

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ



**"Κυριοχειρία και γλωσσική πλευρίωση:
Νευροαπεικονιστικά δεδομένα και προεκτάσεις στην
ειδική αγωγή"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΠΟ ΤΗ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ

ΜΑΝΩΛΑ ΧΙΟΝΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΠΑΠΑΔΑΤΟΥ-ΠΑΣΤΟΥ ΜΑΡΙΕΤΤΑ

ΑΘΗΝΑ, 2023

Η ερευνητική εργασία υποστηρίχθηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της Δράσης «1η Προκήρυξη ερευνητικών έργων ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για την ενίσχυση των μελών ΔΕΠ και Ερευνητών/τριών και την προμήθεια ερευνητικού εξοπλισμού μεγάλης αξίας» (Αριθμός Έργου: HFRI-FM17-746)



ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΠΑΠΑΔΑΤΟΥ-ΠΑΣΤΟΥ ΜΑΡΙΕΤΤΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Π.Τ.Δ.Ε. ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΑΙ
ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ, ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ

ΒΛΑΧΟΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Τ.Ε.Α. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ,
ΜΕΛΟΣ

ΣΙΔΕΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Τ.Δ.Ε. ΕΘΝΙΚΟΥ ΚΑΙ
ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ, ΜΕΛΟΣ

Η συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων, όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Ευχαριστίες

Στην ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης συνέβαλλαν με τον δικό τους τρόπο πολλοί ξεχωριστοί άνθρωποι για τους οποίους αισθάνομαι το χρέος να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Παπαδάτου-Παστού, κύρια επιβλέπουσα της διπλωματικής μου εργασίας, για όλη την πολύτιμη επιστημονική καθοδήγηση που μου προσέφερε απλόχερα. Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στα άλλα δυο μέλη της Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής, κ. Βλάχο Φίλιππο και κ. Σιδερίδη Γεώργιο που με τίμησαν με την συμμετοχή τους.

Αισθάνομαι επίσης το χρέος να ευχαριστήσω την συνάδελφο Νάντια Παπαδοπούλου, η οποία αποτέλεσε συνοδοιπόρος σε αυτό το επιστημονικό ταξίδι, αλλά και το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) που ενίσχυσε την παρούσα επιστημονική προσπάθεια με την προμήθεια του νευροαπεικονιστικού εξοπλισμού.

Τέλος, είναι σημαντικό για εμένα να εκφράσω την απέραντη ευγνωμοσύνη μου στα αγαπημένα μου πρόσωπα, τα οποία βρίσκονται πάντα δίπλα μου στηρίζοντας έμπρακτα κάθε επόμενο μου βήμα και ενθαρρύνοντάς με στην κατάκτηση ολοένα και περισσότερων στόχων.

Περίληψη

Η κυριοχειρία αποτελεί έμμεσο δείκτη της εγκεφαλικής πλευρίωσης για τη γλώσσα, ενώ και οι δύο μεταβλητές έχουν μελετηθεί εκτεταμένα στο πλαίσιο της ειδικής αγωγής. Η βέλτιστη αξιολόγηση της κυριοχειρίας αποτελεί όμως μέχρι και σήμερα ένα ανοιχτό επιστημονικό ερώτημα. Η αξιοποίηση μάλιστα ορισμένων εργαλείων κυριοχειρίας είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη σε μελέτες γλωσσικής πλευρίωσης που λαμβάνουν υπόψιν τις διαφορές των ομάδων κυριοχειρίας, αποφέροντας ωστόσο ελάχιστα ευρήματα που να υποδεικνύουν μία άμεση ή ξεκάθαρη σύνδεση μεταξύ κυριοχειρίας και εγκεφαλικής πλευρίωσης κατά την εκτέλεση γλωσσικών έργων. Η εργασία αυτή επιχειρεί να συνεισφέρει στην προσπάθεια εντοπισμού ενός εργαλείου αξιολόγησης της κυριοχειρίας το οποίο θα αποτελεί βέλτιστη επιλογή σε έρευνες εξέτασης γλωσσικής πλευρίωσης. Το παραπάνω ζήτημα διευθετήθηκε μέσα από την εξέταση 60 συμμετεχόντων (Α=10, Γ=50) με τρία διαφορετικά εργαλεία (ερωτηματολόγιο προτίμησης χεριού δύο εκδοχών, δοκιμασία προτίμησης χεριού, δοκιμασία δεξιότητας χεριού), οι μετρήσεις των οποίων συσχετίστηκαν με δεδομένα γλωσσικής πλευρίωσης που προέκυψαν από δραστηριότητα παραγωγής λόγου (Word Generation Task) υπό την καταγραφή της εγκεφαλικής τους δραστηριότητας με τη χρήση του λειτουργικού διακρανιακού υπέρηχου Doppler. Τα αποτελέσματα φανέρωσαν σημαντική συσχέτιση για καθένα από τα τρία εργαλεία αξιολόγησης κυριοχειρίας με το δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης των συμμετεχόντων. Τα ερευνητικά ευρήματα ενισχύουν την πεποίθηση για χρήση ποικίλων εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας σε μελέτες πλευρίωσης. Συζητείται ακόμα η αξιοποίηση των συγκεκριμένων εργαλείων για την αξιολόγηση πληθυσμών με αναπηρία και ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες.

Λέξεις-κλειδιά: κυριοχειρία, εγκεφαλική πλευρίωση, γλωσσικές λειτουργίες, προφορικός λόγος, λειτουργικός διακρανιακός υπέρηχος Doppler

Abstract

Handedness has been characterized as an indicator of cerebral lateralization for language, while both variables have been extensively studied in the context of special education. However, the optimal handedness measurement is still a matter of debate within the literature. Indeed, the use of certain handedness measurements is particularly extensive in studies of language lateralization that take into account the differences between various handedness groups, yielding however few findings that indicate a clear or direct connection between handedness and cerebral lateralization for language functions. The purpose of this study is to identify a handedness measurement that could be an optimal choice in language lateralization examination research. The above scientific issue was addressed through the examination of 60 participants (M=10, W=50) with three different handedness measurements (hand preference inventory of two versions, hand preference test, hand skill test). The assessment of handedness was correlated with neuroimaging data from a word generation task under the recording of participants' brain activity using functional transcranial Doppler ultrasound. The results revealed significant correlations between cerebral lateralization for language production and handedness for all of the three different handedness measurements. Research findings still support the use of various handedness measurements in lateralization studies. Use of optimal handedness measurements in order to assess handedness in people with disabilities and special educational needs is being discussed.

Key words: handedness, cerebral lateralization, language functions, spoken language, functional transcranial Doppler ultrasound

Πίνακας περιεχομένων

<i>Κατάλογος Πινάκων</i>	σελ. 9
<i>Κατάλογος Εικόνων</i>	σελ. 10
<i>Συντομογραφίες</i>	σελ. 12
1. Εισαγωγή	σελ. 13
1.1 Εγκεφαλική Πλευρίωση	σελ. 14
1.1.1 Ανατομική.....	σελ. 15
1.1.2. Λειτουργική.....	σελ. 16
1.2 Γλωσσική πλευρίωση	σελ. 20
1.3 Εργαλεία μέτρησης της εγκεφαλικής πλευρίωσης και Λειτουργικός Διακρανιακός Υπέρηχος Doppler (FTCD)	σελ. 25
1.4 Κυριοχειρία	σελ. 30
1.5 Εργαλεία αξιολόγησης κυριοχειρίας	σελ. 34
1.6 Σχέση Γλωσσικής Εγκεφαλικής Πλευρίωσης και Κυριοχειρίας	σελ. 40
1.7 Θεωρητικές προεκτάσεις στην ειδική αγωγή	σελ. 46
1.8 Σημασία της έρευνας	σελ. 50
1.9. Σκοπός της έρευνας και ερευνητικές υποθέσεις	σελ. 52
2. Μεθοδολογία	σελ. 55
2.1 Δείγμα της έρευνας	σελ. 55
2.2 Δειγματοληψία	σελ. 57
2.3 Εργαλεία μέτρησης της συμπεριφορικής και εγκεφαλικής Πλευρίωσης	σελ. 58
2.3.1. Μέσο αξιολόγησης της εγκεφαλικής πλευρίωσης	σελ. 58

2.3.2	Εργαλεία μέτρησης της κυριοχειρίας.....σελ.	61
A)	Ερωτηματολόγιο Κυριοχειρίας του Εδιμβούργου.....	σελ. 61
B)	Τεστ Ποσοτικοποίησης Προτίμησης Χεριού.....	σελ. 63
Γ)	Δοκιμασία Μετακίνησης Πασσάλων.....	σελ. 65
2.4	Δοκιμασία λεξιλογικής παραγωγής.....	σελ. 68
2.5	Συλλογή νευροεπιστημονικών δεδομένων και ανάλυση.....	σελ. 70
2.6	Διαδικασία.....	σελ. 75
2.7	Στατιστική ανάλυση.....	σελ. 77
3.	Αποτελέσματα.....	σελ. 78
3.1	Αποτελέσματα περιγραφικών στατιστικών αναλύσεων.....	σελ. 78
3.2.	Αποτελέσματα διερεύνησης της σχέσης του δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης με τα εργαλεία κυριοχειρίας.....	σελ. 80
3.3	Συμπληρωματική/διερευνητική ανάλυση.....	σελ. 82
3.3.1	Αποτελέσματα μελέτης της σχέσης μεταξύ κυριοχειρίας και δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης.....	σελ. 82
4.1	Συζήτηση.....	σελ.84
4.2	Περιορισμοί έρευνας.....	σελ. 90
4.3	Μελλοντικές προτάσεις.....	σελ. 91
4.4	Συμπεράσματα	σελ. 92
	Βιβλιογραφία.....	σελ. 94
	Παραρτήματα.....	σελ.124

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1. Περιγραφική ανάλυση για τις συμπεριφορικές δοκιμασίες

Πίνακας 3.2. Περιγραφική ανάλυση για τον δείκτη πλευρίωσης που προέκυψε μέσω του λειτουργικού διακρανιακού υπερήχου Doppler για τις δύο ομάδες κυριοχειρίας με βάση το ΕΕ.

Πίνακας 3.3. Παραμετρικές συσχετίσεις μεταξύ των συμπεριφορικών δοκιμασιών και της δοκιμασίας με τη χρήση του διακρανιακού υπερήχου Doppler (n = 60).

Πίνακας 3.4. Μέσος όρος του δείκτη πλευρίωσης για τους 60 συμμετέχοντες, τυπική απόκλιση και διάστημα εμπιστοσύνης.

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1. Απεικόνιση της περιοχής Broca (αριστερός μετωπιαίος λοβός) και της περιοχής Wernicke (αριστερός κροταφικός λοβός).

Πηγή εικόνας: <https://www.simplypsychology.org/wernickes-area.html>

Εικόνα 1.2.: Απεικόνιση τριών παρατηρούμενων μοτίβων ημισφαιρικής ενεργοποίησης σε αριστερόχειρες κατά τη σιωπηλή λεξιλογική παραγωγή

A) Κυρίαρχη ενεργοποίηση του αριστερού ημισφαιρίου στον προμετωπιαίο φλοιό.

B) Αμφοτερόπλευρη ενεργοποίηση (αριστερά στο πλαίσιο) και ενεργοποίηση του δεξιού ημισφαιρίου (δεξιά στο πλαίσιο B). Οι αστερίσκοι υποδεικνύουν την κεντρική αύλακα και οι αγκύλες οριοθετούν την έκταση της περιοχής που εξετάζεται σε αυτή τη μελέτη (Pujol et al., 1999, p.1039).

Εικόνα 2.1. Παράδειγμα τοποθέτησης του σταθερού κεφαλόδεσμου με προσαρτημένους τους δύο ηχοβολείς του διακρανιακού υπερήχου Doppler

Πηγή εικόνας : www.smt-medical.com

Εικόνα 2.2. Πίνακας A: Απεικόνιση του κροταφικού παραθύρου της αριστερής μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (ΜΕΑ) και της περιοχής που αιματώνεται διαμέσου αυτής.

Πίνακας B: Απεικόνιση της αξιολόγησης της εγκεφαλικής πλευρίωσης με το λειτουργικό διακρανιακό υπέρηχο Doppler (fTCD) (Badcock & Groen, 2017, p. 819).

Εικόνα 2.3. Συσκευή μέτρησης και καταγραφής λειτουργικού διακρανιακού υπερήχου Doppler - Delica EMS-9F.

Εικόνα 2.4. Το τεστ ΠΠΧ που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα.

Εικόνα 2.5. Ο διάτρητος πίνακας με τους δέκα πασσάλους

Εικόνα 2.6. Στιγμιότυπο της πειραματικής διαδικασίας προφορικής παραγωγής λέξεων

Εικόνα 2.6. Σχηματική αναπαράσταση ενός κύκλου της πειραματικής δοκιμασίας

Εικόνα 2.7 Στιγμιότυπο καταγραφών μέσω του συστήματος Delica.

Εικόνα 2.8. Μέση τιμή της αιματικής ροής στο σύνολο των πειραματικών κύκλων με ικανοποιητικές καταγραφές (20 πειραματικοί κύκλοι) της αριστερής και δεξιάς ΜΕΑ για έναν τυχαίο αριστερόχειρα συμμετέχοντα.

Εικόνα 2.9. Μέση τιμή της αιματικής ροής στο σύνολο των πειραματικών κύκλων με ικανοποιητικές καταγραφές (19 πειραματικοί κύκλοι) της αριστερής και δεξιάς ΜΕΑ για έναν τυχαίο δεξιόχειρα συμμετέχοντα.

Εικόνα 3.1. Θηκόγραμμα της κατανομής των δεικτών εγκεφαλικής πλευρίωσης στους δεξιόχειρες και αριστερόχειρες.

Συντομογραφίες

Ελληνικές

ΔΑΦ: Διαταραχές Αυτιστικού Φάσματος

ΔΜΠ: Δοκιμασία Μετακίνησης Πασσάλων (Peg-moving test)

ΔΓΠ: Δείκτης Γλωσσικής Πλευρίωσης

ΔΠ: Δείκτης Πλευρίωσης

ΕΕ: Ερωτηματολόγιο Κυριοχειρίας του Εδιμβούργου (EHI, Edinburgh Handedness Inventory)

ΜΟ: Μέσος Όρος

ΜΕΑ: Μέση Εγκεφαλική Αρτηρία

ΠΠΧ: Τεστ Ποσοτικοποίησης της Προτίμησης Χεριού (QHP, Quantification of Hand Preference Test)

ΤΑ: Τυπική Απόκλιση

Ξενόγλωσσες

EEG: Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (electroencephalogram)

ERP: Προκλητά Δυναμικά (Event-related Potentials)

fMRI: Λειτουργική Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (Functional Magnetic Resonance Imaging).

fTCD: Διακρανιακός Υπέρηχος Doppler (Functional Transcranial Doppler Ultrasound)

PET: Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (positron emission tomography)

1. Εισαγωγή

1.1 Εγκεφαλική πλευρίωση

Η ασυμμετρία αποτελεί επικρατές και πολλές φορές εγγενές χαρακτηριστικό των βιολογικών συστημάτων, ενώ ταυτόχρονα πρόκειται για ένα από τα πιο μελετημένα φαινόμενα στη φύση. Παρότι ο άνθρωπος και οι περισσότεροι οργανισμοί, όπως τα ζώα, παρουσιάζουν εξωτερικά μία φαινομενική συμμετρία, κάτι τέτοιο φαίνεται πως δεν ισχύει σε μικροσκοπικό επίπεδο όπου η παρατήρηση αυτών γίνεται πιο βαθιά και αναλυτική. Ακόμη και σε κυτταρικό επίπεδο ή σε επίπεδο μονοκύτταρων οργανισμών συναντάται μία μορφή ασυμμετρίας (MacNeilage, Rogers & Vallortigara, 2009. Nelson, 2003. Vallortigara, Chiandetti & Sovrano, 2011).

Μία χαρακτηριστική περίπτωση ασυμμετρίας αποτελεί και ο ανθρώπινος εγκέφαλος, ο οποίος διατηρεί το συγκεκριμένο γνώρισμα τόσο σε επίπεδο δομής όσο και σε επίπεδο λειτουργίας. Η λεγόμενη πλευρίωση, η οποία συναντάται πολύ συχνά στην βιβλιογραφία με τους όρους ασυμμετρία, πλευρικότητα, πλευρική ασυμμετρία, πλευρική κυριαρχία ή πλευρική επικράτηση, αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του ανθρώπινου εγκεφάλου και αναφέρεται στην *«εξειδίκευση μίας λειτουργίας ή δραστηριότητας στη μία πλευρά ενός οργανισμού»* (Βλάχος, 1998, σελ. 19). Η πλευρίωση που προκύπτει ως χαρακτηριστικό γνώρισμα των περισσότερων οργανισμών όπως και του ανθρώπου, αποτελεί ένα ευρέως μελετημένο φαινόμενο, του οποίου ωστόσο δεν έχουν ακόμη εξακριβωθεί τα αίτια, με πληθώρα επιστημονικών ερευνών βέβαια να συσχετίζουν την εμφάνισή της με εξελικτικούς, αναπτυξιακούς, κληρονομικούς, περιβαλλοντικούς και παθολογικούς παράγοντες (Βλάχος, 1998. Corballis, 2009. Toga & Thompson, 2003. Touwen, 1972).

Η παρατηρούμενη ασυμμετρία ωστόσο δεν αποτελεί παρά ίσως μία ωφέλιμη ιδιότητα για τον ανθρώπινο εγκέφαλο η οποία συμβάλλει σημαντικά στην υψηλή λειτουργικότητά του

μέσω της ημισφαιρικής εξειδίκευσης. Δεν είναι λίγες οι επιστημονικές αναφορές οι οποίες στα πλαίσια της λεγόμενης ημισφαιρικής εξειδίκευσης, δηλαδή της παρατηρούμενης εξειδικευμένης και διαφοροποιημένης λειτουργίας των δύο ημισφαιρίων του εγκεφάλου, υποστηρίζουν πως η εγκεφαλική ασυμμετρία συνεισφέρει κατά την εκτέλεση των διαφόρων γνωστικών λειτουργιών, στην εξοικονόμηση της παραγόμενης ενέργειας, στην ταχύτητα της εκτέλεσης των διαφόρων λειτουργιών και στην γενικότερη βελτίωση της λειτουργίας του εγκεφάλου μέσα από τον αλληλοσυμπληρωματικό ρόλο που κατέχουν το δεξί και αριστερό ημισφαίριο (Chiarello, Welcome, Halderman & Leonard, 2009. Corballis, 2009. Rogers, 2021. Vallortigara, 2006).

Η εγκεφαλική πλευρίωση έχει εξεταστεί ιδιαίτερος στην προσπάθεια για κατανόηση των γνωστικών λειτουργιών του ανθρώπου και κατ' επέκταση της ανθρώπινης συμπεριφοράς. Έρευνες έχουν επισημάνει μάλιστα τις ποικίλες διαφορές που συναντώνται στον τρόπο εγκεφαλικής οργάνωσης κατά την εκτέλεση γνωστικών λειτουργιών σε ιδιαίτερες κατηγορίες ατόμων όπως οι αριστερόχειρες, τα άτομα με ψυχιατρικές νόσους, τα άτομα επιληψία κ.ά. σε σχέση με το γενικό πληθυσμό (Corballis, 2021. Hamberger & Cole, 2011. Ocklenburg, Güntürkün, Hugdahl & Hirnstein, 2015. Somers et al., 2015). Τα άτομα με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και αναπηρία συνιστούν επίσης μία κατηγορία ατόμων η οποία έχει συσχετιστεί με την παρουσίαση διαφοροποιημένης εγκεφαλικής πλευρίωσης κατά την εκτέλεση γνωστικών λειτουργιών (Asenova, 2018). Ειδικότερα, έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες που εξετάζουν τη σχέση μεταξύ της εγκεφαλικής πλευρίωσης και της παρουσίας διαταραχών τόσο σε επίπεδο ανατομίας του εγκεφάλου (Reinhardt et al., 2020) όσο και σε επίπεδο λειτουργίας (Kershner, 2020). Τα προαναφερθέντα αποδίδονται σε διαφοροποιήσεις που ανακύπτουν από την ανατομική και λειτουργική πλευρίωση των ατόμων, όροι οι οποίοι αναλύονται εκτενέστερα στη συνέχεια

1.1.1 Ανατομική Πλευρίωση

Ο εγκέφαλος όπως και όλα τα υπόλοιπα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού διατηρεί μία ανατομική ασυμμετρία δηλαδή μία διαφοροποίηση των δύο ημισφαιρίων σε επίπεδο μορφολογικό. Η ανατομική πλευρίωση του εγκεφάλου προκύπτει συγκεκριμένα από διαφοροποιήσεις των δύο ημισφαιρίων σε μακροσκοπικό επίπεδο, όπως διαφοροποιήσεις που αφορούν το μέγεθος και τη μορφή συγκεκριμένων περιοχών, ελίκων ή αυλάκων του εγκεφάλου, αλλά και σε μικροσκοπικό επίπεδο όπως διαφοροποιήσεις στην πυκνότητα των νευρώνων και των κυττάρων της γλοίας (Jäncke & Steinmetz, 2004. Toga & Thompson, 2003).

Οι παραπάνω διαπιστώσεις εξήλθαν αρχικά περί τα τέλη του 19ου αιώνα και αποτέλεσαν μία επιστημονική επανάσταση στον τομέα των νευροεπιστημών (Jäncke & Steinmetz, 2004). Μία από τις πρώτες σημαντικές ανακαλύψεις του 19ου αιώνα αποτέλεσε η παρατήρηση της ανατομικής ασυμμετρίας που παρουσιάζει η Σχισμή του Σύλβιους στα δύο ημισφαίρια καθώς διαπερνά τους αντίστοιχους βρεγματικούς, κροταφικούς και μετωπιαίους λοβούς. Διαπιστώθηκε λοιπόν πως η σχισμή του Σύλβιους που εκτείνεται στο αριστερό ημισφαίριο παρουσιάζει διαφορετική μορφολογία και μεγαλύτερο μήκος σε σχέση με την αντίστοιχη του δεξιού ημισφαιρίου (Boni et al. 2007. Rubens, Mahowald & Hutton, 1976. Toga & Thomson, 2003).

Άλλη μία χαρακτηριστική ανατομική ασυμμετρία που έχει παρατηρηθεί μεταξύ των δύο ημισφαιρίων αφορά την περιοχή της άνω επιφάνειας του κροταφικού λοβού πίσω από την έλικα του Heschl. Η συγκεκριμένη περιοχή λοιπόν (planum temporale) διατηρεί μεγαλύτερο μέγεθος στο αριστερό ημισφαίριο σε σχέση με το δεξί για την πλειοψηφία του πληθυσμού (Geschwind & Galaburda, 1985. Geschwind and Levitsky, 1968). Επιπρόσθετα η ίδια η έλικα του Heschl φαίνεται να διαφοροποιείται με την αριστερή έλικα να είναι περισσότερο διαγώνια από τη δεξιά (Galaburda, 1995).

Οι διαφοροποιήσεις εκτείνονται και σε άλλα μέρη του εγκεφάλου, ενώ η συστηματική διεξαγωγή ολοένα και περισσότερων ερευνών με το πέρασμα του χρόνου συνέβαλε στον εντοπισμό περισσότερων διαφορών μεταξύ των δύο ημισφαιρίων. Κάποιες από αυτές τις διαφορές είναι η διαφορετική κατανομή νευροδιαβιβαστών, η μεγαλύτερη ποσότητα φαιάς ουσίας στο αριστερό ημισφαίριο, η παρατήρηση μεγαλύτερου μετωπιαίου λοβού στο δεξί ημισφαίριο και μεγαλύτερου ινιακού λοβού στο αριστερό για το δεξιόχειρο πληθυσμό, μεγαλύτερη αριστερή γωνιώδης έλικα κ.ά. Αξίζει να σημειωθεί πως διαφοροποιήσεις των δύο ημισφαιρίων εντοπίζονται ακόμη και τις πρώτες εβδομάδες της κύησης για τα έμβρυα (Guyton, 1992. Kasprian, et al., 2011. Toga & Thompson, 2003. Watkins et al., 2001).

1.1.2. Λειτουργική πλευρίωση

Θα μπορούσε να υποθέσει κανείς πως οι ανατομικές διαφοροποιήσεις των δύο ημισφαιρίων έχουν ως συνοδό αποτέλεσμα και τις αντίστοιχες λειτουργικές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους, διαφοροποιήσεις δηλαδή των δύο ημισφαιρίων ως προς την εκτέλεση των διαφόρων λειτουργιών. Αυτό ωστόσο δεν είναι κάτι το οποίο έχει επιβεβαιωθεί από την συστηματική έρευνα στο πεδίο, χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν έχουν διαπιστωθεί ξεκάθαρες διαφοροποιήσεις στην λειτουργία των δύο ημισφαιρίων για την πλειοψηφία του ανθρώπινου πληθυσμού, ούτε να αποκλείεται η ανάπτυξη του συγκεκριμένου επαγωγικού συλλογισμού ως προς τη σύνδεση μορφολογικών και λειτουργικών διαφοροποιήσεων (Barrick, Lawes, Mackay & Clark, 2007. Dorsaint-Pierre, et al., 2006. Sequeira et al., 2006. Shu, Liu, Duan & Li, 2015. Vernooij et al., 2007. Warriner et al., 2009). Το γεγονός μάλιστα πως οι περισσότερες μορφολογικές ανατομικές ασυμμετρίες του εγκεφάλου εντοπίζονται σε περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου όπου απαντώνται οι γλωσσικές λειτουργίες, ενίσχυσε πολλές φορές την υπόθεση

που συνέδεε τις συγκεκριμένες μορφολογικές διαφοροποιήσεις με την λειτουργική πλευρίωση του εγκεφάλου (Martin, 2005).

