού ημισφαιρίου στα έργα σημασιολογίας έχει υποστηριχτεί από πολλές έρευνες (Jr Binder, Desai, Graves, & Conant, 2009; M. L. Seghier et al., 2004). Σε μια ανασκόπηση και μετανάλυση που πραγματοποιήθηκε από τον Binder και τους συνεργάτες του το 2009 (Jr Binder et al., 2009), επισημάνθηκε ένα δίκτυο 7 δομών του αριστερού ημισφαιρίου που φαίνεται να

συμμετέχουν στη σημασιολογική επεξεργασία. Περιοχές του κροταφικού λοβού (πρόσθιες και οπίσθιες περιοχές της μέσης κροταφικής έλικας, οι οπίσθιες περιοχές της κάτω κροταφικής έλικας, η ατρακτοειδής και η παραϊπποκάμπια έλικα), περιοχές του βρεγματικού λοβού (ο οπίσθιος κροταφοβρεγματικός φλοιός, η αριστερή γωνιώδης έλικα) και περιοχές του μετωπιαίου λοβού (η αριστερή καλυπτρική μοίρα, η μέση και άνω μετωπιαία έλικα), φαίνεται να εμπλέκονται στη σημασιολογική επεξεργασία, ασχέτως του είδους των ερεθισμάτων (γραπτές λέξεις ή εικόνες αντικειμένων) (Jr Binder et al., 2009) ή την τροπικότητα (Rogalsky & Hickok, 2009; Visser & Lambon Ralph, 2011). Κάτι που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι ο λειτουργικός ρόλος της κάθε δομής, εξαρτάται από το είδος του έργου που καλείται ο συμμετέχοντας να επιτελέσει καθώς και τη συνθήκη ελέγχου (C J Price, 2012). Παραδείγματος χάριν, η συμμετοχή των πρόσθιων κροταφικών περιοχών όπως η πρόσθια ανώτερη κροταφική έλικα, έχει συνδεθεί με τη δημιουργία σημασιολογικών συσχετίσεων. Ο Jobard και οι συνεργάτες του το 2007 (Jobard, Vigneau, Mazoyer, & Tzourio-Mazoyer, 2007a) παρατήρησαν την εμπλοκή των παραπάνω περιοχών σε έργα που ο συμμετέχων αρκούσαν στο να ακούει λέξεις, προτάσεις και κείμενα. Ένα επίσης ενδιαφέρον εύρημα ήρθε από τους Whitney και συνεργάτες το 2011 (Whitney, Jefferies, & Kircher, 2011), οι οποίοι παρατήρησαν ότι η πρόσθια κάτω κροταφική έλικα συνδέεται με την ανάκληση των εννοιών, ενώ η οπίσθια μέση κροταφική έλικα και ο κατώτερος μετωπιαίος λοβός του αριστερού ημισφαιρίου (καλυπτρική και τριγωνική μοίρα), παρουσιάζουν αυξημένη ενεργοποίηση στις περιπτώσεις που αυξάνονται οι εκτελεστικές απαιτήσεις. Στις περιπτώσεις που αυξάνεται η πολυπλοκότητα του σημασιολογικού έργου (Jobard, Vigneau, Mazoyer, & Tzourio-Mazoyer, 2007b) ή στην περίπτωση που το ερέθισμα παρουσιάζεται και οπτικά και ακουστικά ταυτόχρονα (A. S. Dick, Goldin-Meadow, Hasson, Skipper, & Small, 2009), περιοχές όπως οι οπίσθιες κροταφικές δομές φαίνεται να παρουσιάζουν αύξηση της ενεργοποίησης. Δομές του βρεγματικού λοβού, όπως η γωνιώδης έλικα και η έλικα του προσαγωγίου, φαίνεται να συμμετέχουν σε έργα λεκτικής απόφασης (Raettig & Kotz, 2008). Αυτό που παρατηρήθηκε επίσης από ένα μεγάλο αριθμό ερευνών είναι ότι για την κατανόηση σε επίπεδο πρότασης, περιοχές όπως η κογχική μοίρα του κατώτερου μετωπιαίου λοβού και οι προμετωπιαίες περιοχές, παρουσιάζουν αυξημένη ενεργοποίηση (Jonas Obleser & Kotz, 2010; Tyler et al., 2010).

Ανακεφαλαιώνοντας, μπορεί να ειπωθεί ότι για την επιτέλεση έργων που εμπλέκουν τη σημασιολογία, επικρατούν οι δομές του αριστερού ημισφαιρίου. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί ότι και οι αντίστοιχες δομές του δεξιού ημισφαιρίου, συμμετέχουν στο επίπεδο της σημασιολογίας, μια και φαίνεται πως οι δομές αυτές παρουσιάζουν συμμετοχή στα πλαίσια της εμπλοκής της λειτουργίας της προσοχής και της ενεργού μνήμης (Vigneau et al., 2011). Σε αντίθεση με την επεξεργασία των ερεθισμάτων σε ένα πιο πρώιμο στάδιο, εδώ δε φαίνεται ότι το είδος του έργου και η τροπικότητα διαφοροποιεί σημαντικά το δίκτυο των δομών που συμμετέχουν στην σημασιολογία.

2.5.4 Γλωσσική παραγωγή και εγκεφαλικές δομές

Η γλωσσική παραγωγή αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία. Όπως υποστήριξε ο Duffy (Josephs et al., 2006), η ομιλία είναι η πιο πολύπλοκη ανθρώπινη κινητική δεξιότητα, κατά την οποία οι ενήλικες παράγουν 14 διακριτούς ήχους ανά δευτερόλεπτο, μέσα από τις συντονισμένες ενέργειες 100 περίπου μυών που ελέγχονται από ένα πολύπλοκο δίκτυο κρανιακών και νωτιαίων νεύρων. Είναι βέβαια ξεκάθαρο ότι η γλωσσική παραγωγή δεν αποτελεί μια καθαρά κινητική διαδικασία, αφού πολλές γνωστικές διεργασίες είναι απαραίτητες για την επίτευξή της. Οι γνωστικές αυτές διεργασίες έχουν μελετηθεί και περιγραφεί από πολλούς επιστήμονες. Όσον αφορά το μέγεθος της πολυπλοκότητας των λειτουργιών αυτών, αρκεί να σκεφτεί κανείς πως για να επιτευχθεί η παραγωγή μιας απλής λέξης, θα πρέπει να ανακληθεί η σωστή έννοια, με παράλληλη αναχαίτιση άλλων λέξεων που μοιράζονται κοινά σημασιολογικά και φωνολογικά χαρακτηριστικά και να επιλεγεί το σωστό κινητικό μοτίβο ώστε να παραχθεί η λέξη- στόχος. Οι απαιτήσεις φυσικά αυξάνονται, όσο αυξάνεται και η πολυπλοκότητα του μηνύματος που επιθυμεί ο ομιλητής να μεταφέρει (π.χ. προτάσεις).

Πολλές έρευνες υποστηρίζουν ότι υπάρχει ένα κοινό δίκτυο εγκεφαλικών περιοχών που συμμετέχουν στην κατανόηση και την παραγωγή του λόγου, αφού και τα δύο απαιτούν πρόσβαση στο σημασιολογικό σύστημα (Callan et al., 2006; F. Dick et al., 2011; Papathanassiou et al., 2000). Ο Papathanassiou και οι συνεργάτες του το 2000 (Papathanassiou et al., 2000), υποστήριξαν πως αυτές οι κοινές περιοχές είναι η κογχική και η τριγωνική μοίρα του αριστερού κατώτερου μετωπιαίου λοβού, το οπίσθιο τμήμα του αριστερού ανώτερου κροταφικού λοβού (εκτεινόμενο μέχρι το κροταφικό πεδίο, αλλά και την υπερχειλία και γωνιώδη έλικα), καθώς και το σημείο σύνδεσης του αριστερού πρόσθιου κατώτερου

κινητικού φλοιού με την ατρακτοειδή έλικα και το κατώτερο πλευρικό τμήμα του δεξιού ημισφαιρίου της παρεγκεφαλίδας. Ομοίως, μια ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε το 2011 (F. Dick et al., 2011), υποστήριξε πως κατά την παραγωγή του λόγου, ενεργοποιούνται οι ίδιες δομές που ενεργοποιούνται και στην κατανόηση, με κάποιες επιπλέον περιοχές που διαφοροποιούν αυτά τα δύο δίκτυα και αφορούν την παραγωγή. Οι δομές αυτές είναι οι εξής: ο μέσος μετωπιαίος λοβός που ανταποκρίνεται σε έργα λεκτικής ανάκλησης, η αριστερή ανώτερη νήσος που αφορά τον αρθρωτικό προγραμματισμό, το αριστερό κέλυφος για την έναρξη και την επιτέλεση του λόγου, η προ-συμπληρωματική και η συμπληρωματική κινητική περιοχή, ο κινητικός φλοιός και επιπλέον, η ανώτερη μοίρα της έλικας του προσαγωγίου για την καταστολή των μη επιδιωκόμενων απαντήσεων και η κεφαλή του κερκοφόρου πυρήνα αμφοτερόπλευρα.

Όπως αναφέρεται στις ανασκοπήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό τον ορισμό των περιοχών που σχετίζονται με τη γλωσσική παραγωγή, σε αυτές περιλαμβάνονται και οι περιοχές που συμμετέχουν στη λειτουργία της ανάκλησης, μια και όπως υποστηρίζεται, η ανάκληση είναι μια διαδικασία που αφορά περισσότερο την παραγωγή παρά την κατανόηση (F. Dick et al., 2011; C J Price, 2012). Οι περιοχές που συμμετέχουν στη λειτουργία της ανάκλησης, φαίνεται να είναι ο αριστερός πρόσθιος προμετωπιαίος λοβός, ο αριστερός κατώτερος μετωπιαίος λοβός, ο αριστερός μέσος μετωπιαίος λοβός (Heim, Eickhoff, & Amunts, 2009; Whitney et al., 2008) και περιοχές της παρεγκεφαλίδας αμφοτερόπλευρα (Murdoch, 2010). Άλλες περιοχές που έχουν συνδεθεί με τη λειτουργία της ανάκλησης είναι οι δεξιές μετωπιαίες περιοχές (Sachs et al., 2011), ο ανώτερος μέσος μετωπιαίος λοβός (Birn et al., 2010), ο αριστερός ιππόκαμπος (Whitney et al., 2008), ο αριστερός κροταφοβρεγματικός λοβός (Wilson, Isenberg, & Hickok, 2009), με παραμέτρους όπως η πολυπλοκότητα του έργου ή των ερεθισμάτων και η εξοικείωση με τα ερεθίσματα να επηρεάζουν το μοτίβο ενεργοποίησης των περιοχών αυτών. Αξίζει να σημειωθεί και η εμπλοκή της έλικας του προσαγωγίου στη λειτουργία της ανάκλησης, με τον Schulze και τους συνεργάτες του (Schulze, Zysset, Mueller, Friederici, & Koelsch, 2011) να υποστηρίζουν πως το πρόσθιο τμήμα της έλικας του προσαγωγίου σχετίζεται περισσότερο με την αναχαίτιση παρόμοιων εννοιών, ενώ το οπίσθιο της τμήμα με την επιλογή της έννοιας- στόχο.

Βάσει της μέχρι τώρα βιβλιογραφίας, δομές που «δραστηριοποιούνται» κατά την παραγωγή ομιλίας (κινητικό προγραμματισμό και επιτέλεση) είναι οι κινητικές και οι προκινητικές περιοχές, η προ-

συμπληρωματική κινητική περιοχή, η παρεγκεφαλίδα, η άνω κροταφική έλικα, η κροταφοβρεγματική περιοχή, η ανώτερη περιοχή της νήσου του Reil αμφοτερόπλευρα, καθώς και το αριστερό κέλυφος (Brown et al., 2009). Βέβαια, η πλειοψηφία των πρόσφατων ερευνών, υποστηρίζουν πως οι ανωτέρω περιοχές και γενικότερα οι περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένη ενεργοποίηση κατά την παραγωγή του λόγου, δεν συμμετέχουν αποκλειστικά σε γλωσσικά έργα αλλά και σε άλλα κινητικά έργα, πέραν των περιοχών της ανώτερης έλικας του προσαγωγίου και του κερκοφόρου πυρήνα αμφοτερόπλευρα. (Chang, Kenney, Loucks, Poletto, & Ludlow, 2009). Αντίστοιχες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν την ίδια χρονιά, υποστήριξαν πως οι δύο αυτές περιοχές σχετίζονται με την αναχαίτιση των εννοιών που μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά με τις λέξεις στόχους (Ali, Green, Kherif, Devlin, & Price, 2010; Kircher, Sass, Sachs, & Krach, 2009). Επομένως, η αυξημένη ενεργοποίηση κατά την παραγωγή λεκτικών έργων σε σχέση με τα μη λεκτικά, μπορεί να είναι αποτέλεσμα των αυξημένων απαιτήσεων που αφορούν τη λειτουργία της ανάκλησης, δηλαδή όταν υπάρχει αυξημένος αριθμός εννοιών που πρέπει να αναχαιτιστούν, ώστε να επιλεγθεί η σωστή έννοια. (F. Dick et al., 2011). Αυτό που παρατηρεί κανείς στις έρευνες που μελετούν τη γλωσσική παραγωγή, αλλά και άλλα επίπεδα επεξεργασίας του λόγου, είναι ότι με την ραγδαία ανάπτυξη των νευροαπεικονιστικών μεθόδων, διαπιστώνεται ότι μία δομή μπορεί να συμμετέχει σε παραπάνω από μία λειτουργίες αλλά και η κάθε υπο- περιοχή της ίδιας δομής μπορεί να εξειδικεύεται λειτουργικά σε διαφορετική λειτουργία. Παραδείγματος χάριν, η κοιλιακή αριστερή κογχική μοίρα του κατώτερου κινητικού φλοιού, φαίνεται να σχετίζεται με τη λειτουργία του κινητικού προγραμματισμού, ενώ οι ραχιαίες περιοχές της κογχικής μοίρας σχετίζονται με λειτουργίες που προηγούνται του κινητικού προγραμματισμού (Papoutsis et al., 2009). Ομοίως, οι ραχιαίες περιοχές του προκινητικού φλοιού συμβάλλουν στην επιλογή του κινητικού μοτίβου, είτε αυτό αφορά ομιλία είτε όχι (Meister, Buelte, Staedtgen, Boroojerdi, & Sparing, 2009) και οι αριστερές κοιλιακές περιοχές σχετίζονται με τα κινητικά μοτίβα που αφορούν τις κινήσεις των αρθρωτών κατά την παραγωγή της ομιλίας (Peeva et al., 2010), είτε με κινήσεις των αρθρωτών που δεν αφορούν ήχους (F. Dick et al., 2011). Μια επίσης πολυμελετημένη δομή στη γλωσσική παραγωγή είναι το ανώτερο τμήμα της νήσου του Reil. Ο Brown και οι συνεργάτες του (Brown et al., 2009), υποστήριξαν ότι η δομή αυτή, εμπλέκεται στον έλεγχο των στοματοπροσωπικών κινήσεων (κίνηση των φωνητικών χορδών, χειλιών και γλώσσας), κάτι που έρχεται σε αντίθεση με άλλες έρευνες οι οποίες υποστηρίζουν πως η

συγκεκριμένη δομή φαίνεται να εμπλέκεται περισσότερο στον κινητικό προγραμματισμό και όχι στην κινητική επιτέλεση (Fridriksson et al., 2009; Papoutsi et al., 2009). Οι συγκεκριμένες έρευνες, υποστήριξαν πως η ενεργοποίηση της νήσου δεν διαφοροποιούνταν από το αν το έργο περιελάμβανε έκδηλη ή εσωτερική ομιλία (Fridriksson et al., 2009) και από το αν αυξανόταν η συντακτική πολυπλοκότητα των λέξεων ή όχι (Papoutsi et al., 2009). Μια δομή που φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο στην κινητική επιτέλεση είναι και ο προκινητικός φλοιός. Από τις σύγχρονες έρευνες προκύπτει πως υπάρχουν 3 τουλάχιστον διακριτές υπο-περιοχές στον προκινητικό φλοιό που εξειδικεύονται σε διαφορετικές λειτουργίες (Cathy J. Price, 2010), με τον Brown και τους συνεργάτες τους το 2009 (Brown et al., 2009), να διακρίνουν μεταξύ των περιοχών του προκινητικού φλοιού που ελέγχουν την κίνηση της γλώσσας και του στόματος, σε σχέση με αυτές που ελέγχουν την κίνηση του λάρυγγα. Εκτός όμως από τον προκινητικό φλοιό, και ο προ-συμπληρωματικός φλοιός, καθώς και το αριστερό κέλυφος φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στη κινητική επιτέλεση της ομιλίας χωρίς όμως να εξειδικεύονται σε αυτήν (Fridriksson et al., 2009; Tremblay & Gracco, 2010). Όσον αφορά την παρεγκεφαλίδα, έρευνες έχουν δείξει πως και αυτή εμπλέκεται στη γλωσσική διαδικασία και στη γλωσσική παραγωγή. Είναι γνωστό πως η παρεγκεφαλίδα παίζει βασικό ρόλο στη ρύθμιση των κινήσεων είτε αυτές αφορούν την ομιλία (Murdoch, 2010) είτε όχι. Πολλές έρευνες υποστηρίζουν πως ο ρόλος αυτός της παρεγκεφαλίδας επιτυγχάνεται μέσω των συνδέσεών της με τον πρόσθιο φλοιό (Arasanz, Staines, Roy, & Schweizer, 2012; Papathanassiou et al., 2000). Το ανώτερο τμήμα της δομής αυτής (λοβός IV), αμφοτερόπλευρα, φαίνεται να συμμετέχει στη λειτουργία της άρθρωσης (CJ & JD, 2010; Durisko & Fiez, 2010; Peeva et al., 2010), με σημαντικό ρόλο στο σωστό χρονισμό παραγωγής των συλλαβών (Ghosh, Tourville, & Guenther, 2008), ακόμη και όταν οι απαιτήσεις του έργου σε ρυθμό και ταχύτητα είναι αυξημένες (Ackermann, 2008).

Σκοπός λοιπόν της παρούσας εργασίας ήταν ο εντοπισμός των περιοχών του εγκεφάλου που εμπλέκονται στη γλωσσική επεξεργασία μέσω της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας και πιο συγκεκριμένα, η αναζήτηση εκείνων των εγκεφαλικών δομών που εμπλέκονται στα γλωσσικά έργα, τα οποία εμπλέκουν είτε φωνολογία, είτε σημασιολογία, είτε και τα δύο. Μία από τις βασικές μας υποθέσεις αφορά τα φωνολογικά έργα, στα οποία αναμένεται αυξημένη ενεργοποίηση των προμετωπιαίων περιοχών και των περιοχών του κατώτερου κινητικού φλοιού. Η δεύτερη υπόθεσή μας, αφορά τα σημασιολογικά

έργα, όπου αναμένεται συμμετοχή ενός εκτεταμένου εγκεφαλικού δικτύου και πιο συγκεκριμένα των περιοχών της κατώτερης και μέσης μετωπιαίας έλικας, της πρόσθιας ατρακτοειδούς έλικας, του ιππόκαμπου και της γωνιώδους έλικας.

3 Παρούσα έρευνα

3.1 Σκοπός της Έρευνας

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν ο εντοπισμός των κυριότερων περιοχών του εγκεφάλου που εμπλέκονται στη γλωσσική επεξεργασία μέσω της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας. Πιο συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν εγκεφαλικές δομές που συμμετέχουν στα γλωσσικά έργα, όταν αυτά εμπλέκουν είτε φωνολογικές διαδικασίες (πχ. ανάγνωση/ επανάληψη ψευδολέξεων), είτε σημασιολογικές διαδικασίες (π.χ. κατονομασία εικόνων) είτε και τα δύο (π.χ. ανάγνωση/ επανάληψη λέξεων). Η παρουσίαση των ερεθισμάτων γινόταν είτε οπτικά είτε ακουστικά και οι εθελοντές έπρεπε είτε να κατονομάσουν αντικείμενα, χρώματα, ήχους, φύλο είτε να διαβάσουν λέξεις, ψευδολέξεις είτε να επαναλάβουν λέξεις και ψευδολέξεις, είτε να αποφασίσουν την ύπαρξη ή μη της συσχέτισης μεταξύ 2 ακουστικών ή οπτικών ερεθισμάτων.

3.2 Σχεδιασμός της έρευνας

Ο πειραματικός σχεδιασμός καθώς και τα ερεθίσματα ήταν εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν για μια παρόμοια έρευνα από την ομάδα της Cathy Price του UCL (University College London). Για τον έλεγχο της καταλληλότητας χρήσης των ερεθισμάτων στα ελληνικά δεδομένα, πραγματοποιήθηκε μια πιλοτική έρευνα κατά την οποία ελέγχθηκε το ποσοστό αναγνώρισης των οπτικών και των ακουστικών ερεθισμάτων από τους εθελοντές. Η ορθότητα των απαντήσεων των συμμετεχόντων, δηλαδή το ποσοστό αναγνώρισης των ερεθισμάτων, ξεπερνούσε το 90% σε όλα τα έργα επιτρέποντας τη χρήση των ίδιων ερεθισμάτων. Όπως ήταν φυσικό, για τα έργα που απαιτούσαν ανάγνωση ή επανάληψη λέξεων/ ψευδολέξεων, επιλέχθηκαν ελληνικές λέξεις και ψευδολέξεις, οι οποίες είχαν εξισωθεί μεταξύ τους σε μήκος, ορθογραφική διαφάνεια, διγραμματική και συλλαβική συχνότητα. Η παρουσίαση των ερεθισμάτων έγινε μέσω υπολογιστή και τη χρήση του προγράμματος DMDX (Forster & Forster, 2003). Όσον αφορά την πιλοτική έρευνα, η καταγραφή των απαντήσεων γινόταν σε πραγματικό χρόνο από τον ερευνητή και είχε ως στόχο τον έλεγχο

της ορθότητας των απαντήσεων και άρα το ποσοστό αναγνώρισης των ερεθισμάτων από τους συμμετέχοντες. Κατά τη διεξαγωγή του κυρίως πειράματος μέσω του μαγνητικού τομογράφου του Αιγινητείου, δεν κατέστη δυνατή η καταγραφή των αποκρίσεων στα ακουστικά ή στα οπτικά ερεθίσματα λόγω έλλειψης του κατάλληλου υλικοτεχνικού εξοπλισμού.

4 Μεθοδολογία

4.1 Συμμετέχοντες

Στην παρούσα έρευνα, συμμετείχαν 8 υγιείς ενήλικες, εκ των οποίων οι 6 ήταν γυναίκες και οι 2 άνδρες. Η ηλικία των συμμετεχόντων κυμαινόταν από τα 27- 52 έτη. (μέσος όρος ηλικίας: 38,86 με σταθερά απόκλιση: 8,84 έτη). Οι πλειοψηφία των εθελοντών ήταν δεξιόχειρες (7/8), ενώ υπήρξε και ένας αριστερόχειρας (1/8). Η μητρική τους γλώσσα ήταν η ελληνική και η όραση τους ήταν είτε φυσιολογική, είτε διορθωμένη με τη χρήση φακών επαφής.

4.2 Ερεθίσματα

Τα ερεθίσματα που περιλαμβάνονταν στα 8 έργα, άνηκαν σε 4 κατηγορίες ανάλογα με το είδος του έργου. Αυτά ήταν τα σημασιολογικά έργα, τα φωνολογικά έργα, τα σημασιολογικά/φωνολογικά έργα και τα μη σημασιολογικά/μη φωνολογικά έργα. Και οι παραπάνω 4 κατηγορίες έργων, χορηγούνταν ακουστικά και οπτικά. Για τα έργα ανάγνωσης λέξεων/ψευδολέξεων, χρησιμοποιήθηκε γραμματοσειρά τύπου Helvetica, μεγέθους 40.

Όσον αφορά τα ακουστικά σημασιολογικά έργα, αυτά αποτελούνταν από 40 περιβαλλοντικούς ήχους. Τα οπτικά σημασιολογικά έργα αποτελούνταν από 40 εικόνες εννοιών, οι οποίες εμπεριείχαν κυρίως εικόνες αντικειμένων και ζώων.