Οι διαφοροποιήσεις που έχουν καταγραφεί ως προς την εξειδίκευση των δύο ημισφαιρίων σε συγκεκριμένες λειτουργίες αποδίδονται στον όρο «λειτουργική πλευρίωση» και έχουν απασχολήσει σημαντικά την επιστημονική κοινότητα η οποία μέχρι τις τελευταίες δεκαετίες ασχολούνταν κυρίως με την διερεύνηση του αριστερού ημισφαιρίου και την παραγωγή γλώσσας, χαρακτηριστικό που αποτελεί μοναδικό για τον ανθρώπινο οργανισμό σε σχέση με τα υπόλοιπα έμβια όντα. Ο Paul Broca με τις πολύ σημαντικές ανακαλύψεις του περί τα μέσα του 19ου αιώνα κατάφερε να απομακρύνει την ιδέα της ολιστικής λειτουργίας του εγκεφάλου και της συμμετρικής κατανομής των εγκεφαλικών λειτουργιών, δείχνοντας μετά από την παρατήρηση δεκάδων ασθενών πως υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ του αριστερού ημισφαιρίου και της παραγωγής γλώσσας (Βλάχος, 1998. Broca, 1965).

Η επιστημονική κοινότητα κατόρθωσε λοιπόν να εξακριβώσει σε ένα μεγάλο βαθμό τις διαφοροποιήσεις που προκύπτουν στα δύο μέρη του ανθρώπινου εγκεφάλου σε επίπεδο λειτουργιών και να διερευνήσει το ρόλο των δύο ημισφαιρίων στην εκτέλεση των γνωστικών λειτουργιών. Δεξί και αριστερό ημισφαίριο φαίνεται πως εξειδικεύονται σε συγκεκριμένες λειτουργίες, δρώντας ωστόσο αλληλοσυμπληρωματικά το ένα με το άλλο. Η πλευρίωση του εγκεφάλου κατά την εκτέλεση συγκεκριμένων γνωστικών λειτουργιών δεν υπαγορεύει μία λογική αποκλειστικής και μονοδιάστατης ενεργοποίησης του ενός ημισφαιρίου κάθε φορά. Αντιθέτως, φαίνεται πως ενυπάρχει μία συνεργασία μεταξύ των δύο ημισφαιρίων για όλες τις γνωστικές λειτουργίες (με διαφορετικό βαθμό συμμετοχής του εκάστοτε ημισφαιρίου για καθεμία από αυτές), η οποία συμβάλλει στην ορθή εκτέλεση πολύπλοκων και σύνθετων διεργασιών (Badzakova-Trajkov, Corballis & Häberling, 2016. Βλάχος & Ανδρέου, 2009. Gotts et al., 2013).

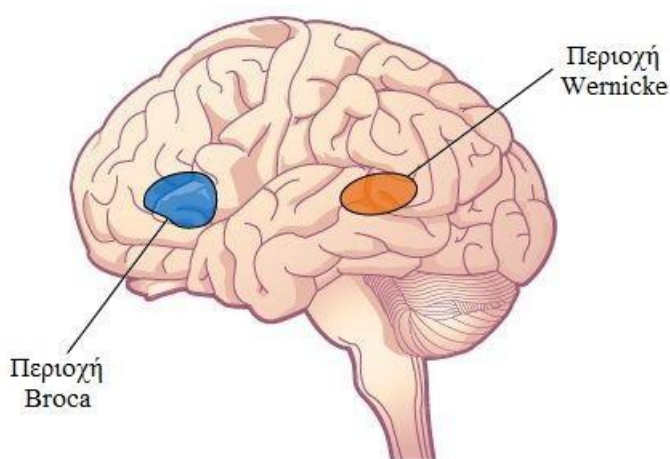
Το αριστερό ημισφαίριο έχει ταυτιστεί με τις γλωσσικές λειτουργίες, με την αναλυτική και σειριακή επεξεργασία των ερεθισμάτων, τις κινήσεις της αριστερής πλευράς του σώματος, τον έλεγχο των διαδοχικών εκούσιων κινήσεων κ.ά. (Βλάχος, 1998. Knecht et al., 2000. Kolb & Whishaw, 2009. Martin, 2003, Whitehouse & Bishop, 2009). Το δεξί ημισφαίριο από την άλλη έχει φαίνεται πως διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε μη λεκτικές δραστηριότητες, σε οπτικοχωρικές διεργασίες και στον χωρικό προσανατολισμό, στην αναγνώριση προσώπων και συναισθημάτων, στη μουσική και τα ακουστικά ερεθίσματα, στις κινητικές δραστηριότητες των αριστερής πλευράς του σώματος, αλλά και στην κατανόηση της μεταφορικής χρήσης της γλώσσας (Βλάχος, 1998. Bryden, 1982. Groen, Whitehouse, Badcock & Bishop, 2012. Hirnstein, Hausmann & Lewald, 2007. Lindell, 2013. Pobric, Mashall, Faust & Lavidor, 2008. Rossion & Lochy, 2021). Εν ολίγοις το αριστερό ημισφαίριο κατέχει λειτουργίες που απαιτούν μία σειριακή, αναλυτική επεξεργασία των πληροφοριών, ενώ το δεξί ημισφαίριο αντιπροσωπεύει μία πιο συνθετική και ολιστική επεξεργασία των ερεθισμάτων που δέχεται ο ανθρώπινος εγκέφαλος.

Όπως προαναφέρθηκε, παρότι το κάθε ημισφαίριο εξειδικεύεται σε συγκεκριμένες λειτουργίες αυτό δεν υποδεικνύει μία αυστηρή υπαγόρευση πλευρίωσης των λειτουργιών με απόλυτο τρόπο που να αποκλείει την εμπλοκή του ενός ημισφαιρίου στη λειτουργία του άλλου. Ακόμη και στην περίπτωση της πλευρίωσης των γλωσσικών λειτουργιών που αποτελούν ενδεχομένως την πιο χαρακτηριστική λειτουργική πλευρίωση του εγκεφάλου, έχει αναδειχθεί ο αλληλοσυμπληρωματικός ρόλος των δύο ημισφαιρίων, με το αριστερό ημισφαίριο να εξειδικεύεται στη φωνολογία, τη σημασία και τη σύνταξη του λόγου και το δεξί ημισφαίριο στον τονισμό, το συναίσθημα του ομιλητή και την κατανόηση της μεταφορικής χρήσης της γλώσσας. Έρευνες μάλιστα υποστηρίζουν την υπόθεση της συμβολής του δεξιού ημισφαιρίου στην παραγωγή και κατανόηση της γλώσσας ως αντισταθμιστικού παράγοντα σε περιπτώσεις

ατόμων με βλάβες στο αριστερό ημισφαίριο (Βλάχος, 1998. Bottini et al., 1994. Martin, 2005. Ries, Dronkers & Knight, 2016).

1.2 Γλωσσική πλευρίωση

Ποικίλου τύπου μελέτες φανέρωσαν πως οι γλωσσικές λειτουργίες εδράζουν σε συγκεκριμένες περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου των ανθρώπων, το οποίο στο παρελθόν χαρακτηρίστηκε ως το επικρατές ή κυρίαρχο ημισφαίριο χάριν κυρίως της επικυριαρχίας του έναντι του άλλου ημισφαιρίου στην παραγωγή και κατανόηση της γλώσσας. Η έννοια της ημισφαιρικής επικράτησης ήρθε στο προσκήνιο τον 19ο αιώνα από τον Γάλλο γιατρό Paul Broca, ο οποίος έπειτα από συστηματική μελέτη σε εγκεφάλους ατόμων που παρουσίαζαν αφασία, διαπίστωσε την ύπαρξη σχετικών βλαβών στο αριστερό τους ημισφαίριο και πιο συγκεκριμένα στην οπίσθια περιοχή του αριστερού μετωπιαίου λοβού, περιοχή που μετέπειτα ονομάστηκε περιοχή Broca (Βλάχος, 1998. Broca, 1965. Hoff, 2013. Joynt, 1964). Έτσι, με τη γνωστή του ρήση το 1865 : «nous parlons avec l'hémisphere gauche» (μιλάμε για το αριστερό ημισφαίριο) προκάλεσε μία επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες θα αντιλαμβάνονταν πλέον τον ρόλο και την λειτουργία του εγκεφάλου.



Εικόνα 1.1. Απεικόνιση της περιοχής Broca (αριστερός μετωπιαίος λοβός) και της περιοχής Wernicke (αριστερός κροταφικός λοβός).

Πηγή εικόνας: <https://www.simplypsychology.org/wernickes-area.html>

Περίπου μία δεκαετία μετά ο Karl Wernicke κατέληξε σε παρόμοια συμπεράσματα όταν διαπίστωσε πως οι ασθενείς με αφασία που αντιμετώπιζαν προβλήματα στην αποκωδικοποίηση και την κατανόηση της γλώσσας, παρουσίαζαν βλάβες στο αριστερό ημισφαίριο και πιο συγκεκριμένα στο οπίσθιο μέρος της άνω κροταφικής έλικας (Βλάχος & Ανδρέου, 2009).

Τα σύγχρονα ερευνητικά ευρήματα επιβεβαιώνουν κατά γενική ομολογία τις πρώτες υποθέσεις, προσφέροντας πλέον με τη χρήση πολλών και ποικιλότροπων μεθόδων ικανοποιητικά ξεκάθαρες απαντήσεις αναφορικά με τον ρόλο των δύο ημισφαιρίων στην παραγωγή και κατανόηση του λόγου και της γλώσσας (Lust et al, 2011. Whitehouse, & Bishop, 2009). Ταυτόχρονα, ενώ τους προηγούμενους αιώνες η εξέταση των εγκεφαλικών περιοχών πραγματοποιούνταν αποκλειστικά μεταθανάτια σε ασθενείς οι οποίοι αντιμετώπιζαν συγκεκριμένα προβλήματα στις γλωσσικές τους λειτουργίες, η ανάπτυξη νέων μεθόδων που θα μπορούσαν να εξετάζουν εγκεφάλους υγιών ανθρώπων οι οποίοι βρίσκονται σε δράση, προσέφερε ακόμη περισσότερη γνώση στην ήδη υπάρχουσα και επιβεβαίωσε τις αρχικές υποθέσεις για επικράτηση του αριστερού ημισφαιρίου στις γλωσσικές λειτουργίες (Agarwal, Sair, Gujar & Pillai, 2019).

Η έρευνα προχώρησε επίσης σε μία πολυδιάστατη εξέταση και παρατήρηση των γλωσσικών λειτουργιών στον ανθρώπινο εγκέφαλο αξιοποιώντας διαφόρου είδους δοκιμασίες. Έτσι, μπορεί να συναντήσει κανείς στη βιβλιογραφία δοκιμασίες που εξετάζουν την εγκεφαλική πλευρίωση των συμμετεχόντων μέσα από την αναγνώριση λέξεων, την ανάγνωση, την κατανόηση και την παραγωγή λόγου (προφορικού και γραπτού), με τη χρήση τεχνολογικών μέσων ή μη, την προβολή οπτικοακουστικού υλικού κ.ά. (Martin, 2005. Papadatou-Pastou et al., 2022. Petit, Badcock, & Woolgar, 2020).

Επιπρόσθετα, οι ερευνητές στην προσπάθεια τους να διερευνήσουν τη γλωσσική πλευρίωση σε βάθος, εξέτασαν την πιθανότητα ύπαρξης διαφόρου είδους συσχετίσεων μεταξύ της εγκεφαλικής πλευρίωσης για τις γλωσσικές λειτουργίες με άλλους παράγοντες όπως για

παράδειγμα η ηλικία, το φύλο, η διγλωσσία των ατόμων κ.ά. (Everts et al., 2009. Hull & Vaid, 2006. Nenert et al., 2017). Στην περίπτωση του φύλου, τα αποτελέσματα των ερευνών κρίνονται αρκετά αμφιλεγόμενα με ομάδες ερευνών να υποστηρίζουν μία ισχυρότερη ενεργοποίηση του αριστερού ημισφαιρίου για τους άντρες κατά την εκτέλεση γλωσσικών δοκιμασιών και άλλες έρευνες να υποστηρίζουν την έλλειψη ουσιαστικών διαφορών μεταξύ των δύο φύλων (Clements et al., 2006. Kondyli, Stathopoulou, Badcock & Papadatou-Pastou, 2017. Sommer, Aleman, Bouma, & Kahn, 2004. Spironelli, Penolazzi, & Angrilli, 2010).

Μία από τις πιο μεγάλες και σχετικά πρόσφατες έρευνες γλωσσικής πλευρίωσης αποτελεί η έρευνα των Mazoyer et al. (2014) που εξέτασαν ιδιαίτερα μεγάλο δείγμα εθελοντών (N=297) και επιβεβαιώνει την πληθώρα των ερευνών που κάνουν λόγο για τυπική πλευρίωση των γλωσσικών λειτουργιών στο αριστερό ημισφαίριο. Πιο συγκεκριμένα οι ερευνητές εξέτασαν με τη χρήση της λειτουργικής απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (functional magnetic resonance imaging, fMRI) την ενεργοποίηση των δύο ημισφαιρίων κατά την παραγωγή προφορικού λόγου και πιο ειδικά κατά την παραγωγή προτάσεων. Τα ευρήματα έδειξαν μία εμφανή ενεργοποίηση του αριστερού ημισφαιρίου για την μεγάλη πλειονότητα του δείγματος. Πολλές ακόμα σύγχρονες έρευνες επιβεβαιώνουν τα προηγούμενα ευρήματα, ενώ πλέον οι νέοι μέθοδοι νευροαπεικόνισης του εγκεφάλου είναι σε θέση να προσφέρουν ξεκάθαρα αποτελέσματα μέσα από τον εντοπισμό συγκεκριμένων περιοχών ενεργοποίησης (Brumer, De Vita, Ashmore, Jarosz & Borri, 2020. Gutierrez-Sigut, Payne & MacSweeney, 2015. Papadatou-Pastou, 2011. Price, 2012. Σχετιζόμενες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί και σε πληθυσμούς παιδιών όπου διαπιστώνεται παρόμοια αναλογία στον τρόπο ενεργοποίησης των δύο ημισφαιρίων κατά την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών (Groen, Whitehouse, Badcock & Bishop 2012. Petit et al., 2020).

Εξέχοντα ρόλο στα εξαγόμενα συμπεράσματα αναφορικά με την κατεύθυνση αλλά και το εύρος της εγκεφαλικής ενεργοποίησης επίσης διαδραματίζει το είδος της γλωσσικής

δραστηριότητας στην οποία εμπλέκονται οι συμμετέχοντες . Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται πως διαφορετικές γλωσσικές λειτουργίες πλευριώνονται διαφορετικά (Badcock, Nye & Bishop, 2012. Bradshaw, Thompson, Wilson, Bishop & Woodhead, 2017. Hodgson, Benattayallah & Hodgson, 2014. Stroobant, Van Boxstael & Vingerhoets, 2011). Η έρευνα των Haag et al. (2010) για παράδειγμα μελέτησε τη γλωσσική πλευρίωση σε 23 δεξιόχειρα παιδιά (6–11 ετών) και 22 δεξιόχειρες εφήβους (12-18 ετών) μέσω fTCD σε δύο διαφορετικές γλωσσικές δραστηριότητες για την κάθε πληθυσμιακή ομάδα. Οι ερευνητές διαπίστωσαν λοιπόν 64% αριστερής ημισφαιρικής επικράτησης για την πληθυσμιακή ομάδα των παιδιών που εκτέλεσαν δραστηριότητα προφορικής περιγραφής προβαλλόμενων εικόνων σε αντίθεση με το ποσοστό του 95,5 % αριστερής ημισφαιρικής επικράτησης των δεξιόχειρων εφήβων που διενέργησαν δραστηριότητα προφορικής παραγωγής λέξεων. Σύμφωνα με την έρευνα των Stroobant, Buijs και Vingerhoets (2009) οι οποίοι εξέτασαν την εγκεφαλική γλωσσική πλευρίωση 30 συμμετεχόντων σε τέσσερις διαφορετικές δραστηριότητες, η ενεργοποίηση του αριστερού ημισφαιρίου κυμαίνονταν από 66,7% έως 90% ανάλογα με τη γλωσσική δραστηριότητα που εμπλέκονταν κάθε φορά οι συμμετέχοντες. Οι ερευνητές επισημαίνουν πως οι δραστηριότητες που σχετίζονται με την παραγωγή και σύνταξη του λόγου αποτελούν δραστηριότητες που προκαλούν πιο έντονη αριστερή εγκεφαλική ενεργοποίηση σε σχέση με δραστηριότητες ανάγνωσης ή σημασιολογικής ανάλυσης.

Παρομοίως, οι Bruckert et al. (2021) στην έρευνά τους αξιοποιώντας νευροεπιστημονικά δεδομένα 151 ενήλικων οι οποίοι με τη χρήση υπερήχου Doppler εκτέλεσαν δύο διαφορετικές γλωσσικές δραστηριότητες, διαπίστωσαν την ισχυρότερη ενεργοποίηση του αριστερού ημισφαιρίου κατά την εκτέλεση δραστηριότητας παραγωγής λόγου σε σχέση με αντίστοιχη δραστηριότητα σημασιολογικής συσχέτισης. Από τα παραπάνω μπορεί να εξάγει κανείς το συμπέρασμα πως η εξέταση των γλωσσικών λειτουργιών σε επίπεδο ημισφαιρίων δεν αποτελεί μία εύκολη υπόθεση. Μπορεί η αριστερή ημισφαιρική επικράτηση

για τις γλωσσικές λειτουργίες να αποτελεί τυπικό εύρημα για την πλειονότητα του πληθυσμού, ωστόσο πολλές και ποικίλες ερευνητικές παράμετροι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάθε φορά τόσο όσον αφορά την διεξαγωγή μελετών που εξετάζουν τη γλωσσική πλευρίωση όσο και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων που εξάγονται από αυτές. Μία από αυτές τις παραμέτρους αποτελεί μάλιστα η επιλογή του μέσου συλλογής των νευροεπιστημονικών δεδομένων από την εκάστοτε μελέτη, η οποία μπορεί να καθορίσει σε μεγάλο βαθμό το είδος αλλά και την ποιότητα των παρατηρούμενων ευρημάτων αναφορικά με την γλωσσική πλευρίωση των ατόμων. Στην επόμενη ενότητα παρατίθεται μία σειρά από ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία μέτρησης της εγκεφαλικής πλευρίωσης σε σχετικές μελέτες, με τα σημαντικότερα από αυτά να αναλύονται εκτενώς.

1.3 Εργαλεία μέτρησης της εγκεφαλικής πλευρίωσης και Λειτουργικός Διακρανιακός Υπέρηχος Doppler (fTCD)

Η επιστημονική κοινότητα στην προσπάθειά της να εξερευνήσει τον ανθρώπινο εγκέφαλο και τις λειτουργίες του, παρήγαγε και αξιοποίησε κατά καιρούς ποικίλες μεθόδους εξέτασης των εγκεφαλικών περιοχών. Τις πρώτες περιόδους ανάπτυξης του επιστημονικού ενδιαφέροντος για τη χαρτογράφηση του ανθρώπινου εγκεφάλου όταν δεν υπήρχε η απαραίτητη εξέλιξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, η εξέταση των εγκεφαλικών περιοχών πραγματοποιούνταν κυρίως με μεταθανάτια εξέταση του ανθρώπινου εγκεφάλου ή με την χρήση πειραματόζωων μέσα από την πρόκληση εγκεφαλικών βλαβών (Martin et al., 2005). Ωστόσο, τον προηγούμενο αιώνα κατέστη δυνατή η ανάπτυξη και η δημιουργία νέων πρωτοπόρων τεχνικών νευροαπεικόνισης του εγκεφάλου οι οποίες υπερπήδησαν τις δυσκολίες που παρουσίαζαν οι μέθοδοι του παρελθόντος και προσέφεραν μία πιο ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με τη δομή του εγκεφάλου και τις λειτουργίες που επιτελούνται από τις εκάστοτε περιοχές.

Μία από τις πρώτες αξιόπιστες τεχνικές του προηγούμενου αιώνα η οποία εφαρμόστηκε ευρέως για την αξιολόγηση της πλευρίωσης του εγκεφάλου και πιο συγκεκριμένα για την αξιολόγηση της ημισφαιρικής επικράτησης κατά την εκτέλεση των διαφόρων γνωστικών λειτουργιών, αποτέλεσε η δοκιμασία της αμυτάλης (Wada Test- Wada, 1949. Wada, & Rasmusen, 1960). Κατά τη συγκεκριμένη διαδικασία πραγματοποιούνταν έγχυση νατριούχου αμυτάλης στην καρωτίδα των ασθενών – τους οποίους κυρίως αποτελούσαν άτομα με επιληψία- με βασικό στόχο την προσωρινή καταστολή της λειτουργίας του ενός από τα δύο ημισφαίρια. Με αυτόν τον τρόπο καθίστανται εφικτή η κατανόηση της προσφοράς του εκάστοτε ημισφαιρίου στη λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου και την ανθρώπινη συμπεριφορά. Ωστόσο, η συγκεκριμένη μέθοδος αποδείχθηκε ιδιαίτερα επεμβατική με κίνδυνο εμφάνισης σοβαρών επιπλοκών, γεγονός που την κατέστησε από πολύ νωρίς μη κατάλληλη για

εφαρμογή σε υγιή κλινικά δείγματα. Επιπρόσθετο μειονέκτημα της μεθόδου αναφορικά με την περιορισμένη εφαρμογή της σε ασθενείς που έπασχαν από επιληψία, αποτέλεσαν οι έρευνες που κατέληγαν σε διαφορετικά ποσοστά πλευρίωσης του εγκεφάλου για κλινικά και μη κλινικά δείγματα, γεγονός που έγειρε ορισμένους προβληματισμούς σχετικά με την γενίκευση των συμπερασμάτων της τεχνικής Wada για το γενικό πληθυσμό (Pelletier, Sauerwein, Lepore, Saint-Amour & Lassonde, 2007).

Η δοκιμασία της αμυτάλης εξαιτίας των προαναφερόμενων εγγενών δυσκολιών, έδωσε στη συνέχεια τη σκυτάλη στην ανάπτυξη νέων μεθόδων, οι οποίες θα μπορούσαν να προσφέρουν την ίδια αξιοπιστία χωρίς ωστόσο να θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των συμμετεχόντων. Κάποιες από αυτές τις τεχνικές αποτέλεσαν το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (EEG), τα προκλητά δυναμικά (ERP), η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET), η ηλεκτρική διέγερση του εγκεφάλου κ.ά. (Martin et al., 2005). Μία από τις πιο σημαντικές μεθόδους νευροαπεικόνισης του εγκεφάλου αποτελεί πλέον η fMRI η οποία συνιστά ενδεχομένως την πιο διαδεδομένη μέθοδο απεικόνισης της εγκεφαλικής δραστηριότητας κατά την εκτέλεση των διαφόρων γνωστικών λειτουργιών (Bauer, Reitsma, Houweling, Ferrier & Ramsey, 2014).

Πρόκειται λοιπόν για μία μέθοδο η οποία χρησιμοποιώντας τα διάφορα μεταβολικά και αιμοδυναμικά σήματα του εγκεφάλου είναι δυνατόν να εντοπίσει τυχόν αλλαγές στην νευρωνική δραστηριότητα (Shmuel & Maier, 2015). Η μέθοδος fMRI συγκεντρώνει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων τεχνικών που χρησιμοποιούνται για σκοπούς νευροαπεικόνισης. Οι μεγάλες δυνατότητές της στη χωρική ανάλυση, την χαρτογράφηση και την απεικόνιση του εγκεφάλου μέσα από τον εντοπισμό συγκεκριμένων αλλαγών στην οξυγόνωση του εγκεφάλου αποτελεί αδιαμφισβήτητα ένα από αυτά. Συνακόλουθα, η παροχή συγκεκριμένων ανατομικών πληροφοριών σε συνδυασμό με το γεγονός πως αποτελεί μία μη διεισδυτική τεχνική σε σχέση με άλλες μεθόδους, όπως η Wada ή το PET (χορήγηση ραδιοϊσοτόπων), δίνει στη συγκεκριμένη μέθοδο σημαντικό προβάδισμα (Adcock, Wise, Oxbury, Oxbury & Matthews,

2003). Ωστόσο, η fMRI αποτελεί μία κοστοβόρα τεχνική η οποία μπορεί να αποβεί πολλές φορές δυσάρεστη, να προκαλέσει έντονο άγχος ή ακόμη και κλειστοφοβία, ενώ ταυτόχρονα δεν ενδείκνυται για πολύ νεαρές ηλικίες ατόμων, όπως τα παιδιά (Charpentier, et al., 2021) .

Η τεχνική του λειτουργικού διακρανιακού υπέρηχου Doppler (fTCD) από την άλλη αποτελεί μία μέθοδο η οποία άρχισε να εφαρμόζεται συστηματικά μόλις τις τελευταίες δεκαετίες και έχει κερδίσει σημαντικό έδαφος σε σχέση με την μέθοδο FMRI καθώς συνιστά μία περισσότερο οικονομική τεχνική (Pelletier, Sauerwein, Lepore, Saint-Amour & Lassonde, 2007). Η μέθοδος fTCD έχει αξιοποιηθεί ιδιαίτερα σε μελέτες που εξετάζουν την πλευρίωση του εγκεφάλου κατά την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών, δίνοντας αρκετό φως στις σχετικές διαδικασίες (Duschek & Schandry 2003). Η ανάπτυξη εξειδικευμένων λογισμικών έχει βοηθήσει μάλιστα στην αυτοματοποιημένη επεξεργασία των καταγραφών και της ανάλυσης των δεδομένων (Badcock, Holt, Holden, & Bishop, 2012. Παπαδάτου-Παστού, Κουφάκη, Ράντου & Τόμπρου, 2013).

Ο λόγος που η συγκεκριμένη μέθοδος γίνεται ολοένα και δημοφιλέστερη μεταξύ των διεξαγόμενων ερευνών πέραν του χαμηλού κόστους, είναι το γεγονός ότι συγκεντρώνει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους όπως η ευκολία στην εφαρμογή για την πλειονότητα του πληθυσμού χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες (Zvan, 2012. Jansma, Ramsey & Rutten, 2015). Για την εφαρμογή της μεθόδου απαιτείται η χρήση εξοπλισμού ο οποίος μπορεί να μεταφερθεί και να λειτουργήσει εύκολα σε οποιοδήποτε περιβάλλον επιθυμεί ο ερευνητής να διεξάγει την μελέτη του, ενώ ταυτόχρονα έχει εύκολη εφαρμογή σε πολλές ομάδες συμμετεχόντων (ενήλικες, παιδιά, άτομα με αναπηρία ή ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες κ.ά.) επιτρέποντας κατά την διάρκεια της καταγραφής των νευροεπισημονικών δεδομένων την εκδήλωση μυϊκών κινήσεων τόσο του σώματος όσο και του προσώπου (π.χ. γραφή ή ομιλία) (Bishop, Watt & Papadatou-Pastou, 2009. Deppe, Ringelstein & Knecht, 2004. Knecht et al., 1998. Petit, Badcock & Woolgar, 2020). Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό αποτελεί βασικό

πλεονέκτημα της μεθόδου σε σχέση με άλλες τεχνικές οι οποίες παρότι ενδεχομένως παρουσιάζουν υψηλότερες δυνατότητες χωρικής ανάλυσης των εγκεφαλικών περιοχών (π.χ. fMRI), δεν επιτρέπουν την εκδήλωση ακούσιων ή εκούσιων κινήσεων και δεν μπορούν να ενσωματωθούν εύκολα σε έρευνες που προϋποθέτουν τέτοιου είδους διαδικασίες.

Στη διάδοση της χρήσης της συγκεκριμένης μεθόδου προστίθεται επίσης το γεγονός ότι πρόκειται για μία μέθοδο η οποία μπορεί να προσφέρει πολύ αξιόπιστες και έγκυρες μετρήσεις. Πιο ειδικά, ο διακρανιακός υπέρηχος Doppler έχει τη δυνατότητα μέτρησης της ταχύτητας της ροής του αίματος των μέσων κεντρικών αρτηριών του εγκεφάλου. Μέσα από την αιμάτωση της κάθε πλευράς του εγκεφάλου λοιπόν, είναι δυνατή η διαπίστωση της ενεργοποίησης του δεξιού ή του αριστερού ημισφαιρίου κατά την εκτέλεση κάθε δραστηριότητας (Duschek & Schandry, 2003). Έρευνες έχουν εντοπίσει επίσης σημαντικές συσχετίσεις της μεθόδου με άλλα μέσα αξιολόγησης της εγκεφαλικής πλευρίωσης, όπως το Wada Test (Knecht et al., 1998) και η fMRI (Deppe et al., 2000), καταλήγοντας στη διαπίστωση ότι μπορεί να προσφέρει εξίσου αξιόπιστες μετρήσεις (Jansen et al., 2004. Knake et. al., 2003. Somers et al., 2011).

Ωστόσο, η μέθοδος Doppler συγκεντρώνει ορισμένα βασικά μειονεκτήματα τα οποία αφορούν κυρίως τη χωρική ανάλυση που παρέχει ως μέθοδος νευροαπεικόνισης, που αξιολογείται πολύ μικρότερου βαθμού σε σχέση με άλλες μεθόδους (όπως η fMRI), περιορίζοντας τις δυνατότητές της στην αξιολόγηση της ημισφαιρικής επικράτησης. Έτσι, δεν παρέχεται η δυνατότητα εξέτασης συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών ή εντοπισμού συγκεκριμένων περιοχών ενεργοποίησης κατά την εκτέλεση γνωστικών λειτουργιών (Παπαδάτου-Παστού και συν., 2013). Επιπροσθέτως, η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους των κρανίων εξαιτίας της έλλειψης διαπερατότητας του υπέρηχου μέσω του κροταφικού παραθύρου (σημείο λέπτυνσης του κροταφικού οστού) (Knecht et. al., 1998). Το ποσοστό των κρανίων αυτών υπολογίζεται περίπου στο 5 % του γενικού πληθυσμού.

Αξίζει να σημειωθεί πως η τεχνική fTCD έχει αξιοποιηθεί ευρέως σε έρευνες που εξετάζουν την ημισφαιρική επικράτηση κατά τις γλωσσικές λειτουργίες σε διάφορες ομάδες πληθυσμού και σε έρευνες μεγάλης κλίμακας (Gutierrez-Sigut et al., 2015. Knecht, et al., 2000. Lohmann, Drager, Muller-Ehrenberg, Deppe & Knecht, 2005). Επιπροσθέτως, δεδομένης της ευελιξίας της μεθόδου στην εκδήλωση μυϊκών κινήσεων είναι αρκετά συνήθης η χρήση της σε μελέτες που αφορούν ομάδες ατόμων με αναπηρία και ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Στη βιβλιογραφία συναντώνται μελέτες πλευρίωσης με χρήση fTCD σε άτομα με αυτισμό, δυσλεξία, δυσπραξία, ειδικές μαθησιακές δυσκολίες (Bradshaw, Woodhead, Thompson & Bishop, 2020. Whitehouse & Bishop, 2008), αναπτυξιακή γλωσσική διαταραχή (Wilson & Bishop, 2018), διαταραχή κινητικού συντονισμού (Hodgson & Hudson, 2017), κώφωση (Payne, Gutierrez-Sigut, Woll & MacSweeney, 2019) κ.ά.

1.4 Κυριοχειρία

Σε όλη την ιστορία της ανθρωπότητας έχει καταγραφεί μία ισχυρή προτίμηση της χρήσης του δεξιού χεριού για την εκτέλεση των χειρωνακτικών δραστηριοτήτων. Ο όρος κυριοχειρία (handedness) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την αναφερόμενη κατάσταση, δηλαδή την τάση του ατόμου να επιλέγει και να προτιμά την χρήση του ενός χεριού έναντι του άλλου για την επιτέλεση διαφόρου είδους δραστηριοτήτων ή για την ορθότερη/αποτελεσματικότερη υλοποίησή τους (Corey, Hurley & Foundas, 2001). Η κυριοχειρία αποτελεί ένα είδος συμπεριφορικής πλευρίωσης, δηλαδή διαφοροποίησης της συμπεριφοράς του ατόμου ως προς τη χρήση των δύο πλευρών του σώματος που υποδεικνύει μία πλευρική, κινητική συμπεριφορική ασυμμετρία.

Παρότι η συμπεριφορική πλευρίωση δε συναντάται αποκλειστικά στην ανθρώπινη φύση αλλά και σε πολλούς ζωικούς οργανισμούς, η ισχυρή προτίμηση του δεξιού χεριού (δεξιοχειρία) έναντι του αντίστοιχου αριστερού άκρου αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό του ανθρώπινου είδους. Πιο ειδικά, η δεξιοχειρία συναντάται σε πολύ μεγάλο ποσοστό στον ανθρώπινο πληθυσμό το οποίο υπολογίζεται περίπου στο 90% αυτού (Βλάχος, 1998. Papadatou-Pastou et al., 2020).

Το ποσοστό των αριστερόχειρων πληθυσμών από την άλλη εκτιμάται ανά τον κόσμο περίπου στο 10% του πληθυσμού, ενώ όπως επισημαίνεται από την μεγάλη και πρόσφατη μετα-ανάλυση των Papadatou-Pastou et al. (2020) το ποσοστό αυτό μπορεί να κυμαίνεται από 9,3% μέχρι και 18,1% ανάλογα με τον τρόπο αξιολόγησης της κυριοχειρίας. Επιπρόσθετα, όταν σε μελέτες συμπεριλαμβάνεται και η κατηγορία των αμφιδέξιων ατόμων ή της μικτής προτίμησης χεριού, τότε τα δεδομένα μεταβάλλονται ακόμη περισσότερο, καθώς οι συγκεκριμένες ομάδες πληθυσμού φαίνεται να αγγίζουν τα ποσοστά των αριστερόχειρων πληθυσμών (περίπου 10%). Αξίζει να επισημανθεί πως η μικτή προτίμηση χεριού (mixed-handedness) και η

αμφιδεξιοχειρία (ambidexterity) αποτελούν δύο διαφορετικούς διακριτούς όρους με τον πρώτο να αναφέρεται στις περιπτώσεις εκείνες όπου το άτομο προτιμά και τα δύο άνω άκρα για την εκτέλεση της ίδιας δραστηριότητας, και τον δεύτερο να σχετίζεται με την δυνατότητα επιτέλεσης διαφορετικών εργασιών είτε με το δεξί είτε με το αριστερό χέρι (Annett, 1998). Η κυριοχειρία αποτελεί επίσης μία μεταβλητή η οποία μπορεί να ταξινομηθεί και ως προς το βαθμό πλευρίωσης. Έτσι, πολύ συχνά μπορεί να συναντήσει κανείς στη βιβλιογραφία διάφορες διαβαθμίσεις κυριοχειρίας (ισχυρή/έντονη, μέτρια, ήπια ή αδύναμη δεξιοχειρία ή αριστεροχειρία) (Martin, 2005).

Η κυριοχειρία δεν αποτελεί ένα μονοδιάστατο χαρακτηριστικό ή συμπεριφορά. Αντιθέτως για την κατηγοριοποίηση ή την ταξινόμηση των ατόμων σε κάποια ομάδα κυριοχειρίας οι ερευνητές συνήθως προτείνουν την αξιολόγηση των ατόμων τόσο σε επίπεδο προτίμησης όσο και σε επίπεδο δεξιότητας. Άλλωστε έχει παρατηρηθεί πως άτομα τα οποία φαίνεται να παρουσιάζουν μία ισχυρή προτίμηση σε κάποιο από τα δύο χέρια, ενδεχομένως να μην είναι το ίδιο επιδέξια κατά την εκτέλεση διαφόρων δραστηριοτήτων για το χέρι που φανερώνουν ισχυρή προτίμηση (Corey et al., 2001).

Ως εξαιρετικά σημαντικό ζήτημα προκύπτει το φαινόμενο πως παρότι η κυριοχειρία παρουσιάζεται ως ένα απλό και κατανοητό χαρακτηριστικό, δεν έχει καθορισθεί από την επιστημονική κοινότητα καθολικός τρόπος αξιολόγησής της, ενώ εξακολουθούν να λείπουν αξιόπιστες εκτιμήσεις κατανομής κυριοχειρίας. Οι διάφορες εκτιμήσεις αξιολόγησης της κυριοχειρίας του γενικού πληθυσμού που έχουν προκύψει κατά καιρούς φαίνεται πως εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, με κάποιους από αυτούς να αποτελούν (α) τα χαρακτηριστικά της κάθε μελέτης -συγκεκριμένα το έτος δημοσίευσης και οι τρόποι μέτρησης και ταξινόμησης της κυριοχειρίας- και (β) τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, δηλαδή το φύλο και η καταγωγή (Hardie & Wright, 2014. Papadatou-Pastou et al., 2020). Αυτός είναι μάλιστα και ο λόγος που οι ερευνητές υπογραμμίζουν την ανάγκη για καθορισμό

συγκεκριμένων κριτηρίων αξιολόγησης της κυριοχειρίας, καθώς η ανακρίβεια και/ή η ετερογένεια της μέτρησης δύναται να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό την εκτιμώμενη επικράτηση για κάθε είδος συμπεριφορικής πλευρίωσης.

Η επιστημονική κοινότητα στην προσπάθειά της να κατανοήσει το φαινόμενο της κυριοχειρίας και να εξερευνήσει τις αιτίες που προκαλούν τη συγκεκριμένη συμπεριφορική ασυμμετρία, προσπάθησε να τη συσχετίσει με διάφορους άλλους παράγοντες όπως το φύλο ή η ηλικία των πληθυσμών. Αναφορικά με την μεταβλητή του φύλου πραγματοποιήθηκαν αρκετές έρευνες. Η μετα-ανάλυση των Papadatou-Pastou και συν. (2008) 144 μελετών που αφορούσε 1.787.629 άτομα κατέδειξε τις αυξημένες πιθανότητες των ανδρών (23% περισσότερες πιθανότητες) να εμφανίσουν μη τυπική συμπεριφορική πλευρίωση (αριστεροχειρία) σε σχέση με τις γυναίκες. Σε ισχυρότερη μη τυπική συμπεριφορική πλευρίωση για το ανδρικό φύλο καταλήγει και η έρευνα των De Kovel, Carrión-Castillo & Francks (2019). Από την άλλη πλευρά, σημαντική ομάδα ερευνών δεν έχει εντοπίσει σημαντικές διαφορές κυριοχειρίας μεταξύ των δύο φύλων (Burman, Bitan & Booth, 2008. Vlachos et al., 2013).

Αναφορικά με την επίδραση της ηλικίας στην ανάπτυξη μη τυπικής κυριοχειρίας έχει υποθεθεί πως ενδεχομένως να υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της αύξησης της ηλικίας και της εμφάνισης χαμηλότερων ποσοστών αριστεροχειρίας (De Kovel et al., 2019. Milenković, Brkić & Belojević, 2013). Ωστόσο τα αποτελέσματα ερευνών που υποδεικνύουν την πιθανότητα μίας τέτοιας σχέσης μπορεί να επιδέχονται διαφορετικών ερμηνειών καθώς, όπως επισημαίνουν οι ερευνητές, ενδεχομένως να οφείλονται στη μεταβολή των ποικίλων κοινωνικών και πολιτισμικών κοινωνικών αντιλήψεων με το πέρασμα του χρόνου για τη χρήση του αριστερού χεριού. Σχετικά ευρήματα φανερώνουν άλλωστε πως η καταγωγή, το πολιτισμικό υπόβαθρο και η κουλτούρα που διέπει ένα κοινωνικό περιβάλλον διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανομή της κυριοχειρίας. Το σχετικό φαινόμενο έχει συσχετιστεί

επίσης με κληρονομικούς παράγοντες, κοινωνικές πιέσεις, τη διατροφή, την εποχή γέννησης, την ομοφυλοφιλία, την εκπαίδευση κ.ά. (Papadatou-Pastou et. al., 2020).

1.5 Εργαλεία αξιολόγησης κυριοχειρίας

Η μέθοδος αξιολόγησης και ταξινόμησης της κυριοχειρίας είναι σαφές πως αποτελεί βασικό προσδιοριστικό παράγοντα των εξαγόμενων συμπερασμάτων αναφορικά με την σχετική συμπεριφορική μεταβλητή, καθορίζοντας σε σημαντικό βαθμό την εκτιμώμενη επικράτησή της στον γενικό πληθυσμό, όπως και σε ειδικές κατηγορίες (π.χ. άτομα με ψυχιατρικές διαταραχές, άτομα με αναπηρία και ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες κ.ά.). Τα διάφορα εργαλεία λοιπόν που επιλέγονται από την εκάστοτε ερευνητική μελέτη σε συνδυασμό με τα επιλεγόμενα σχήματα ταξινόμησης κυριοχειρίας από τους ερευνητές είναι εκείνα τα οποία θα καθορίσουν τον προσδιορισμό των ατόμων στις διάφορες ομάδες κυριοχειρίας, αλλά και το μέγεθος ή την ένταση της συμπεριφορικής τους πλευρίωσης κατά την εκτέλεση των διαφόρων δραστηριοτήτων (Papadatou-Pastou et al., 2020. Scharoun & Bryden, 2014).

Στην βιβλιογραφία μπορεί να συναντήσει κανείς ποικίλα εργαλεία αξιολόγησης της κυριοχειρίας. Η πλειονότητα αυτών των εργαλείων καταγράφουν την προτίμηση χεριού σε διάφορες δοκιμασίες, την δεξιότητα χεριού κατά την εκτέλεση διαφόρων σταθμισμένων δραστηριοτήτων (ταχύτητα, δύναμη, ακρίβεια), αλλά και απαντήσεις των συμμετεχόντων (αυτό-αναφορά) σχετικά με την προτίμηση στη χρήση των χεριών σε καθημερινές δραστηριότητες της ζωής τους (Bryden, Roy, Manus & Mc Bulman-Fleming, 1997).

Η κάθε κατηγορία εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας παρουσιάζει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τα οποία φυσικά πολλές φορές απορρέουν από την ίδια τη φύση της μεθόδου αξιολόγησης της κυριοχειρίας. Για παράδειγμα, οι μέθοδοι αξιολόγησης της κυριοχειρίας που βασίζονται στην παρατήρηση των συμμετεχόντων κατά την εκτέλεση διαφόρων δραστηριοτήτων συνεπάγονται και ορισμένων υποκειμενισμών που αυτόματα προκαλούν δυσχέρειες ή αμφιβολίες αναφορικά με την αξιοπιστία της μέτρησης κατά τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου (Michel, 2021).

Σε δεύτερη διάσταση ενέχονται πολλαπλοί περιορισμοί ως προς το περιεχόμενο, και την δομή των ίδιων των εργαλείων. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των ερωτηματολογίων, θα είναι διαφορετική η κατανομή των απαντήσεων σε περίπτωση που η κυριοχειρία μελετάται ως συνέχεια μέσα από την δομή μίας πενταβάθμιας κλίμακας σε σχέση με την περίπτωση που δίνεται η αποκλειστική επιλογή δύο απαντήσεων (αριστερό – δεξί). Στην πρώτη περίπτωση που η κυριοχειρία μελετάται ως μία συνεχή μεταβλητή δίνεται η δυνατότητα στους συμμετέχοντες για περισσότερες επιλογές απαντήσεων αναφορικά με την χρήση των χεριών τους, ενώ στη δεύτερη περίπτωση που η κυριοχειρία αξιολογείται αποκλειστικά σε δύο επίπεδα (αριστεροχειρία και δεξιοχειρία), οι συμμετέχοντες ωθούνται στην επιλογή περισσότερο ακραίων επιλογών στις απαντήσεις τους (Papadatou-Pastou et al., 2013).

Σε συνέχεια της κριτικής αναφορικά με την δομή των ερωτηματολογίων που έχουν αξιοποιηθεί κατά καιρούς σε μελέτες συμπεριφορικής πλευρίωσης, σημειώνονται σοβαροί περιορισμοί γύρω από το είδος των στοιχείων (ερωτήσεις) και την ποσότητα αυτών που θα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στα εργαλεία αξιολόγησης. Για αυτό μάλιστα έχουν παραχθεί κατά καιρούς διάφορα εργαλεία τα οποία διαφέρουν κυρίως στην ποσότητα των ερωτήσεων που περιέχουν αλλά και στο περιεχόμενο. Ο προβληματισμός αναφορικά με την ακρίβεια των συγκεκριμένων εργαλείων όταν εκείνα εμπεριέχουν περισσότερα ερωτήματα σε σχέση με μικρότερου εύρους ερωτηματολόγια συνεχίζει να επικρατεί στον επιστημονικό χώρο και έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες επ' αυτού (Bryden, 1977. Coren, 1993. Papadatou-Pastou et al., 2013). Έτσι, στη βιβλιογραφία μπορεί να συναντήσει κανείς ευρέως χρησιμοποιούμενα ερωτηματολόγια που περιέχουν από δέκα (Oldfield, 1971) μέχρι και 68 ερωτήσεις (Waterloo Handedness Questionnaire- Steenhuis & Bryden, 1989).

Αξίζει να σημειωθεί επίσης πως στα ερωτηματολόγια αυτοαναφοράς τα οποία περιλαμβάνουν ερωτήσεις που αφορούν την προτίμηση χεριού κατά την εκτέλεση διάφορων δραστηριοτήτων, οι συμμετέχοντες προκειμένου να δώσουν τις απαντήσεις τους οφείλουν

αρχικά να ανακαλέσουν στην μνήμη τους το χέρι με το οποίο πραγματοποιούν την κάθε δραστηριότητα. Η διαδικασία αυτή που προϋποθέτει μία αυτοαξιολόγηση του ατόμου γύρω από τον τρόπο που λειτουργεί στην καθημερινότητά αναφορικά με τη χρήση των χεριών στις καθημερινές δραστηριότητες και συνεπάγεται όπως είναι φυσικό ορισμένων βασικών περιορισμών σχετικά με την αξιοπιστία των καταγραφών (Fazio, Coenen & Denney, 2012).

Περνώντας στην κριτική που ασκήθηκε στο καθαυτό περιεχόμενο των ερωτηματολογίων αυτοαναφοράς με στόχο την αξιολόγηση της κυριοχειρίας, έχουν επισημανθεί από τους ερευνητές σημαντικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με το γεγονός πως ορισμένοι τύπου ερωτήσεων ενδέχεται να επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες και επομένως να μην προσφέρουν δυνατότητες έγκυρων καταγραφών. Η ερώτηση που αφορά για παράδειγμα το χέρι με το οποίο κάποιος γράφει ή πετάει την μπάλα ενδεχομένως να επηρεάζεται από κάποιου είδους κοινωνική πίεση για την γραφή με το δεξί χέρι για την πρώτη περίπτωση ή από τον παράγοντα της εξάσκησης για το την περίπτωση του πετάγματος της μπάλας. Σε δεύτερο χρόνο λοιπόν, οι απαντήσεις που δίνονται από τους συμμετέχοντες δεν θα αντιπροσωπεύουν απόλυτα την προτίμηση χεριού και κατ' επέκταση τη συμπεριφορική τους πλευρίωση (Calvert & Bishop, 1998).

Τα ερωτηματολόγια αυτο-αναφοράς αποτελούν την πιο συνήθη μέθοδο αξιολόγησης της κυριοχειρίας (Bishop, Ross, Daniels & Bright, 1996. Bryden, Singh, Steenhuis & Clarkson, 1994. Papadatou-Pastou, Martin & Munafò, 2013). Ωστόσο, η χρήση των ερωτηματολογίων αυτο-αναφοράς αποδεικνύεται δύσκολη σε περιπτώσεις που απευθύνονται σε ειδικούς πληθυσμούς, όπως μικρά παιδιά ή παιδιά με δυσλεξία, άτομα με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες κ.ά. (Κουφάκη, & Παπαδάτου-Πάστου, 2011).

Από τα πιο γνωστά ερωτηματολόγια στην αξιολόγηση προτίμησης χεριού είναι εκείνο της Annet (Ερωτηματολόγιο Προτίμησης Χεριού- Annett, 1970) και το ερωτηματολόγιο του Εδιμβούργου (EE, Oldfield, 1971). Τα δύο ερωτηματολόγια έχουν σταθμιστεί σε μεγάλους

πληθυσμούς και έχουν ελεγχθεί για την αξιοπιστία της μέτρησής τους και της εγκυρότητάς τους. Όπως προαναφέρθηκε η χρήση των ερωτηματολογίων σε μελέτες πλευρίωσης είναι αρκετά διαδεδομένη καθώς είναι εύκολη η ερευνητική εφαρμογή τους τόσο λόγω της εξοικονόμησης του χρόνου όσο και της δυνατότητας που προσφέρει για αξιολόγηση μεγάλου δείγματος του πληθυσμού. Αυτός ενδεχομένως να είναι μάλιστα ο λόγος που το πιο διαδεδομένο εργαλείο στη χρήση για έρευνες που εξετάζουν την κυριοχειρία και πιο συγκεκριμένα την προτίμηση του χεριού αποτελεί το ερωτηματολόγιο του Εδιμβούργου. Το παρόν εργαλείο εισήχθη στις αρχές της δεκαετίας του '70 και χαίρει της μεγαλύτερης αποδοχής μεταξύ των υπόλοιπων εργαλείων από ακαδημαϊκούς και ερευνητές που διεξάγουν μελέτες πλευρίωσης. Μάλιστα το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών μετέπειτα ερευνών που επιχείρησαν να βελτιώσουν την αξιοπιστία της μέτρησης που προσφέρει. Αποτελεί εν ολίγοις ένα εργαλείο που έχει αξιοποιηθεί ποικιλοτρόπως και έχει πιστοποιηθεί μέσα από χιλιάδες μετρήσεις για την αξιοπιστία που προσφέρει στην μέτρηση και την εγκυρότητά του (Christman, Prichard & Corser, 2015. Prichard, Christman & Walters, 2020. Yang, Waddington, Adams & Han, 2018).

Σε αντίθεση με τα ερωτηματολόγια αυτό-αναφοράς οι πρακτικές δοκιμασίες μπορούν ενδεχομένως να ξεπεράσουν σημαντικά εμπόδια των ερευνητικών μεθοδολογιών εκείνων που βασίζονται αποκλειστικά στην αυτό-αναφορά των συμμετεχόντων για ζητήματα κυριοχειρίας και να προσφέρουν έναν πιο αξιόπιστο τρόπο μέτρησης - ειδικά στις περιπτώσεις ατόμων με περιορισμένες αναγνωστικές δυνατότητες, όπως τα μικρά παιδιά που δυσκολεύονται στην επεξεργασία και την κατανόηση γραπτών ερωτήσεων (Βλάχος, 1998. Bryden, Pryde, & Roy, 2000. Siengthai, Kritz-Silverstein & Barrett-Connor, 2008). Έχει πιστοποιηθεί μάλιστα η σχέση των μετρήσεων προτίμησης χεριού με τις μετρήσεις εκτέλεσης πρακτικών δοκιμασιών για όμοιες δραστηριότητες, γεγονός που προσδίδει περισσότερη αξία στη συμπληρωματική χρήση σχετικών διαδικασιών για την αξιολόγηση της κυριοχειρίας (Bryden, Roy & Spence,

2007. Nalcaci, Kalaycioğlu, Çiçek & Genç, 2001). Επιπρόσθετα, φαίνεται πως όταν ένας συμμετέχων γνωρίζει πως θα δοκιμαστεί στην χρήση των χεριών σημειώνεται υψηλότερη αξιοπιστία στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που αφορούν την προτίμηση χεριού (Henninger, 1992).