Τα ακουστικά και οπτικά φωνολογικά έργα αποτελούνταν από 40 ψευδολέξεις που χορηγούνταν είτε οπτικά (γραπτές ψευδολέξεις) είτε ακουστικά (ακουστικές ψευδολέξεις), αναλόγως με το είδος του έργου. Για τις ανάγκες αυτού του έργου, κατασκευάστηκαν ψευδολέξεις, οι οποίες είχαν εξισωθεί σε μήκος, ορθογραφική διαφάνεια, διγραμματική και συλλαβική συχνότητα με τις πραγματικές λέξεις που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα.

Για τα φωνολογικά/ σημασιολογικά έργα, χρησιμοποιήθηκαν λέξεις που είχαν προέλθει από τις ονομασίες των 40 αντικειμένων που χρησιμοποιήθηκαν στα σημασιολογικά έργα. Για τα ακουστικά φωνολογικά/ σημασιολογικά έργα, οι λέξεις ηχογραφήθηκαν, ενώ τα οπτικά φωνολογικά/ σημασιολογικά έργα αποτελούνταν από γραπτές λέξεις.

Όσον αφορά τα μη σημασιολογικά/ μη φωνολογικά έργα, αυτά αποτελούνταν από 40 ακουστικά και 40 οπτικά ερεθίσματα, τα οποία είχαν ως εξής: Για τα μεν ακουστικά ερεθίσματα, είχαν ηχογραφηθεί φωνές ατόμων, οι οποίες ήταν αποτέλεσμα της παραγωγής λέξεων (λέξεις που χρησιμοποιήθηκαν και στα υπόλοιπα φωνολογικά έργα), χωρίς τη χρήση της γλώσσας (ως αρθρωτή) και τα οπτικά ερεθίσματα, προήλθαν από τις εικόνες αντικειμένων. Πιο συγκεκριμένα, προκλήθηκε «θάμπωμα» των αντικειμένων και υπέστησαν τέτοια επεξεργασία ώστε, στην κάθε μία, να αναδειχθεί ένα από τα παρακάτω χρώματα: πράσινο, μωβ, ροζ, κίτρινο, κόκκινο, πορτοκαλί, καφέ και μπλε.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2) παρουσιάζονται παραδείγματα των χορηγούμενων ερεθισμάτων ανά τύπο έργου και τρόπου παρουσίασης.

Πίνακας 2. Παραδείγματα των χορηγούμενων ερεθισμάτων

Εμπλοκή σημασιολογίας & φωνολογίας	Έργα			
	Ακουστικά	Παράδειγμα	Οπτικά	παράδειγμα
Σημασιολογικά έργα	κατονομασία ήχου αντικειμένου		κατονομασία αντικειμένου	
Φωνολογικά έργα	επανάληψη ψευδολέξης	"σεβγός"	ανάγνωση ψευδολέξης	"μερέτι"
Σημασιολογικά & φωνολογικά έργα	επανάληψη λέξης	"δέντρο"	ανάγνωση λέξης	"καρέκλα"

Μη σημασιολογικά & μη φωνολογικά έργα	κατονομασία φύλου		κατονομασία χρώματος	
--	--------------------------	---	-----------------------------	---

4.3 Πειραματική διαδικασία

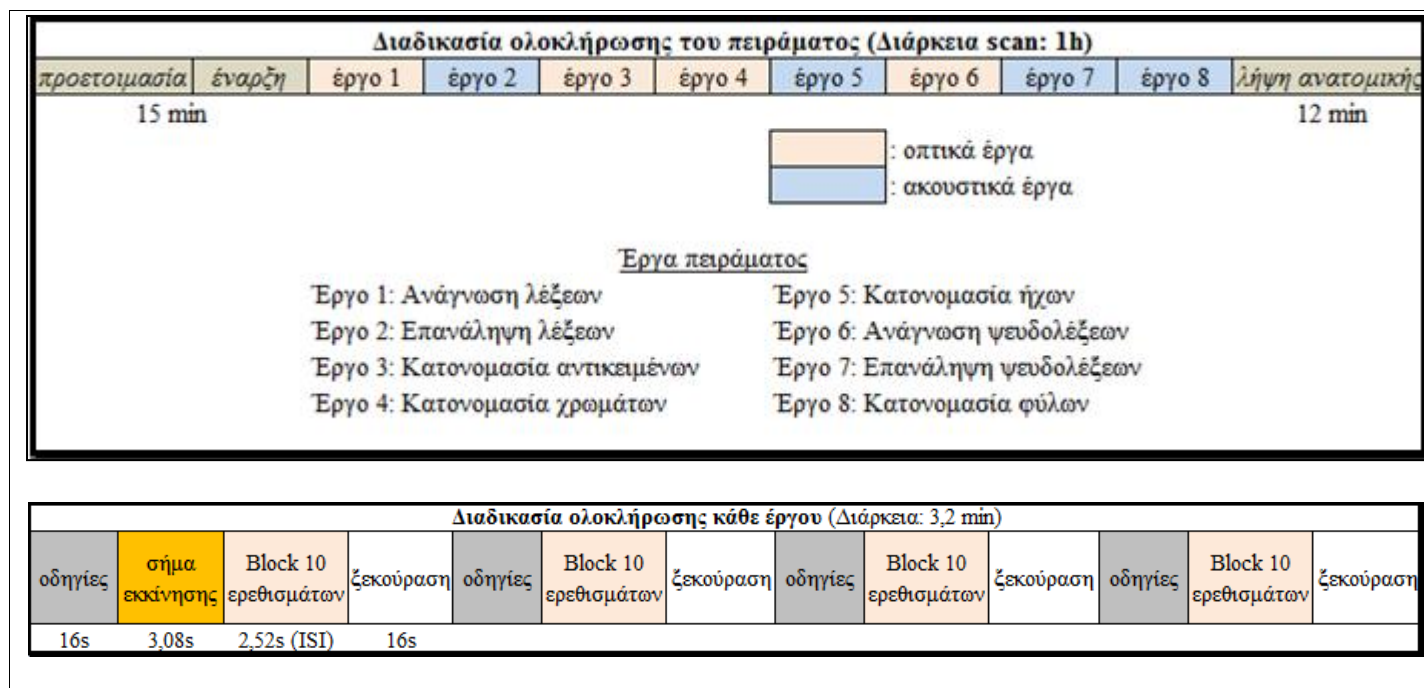
Για τη εκτέλεση του πειράματος αυτού, χρησιμοποιήθηκε παραγοντικός σχεδιασμός 2x2x2 με τους 3 παρακάτω παράγοντες 1) εμπλοκή σημασιολογίας ή όχι, 2) εμπλοκή φωνολογίας ή όχι 3) τροπικότητα (οπτικά ή ακουστικά ερεθίσματα).

Κάθε συμμετέχοντας εκτελούσε 8 έργα (σχεδιασμός εντός υποκειμένων). Αναλυτικότερα, σχεδιάστηκαν 8 έργα (4 ακουστικά και 4 οπτικά), τα οποία ενέπλεκαν είτε φωνολογία (λέξεις και ψευδολέξεις έναντι αντικειμένων και ήχων), είτε σημασιολογία (λέξεις και αντικείμενα έναντι ψευδολέξεων και ήχους ελάχιστου σημασιολογικού φορτίου) είτε και τα δύο (λέξεις), είτε κανένα από τα δύο (εικόνες και ήχοι ελάχιστου σημασιολογικού φορτίου). Τα 8 αυτά έργα απαιτούσαν την λεκτική απόκριση του συμμετέχοντα. Παρακάτω ακολουθεί ένας πίνακας με τα 8 έργα με τη σειρά που παρουσιάστηκαν στους εθελοντές.

<u>Σειρά παρουσίασης των έργων</u>	<u>Περιγραφή έργων</u>	<u>sec</u>
1. Ανάγνωση λέξης (1 αντικείμενο- οπτικά)	Ανάγνωση λέξεις (δυνατά)	2.5
2. Επανάληψη λέξης (1 αντικείμενο)	Επανάληψη λέξης	2.5
3. Κατονομασία εικόνας	Κατονομασία αντικειμένου ή ζώου	2.5
4. Κατονομασία χρώματος	Αναγνώριση και κατονομασία χρώματος	2.5
5. Κατονομασία ήχου	Αναγνώριση και κατονομασία ήχου	2.5
6. Ανάγνωση ψευδολέξης	Ανάγνωση ψευδολέξης	2.5
7. Επανάληψη ψευδολέξης	Επανάληψη ψευδολέξης	2.5
8. Κατονομασία φύλου	Αναγνώριση και κατονομασία φύλου	2.5

Πίνακας 2. Σειρά παρουσίασης, περιγραφή και διάρκεια έργων πειράματος

Τα 8 έργα παρουσιάστηκαν και στους 8 εθελοντές με την ίδια σειρά και σε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς διαδοχής. Στα 8 έργα, ο χρόνος παρουσίασης του κάθε ερεθίσματος ήταν 2,5s και παρουσιάζονταν 40 ερεθίσματα ανά έργο. Για τα 40 ερεθίσματα του κάθε έργου, υπήρχαν 4 block των 10 ερεθισμάτων. Πριν από την εμφάνιση των ερεθισμάτων για τα οποία καταγραφόταν η απόκριση, εμφανιζόταν η εντολή που έπρεπε να εκτελέσει ο κάθε εθελοντής και ακολουθούσε μια σειρά από 5 ερεθίσματα, των οποίων η απάντηση δεν καταγραφόταν και είχε ως σκοπό την εξοικείωση του εθελοντή με το έργο. Τα 5 αυτά ερεθίσματα ήταν διαφορετικά από τα ερεθίσματα της πειραματικής διαδικασίας, πλην των περιβαλλοντικών ήχων. Τα οπτικά ερεθίσματα εμφανίζονταν στην οθόνη, ενώ τα ακουστικά ερεθίσματα χορηγούνταν μέσω ακουστικών. Ο χρόνος που παρουσιαζόταν το κάθε οπτικό ερέθισμα ήταν περίπου 1,5 s, ενώ ο χρόνος παρουσίασης των ακουστικών ερεθισμάτων κυμαινόταν ανάμεσα σε 0,64-1,67s. Ο χρόνος μεταξύ των ερεθισμάτων, κατά τον οποίο ο εθελοντής καλούνταν να απαντήσει (χρόνος απόκρισης) ήταν 2,52 s. Μετά την παρουσίαση του κάθε ερεθίσματος, ο εθελοντής έπρεπε να εκτελέσει την γραπτή οδηγία που του είχε δοθεί νωρίτερα. Κατά την εκτέλεση των ακουστικών έργων, ένας σταυρός παρέμενε σταθερός στο κέντρο της εικόνας. Ο συνολικός χρόνος ολοκλήρωσης του κάθε εθελοντή ήταν 1 περίπου ώρα, ενώ μετά ακολουθούσε η λήψη της ανατομικής εικόνας του εγκεφάλου. Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται ο πειραματικός σχεδιασμός τόσο σε επίπεδο έργου, όσο και σε επίπεδο πειράματος.



Εικόνα 7. Σχεδιασμός πειράματος

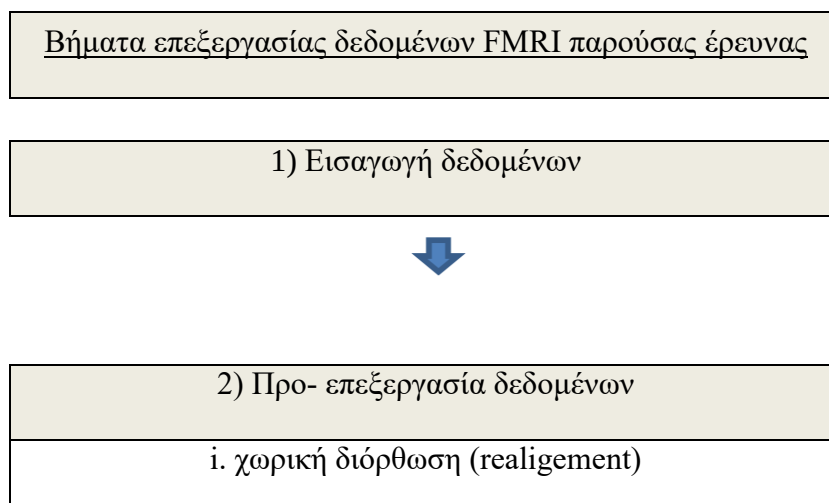
4.4 Επεξεργασία δεδομένων fMRI

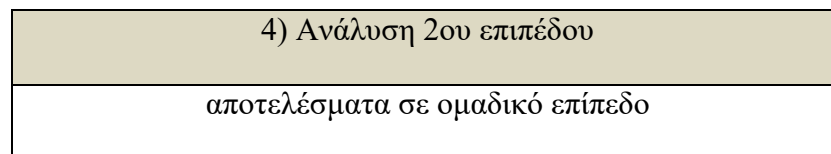
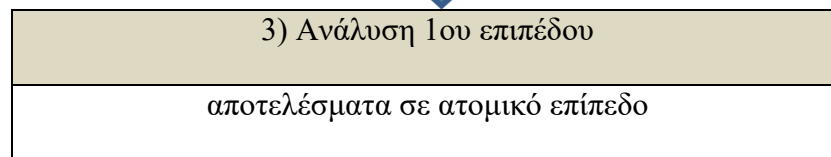
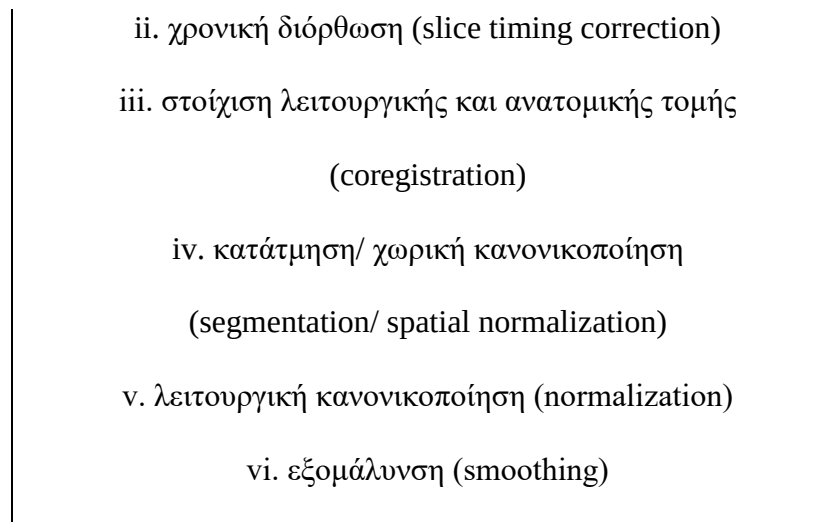
Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσω του μαγνητικού τομογράφου του Αιγινήτειου νοσοκομείου, σε πεδίο έντασης 3 Tesla με πηνίο εγκεφάλου 8 καναλιών (3T Philips, Best, the Netherlands). Για τις λειτουργικές εικόνες, χρησιμοποιήθηκαν ακολουθίες gradient- echo EPI. Λήφθηκαν 44 εικόνες ανά ακολουθία και η κάθε τομή είχε πάχος 3mm με μεταξύ τους διαφορά ίση με 0mm (χρόνος επανάληψης (TR)/ χρόνος ηχούς (TE)/ γωνία νέυσης (flip angle)= 3080ms/30ms/90⁰). Εν συνεχεία, λήφθηκε η ανατομική εικόνα (T1 σταθμισμένη ακολουθία), με 169 τομές. Η προεπεξεργασία και η στατιστική ανάλυση έγιναν με το πακέτο SPM8 (Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, London, UK; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm8/>).

Τα οπτικά ερεθίσματα παρουσιάζονταν μέσω ενός προβολέα που είχε τοποθετηθεί στο κάτω μέρος του μαγνητικού τομογράφου και οι εθελοντές μπορούσαν να τα δουν μέσω ενός καθρέφτη που είχε τοποθετηθεί πάνω στο πηνίο τους. Οι λέξεις και οι ψευδολέξεις παρουσιάζονταν σε γραμματοσειρά: Helvetica, μεγέθους γραμμάτων: 40. Τα ακουστικά ερεθίσματα παρουσιάζονταν μέσω ακουστικών (τα οποία ήταν συμβατά με τον μαγνητικό τομογράφο). Η θέση του καθρέφτη αλλά και η ένταση των ακουστικών ρυθμίζονταν ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε συμμετέχοντα.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βήματα που ακολουθήθηκαν με σκοπό την ολοκλήρωση της παρούσας έρευνας και την εξαγωγή αποτελεσμάτων.

Πίνακας 3. Βήματα επεξεργασίας δεδομένων fMRI παρούσας έρευνας





4.4.1 Εισαγωγή δεδομένων

Αρχικά εισήχθηκαν οι ανατομικές και οι λειτουργικές τομές στο SPM8 ώστε να υποστούν επεξεργασία.

4.4.2 Προ- επεξεργασία δεδομένων

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν στο στάδιο της προ- επεξεργασίας των δεδομένων, η οποία έχει ως σκοπό την προετοιμασία αυτών για τη πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης, είναι τα εξής:

i & ii) χωρική και χρονική διόρθωση (realigement and slice timing correction)

Τα δύο αυτά επίπεδα προ- επεξεργασίας έχουν σκοπό τη χωρική και χρονική διόρθωση της λήψης των διαφόρων τομών, δηλαδή την «ευθυγράμμιση» των τομών ως προς το χρόνο και τον χώρο λήψης. Αυτό γίνεται κυρίως για τη διόρθωση των διαφορών στο συγχρονισμό των τομών, μια και αυτές δε λαμβάνονται στον ίδιο χρόνο, καθώς και για την απομάκρυνση των εξωτερικών πηγών θορύβου όπως είναι η κίνηση του ατόμου κατά τη διεξαγωγή του πειράματος.

iii) στοίχιση μέσης λειτουργικής τομής με την ανατομική (coregistration)

Στη συνέχεια, μέσω της διαδικασίας coregistration, επιτεύχθηκε η στοίχιση της μέσης λειτουργικής τομής με την αντίστοιχη ανατομική ώστε να καταλαμβάνουν τους ίδιους χώρους.

iv) κατάτμηση/ χωρική κανονικοποίηση (segmentation/ spatial normalization)

Ακολούθησε ο διαχωρισμός της λευκής με τη φαιά ουσία (segmentation) και η αντιστοίχιση τους σε έναν πρότυπο εγκέφαλο μέσω της χωρικής κανονικοποίησης. Με τον τρόπο αυτό, δόθηκε η δυνατότητα σύγκρισης του κάθε εγκεφάλου με τους υπόλοιπους.

v) λειτουργική κανονικοποίηση (normalization)

Εν συνέχεια, έγινε κανονικοποίηση των λειτουργικών τομών, μέσω της αντιστοίχισής τους με τον πρότυπο εγκέφαλο από το νευρολογικό ινστιτούτο του Μόντρεαλ (MNI) (normalization). Το στάδιο αυτό επεξεργασίας δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ υποκειμένων σε ομαδικό επίπεδο. Το στάδιο αυτό παρακάμφθηκε όταν η στατιστική ανάλυση των δεδομένων αφορούσε την εξαγωγή συμπερασμάτων σε ατομικό επίπεδο.

vi) εξομάλυνση (smoothing)

Η εξομάλυνση ή αλλιώς το θάμπωμα (smoothing), επέτρεψε στο κάθε ογκοστοιχείο να πάρει πληροφορίες από τα γειτονικά ογκοστοιχεία και είχε ως βασικό στόχο, τη μείωση του θορύβου.

4.4.3 Στατιστική μοντελοποίηση- Ανάλυση 1^{ου} επιπέδου

Με τη στατιστική μοντελοποίηση δόθηκε η δυνατότητα καταγραφής των μεταβολών της εγκεφαλικής δραστηριότητας, κατά την εκτέλεση των 8 έργων από τους 8 συμμετέχοντες, η οποία επιτεύχθηκε με τη χρήση γενικού γραμμικού μοντέλου (General Linear Model – GLM) (Friston, Frith, Turner, & Frackowiak, 1995). Με βάση το παραγόμενο μοντέλο, δημιουργήθηκε ένας στατιστικός χάρτης (statistical parametric map), ο οποίος απεικόνισε τις περιοχές αυξημένης ενεργοποίησης. Κάθε ένα έργο ανά άτομο, εκτιμήθηκε ξεχωριστά, ως ένα μεμονωμένο συμβάν, κάτι που επιτεύχθηκε με τη προσθήκη των χρόνων έναρξης του κάθε ερεθίσματος. Εν συνεχεία, η απόκριση σε κάθε έργο, υπολογίστηκε βάσει της κανονικής συνάρτησης αιμοδυναμικής απόκρισης (canonical HRF). Για την εξαγωγή των ατομικών αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε $p < 0.001$, σε συμπλέγματα των 5 ενεργοποιημένων ογκοστοιχείων (5 voxels). Άρα, ο ελάχιστος αριθμός των ογκοστοιχείων που θα έπρεπε να είναι ενεργοποιημένα, ώστε να αναδειχθεί η εκάστοτε περιοχή ήταν τα 5 ογκοστοιχεία (voxels).

4.4.4 Ανάλυση 2^{ου} επιπέδου

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων σε ατομικό επίπεδο, πραγματοποιήθηκε χρήση των παραπάνω μοντέλων για τη διενέργεια στατιστικού ελέγχου. Αυτό επιτεύχθηκε με one-way ANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων μέσω του SPSS. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν αντιθέσεις έργων, ώστε να αναδειχθούν εγκεφαλικές περιοχές που συμμετέχουν στην επεξεργασία φωνολογικών, σημασιολογικών, οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων. Για την εξαγωγή των ομαδικών αποτελεσμάτων, χρησιμοποιήθηκε $p < 0.001$ σε συστάδα 5 ογκοστοιχείων (voxels). Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4) παρουσιάζονται αναλυτικά οι αντιθέσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Σε κόκκινο φόντο απεικονίζονται τα οπτικά έργα και σε μπλε φόντο τα ακουστικά έργα.

Πίνακας 4. Αντιθέσεις έργων

Αντιθέσεις			
<u>Εμπλοκή Φωνολογίας</u> 1) φωνολογικά έργα > μη φωνολογικά έργα	<u>Φωνολογικά έργα</u>	Α Ν Τ Ι Θ Ε Σ Η	<u>Μη φωνολογικά έργα</u>
	Ανάγνωση λέξεων		Κατονομασία αντικειμένων
	Ανάγνωση ψευδολέξεων		Κατονομασία χρωμάτων
	Επανάληψη λέξεων		Κατονομασία φύλων
	Επανάληψη ψευδολέξεων		Κατονομασία ήχων
<u>Εμπλοκή σημασιολογίας</u> 2) σημασιολογικά έργα > μη σημασιολογικά έργα	<u>Σημασιολογικά έργα</u>	Α Ν Τ Ι Θ Ε Σ Η	<u>Μη σημασιολογικά έργα</u>
	Κατονομασία εικόνων		Ανάγνωση ψευδολέξεων
	Ανάγνωση λέξεων		Κατονομασία χρωμάτων
	Επανάληψη λέξεων		Επανάληψη ψευδολέξεων
	Κατονομασία ήχων		Κατονομασία φύλων
<u>Παράγοντας τροπικότητας</u> 3) οπτικά έργα > ακουστικά έργα 4) οπτικά έργα < οπτικά έργα	<u>Οπτικά έργα</u>	Α Ν Τ Ι Θ Ε Σ Η	<u>Ακουστικά έργα</u>
	Ανάγνωση λέξεων		Επανάληψη λέξεων
	Κατονομασία αντικειμένων		Κατονομασία ήχων
	Κατονομασία χρωμάτων		Κατονομασία φύλων
	Ανάγνωση ψευδολέξεων		Επανάληψη ψευδολέξεων

5 Αποτελέσματα

5.1 Αποτελέσματα 1^{ου} επιπέδου- Ατομικά αποτελέσματα

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε ατομικό επίπεδο στις 4 βασικές αντιθέσεις που είναι οι εξής: 1) φωνολογικά έργα> μη φωνολογικά έργα, 2) σημασιολογικά> μη σημασιολογικά έργα, 3) ακουστικά έργα> οπτικά έργα, 4) οπτικά έργα> ακουστικά έργα. Λόγω του μεγάλου μεγέθους των αναλυτικών πινάκων των ατομικών αποτελεσμάτων, οι πίνακες περιλαμβάνονται στο παράρτημα 1. Για πρακτικούς λόγους, ακολουθούν σύντομοι πίνακες που περιέχουν τις βασικές περιοχές αυξημένης ενεργοποίησης ανά συμμετέχοντα/ αντίθεση έργων, ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των εγκεφαλικών περιοχών μεταξύ συμμετεχόντων.