Οι πρακτικές δοκιμασίες δύναται να εξετάζουν είτε την προτίμηση χεριού των συμμετεχόντων είτε τη δεξιότητα χεριού. Μία από τις πιο διαδεδομένες δοκιμασίες αξιολόγησης προτίμησης χεριού αποτελεί το Τεστ Ποσοτικοποίησης της Προτίμησης Χεριού (τεστ ΠΠΧ, Bishop et al., 1996, για λεπτομέρειες βλ. Κεφ.2.3.2). Από τις πιο γνωστές και αποδεκτές δοκιμασίες επιδεξιότητας χεριού αποτελούν η Δοκιμασία Μετακίνησης Πασσάλων (ΔΜΠ, Annett et al, 1979, βλ. Κεφ. 2.3.2.), η Δοκιμασία Γεμίσματος Κουκκίδων (Dot-filling Task-Tapley & Bryden, 1985) και η Δοκιμασία Πατήματος Μετρητή (Tapping task-Peters & Durdin, 1979). Η λογική των δοκιμασιών δεξιότητας χεριού είναι πως ο συμμετέχοντας εκτελεί την ίδια δραστηριότητα και με τα δύο χέρια και λαμβάνοντας υπόψη την παράμετρο του χρόνου οι δύο επιδόσεις συγκρίνονται μεταξύ τους. Οι δοκιμασίες δεξιότητας διαφέρουν όμως μεταξύ τους καθώς καθεμία από αυτές μπορεί να αξιολογεί κάτι διαφορετικό όπως η ακρίβεια, η δύναμη ή ο χρόνος.

Στα μειονεκτήματα των πρακτικών δοκιμασιών δεξιότητας θα μπορούσαν να συγκαταλεχθούν το χρονοβόρο της διαδικασίας, αλλά και η ενδεχόμενη έλλειψη της κατανόησης της δραστηριότητας που επιτελείται από το συμμετέχοντα (ή του στόχου της δραστηριότητας) με κίνδυνο την μη τήρηση των σωστών οδηγιών και την παραγωγή αμφιλεγόμενων αποτελεσμάτων. Επιπρόσθετα το δικό της ρόλο διαδραματίζει η ύπαρξη κινήτρων σχετικά με τη συμμετοχή σε κάποια δοκιμασία, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις των νεότερων ατόμων και των μικρών παιδιών (Michel, 2021).

Συμπερασματικά, η κυριοχειρία των ατόμων ως ένα πολυδιάστατο χαρακτηριστικό δύναται να αξιολογηθεί με εργαλεία που αξιολογούν τόσο την προτίμηση όσο και την δεξιότητα του

χειριού. Ωστόσο, οι ερευνητές δεν έχουν συμφωνήσει στον καθορισμό μέτρησης της κυριοχειρίας με βάση την προτίμηση, τη δεξιότητα χειριού ή του συνδυασμού αυτών των δύο.

. Η παραπάνω προβληματική παίρνει διαφορετικές διαστάσεις όταν σε μελέτες κυριοχειρίας λαμβάνεται υπόψη η εγκεφαλική πλευρίωση, για την οποία η επικράτηση του ενός ή του άλλου χειριού έχει χαρακτηριστεί πολλαπλές φορές ως σημαντικός συμπεριφοριστικός δείκτης. Η ανάδειξη σωστών εργαλείων αξιολόγησης κυριοχειρίας λοιπόν μπορεί να προσφέρει τις σωστές κατευθύνσεις των μελλοντικών ερευνών που επικεντρώνονται σε ζητήματα πλευρίωσης (Βλάχος, 1998).

1.6 Σχέση Γλωσσικής Εγκεφαλικής Πλευρίωσης και Κυριοχειρίας

Η κυριοχειρία αποτελεί μία μεταβλητή που λαμβάνεται υπόψη σε μελέτες εγκεφαλικής πλευρίωσης, ενώ πολλές φορές χαρακτηρίζεται ως βασικός συμπεριφορικός δείκτης πρόβλεψης της εγκεφαλικής πλευρίωσης, ειδικά σε ότι σχετίζεται με τις γλωσσικές λειτουργίες. Η στενή σχέση μεταξύ κυριοχειρίας και γλωσσικής εγκεφαλικής πλευρίωσης αποτελεί ένα σημαντικό επιστημονικό εύρημα (Knecht et al., 2000. Gonzalez & Goodale, 2009). Ωστόσο, η προηγούμενη διαπίστωση δεν επιδέχεται μία απλοϊκής ερμηνείας καθώς η οργάνωση του εγκεφάλου για την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών αποτελεί μία περισσότερο πολύπλοκη διαδικασία από την φαινομενικά προβλεπόμενη.

Τα πρώτα χρόνια διαπίστωσης της ύπαρξης σχέσης μεταξύ κυριοχειρίας και γλωσσικών λειτουργιών προκλήθηκε στην επιστημονική κοινότητα μία παρανόηση. Η παρατήρηση του γεγονότος πως οι δεξιόχειρες εδράζουν τις γλωσσικές τους λειτουργίες στο αριστερό ημισφαίριο δημιούργησε τον λανθασμένο επαγωγικό συλλογισμό περί επικράτησης του δεξιού ημισφαιρίου κατά την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών για την πλειοψηφία των αριστερόχειρων (Herron, 1980). Την λανθασμένη αυτή συλλογιστική ενίσχυσε μετέπειτα η διαπίστωση του ελέγχου κάθε πλευράς του σώματος από το αντίθετο ημισφαίριο, δηλαδή το φαινόμενο κατά το οποίο το αριστερό ημισφαίριο ελέγχει το δεξί χέρι και αντίστοιχα το δεξί ημισφαίριο ελέγχει το αριστερό χέρι. Αυτή η λανθασμένη παρανόηση ωστόσο αναιρέθηκε πολύ σύντομα με την εξέλιξη και την ανάπτυξη ολοένα και περισσότερων ερευνών να διαψεύδουν μία τέτοια σχέση (Kolb & Whishaw, 2009).

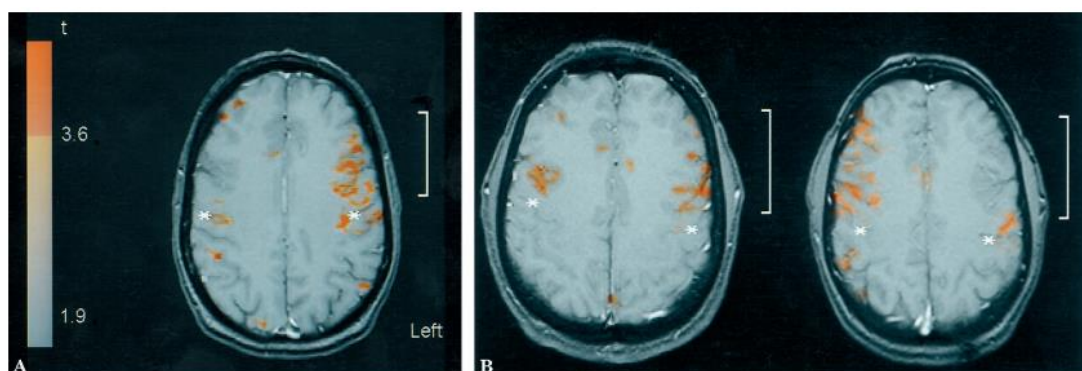
Με βασικό σκοπό την διαπίστωση και τη διαλεύκανση του μοτίβου εγκεφαλικής ενεργοποίησης κατά την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών για τις διάφορες ομάδες κυριοχειρίας, πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές έρευνες οι οποίες κατέληξαν σε ορισμένα βασικά συμπεράσματα αναφορικά με το είδος της σύνδεσης γλωσσικής εγκεφαλικής

πλευρίωσης και κυριοχειρίας. Μία πολύ σημαντική έρευνα-σταθμό αποτελεί εκείνη του Knecht και των συνεργατών του (2000a, 2000b) η οποία υπήρξε από τις πρώτες μελέτες που εξέτασαν διαμέσου της τεχνικής του υπερήχου Doppler ένα αρκετά μεγάλο αριθμό υγιών τυπικά αναπτυσσόμενων ατόμων (326 συμμετέχοντες) σε δραστηριότητα παραγωγής λόγου. Η μελέτη κατέληξε σε ευρήματα που φανερώνουν την υψηλή αριστερή ενεργοποίηση για τους δεξιόχειρες συμμετέχοντες (περίπου 93%) σε αντίθεση με τις ομάδες των αμφιδέξιων και αριστερόχειρων συμμετεχόντων για τις οποίες τα ποσοστά κυμαίνονταν στο 85% και 73% αντίστοιχα. Οι ερευνητές επιπρόσθετα διαπίστωσαν μία ξεκάθαρη σχεδόν γραμμική σχέση μεταξύ κυριοχειρίας και εγκεφαλικής πλευρίωσης, με την αύξηση της δεξιόπλευρης ενεργοποίησης του εγκεφάλου στους συμμετέχοντες να συνεπάγεται με υψηλότερα επίπεδα αριστεροχειρίας στους ίδιους. Αυτό πρακτικά υποδεικνύει μία σχεδόν αναλογική σχέση μεταξύ άτυπης κυριοχειρίας και άτυπης εγκεφαλικής πλευρίωσης. Αξίζει να σημειωθεί πως για την αξιολόγηση της κυριοχειρίας των ατόμων αξιοποιήθηκε το ΕΕ.

Σε πιο πρόσφατη έρευνα, οι Mazoyer et al. (2014) εξετάζοντας 297 συμμετέχοντες με τη χρήση της μεθόδου fMRI κατά την παραγωγή σιωπηρού λόγου εντόπισαν πως η ισχυρής ή μέτριας έντασης άτυπη πλευρίωση (δεξιά ή αμφίπλευρη ενεργοποίηση) χαρακτήριζε κατά κύριο λόγο τους αριστερόχειρες συμμετέχοντες. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε πως το 88% των δεξιόχειρων ατόμων παρουσίασαν ενεργοποίηση του αριστερού ημισφαιρίου κατά την σιωπηρή παραγωγή λόγου, ενώ μόλις το 78% των αριστερόχειρων πληθυσμών παρουσίασαν αντίστοιχη τυπική πλευρίωση. Αξίζει να αναφερθεί πως στη συγκεκριμένη μελέτη οι συμμετέχοντες αρχικά κατηγοριοποιήθηκαν σε αριστερόχειρες και δεξιόχειρες σύμφωνα με αυτό-αναφορά για την κυριοχειρία τους, ενώ οι ερευνητές συμπεριέλαβαν επίσης στη μελέτη τους το ΕΕ για επιπρόσθετους λόγους διερεύνησης της σχέσης κυριοχειρίας και εύρους της ημισφαιρικής ενεργοποίησης που παρουσίαζαν οι συμμετέχοντες κατά την εκτέλεση γλωσσικών δραστηριοτήτων. Οι ερευνητές εντόπισαν λοιπόν σημαντική συσχέτιση για την

κατηγορία των αριστερόχειρων ατόμων μεταξύ του βαθμού της κυριοχειρίας και των επιπέδων εγκεφαλικής ενεργοποίησης- όχι όμως για τους δεξιόχειρες.

Πολλές ακόμη έρευνες συμφωνούν με ευρήματα που υποστηρίζουν την συχνότερη εμφάνιση μη τυπικής πλευρίωσης (χρήσης του δεξιού ημισφαιρίου, αμφίπλευρη ενεργοποίηση) για τους αριστερόχειρους πληθυσμούς σε σχέση με τους δεξιόχειρες κατά τις γλωσσικές λειτουργίες (Khedr, Hamed, Said & Basahi, 2002. Kondyli et al., 2017. Lust et al., 2011. Papadatou-Pastou, 2011. Papadatou-Pastou et al., 2022. Pujol, Deus, Losilla & Capdevila, 1999. Springer et al., 1999. Szaflarski et al., 2002. Whitehouse & Bishop, 2009).



Εικόνα 1.2.: Απεικόνιση τριών παρατηρούμενων μοτίβων ημισφαιρικής ενεργοποίησης σε αριστερόχειρες κατά τη σιωπηλή λεξιλογική παραγωγή

A) Κυρίαρχη ενεργοποίηση του αριστερού ημισφαιρίου στον προμετωπιαίο φλοιό.

B) Αμφοτερόπλευρη ενεργοποίηση (αριστερά στο πλαίσιο) και ενεργοποίηση του δεξιού ημισφαιρίου (δεξιά στο πλαίσιο B). Οι αστερίσκοι υποδεικνύουν την κεντρική αύλακα και οι αγκύλες οριοθετούν την έκταση της περιοχής που εξετάζεται σε αυτή τη μελέτη (Pujol et al., 1999, p.1039).

Μελέτες γλωσσικής πλευρίωσης έχουν πραγματοποιηθεί επίσης σε παιδιά και έφηβους στις οποίες διαπιστώθηκαν παρόμοια αποτελέσματα (Holland et al., 2007. Norrelgen, Lilja, Ingvar, Gisselgård & Fransson, 2012. Szaflarski, Holland, Schmithorst & Byars, 2006. Haag et

al., 2010). Δεν είναι λίγες όμως οι έρευνες που εξέτασαν μία ενδεχόμενη αλλαγή της εγκεφαλικής πλευρίωσης των παιδιών με την πάροδο του χρόνου αναφορικά με τις γλωσσικές λειτουργίες. Στην μελέτη των Szafarski et al. (2012), για παράδειγμα, οι ερευνητές εξέτασαν 81 παιδιά ηλικίας 5-18 ετών στην παραγωγή λόγου μέσω της μεθόδου fMRI και διαπίστωσαν πως η ενεργοποίηση του αριστερού ημισφαιρίου κατά την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών αυξανόταν στις μεγαλύτερες ηλικίες τόσο για τους δεξιόχειρες όσο και για τους αριστερόχειρες συμμετέχοντες. Σε κάθε περίπτωση ωστόσο, η αριστερή ημισφαιρική επικράτηση ήταν διακριτή σε όλες τις ηλικιακές ομάδες κυριοχειρίας.

Αξίζει να σημειωθεί πως εκτός από τις παρατηρούμενες διαφοροποιήσεις στην πλευρίωση των γλωσσικών λειτουργιών μεταξύ των ομάδων κυριοχειρίας, αρκετές έρευνες επισημαίνουν ταυτόχρονα διαφορές των δύο βασικών ομάδων κυριοχειρίας στο εύρος ή το μέγεθος της εγκεφαλικής ενεργοποίησης που επιτυγχάνουν κατά την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών. Έχει παρατηρηθεί λοιπόν πως οι δεξιόχειρες επιτυγχάνουν υψηλότερα επίπεδα εγκεφαλικής ενεργοποίησης σημειώνοντας υψηλότερους δείκτες γλωσσικής πλευρίωσης σε σχέση με τους αριστερόχειρες (Bruckert, Thompson, Watkins, Bishop & Woodhead, 2021. Carey & Johnstone, 2014. Knecht et al., 2000b. Papadatou-Pastou, 2011. Vingerhoets et al., 2012).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μελέτες που επιχείρησαν την εξέταση συσχέτισης της γλωσσικής πλευρίωσης και της κυριοχειρίας μέσα από την χρήση περισσότερων του ενός εργαλείου μέτρησης της κυριοχειρίας. Στην έρευνα τους οι Kondyli et al. (2017) επέλεξαν την αξιολόγηση των συμμετεχόντων (30 δεξιόχειρες-30 αριστερόχειρες) μέσα από τρεις διαφορετικές συμπεριφορικές δοκιμασίες κυριοχειρίας (EE, τεστ ΠΠΧ, ΔΜΠ) σε συσχέτιση με νευροεπισημονικά δεδομένα που προέκυψαν από δραστηριότητες προφορικού και γραπτού λόγου υπό την καταγραφή του υπερήχου Doppler. Από την ανάλυση των δεδομένων καταγράφηκαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της γλωσσικής πλευρίωσης και

όλων των συμπεριφορικών δοκιμασιών για την δραστηριότητα παραγωγής γραπτού λόγου, όχι όμως για την δραστηριότητα παραγωγής προφορικού λόγου.

Σε παρόμοια μελέτη οι Papadatou-Pastou et al. (2022) εξέτασαν την γλωσσική πλευρίωση 54 συμμετεχόντων σε δραστηριότητα παραγωγής γραπτού λόγου. Οι ερευνητές επιχείρησαν μάλιστα την διερεύνηση της σχέσης γλωσσικής πλευρίωσης και κυριοχειρίας μέσα από την μέτρηση των συμμετεχόντων σε τρεις διαφορετικές συμπεριφορικές δοκιμασίες (EE, τεστ ΠΠΧ, ΔΜΠ). Στόχος των ερευνητών ήταν ο υπολογισμός ενός δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης ο οποίος θα ήταν απομονωμένος από την επίδραση της κινητικής δραστηριότητας της γραπτής παραγωγής και η συσχέτιση αυτού με τις ποικίλες μετρήσεις της κυριοχειρίας. Η μελέτη φανέρωσε συσχέτιση του δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης με τις μετρήσεις που προέκυψαν από το EE και το τεστ ΠΠΧ, όχι όμως για τη ΔΜΠ.

Στη μελέτη τους οι Groen (2013) αντίστοιχα εξέτασαν την συσχέτιση των προαναφερθέντων τριών εργαλείων (EE, τεστ ΠΠΧ, ΔΜΠ) με την γλωσσική πλευρίωση σε μικρό δείγμα παιδιών θέτοντας ως ερευνητικό στόχο την σύγκριση των εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας στην δυνατότητά τους να αποτελέσουν έγκυρο δείκτη πρόβλεψης της γλωσσικής πλευρίωσης. Οι ερευνητές εντόπισαν λοιπόν σημαντική συσχέτιση για την τροποποιημένη εκδοχή του EE και το τεστ ΠΠΧ (και όχι για τη ΔΜΠ) με το δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης έτσι όπως αυτός προέκυψε μέσα από την συμμετοχή των παιδιών σε δραστηριότητα περιγραφής βίντεο κινουμένων σχεδίων.

Άλλες έρευνες που κατάφεραν να εντοπίσουν μία μορφή συσχέτισης μεταξύ γλωσσικής πλευρίωσης και κυριοχειρίας αποτελούν η έρευνα των Szaflarski et al. (2002) και των Somers et al. (2015). Στην πρώτη περίπτωση οι ερευνητές διαπίστωσαν πως τα δεδομένα της εγκεφαλικής ενεργοποίησης σε ομάδα αριστερόχειρων κατά την εκτέλεση γλωσσικής δοκιμασίας (αποκλειστικά για την περιοχή του μετωπιαίου λοβού, που έχει βρεθεί ότι συμμετέχει σημαντικά στις λειτουργίες που αφορούν την παραγωγή γλώσσας) παρουσίασαν

σημαντική συσχέτιση με τα επίπεδα συμπεριφορικής πλευρίωσης έτσι όπως καταγράφηκαν από το EE (Oldfield, 1971). Στην έρευνα των Somers et al. (2015) διαπιστώθηκε συσχέτιση μεταξύ του βαθμού της αριστεροχειρίας (μέτρηση με το EE) και της άτυπης εγκεφαλικής πλευρίωσης των ατόμων που εξετάστηκαν σε γλωσσικά έργα μέσω του υπέρηχου Doppler.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι φανερό πως η συσχέτιση κυριοχειρίας και γλωσσικής πλευρίωσης αποτελεί ένα απαιτητικό και πολύπλοκο έργο. Αδιαμφισβήτητα η εμφάνιση μη τυπικής πλευρίωσης (δεξιάς ή αμφίπλευρης ημισφαιρικής επικράτησης) απαντάται συχνότερα στις ομάδες των αριστερόχειρων ή αμφιδέξιων πληθυσμών, ωστόσο δεν είναι ακόμη ξεκάθαρο σε τι βαθμό η μεταβλητή της κυριοχειρίας επιδρά στον τρόπο με τον οποίο καθορίζεται η πλαγίωση των γλωσσικών λειτουργιών των ατόμων (Ocklenburg, Beste, Arning, Peterburs & Güntürkün, 2014). Επιπροσθέτως, η εύρεση σημαντικών συσχετίσεων μεταξύ ποικίλων εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας και γλωσσικής πλευρίωσης ενισχύει την υπόθεση για στενή σύνδεση των δύο μεταβλητών. Έχουν αναπτυχθεί μάλιστα ορισμένες θεωρίες οντογένεσης των δύο αυτών λειτουργικών ασυμμετριών που υποστηρίζουν την υπόθεση καθορισμού γλωσσικής πλευρίωσης και κυριοχειρίας από το ίδιο γονίδιο (Annett, 1998). Κατά συνέπεια το πεδίο αυτό αποτελεί ακόμα ένα ιδιαίτερα γόνιμο πεδίο για την ανάπτυξη επιστημονικού διαλόγου.

1.7 Θεωρητικές προεκτάσεις στην ειδική αγωγή

Η παρατήρηση διαφοροποιημένης εγκεφαλικής πλευρίωσης κατά την εκτέλεση γνωστικών λειτουργιών αποτελεί ένα συνηθέστερο φαινόμενο για τις κατηγορίες ατόμων με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και αναπηρία σε σχέση με τα άτομα τυπικής ανάπτυξης (Asenova, 2018. Deemyad, 2022. Jouravlev et al., 2020. Tan et al., 2019). Ταυτόχρονα συναφείς μελέτες έχουν υποδείξει πιθανές συνδέσεις μεταξύ άτυπης κυριοχειρίας και συνύπαρξης αναπτυξιακών διαταραχών ή αναπηριών σε ομάδες ατόμων (Brandler & Paracchini, 2014. Markou, Ahtam & Papadatou-Pastou, 2017. Simões, Carvalho & Schmidt, 2017). Η διερεύνηση των παραπάνω συσχετίσεων και η προσπάθεια για κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα διαφορετικά αυτά παρατηρούμενα φαινόμενα επιδρούν το ένα στο άλλο αποτελεί ένα πολύπλοκο έργο και έχουν οδηγήσει πολλές φορές την έρευνα στην αναζήτηση της αιτιολογίας της οντογένεσης των διαφορετικών μορφών πλευρίωσης που παρουσιάζει ο ανθρώπινος οργανισμός. Οι δυσκολίες πολλαπλασιάζονται ιδιαίτερα όταν η έρευνα καλείται να εξετάσει σε ξεχωριστό επίπεδο τις συσχετίσεις που ανακύπτουν μεταξύ κυριοχειρίας και εγκεφαλικής πλευρίωσης για την κάθε διαταραχή ή αναπηρία διακριτά, δεδομένης της διαφορετικής νευροβιολογικής βάσης της εκάστοτε διαταραχής (Bishop, 2013. Güntürkün, Ströckens & Ocklenburg, 2020. Ocklenburg et al., 2014).

Ειδικότερα και αναφορικά με την εμφάνιση άτυπης εγκεφαλικής πλευρίωσης για τις γλωσσικές λειτουργίες, εκτενές σώμα στη βιβλιογραφία έχει ασχοληθεί με την παρατήρηση του φαινομένου σε πληθυσμούς ατόμων με δυσλεξία (Kershner, 2020. Papadopoulou, et al., 2022. Vlachos & Avramidis, 2020. Xu et al., 2015) όπου τα ευρήματα επιβεβαιώνουν την συχνότερη επικράτηση δεξιόπλευρης και αμφίπλευρης ημισφαιρικής ενεργοποίησης, αλλά και προβλήματα των νευρωνικών δικτύων που παρεμποδίζουν την ανάπτυξη της συνηθισμένης λειτουργίας των δύο ημισφαιρίων. Αντίστοιχες έρευνες έχουν ασχοληθεί με την εμφάνιση

άτυπης γλωσσικής πλευρίωσης για τη διαταραχή του αυτισμού, διαπιστώνοντας την ύπαρξη διαφοροποιημένης πλευρίωσης στους σχετιζόμενους πληθυσμούς (Cardinale et al., 2013. Floris et al., 2021. Knaus et al., 2010. Mason et al., 2008. Pearson & Hodgetts, 2020).

Από την άλλη, πληθώρα μελετών έχει αναδείξει σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ άτυπης κυριοχειρίας και εμφάνισης διαταραχών ή αναπηριών σε σχετιζόμενους πληθυσμούς. Για παράδειγμα, η έρευνα των Vlachos et al., (2013) φανέρωσε τα υψηλότερα ποσοστά μη τυπικής κυριοχειρίας (αριστεροχειρίας και μικτής προτίμηση χεριού) σε μαθητές με δυσλεξία συγκριτικά με συνομηλίκους τους τυπικής ανάπτυξης. Η μετα-ανάλυση των Rysstad και Pedersen, (2015) κατέληξε σε ευρήματα που υποδεικνύουν την ενδεχόμενη ύπαρξη εξαιρετικά υψηλών ποσοστών επικράτησης μη τυπικής κυριοχειρίας (και ιδιαίτερα μικτής προτίμησης) για άτομα με Διαταραχές Αυτιστικού Φάσματος (ΔΑΦ), τα οποία σύμφωνα με τους ερευνητές δύναται να ανέρχονται έως και 60% του ειδικού αυτού πληθυσμού. Άλλες αναπηρίες που έχουν συνδεθεί με την εμφάνιση μη τυπικής κυριοχειρίας είναι η κώφωση (Papadatou-Pastou & Sáfár, 2016), η νοητική αναπηρία (Papadatou-Pastou & Tomprou, 2015) και ο τραυλισμός (Kushner, 2012), ενώ αντικρουόμενα ευρήματα έχουν προκύψει για τα άτομα με διαταραχή ελλειμματικής προσοχής και υπερκινητικότητας (Ghanizadeh, 2013. Pila-Nemutandani, Pillay & Meyer, 2018. Simões et al., 2017).