5.1.1 Φωνολογικά έργα> Μη φωνολογικά έργα

Προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένη ενεργοποίηση κατά την επιτέλεση φωνολογικών έργων, επιλέχθηκε η παρακάτω αντίθεση ερεθισμάτων:

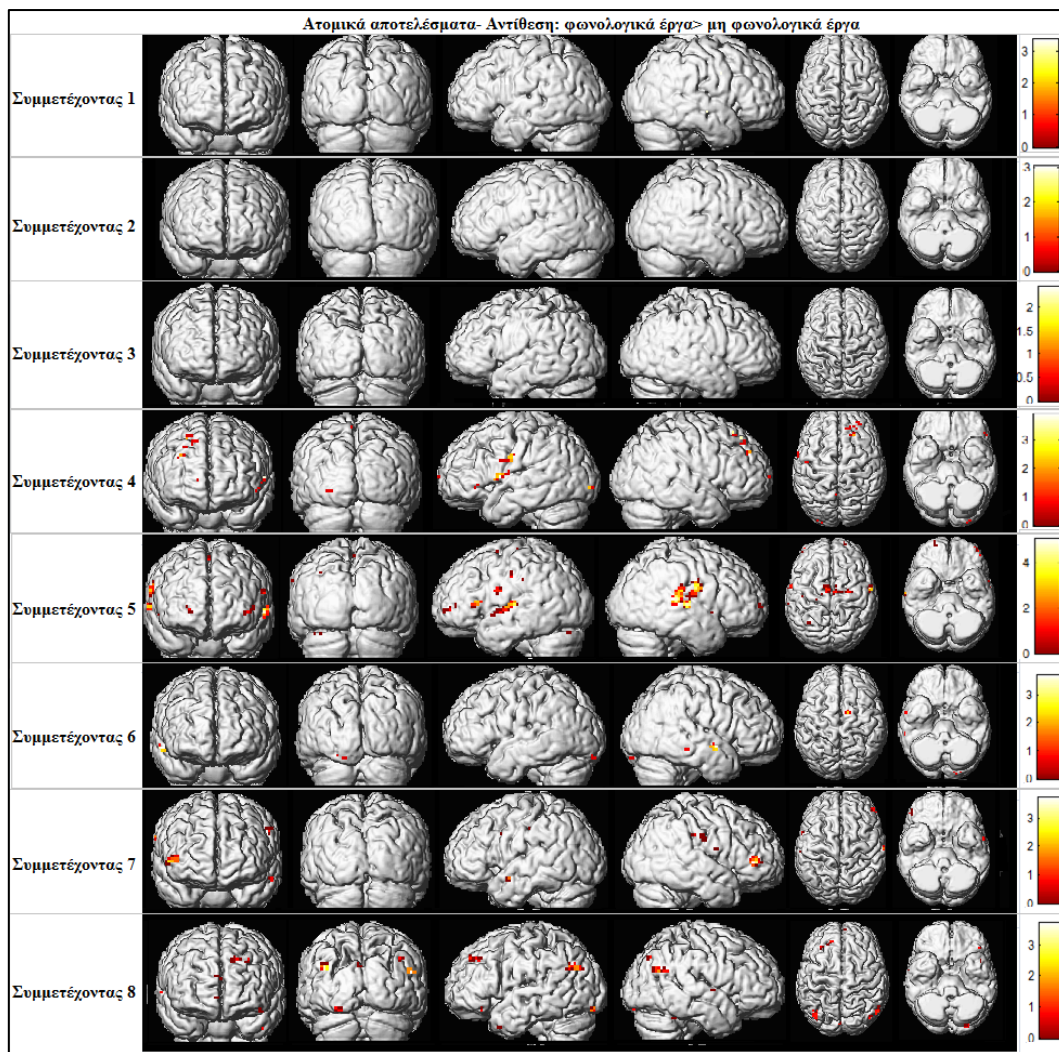
Φωνολογικά έργα		Μη φωνολογικά έργα
Ανάγνωση λέξεων	A	Κατονομασία αντικειμένων
Ανάγνωση ψευδολέξεων	N	Κατονομασία χρώματος
Επανάληψη λέξεων	T	Κατονομασία φύλων
Επανάληψη ψευδολέξεων	I	Κατονομασία ήχων
	Θ	
	E	
	Σ	
	H	

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανά συμμετέχοντα για αυτήν την αντίθεση.

Πίνακας 5. Ατομικά αποτελέσματα- Φωνολογικά έργα> Μη φωνολογικά έργα

ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ (p< 0,001/ 5 voxels)										
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑ ΡΙΟ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΑΤΑ BRODMA NN	Συμμετέχοντας 1	Συμμετέχοντας 2	Συμμετέχοντας 3	Συμμετέχοντας 4	Συμμετέχοντας 5	Συμμετέχοντας 6	Συμμετέχοντας 7	Συμμετέχοντας 8
	(ΑΡ-ΔΕ)	BA								
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>										
Πρωτοταγής κινητικός φλοιός	(ΑΡ)	(BA4)	x	x	x	x	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA4)	x	x	x	x	v	x	x	x
Προκινητικός φλοιός (μοίρα κατώτερου κινητικού φλοιού)	(ΑΡ)	(BA6)	x	x	x	v	v	x	v	x
	(ΔΕ)	(BA6)	x	x	x	x	v	x	x	x
Προκεντρική έλικα	(ΑΡ)	(BA43)	x	x	x	v	x	x	x	x
Προμετωπιαίος λοβός	(ΑΡ)	(BA8)	x	x	x	v	x	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA8)	x	x	x	v	x	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA9)	x	x	x	x	x	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA10)	x	x	x	x	v	x	x	x
Νήσος του Reil	(ΑΡ)	(BA13)	x	x	x	x	v	x	x	x
Μέση μετωπιαία έλικα	(ΔΕ)	(BA46)	x	x	x	x	x	v	v	x
	(ΑΡ)	(BA46)	x	x	x	x	v	x	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός- κογχική μοίρα	(ΔΕ)	(BA44)	x	x	x	x	v	x	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός- τριγωνική μοίρα	(ΑΡ)	(BA45)	x	x	x	x	v	x	x	x

<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>										
Μέση κροταφική έλικα	(AP)	(BA21)	x	x	x	x	x	x	v	x
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(AP)	(BA22)	x	x	x	x	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA22)	x	x	x	x	x	v	x	x
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(AP)	(BA41)	x	x	x	x	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA41)	x	x	x	x	v	x	x	x
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>	-									
Μετακεντρική έλικα	(ΔΕ)		x	x	x	x	v	x	v	x
Γωνιώδης έλικα	(AP)	(BA39)	x	x	x	x	v	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA39)	x	x	x	x	x	x	x	v
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>	-									
Εξωταινιωτός φλοιός	(ΔΕ)	(BA19)	x	x	x	x	x	x	x	v



Εικόνα 8. Σήμα BOLD- Φωνολογικά ερεθίσματα> Μη φωνολογικά ερεθίσματα (ατομικά αποτελέσματα)

5.1.2 Σημασιολογικά έργα> Μη σημασιολογικά έργα

Προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένη ενεργοποίηση κατά την επιτέλεση σημασιολογικών έργων, επιλέχθηκε η παρακάτω αντίθεση ερεθισμάτων:

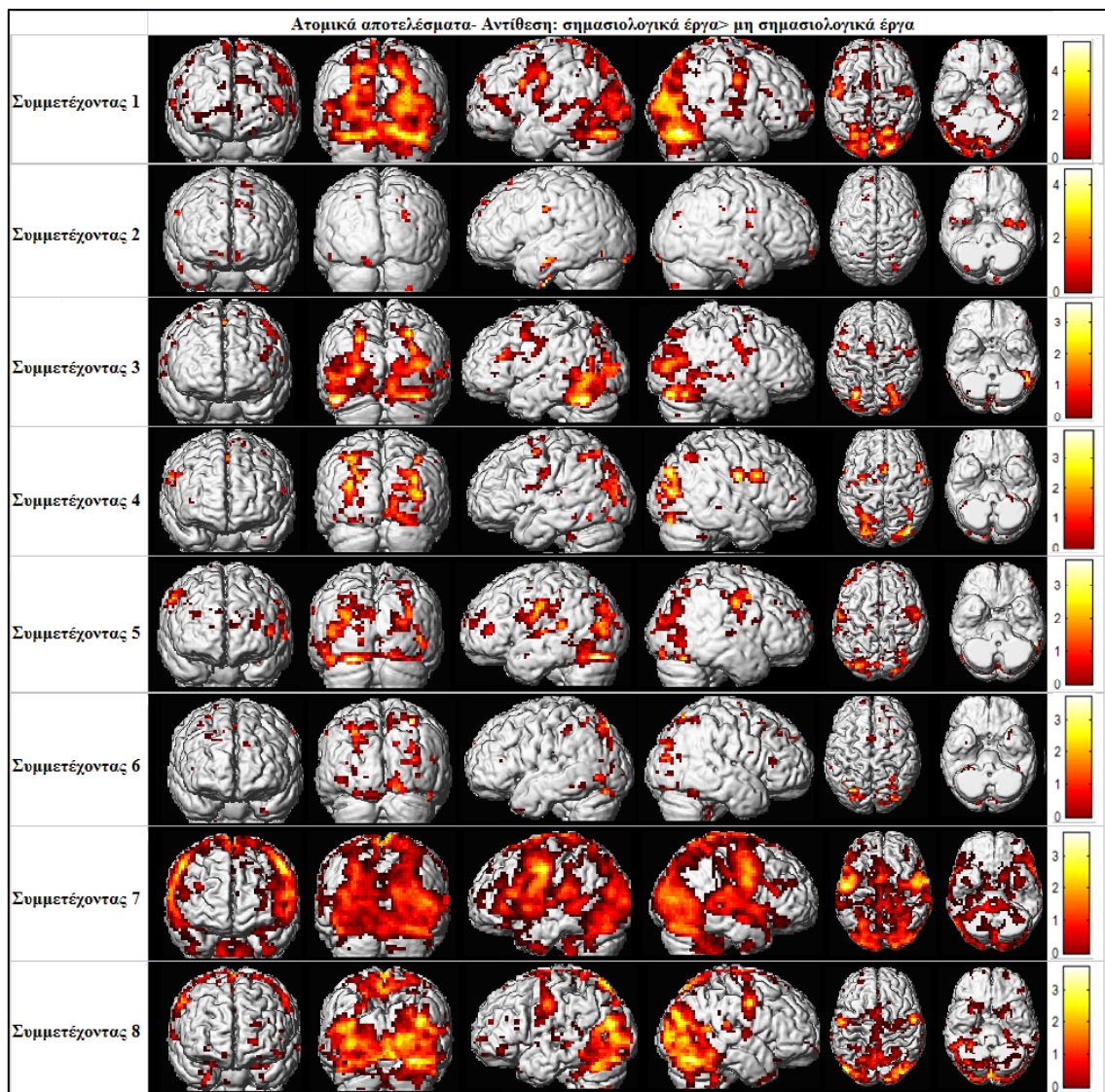
Σημασιολογικά έργα		Μη σημασιολογικά έργα
Κατονομασία εικόνων	A	Ανάγνωση ψευδολέξεων
Ανάγνωση λέξεων	N	Κατονομασία χρώματος
Επανάληψη λέξεων	T	Επανάληψη ψευδολέξεων
Κατονομασία ήχων	I	Κατονομασία φύλου
	Θ	
	E	
	Σ	
	H	

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανά συμμετέχοντα για αυτή την αντίθεση.

Πίνακας 6. Ατομικά αποτελέσματα- Σημασιολογικά έργα> Μη σημασιολογικά έργα

ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ (p<0,001/ 5 voxels)										
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑ ΡΙΟ	ΠΕΡΙΟΧ Η ΚΑΤΑ BRODM ANN	Συμμετέχοντος 1	Συμμετέχοντος 2	Συμμετέχοντος 3	Συμμετέχοντος 4	Συμμετέχοντος 5	Συμμετέχοντος 6	Συμμετέχοντος 7	Συμμετέχοντος 8
	(ΑΡ-ΔΕ)	BA								
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>										
Προκεντρική έλικα	(ΑΡ)	(BA6)	v	x	x	x	x	x	x	x
	(ΔΕ)		v	x	x	x	x	x	x	x
Προμετωπιαίος λοβός	(ΑΡ)	(BA8)	v	x	x	x	x	v	x	x
	(ΑΡ)	(BA10)	v	x	x	x	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA10)	v	x	x	x	x	x	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός- κογχική μοίρα	(ΔΕ)	(BA44)	x	v	x	x	x	x	x	x
Μέση μετωπιαία έλικα	(ΑΡ)	(BA46)	v	x	x	x	x	x	x	x
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>										
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(ΑΡ)	(BA22)	v	x	x	x	x	x	x	x
Κροταφονιακή περιοχή	(ΔΕ)	(BA37)	v	x	x	x	x	x	x	x
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>	-									
Πρωτοταγής αισθητικός φλοιός	(ΔΕ)	(BA1)	x	x	x	v	x	x	x	x
Προσφηνοειδές λόβιο	(ΑΡ)	(BA7)	v	x	x	x	x	v	x	x
	(ΔΕ)	(BA7)	v	v	x	x	x	x	x	x

Γωνιώδης έλικα	(AP)	(BA39)	x	x	v	x	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA39)	v	x	v	x	x	x	x	x
Κατώτερο βρεγματικό λόβιο	(AP)		x	v	x	x	x	x	x	x
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>	-									
Πρωτοταγής οπτικός φλοιός	(ΔΕ)	(BA17)	v	x	x	x	x	x	x	x
Εξωταινωτός φλοιός	(AP)	(BA18)	x	x	x	x	x	v	x	x
	(ΔΕ)	(BA18)	x	x	v	x	x	x	x	x
	(AP)	(BA19)	v	x	x	x	x	v	x	x
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u>	-									
Παρεγκεφαλίδα- οπίσθια μοίρα	(AP)		v	x	x	x	x	x	x	x
Κέλυφος	(AP)	(BA49)	v	x	x	x	x	x	x	x
Έλικα του προσαγωγίου- οπίσθιο τμήμα	(AP)		v	x	x	x	v	x	x	v
	(AP)	(BA23)	v	x	x	x	x	x	x	x
	(AP)	(BA31)	x	x	x	x	x	x	x	v
Στέλεχος	(AP)		v	x	x	x	x	x	x	x
Παραϊπποκάμπια έλικα	(ΔΕ)	(BA36)	v	x	x	x	x	x	x	x
Ραχιαία ενδορρινική περιοχή	(AP)	(BA34)	x	x	x	x	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA34)	x	x	x	x	v	x	x	x
Θάλαμος	(AP)	(BA50)	v	x	x	x	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA50)	v	x	x	x	x	x	x	x



Εικόνα 9. Σήμα BOLD- Σημασιολογικά ερεθίσματα> Μη σημασιολογικά ερεθίσματα (ατομικά αποτελέσματα)

5.1.3 Ακουστικά έργα> Οπτικά έργα

Προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένη ενεργοποίηση κατά την επιτέλεση ακουστικών έργων, επιλέχθηκε η παρακάτω αντίθεση ερεθισμάτων:

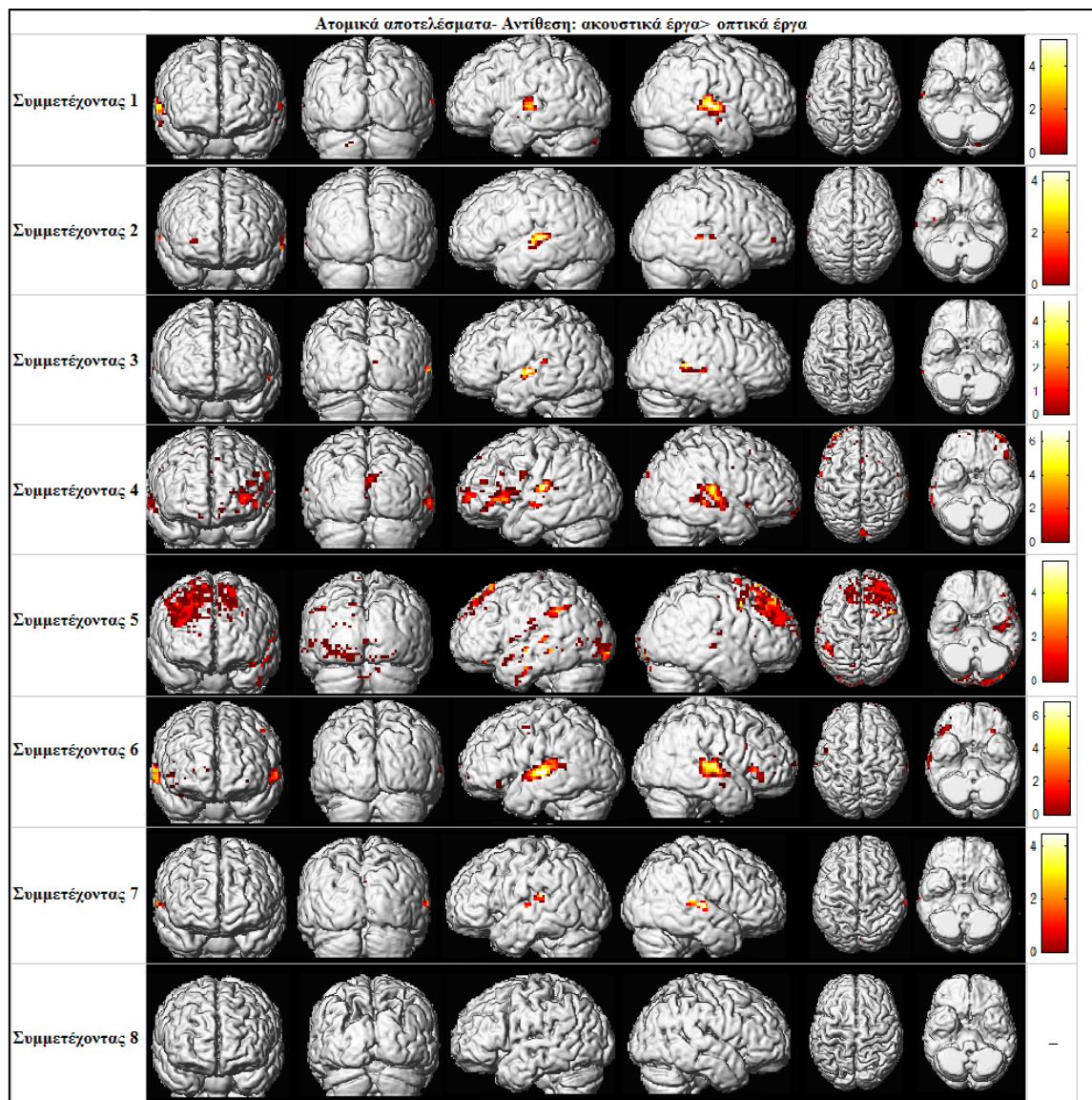
Ακουστικά έργα		Οπτικά έργα
Επανάληψη λέξης	A	Ανάγνωση λέξης
Κατονομασία ήχου	N	Κατονομασία αντικειμένου
Κατονομασία φύλου	T	Κατονομασία χρώματος
Επανάληψη ψευδολέξης	I	Ανάγνωση ψευδολέξης
	Θ	
	E	
	Σ	
	H	

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανά συμμετέχοντα για αυτή την αντίθεση.

Πίνακας 7. Ατομικά αποτελέσματα- Ακουστικά έργα> Οπτικά έργα

ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ (p<0,001/ 5 voxels)										
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦ ΑΡΙΟ	ΠΕΡΙΟΧ Η ΚΑΤΑ BRODM ANN	Συμμετέχοντας 1	Συμμετέχοντας 2	Συμμετέχοντας 3	Συμμετέχοντας 4	Συμμετέχοντας 5	Συμμετέχοντας 6	Συμμετέχοντας 7	Συμμετέχοντας 8
	(ΑΡ-ΔΕ)	BA								
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>										
Προκεντρική έλικα	(ΑΡ)	(BA6)	x	x	x	v	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA6)	x	x	x	x	v	x	x	x
Μέση μετωπιαία έλικα	(ΑΡ)		x	x	x	x	x	x	x	x
Προμετωπιαίος λοβός	(ΔΕ)	(BA8)	x	x	x	x	v	x	x	x
	(ΑΡ)	(BA9)	x	x	x	x	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA9)	x	x	x	x	v	x	x	x
Προμετωπιαίος λοβός	(ΑΡ)	(BA10)	x	x	x	v	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA10)	x	v	x	x	x	x	x	x
Έλικα του προσαγωγίου- πρόσθιο τμήμα	(ΑΡ)	(BA32)	x	x	x	v	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA32)	x	x	x	v	x	x	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός- κογχική μοίρα	(ΔΕ)	(BA44)	x	x	x	x	x	v	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός- τριγωνική μοίρα	(ΑΡ)	(BA45)	x	x	x	v	x	v	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός- καλυπτρική μοίρα	(ΑΡ)	(BA47)	x	x	x	x	x	v	x	x
	(ΔΕ)	(BA47)	x	x	x	x	x	v	x	x

<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>											
Μέση κροταφική έλικα	(AP)	(BA21)	x	v	x	x	v	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA21)	x	x	v	v	x	x	x	x	x
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(AP)	(BA22)	v	v	v	v	v	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA22)	v	v	v	v	v	x	v	x	x
Παραϊπποκαμπια έλικα	(AP)	(BA36)	x	x	x	x	v	x	x	x	x
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(AP)	(BA41)	v	v	x	x	x	v	v	x	x
	(ΔΕ)	(BA41)	v	v	v	v	x	v	v	x	x
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>		-									
Πρωτοταγής αισθητικός φλοιός	(AP)	(BA1)	x	x	x	v	x	x	x	x	x
Γωνιώδης έλικα	(AP)	(BA39)	x	x	x	x	v	x	x	x	x
Υπερχείλια έλικα	(AP)	(BA40)	x	x	v	v	v	x	v	x	x
Μετακεντρική έλικα	(AP)		x	x	x	x	v	x	x	x	x
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>		-									
Πρωτοταγής οπτικός φλοιός	(AP)	(BA17)	x	x	v	x	x	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA17)	x	x	v	x	x	x	x	x	x
Εξωταινιωτός φλοιός	(AP)	(BA18)	x	x	x	x	v	x	x	x	x
	(AP)	(BA19)	x	x	v	x	x	x	v	x	x



Εικόνα 10. Σήμα BOLD- Ακουστικά ερεθίσματα> Οπτικά ερεθίσματα (ατομικά αποτελέσματα)

5.1.4 Οπτικά έργα> Ακουστικά έργα

Προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένη ενεργοποίηση κατά την επιτέλεση οπτικών έργων, επιλέχθηκε η παρακάτω αντίθεση ερεθισμάτων:

Οπτικά έργα		Ακουστικά έργα
Ανάγνωση λέξης	A	Επανάληψη λέξης
Κατονομασία αντικειμένου	N	Κατονομασία ήχου
Κατονομασία χρώματος	T	Κατονομασία φύλου
Ανάγνωση ψευδολέξης	I	Επανάληψη ψευδολέξης
	Θ	
	E	
	Σ	
	H	

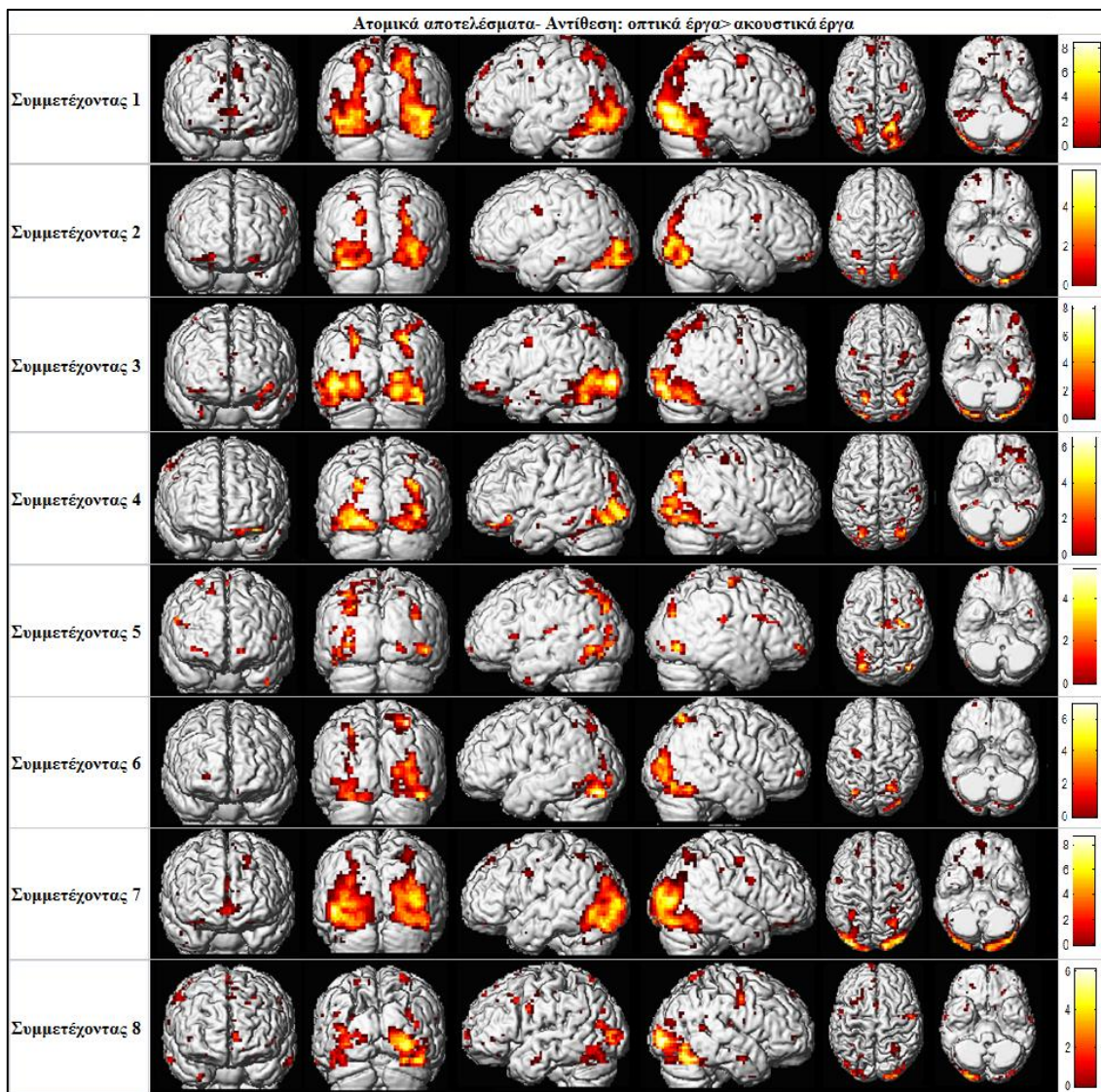
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανά συμμετέχοντα για αυτή την αντίθεση.

Πίνακας 8. Ατομικά αποτελέσματα- Οπτικά έργα> Ακουστικά έργα

ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ (p<0,001/ 5 voxels)										
ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΗΜΙΣΦΑ ΡΙΟ	ΠΕΡΙΟΧ Η ΚΑΤΑ BRODM ANN	Συμμετέχοντας 1	Συμμετέχοντας 2	Συμμετέχοντας 3	Συμμετέχοντας 4	Συμμετέχοντας 5	Συμμετέχοντας 6	Συμμετέχοντας 7	Συμμετέχοντας 8
	(ΑΡ-ΔΕ)	BA								
ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ										
Πρωτοταγής κινητικός φλοιός	(ΑΡ)	(BA4)	x	x	x	x	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA4)	x	x	x	v	x	x	x	x
Προκεντρική έλικα	(ΑΡ)	(BA6)	x	v	x	x	x	v	v	v
	(ΔΕ)	(BA6)	v	v	x	v	v	x	v	v
Προμετωπιαίος λοβός	(ΑΡ)	(BA8)	v	x	x	x	x	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA8)	v	x	x	x	x	x	x	x
	(ΑΡ)	(BA9)	v	x	x	x	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA9)	x	x	x	x	v	x	x	x
	(ΑΡ)	(BA10)	v	x	v	x	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA10)	v	v	v	x	x	x	x	x
	(ΑΡ)	(BA11)	v	x	x	v	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA11)	v	v	x	x	x	x	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός- κογχική μοίρα	(ΑΡ)	(BA44)	x	x	x	x	v	x	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός- κογχική μοίρα	(ΔΕ)	(BA44)	x	x	x	x	v	x	x	x
Κατώτερος κινητικός φλοιός-	(ΑΡ)	(BA47)	x	x	v	v	x	x	x	x

καλυπτρική μοίρα										
Κατώτερος κινητικός φλοιός- καλυπτρική μοίρα	(ΔΕ)	(BA47)	x	x	v	x	x	x	v	x
Ανώτερη μετωπιαία έλικα	(ΑΡ)		x	x	x	x	x	x	v	x
Μέση μετωπιαία έλικα	(ΔΕ)		x	x	x	x	v	x	x	x
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>										
Κατώτερος κροταφικός λοβός	(ΑΡ)	(BA20)	x	v	x	x	v	x	x	x
Μέση κροταφική έλικα	(ΑΡ)	(BA21)	x	x	v	x	x	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA21)	x	x	x	x	x	x	x	v
Κροταφονιακή περιοχή	(ΑΡ)	(BA37)	v	x	x	x	v	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA37)	v	x	x	x	v	x	x	x
Κροταφικό λόβιο	(ΔΕ)	(BA38)	x	x	v	x	x	x	x	v
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>		-								
Πρωτοταγής αισθητικός φλοιός	(ΑΡ)	(BA1)	x	x	v	x	v	x	x	x
Μετακεντρική έλικα	(ΔΕ)	(BA2)	x	x	x	v	x	x	x	x
Προσφηνοειδές λόβιο	(ΑΡ)	(BA7)	x	v	v	v	v	v	v	x
	(ΔΕ)	(BA7)	x	x	v	v	v	v	v	v
Γωνιώδης έλικα	(ΑΡ)	(BA39)	x	v	x	x	v	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA39)	x	x	v	v	v	x	x	x
Υπερχείλια έλικα	(ΔΕ)	(BA40)	x	x	x	x	v	x	x	x
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>		-								
Εξωταινιωτός φλοιός	(ΑΡ)	(BA18)	x	x	v	v	v	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA18)	v	v	v	v	v	v	v	v
	(ΑΡ)	(BA19)	v	v	v	v	v	v	v	v
	(ΔΕ)	(BA19)	x	v	v	x	v	v	v	v

Πρωτοταγής οπτικός φλοιός	(ΔΕ)	(BA17)	x	x	x	x	x	v	x	x
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u>	-	-								
Νήσος του Reil- πρόσθιο τμήμα	(ΔΕ)	(BA13)	x	x	x	x	x	x	x	v
Έλικα του προσαγωγίου- πρόσθιο τμήμα	(AP)	(BA24)	x	x	v	x	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA25)	x	x	x	x	x	x	v	x
	(AP)	(BA32)	x	x	x	x	x	x	v	x
Έλικας του προσαγωγίου- οπίσθιο τμήμα	(AP)	(BA23)	v	x	x	x	x	x	v	x
	(ΔΕ)	(BA23)	x	x	x	x	x	x	v	x
	(AP)	(BA31)	v	x	x	x	x	x	x	x
Παραϊποκάμπια έλικα	(AP)	(BA36)	x	x	v	x	x	x	x	x
	(ΔΕ)	(BA36)	v	x	x	x	x	x	x	x
Κροταφοινιακή περιοχή	(AP)	(BA37)	x	x	v	x	x	x	x	v
	(ΔΕ)	(BA37)	x	x	x	x	x	x	x	v
Παρεγκεφαλίδα- πρόσθια μοίρα	(AP)		x	x	x	v	x	x	x	x
Βασικά γάγγλια (κέλυφος)	(AP)	(BA49)	x	v	x	x	x	x	x	x
Μεσολόβιο	(ΔΕ)		x	x	v	x	x	x	x	x
	ΜΕΣΟ		x	x	v	x	x	x	x	x



Εικόνα 11. Σήμα BOLD- Οπτικά έργα> Ακουστικά έργα (ατομικά αποτελέσματα)

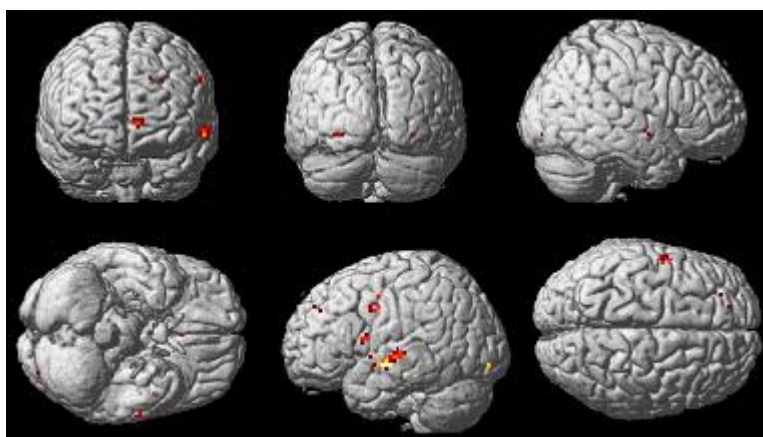
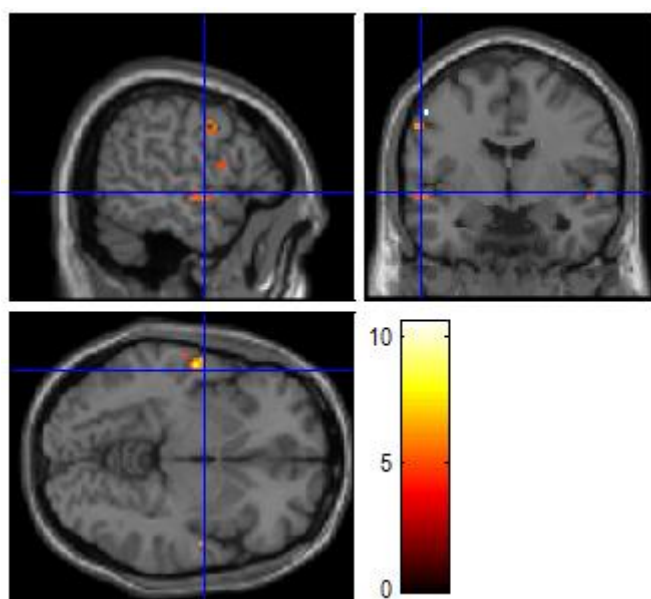
5.2 Αποτελέσματα 2^{ου} επιπέδου- Ομαδικά αποτελέσματα

5.2.1 Φωνολογικά έργα> Μη φωνολογικά έργα

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται η αντίθεση που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που σχετίζονται με τη φωνολογία.

Φωνολογικά έργα	Α Ν Τ Ι Θ Ε Σ Η	Μη φωνολογικά έργα
Ανάγνωση λέξεων		Κατονομασία αντικειμένων
Ανάγνωση ψευδολέξεων		Κατονομασία χρώματος
Επανάληψη λέξεων		Κατονομασία φύλων
Επανάληψη ψευδολέξεων		Κατονομασία ήχων

Ακολουθούν οι εικόνες των διαφόρων όψεων του εγκεφάλου, κατά τη χορήγηση της αντίθεσης φωνολογικών και μη φωνολογικών έργων:



Εικόνα 12. Σήμα BOLD- Φωνολογικά έργα> Μη φωνολογικά έργα (ομαδικά αποτελέσματα)

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακα 9), παρουσιάζονται αναλυτικά οι περιοχές του εγκεφάλου που παρουσίασαν αυξημένη ενεργοποίηση, καθώς και το ποσό της ενεργοποίησης αυτής.

Πίνακας 9. Ομαδικά αποτελέσματα- Φωνολογικά έργα> Μη φωνολογικά έργα

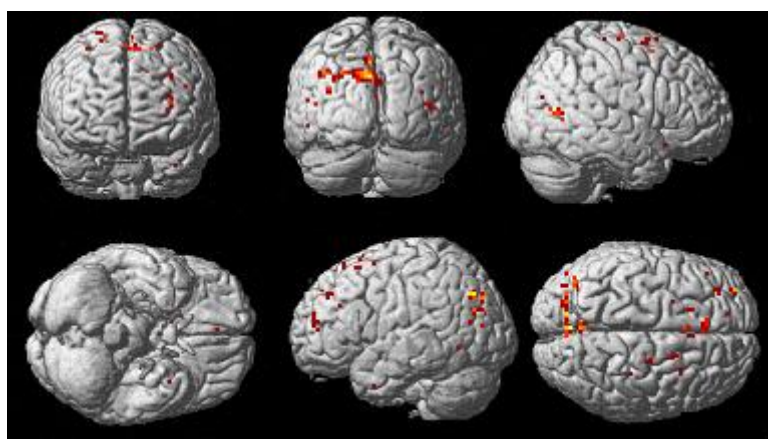
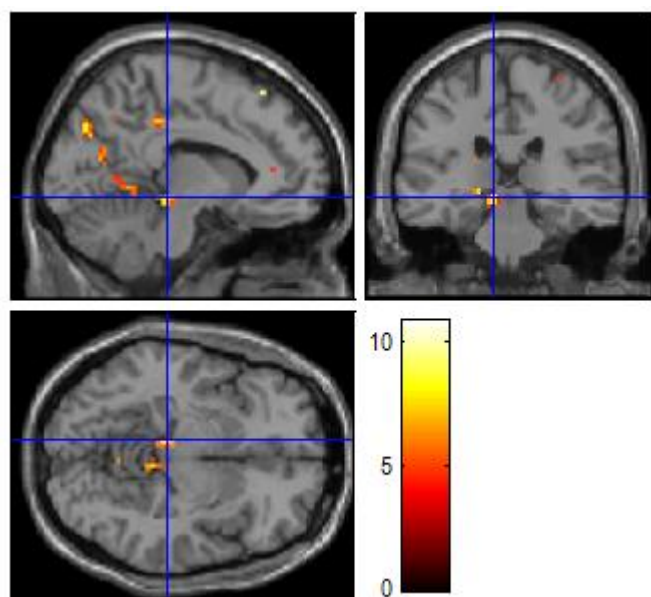
ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ						
ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel level	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής κινητικός φλοιός	(AP)	-57	-4	37	6,12	(BA4)
Κατώτερος κινητικός φλοιός	(AP)	-51	5	13	6,06	(BA6)
Προμετωπιαίος λοβός	(AP)	-9	53	1	6,91	(BA10)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Μέση κροταφική έλικα	(AP)	-60	-10	-8	8,77	(BA21)
	(AP)	-63	-16	-2	7,51	(BA21)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(AP)	-51	-7	-8	7,24	(BA22)

5.2.2 Σημασιολογικά έργα> Μη σημασιολογικά έργα

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται η αντίθεση που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που σχετίζονται με τη σημασιολογία:

Σημασιολογικά έργα		Μη σημασιολογικά έργα
Κατονομασία εικόνων	A	Ανάγνωση ψευδολέξεων
Ανάγνωση λέξεων	N	Κατονομασία χρώματος
Επανάληψη λέξεων	T	Επανάληψη ψευδολέξεων
Κατονομασία ήχων	I	Κατονομασία φύλου
	Θ	
	E	
	Σ	
	H	

Παρακάτω παρατίθενται οι διάφορες όψεις του εγκεφάλου κατά τη χορήγηση της αντίθεση μεταξύ σημασιολογικών και μη σημασιολογικών έργων:



Εικόνα 13. Σήμα BOLD- Σημασιολογικά έργα> Μη σημασιολογικά έργα (ομαδικά αποτελέσματα)

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 10), παρουσιάζονται αναλυτικά οι περιοχές του εγκεφάλου που παρουσίασαν αυξημένη ενεργοποίηση.

Πίνακας 10. Ομαδικά αποτελέσματα- Σημασιολογικά έργα> Μη σημασιολογικά έργα

ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ> ΜΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ						
ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(ΑΡ-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel level	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						

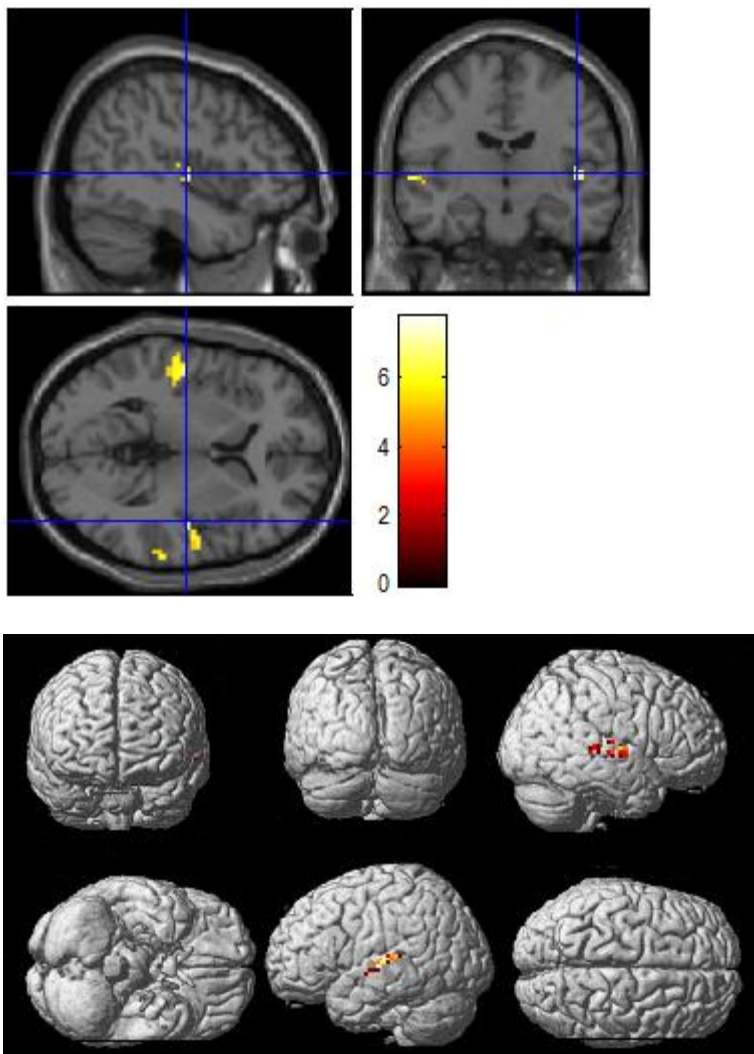
Προμετωπιαίος λοβός (SMA)	(AP)	-6	32	58	9,42	(BA8)
Προμετωπιαίος λοβός	(AP)	-33	53	16	5,48	(BA10)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Γωνιώδης έλικα	(AP)	-39	-73	37	7,66	(BA39)
Προσφηνοειδές λόβιο	(AP)	-3	-76	34	9,84	(BA7)
Προσφηνοειδές λόβιο	(AP)	-3	-67	46	7,43	(BA7)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Εξωταινιωτός φλοιός	(AP)	-12	-79	34	8,06	(BA19)
	(AP)	-24	-82	37	6,91	(BA19)
	(AP)	-33	-73	25	6,29	(BA19)
	(ΔΕ)	42	-67	13	9,51	(BA19)
Κροταφοϊνιακή περιοχή	(AP)	-36	-58	-11	6,15	(BA37)
<u>ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Οπίσθια έλικα του προσαγωγίου	(ΔΕ)	9	-31	37	10,74	(BA23)
	(ΔΕ)	9	-37	31	8,39	(BA23)
	(ΔΕ)	15	-37	40	6,46	(BA23)
	(AP)	-3	-37	31	5,43	(BA23)
	(ΔΕ)	15	-67	13	9,25	(BA31)
	(ΔΕ)	21	-58	7	8,94	(BA31)
	(AP)	-18	-61	10	7,74	(BA31)
<u>ΛΟΠΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u>						
Στέλεχος	(ΔΕ)	6	-37	-8	7,41	
Παρεγκεφαλίδα- πρόσθια μοίρα	(AP)	-24	-49	-20	6,99	
Παρεγκεφαλίδα- πρόσθια μοίρα	(AP)	-9	-52	-2	6,54	

5.2.3 Ακουστικά έργα> Οπτικά έργα

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται η αντίθεση που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που σχετίζονται με τα ακουστικά έργα:

Ακουστικά έργα		Οπτικά έργα
Επανάληψη λέξης	A	Ανάγνωση λέξης
Κατονομασία ήχου	N	Κατονομασία αντικειμένου
Κατονομασία φύλου	T	Κατονομασία χρώματος
Επανάληψη ψευδολέξης	I	Ανάγνωση ψευδολέξης
	Θ	
	E	
	Σ	
	H	

Ακολουθούν οι εικόνες ενεργοποίησης των εγκεφαλικών δομών κατά τη χορήγηση της αντίθεσης μεταξύ ακουστικών έργων έναντι των οπτικών:



Εικόνα 14. Σήμα BOLD- Ακουστικά έργα> Οπτικά έργα (ομαδικά αποτελέσματα)

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται αναλυτικά οι περιοχές του εγκεφάλου που παρουσίασαν αυξημένη ενεργοποίηση:

Πίνακας 11. Ομαδικά αποτελέσματα- Ακουστικά έργα> Οπτικά έργα

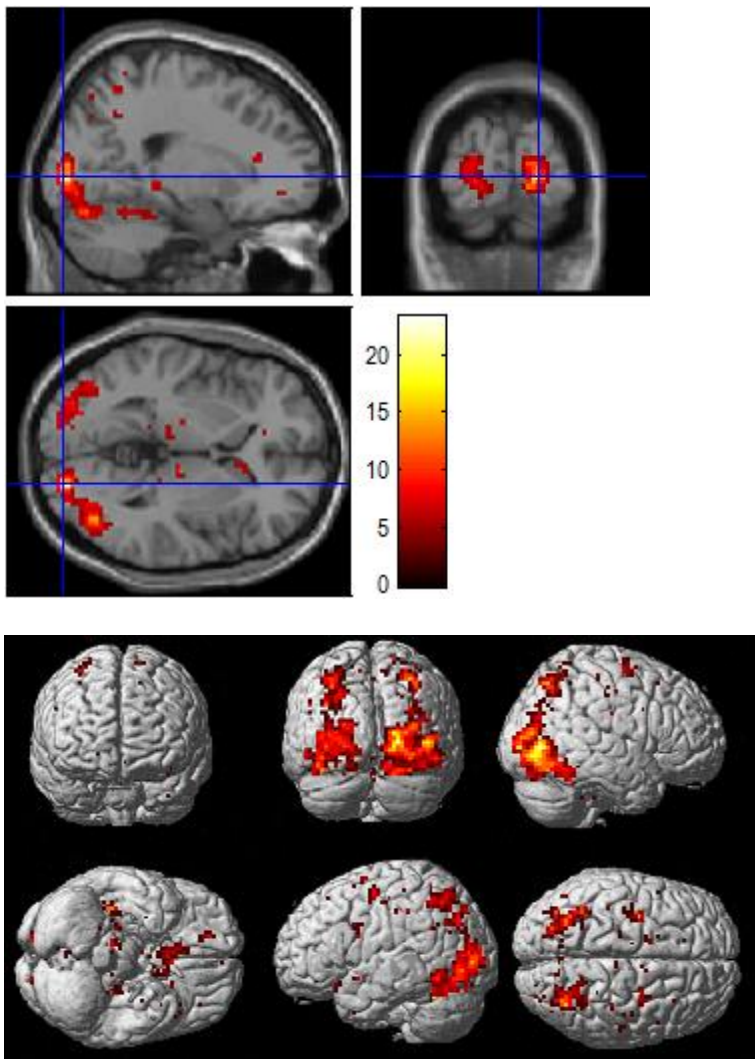
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			BRODMANN	
		(MNI)			T	AREA
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel level	BA
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(ΔΕ)	45	-13	4	7,80	(BA41)
	(ΔΕ)	42	-22	7	5,94	(BA41)
	(ΑΡ)	-57	-22	7	7,70	(BA41)
	(ΑΡ)	-48	-19	1	7,21	(BA41)
	(ΔΕ)	51	-16	10	5,65	(BA41)
	(ΔΕ)	54	-16	1	5,39	(BA21)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(ΔΕ)	54	-7	-2	6,38	(BA22)
	(ΔΕ)	60	-31	7	5,77	(BA22)
	(ΑΡ)	-60	-16	1	6,68	(BA22)

5.2.4 Οπτικά έργα> Ακουστικά έργα

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται η αντίθεση που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να αναδειχθούν οι περιοχές που σχετίζονται με τα οπτικά έργα:

Οπτικά έργα	Α Ν Τ Ι Θ Ε Σ Η	Ακουστικά έργα
Ανάγνωση λέξης		Επανάληψη λέξης
Κατονομασία αντικειμένου		Κατονομασία ήχου
Κατονομασία χρώματος		Κατονομασία φύλου
Ανάγνωση ψευδολέξης		Επανάληψη ψευδολέξης

Παρακάτω παρατίθενται οι εικόνες του εγκεφάλου κατά τη χορήγηση της αντίθεσης μεταξύ οπτικών έργων έναντι των ακουστικών:



Εικόνα 15. Σήμα BOLD- Οπτικά έργα> Ακουστικά έργα (ομαδικά αποτελέσματα)

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται αναλυτικά οι περιοχές του εγκεφάλου που παρουσίασαν αυξημένη ενεργοποίηση.