Επιπροσθέτως, έρευνες έχουν προτείνει πιθανές συσχετίσεις μεταξύ άτυπης εγκεφαλικής πλευρίωσης και μη τυπικής κυριοχειρίας για πληθυσμούς ατόμων με αναπηρία (Finch, Seery, Talbott, Nelson, & Tager-Flusberg, 2017. Forrester, Pegler, Thomas & Mareschal, 2014. Knaus et al., 2010). Οι Finch et al. (2017) για παράδειγμα αναφέρονται σε πιθανή συσχέτιση της μη τυπικής κυριοχειρίας ατόμων ΔΑΦ με την εγκεφαλική πλευρίωση για τη γλώσσα, χωρίς ωστόσο αυτή η σχέση να καθορίζεται ως άμεση (η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε βρέφη 12-36 μηνών). Από τα προηγούμενα μπορεί κανείς ενδεχομένως να υποθέσει την ύπαρξη άμεσης ή έμμεσης σύνδεσης της διαφοροποιημένης άτυπης γλωσσικής

και συμπεριφορικής πλευρίωσης για τους πληθυσμούς με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και αναπηρία, αλλά και ταυτόχρονα να αποδώσει στην ύπαρξη της διαφοροποιημένης πλευρίωσης στις συγκεκριμένες ομάδες ατόμων την αιτία της εμφάνισης των ποικίλων διαταραχών ή το αντίστροφο (Bishop, 2013).

Η κατανόηση του τρόπου (ή του βαθμού) με τον οποίο ενδεχομένως η εγκεφαλική πλευρίωση των γνωστικών λειτουργιών επιδρά στην εμφάνιση των ποικίλων διαταραχών και μαθησιακών δυσκολιών μπορεί να αποτελέσει πολύ σημαντική προσφορά για τον τομέα της ειδικής αγωγής και εκπαίδευσης. Ειδικά στις περιπτώσεις εκείνες που οι διαταραχές οδηγούν στην παρουσίαση ξεκάθαρων γνωστικών ελλειμμάτων στην γλώσσα και τον λόγο (π.χ. δυσλεξία, ειδικές μαθησιακές δυσκολίες κ. ά.) η διερεύνηση της γλωσσικής πλευρίωσης και γενικότερα του τρόπου οργάνωσης του εγκεφάλου προκειμένου να εκτελέσει τις γλωσσικές λειτουργίες αξιολογείται ιδιαίζουσας σημασίας αν όχι απαραίτητη για την βελτίωση των μαθησιακών επιδόσεων (Kershner, 2020).

Η προσπάθεια που επιτελείται για την κατανόηση της βιολογικής βάσης της εκάστοτε διαταραχής, δεδομένης της πολυπαραγοντικής αιτιολογίας που μπορεί να παρουσιάζει, αποτελεί ένα σύνθετο έργο. Είναι εμφανής μάλιστα η παρατήρηση μικρού ερευνητικού κενού σε ότι αφορά την διαπίστωση συγκεκριμένων μοτίβων εγκεφαλικής πλευρίωσης για τη γλώσσα μεταξύ των ποικίλων διαταραχών. Ωστόσο, η κατανόηση της βιολογικής βάσης της κάθε διαταραχής συγκριτικά με την βιολογική βάση της γλώσσας, μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην γνωστική ενίσχυση των ειδικών αυτών ομάδων. Μέσα από την εκτενή και πιο ενδελεχή μελέτη των ποικίλων διαταραχών σε νευροβιολογικό επίπεδο θα μπορούσε να κατέστη δυνατή η διαμόρφωση και η προώθηση αντίστοιχων εκπαιδευτικών προγραμμάτων παρέμβασης που θα απευθύνονται στοχευμένα σε άτομα που χρήζουν ειδικής εκπαίδευσης. Αντίστοιχες μελέτες έχουν φανερώσει την αποτελεσματική δράση αυτών των παρεμβάσεων σε ομάδες μαθητών με δυσλεξία ή ΔΑΦ τόσο σε επίπεδο γνωστικό-συμπεριφορικό μέσα από τη σαφή βελτίωση των

μαθησιακών επιδόσεων όσο και στην μεταβολή της εγκεφαλικής οργάνωσης κατά τις γλωσσικές λειτουργίες (Murdaugh, Deshpande & Kana, 2016. Schneps, Thomson, Chen, Sonnert & Pomplun, 2013. Shaywitz et al., 2004).

Επιπροσθέτως, η εξέταση της γλωσσικής πλευρίωσης των ατόμων με αναπηρία και ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ως ένα σημαντικό εργαλείο πρώιμης διάγνωσης ή ως ένας δείκτης πρώιμης εμφάνισης αναπτυξιακών διαταραχών για άτομα με κίνδυνο εμφάνισης αυτών. Τέλος, η αξιολόγηση όλων των παραπάνω συνδυαστικά με την χρήση έγκυρων και κατάλληλων στη χρήση μέσων αξιολόγησης της κυριοχειρίας των ειδικών αυτών ομάδων, μπορεί να συνεισφέρει με τη σειρά της στην ταχύτερη πρόγνωση των διαταραχών και συνεπώς στην εφαρμογή πρώιμων παρεμβάσεων γλωσσικής ενίσχυσης (Bishop, Holt, Whitehouse & Groen, 2014. Bradshaw, et al., 2020. Forrester et al., 2014).

1.8 Σημασία της έρευνας

Οι προσπάθειες της επιστημονικής κοινότητας για εντοπισμό εργαλείων κυριοχειρίας που να προβλέπουν με εγκυρότητα την εγκεφαλική πλευρίωση δεν έχουν αξιολογηθεί έως τώρα ιδιαίτερα αποτελεσματικές (Brown, Roy, Rohr & Bryden, 2006. Fagard, 2013. Groen et al., 2013. Newman, Malaia & Seo, 2014). Παρότι ο όγκος των επιστημονικών προσπαθειών για διάκριση συγκεκριμένων εργαλείων μέτρησης της κυριοχειρίας είναι αρκετά εκτεταμένος, ωστόσο κρίνονται ιδιαίτερα περιορισμένες οι έρευνες γλωσσικής πλευρίωσης που έχουν προσπαθήσει να δώσουν συγκεκριμένες απαντήσεις αναφορικά με την αξιολόγηση αυτών των εργαλείων σε συνάρτηση με την ικανότητά τους να προβλέψουν καλύτερα την γλωσσική πλευρίωση του εγκεφάλου (Groen et al., 2013).

Ένα από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία σε μελέτες πλευρίωσης το οποίο έχει συσχετιστεί κατά καιρούς με δείκτες γλωσσικής πλευρίωσης αποτελεί το ερωτηματολόγιο του Εδιμβούργου (Knecht et al., 2000a, 2000b. Mazoyer et al., 2014. Szaflarski et al., 2002. Somers et al., 2015), χωρίς ωστόσο η συσχέτιση του συγκεκριμένου εργαλείου με την γλωσσική πλευρίωση να επιβεβαιώνεται για όλες τις περιπτώσεις μελετών (Bruckert et al., 2021). Στην έρευνα εντοπίζονται επίσης σποραδικές αναφορές για συσχετίσεις άλλων εργαλείων με τη γλωσσική πλευρίωση, όπως είναι οι δοκιμασίες αξιολόγησης προτίμησης χεριού μέσω παρατήρησης (Groen et al., 2013. Papadatou-Pastou et al., 2022) και οι δοκιμασίες δεξιότητας χεριού (Flowers & Hudson 2013. Hodgson, Hirst & Hudson, 2016). Από την άλλη, έρευνες ανέδειξαν μη στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ ποικίλων εργαλείων αξιολόγησης κυριοχειρίας και γλωσσικής πλευρίωσης σε δραστηριότητες παραγωγής προφορικού λόγου (Kondyli et al., 2017).

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης έχουν ως στόχο τον εμπλουτισμό των ήδη υπάρχουσών επιστημονικών γνώσεων αναφορικά με τη συσχέτιση κυριοχειρίας και γλωσσικής

πλευρίωσης μέσα από την επισήμανση και τον εντοπισμό έγκυρων εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας που δύνανται να αποτελέσουν δείκτες πρόβλεψης της γλωσσικής πλευρίωσης των ατόμων. Αξιολογείται λοιπόν πως η προσπάθεια για συσχέτιση ποικίλων εργαλείων μέτρησης της κυριοχειρίας που αξιολογούν διαφορετικής ποιότητας αυτής (προτίμηση χεριού, δεξιότητα χεριού κ.ά.) με την γλωσσική πλευρίωση των ατόμων σε δομημένες γλωσσικές δοκιμασίες μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην κατανόηση της σχέσης αυτής και να συμβάλλει στην ανάδειξη εγκυρότερων εργαλείων που θα αποτελούν βέλτιστη επιλογή σε μελέτες πλευρίωσης..

Επιπροσθέτως, η εύρεση εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας που δύνανται να προβλέψουν καλύτερα και εγκυρότερα την γλωσσική πλευρίωση των συμμετεχόντων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην επιτέλεση μελετών που δεν διαθέτουν τους απαραίτητους πόρους για εξέταση των ατόμων με μεθόδους νευροαπεικόνισης. Η παραπάνω αναφορά επεκτείνεται και σε συνθήκες μελετών εξέτασης της γλωσσικής πλευρίωσης ατόμων με αναπηρία και ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες ή μικρά παιδιά για τα οποία δεν είναι εύκολη η συμμετοχή σε πειραματικές διαδικασίες νευροαπεικόνισης. Τέλος, η ανάδειξη έγκυρων εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας σε συνδυασμό με την εξέταση των πλεονεκτημάτων (π.χ. εύκολη χορήγηση) και των περιορισμών του κάθε εργαλείου μπορεί να βοηθήσει στην ορθότερη επιλογή από πλευράς των ερευνητών των κατάλληλων εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας σε συνάρτηση με τους στόχους που τίθενται από την εκάστοτε μελέτη γλωσσικής πλευρίωσης.

1.9 Σκοπός της έρευνας και ερευνητικές υποθέσεις

Γενικό σκοπό της παρούσας μελέτης αποτελεί η διερεύνηση της εγκυρότητας τριών διαφορετικών εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας αναφορικά με την δυνατότητά τους να αποτελέσουν έναν έμμεσο συμπεριφορικό δείκτη της εγκεφαλικής πλευρίωσης κατά την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών παραγωγής προφορικού λόγου. Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκεται η εξέταση της σχέσης αυτής μέσα από την αξιοποίηση τριών διαφορετικών εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας σε συσχέτιση με την εγκεφαλική πλευρίωση για τη γλώσσα έτσι όπως καταγράφηκε με την μέθοδο του λειτουργικού διακρανιακού υπέρηχου Doppler.

Το πρώτο εργαλείο που αξιοποιήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας αποτέλεσε το ΕΕ το οποίο αξιολογεί την προτίμηση χεριού μέσα από αυτό-αναφορά. Το Τεστ ΠΠΧ αποτελώντας την δεύτερη δοκιμασία αξιολόγησης της κυριοχειρίας στοχεύει στην αξιολόγηση της προτίμησης χεριού μέσω παρατήρησης, ενώ τέλος η ΔΜΠ αξιολογεί την δεξιότητα χεριού. Τα ανωτέρω εργαλεία ως ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία σε μελέτες πλευρίωσης αξιοποίησαν στην μελέτη τους οι Kondyli et al. (2017) εντοπίζοντας ωστόσο σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ αυτών και της γλωσσικής πλευρίωσης αποκλειστικά για την δραστηριότητα παραγωγής γραπτού λόγου στην οποία υπεβλήθησαν οι συμμετέχοντες της έρευνας και όχι στην περίπτωση της δραστηριότητας παραγωγής προφορικού λόγου που αφορά την παρούσα μελέτη. Στη βάση της μεθοδολογίας της κοντινής αναπαραγωγιμότητας/επαναληψιμότητας (Close Replication-Nosek & Errington, 2020) επιχειρείται από την παρούσα έρευνα η επανάληψη παρόμοιων πειραματικών διαδικασιών, διατηρώντας όσο είναι εφικτό παρόμοιες ερευνητικές συνθήκες με κύριο στόχο την απόκτηση νέων δεδομένων για την επαλήθευση ή μη μίας σειράς ερευνητικών υποθέσεων που αφορούν την γλωσσική πλευρίωση σε δραστηριότητα παραγωγής προφορικού λόγου.

Επιπρόσθετα, δεδομένης της πληθώρας των ερευνών που έχουν αξιοποιήσει διάφορες μορφές και εκδοχές του ΕΕ με στόχο την καλύτερη δυνατή συσχέτιση μεταξύ συμπεριφορικής και γλωσσικής πλευρίωσης επιχειρείται μία διερευνητική εξέταση της συσχέτισης του συγκεκριμένου εργαλείου σε δύο διαφορετικές εκδοχές. Η πρώτη εκδοχή αφορά την πρωταρχική του μορφή συμπεριλαμβάνοντας δηλαδή αποκλειστικά τα 10 βασικά στοιχεία αξιολόγησης της προτίμησης χεριού (ΕΕ-10). Για επιπρόσθετους λόγους διερεύνησης αξιοποιείται επίσης η ελληνική εκδοχή του ΕΕ έτσι όπως μεταφράστηκε για τις ανάγκες της έρευνας των Papadatou-Pastou, et al. (2022), το οποίο περιλαμβάνει 12 ερωτήσεις, δέκα εκ των οποίων αξιολογούν την προτίμηση χεριού σύμφωνα και με την πρωταρχική μορφή του εργαλείου, μία την προτίμηση ποδιού και μία την προτίμηση ματιού (ΕΕ-12). Ενισχυόμενη μάλιστα από έρευνες που υποστηρίζουν πως η πλευρίωση που αφορά την προτίμηση του ποδιού και του ματιού μπορούν να αποτελέσουν σημαντικούς δείκτες γλωσσικής πλευρίωσης, αξιολογείται πως μία τέτοια διερεύνηση μπορεί να αποφέρει ενδιαφέροντα ευρήματα (Tran, Stieger, Voracek, 2014). Επιπρόσθετα, η παρούσα διερεύνηση μπορεί να συμβάλει στην προσπάθεια για εύρεση και υιοθέτηση μίας εκδοχής του εργαλείου του ΕΕ που θα αποτελεί την καλύτερη δυνατή επιλογή μεταξύ των ερευνητών και θα επιτρέπει την εύκολη σύγκριση μεταξύ των παραγόμενων δεδομένων στην παγκόσμια επιστημονική κοινότητα (Edlin, et al., 2015).

Αναφορικά με τα προσδοκώμενα αποτελέσματα, αναμένεται τα τρία διαφορετικά αυτά είδη εργαλείων αξιολόγησης συμπεριφορικής πλευρίωσης να συσχετίζονται διαφορετικά με την ανεξάρτητη μεταβλητή της γλωσσικής εγκεφαλικής πλευρίωσης των συμμετεχόντων όπως αυτή θα αντιπροσωπεύεται μέσα από τον δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης (ΔΓΠ) καθώς πέραν του γεγονότος ότι το καθένα από αυτά τα εργαλεία περιλαμβάνει μία διαφορετική προσέγγιση αξιολόγησης της κυριοχειρίας με διαφορετική βαθμολόγηση της μεταβλητής για την κάθε περίπτωση, το καθένα αξιολογεί ταυτόχρονα διαφορετικές ποιότητες της κυριοχειρίας.

Σύμφωνα με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και την εξέταση μελετών κατά τις οποίες αξιοποιήθηκαν παρόμοια ερευνητικά μέσα και δοκιμασίες αξιολόγησης της συμπεριφορικής και γλωσσικής πλευρίωσης (βλ. Kondyli et al., 2017 και Papadatou-Pastou et al., 2022) αναμένουμε πως κατά την ανάλυση των δεδομένων οι δοκιμασίες που αξιολογούν την προτίμηση χεριού (EE και τεστ ΠΠΧ) ενδεχομένως θα συσχετίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό με τον ΔΓΠ των συμμετεχόντων, έτσι όπως αυτός θα καταγραφεί από την μέθοδο του Διακρανιακού Υπερήχου Doppler σε σχέση με τη ΔΜΠ. Συνακόλουθα λοιπόν με τα παραπάνω το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας μελέτης και η ερευνητική υπόθεση διαμορφώνεται ως εξής:

- Ποιο από τα τρία είδη εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας (προτίμηση χεριού μέσω αυτο-αναφοράς-EE-10/EE-12, προτίμηση χεριού μέσω παρατήρησης-τεστ ΠΠΧ, δεξιότητα χεριού-ΔΜΠ) αποτελεί εγκυρότερο δείκτη της γλωσσικής πλευρίωσης των συμμετεχόντων σε δραστηριότητα παραγωγής προφορικού λόγου;

Μηδενική υπόθεση (H₀): Τα εργαλεία μέτρησης της κυριοχειρίας δεν θα συσχετίζονται με το δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης των συμμετεχόντων σε δραστηριότητα παραγωγής προφορικού λόγου.

Εναλλακτική υπόθεση (H₁): Τα εργαλεία μέτρησης της κυριοχειρίας θα συσχετίζονται με το δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης των συμμετεχόντων σε δραστηριότητα παραγωγής προφορικού λόγου. Συγκεκριμένα, αναμένουμε ότι τα εργαλεία που αξιολογούν την προτίμηση χεριού (EE-10, EE-12, τεστ ΠΠΧ) θα παρουσιάζουν μεγαλύτερη συσχέτιση με τους δείκτες της γλωσσικής πλευρίωσης των συμμετεχόντων σε δραστηριότητα παραγωγής προφορικού λόγου σε σχέση με το εργαλείο αξιολόγησης της δεξιότητας χεριού (ΔΜΠ).

2. Μεθοδολογία

Η παρούσα μελέτη έχει λάβει έγκριση από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Παιδαγωγικής Σχολής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (αριθμός πρωτοκόλλου: 1936/02.25.2020) και του Ιδρύματος Ιατροβιολογικών ερευνών Ακαδημίας Αθηνών (αριθμός πρωτοκόλλου: 66/05.25.2020) στα πλαίσια μίας ευρύτερης ερευνητικής μελέτης που πραγματοποιείται για σκοπούς επιτέλεσης διδακτορικής διατριβής και εξετάζει τη γλωσσική πλευρίωση ενηλίκων και παιδιών στην παραγωγή γραπτού και προφορικού λόγου. Αξίζει να επισημανθεί πως για τους σκοπούς της παρούσας διπλωματικής εργασίας αξιοποιήθηκαν αποκλειστικά δεδομένα που αφορούσαν την προφορική παραγωγή λόγου ενηλίκων σε συνδυασμό με δεδομένα που προέκυψαν από την αξιολόγηση της κυριοχειρίας των συμμετεχόντων, με την ενεργό συμμετοχή της γράφουσας στη συλλογή των δεδομένων τόσο κατά την καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας όσο και κατά την εκτέλεση των συμπεριφορικών δοκιμασιών.

2.1 Δείγμα της έρευνας

Για την παρούσα έρευνα είχε καθοριστεί εξ αρχής ένας ελάχιστος αριθμός συμμετοχών (48 άτομα, 24 δεξιόχειρες – 24 αριστερόχειρες) με ανώτατο δυνατό όριο τους 60 συμμετέχοντες (30 δεξιόχειρες-30 αριστερόχειρες), που αποτέλεσαν το συνολικό δείγμα της μελέτης (10 άνδρες: Μ.Ο.= 31,7 έτη, Τ.Α.=8,24, εύρος=21,6-49,3 – 50 γυναίκες: Μ.Ο.=30,1 έτη, Τ.Α.= 8,05 εύρος: 18-49,2). Οι συμμετέχοντες κατηγοριοποιούνταν στις δύο ομάδες κυριοχειρίας - μέχρι τη συμπλήρωση του ανώτατου ορίου για κάθε ομάδα κυριοχειρίας- ανάλογα με το ποσοστό συμπεριφορικής πλευρίωσης που σημείωναν κατά την αξιολόγησή τους από το ΕΕ (βλ. ενότητα 2.3.2.Α).

Ένα από τα βασικά κριτήρια συμπερίληψης αποτέλεσε η ηλικία των συμμετεχόντων της έρευνας η οποία καθορίστηκε μεταξύ των 18 και 50 ετών. Επιπρόσθετα οι συμμετέχοντες έπρεπε να είναι μονόγλωσσοι δηλαδή να μην έχουν εκτεθεί στην εκμάθηση δεύτερης ξένης γλώσσας μέχρι την ηλικία των 6 ετών και να έχουν ως μητρική γλώσσα την ελληνική. Η ύπαρξη προηγούμενης διάγνωσης σχετιζόμενης με διαταραχή της δυσλεξίας ή της δυσγραφίας ή ύπαρξη ισχυρού τραύματος στο κεφάλι από το παρελθόν, αποτέλεσαν κριτήρια αποκλεισμού, όπως επίσης η ύπαρξη κάποιας νευρολογικής διαταραχής, κινητικής αναπηρίας των χεριών. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες θα έπρεπε να μην έχουν λάβει κάποια φαρμακευτική αγωγή μέχρι και έξι μήνες πριν την διεξαγωγή της έρευνας που ενδεχομένως να επηρέαζε το κεντρικό νευρικό τους σύστημα, όπως και να μην κάνουν χρήση ναρκωτικών ουσιών ή κατάχρηση αλκοόλ. Τέλος, ως επιπρόσθετη προϋπόθεση τέθηκε η ύπαρξη φυσιολογικής ή διορθωμένης όρασης για λειτουργικούς λόγους.

Η συμμετοχή στην παρούσα έρευνα δεν προϋπέθετε κάποια χρηματική αμοιβή για τους συμμετέχοντες και ήταν εθελοντική. Επιπρόσθετα, το φύλο των συμμετεχόντων δεν αποτέλεσε κριτήριο για συμμετοχή στην έρευνα, καθώς έχει φανεί από προηγούμενες αντίστοιχες μελέτες η έλλειψη ουσιαστικών διαφορών μεταξύ ανδρών και γυναικών (βλ. Allendorfer, et al., 2012. Kondyli et al., 2017. Sommer, Aleman, Bouma & Kahn, 2004).

Ο αριθμός των ατόμων που εκδήλωσαν αρχικά ενδιαφέρον για να συμμετέχουν στην παρούσα έρευνα ήταν περίπου 150, ωστόσο μόνο 81 άτομα από αυτά τελικά συμφώνησαν για τη συμμετοχή τους στην πειραματική διαδικασία. Επιπροσθέτως, από τα 81 άτομα τα οποία προσήλθαν στο χώρο της μελέτης αποκλείστηκε το 13,6% (11 άτομα) των εθελοντών καθότι δεν ήταν εφικτή η πραγματοποίηση υπερηχογραφίας (έλλειψη διαπερατότητας των υπερήχων από τουλάχιστον μία πλευρά του κρανίου-μικρή λέπτυνση των κροταφικών οστών) και επομένως δεν θα μπορούσε να αξιολογηθεί η εγκεφαλική πλευρίωση. Το ποσοστό αυτό αξιολογείται ελαφρώς μικρότερο σε σχέση με ποσοστά αντίστοιχων πρόσφατων ερευνών

(18,9% στων Kondyli et al., 2017, 19% στων Papadatou-Pastou et al., 2022). Επιπλέον, 10 συμμετέχοντες (14,3% των 70 ατόμων που αξιολογήθηκαν με την χρήση του ftCD) παρότι συμμετείχαν κανονικά στην πειραματική διαδικασία, απορρίφθηκαν έπειτα από την ανάλυση των νευροαπεικονιστικών δεδομένων, καθώς παρατηρήθηκαν ελλειπείς καταγραφές σε σχέση με το κατώτερο όριο αριθμού των ορθά καταγεγραμμένων πειραματικών κύκλων που είχε καθοριστεί εξ αρχής (10 πειραματικοί κύκλοι) προκειμένου να προκύψει ένας έγκυρος υπολογισμός του ΔΓΠ για τον κάθε συμμετέχοντα.

2.2 Δειγματοληψία

Η αναζήτηση και η εύρεση των συμμετεχόντων βασίστηκε κυρίως στη μέθοδο της βολικής δειγματοληψίας, καθώς οι ερευνητές απευθύνθηκαν αρχικά σε άτομα τα οποία ήταν εύκολο να προσεγγιστούν και πρόθυμα να συμμετέχουν στην συγκεκριμένη διαδικασία. Αξιοποιήθηκε επίσης η τεχνική της χιονοστιβάδας σύμφωνα με την οποία οι συμμετέχοντες λειτούργησαν ως πολλαπλασιαστές ενημερώνοντας με τη σειρά τους και άλλους ενδιαφερόμενους για την έρευνα. Εξαιτίας της φύσης της μελέτης και του επικείμενου νευροεπιστημονικού ενδιαφέροντος προσεγγίστηκαν ιδιαίτερα ομάδες φοιτητών από πανεπιστημιακά τμήματα συναφούς γνωστικού αντικειμένου.

2.3 Εργαλεία μέτρησης της εγκεφαλικής και συμπεριφορικής πλευρίωσης

2.3.1. Μέσο αξιολόγησης της εγκεφαλικής πλευρίωσης

Το μέσο που αξιοποιήθηκε για την καταγραφή της εγκεφαλικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων στην παρούσα μελέτη αποτέλεσε η τεχνική του λειτουργικού διακρανιακού υπερήχου Doppler, μία μέθοδος αρκετά διαδεδομένη στην επιτέλεση ερευνών αντίστοιχου νευροεπιστημονικού ενδιαφέροντος (Παπαδάτου-Παστού και συν., 2013). Η συγκεκριμένη τεχνική βασίζεται στο φυσικό φαινόμενο Doppler το οποίο καταγράφει την παρατήρηση της μεταβολής της συχνότητας των κυμάτων από μία κινούμενη πηγή, όσο εκείνη πλησιάζει ή απομακρύνεται από κάποιον παρατηρητή (Doppler, 1842, όπως αναφέρεται στο Παπαδάτου-Παστού και συν., 2013).

Στη βάση λοιπόν αυτού του φαινομένου, η τεχνική Doppler είναι δυνατόν να προσφέρει δεδομένα που σχετίζονται με την αύξηση ή τη μείωση της συχνότητας ανάκλασης των υπερηχητικών κυμάτων που εκπέμπονται μέσω του διακρανιακού εξοπλισμού από το εσωτερικό των δύο μέσων εγκεφαλικών αρτηριών του ανθρώπινου εγκεφάλου. Η παραπάνω δυνατότητα καθίσταται εξαιρετικά σημαντική, καθώς η συχνότητα ανάκλασης αυτών των κυμάτων αντιπροσωπεύει την συχνότητα με την οποία ανακλώνται τα υπερηχητικά κύματα από τα ερυθρά αιμοσφαίρια των μέσων εγκεφαλικών αρτηριών και συνεπώς αντικατοπτρίζει την ταχύτητα της κίνησης του αίματος ή αλλιώς το μέγεθος της αιμάτωσης των δύο ημισφαιρίων του εγκεφάλου κατά την εκτέλεση των διαφόρων γνωστικών λειτουργιών. Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν, καθίσταται δυνατή η αναγνώριση του δείκτη ενεργοποίησης του κάθε ημισφαιρίου κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης γνωστικής λειτουργίας (Badcock, Holt, Holden & Bishop, 2012).

Ο ειδικός διακρανιακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, διαθέτει τη μορφή κεφαλόδεσμου και είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να τοποθετείται στο άνω μέρος της κεφαλής. Στον ειδικά σχεδιασμένο κεφαλόδεσμο προσαρτώνται δύο ρομποτικοί ηχοβολείς των 2 MHz οι οποίοι με τις ανάλογες ρυθμιστικές προσαρμογές σταθεροποιούνται επιδερμικά στο αριστερό και δεξί κροταφικό οστό του ατόμου που συμμετέχει στην διαδικασία (βλ. εικόνα 2.1). Οι δύο ηχοβολείς αποτελούν τους αισθητήρες μέσω των οποίων είναι δυνατή η εκπομπή υπερηχητικών κυμάτων τα οποία διαπερνώντας τα κροταφικά οστά μέσω των λεγόμενων κροταφικών παραθύρων είναι σε θέση να φτάσουν τις μέσες εγκεφαλικές αρτηρίες και να προσφέρουν την ανατροφοδότηση που απαιτείται σχετικά με τις αυξομειώσεις που υφίστανται στην ταχύτητα της αιματικής ροής (βλ. εικόνα 2.2).

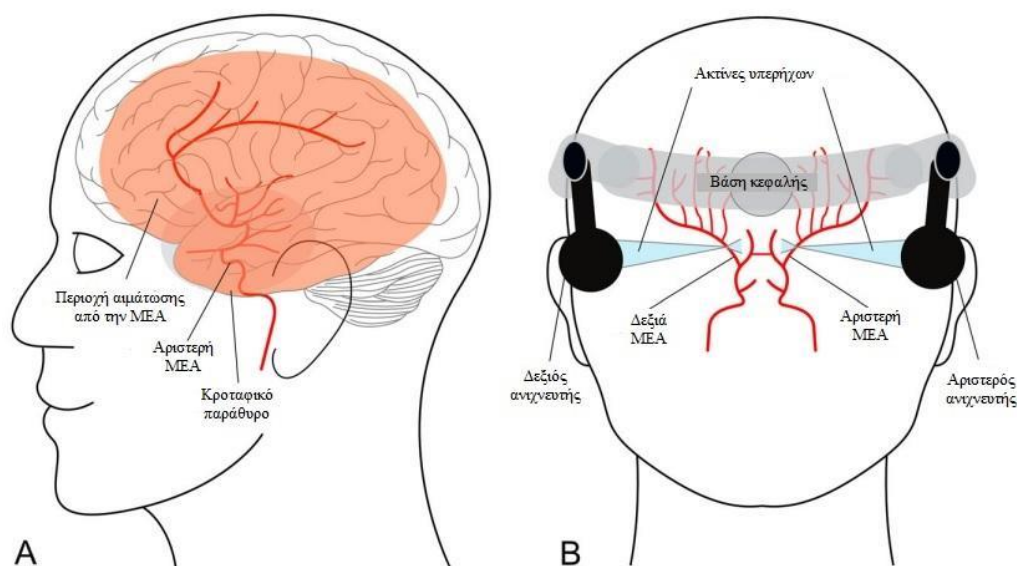


Εικόνα 2.1. Παράδειγμα τοποθέτησης του σταθερού κεφαλόδεσμου με προσαρτημένους τους δύο ηχοβολείς του διακρανιακού υπερήχου Doppler

Πηγή εικόνας : www.smt-medical.com

Πίνακας Α: Απεικόνιση του κροταφικού παραθύρου της αριστερής μέσης εγκεφαλικής αρτηρίας (ΜΕΑ) και της περιοχής που αιματώνεται διαμέσου αυτής.

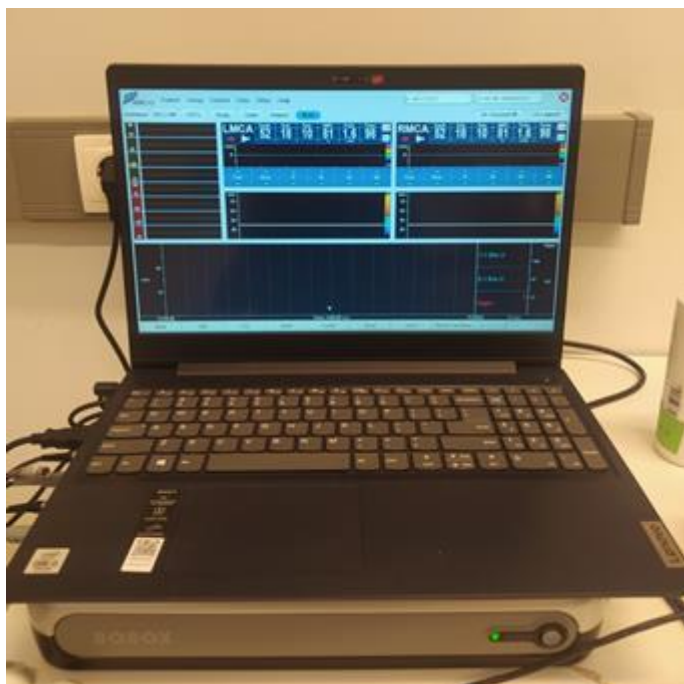
Πίνακας Β: Απεικόνιση της αξιολόγησης της εγκεφαλικής πλευρίωσης με το λειτουργικό διακρανιακό υπέρηχο Doppler (fTCD)



Εικόνα 2.2. Από “What can functional Transcranial Doppler Ultrasonography tell us about spoken language understanding?”. by N. A. Badcock, & M. A. Groen, (2017), *Language, Cognition and Neuroscience*, 32(7), p. 819

<https://doi.org/10.1080/23273798.2016.1276608>.

Η παρούσα έρευνα διενεργήθηκε μέσα από τη χρήση ενός διαθέσιμου στο εμπόριο εξοπλισμού (Delica EMS-9F) ο οποίος περιελάμβανε πέραν του κεφαλόδεσμου και των ρομποτικών κεφαλών, έναν ανεξάρτητο ηχοβολέα για τον εντοπισμό του σήματος των μέσων εγκεφαλικών αρτηριών (ΜΕΑ) με χειροκίνητο τρόπο, την συσκευή καταγραφής/απεικόνισης του σήματος που προέρχεται από την αντανάκλαση της αιματικής ροής (βλ. εικόνα 2.3) και ένα καλώδιο που συγχρονίζει την ηλεκτρονική συσκευή προβολής των οπτικοακουστικών ερεθισμάτων της γλωσσικής δραστηριότητας με την συσκευή καταγραφής του συστήματος Delica στέλνοντας την απαραίτητη σήμανση για υπόδειξη του χρονικού πλαισίου ενδιαφέροντος έτσι όπως ορίστηκε από την έρευνα.



Εικόνα 2.3. Συσκευή μέτρησης και καταγραφής λειτουργικού διακρανιακού υπερήχου Doppler - Delica EMS-9F.

2.3.2. Εργαλεία μέτρησης της κυριοχειρίας

A) Ερωτηματολόγιο Κυριοχειρίας του Εδιμβούργου

Το EE (Edinburgh Handedness Inventory, Oldfield, 1971) συνιστά ένα από τα πιο διαδεδομένα εργαλεία αξιολόγησης της κυριοχειρίας και έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες έρευνες που ασχολούνται με ζητήματα πλευρίωσης (Milenkovic & Dragovic, 2013). Πρόκειται για ένα ερωτηματολόγιο αυτοαναφοράς που αποτελείται από 10 στοιχεία-ερωτήσεις οι οποίες σχετίζονται με την επιλογή και την προτίμηση των χεριών σε διάφορες δραστηριότητες. Στις δραστηριότητες αυτές περιλαμβάνονται κατά σειρά η γραφή, η ζωγραφική, το πέταγμα πέτρας, το κόψιμο με ψαλίδι, το κράτημα της οδοντόβουρτσας, το κράτημα του μαχαιριού για κόψιμο

κρέατος, το κράτημα του κουταλιού, το κράτημα του πάνω χεριού στη σκούπα, το άναμμα σπέρτου και το άνοιγμα κουτιού (καπάκι). Το συγκεκριμένο ερωτηματολόγιο έχουν υιοθετήσει σε πολλαπλές και διαφορετικές εκδοχές του ποικίλες έρευνες, τροποποιώντας τα στοιχεία που περιελάμβανε η πρώτη αρχική του εκδοχή από τον Oldfield (Edlin et al., 2015). Στην παρούσα μελέτη αξιοποιήθηκε η ελληνική εκδοχή του ΕΕ έτσι όπως μεταφράστηκε για την έρευνα των Papadatou-Pastou et. al, (2022) ενώ αυτό περιλάμβανε δύο επιπρόσθετα στοιχεία που αξιολογούσαν την προτίμηση ποδιού (κλώτσημα μπάλας) και ματιού αντίστοιχα η καθεμία.

Το ερωτηματολόγιο διαμοιράστηκε στους συμμετέχοντες ηλεκτρονικά μέσα από τη χρήση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Στην αρχή του ερωτηματολογίου αναγράφονταν συγκεκριμένες οδηγίες οι οποίες καθοδηγούσαν τους συμμετέχοντες στον τρόπο με τον οποίο θα έπρεπε να το συμπληρώσουν. Οι ίδιοι καλούνταν να σκεφτούν και να ανακαλέσουν για κάθε ξεχωριστή δραστηριότητα τον τρόπο με τον οποίο την εκτελούν αξιοποιώντας το δεξί ή το αριστερό χέρι. Ειδικότερα, οι ερωτώμενοι είχαν στην διάθεσή τους τις επιλογές μίας πενταβάθμιας κλίμακας ("πάντα αριστερά", "συνήθως αριστερά", "καμία προτίμηση", "συνήθως δεξιά" και "πάντα δεξιά") για την κάθε δραστηριότητα ενώ έπρεπε με ένα μικρό σύμβολο να σημειώσουν την επιλογή τους σχετικά με την προτίμηση ή την επιλογή χεριού, ποδιού ή ματιού. Η βαθμολόγηση των επιλογών των συμμετεχόντων αντιστοιχούσε σε 0 πόντους για την απάντηση «πάντα αριστερό», 1 πόντο για το «συνήθως αριστερό», 2 πόντους για το «καμία προτίμηση», 3 πόντους για το «συνήθως δεξί» και 4 πόντους για την απάντηση «πάντα δεξί».

Όπως αναφέρθηκε στο σκοπό της έρευνας, για την αξιολόγηση της μέτρησης της κυριοχειρίας από το ΕΕ αξιοποιήθηκαν δεδομένα του εργαλείου στις δύο διαφορετικές εκδοχές του. Η μέγιστη δυνατή βαθμολογία που μπορούσε να σημειωθεί για την πρώτη εκδοχή του ερωτηματολογίου με τις δέκα ερωτήσεις ήταν οι 40 βαθμοί ενώ για την δεύτερη εκδοχή οι 48 βαθμοί. Αντίστοιχα, η χαμηλότερη βαθμολογία και για τις δύο περιπτώσεις αξιολόγησης ήταν

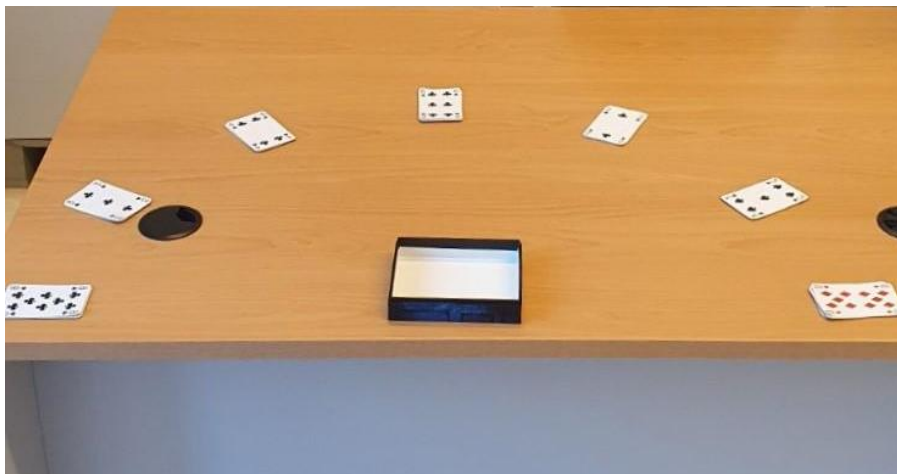
οι μηδέν βαθμοί. Για τον υπολογισμό του δείκτη πλευρίωσης (ΔΠ) του συγκεκριμένου εργαλείου οι πόντοι βαθμολόγησης μετατράπηκαν σε ποσοστιαία αναλογία μέσα από την διαίρεση του αθροίσματος των πόντων για τον κάθε συμμετέχοντα, με τη μέγιστη βαθμολογία (40 και 48 βαθμοί) και τον πολλαπλασιασμό του πηλίκου που προέκυπτε με το 100. Έτσι, για τον κάθε συμμετέχοντα ο ΔΠ που θα μπορούσε να προκύψει κυμαίνονταν από 0% έως 100%, με το υψηλότερο ποσοστό να υποδεικνύει ισχυρότερη δεξιά προτίμηση.

Αξίζει να υπογραμμιστεί πως οι απαντήσεις των εθελοντών συμμετεχόντων αποτέλεσαν το κριτήριο κατάταξής τους στην ομάδα των αριστερόχειρων ή δεξιόχειρων πληθυσμών της έρευνας. Με λίγα λόγια το ΕΕ αποτέλεσε τον βασικό παράγοντα κατηγοριοποίησης των συμμετεχόντων στις δύο ξεχωριστές ομάδες κυριοχειρίας με το 50% της επιλογής των απαντήσεων να κρίνει την τελική τους κατηγοριοποίηση. Έτσι, οι συμμετέχοντες με βαθμολογία χαμηλότερη ή ίση του 50% ταξινομούνταν ως αριστερόχειρες, ενώ οι συμμετέχοντες με βαθμολογία υψηλότερη του 50%, ταξινομούνταν ως δεξιόχειρες, μία κατηγοριοποίηση αρκετά συνήθη στη βιβλιογραφία (Papadatou-Pastou et al., 2020).

B) Τεστ Ποσοτικοποίησης της Προτίμησης Χεριού

Προκειμένου να αξιολογηθεί σε πρακτικό επίπεδο η προτίμηση χεριού των συμμετεχόντων, αξιοποιήθηκε το Τεστ ΠΠΧ, (Bishop et al., 1996), το οποίο αφορά την επιτέλεση μίας σύντομης συμπεριφοριστικής δοκιμασίας διάρκειας περίπου 5 λεπτών. Στην παρούσα δραστηριότητα οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να σταθούν όρθιοι μπροστά από ένα γραφείο επάνω στο οποίο είχαν τοποθετηθεί σε ημικυκλική διάταξη μία σειρά από κάρτες τράπουλας. Οι θέσεις στις οποίες είχαν τοποθετηθεί οι κάρτες ήταν επτά συγκεκριμένες θέσεις οι οποίες διατηρούσαν μεταξύ τους την διαφορά των 30° (βλ. εικόνα 2.4) και είχαν απόσταση από το κέντρο του ημικυκλίου (ακτίνα) 40 εκατοστών. Στο κέντρο του ημικυκλίου είχε τοποθετηθεί

ένα μικρό άδειο κουτί, ενώ στις επτά διαφορετικές θέσεις είχαν τοποθετηθεί είκοσι μία κάρτες της τράπουλης, διαμοιρασμένες σε ομάδες των τριών για κάθε θέση.



Εικόνα 2.4. Το τεστ ΠΠΧ που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα.

Οι συμμετέχοντες στεκόμενοι όρθια μπροστά από κάθε κουτί και με τα χέρια τους χαλαρά στο πλάι του σώματος, έπρεπε ύστερα από το άκουσμα της κάθε κάρτας να την εντοπίζουν στο πεδίο, να την σηκώνουν και να την τοποθετούν με όποιο χέρι εκείνοι επιθυμούν στο άδειο κουτί που βρίσκονταν ακριβώς μπροστά τους. Όλες οι κινήσεις των συμμετεχόντων και η προτίμηση χεριού κατά τη συλλογή των καρτών καταγράφονταν σε ταυτόχρονο χρόνο από την ερευνήτρια. Η δραστηριότητα αυτή πραγματοποιήθηκε στον ίδιο χώρο, με την χρήση των ίδιων μέσων για όλους τους συμμετέχοντες, ενώ η σειρά με την οποία ήταν τοποθετημένες οι κάρτες και αναφωνούνταν από την ερευνήτρια, διατηρήθηκε επίσης η ίδια για όλους.

Οι οδηγίες που δόθηκαν προφορικά στους συμμετέχοντες ήταν οι ακόλουθες:

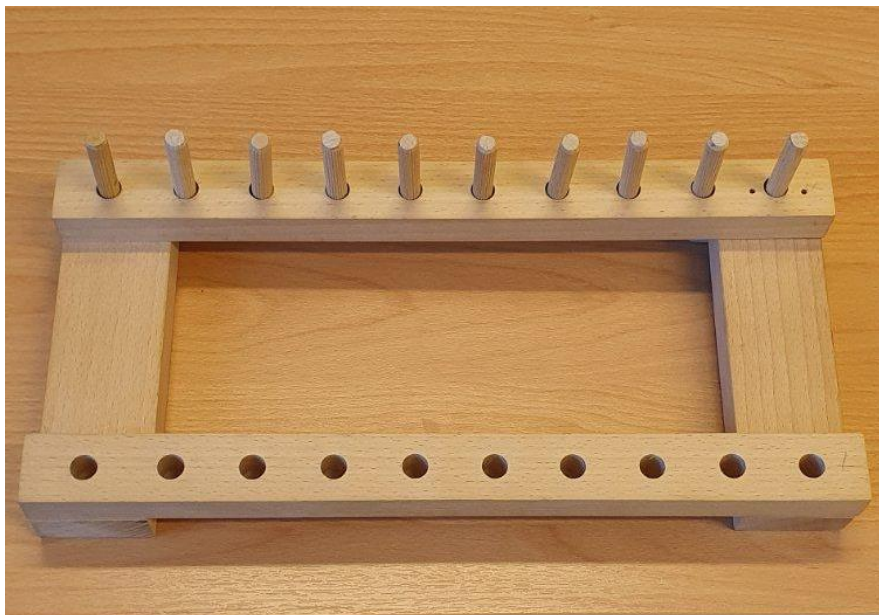
«Τώρα θα ήθελα να σηκώσεις μια- μια τις κάρτες που σου ζητάω και να τις τοποθετήσεις στο κουτί που βρίσκεται μπροστά σου, στον δικό σου χρόνο. Παρακαλώ, τοποθέτησε στο κουτί μπροστά σου την κάρτα:...»

Η βαθμολόγηση του τεστ ΠΠΧ για τον κάθε συμμετέχοντα περιελάμβανε την αντιστοίχιση των μηδέν βαθμών για κάθε καταγραφή κίνησης-επιλογής κάρτας με το αριστερό χέρι, δύο βαθμών για κάθε καταγραφή κίνησης-επιλογής κάρτας με το δεξί χέρι και ενός βαθμού για κάθε καταγραφή κίνησης της αλλαγής χεριών για την επιλογή και την τοποθέτηση της κάρτας στο άδειο κουτί. Από τα παραπάνω προκύπτει πως περισσότεροι πόντοι βαθμολόγησης στην συγκεκριμένη δραστηριότητα φανέρωναν ισχυρότερη προτίμηση του δεξιού χεριού, με την μέγιστη βαθμολογία να αποτελούν οι 42 βαθμοί και τη χαμηλότερη οι μηδέν βαθμοί. Ο τελικός ΔΠ της δραστηριότητας προέκυπτε για τον κάθε συμμετέχοντα ύστερα από την μετατροπή των συνολικών βαθμών σε ποσοστιαία τιμή, δηλαδή με τη διαίρεση του συνολικού αθροίσματος των πόντων που καταγράφονταν για κάθε συμμετέχοντα με το 42 (μέγιστη τιμή) και τον πολλαπλασιασμό του πηλίκου με το 100. Έτσι, για τον κάθε συμμετέχοντα ο ΔΠ που θα μπορούσε να προκύψει κυμαίνονταν από 0% έως 100%, με το υψηλότερο ποσοστό να υποδεικνύει ισχυρότερη δεξιά προτίμηση.

Γ) Δοκιμασία μετακίνησης πασσάλων

Η τρίτη δοκιμασία στην οποία υπεβλήθησαν οι συμμετέχοντες για την αξιολόγηση της κυριοχειρίας τους ήταν εκείνη των Annett et al., (1979, Peg-moving task-Δοκιμασία μετακίνησης πασσάλων) η οποία αποτελεί μία δοκιμασία αξιολόγησης της δεξιότητας των δύο χεριών. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα περιλαμβάνει έναν ορθογώνιο ξύλινο πίνακα, διαστάσεων 38 x18 εκ. ο οποίος στις δύο μεγάλες πλευρές του είναι διάτρητος με 10 τρύπες-υποδοχές (διαμέτρου 1,2 εκ.) στην καθεμία πλευρά (βλ. εικόνα 2.5). Οι τρύπες αυτές αποτελούν υποδοχές για 10 μικρούς κυλινδρικούς ξύλινους πασσάλους μήκους 7 εκ. και διαμέτρου 1 εκ., οι οποίοι τοποθετούνται σε απόσταση 1,5 εκατοστών μεταξύ τους. Ο συγκεκριμένος ξύλινος

πίνακας ήταν τοποθετημένος σε ένα γραφείο, ενώ οι συμμετέχοντες καλούνταν να σταθούν μπροστά του σε όρθια στάση, προκειμένου να πραγματοποιήσουν την δραστηριότητα.



Εικόνα 2.5. Ο διάτρητος πίνακας με τους δέκα πασσάλους

Αναφορικά με τη διαδικασία της δραστηριότητας, οι συμμετέχοντες έπρεπε να μετακινήσουν τους πασσάλους από τη μία σειρά (η οποία βρισκόταν στην πάνω πλευρά του ξύλινου πίνακα) στην άλλη σειρά (κάτω πλευρά του πίνακα) σε όσο το δυνατόν συντομότερο χρόνο. Η πρώτη δοκιμή ξεκινούσε πάντοτε με το δεξί χέρι, ενώ η διαδικασία συνέχιζε εναλλάξ με το άλλο χέρι μέχρι να ολοκληρωθούν τρεις δοκιμές για το καθένα από αυτά. Η φορά με την οποία επιτρεπόταν η μετακίνηση των πασσάλων ήταν συγκεκριμένη για το καθένα από τα δύο χέρια, με τις δοκιμές του δεξιού χεριού να πραγματοποιούνται από τα δεξιά προς τα αριστερά και τις δοκιμές του αριστερού χεριού να πραγματοποιούνται με την αντίστροφη φορά. Σε περίπτωση που κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κάποιος πάσσαλος έπεφτε από την θέση-υποδοχή, τότε η διαδικασία επαναλαμβανόταν από την αρχή. Η εκκίνηση κάθε δοκιμής πραγματοποιούνταν ύστερα από προφορική σήμανση της ερευνήτριας, ενώ καθεμία από αυτές χρονομετρούνταν. Η χρονομέτρηση ξεκινούσε την στιγμή που ο κάθε συμμετέχων άγγιζε τον

πρώτο πάσσαλο κατά την έναρξη, ενώ έληγε τη στιγμή κατά την οποία άφηνε τον δέκατο πάσσαλο στην τελευταία υποδοχή κατά σειρά.