Πίνακας 12. Ομαδικά αποτελέσματα- Ακουστικά έργα< Οπτικά έργα

ΟΠΤΙΚΑ> ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel level	AREA BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Μέση μετωπιαία έλικα	(AP)	-33	-7	55	9,03	(BA6)
	(AP)	-39	2	25	8,08	(BA6)
	(AP)	-12	2	67	7,12	(BA6)
	(ΔΕ)	30	-7	64	10,10	(BA6)
	(ΔΕ)	30	2	64	6,07	(BA6)
	(ΔΕ)	24	-7	70	5,98	(BA6)
Καλυπτρική μοίρα	(ΔΕ)	6	26	-11	9,07	(BA11)
	(AP)	-42	23	-17	5,71	(BA47)
Πρόσθια έλικα του προσαγωγίου	(ΔΕ)	6	8	-11	7,66	
	(ΔΕ)	18	41	-8	8,09	
Προκεντρική έλικα	(AP)	-33	-16	49	7,22	
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής οπτικός φλοιός	(ΔΕ)	21	-91	1	23,30	(BA17)
Οπτικός συνειρμικός φλοιός	(ΔΕ)	18	-88	10	23,23	
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής αισθητικός φλοιός	(AP)	-36	-34	43	5,17	(BA1)
Προσφηνοειδές λόβιο	(AP)	-30	-61	46	15,81	(BA7)
	(ΔΕ)	18	-52	67	10,05	(BA7)

Γωνιώδης έλικα	(AP)	-36	-73	31	10,47	(BA39)
Υπερχείλια έλικα	(AP)	-39	-52	49	11,48	(BA40)
	(AP)	-45	-34	43	9,78	(BA40)
Κατώτερο βρεγματικό λόβιο	(AP)	39	-34	34	8,01	
<u>ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Οπίσθια έλικα του προσαγωγίου	(ΔΕ)	6	-34	34	6,76	(BA23)
	(ΔΕ)	12	-58	22	5,71	(BA23)
	(ΔΕ)	15	-40	34	8,51	(BA23)
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u>						
Θάλαμος	(ΔΕ)	12	-19	1	6,88	(BA50)
Παρεγκεφαλίδα- Πρόσθια μοίρα (ακρώρεια-culmen)	(ΔΕ)	6	-55	26	6,03	
Παρεγκεφαλίδα- Οπίσθια μοίρα (κλιτύς-declive)	(ΔΕ)	6	-67	-29	5,76	

6 Συζήτηση

Αυτό που προκύπτει από τα ατομικά αποτελέσματα (πίνακες 6-9) είναι ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλία των δομών που απαντώνται στα διάφορα έργα, είτε αυτά είναι φωνολογικά, σημασιολογικά, ακουστικά ή οπτικά. Παρατηρώντας τα αντίστοιχα αποτελέσματα σε ομαδικό επίπεδο (πίνακες 10-13), γίνεται αντιληπτό ότι οι περιοχές που αναδεικνύονται για κάθε αντίθεση είναι σαφώς λιγότερες, συγκριτικά με αυτές που αναδεικνύονται σε ατομικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη αντίθεση που αφορά τα φωνολογικά έργα έναντι των μη φωνολογικών έργων, αυτό που προκύπτει είναι ότι ενώ στα ατομικά αποτελέσματα οι περιοχές που παρουσίασαν αυξημένη ενεργοποίηση ήταν 23, στα ομαδικά αποτελέσματα είναι μόλις 6, στη δεύτερη αντίθεση (σημασιολογικά έργα > μη σημασιολογικά) η αντίστοιχη αναλογία είναι 21 προς 30, για την τρίτη (ακουστικά έργα > οπτικά έργα) 9/29 και την τέταρτη 24/52. Μια εξήγηση που θα μπορούσε να δοθεί για το παραπάνω εύρημα, πέραν φυσικά από την πιθανότητα μειωμένης ενεργοποίησης σε ομαδικό

επίπεδο, είναι η ύπαρξη διατομικών διαφορών. Ολοένα και περισσότερες έρευνες μελετούν αυτό το φαινόμενο και καταλήγουν στο συμπέρασμα πως οι διαφορές από εγκέφαλο σε εγκέφαλο, όσον αφορά την ανατομία και τη συνδεσιμότητα μεταξύ των δομών, είναι μεγάλες (Frost & Goebel, 2012; Rademacher et al., 2001; Van Essen & Dierker, 2007; Sugiura et al., 2007). Οι Glendenning και Masterton (Glendenning & Masterton, 1998) υποστήριξαν πως αυτές οι διαφορές είναι αποτέλεσμα των διαφόρων γενετικών και περιβαλλοντικών επιδράσεων που διαμορφώνουν τον κάθε εγκέφαλο και τον διαφοροποιούν από τους άλλους. Μια πρόσφατη έρευνα της Mueller και συνεργατών της (Mueller et al., 2013), υποστήριξε πως το γεγονός ότι οι άνθρωποι σκέφτονται ή συμπεριφέρονται διαφορετικά, οφείλεται στις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των εγκεφάλων και ότι οι μεγαλύτερες διατομικές διαφορές εντοπίζονται κυρίως στους συνειρμικούς φλοιούς αλλά όπως αναφέρουν οι Seghier & Price και σε υποφλοιώδεις δομές όπως η παρεγκεφαλίδα (M. L. Seghier & Price, 2016). Επίσης όπως επισήμανε η Mueller και οι συνεργάτες της, η μεταβλητότητα των συνειρμικών δομών έχει να κάνει με το βαθμό επέκτασης του φλοιού στα πλαίσια της εξέλιξης του ανθρώπινου είδους και ότι οι διαφορές εντοπίζονται κυρίως στο βάθος των αυλάκων του φλοιού και λιγότερο στο πάχος του εγκεφαλικού φλοιού. Οι διατομικές αυτές διαφορές που παρατηρούνται στους συνειρμικούς φλοιούς, είναι κάτι που συμβαίνει και σε άτομα νηπιακής ηλικίας (Gao et al., 2014). Η συσχέτιση των συνειρμικών περιοχών με τις ανώτερες εγκεφαλικές λειτουργίες, στα πλαίσια της εξέλιξης και των μεγάλων διατομικών διαφορών, έρχεται να ενισχύσει τα ευρήματα μιας ακόμη πρόσφατης έρευνας (Frost & Goebel, 2012), η οποία υποστηρίζει πως οι εγκεφαλικές περιοχές που σχετίζονται με το λόγο παρουσιάζουν μεγάλες διατομικές διαφορές, με κάποιες σχετικά πιο σταθερές λειτουργίες- περιοχές που είναι οι αισθητικές και κινητικές. Πράγματι, κάτι που έρχεται σε συμφωνία με τα παραπάνω είναι τα ατομικά αποτελέσματα της παρούσας έρευνας που αφορούν την πρώτη αντίθεση (φωνολογικά έργα> μη φωνολογικά έργα). Στην αντίθεση αυτή, παρατηρείται ότι πέραν από τις βασικές κινητικές και αισθητικές περιοχές που παρουσιάζουν αυξημένη ενεργοποίηση στις ομαδικές αναλύσεις, περιοχές των συνειρμικών φλοιών, όπως είναι η γωνιώδης έλικα, αποτυγχάνουν να αναδειχθούν σε ομαδικό επίπεδο. Μια επίσης πολύ ενδιαφέρουσα πρόσφατη έρευνα που έρχεται από τους Shah & συνεργάτες (Shah, Cramer, Ferguson, Birn, & Anderson, 2016), επισήμανε το γεγονός ότι οι δομικές και οι λειτουργικές διαφορές (συνδεσιμότητα) μεταξύ των εγκεφάλων είναι τόσο μεγάλες, που οι ομαδικές αναλύσεις αποτυγχάνουν να

αντιπροσωπεύσουν πλήρως τα ατομικά δεδομένα της εκάστοτε έρευνας. Βέβαια για να είναι δυνατή η διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για το ποσοστό των περιοχών που δεν κατάφεραν να αναδειχθούν σε ομαδικό επίπεδο λόγω των διατομικών διαφορών, θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω και αυτό θα ήταν εφικτό με τη χρήση τεχνικών, όπως αυτών που προτάθηκαν πρόσφατα από τους Seghier και Price (M. L. Seghier & Price, 2016).

6.1 Εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στη φωνολογική επεξεργασία

Όπως προκύπτει από τα ομαδικά αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, κατά την αντίθεση φωνολογικών > μη φωνολογικών έργων, παρατηρείται αυξημένη ενεργοποίηση σε μετωπιαίες και κροταφικές δομές. Πιο συγκεκριμένα, οι μετωπιαίες περιοχές που φαίνεται να ενεργοποιούνται από τη συγκεκριμένη αντίθεση, είναι ο πρωτοταγής κινητικός φλοιός και η κογχική μοίρα του κατώτερου κινητικού φλοιού, ενώ οι κροταφικές περιοχές είναι η μέση κροταφική έλικα και το κροταφικό πεδίο.

Η ενεργοποίηση της κογχικής μοίρας του κατώτερου κινητικού φλοιού που παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη, είναι συμβατή με τα ευρήματα των Papoutsis & συνεργατών (Papoutsis et al., 2009), οι οποίοι διαπίστωσαν πως ο βαθμός ενεργοποίησης της συγκεκριμένης φλοιώδους περιοχής, επηρεάζεται από τις απαιτήσεις του κινητικού σχεδιασμού, με το μήκος και τη συχνότητα της λέξης να παίζουν σημαντικό ρόλο σε αυτή. Αν λοιπόν υποθέσουμε πως οι εκτελεστικές απαιτήσεις για την παραγωγή των ψευδολέξεων είναι αυξημένες λόγω του ότι δεν είναι δυνατή η ανάκληση γνωστών κινητικών προτύπων (που συναντώνται όταν παράγουμε γνωστές λέξεις), τότε είναι πιθανό να επηρεάζεται αναλόγως και ο βαθμός ενεργοποίησης της προαναφερθείσας δομής. Έτσι λοιπόν, με δεδομένο ότι στα φωνολογικά έργα της παραπάνω αντίθεσης, τα 2 από τα 4 έργα περιλαμβάνουν ψευδολέξεις, τότε ο βαθμός ενεργοποίησης της συγκεκριμένης δομής είναι πιθανό να επηρεάστηκε από τις αυξημένες εκτελεστικές απαιτήσεις που προέκυψαν λόγω των ψευδολέξεων. Εκτός όμως από τη λειτουργία του κινητικού προγραμματισμού, έρευνες υποστηρίζουν τη συμμετοχή του προκινητικού φλοιού στο επίπεδο της αντιληπτικής επεξεργασίας, με το βαθμό ενεργοποίησης του να είναι ανάλογος με το βαθμό πολυπλοκότητας των ερεθισμάτων (Ghosh et al., 2008) ή/και το βαθμό δυσκολίας αναγνώρισής τους (Osnes, Hugdahl, & Specht, 2011). Μέρος του προκινητικού φλοιού, αποτελεί και ο πρωτοταγής κινητικός φλοιός, ο οποίος σύμφωνα και με άλλους ερευνητές (Petrides, Harvey, & Dejerine, 2015), συμμετέχει στην επιτέλεση φωνολογικών έργων. Οι

Παπαθανασίου και συνεργάτες (Papathanassiou et al., 2000), υποστήριξαν πως υπάρχει ένα κοινό δίκτυο περιοχών που εμπλέκονται στην αντίληψη και την παραγωγή. Παρομοίως, μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Wilson και τους συνεργάτες του (Wilson, Saygin, Sereno, & Iacoboni, 2004), έδειξε πως κατά την πρόσληψη λεκτικών ήχων, ενεργοποιείται ένα κοινό δίκτυο περιοχών με αυτό της παραγωγής, στο οποίο περιλαμβάνονται και οι περιοχές προκινητικού φλοιού (4 και 6 κατά Brodmann).

Στην παρούσα έρευνα, το μεσαίο τμήμα της μέσης κροταφικής έλικας, ανέδειξε επίσης «προτίμηση» στα φωνολογικά ερεθίσματα και μάλιστα με το μεγαλύτερο βαθμό ενεργοποίησης σε σχέση με τις άλλες περιοχές. Μια παλιότερη έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2004 (Indefrey & Levelt, 2004), έδειξε ότι η συγκεκριμένη περιοχή, συμβάλλει στην επιλογή των σωστών φωνημάτων που αντιστοιχούν στη λέξη-στόχο κατά τη γενίκευση λέξεων και κατά την κατονομασία αντικειμένων. Από άλλες έρευνες έχει φανεί ότι η αριστερή μέση κροταφική έλικα παρουσιάζει υψηλότερη ενεργοποίηση κατά την παθητική ακρόαση λεκτικών ήχων σε σχέση με τους τόνους (J R Binder, Frost, Hammeke, Rao, & Cox, 1996), ενώ αρκετές άλλες συνδέουν την περιοχή αυτή, με την ανάκληση εννοιών μέσω των λεκτικών ήχων (Giraud et al., 2004; Kotz & Schwartze, 2010b; Meyer et al., 2005).

Το κροταφικό πεδίο που διαπιστώθηκε επίσης να ενεργοποιείται κατά την αντίθεση φωνολογικών> μη φωνολογικών έργων, είναι γνωστό ότι σχετίζεται με την επεξεργασία φωνολογικών ερεθισμάτων (Norman Geschwind & Levitsky, 1968). Νεότερες έρευνες έδειξαν πως η συμμετοχή της περιοχής αυτής είναι ίδια σε φωνολογικά και μη, ερεθίσματα (J R Binder et al., 1996). Αυτή η «προτίμηση» των περιοχών του ανώτερου κροταφικού λοβού στα φωνολογικά έργα, φαίνεται πως επηρεάζεται από το βαθμό εξοικείωσης με τα ακουστικά ερεθίσματα (Kotz & Schwartze, 2010b) καθώς και από το βαθμό πολυπλοκότητας των ερεθισμάτων (Hwang et al., 2005). Στο κεφάλαιο 2, περιγράφηκε ενδελεχώς η συμβολή του κροταφικού πεδίου στα στάδια της γλωσσικής επεξεργασίας.

6.2 Εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στη σημασιολογική επεξεργασία

Όσον αφορά την αντίθεση των σημασιολογικών έναντι των μη σημασιολογικών έργων, διαπιστώθηκε ενεργοποίηση ενός ευρέος δικτύου εγκεφαλικών δομών, με σαφή υπεροχή του αριστερού ημισφαιρίου, κάτι που έρχεται σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες (Jr Binder et al., 2009). Πιο συγκεκριμένα, το δίκτυο των περιοχών που συνθέτουν το σημασιολογικό δίκτυο περιλαμβάνει: μετωπιαίες

περιοχές (αριστερός προμετωπιαίος λοβός, αριστερή συμπληρωματική κινητική περιοχή), βρεγματικές περιοχές όπως η αριστερή γωνιώδης έλικα και το προσφηνοειδές λόβιο, περιοχές του ινιακού λοβού (το αριστερό σφηνοειδές λόβιο, ο εξωταινιωτός φλοιός), η οπίσθια έλικα του προσαγωγίου, η κροταφοϊνιακή περιοχή (BA37) και άλλες περιοχές όπως το δεξιό στέλεχος και η αριστερή πρόσθια μοίρα της παρεγκεφαλίδας.

Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, η συμπληρωματική κινητική περιοχή (SMA) εμπλέκεται σαφώς στη σημασιολογική επεξεργασία. Η παρατήρηση αυτή είναι σε συμφωνία με μια πρόσφατη μελέτη (Hertrich, Dietrich, & Ackermann, 2016), η οποία ανέδειξε ότι πέρα από τη γνωστή συμβολή της στη λεκτική παραγωγή (Alario, Chainay, Lehericy, & Cohen, 2006), η συγκεκριμένη δομή συμμετέχει και στη σημασιολογική επεξεργασία. Όσον αφορά τη συνδρομή άλλων προμετωπιαίων περιοχών (BA45/ BA46) στη σημασιολογία και πιο συγκεκριμένα στην ανάκληση, αυτή έχει αποδειχθεί από πολλές έρευνες (de Zubicaray et al., 1998; Spalek & Thompson-Schill, 2008).

Άλλη μια δομή που φαίνεται να εμπλέκεται στη σημασιολογική επεξεργασία είναι η γωνιώδης έλικα και κυρίως του αριστερού ημισφαιρίου, ανεξαρτήτως αν το ερέθισμα είναι γλωσσικό ή όχι (Jeffrey R. Binder et al., 2011; Jr Binder et al., 2009; Diaz & McCarthy, 2009) και ανεξαρτήτως της τροπικότητας (Démonet et al., 1992; Vandenberghe, Price, Wise, Josephs, & Frackowiak, 1996). Πιο συγκεκριμένα, η αριστερή γωνιώδης έλικα φαίνεται να εμπλέκεται στα στάδια της σημασιολογικής επεξεργασίας στα οποία απαιτείται ανάκληση εννοιών ή δημιουργία συσχετίσεων (Jr Binder et al., 2009; Cathy J. Price, 2010; M. Seghier, 2012). Ένας παράγοντας που φαίνεται να επηρεάζει την εμπλοκή της συγκεκριμένης δομής στη σημασιολογική επεξεργασία είναι η πολυπλοκότητα του εκάστοτε έργου (Benson et al., 2001; Noppeney & Price, 2002; Schmithorst, Holland, & Plante, 2006).

Μια ακόμη παρατήρηση της παρούσας έρευνας, είναι η αμφίπλευρη συμμετοχή του προσφηνοειδές λοβίου στη σημασιολογική επεξεργασία. Βάσει μιας ανασκόπησης του 2006 (Cavanna & Trimble, 2006), αναδείχθηκε η σημασία της δομής αυτής στη γλωσσική επεξεργασία, χωρίς ωστόσο ο ρόλος της να είναι ξεκάθαρος. Παρόλα αυτά, υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις ότι το προσφηνοειδές λοβίο εμπλέκεται στη σημασιολογική επεξεργασία του λόγου και στη λειτουργία της σημασιολογικής μνήμης.

Όσον αφορά τις περιοχές του ινιακού λοβού, οι οποίες φάνηκε να συμμετέχουν κατά την επιτέλεση σημασιολογικών έργων, δε θα μπορούσε βάσει της υπάρχουσας βιβλιογραφίας να υπάρξει κάποια ικανοποιητική εξήγηση.

Το οπίσθιο τμήμα της έλικας του προσαγωγίου που διαπιστώθηκε να ενεργοποιείται κατά τα σημασιολογικά έργα, είναι γνωστό πως συμμετέχει στην κωδικοποίηση των πληροφοριών της επεισοδιακής μνήμης, μέσω των συνδέσεων της με τον ιππόκαμπο. Εκτός όμως από την εμπλοκή της στην επεισοδιακή μνήμη, άλλες έρευνες υποστηρίζουν και τη συμμετοχή της στη σημασιολογική επεξεργασία των ερεθισμάτων (Jr Binder et al., 2009) γενικότερα. Τα δύο παραπάνω ευρήματα, ενισχύονται από την άποψη του Binder και των συνεργατών του (Jr Binder et al., 2009) που υποστηρίζουν πως η οπίσθια μοίρα της έλικας του προσαγωγίου αποτελεί τον κρίκο σύνδεσης μεταξύ της εννοιολογικής ανάκλησης και του επεισοδιακού συστήματος κωδικοποίησης των πληροφοριών και αυτό επιτυγχάνεται μέσω των ισχυρών συνδέσεων της δομής αυτής με τον ιππόκαμπο.

Όσον αφορά την κροταφοϊνιακή περιοχή (BA37), στην παρούσα έρευνα παρουσιάζεται αυξημένη συμμετοχή της δομής του αριστερού ημισφαιρίου. Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 2015 (Ardila, Bernal, & Rosselli, 2015), υποστήριξε πως η περιοχή αυτή σχετίζεται με λειτουργίες όπως είναι η οπτική αναγνώριση αντικειμένων, η δημιουργία συσχετίσεων, η σημασιολογική κατηγοριοποίηση και η κατανόηση σε μεταφορικό επίπεδο και η συνδεσιμότητα της με άλλες περιοχές όπως η τριγωνική μοίρα του κατώτερου μετωπιαίου φλοιού και η μετωπιαία περιοχή 9 (κατά Brodmann), διαφοροποιείται ανάλογα με την εκάστοτε γλωσσική λειτουργία.

Βάσει της παρούσας έρευνας, δύο υποφλοιώδεις δομές που εμπλέκονται στη σημασιολογική επεξεργασία είναι το στέλεχος δεξιού ημισφαιρίου και η αριστερό πρόσθιο τμήμα της παρεγκεφαλίδας. Όσον αφορά το δεξιό στέλεχος, έρευνες έχουν συσχετίσει τη συγκεκριμένη δομή με τη σημασιολογική επεξεργασία και, πιο συγκεκριμένα με τη λειτουργία της ανάκλησης (Heckers, Weiss, Alpert, & Schacter, 2002). Μια από τις βασικότερες λειτουργίες της παρεγκεφαλίδας είναι έλεγχος και ο συντονισμός των κινήσεων (Brunamonti et al., 2014), παρόλα αυτά ολοένα και περισσότερες έρευνες φαίνεται να συσχετίζουν τη δομή αυτή με τις γνωστικές λειτουργίες και πιο συγκεκριμένα, τη γλωσσική επεξεργασία (Arasanz et al., 2012; CJ & JD, 2010; Ghosh et al., 2008; Murdoch, 2010; Stoodley, 2012). Με την

ανάπτυξη των νευροαπεικονιστικών μεθόδων, κατέστη δυνατή η σύνδεση διαφορετικών περιοχών της παρεγκεφαλίδας με διαφορετικές λειτουργίες. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τον ρόλο της παρεγκεφαλίδας στη σημασιολογική επεξεργασία του λόγου, υπάρχουν ενδείξεις ότι η δομή αυτή εμπλέκεται στη λειτουργία της ανάκλησης, με τις δεξιές κυρίως περιοχές να εμπλέκονται σε αυτή (CJ & JD, 2010; Murdoch, 2010).

6.3 Εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στην επεξεργασία ακουστικών ερεθισμάτων

Όπως ήταν αναμενόμενο, στην αντίθεση μεταξύ ακουστικών και οπτικών έργων, παρατηρήθηκε αυξημένη ενεργοποίηση κροταφικών περιοχών. Η άνω κροταφική έλικα και πιο συγκεκριμένα το κροταφικό πεδίο και ο πρωτοταγής ακουστικός φλοιός παρουσίασαν αυξημένη δραστηριότητα.