Αξίζει να σημειωθεί πως οι συμμετέχοντες προτρέπονταν στην εξάσκηση της δραστηριότητας πριν πραγματοποιήσουν την πρώτη δοκιμή έτσι ώστε να είναι απόλυτα κατανοητή η διαδικασία, ενώ για την εξοικονόμηση χρόνου γινόταν η σύσταση να τοποθετούν το χέρι τους σε θέση ετοιμότητας κοντά στον πρώτο πάσσαλο. Οι οδηγίες που δόθηκαν προφορικά στους συμμετέχοντες ήταν οι ακόλουθες:

«Η επόμενη δοκιμασία περιλαμβάνει το να μετακινήσεις τα ξυλάκια από την πάνω σειρά στην κάτω σειρά, με αυτόν τον τρόπο, όσο πιο γρήγορα μπορείς. Δεν έχει σημασία αν σου πέσει ένα ξυλάκι. Θα ξεκινήσουμε από την αρχή. Η ιδέα είναι να το κάνεις όσο πιο γρήγορα μπορείς, χρησιμοποιώντας εναλλάξ τα δύο χέρια. Μην μιλάς ενόσω μετακινείς τα ξυλάκια, γιατί αυτό σε καθυστερεί. Με το δεξί χέρι πήγαινε από δεξιά προς τα αριστερά και με το αριστερό από αριστερά προς δεξιά. Τρεις φορές με το δεξί και 3 με το αριστερό. Θέλεις να δοκιμάσεις να εξασκηθείς;»

Ο υπολογισμός της καλύτερης δεξιότητας μεταξύ των δύο χεριών για τον κάθε συμμετέχοντα προέκυψε από τον υπολογισμό των μέσων όρων των τριών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν για το κάθε χέρι κατά τη μετακίνηση των πασσάλων. Πιο ειδικά, προκειμένου να υπολογιστεί ο ΔΠ για τη σχετική δραστηριότητα αξιοποιήθηκε η εξίσωση $\Delta\P = [(AX - \Delta X) / (AX + \Delta X)] * 100$, όπου ως AX αναφέρεται ο μέσος όρος του χρόνου για την ολοκλήρωση της δοκιμασίας κατά τις τρεις προσπάθειες χρησιμοποιώντας το αριστερό χέρι, ενώ ως ΔX, ο μέσος όρος του χρόνου για την ολοκλήρωση της δοκιμασίας κατά τις τρεις προσπάθειες χρησιμοποιώντας το δεξί χέρι. Σε περίπτωση που ως δείκτης πλευρίωσης προέκυπτε ένας αρνητικός αριθμός, τότε αυτό υποδείκνυε την καλύτερη δεξιότητα του συμμετέχοντα στο αριστερό του χέρι, ενώ σε περίπτωση που η τιμή του δείκτη πλευρίωσης προέκυπτε θετική τότε αυτό υποδείκνυε καλύτερη δεξιότητα στο δεξί του χέρι.

2.4 Δοκιμασία λεξιλογικής παραγωγής

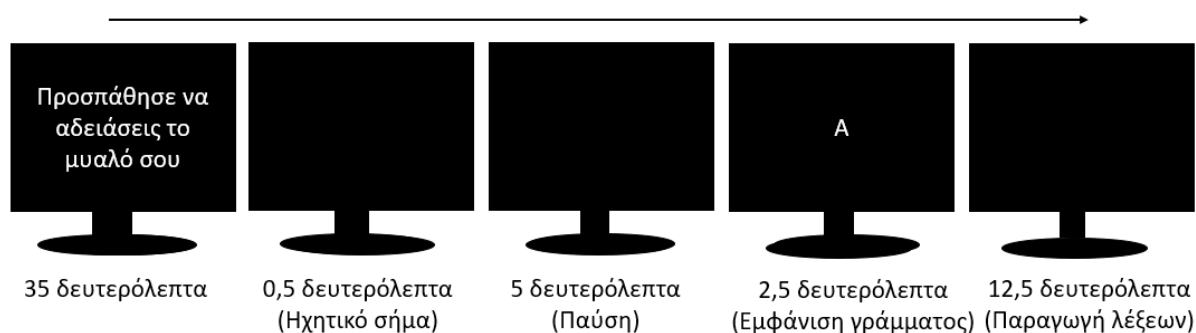
Η εγκεφαλική πλευρίωση των συμμετεχόντων στην παραγωγή προφορικού λόγου εξετάστηκε μέσα από δομημένη δραστηριότητα κατά την οποία οι συμμετέχοντες παρήγαγαν ψιθυριστά λέξεις από συγκεκριμένα γράμματα τα οποία προβάλλονταν σε οθόνη Η/Υ που βρισκόταν τοποθετημένη μπροστά τους (word generation task, Knecht et al., 1998) (βλ. εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6. Στιγμιότυπο της πειραματικής διαδικασίας προφορικής παραγωγής λέξεων

Εκκινώντας την διαδικασία του word generation task εμφανιζόταν μπροστά στην οθόνη των συμμετεχόντων ορισμένες βασικές οδηγίες εκτέλεσης των επικείμενων δραστηριοτήτων. Στη συνέχεια οι συμμετέχοντες εφόσον διάβαζαν προσεκτικά τις οδηγίες και ένιωθαν έτοιμοι, μπορούσαν να προχωρήσουν στο επόμενο βήμα. Η διαδικασία περιελάμβανε αρχικά την προβολή ενός μηνύματος το οποίο προέτρεπε τους συμμετέχοντες να ηρεμήσουν το μυαλό τους «Προσπάθησε να αδειάσεις το μυαλό σου», και είχε διάρκεια 35 δευτερολέπτων. Ύστερα από την παρέλευση των 35 δευτερολέπτων, ακουγόταν ένας ήχος διάρκειας μισού δευτερολέπτου ο οποίος προειδοποιούσε τους συμμετέχοντες ότι πρόκειται να εμφανιστεί κάποιο γράμμα στην

οθόνη τους. Αυτόματα, μετά τον ήχο παρουσιαζόταν στην οθόνη ένα από τα 20 γράμματα που επιλέχθηκαν από την παρούσα μελέτη για διάρκεια 2,5 δευτερολέπτων και οι συμμετέχοντες καλούνταν άμεσα να παράγουν όσο το δυνατόν περισσότερες λέξεις μπορούσαν που να ξεκινούν από το συγκεκριμένο γράμμα. Έπειτα από την πάροδο των 12,5 δευτερολέπτων (διάρκεια της παραγωγής λέξεων), εμφανιζόταν ξανά το αρχικό μήνυμα με την εντολή για ξεκούραση του μυαλού. Η παραπάνω διαδικασία έτσι όπως περιγράφηκε συνιστούσε έναν διακριτό πειραματικό κύκλο (βλ. εικόνα 2.7). Συνολικά, η λεξιλογική δοκιμασία αποτελούνταν από 20 διαδοχικούς πειραματικούς κύκλους δέκα εκ των οποίων επιτελούνταν στο πρώτο μέρος της εγκεφαλικής καταγραφής, ενώ οι υπόλοιποι δέκα στο δεύτερο και διαρκούσε περίπου 20 λεπτά της ώρας.



Εικόνα 2.7. Σχηματική αναπαράσταση ενός κύκλου της πειραματικής δοκιμασίας

Αξίζει να σημειωθεί πως η δοκιμασία περιελάμβανε την προβολή 20 διαφορετικών γραμμάτων με τυχαία σειρά για τον κάθε συμμετέχοντα, τα οποία επιλέχθηκαν με κριτήριο την δυνατότητα για μέγιστη παραγωγή λέξεων (Kondyli et al., 2017). Επίσης, η προφορική παραγωγή λέξεων καταγράφονταν με τη χρήση μικρού μικροφώνου για λόγους αξιοπιστίας της μέτρησης, εξασφάλιση της παραγωγής ορθών λέξεων (όχι ψευδολέξεων) από τους συμμετέχοντες, όπως επίσης για ενδεχόμενη αξιοποίηση των δεδομένων αυτών σε μελλοντικές μελέτες.

2.5 Συλλογή νευροεπιστημονικών δεδομένων και ανάλυση

Η διαδικασία της συλλογής των νευροεπιστημονικών δεδομένων περιελάμβανε μία πρώτη αναζήτηση των κροταφικών παραθύρων από χειροκίνητο ηχοβολέα, έτσι ώστε να διαπιστωθεί η δυνατότητα διαπέρασης των υπερηχητικών κυμάτων από τα κροταφικά οστά του εκάστοτε συμμετέχοντα. Εφόσον πραγματοποιούνταν με επιτυχία η προηγούμενη διαδικασία, τοποθετούνταν στη συνέχεια μικροί αυτοκόλλητοι σελιδοδείκτες στα σημεία που είχε εντοπιστεί το σήμα των υπερήχων, έτσι ώστε να καθοδηγήσουν όσο αυτό είναι δυνατό την διαδικασία στην ορθότερη κατά προσέγγιση τοποθέτηση του σταθερού κεφαλόδεσμου.

Σε δεύτερο στάδιο πραγματοποιούνταν η τοποθέτηση του σταθερού κεφαλόδεσμου με τις ρομποτικές κεφαλές, εφαρμόζοντας κατά προσέγγιση στα σημεία που προηγουμένως είχε εντοπιστεί ανταπόκριση του σήματος. Έπειτα, οι ρομποτικές κεφαλές με τις ανάλογες ρυθμιστικές εντολές, κινούμενες σε συγκεκριμένο εμβαδό υπό κλίση, εντόπιζαν το βέλτιστο δυνατό σήμα των υπερήχων για την κάθε ΜΕΑ. Ο κεφαλόδεσμος σταθεροποιούνταν στην κεφαλή του συμμετέχοντα και πλέον εκείνος ήταν έτοιμος να ξεκινήσει τη διαδικασία. Το βάθος διεύθυνσης των υπερήχων κατά τη διάρκεια της αναζήτησης του σήματος καθορίστηκε μεταξύ των ορίων 45-56 mm (βάθος στο οποίο εντοπίζονται στο γενικό πληθυσμό οι ΜΕΑ), ενώ για τον κάθε συμμετέχοντα αυτό το βάθος προέκυπτε διαφορετικό, κυμαινόμενο φυσικά πάντα στα συγκεκριμένα πλαίσια.

Για την παρουσίαση των οπτικών και ακουστικών ερεθισμάτων αξιοποιήθηκε μία συσκευή φορητού υπολογιστή (HP, 15.6 ιντσών) στην οποία γινόταν χρήση του ελεύθερου λογισμικού PsychoPy (Peirce et al., 2019). Η συγκεκριμένη συσκευή μάλιστα συνδεδεμένη με τη δεύτερη συσκευή (Lenovo, 15.6 ιντσών) κατά την οποία βρισκόταν σε λειτουργία το σύστημα της Delica, ρύθμιζε την αποστολή των κατάλληλων σημάτων έτσι ώστε η δεύτερη να καταγράφει την εκκίνηση κάθε νέου κύκλου της πειραματικής διαδικασίας.



Εικόνα 2.8 Στιγμιότυπο καταγραφών μέσω του συστήματος Delica.

Η παραπάνω διαδικασία ήταν απαραίτητη για τη διάκριση του χρόνου ανάπαυσης και του χρόνου της γλωσσικής παραγωγής κατά την ανάλυση των δεδομένων. Το φασματικό περίβλημα του σήματος Doppler εξάγονταν σε συχνότητα 100 Hz και αποθηκεύονταν για ανάλυση εκτός σύνδεσης.

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε από το λογισμικό DopOSCCI το οποίο λειτουργεί εντός του περιβάλλοντος αριθμητικής υπολογιστικής MATLAB (MATLAB-based toolbox DopStep, <https://github.com/nicalbee/dopStep>). Μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού λοιπόν ήταν εφικτή η επεξεργασία των δεδομένων και πιο συγκεκριμένα η αφαίρεση του περιττού καταγραφόμενου μέρους των δεδομένων που δεν περιελάμβανε την γλωσσική παραγωγή κατά τον προφορικό λόγο. Τα δεδομένα ενδιαφέροντος αφορούσαν το διάστημα: 18 δευτερόλεπτα πριν από τον τόνο υπόδειξης - 36 δευτερόλεπτα μετά την εμφάνιση του τόνου υπόδειξης.

Επιπρόσθετα, το λογισμικό παρείχε τη δυνατότητα αφαίρεσης και εξομάλυνσης της μεταβλητότητας που προκαλείται από τους καρδιακούς παλμούς μέσω της λειτουργίας της γραμμικής διόρθωσης που διαθέτει το Matlab (Badcock et al., 2018. Deppe et al., 1997). Οι

ακραίες τιμές που σημειώθηκαν, δηλαδή τιμές πέραν του εύρους της T.A. -3 έως 4 (TA) από τη μέση τιμή που επηρεάζουν λιγότερο από το 5% των δεδομένων (εξαιτίας ελάχιστης διακοπής του σήματος) εξομαλύνθηκαν μέσω γραμμικής παρεμβολής 1,5 s εκατέρωθεν της ακραίας τιμής.

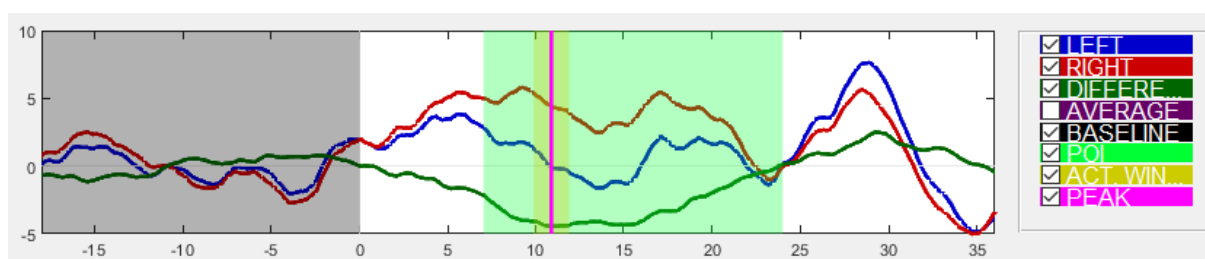
Επιπροσθέτως, η ταχύτητα ροής του αίματος για την αριστερή και δεξιά ΜΕΑ, κανονικοποιήθηκε σε μια μέση τιμή του 100 για κάθε πειραματικό κύκλο. Οι πειραματικοί κύκλοι που παρουσίαζαν κατά μέσο όρο ασυνήθιστα υψηλά ή χαμηλά επίπεδα δραστηριότητας της αιματικής ροής με τιμές εκτός του εύρους 70% - 130% της μέσης ταχύτητας απορρίπτονταν. Επιπρόσθετα, η διαφορά του 20% μεταξύ των τιμών της αιματικής ροής για την δεξιά και αριστερή ΜΕΑ πολλαπλασιαζόμενη με το μεσοδιάστημα του εύρους των τεταρτημορίων κάθε ατόμου, που επηρέαζε περισσότερο από το 1% των δεδομένων, συνιστούσε επίσης λόγο απόρριψης της καταγραφής.

Τα υπόλοιπα δεδομένα, δηλαδή τα δεδομένα εκείνα του διαστήματος των 18 δευτερολέπτων πριν ακουστεί ο τόνος υπόδειξης, αποτέλεσαν γραμμή βάσης κατά την περίοδο ελέγχου (μέσα από τον υπολογισμό μία μέσης τιμής), για κάθε πειραματικό κύκλο. Έτσι, υπολογίστηκε ο μέσος όρος των τελικών δεδομένων και ο ΔΠ για τον κάθε συμμετέχοντα. Αυτός προέκυψε ως η διαφορά των μέσων όρων των δύο ημισφαιρίων δηλαδή, αριστερό ημισφαίριο (ΑΗ) μείον (-) δεξί ημισφαίριο (ΔΗ) για την περίοδο του ενδιαφέροντος. Η περίοδος του ενδιαφέροντος των δεδομένων περιλαμβάνει το διάστημα: 7 δευτερόλεπτα μετά τον τόνο υπόδειξης έως 24 δευτερόλεπτα μετά τον τόνο υπόδειξης, καθώς τότε λαμβάνει χώρα η μέγιστη εγκεφαλική ενεργοποίηση.

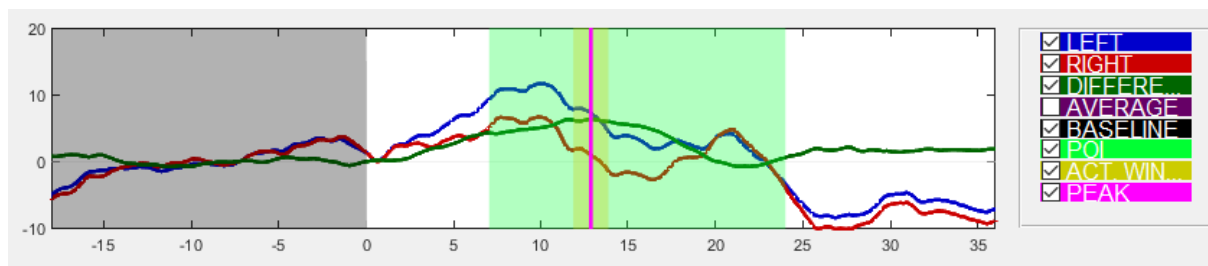
Η Εικόνα 2.9 αναπαριστά τη μέση τιμή της ταχύτητας της αιματικής ροής της αριστερής και δεξιάς ΜΕΑ κατά τη διάρκεια των πειραματικών κύκλων (20 πειραματικοί κύκλοι) με ικανοποιητικές καταγραφές για έναν τυχαίο αριστερόχειρα συμμετέχοντα. Πιο ειδικά, η μπλε γραμμή αναπαριστά τη μέση τιμή της ταχύτητας της αιματικής ροής για την αριστερή ΜΕΑ,

ενώ η κόκκινη γραμμή τη μέση τιμή της ταχύτητας της αιματικής ροής για την δεξιά ΜΕΑ. Η πράσινη γραμμή φανερώνει την διαφορά μεταξύ της μέσης τιμής της αιματικής ροής των δύο ΜΕΑ (Αριστερή – Δεξιά) , ενώ η ροζ κάθετη γραμμή επισημαίνει το σημείο κατά το οποίο παρατηρείται το μεγαλύτερο διάστημα διαφοράς μεταξύ της μέσης ταχύτητας αιματικής ροής ανάμεσα στη δεξιά ΜΕΑ και στην αριστερή ΜΕΑ. Το πλαίσιο το οποίο αναπαρίσταται με πράσινο χρώμα αποτελεί την περίοδο ενδιαφέροντος, δηλαδή την περίοδο κατά την οποία πραγματοποιείται η μέγιστη εγκεφαλική ενεργοποίηση για τον αριστερόχειρα συμμετέχοντα. Ο χρόνος από τον οποίο προκύπτει ο ΔΠ για τον συμμετέχοντα αφορά την διαφορά της μέσης ταχύτητας αιματικής ροής της δεξιάς και αριστερής ΜΕΑ σε όλη την περίοδο ενδιαφέροντος (Bishop et al., 2010).

Αυτό που μπορεί να παρατηρήσει κανείς επεξεργαζόμενος την παρούσα σχηματική αναπαράσταση είναι το γεγονός πως ο συγκεκριμένος συμμετέχοντας παρουσιάζει υψηλότερη μέση τιμή της αιματικής ροής για τη δεξιά ΜΕΑ σχεδόν σε όλη την περίοδο του ενδιαφέροντος, στοιχείο που υποδεικνύει την ύπαρξη άτυπης πλευρίωσης. Η Εικόνα 2.10 από την άλλη αναπαριστώντας τη μέση τιμή της ταχύτητας της αιματικής ροής της αριστερής και δεξιάς ΜΕΑ κατά τη διάρκεια των πειραματικών κύκλων για έναν τυχαίο δεξιόχειρα, υποδεικνύει την ύπαρξη τυπικής πλευρίωσης για τον συγκεκριμένο συμμετέχοντα, καθώς η αιματική ροή της αριστερής ΜΕΑ σημειώνει υψηλότερες καταγραφές σε σχέση με την δεξιά ΜΕΑ.



Εικόνα 2.9. Μέση τιμή της αιματικής ροής στο σύνολο των πειραματικών κύκλων με ικανοποιητικές καταγραφές (20 πειραματικοί κύκλοι) της αριστερής και δεξιάς ΜΕΑ για έναν τυχαίο αριστερόχειρα συμμετέχοντα.



Εικόνα 2.10. Μέση τιμή της αιματικής ροής στο σύνολο των πειραματικών κύκλων με ικανοποιητικές καταγραφές (19 πειραματικοί κύκλοι) της αριστερής και δεξιάς ΜΕΑ για έναν τυχαίο δεξιόχειρα συμμετέχοντα.

2.6 Διαδικασία

Η πρώτη προσέγγιση των συμμετεχόντων πραγματοποιούνταν μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου όταν εκείνοι λάμβαναν ένα ερωτηματολόγιο στο οποίο καλούνταν να απαντήσουν πληροφορίες προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι εκείνοι πληρούν ορισμένες βασικές προϋποθέσεις για συμμετοχή στην έρευνα (βλ. αναλυτικότερα ενότητα 2.1 - κριτήρια συμπερίληψης συμμετεχόντων). Για τους συμμετέχοντες που πληρούνταν οι καθορισμένες προϋποθέσεις συμπερίληψης, στη συνέχεια αποστέλλονταν ένα δελτίο ενημέρωσης (βλ. Παράρτημα 2.1) από το οποίο θα μπορούσαν να αντλήσουν πληροφορίες σχετικά με την έρευνα και το σκοπό της, αναφορικά με τη διαδικασία και τις δραστηριότητες στις οποίες θα έπρεπε να λάβουν μέρος, αλλά και μία γραπτή διαβεβαίωση σχετικά με την εμπιστευτικότητα των πληροφοριών και την ασφάλεια της διαδικασίας.

Εφόσον εκφραζόταν η επιθυμία των εθελοντών προσώπων αναφορικά με την συμμετοχή στην διαδικασία, ορίζονταν μεταξύ των δύο πλευρών η συνάντηση κατά την οποία θα πραγματοποιούνταν το πειραματικό μέρος της έρευνας (τουλάχιστον 72 ώρες μετά τη λήψη του ενημερωτικού υλικού). Παράλληλα, οι συμμετέχοντες όφειλαν να συμπληρώσουν ηλεκτρονικά το ΕΕ και να το αποστείλουν πριν από την συνάντηση στο χώρο της πειραματικής διαδικασίας, έτσι ώστε να μπορούν να καταχωρηθούν στην ανάλογη ομάδα κυριοχειρίας των συμμετεχόντων (αριστερόχειρες-δεξιόχειρες).

Όταν οι συμμετέχοντες κατέφθαναν στο χώρο, ενημερώνονταν ξανά σχετικά με τους σκοπούς της έρευνας και τη διαδικασία που θα τηρηθεί, ενώ προτρέπονταν στην εκδήλωση οποιαδήποτε απορίας ή ανησυχίας σχετικά με αυτή. Στη συνέχεια υπέγραφαν ένα δελτίο συγκατάθεσης κατά το οποίο δήλωναν σύμφωνοι να συμμετέχουν στην πειραματική διαδικασία, ενώ οι ερευνητές τους υπενθύμιζαν τη δυνατότητά τους να αποχωρήσουν από το χώρο της έρευνας οποιαδήποτε στιγμή εκείνοι το επιθυμούσαν.

Στη συνέχεια οι συμμετέχοντες καλούνταν να παραχωρήσουν στους ερευνητές ορισμένες επιπρόσθετες πληροφορίες απαραίτητες για την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας (ημερομηνία γέννησης, ημερομηνία τελευταίας περιόδου κ.ά.) και εφόσον είχαν προηγηθεί επιτυχώς όλες οι προηγούμενες διαδικασίες, λάμβαναν την θέση κατά την οποία θα πραγματοποιούνταν η πειραματική διαδικασία (σε καθιστή θέση μπροστά από ένα γραφείο).

Πριν την ετοιμασία του κάθε συμμετέχοντα για την υποδοχή του διακρανιακού εξοπλισμού προηγούνταν μία αρχική εξέτασή του σε πιθανές αλλεργίες που ενδεχομένως να προκαλέσει το υδατοδιαλυτό υγρό του υπερήχου στο εσωτερικό του αγκώνα. Αφού λοιπόν η συγκεκριμένη διαδικασία επέτρεπε τη συνέχεια της ερευνητικής διαδικασίας, δίνονταν στους συμμετέχοντες ακριβείς οδηγίες για την διαδικασία που θα ακολουθήσουν και τις δραστηριότητες που θα πρέπει να πραγματοποιήσουν έτσι ώστε να επιτευχθεί ορθή συλλογή των δεδομένων.

Μετάπειτα, ξεκινούσε η διαδικασία της αναζήτησης του επιθυμητού σήματος του υπερήχου από τις δύο ΜΕΑ. Κατά την προσπάθεια εύρεσης του αμφίπλευρου σήματος - μία διαδικασία η οποία πολλές φορές ήταν χρονοβόρα- είχε προβλεφθεί η δυνατότητα απασχόλησης των συμμετεχόντων με διάφορες εναλλακτικές δραστηριότητες, προκειμένου να αισθάνονται άνετα και ευχάριστα καθόλη τη διάρκεια της διαδικασίας. Τους παραχωρούνταν λοιπόν η επιλογή να παρακολουθήσουν ένα βίντεο ή να απασχοληθούν στο κινητό τους τηλέφωνο για όσο διαρκούσε η ανίχνευση του σήματος μέσω του υπερήχου Doppler.

Αφού τοποθετούνταν ο διακρανιακός εξοπλισμός στον κάθε συμμετέχοντα, ήταν εφικτή η εκκίνηση της διαδικασίας συλλογής των νευροεπιστημονικών δεδομένων. Η διαδικασία τη συλλογής πραγματοποιούνταν σε δύο μέρη, ενδιάμεσα των οποίων μεσολαμβάνουσε ένα ολιγόλεπτο διάλειμμα. Έτσι, μετά το πρώτο μισό της καταγραφής της εγκεφαλικής δραστηριότητας, ακολουθούσε ξεκούραση των συμμετεχόντων. Στο διάλειμμα εκείνοι είχαν την δυνατότητα να αφαιρέσουν τον διακρανιακό εξοπλισμό ή να χαλαρώσουν την πίεση του

κεφαλόδεσμου του σε περίπτωση που αισθάνονταν δυσφορία. Παράλληλα στον ίδιο χρόνο, οδηγούμενοι σε διπλανό δωμάτιο, αξιολογούνταν στις δύο δοκιμασίες κυριοχειρίας τεστ ΠΠΧ και ΔΜΠ. Στη συνέχεια, επέστρεφαν στον ειδικό χώρο για να συνεχίσουν με το δεύτερο μισό της πειραματικής διαδικασίας. Μετά το πέρας αυτής, ήταν ελεύθεροι να εκφράσουν οποιαδήποτε απορία ή σχόλιο είχε προκύψει ως απόρροια της διαδικασίας, ενώ οι ερευνητές παρείχαν στους συμμετέχοντες οποιαδήποτε ανατροφοδότηση εκείνοι επιθυμούσαν.