Είναι γνωστό ότι ο ανώτερος κροταφικός λοβός σχετίζεται με τη λεκτική και μη λεκτική ακουστική επεξεργασία (Leff et al., 2009; Saygin, Dick, Wilson, Dronkers, & Bates, 2003). Πολλές έρευνες υποστηρίζουν πως οι περιοχές της ανώτερης κροταφικής έλικας συμμετέχουν στην πρώιμη επεξεργασία των ακουστικών ερεθισμάτων, ανεξαρτήτως από το είδος τους, γλωσσικά ή μη, αμφοτερόπλευρα (F. Dick et al., 2011; Giraud et al., 2004; Hickok, Buchsbaum, Humphries, & Muftuler, 2003; Hickok & Poeppel, 2004; Meyer et al., 2005; J. Obleser et al., 2007; Turkeltaub & Branch Coslett, 2010). Η Price, στην ανασκόπηση που πραγματοποίησε το 2012 (Cathy J. Price, 2012), υποστήριξε ότι η δεξιά ανώτερη κροταφική έλικα σχετίζεται περισσότερο με τα προσωδιακά στοιχεία του λόγου ή με μη λεκτικά ερεθίσματα όπως είναι η μουσική, ενώ η ίδια δομή του αριστερού ημισφαιρίου είναι ευαίσθητη σε γρήγορες εναλλαγές των ερεθισμάτων ή στα έργα που προϋποθέτουν τη συμβολή της μνήμης εργασίας, τη χρήση εσωτερικής ομιλίας ή του μηχανισμού φώνησης.

Όσον αφορά τη μέση κροταφική έλικα του δεξιού ημισφαιρίου, η οποία παρουσίασε αυξημένη δραστηριότητα στην παρούσα συνθήκη και με δεδομένη την ύπαρξη έργων κατονομασίας περιβαλλοντικών ήχων, τα ευρήματά μας είναι συμβατά με προηγούμενες έρευνες που υποστηρίζουν τη συμμετοχή της σε έργα που εμπεριέχουν ακουστικά ερεθίσματα απλών και όχι λεκτικών ήχων ή απλών τόνων (Specht & Reul, 2003).

6.4 Εγκεφαλικές δομές που εμπλέκονται στην επεξεργασία οπτικών ερεθισμάτων

Όσον αφορά την τελευταία αντίθεση (οπτικά έργα > ακουστικά έργα), υπήρξε ένα ευρύ δίκτυο εγκεφαλικών δομών που παρουσίασαν αυξημένη ενεργοποίηση. Στο δίκτυο των δομών που συμμετέχουν στην επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων, υψηλότερη ενεργοποίηση παρουσίασαν οι οπτικές περιοχές, και ακολούθως οι περιοχές του βρεγματικού λοβού (πρωτοταγής αισθητικός λοβός, προσφηνοειδής λοβός, υπερχειλία και γωνιώδης έλικα) αλλά και δομές του μετωπιαίου φλοιού (μέση μετωπιαία και προκεντρική έλικα, η καλυπτρική μοίρα του κατώτερου μετωπιαίου λοβού) και υποφλοιώδεις δομές όπως είναι η πρόσθια και η οπίσθια μοίρα της έλικας του προσαγωγίου, ο θάλαμος και η παρεγκεφαλίδα (πρόσθια και οπίσθια μοίρα).

Από τις οπτικές περιοχές, διαπιστώθηκε ότι ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός εμφανίζει αυξημένη ενεργοποίηση, κάτι που έρχεται σε συμφωνία με πληθώρα δεδομένων από προηγούμενες έρευνες, που εμπλέκουν την κοιλιακή του περιοχή με την αναγνώριση αντικειμένων και τη ραχιαία με την οπτική επεξεργασία των κινήσεων και την οπτική προσοχή (Gilbert & Li, 2013). Μια ακόμη δομή που αναδείχθηκε από την παρούσα έρευνα κατά την επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων είναι ο συνειρμικός οπτικός φλοιός. Μια ερμηνεία του ανωτέρω ευρήματος είναι ότι η περιοχή αυτή, σε συνδυασμό με τον προμετωπιαίο φλοιό και τη μέση μετωπιαία έλικα (περιοχές που παρουσιάζουν επίσης αυξημένη ενεργοποίηση στην παρούσα μελέτη) φαίνεται να συμμετέχουν στην οπτική επεξεργασία, ιδιαιτέρως όταν οι απαιτήσεις της προσοχής είναι αυξημένες (Gilbert & Li, 2013; Ungerleider, 2000; Zanto & Gazzaley, 2013). Βέβαια και άλλοι παράγοντες όπως οι προσδοκίες του ατόμου και το είδος του έργου μπορούν να μεταβάλλουν το μοτίβο ενεργοποίησης των παραπάνω εγκεφαλικών δομών, αλλάζοντας τη δυναμική του δικτύου (Gilbert & Li, 2013; Ungerleider, 2000).

Μια δομή που παρατηρήθηκε επίσης να ενεργοποιείται κατά την επιτέλεση οπτικών έργων είναι η αριστερή υπερχειλία έλικα. Το εύρημα αυτό θα μπορούσε να ερμηνευτεί από το κλασικό μοντέλο επεξεργασίας του λόγου σύμφωνα με το οποίο οι γραπτές λέξεις προωθούνται από τις ινιακές περιοχές στις κατώτερες βρεγματικές περιοχές όπως είναι η υπερχειλία έλικα, προκειμένου να αναγνωριστούν (Dejerine, 1891; Stoeckel, Gough, Watkins, & Devlin, 2009). Επιπροσθέτως, σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ασθενείς με οπτική παραμέληση ύστερα από εγκεφαλικό επεισόδιο, διαπιστώθηκε βλάβη στον κατώτερο

βρεγματικό λοβό και πιο συγκεκριμένα στις παραιποκάμπιες περιοχές, στη γωνιώδη και στην υπερχειλία έλικα (Mort et al., 2003).

Εκτός από το ευρύ δίκτυο φλοιϊκών δομών που εμπλέκονται στην επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων διαπιστώθηκε και συμμετοχή υποφλοιωδών δομών και συγκεκριμένα του θαλάμου και της παρεγκεφαλίδας, που διευρύνουν ακόμα περισσότερο το δίκτυο αυτό. Το εύρημά μας είναι σε συμφωνία με προηγούμενες έρευνες (Machner, Sprenger, Kompf, & Heide, 2005; Tomasi, Chang, Caparelli, & Ernst, 2007) και από δεδομένα που εμπλέκουν το θάλαμο και την παρεγκεφαλίδα με τη λειτουργία της οπτικής προσοχής (Hazlett et al., 2001; Machner et al., 2005).

Συνοψίζοντας, αυτό που προκύπτει από την παρούσα έρευνα είναι ότι, όσον αφορά τη φωνολογική επεξεργασία, δομές του μετωπιαίου λοβού (ανώτερη και κατώτερη μετωπιαία έλικα) και του κροταφικού λοβού (ανώτερη και μέση μετωπιαία έλικα) φαίνεται να συμμετέχουν ενεργά και που όπως αναφέρεται στην προϋπάρχουσα βιβλιογραφία, η ενεργοποίηση αυτή επηρεάζεται από παράγοντες όπως είναι η πολυπλοκότητα (Ghosh et al., 2008; Osnes et al., 2011), ο τύπος και οι εκτελεστικές απαιτήσεις των έργων (Papoutsi et al., 2009), καθώς και ο βαθμός εξοικείωσης στα ερεθίσματα (Kotz & Schwartze, 2010b). Όσον αφορά τη σημασιολογική επεξεργασία, προέκυψε ένα ευρύ δίκτυο εγκεφαλικών δομών, το οποίο περιλαμβάνει μετωπιαίες περιοχές (προμετωπιαίο λοβό, συμπληρωματική κινητική περιοχή), βρεγματικές περιοχές (γωνιώδη έλικα, προσφηνοειδές λοβίο), ινιακές περιοχές (σφηνοειδές λοβίο, εξωταινιωτός λοβός, οπίσθια έλικα του προσαγωγίου, ατρακτοειδής έλικα) και άλλες περιοχές όπως το στέλεχος και η παρεγκεφαλίδα. Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τις προϋπάρχουσες έρευνες πλην ελάχιστων εξαιρέσεων, όπως είναι οι οπτικές περιοχές στην αντίθεση που αφορούσε τη σημασιολογία. Βέβαια, όπως έγινε αντιληπτό και από την ετερογένεια των ατομικών αποτελεσμάτων, παράγοντες όπως η δομική και η λειτουργική διαφοροποίηση των δομών μεταξύ υποκειμένων (διατομικές διαφορές) (Mueller et al., 2013), καθώς και παράμετροι όπως ο βαθμός πολυπλοκότητας των ερεθισμάτων μπορούν να επηρεάσουν όχι μόνο το μέγεθος της ενεργοποίησης των διαφόρων δομών, αλλά είναι δυνατό και να μεταβάλλουν το δίκτυο των εγκεφαλικών δομών που συμμετέχουν στο εκάστοτε έργο (Bohland & Guenther, 2006).

6.5 Περιορισμοί έρευνας και μελλοντική έρευνα

Όπως συμβαίνει στις περισσότερες έρευνες, έτσι και σε αυτήν, υπήρξαν κάποιοι βασικοί περιορισμοί. Ένας από αυτούς, ήταν ότι η εξαγωγή των συμπερασμάτων στηρίχτηκε στη μελέτη της γλωσσικής επεξεργασίας σε επίπεδο λέξης. Αυτό φυσικά δεν ανταποκρίνεται σε πραγματικές συνθήκες επικοινωνίας και θα ήταν σκόπιμη η διενέργεια παρόμοιων ερευνών που θα μελετούσαν τη γλωσσική επεξεργασία τουλάχιστον σε επίπεδο πρότασης. Ένας ακόμη περιορισμός της παρούσας έρευνας, ήταν ο χαμηλός αριθμός συμμετεχόντων. Έρευνες έχουν δείξει πως ένας ικανοποιητικός αριθμός συμμετεχόντων για μια νευροαπεικονιστική μελέτη είναι τα 12 άτομα, για $p < 0.05$ (Desmond & Glover, 2002). Στην παρούσα έρευνα, λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων για πιο εκτεταμένη έρευνα, χρησιμοποιήθηκε μικρός αριθμός συμμετεχόντων (8). Πριν την διενέργεια της παρούσας έρευνας, πραγματοποιήθηκε μια πιλοτική έρευνα που είχε ως σκοπό τον έλεγχο της αναγνώρισης των ερεθισμάτων από τον ελληνικό πληθυσμό. Το υψηλό ποσοστό αναγνώρισης των ερεθισμάτων ($>90\%$), επέτρεψε τη χρήση των ίδιων ερεθισμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην αγγλική γλώσσα. Όπως όμως αναφέρθηκε πολλές φορές παραπάνω, παράγοντες όπως η πολυπλοκότητα και ο βαθμός εξοικείωσης με τα ερεθίσματα, επηρεάζουν το δίκτυο δομών που μετέχουν στη γλωσσική επεξεργασία και το βαθμό ενεργοποίησής τους (Hwang et al., 2005; Kotz & Schwartze, 2010b; Cathy J. Price, 2012). Για το λόγο αυτό, θα ήταν σκόπιμο, σε μια μελλοντική έρευνα, να ελεγχθούν οι παράγοντες αυτοί.

Λόγω του περιορισμένου αριθμού παρόμοιων ερευνών στην ελληνική γλώσσα, θα κρινόταν σκόπιμη η διενέργεια παρόμοιων ερευνών και η σύγκρισή τους με μελέτες σε άλλες γλώσσες. Κάτι που θα παρουσίαζε επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι η πραγματοποίηση νευροαπεικονιστικών μελετών σε πληθυσμούς με επίκτητες εγκεφαλικές βλάβες, γεγονός που θα επέτρεπε την κατανόηση του μηχανισμού της ευπλαστότητας του εγκεφάλου και των αντισταθμιστικών νευρωνικών δικτύων που αναπτύσσονται μετά από μια τέτοια βλάβη. Με τον τρόπο αυτό, πιθανότατα να μπορούσε να προβλεφθεί ο βαθμός αποκατάστασης του κάθε ασθενούς, βάσει της περιοχής και του βαθμού της βλάβης και, γιατί όχι, να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα των διαφόρων φαρμακευτικών και συμπεριφορικών θεραπειών.

7 Βιβλιογραφία

1. Σμυρνής, Ν., Μαλογιάννης, Α., Ευδοκίμης, Ι., Παπαθανασίου, Μ., Μαντάς, Α., Μπάρας, Π., Κελέκης, Δ., Χριστοδούλου, Γ. Ν. (2006). Ανάπτυξη της μεθόδου της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας στην Ελλάδα. *Ψυχιατρική*, 16(4), 328–340. Retrieved from <http://www.psych.gr/documents/psychiatry/16.4-GR-2005-328.pdf>
2. Ackermann, H. (2008). Cerebellar contributions to speech production and speech perception: psycholinguistic and neurobiological perspectives. *Trends in Neurosciences*, 31(6), 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.02.011>
3. Alario, F. X., Chainay, H., Lehericy, S., & Cohen, L. (2006). The role of the supplementary motor area (SMA) in word production. *Brain Research*, 1076(1), 129–143. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.104>
4. Ali, N., Green, D. W., Kherif, F., Devlin, J. T., & Price, C. J. (2010). The role of the left head of caudate in suppressing irrelevant words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(10), 2369–2386.
5. Arasan, C. P., Staines, W. R., Roy, E. A., & Schweizer, T. A. (2012). The cerebellum and its role in word generation: A cTBS study. *Cortex*, 48(6), 718–724. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.02.021>
6. Ardila, A., Bernal, B., & Rosselli, M. (2015). Language and visual perception associations: Meta-analytic connectivity modeling of Brodmann area 37. *Behavioural Neurology*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/565871>
7. Benson, R. R., Whalen, D. H., Richardson, M., Swainson, B., Clark, V. P., Lai, S., ... Caplan, D. (2001). Parametrically Dissociating Speech and Nonspeech Perception in the Brain Using fMRI. *Brain and Language*, 78, 364–396. <https://doi.org/10.1006>
8. Binder, J., Desai, R., Graves, W., & Conant, L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 19(12), 2767–2796. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp055>
9. Binder, J., & Price, C. J. (2006). *Handbook of Functional Neuroimaging of Cognition, Second*

Edition. (R. Cabeza & A. Kingstone, Eds.) (second). Cambridge: Cambridge, Mass. : MIT.

10. Binder, J. R., Frost, J. A., Hammeke, T. A., Rao, S. M., & Cox, R. W. (1996). Function of the left planum temporale in auditory and linguistic processing. *Brain*, 119, 1239–1247.
11. Binder, J. R., Gross, W. L., Allendorfer, J. B., Bonilha, L., Chapin, J., Edwards, J. C., ... Weaver, K. E. (2011). Mapping anterior temporal lobe language areas with fMRI: A multicenter normative study. *NeuroImage*, 54(2), 1465–1475. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.09.048>
12. Binder, J. R., Liebenthal, E., Possing, E. T., Medler, D. A., & Ward, B. D. (2004). Neural correlates of sensory and decision processes in auditory object identification. *Nature Neuroscience*, 7(3), 295–301. <https://doi.org/10.1038/nn1198>
13. Birn, R. M., Kenworthy, L., Case, L., Caravella, R., Jones, T. B., Bandettini, P. A., & Martin, A. (2010). Neural systems supporting lexical search guided by letter and semantic category cues: A self-paced overt response fMRI study of verbal fluency. *NeuroImage*, 49(1), 1099–1107. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.07.036>
14. Bohland, J. W., & Guenther, F. H. (2006). An fMRI investigation of syllable sequence production. *NeuroImage*, 32(2), 821–841. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.04.173>
15. Booth, J. R., Burman, D. D., Meyer, J. R., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., & Mesulam, M. M. (2003). Relation between brain activation and lexical performance. *Human Brain Mapping*, 19(3), 155–169. <https://doi.org/10.1002/hbm.10111>
16. Borowsky, R., Esopenko, C., Cummine, J., & Sarty, G. E. (2007). Neural representations of visual words and objects: A functional MRI study on the modularity of reading and object processing. *Brain Topography*, 20(2), 89–96.
17. Broca, P. (1861). Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé suivies d’une observation d’aphemie. *Bull Soc Anthropol*, 6, 330–357. <https://doi.org/10.1038/nature12077>
18. Brodmann, K. (1910). Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 37(12), 783–784. <https://doi.org/10.1097/00005053-191012000-00013>
19. Brown, S., Laird, A. R., Pfordresher, P. Q., Thelen, S. M., Turkeltaub, P., & Liotti, M. (2009). The somatotopy of speech: Phonation and articulation in the human motor cortex. *Brain and Cognition*,

20. Brunamonti, E., Chiricozzi, F. R., Clausi, S., Olivito, G., Giusti, M. A., Molinari, M., ... Leggio, M. (2014). Cerebellar damage impairs executive control and monitoring of movement generation. *PLoS ONE*, 9(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085997>
21. Burton, M. W., Locasto, P. C., Krebs-Noble, D., & Gullapalli, R. P. (2005). A systematic investigation of the functional neuroanatomy of auditory and visual phonological processing. *Neuroimage*, 26(3), 647–661. <https://doi.org/DOI 10.1016/j.neuroimage.2005.02.024>
22. Burton, M. W., Small, S. L., & Blumstein, S. E. (2000). The role of segmentation in phonological processing: an fMRI investigation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(4), 679–690.
23. Callan, D. E., Tsytsarev, V., Hanakawa, T., Callan, A. M., Katsuhara, M., Fukuyama, H., & Turner, R. (2006). Song and speech: brain regions involved with perception and covert production. *NeuroImage*, 31(3), 1327–42. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.01.036>
24. Caramazza, A., & Zurif, E. B. (1976). Dissociation of algorithmic and heuristic processes in language comprehension: Evidence from aphasia. *Brain and Language*, 3(4), 572–582.
25. Carter, R. (2011). *Ο ανθρώπινος εγκέφαλος*. (K. Νάτσης & B. Κωνσταντίνος, Eds.). Αθήνα: Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης ΕΠΕ.
26. Cavanna, A. E., & Trimble, M. R. (2006). The precuneus: A review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*. <https://doi.org/10.1093/brain/awl004>
27. Chang, S. E., Kenney, M. K., Loucks, T. M. J., Poletto, C. J., & Ludlow, C. L. (2009). Common neural substrates support speech and non-speech vocal tract gestures. *NeuroImage*, 47(1), 314–325.
28. CJ, S., & JD, S. (2010). Evidence for topographic organization in the cerebellum of motor control versus cognitive and affective processing. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System & Behavior*, 46(7), 831–844 14p. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2009.11.008>
29. de Zubicaray, G. I., Williams, S. C., Wilson, S. J., Rose, S. E., Brammer, M. J., Bullmore, E. T., ... Doddrell, D. M. (1998). Prefrontal cortex involvement in selective letter generation: a functional magnetic resonance imaging study. *Cortex; a Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 34(3), 389–401. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9669104>

30. Dejerine, J. (1891). Sur un cas de cecite verbale avec agraphie, suivie d'autopsie. *Memoires Societe Biologique*, 3, 197–201.
31. Démonet, J. F., Chollet, F., Ramsay, S., Cardebat, D., Nespoulous, J. L., Wise, R., ... Frackowiak, R. (1992). The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects. *Brain*, 115(6), 1753–1768. <https://doi.org/10.1093/brain/115.6.1753>
32. Desmond, J. E., & Glover, G. H. (2002). Estimating sample size in functional MRI (fMRI) neuroimaging studies: Statistical power analyses. *Journal of Neuroscience Methods*, 118(2), 115–128. [https://doi.org/10.1016/S0165-0270\(02\)00121-8](https://doi.org/10.1016/S0165-0270(02)00121-8)
33. Diaz, M. T., & McCarthy, G. (2009). A comparison of brain activity evoked by single content and function words: An fMRI investigation of implicit word processing. *Brain Research*, 1282, 38–49.
34. Dick, A. S., Goldin-Meadow, S., Hasson, U., Skipper, J. I., & Small, S. L. (2009). Co-speech gestures influence neural activity in brain regions associated with processing semantic information. *Human Brain Mapping*, 30(11), 3509–3526. <https://doi.org/10.1002/hbm.20774>
35. Dick, F., Lee, H. L., Nusbaum, H., & Price, C. J. (2011). Auditory-motor expertise alters “speech selectivity” in professional musicians and actors. *Cerebral Cortex*, 21(4), 938–948. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq166>
36. Durisko, C., & Fiez, J. A. (2010). Functional activation in the cerebellum during working memory and simple speech tasks. *Cortex*, 46(7), 896–906. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2009.09.009>
37. Eckert, M. A., Leonard, C. M., Possing, E. T., & Binder, J. R. (2006). Uncoupled leftward asymmetries for planum morphology and functional language processing. *Brain and Language*, 98(1), 102–111.
38. Elmer, S., Meyer, M., Marrama, L., & Jäncke, L. (2011). Intensive language training and attention modulate the involvement of fronto-parietal regions during a non-verbal auditory discrimination task. *European Journal of Neuroscience*, 34(1), 165–175. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2011.07728.x>
39. Forster, K. I., & Forster, J. C. (2003). DMDX: a windows display program with millisecond accuracy. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 35(1), 116–124.

40. Fridriksson, J., Moser, D., Ryalls, J., Bonilha, L., Rorden, C., & Baylis, G. (2009). Modulation of frontal lobe speech areas associated with the production and perception of speech movements. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research : JSLHR*, 52(3), 812–9.
41. Friston, K. J., Frith, C. D., Turner, R., & Frackowiak, R. S. J. (1995). Characterizing Evoked Hemodynamics with fMRI. *NeuroImage*. <https://doi.org/10.1006/nimg.1995.1018>
42. Frost, M. A., & Goebel, R. (2012). Measuring structural-functional correspondence: Spatial variability of specialised brain regions after macro-anatomical alignment. *NeuroImage*, 59(2), 1369–1381. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.08.035>
43. Gao, W., Elton, A., Zhu, H., Alcauter, S., Smith, J. K., Gilmore, J. H., & Lin, W. (2014). Intersubject variability of and genetic effects on the brain's functional connectivity during infancy. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 34(34), 11288–96. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5072-13.2014>
44. Geschwind, N. (1965). Disconnexion syndromes in animals and man. I. *Brain*, 88, 237–294.
45. Geschwind, N., & Levitsky, W. (1968). Human Brain: Left-Right Asymmetries in Temporal Speech Region. *Source: Science, New Series Brain Series Handbook of Clinical Neurology*, 161(2), 108–293. <https://doi.org/10.1126/science.161.3837.186>
46. Ghosh, S. S., Tourville, J. A., & Guenther, F. H. (2008). A neuroimaging study of premotor lateralization and cerebellar involvement in the production of phonemes and syllables. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research : JSLHR*, 51(5), 1183–202.
47. Gilbert, C. D., & Li, W. (2013). Top-down influences on visual processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(5), 350–363. <https://doi.org/10.1038/nrn3476>
48. Giraud, A. L., Kell, C., Thierfelder, C., Sterzer, P., Russ, M. O., Preibisch, C., & Kleinschmidt, A. (2004). Contributions of Sensory Input, Auditory Search and Verbal Comprehension to Cortical Activity during Speech Processing. *Cerebral Cortex*, 14(3), 247–255. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhg124>
49. Glendenning, K., & Masterton, R. (1998). Comparative morphometry of mammalian central auditory

- systems: variation in nuclei and form of the ascending system. *Brain, Behavior and Evolution*, 51, 59–89. <https://doi.org/10.1159/000006530>
50. Hazlett, E. A., Buchsbaum, M. S., Tang, C. Y., Fleischman, M. B., Wei, T. C., Byne, W., & Haznedar, M. M. (2001). Thalamic activation during an attention-to-prepulse startle modification paradigm: A functional MRI study. *Biological Psychiatry*, 50(4), 281–291. [https://doi.org/10.1016/S0006-3223\(01\)01094-0](https://doi.org/10.1016/S0006-3223(01)01094-0)
 51. Heckers, S., Weiss, A. P., Alpert, N. M., & Schacter, D. L. (2002). Hippocampal and brain stem activation during word retrieval after repeated and semantic encoding. *Cerebral Cortex (New York, N.Y. : 1991)*, 12, 900–907. <https://doi.org/10.1093/cercor/12.9.900>
 52. Heim, S., Eickhoff, S. B., & Amunts, K. (2009). Different roles of cytoarchitectonic BA 44 and BA 45 in phonological and semantic verbal fluency as revealed by dynamic causal modelling. *NeuroImage*, 48(3), 616–624. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.06.044>
 53. Hertrich, I., Dietrich, S., & Ackermann, H. (2016). Title: The role of the supplementary motor area for speech and language processing The role of the supplementary motor area for speech and language processing. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.06.030>
 54. Hickok, G., Buchsbaum, B., Humphries, C., & Muftuler, T. (2003). Auditory–Motor Interaction Revealed by fMRI: Speech, Music, and Working Memory in Area Spt. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(5), 673–682. <https://doi.org/10.1162/jocn.2003.15.5.673>
 55. Hickok, G., & Poeppel, D. (2004). Dorsal and ventral streams: A framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition*, 92(1–2), 67–99. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.10.011>
 56. Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews. Neuroscience*, 8(5), 393–402.
 57. Hwang, J. H., Wu, C. W., Chou, P. H., Liu, T. C., & Chen, J. H. (2005). Hemispheric difference in activation patterns of human auditory-associated cortex: An fMRI study. *ORL*, 67(4), 242–246.
 58. Indefrey, P., & Levelt, W. J. M. (2004). The spatial and temporal signatures of word production

- components. *Cognition*, 92(1–2), 101–144. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2002.06.001>
59. Jobard, G., Vigneau, M., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2007a). Impact of modality and linguistic complexity during reading and listening tasks. *NeuroImage*, 34(2), 784–800. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.06.067>
60. Jobard, G., Vigneau, M., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2007b). Impact of modality and linguistic complexity during reading and listening tasks. *NeuroImage*, 34(2), 784–800.
61. Josephs, K. a, Duffy, J. R., Strand, E. A., Whitwell, J. L., Layton, K. F., Parisi, J. E., ... Jr, C. R. J. (2006). Clinicopathologic and imaging correlates of progressive aphasia and apraxia of speech. *Brain*, 129(6), 1385–1398. <https://doi.org/10.1093/brain/awl078.Clinicopathologic>
62. Kircher, T., Sass, K., Sachs, O., & Krach, S. (2009). Priming words with pictures: Neural correlates of semantic associations in a cross-modal priming task using fMRI. *Human Brain Mapping*, 30(12), 4116–4128.
63. Kotz, S. A., & Schwartz, M. (2010a). Cortical speech processing unplugged: A timely subcortico-cortical framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(9), 392–399.
64. Kotz, S. A., & Schwartz, M. (2010b). Cortical speech processing unplugged: A timely subcortico-cortical framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(9), 392–399. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.06.005>
65. Leech, R., Holt, L. L., Devlin, J. T., & Dick, F. (2009). Expertise with Artificial Nonspeech Sounds Recruits Speech- Sensitive Cortical Regions. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 29(16), 5234–5239.
66. Leff, A. P., Schofield, T. M., Crinion, J. T., Seghier, M. L., Grogan, A., Green, D. W., & Price, C. J. (2009). The left superior temporal gyrus is a shared substrate for auditory short-term memory and speech comprehension: Evidence from 210 patients with stroke. *Brain*, 132(12), 3401–3410. <https://doi.org/10.1093/brain/awp273>
67. Logothetis, N. K., & Wandell, B. a. (2004). Interpreting the BOLD signal. *Annual Review of Physiology*, 66, 735–769. <https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.66.082602.092845>
68. Loucks, T. M. J., Poletto, C. J., Simonyan, K., Reynolds, C. L., & Ludlow, C. L. (2007). Human

- brain activation during phonation and exhalation: Common volitional control for two upper airway functions. *NeuroImage*, 36(1), 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.01.049>
69. Machner, B., Sprenger, A., Kompf, D., & Heide, W. (2005). Cerebellar infarction affects visual search. *Neuroreport*, 16(13), 1507–1511. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000177015.75096.b6>
70. Martin, N. G. (2003). *Νευροψυχολογία: Εγκέφαλος & Συμπεριφορά*. (Λ. Μεσσσήνης & Γ. Αντωνιάδης, Eds.). Περιστέρι: “ΕΛΛΗΝ” Γ. Παρίκος & ΣΙΑ Ε.Ε.
71. McGettigan, C., Warren, J. E., Eisner, F., Marshall, C. R., Shanmugalingam, P., & Scott, S. K. (2011). Neural correlates of sublexical processing in phonological working memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(4), 961–77. <https://doi.org/10.1162/jocn.2010.21491>
72. McGuire, P. K., Silbersweig, D. a, Murray, R. M., David, a S., Frackowiak, R. S., & Frith, C. D. (1996). Functional anatomy of inner speech and auditory verbal imagery. *Psychological Medicine*, 26(1), 29–38. <https://doi.org/10.1017/S0033291700033699>
73. Meister, I. G., Buelte, D., Staedtgen, M., Boroojerdi, B., & Sparing, R. (2009). The dorsal premotor cortex orchestrates concurrent speech and fingertapping movements. *European Journal of Neuroscience*, 29(10), 2074–2082. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.06729.x>
74. Meyer, M., Zysset, S., Von Cramon, D. Y., & Alter, K. (2005). Distinct fMRI responses to laughter, speech, and sounds along the human peri-sylvian cortex. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 291–306.
75. Mirz, F., Ovesen, T., Ishizu, K., Johannsen, P., Madsen, S., Gjedde, a, & Pedersen, C. B. (1999). Stimulus-dependent central processing of auditory stimuli: a PET study. *Scandinavian Audiology*, 28, 161–169.
76. Moore, C. J., & Price, C. J. (1999). Three distinct ventral occipitotemporal regions for reading and object naming. *NeuroImage*, 10(2), 181–92.
77. Mort, D. J., Malhotra, P., Mannan, S. K., Rorden, C., Pambakian, A., Kennard, C., & Husain, M. (2003). The anatomy of visual neglect. *Brain*, 126(9), 1986–1997.
78. Mueller, S., Wang, D., Fox, M. D., Yeo, B. T. T., Sepulcre, J., Sabuncu, M. R., ... Liu, H. (2013). Individual Variability in Functional Connectivity Architecture of the Human Brain. *Neuron*, 77(3), 586–595. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.12.028>

79. Murdoch, B. E. (2010, July). The cerebellum and language: Historical perspective and review. *Cortex*.
80. Noppeney, U., & Price, C. J. (2002). A PET study of stimulus- and task-induced semantic processing. *NeuroImage*, 15(4), 927–935.
81. Obleser, J., Eisner, F., & Kotz, S. a. (2008). Bilateral speech comprehension reflects differential sensitivity to spectral and temporal features. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 28(32), 8116–23.
82. Obleser, J., & Kotz, S. A. (2010). Expectancy constraints in degraded speech modulate the language comprehension network. *Cerebral Cortex*, 20(3), 633–640.
83. Obleser, J., Wise, R. J. S., Dresner, M. A., & Scott, S. K. (2007). Functional integration across brain regions improves speech perception under adverse listening conditions. *J Neurosci*, 27(9), 2283–2289.
84. Osnes, B., Hugdahl, K., & Specht, K. (2011). Effective connectivity analysis demonstrates involvement of premotor cortex during speech perception. *NeuroImage*, 54(3), 2437–2445.
85. Pa, J., & Hickok, G. (2008). A parietal-temporal sensory-motor integration area for the human vocal tract: Evidence from an fMRI study of skilled musicians. *Neuropsychologia*, 46(1), 362–368.
86. Papathanassiou, D., Etard, O., Mellet, E., Zago, L., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2000). A common language network for comprehension and production: a contribution to the definition of language epicenters with PET. *NeuroImage*, 11(4), 347–357.
87. Papoutsis, M., De Zwart, J. A., Jansma, J. M., Pickering, M. J., Bednar, J. A., & Horwitz, B. (2009). From phonemes to articulatory codes: An fMRI study of the role of broca's area in speech production. *Cerebral Cortex*, 19(9), 2156–2165.
88. Peeva, M. G., Guenther, F. H., Tourville, J. A., Nieto-Castanon, A., Anton, J. L., Nazarian, B., & Alario, F. X. (2010). Distinct representations of phonemes, syllables, and supra-syllabic sequences in the speech production network. *NeuroImage*, 50(2), 626–638.
89. Peretz, I., Gosselin, N., Belin, P., Zatorre, R. J., Plailly, J., & Tillmann, B. (2009). Music lexical networks: The cortical organization of music recognition. In *Annals of the New York Academy of*

Sciences (Vol. 1169, pp. 256–265).

90. Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M., & Raichle, M. E. (1988). Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature*, 331(6157), 585–589.
91. Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M., & Raichle, M. E. (1989). Positron emission tomographic studies of the processing of single words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1(MARCH), 153–170.
92. Petrides, B. M., Harvey, D. Y., & Dejerine, J. J. (2015). *Neuroanatomy of Language Regions of the Human Brain. The Journal of Undergraduate Neuroscience Education* (JUNE) (Vol. 13). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405514-8.50002-5>
93. Poldrack, R. A., Temple, E., Protopapas, A., Nagarajan, S., Tallal, P., Merzenich, M., & Gabrieli, J. D. E. (2001). Relations between the neural bases of dynamic auditory processing and phonological processing: evidence from fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(5), 687–697.
94. Price, C. J. (2010, March). The anatomy of language: A review of 100 fMRI studies published in 2009. *Annals of the New York Academy of Sciences*.
95. Price, C. J. (2012). A review and synthesis of the first 20 years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading. *Neuroimage*, 62(2), 816–847. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.062>
96. Price, C. J. (2012, August 15). A review and synthesis of the first 20years of PET and fMRI studies of heard speech, spoken language and reading. *NeuroImage*.
97. Price, C. J., McCrory, E., Noppeney, U., Mechelli, A., Moore, C. J., Biggio, N., & Devlin, J. T. (2006). How reading differs from object naming at the neuronal level. *NeuroImage*, 29(2), 643–648.
98. Rademacher, J., Bürgel, U., Geyer, S., Schormann, T., Schleicher, a, Freund, H. J., & Zilles, K. (2001). Variability and asymmetry in the human precentral motor system. A cytoarchitectonic and myeloarchitectonic brain mapping study. *Brain : A Journal of Neurology*, 124(Pt 11), 2232–2258. <https://doi.org/10.1093/brain/124.11.2232>
99. Raettig, T., & Kotz, S. A. (2008). Auditory processing of different types of pseudo-words: An event-related fMRI study. *NeuroImage*, 39(3), 1420–1428.

100. Rogalsky, C., & Hickok, G. (2009). Selective attention to semantic and syntactic features modulates sentence processing networks in anterior temporal cortex. *Cerebral Cortex*, 19(4), 786–796.
101. Sachs, O., Weis, S., Zellagui, N., Sass, K., Huber, W., Zvyagintsev, M., ... Kircher, T. (2011). How different types of conceptual relations modulate brain activation during semantic priming. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(5), 1263–1273.
102. Saygin, A. P., Dick, F., Wilson, S. W., Dronkers, N. F., & Bates, E. (2003). Neural resources for processing language and environmental sounds: Evidence from aphasia. *Brain*, 126(4), 928–945. <https://doi.org/10.1093/brain/awg082>
103. Schmithorst, V. J., Holland, S. K., & Plante, E. (2006). Cognitive modules utilized for narrative comprehension in children: A functional magnetic resonance imaging study. *NeuroImage*, 29(1), 254–266.
104. Schön, D., Gordon, R., Campagne, A., Magne, C., Astésano, C., Anton, J. L., & Besson, M. (2010). Similar cerebral networks in language, music and song perception. *NeuroImage*, 51(1), 450–461.
105. Schulze, K., Zysset, S., Mueller, K., Friederici, A. D., & Koelsch, S. (2011). Neuroarchitecture of verbal and tonal working memory in nonmusicians and musicians. *Human Brain Mapping*, 32(5), 771–783.
106. Seghier, M. (2012). The Angular Gyrus: Multiple Functions and Multiple Subdivisions. *The Neuroscientist*, 19(1), 43–61.
107. Seghier, M. L., Lazeyras, F., Pegna, A. J., Annoni, J. M., Zimine, I., Mayer, E., ... Khateb, A. (2004). Variability of fMRI activation during a phonological and semantic language task in healthy subjects. *Human Brain Mapping*, 23(3), 140–155. <https://doi.org/10.1002/hbm.20053>
108. Seghier, M. L., & Price, C. J. (2016). Visualising inter-subject variability in fMRI using threshold-weighted overlap maps. *Scientific Reports*, 6(April 2015), 20170. <https://doi.org/10.1038/srep20170>
109. Shah, L. M., Cramer, J. A., Ferguson, M. A., Birn, R. M., & Anderson, J. S. (2016).

Reliability and reproducibility of individual differences in functional connectivity acquired during task and resting state. *Brain and Behavior*, 6(5). <https://doi.org/10.1002/brb3.456>

110. Spalek, K., & Thompson-Schill, S. L. (2008). Task-dependent semantic interference in language production: An fMRI study. *Brain and Language*, 107(3), 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2008.05.005>
111. Specht, K., & Reul, J. (2003). Functional segregation of the temporal lobes into highly differentiated subsystems for auditory perception: An auditory rapid event-related fMRI-task. *NeuroImage*, 20(4), 1944–1954. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.07.034>
112. Stoeckel, C., Gough, P. M., Watkins, K. E., & Devlin, J. T. (2009). Supramarginal gyrus involvement in visual word recognition. *Cortex*, 45(9), 1091–1096.
113. Stoodley, C. J. (2012). The cerebellum and cognition: Evidence from functional imaging studies. In *Cerebellum* (Vol. 11, pp. 352–365). <https://doi.org/10.1007/s12311-011-0260-7>
114. Thierry, G., & Price, C. J. (2006). Dissociating verbal and nonverbal conceptual processing in the human brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 1018–1028.
115. Tomasi, D., Chang, L., Caparelli, E. C., & Ernst, T. (2007). Different activation patterns for working memory load and visual attention load. *Brain Research*, 1132(1), 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.11.030>
116. Tremblay, P., & Gracco, V. L. (2010). On the selection of words and oral motor responses: Evidence of a response-independent fronto-parietal network. *Cortex*, 46(1), 15–28.
117. Turkeltaub, P. E., & Branch Coslett, H. (2010). Localization of sublexical speech perception components. *Brain and Language*, 114(1), 1–15.
118. Tyler, L. K., Shafto, M. A., Randall, B., Wright, P., Marslen-Wilson, W. D., & Stamatakis, E. A. (2010). Preserving syntactic processing across the adult life span: The modulation of the frontotemporal language system in the context of age-related atrophy. *Cerebral Cortex*, 20(2), 352–364.
119. Ungerleider, S. K. and L. G. (2000). Mechanisms of Visual Attention in the Human Cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 23(1), 315–341. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.23.1.315>

120. Van Essen, D. C., & Dierker, D. L. (2007). Surface-based and probabilistic atlases of primate cerebral cortex. *Neuron*, 56(2), 209–225. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.10.015>
121. Vandenberghe, R., Price, C., Wise, R., Josephs, O., & Frackowiak, R. S. (1996). Functional anatomy of a common semantic system for words and pictures. *Nature*.
122. Vigneau, M., Beaucousin, V., Hervé, P. Y., Jobard, G., Petit, L., Crivello, F., ... Tzourio-Mazoyer, N. (2011, January 1). What is right-hemisphere contribution to phonological, lexico-semantic, and sentence processing? Insights from a meta-analysis. *NeuroImage*.
123. Visser, M., & Lambon Ralph, M. a. (2011). Differential contributions of bilateral ventral anterior temporal lobe and left anterior superior temporal gyrus to semantic processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(10), 3121–3131.
124. Wernicke, C. (1874a). *Der Aphasische Symptomencomplex*. Breslau. Max Cohn & Weigert. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-65950-8>
125. Wernicke, C. (1874b). *Der aphasische Symptomencomplex. Eine psychologische Studie auf anatomischer Basis. Wernicke's work on aphasia*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-65950-8>
126. Whitney, C., Jefferies, E., & Kircher, T. (2011). Heterogeneity of the left temporal lobe in semantic representation and control: Priming multiple versus single meanings of ambiguous words. *Cerebral Cortex*, 21(4), 831–844.
127. Whitney, C., Weis, S., Krings, T., Huber, W., Grossman, M., & Kircher, T. (2008). Task-dependent Modulations of Prefrontal and Hippocampal Activity during Intrinsic Word Production. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(4), 697–712.
128. Wilson, S. M., Isenberg, A. L., & Hickok, G. (2009). Neural correlates of word production stages delineated by parametric modulation of psycholinguistic variables. *Human Brain Mapping*, 30(11), 3596–3608.
129. Wilson, S. M., Saygin, A. P., Sereno, M. I., & Iacoboni, M. (2004). Listening to speech activates motor areas involved in speech production. *Nature Neuroscience*, 7(7), 701–702. <https://doi.org/10.1038/nn1263>
130. Zanto, T. P., & Gazzaley, A. (2013, December). Fronto-parietal network: Flexible hub of

cognitive control. *Trends in Cognitive Sciences*.

131. Zhang, L., Shu, H., Zhou, F., Wang, X., & Li, P. (2010). Common and distinct neural substrates for the perception of speech rhythm and intonation. *Human Brain Mapping*, 31(7), 1106–1116. <https://doi.org/10.1002/hbm.20922>

8 Παραρτήματα

8.1 Ατομικά αποτελέσματα- φωνολογικά έργα> μη φωνολογικά έργα

ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΦΩΝΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ (p<0,001/ 5 voxel)

Συμμετέχοντας 1

χωρίς αυξημένη ενεργοποίηση

Συμμετέχοντας 2

χωρίς αυξημένη ενεργοποίηση

Συμμετέχοντας 3

χωρίς αυξημένη ενεργοποίηση

Συμμετέχοντας 4

ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ

ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(MNI)

T

BRODMANN

AREA

(AP-ΔΕ)

X

Y

Z

voxel

BA

ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ

Προκεντρική έλικα

(AP)

-57

2

7

3,91

(BA6)

(AP)

-39

2

25

3,28

(BA6)

Προκεντρική έλικα

(AP)

-57

-7

13

3,32

(BA43)

(AP)

-45

-10

28

3,68

Προμετωπιαίος λοβός

(AP)

-33

8

28

3,30

(BA8)

(ΔΕ)

24

29

52

3,16

(BA8)

Συμμετέχοντας 5

ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ

ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(MNI)

T

BRODMANN

AREA

(AP-ΔΕ)

X

Y

Z

voxel

BA

ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ

-

Πρωτοταγής κινητικός φλοιός	(ΔΕ)	45	-7	16	4,55	(BA4)
	(ΔΕ)	63	-7	25	4,24	(BA4)
	(ΑΡ)	-57	-4	22	3,77	(BA4)
Προκεντρική έλικα	(ΑΡ)	-3	-4	61	4,33	(BA6)
	(ΔΕ)	6	-10	64	3,49	(BA6)
	(ΔΕ)	18	-10	64	3,21	(BA6)
Κατώτερος κινητικός φλοιός- τριγωνική μοίρα	(ΑΡ)	-39	20	10	4,13	(BA45)
Μέση μετωπιαία έλικα	(ΑΡ)	-45	50	4	3,52	(BA46)
Προμετωπιαίος λοβός	(ΔΕ)	21	65	4	3,29	(BA10)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(ΔΕ)	57	-28	13	4,71	(BA41)
	(ΔΕ)	66	-16	7	4,31	(BA41)
	(ΑΡ)	-60	-16	7	3,88	(BA41)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(ΑΡ)	-60	-1	-2	3,77	(BA22)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Μετακεντρική έλικα	(ΔΕ)	54	-22	22	5,10	
Γωνιώδης έλικα	(ΑΡ)	-33	-55	43	3,51	(BA39)
<u>ΛΟΠΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u> -						
Νήσος του Reil	(ΑΡ)	-33	26	1	3,27	(BA13)
<u>Συμμετέχοντας_6</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
		(MNI)				AREA
	(ΑΡ-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Μέση μετωπιαία έλικα	(ΔΕ)	12	2	55	3,70	
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						

Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(ΔΕ)	57	-4	-8	3,70	(BA22)
Συμμετέχοντας_7						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Προκεντρική έλικα	(AP)	-57	8	40	4,42	(BA6)
Μέση μετωπιαία έλικα	(ΔΕ)	54	41	4	4,12	(BA46)
	(ΔΕ)	45	38	7	3,65	(BA46)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Μέση κροταφική έλικα	(AP)	-60	-1	-14	3,97	
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Μετακεντρική έλικα	(ΔΕ)	66	-16	31	4,03	(BA3)
Συμμετέχοντας_8						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Προμετωπιαίος λοβός	(AP)	-15	41	40	3,79	(BA8)
	(AP)	-21	-91	-17	3,31	(BA8)
	(ΔΕ)	15	44	16	3,47	(BA9)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Γωνιώδης έλικα	(ΔΕ)	54	-67	25	3,84	(BA39)
	(ΔΕ)	54	-55	25	3,52	(BA39)
	(AP)	-39	-73	31	3,54	(BA39)
	(AP)	-36	-61	28	3,45	(BA39)

ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

-

Εξωταινιωτός λοβός	(ΔΕ)	0	-85	34	3,49	(BA19)
--------------------	------	---	-----	----	------	--------

8.2 Ατομικά αποτελέσματα- σημασιολογικά έργα> μη σημασιολογικά έργα

ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΜΗ ΣΗΜΑΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΡΓΑ (0,001/ 5 voxel)

Συμμετέχοντας 1

ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA

ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ

Προμετωπιαίος λοβός	(AP)	-6	71	1	4,47	(BA10)
	(AP)	-27	17	46	3,24	(BA8)
	(AP)	-24	53	-14	4,00	(BA10)
	(ΔΕ)	15	71	4	4,26	(BA10)
Μέση μετωπιαία έλικα	(AP)	-33	11	55	4,29	
	(AP)	-42	26	19	3,85	(BA46)
Προκεντρική έλικα	(AP)	-42	5	46	4,21	(BA6)
	(ΔΕ)	42	-7	28	3,46	

ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(AP)	-54	8	-8	3,62	(BA22)
Κροταφονιακή περιοχή	(ΔΕ)	54	-46	5	3,85	(BA37)

ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

-

Προσφηνοειδές λοβίο	(ΔΕ)	12	-76	49	5,30	(BA7)
	(AP)	-24	-55	61	3,74	(BA7)
Γωνιώδης έλικα	(ΔΕ)	30	-85	28	5,35	(BA39)

ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

-

Πρωτοταγής οπτικός φλοιός	(ΔΕ)	15	-79	4	3,73	(BA17)
Εξωταινιωτός λοβός	(ΑΡ)	-51	-70	7	4,34	(BA19)
<u>ΛΟΠΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u> -						
Παρεγκεφαλίδα- οπίσθια μοίρα	(ΑΡ)	-21	-76	-20	5,37	
Κέλυφος	(ΑΡ)	-21	17	-8	4,24	(BA49)
Έλικα του προσαγωγίου- οπίσθιο τμήμα	(ΑΡ)	-3	-43	4	5,20	
	(ΑΡ)	-12	-46	28	3,65	(BA23)
	(ΑΡ)	-3	-46	22	3,42	(BA23)
Στέλεχος	(ΑΡ)	-15	-16	-14	4,84	
Παραϊπποκάμπια έλικα	(ΔΕ)	15	-31	-11	4,65	(BA36)
Θάλαμος	(ΑΡ)	-3	-7	7	3,58	(BA50)
	(ΔΕ)	0	-16	10	4,83	(BA50)
<u>Συμμετέχοντας_2</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(ΑΡ-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Κατώτερος κινητικός φλοιός- κογχική μοίρα	(ΔΕ)	42	5	13	3,67	(BA44)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Κατώτερο βρεγματικό λοβίο	(ΑΡ)	45	-25	28	3,71	
Προσφηνοειδές λοβίο	(ΔΕ)	21	-49	31	4,51	(BA7)
	(ΔΕ)	18	-52	40	3,64	(BA7)
<u>Συμμετέχοντας_3</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(ΑΡ-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA

ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ

Κατώτερος κινητικός φλοιός- καλυπτρική μοίρα	(ΔΕ)	51	38	-11	3,14	(BA47)
--	------	----	----	-----	------	--------

ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

-

Γωνιώδης έλικα	(ΑΡ)	-48	-67	28	3,32	(BA39)
----------------	------	-----	-----	----	------	--------

(ΔΕ)

42

-61

40

3,11

(BA39)

(ΔΕ)

45

-61

25

3,14

(BA39)

(ΔΕ)

48

-64

22

3,58

(BA39)

ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

-

Εξωταινιωτός λοβός	(ΔΕ)	30	-85	-20	3,13	(BA18)
--------------------	------	----	-----	-----	------	--------

Συμμετέχοντας_4ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ

ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(MNI)

T

BRODMANN

AREA

(ΑΡ-ΔΕ)

X

Y

Z

voxel

BA

ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

-

Πρωτοταγής αισθητικός φλοιός	(ΔΕ)	51	-16	31	3,90	(BA1)
------------------------------	------	----	-----	----	------	-------

Συμμετέχοντας_5ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ

ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(MNI)

T

BRODMANN

AREA

(ΑΡ-ΔΕ)

X

Y

Z

voxel

BA

ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

-

Έλικα του προσαγωγίου- οπίσθιο τμήμα	(ΑΡ)	-15	-31	31	3,49	
--------------------------------------	------	-----	-----	----	------	--

Ραχιαία ενδορινική περιοχή	(ΑΡ)	-30	2	-17	3,45	(BA34)
----------------------------	------	-----	---	-----	------	--------

(ΔΕ)

33

5

-14

3,77

(BA34)

Συμμετέχοντας_6ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ

ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ

ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ

(MNI)

T

BRODMANN

AREA

	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Προμετωπιαίος λοβός	(AP)	-9	44	49	3,66	(BA8)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Προσφηνοειδές λοβίο	(AP)	-3	-67	43	3,46	(BA7)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Εξωταινιωτός λοβός	(AP)	-15	-61	13	3,74	(BA18)
	(AP)	-42	-76	19	3,72	(BA19)
Συμμετέχοντας_7						
χωρίς αυξημένη ενεργοποίηση						
Συμμετέχοντας_8						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΛΟΠΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u> -						
Έλικα του προσαγωγίου- οπίσθιο τμήμα	(AP)	-12	-58	28	3,94	(BA31)
	(AP)	-21	-61	16	3,87	

8.3
 Ατομικά αποτελέσματα- ακουστικά έργα> οπτικά έργα

ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ (0,001/ 5 voxel)						
<u>Συμμετέχοντας_1</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(ΔΕ)	69	-19	7	5,20	(BA41)

	(ΔΕ)	57	-13	4	5,03	(BA41)
	(ΔΕ)	57	-25	10	4,61	(BA41)
	(ΑΡ)	-54	-19	4	4,90	(BA41)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(ΑΡ)	-42	-22	-2	3,16	(BA22)
	(ΔΕ)	66	-13	-11	3,47	(BA22)
<u>Συμμετέχοντας_2</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(ΑΡ-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Προμετωπιαίος λοβός	(ΔΕ)	27	47	4	3,37	(BA10)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(ΑΡ)	-51	-22	4	4,37	(BA41)
	(ΔΕ)	66	-16	7	3,51	(BA41)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(ΑΡ)	-63	-28	7	4,36	(BA22)
	(ΔΕ)	57	-31	4	3,89	(BA22)
Μέση κροταφική έλικα	(ΑΡ)	-63	-22	-2	3,63	(BA21)
<u>Συμμετέχοντας_3</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(ΑΡ-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(ΔΕ)	60	-19	4	3,64	(BA41)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(ΑΡ)	-54	-13	-2	4,89	(BA22)
	(ΑΡ)	-54	-31	10	3,52	(BA22)
	(ΔΕ)	57	-40	7	3,55	(BA22)

	(ΔΕ)	69	-28	1	3,20	(BA22)
	(ΔΕ)	51	-22	1	3,70	(BA22)
Μέση κροταφική έλικα	(ΔΕ)	69	-37	4	3,76	(BA21)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> - - - - -						
Υπερχείλια έλικα	(ΑΡ)	-39	-34	22	3,79	(BA40)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Πρωτοταγής οπτικός φλοιός	(ΑΡ)	-18	-70	7	3,67	(BA17)
-	(ΔΕ)	21	-73	10	3,85	(BA17)
Εξωταινιωτός λοβός	(ΑΡ)	-24	-58	-2	3,56	(BA19)
<u>Συμμετέχοντας 4</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(ΑΡ-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Προκεντρική έλικα	(ΑΡ)	-60	-1	28	4,33	(BA6)
Προμετωπιαίος λοβός	(ΑΡ)	-36	56	4	4,54	(BA10)
	(ΑΡ)	-42	41	19	3,81	(BA10)
	(ΑΡ)	-24	65	10	3,65	(BA10)
Έλικα του προσαγωγίου- πρόσθιο τμήμα	(ΑΡ)	-6	23	28	3,78	(BA32)
	(ΔΕ)	9	23	25	4,00	(BA32)
	(ΔΕ)	3	20	31	3,99	(BA32)
Κατώτερος κινητικός φλοιός- τριγωνική μοίρα	(ΑΡ)	-45	32	-2	4,58	(BA45)
	(ΑΡ)	-30	32	4	3,79	(BA45)
	(ΑΡ)	-39	20	4	4,44	(BA45)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Μέση κροταφική έλικα	(ΔΕ)	69	-31	-2	4,98	(BA21)

Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(AP)	-54	-16	-5	4,32	(BA22)
	(ΔΕ)	57	-13	-8	4,11	(BA22)
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(ΔΕ)	51	-25	10	6,60	(BA41)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> - - - - -						
Πρωτοταγής αισθητικός φλοιός	(AP)	-39	-25	19	5,40	(BA1)
Υπερχείλια έλικα	(AP)	-54	-19	13	5,41	(BA40)
	(AP)	-45	-31	13	5,13	(BA40)
<u>Συμμετέχοντας 5</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	(MNI)			voxel	AREA
		X	Y	Z		BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Προκεντρική έλικα	(ΔΕ)	9	26	64	5,18	(BA6)
	(ΔΕ)	24	8	67	4,17	(BA6)
Προμετωπιαίος λοβός	(ΔΕ)	18	44	46	5,41	(BA8)
	(AP)	-3	56	40	3,45	(BA9)
	(ΔΕ)	0	50	46	3,38	(BA9)
	(ΔΕ)	45	32	37	4,84	(BA9)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Παραϊπποκαμπια έλικα	(AP)	-30	-16	-32	4,00	(BA36)
Μέση κροταφική έλικα	(AP)	-54	-10	-23	3,29	(BA21)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(AP)	-51	10	-5	3,83	(BA22)
	(ΔΕ)	48	-22	-5	3,87	(BA22)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Μετακεντρική έλικα	(AP)	-39	-19	28	4,46	
Γωνιώδης έλικα	(AP)	-51	-43	37	4,53	(BA39)

	(AP)	-42	-55	43	3,79	(BA39)
Υπερχείλια έλικα	(AP)	-42	-43	34	4,29	(BA40)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Εξωταινιωτός λοβός	(AP)	-27	-94	-8	4,86	(BA18)
<u>Συμμετέχοντας_6</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	(MNI)				AREA
		X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Κατώτερος κινητικός φλοιός- τριγωνική μοίρα	(ΔΕ)	45	26	4	4,64	(BA45)
Κατώτερος κινητικός φλοιός- κογχική μοίρα	(ΔΕ)	33	14	22	4,41	(BA44)
Κατώτερος κινητικός φλοιός- καλυπτρική μοίρα	(AP)	-30	26	-11	3,95	(BA47)
	(ΔΕ)	39	32	-5	4,51	(BA47)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(AP)	-48	-25	7	5,88	(BA41)
	(ΔΕ)	63	-16	4	6,80	(BA41)
	(ΔΕ)	60	-28	7	6,12	(BA41)
	(ΔΕ)	51	-22	4	5,47	(BA41)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(AP)	-57	-19	1	6,55	(BA22)
	(AP)	-54	-10	-2	5,86	(BA22)
<u>Συμμετέχοντας_7</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	(MNI)				AREA
		X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Πρωτοταγής ακουστικός φλοιός	(AP)	-48	-34	13	4,16	(BA41)

	(AP)	-57	-16	7	4,44	(BA41)
	(ΔΕ)	57	-16	7	3,59	(BA41)
	(ΔΕ)	69	-25	7	3,75	(BA41)
Κροταφικό πεδίο/ περιοχή Wernicke	(ΔΕ)	66	-34	7	3,47	(BA22)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Υπερχείλια έλικα	(AP)	-60	-28	16	3,89	(BA40)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Εξωταινιωτός λοβός	(AP)	-3	-82	31		(BA19)
Συμμετέχοντας_8						
χωρίς αυξημένη ενεργοποίηση						

8.4
Ατομικά αποτελέσματα- οπτικά έργα> ακουστικά έργα

ΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑ> ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑ (0,001/ 5 voxel)						
<u>Συμμετέχοντας_1</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	AREA BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Προμετωπιαίος λοβός	(AP)	-6	41	52	3,35	(BA8)
	(ΔΕ)	39	5	34	4,20	(BA8)
	(AP)	-6	50	40	4,06	(BA9)
	(AP)	-6	65	1	4,01	(BA10)
	(ΔΕ)	9	65	1	3,41	(BA10)
	(ΔΕ)	18	56	16	3,85	(BA10)
	(AP)	-21	47	-17	3,46	(BA11)

	(ΔΕ)	15	32	-17	3,89	(BA11)
Προκεντρική έλικά	(ΔΕ)	42	-7	55	5,00	(BA6)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Κροταφοινιακή περιοχή	(AP)	-45	-64	-8	7,73	(BA37)
	(ΔΕ)	36	-73	-14	8,47	(BA37)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Εξωταινιωτός λοβός	(AP)	-33	-79	-8	7,63	(BA19)
	(AP)	-27	-85	-2	7,44	(BA19)
	(ΔΕ)	36	-82	1	8,20	(BA18)
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u>						
Οπίσθιο τμήμα της έλικας του προσαγωγίου	(AP)	-6	-46	22	4,25	(BA23)
	(AP)	-12	-49	28	4,11	(BA23)
	(AP)	-12	-49	28	4,11	(BA23)
	(AP)	-3	-37	43	3,74	(BA31)
Πρόσθιο τμήμα της νήσος του Reil	(ΔΕ)	39	2	-2	3,35	(BA13)
	(ΔΕ)	36	-4	10	3,32	(BA13)
Παραϊπποκάμπια έλικά	(ΔΕ)	21	-28	-8	3,86	(BA36)
<u>Συμμετέχοντας 2</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ				BRODMANN
		(MNI)			T	AREA
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Προμετωπιαίος λοβός	(ΔΕ)	21	56	-11	4,25	(BA10)
	(ΔΕ)	12	23	-17	3,34	(BA11)
Προκεντρική έλικά	(AP)	-54	-1	37	4,19	(BA6)
	(ΔΕ)	54	5	28	4,02	(BA6)

ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

Κατώτερος κροταφικός λοβός	(AP)	-51	-25	-17	4,18	(BA20)
----------------------------	------	-----	-----	-----	------	--------

ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

Γωνιώδης έλικα	(AP)	-24	-76	28	5,28	(BA39)
----------------	------	-----	-----	----	------	--------

Προσφηγοειδές λοβίο	(AP)	-24	-52	43	5,40	(BA7)
---------------------	------	-----	-----	----	------	-------

ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

Εξωταινωτός λοβός	(ΔΕ)	33	-79	1	5,86	(BA18)
-------------------	------	----	-----	---	------	--------

	(AP)	-33	-82	-20	5,19	(BA19)
--	------	-----	-----	-----	------	--------

	(AP)	-42	-79	-5	5,14	(BA19)
--	------	-----	-----	----	------	--------

	(ΔΕ)	39	-73	-11	5,56	(BA19)
--	------	----	-----	-----	------	--------

	(ΔΕ)	27	-79	28	4,55	(BA19)
--	------	----	-----	----	------	--------

ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Βασικά γάγγλια (κέλυφος)	(AP)	-27	5	-5	3,72	(BA49)
--------------------------	------	-----	---	----	------	--------

Συμμετέχοντας 3

<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	(MNI)			voxel	AREA
		X	Y	Z		BA

ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ

Προμετωπιαίος λοβός	(AP)	-42	50	-8	3,95	(BA10)
---------------------	------	-----	----	----	------	--------

	(ΔΕ)	30	50	-11	3,55	(BA10)
--	------	----	----	-----	------	--------

Κατώτερος κινητικός φλοιός (καλυπτική μοίρα)	(AP)	-30	38	-14	3,67	(BA47)
--	------	-----	----	-----	------	--------

	(AP)	-27	17	-23	3,51	(BA47)
--	------	-----	----	-----	------	--------

	(AP)	-36	20	-20	3,23	(BA47)
--	------	-----	----	-----	------	--------

	(ΔΕ)	39	44	-11	3,40	(BA47)
--	------	----	----	-----	------	--------

ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

Κροταφικό λοβίο	(ΔΕ)	30	14	-29	3,58	(BA38)
-----------------	------	----	----	-----	------	--------

Μέση κροταφική έλικα	(AP)	-45	-10	-23	3,40	(BA21)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Πρωτοταγής αισθητικός φλοιός	(AP)	-36	-25	43	3,55	(BA1)
Γωνιώδης έλικα	(ΔΕ)	30	-70	31	5,19	(BA39)
Προσφηνοειδές λοβίο	(AP)	-24	-64	43	6,45	(BA7)
	(AP)	-27	-67	58	3,44	(BA7)
	(AP)	-30	-58	55	3,61	(BA7)
	(ΔΕ)	21	-61	43	6,25	(BA7)
	(ΔΕ)	27	-76	46	4,60	(BA7)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Εξωταινιωτός λοβός	(AP)	-27	-91	-5	7,29	(BA18)
	(ΔΕ)	21	-88	-8	8,10	(BA18)
	(ΔΕ)	18	-94	4	6,22	(BA18)
	(AP)	-42	-79	-5	6,41	(BA19)
	(ΔΕ)	36	-82	-11	6,29	(BA19)
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u> - - - - -						
Κροταφονιακή περιοχή	(AP)	-48	-70	-11	6,88	(BA37)
Παραϊπποκάμπια έλικα	(AP)	-36	-25	-23	4,25	(BA36)
Πρόσθιο τμήμα της έλικας του προσαγωγίου	(AP)	-6	-1	40	3,77	(BA24)
	(AP)	-6	-10	43	3,47	(BA24)
Μεσολόβιο	(ΔΕ)	12	29	-5	3,49	
	ΜΕΣΟ	0	20	-5	3,45	
<u>Συμμετέχοντας 4</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (MNI)			T	BRODMANN AREA
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA

ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ

Πρωτοταγής κινητικός φλοιός	(ΔΕ)	48	-16	55	3,47	(BA4)
Προμετωπιαίος λοβός	(ΑΡ)	-21	41	-17	4,02	(BA11)
	(ΑΡ)	-12	26	-14	3,93	(BA11)
Προκεντρική έλικα	(ΔΕ)	54	-10	46	3,22	(BA6)
Κατώτερος κινητικός φλοιός- καλυπτρική μοίρα	(ΑΡ)	-39	26	-11	3,99	(BA47)

ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

Γωνιώδης έλικα	(ΔΕ)	36	-76	28	6,29	(BA39)
Προσφηνοειδές λοβίο	(ΑΡ)	-24	-76	31	5,11	(BA7)
	(ΔΕ)	33	-61	58	3,95	(BA7)
Μετακεντρική έλικα	(ΔΕ)	54	-28	55	3,75	(BA2)

ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ

Εξωταινιωτός λοβός	(ΑΡ)	-27	-91	-8	6,08	(BA18)
	(ΑΡ)	-33	-85	1	5,84	(BA18)
	(ΔΕ)	33	-85	7	5,95	(BA18)
	(ΔΕ)	36	-85	-2	6,56	(BA18)
	(ΑΡ)	-30	-79	-14	5,44	(BA19)
	(ΑΡ)	-30	-85	19	4,17	(BA19)

ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Παρεγκεφαλίδα- πρόσθια μοίρα	(ΑΡ)	30	-34	-29	4,16	
------------------------------	------	----	-----	-----	------	--

Συμμετέχοντας 5

<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(ΑΡ-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA

ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ

Προμετωπιαίος λοβός	(ΑΡ)	-15	65	-8	3,87	(BA10)
---------------------	------	-----	----	----	------	--------

	(ΔΕ)	51	23	25	3,63	(BA9)
	(ΔΕ)	42	32	22	3,44	(BA9)
Πρωτοταγής κινητικός φλοιός	(AP)	-36	-7	13	4,01	(BA4)
Προκεντρική έλικα	(ΔΕ)	24	-10	58	4,13	(BA6)
	(ΔΕ)	33	-16	64	3,99	(BA6)
	(ΔΕ)	6	-10	64	4,00	(BA6)
	(ΔΕ)	15	17	61	3,72	(BA6)
	(ΔΕ)	15	23	55	3,71	(BA6)
Μέση μετωπιαία έλικα	(ΔΕ)	12	-19	64	3,68	
Κατώτερος κινητικός φλοιός- κογχική μοίρα	(AP)	-51	17	10	3,63	(BA44)
	(ΔΕ)	54	14	28	3,50	(BA44)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Κατώτερος κροταφικός λοβός	(AP)	-42	2	-38	3,76	(BA20)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Υπερχείλια έλικα	(ΔΕ)	54	-22	25	3,95	(BA40)
Πρωτοταγής αισθητικός φλοιός	(AP)	-36	-28	19	4,55	(BA1)
	(AP)	-54	-16	13	3,66	(BA1)
Γωνιώδης έλικα	(AP)	-33	-79	37	5,05	(BA39)
	(AP)	-33	-73	46	4,22	(BA39)
	(AP)	-42	-64	19	4,01	(BA39)
	(ΔΕ)	36	-76	31	4,21	(BA39)
Προσφηνοειδές λοβίο	(AP)	-33	-64	55	4,32	(BA7)
	(AP)	-6	-73	61	3,80	(BA7)
	(ΔΕ)	6	-52	73	3,78	(BA7)
	(ΔΕ)	9	-70	64	3,72	(BA7)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						

Εξωταινιωτός λοβός	(AP)	-30	-79	-2	4,49	(BA18)
	(ΔΕ)	21	-85	-5	3,98	(BA18)
	(AP)	-33	-79	13	4,92	(BA19)
	(ΔΕ)	42	-73	-5	4,30	(BA19)
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u> - - - - -						
Κροταφονιακή περιοχή	(AP)	-42	-61	-5	5,39	(BA37)
	(ΔΕ)	48	-67	-8	4,67	(BA37)
<u>Συμμετέχοντας_6</u>						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
		(MNI)				AREA
	(AP-ΔΕ)	X	Y	Z	voxel	BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Προκεντρική έλικα	(AP)	-27	-7	49	4,22	(BA6)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Προσφηνοειδές λοβίο	(AP)	-24	-67	31	4,92	(BA7)
	(AP)	-27	-70	46	4,21	(BA7)
	(ΔΕ)	24	-61	58	5,84	(BA7)
	(ΔΕ)	21	-70	64	4,15	(BA7)
	(ΔΕ)	30	-52	55	3,86	(BA7)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Εξωταινιωτός λοβός	(ΔΕ)	33	-82	-2	6,09	(BA18)
	(AP)	-27	-76	-20	6,35	(BA19)
	(AP)	-30	-73	22	3,52	(BA19)
	(AP)	-42	-70	-5	4,66	(BA19)
	(AP)	-39	-67	-20	4,77	(BA19)
	(ΔΕ)	33	-82	13	6,01	(BA19)

Πρωτοταγής οπτικός φλοιός	(ΔΕ)	21	-88	4	6,95	(BA17)
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u> - - - - -						
Έλικα του προσαγωγίου- μεσαίο τμήμα	(AP)	-18	-10	46	3,86	
Παραιπποκάμπια έλικα	(AP)	-21	-31	-8	4,04	(BA36)
Συμμετέχοντας_7						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	(MNI)			voxel	AREA
		X	Y	Z		BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Προκεντρική έλικα	(AP)	-48	-1	37	4,52	(BA6)
	(ΔΕ)	39	-10	46	5,88	(BA6)
	(ΔΕ)	39	-10	46		(BA6)
Ανώτερη μετωπιαία έλικα	(AP)	-21	38	52	3,75	
Κατώτερος κινητικός φλοιός- καλυπτρική μοίρα	(ΔΕ)	39	32	-17	3,66	(BA47)
	(ΔΕ)	27	44	-17	3,43	(BA47)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> -						
Προσφηνοειδές λοβίο	(AP)	-30	-49	46	5,46	(BA7)
	(ΔΕ)	27	-43	46		(BA7)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> - - - - -						
Εξωταινιωτός λοβός	(ΔΕ)	21	-97	16	8,74	(BA18)
	(ΔΕ)	42	-85	4	8,11	(BA18)
	(AP)	-42	-85	-8	8,15	(BA19)
	(AP)	-48	-76	-5	8,61	(BA19)
	(AP)	-45	-67	-8	8,16	(BA19)
	(ΔΕ)	39	-79	-17	6,45	(BA19)
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u> - - - - -						

Έλικά του προσαγωγίου- πρόσθιο τμήμα	(AP)	-3	32	22	4,41	(BA32)
	(ΔΕ)	3	5	-11	3,41	(BA25)
Έλικά του προσαγωγίου	(ΔΕ)	3	17	-14	3,71	
Έλικας του προσαγωγίου- οπίσθιο τμήμα	(AP)	-6	-46	34	3,27	(BA23)
	(ΔΕ)	3	-46	31	3,21	(BA23)
	(ΔΕ)	3	-49	22	3,18	(BA23)
Συμμετέχοντας_8						
<u>ΛΟΒΟΣ/ ΠΕΡΙΟΧΗ</u>	ΗΜΙΣΦΑΡΙΟ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ			T	BRODMANN
	(AP-ΔΕ)	(MNI)			voxel	AREA
		X	Y	Z		BA
<u>ΜΕΤΩΠΙΑΙΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Προμετωπιαίος λοβός	(AP)	-6	65	4	3,94	(BA10)
	(AP)	-21	20	43	3,59	(BA8)
	(AP)	-21	29	40	3,41	(BA8)
Προκεντρική έλικά	(AP)	-39	-4	31	4,33	
	(ΔΕ)	45	-7	40	3,88	
	(ΔΕ)	54	-7	49	3,72	(BA6)
	(ΔΕ)	39	-10	64	3,26	(BA6)
<u>ΚΡΟΤΑΦΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Κροταφικό λοβίο	(ΔΕ)	30	5	-38	3,44	(BA38)
Μέση κροταφική έλικά	(AP)	-63	-10	-20	3,71	(BA21)
	(AP)	-57	-4	-26	3,19	(BA21)
	(ΔΕ)	63	-7	-20	4,21	(BA21)
	(ΔΕ)	45	-46	13	4,04	(BA21)
<u>ΒΡΕΓΜΑΤΙΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u>						
Γωνιώδης έλικά	(AP)	-33	-49	40	4,04	(BA39)

Προσφηγοειδές λοβίο	(ΔΕ)	24	-49	70	3,44	(BA7)
	(ΔΕ)	27	-58	64	3,75	(BA7)
<u>ΙΝΙΑΚΟΣ ΛΟΒΟΣ</u> - - - - -						
Εξωταινιωτός λοβός	(ΑΡ)	-36	-85	-2	4,85	(BA18)
	(ΑΡ)	-18	-94	4	3,90	(BA18)
	(ΑΡ)	-21	-67	10	4,82	(BA18)
	(ΔΕ)	24	-91	-5	5,73	(BA18)
	(ΑΡ)	-36	-76	16	4,05	(BA19)
	(ΑΡ)	-36	-79	-20	4,04	(BA19)
	(ΔΕ)	39	-82	19	3,91	(BA19)
	(ΔΕ)	36	-70	25	3,43	(BA19)
<u>ΛΟΙΠΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ</u> - - - - -						
Κροταφοινιακή περιοχή	(ΑΡ)	-45	-64	-11	4,11	(BA37)
	(ΑΡ)	-48	-58	-20	3,80	(BA37)
	(ΑΡ)	-30	-49	-20	3,65	(BA37)
	(ΑΡ)	-33	-55	-14	3,56	(BA37)
	(ΔΕ)	42	-64	-8	6,15	(BA37)
	(ΔΕ)	36	-55	-20	5,68	(BA37)
Νήσος του Reil- πρόσθιο τμήμα	(ΔΕ)	36	-7	16	3,95	(BA13)