2.7 Στατιστική ανάλυση

Μετά την επεξεργασία των νευροεπιστημονικών δεδομένων από το περιβάλλον του Matlab πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των συνολικών ερευνητικών δεδομένων μέσω της γλώσσας προγραμματισμού R [Version 4.1.3] και των στατιστικών πακέτων `mnormtest`, `readxl`, `ggplot2`, `Hmisc`, `lsr`. Η συσχέτιση αξιολογήθηκε με τη χρήση συντελεστών Pearson. Όλες οι p τιμές ήταν διπλής ουράς (two-tailed) και το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας (επίπεδο α) ορίστηκε ως 0,05. Επιπρόσθετα, για διερευνητικούς/συμπληρωματικούς σκοπούς ανάλυσης των δεδομένων πραγματοποιήθηκε επαναληπτική μέτρηση ανάλυσης της διακύμανσης (ANOVA), με την κυριοχειρία (δεξιόχειρας ή αριστερόχειρας) ως παράγοντα μεταξύ των υποκειμένων και τον ΔΠ για τη λεξιλογική παραγωγή ως εξαρτημένη μεταβλητή.

3. Αποτελέσματα

Στο τρίτο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται με την παρακάτω σειρά: (α) αποτελέσματα των περιγραφικών στατιστικών αναλύσεων, (β) αποτελέσματα διερεύνησης της σχέσης του δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης με τα εργαλεία κυριοχειρίας που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα (ερευνητική υπόθεση), (γ) συμπληρωματικές/διερευνητικές αναλύσεις.

3.1. Αποτελέσματα περιγραφικών στατιστικών αναλύσεων

Πραγματοποιήθηκαν περιγραφικές στατιστικές αναλύσεις για τις δύο ομάδες κυριοχειρίας κατά τις τρεις δοκιμασίες συμπεριφορικής πλευρίωσης συμπεριλαμβανομένου της διπλής αξιολόγησης με το ΕΕ (ΕΕ-10 και ΕΕ-12) (βλ. Πίνακα 3.1). Οι τιμές των μέσων όρων (Μ.Ο.) του Δείκτη Πλευρίωσης που προκύπτουν από τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου του Εδιμβούργου φανερώνουν υψηλότερες τιμές για τους δεξιόχειρες και χαμηλότερες τιμές για τους αριστερόχειρες.

Παρόμοια περιγραφικά αποτελέσματα καταγράφονται και για τη δεύτερη συμπεριφορική δοκιμασία εκείνη του τεστ ΠΠΧ. Οι τιμές που σημειώθηκαν για τους αριστερόχειρες είναι χαμηλότερες έναντι των δεξιόχειρων, οι οποίοι παρουσίασαν υψηλότερες τιμές στο δείκτη πλευρίωσης για τη συγκεκριμένη δοκιμασία.

Αναφορικά με την τρίτη δοκιμασία, εκείνη της ΔΜΠ, οι δεξιόχειρες σημείωσαν κατά μέσο όρο θετική τιμή στο δείκτη πλευρίωσης σε σχέση με τους αριστερόχειρες που παρουσίασαν κατά μέσο όρο αρνητική τιμή (και σαφώς χαμηλότερη του Μ.Ο. του ΔΠ των δεξιόχειρων) στο ΔΠ.

Πίνακας 3.1.

Περιγραφική ανάλυση για τις συμπεριφορικές δοκιμασίες. Η κυριοχειρία ορίστηκε με βάση το ΕΕ (Τ.Α.: 37,33, ΜΟ: 53,5). .

Δοκιμασίες	Κυριοχειρία	Αριθμός ατόμων	Μ.Ο. Δείκτη πλευρίωσης	Τ.Α.	Εύρος	Διάμεσος
Ερωτηματολόγιο Εδιμβούργου- Edinburgh Handedness Inventory (ΕΕ-12 στοιχεία)	Δεξιόχειρες	30	85,68	11,89	54,2– 100	86,45
	Αριστερόχειρες	30	22,48	14,14	0 – 47,9	21,85
Ερωτηματολόγιο Εδιμβούργου- Edinburgh Handedness Inventory (ΕΕ-10 στοιχεία)	Δεξιόχειρες	30	88,33	12,35	55– 100	92,5
	Αριστερόχειρες	30	18,67	14,40	0– 45	17,5
Τεστ Ποσοτικοποίησης Προτίμησης Χεριού- Quantification of Hand Preference (τεστ ΠΠΧ)	Δεξιόχειρες	30	65,95	15,69	42,9– 100	61,9
	Αριστερόχειρες	30	31,11	23,25	0– 85,7	30,95
Δοκιμασία Μετακίνησης Πασσάλων-Annett Pegboard (ΔΜΠ)	Δεξιόχειρες	30	4,47	4,38	-3,6 – 13	4,4
	Αριστερόχειρες	30	-5,32	3,74	-12,4 – 5,2	-5,35

Επιπρόσθετα πραγματοποιήθηκαν περιγραφικές στατιστικές αναλύσεις των δύο ομάδων κυριοχειρίας για τον ΔΓΠ που προέκυψε ύστερα από τις καταγραφές με τον ftCD.

Πίνακας 3.2.

Περιγραφική ανάλυση για τον ΔΠ που προέκυψε μέσω του λειτουργικού διακρανιακού υπερήχου Doppler για τις δύο ομάδες κυριοχειρίας με βάση το ΕΕ.

	Κυριοχειρία	Αριθμός ατόμων	Μ.Ο. Πειραματικών κύκλων	Μ.Ο. Δείκτη πλευρίωσης	Τυπική απόκλιση	Εύρος	Διάμεσος
Δείκτης Γλωσσικής Πλευρίωσης	Δεξιόχειρες	30	18,6	1,40	2,17	9,19	1,91
	Αριστερόχειρες	30	17,93	-1,8	2,01	8,13	-2,13

3.2. Αποτελέσματα διερεύνησης της σχέσης του δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης με τα εργαλεία κυριοχειρίας

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας [E-statistic- (Energy) Test] όπου διαπιστώθηκε κανονική κατανομή των δεδομένων του δείγματος (p -value=0,28). Έτσι, στη συνέχεια επιλέχθηκε ο παραμετρικός συντελεστής συσχέτισης Pearson r προκειμένου να αξιολογηθεί αν υπάρχει συνάφεια του ΔΠ κατά τη δοκιμασία της λεξιλογικής παραγωγής και των τεσσάρων αξιολογήσεων συμπεριφορικής πλευρίωσης (ΕΕ-10 στοιχεία, ΕΕ-12 στοιχεία, τεστ ΠΠΧ και ΔΜΠ). Κατά συνέπεια εξετάστηκε αν τα εργαλεία και οι δοκιμασίες που χορηγήθηκαν για την αξιολόγηση της κυριοχειρίας των συμμετεχόντων σχετίζονται με τον ΔΠ και σε ποιο βαθμό (βλ. Πίνακα 3.3).

Πίνακας 3.3.

Παραμετρικές συσχετίσεις μεταξύ των συμπεριφορικών δοκιμασιών και της δοκιμασίας με τη χρήση του διακρανιακού υπερήχου Doppler ($n = 60$).

Δοκιμασίες	1	2	3	4	5
1. Δείκτης Γλωσσικής Πλευρίωσης (ΔΓΠ)	-	0,60*** 0,000	0,62*** 0,000	0,39** 0,002	0,55*** 0,000
2. Ερωτηματολόγιο του Εδιμβούργου (EHI-12 στοιχεία)	0,60*** 0,000	-	0,99*** 0,000	0,67*** 0,000	0,80*** 0,000
3. Ερωτηματολόγιο του Εδιμβούργου (EHI-10 στοιχεία)	0,62*** 0,000	0,99*** 0,000	-	0,68*** 0,000	0,80*** 0,000
4. Τεστ Ποσοτικοποίησης Προτίμησης Χεριού (QHPT)	0,39** 0,002	0,67*** 0,000	0,68*** 0,000	-	0,72*** 0,000
5. Δοκιμασία Μετακίνησης Πασσάλων (PEG)	0,55*** 0,000	0,80*** 0,000	0,80*** 0,000	0,72*** 0,000	-

**Η συσχέτιση είναι στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 0,01 (συντελεστής συσχέτισης σημαντικότητας διπλής ουράς- two tailed)
*** Η συσχέτιση είναι στατιστικώς σημαντικής σε επίπεδο 0,001 (συντελεστής συσχέτισης σημαντικότητας διπλής ουράς- two tailed)

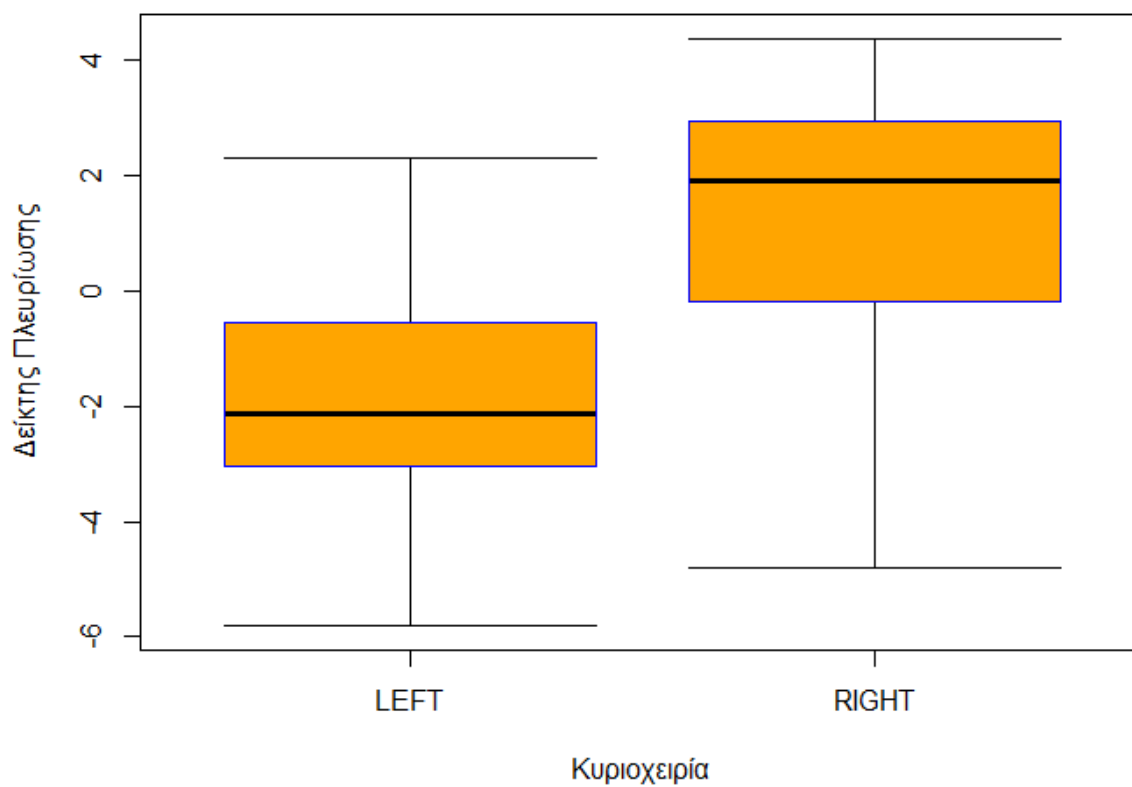
Από τον έλεγχο συνάφειας που πραγματοποιήθηκε στο σύνολο των συμμετεχόντων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση του ΔΓΠ με όλες τις δοκιμασίες συμπεριφορικής πλευρίωσης. Πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε υψηλά σημαντική στατιστική συσχέτιση για το ΕΕ-12 στοιχεία ($r = 0,60, p < 0,001$), για το ΕΕ-10 στοιχεία ($r = 0,62, p < 0,001$) και για τη ΔΜΠ ($r = 0,55, p < 0,001$). Όμως, παρότι σε μικρότερο επίπεδο, στατιστικά

σημαντική ήταν επίσης συσχέτιση του ΔΓΠ με τα αποτελέσματα από το τεστ ΠΠΧ ($r = 0,39$, $p = 0,002$). Επιπροσθέτως, σε δεύτερη ανάλυση παρατηρήθηκε στατιστικά υψηλή σημαντική συσχέτιση μεταξύ και των τεσσάρων αξιολογήσεων των συμπεριφορικών δοκιμασιών ($p < 0,001$).

3.3 Συμπληρωματική/διερευνητική ανάλυση

3.3.1 Αποτελέσματα μελέτης της σχέσης μεταξύ κυριοχειρίας και δείκτη γλωσσικής πλευρίωσης

Σημειώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση κυριοχειρίας, $F(1,59) = 34,09$, $p = 2.52e-07$, $\eta^2 = 0.37$ στο ΔΓΠ. Οι δεξιόχειρες παρουσίασαν έναν μεγαλύτερο μέσο όρο ΔΓΠ ($MO = 1,4$, $TA = 2,17$) από τους αριστερόχειρες ($MO = -1,8$, $TA = 2,01$) (βλ. Εικόνα 3.1). Από τις τιμές του MO προκύπτει αριστερή ημισφαιρική επικράτηση για τους δεξιόχειρες και δεξιά ημισφαιρική επικράτηση για τους αριστερόχειρες, συγκριτικά ισχυρότερη όμως, ως προς την ένταση.



Εικόνα 3.1 Θηκόγραμμα της κατανομής των δεικτών εγκεφαλικής πλευρίωσης στους δεξιόχειρες και αριστερόχειρες.

4.1 Συζήτηση

Προηγούμενες νευροψυχολογικές μελέτες έχουν φανερώσει την πιθανή συσχέτιση της κυριοχειρίας με την εγκεφαλική πλευρίωση για τη γλώσσα. Ωστόσο η πιθανή σύνδεση μεταξύ των δύο χαρακτηρίζεται ως έμμεση και μη ξεκάθαρη (Fagard, 2013. Groen et al., 2013. Newman et al., 2014). Βασικό σκοπό της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η διερεύνηση της σύνδεσης γλωσσικής πλευρίωσης και κυριοχειρίας μέσα από την σύγκριση εργαλείων μέτρησης της κυριοχειρίας ως προς την δυνατότητά τους να αποτελέσουν έγκυρους δείκτες πρόβλεψης της γλωσσικής πλευρίωσης. Για την υλοποίηση των ειδικότερων στόχων της έρευνας αξιολογήθηκε δείγμα 60 υγιών ενηλίκων στο οποίο περιλαμβάνονταν 30 δεξιόχειρες και 30 αριστερόχειρες, έτσι όπως εκείνοι ταξινομήθηκαν σύμφωνα με το ΕΕ. Η παρούσα μελέτη επιχείρησε την διερεύνηση της παραπάνω σχέσης μέσα από την εξέταση των συμμετεχόντων σε τρεις διαφορετικές διαδικασίες μέτρησης της κυριοχειρίας και μέσα από δομημένη δραστηριότητα προφορικής παραγωγής λέξεων υπό την καταγραφή του fTCD. Η διαχείριση των δεδομένων περιελάμβανε την πραγματοποίηση αναλύσεων συσχέτισης μεταξύ του προεκυπτόμενου ΔΠ από την διαδικασία καταγραφής της εγκεφαλικής δραστηριότητας και της εκάστοτε μέτρησης των τριών διαφορετικών εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας.

Τα ευρήματα της έρευνας φανέρωσαν σημαντικές συσχετίσεις για τη λεξιλογική δοκιμασία υπό την καταγραφή του fTCD με όλα τα εργαλεία αξιολόγησης της κυριοχειρίας, εκείνο του ΕΕ, του τεστ ΠΠΧ και της ΔΜΠ. Πιο συγκεκριμένα, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση του ΔΓΠ με τις μετρήσεις που προέκυψαν από το ΕΕ και στις δύο εκδοχές που αξιοποιήθηκε προς ανάλυση [ΕΕ-12 στοιχεία ($p < 0,001$), ΕΕ-10 ($p < 0,001$)], από τη ΔΜΠ ($p < 0,001$) και από το τεστ ΠΠΧ ($p = 0,002$).

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αναφορικά με το ΕΕ έρχονται σε συμφωνία με μελέτες που είχαν υποδείξει πιθανές συσχετίσεις μεταξύ εκδοχών του σχετικού εργαλείου και

της γλωσσικής πλευρίωσης σε δοκιμασίες παραγωγής λόγου (Groen et al., 2013. Knecht et al., 2000. Mazoyer, 2014. Papadatou-Pastou et al., 2022. Somers et al., 2015. Szaflarski et al. 2002). Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών που συναντώνται στην βιβλιογραφία και έχουν ασχοληθεί με την αξιολόγηση συμμετεχόντων μέσα από μεθόδους λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου έχουν καταλήξει σε στατιστικά μη σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ γλωσσικής πλευρίωσης και κυριοχειρίας όπως εκείνη αξιολογείται με το EE (Bruckert et al., 2021. Kondyli et al., 2017. Parker et al., 2022. Pujol et al., 1999). Αξίζει να σημειωθεί πως η παραδοσιακή εκδοχή του EE-10 το οποίο περιλαμβάνει ερωτήσεις αποκλειστικά για την αξιολόγηση της κυριοχειρίας, παρουσίασε ελαφρώς υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης με τον ΔΓΠ ($r=0,62$, $p < 0,001$) σε σχέση με το EE-12 ($r=0,60$, $p < 0,001$). Το γεγονός αυτό υποδεικνύει πως η συμπερίληψη επιπρόσθετων στοιχείων που αφορούσαν την προτίμηση ποδιού και ματιού των συμμετεχόντων στην παραδοσιακή εκδοχή του EE δεν προσέφερε ενίσχυση της συσχέτισης του συγκεκριμένου εργαλείου με τον ΔΠ για τις γλωσσικές λειτουργίες. Ωστόσο, το EE-12 παραμένει ένα εργαλείο το οποίο σημειώνει στατιστικά υψηλή συσχέτιση με τον ΔΠ για τον προφορικό λόγο.

Ο έλεγχος συνάφειας ανέδειξε επίσης στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων του τεστ ΠΠΧ και εκείνων της σιωπηρής λεξιλογικής παραγωγής, παρότι σε μικρότερο επίπεδο ($r = 0,39$, $p = 0,002$). Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν την κεντρική υπόθεση της παρούσας μελέτης για ύπαρξη συσχέτισης των μετρήσεων προτίμησης χεριού (EE και τεστ ΠΠΧ) με την γλωσσική πλευρίωση των συμμετεχόντων έτσι όπως καταγράφηκε με τη μέθοδο fTCD. Ταυτόχρονα, αναφορικά με την ειδική συσχέτιση των μετρήσεων του τεστ ΠΠΧ και των αποτελεσμάτων του ΔΠ από την γλωσσική δοκιμασία, τα ευρήματα της μελέτης ενισχύουν τις διαπιστώσεις αντίστοιχων ερευνών που φανέρωσαν συσχέτιση του συγκεκριμένου εργαλείου με τη γλωσσική πλευρίωση των ατόμων σε δραστηριότητα παραγωγής προφορικού λόγου (Groen et al., 2013. Papadatou-Pastou et al., 2022).

Συνακολούθως, διαπιστώθηκε σημαντική συσχέτιση για τη λεξιλογική δοκιμασία με τη ΔΜΠ ($r = 0,55, p < 0,001$). Η συγκεκριμένη δοκιμασία αξιολόγησης της κυριοχειρίας μάλιστα σημείωσε υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης συγκριτικά με το τεστ ΠΠΧ, μία διαπίστωση η οποία αποτελεί ένα σπάνιο εύρημα και έρχεται σε αντίθεση με σχετικές μελέτες που δεν εντόπισαν ανάλογες σημαντικές συσχετίσεις της ΔΜΠ με τη γλωσσική πλευρίωση συμμετεχόντων που υποβλήθηκαν σε δραστηριότητα παραγωγής προφορικού λόγου (βλ. Groen et al., 2013. Kondyli et al., 2017. Papadatou-Pastou et al., 2022). Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης ωστόσο, έρχονται σε συμφωνία με τα ευρήματα ενός σώματος μελετών που επισημαίνουν την δυνατότητα των δοκιμασιών δεξιότητας να αποτελέσουν σημαντικούς δείκτες πρόβλεψης οργάνωσης των γλωσσικών λειτουργιών (Flowers & Hudson 2013. Hodgson et al., 2016. Hodgson & Hudson, 2018).

Από την προηγούμενη ανάλυση αναδεικνύεται η υπεροχή του ΕΕ και της ΔΜΠ στη συσχέτισή τους με τη γλωσσική πλευρίωση των συμμετεχόντων έτσι όπως αυτή καταγράφηκε με την μέθοδο fTCD. Ταυτόχρονα, είναι εμφανείς οι διαφορές των ευρημάτων μεταξύ των ποικίλων συμπεριφορικών δοκιμασιών, στον τρόπο με τον οποίο συσχετίζονται με το ΔΓΠ των συμμετεχόντων. Αυτές οι διαφορές θα μπορούσαν να αποδοθούν στο γεγονός της αξιολόγησης διαφορετικών χαρακτηριστικών της κυριοχειρίας από το κάθε εργαλείο. Το τεστ ΠΠΧ αξιολογεί κυρίως την κατεύθυνση στην προτίμηση του χεριού, η ΔΜΠ αξιολογεί την ταχύτητα και τη δύναμη του χεριού των ατόμων όταν τους ζητείται να μεγιστοποιήσουν τις ικανότητες τους κατά τη χρήση των χεριών, ενώ το ΕΕ αξιολογεί την προτίμηση και τη χρήση του χεριού σε απλές δραστηριότητες της ζωής. Επομένως θα μπορούσε να θεωρηθεί βάσιμη η απόδοση της υπεροχής του ΕΕ στην συσχέτισή του με την γλωσσική πλευρίωση των συμμετεχόντων έναντι των άλλων δύο εργαλείων, στο γεγονός ότι προσιδιάζει περισσότερο στην καθημερινότητα των ατόμων και αξιολογεί ένα μεγαλύτερο εύρος της χρήσης των χεριών στη

ζωή τους (αξιολόγηση της χρήσης των χεριών σε ποικίλες δραστηριότητες της καθημερινής τους ζωής).

Σημαντικές ερευνητικές μελέτες έχουν αναδείξει τη συσχέτιση που παρουσιάζουν μεταξύ τους ποικίλα εργαλεία μέτρησης της προτίμησης και της δεξιότητας χεριού (Annett 1970. Bryden et al., 2000). Συνακολούθως, στην παρούσα μελέτη παρατηρήθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ των διαφορετικών εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας. Έτσι, παρά τις διαφορές που καταγράφηκαν στην συσχέτιση με τον ΔΓΠ και την υπεροχή του ΕΕ και της ΔΜΠ, αξιολογείται πως σε ειδικές συνθήκες που δεν είναι εφικτή η αξιολόγηση της κυριοχειρίας μέσα από τα προαναφερόμενα μέσα, είναι εφικτή η αντικατάσταση του ενός εργαλείου από κάποιο άλλο. Έτσι, παρότι το ΕΕ και η ΔΜΠ παρουσιάζουν καλύτερη εγκυρότητα εξωτερικού κριτηρίου σε σχέση με το τεστ ΠΠΧ στην πρόβλεψη της γλωσσικής πλευρίωσης των συμμετεχόντων, οι διαφορές που καταγράφηκαν στο συντελεστή συσχέτισης των συμπεριφορικών δοκιμασιών με τον ΔΓΠ αξιολογούνται μικρές, γεγονός που δεν αποκλείει την εφαρμογή και τη συνεισφορά της τελευταίας (τεστ ΠΠΧ) σε μελέτες πλευρίωσης για τις οποίες δεν αποτελεί εφικτή η εφαρμογή των δύο πρώτων δοκιμασιών.

Την ανάγκη για αξιοποίηση ποικίλου είδους εργαλεία αξιολόγησης της κυριοχειρίας έχουν υποδείξει έρευνες που αφορούν πληθυσμούς ειδικής αγωγής και εκπαίδευσης. Δεδομένης της δυσκολίας που παρουσιάζουν ενήλικες ή παιδιά με δυσλεξία, ή/και άλλες ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες στην κατανόηση και τη χρήση των ερωτηματολογίων αυτοαναφοράς, έχει υποτεθεί πως η χρήση διαφορετικών εργαλείων που θα αξιολογούν την δεξιότητα του χεριού ή την προτίμηση του χεριού μέσω παρατήρησης θα αποτελούσε ενδεχομένως ιδανικότερη επιλογή (Κουφάκη, & Παπαδάτου-Πάστου, 2011). Σύμφωνα μάλιστα με μελέτες έχει ξεχωρίσει η δυνατότητα και η ευαισθησία δοκιμασιών που αξιολογούν την προτίμηση ή τη δεξιότητα χεριού μέσω παρατήρησης σε παιδιά με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες (π.χ. παιδιά με γλωσσικά προβλήματα, νοητική αναπηρία, ΔΑΦ κ.ά.) συγκριτικά με

παραδοσιακού τύπου ερωτηματολόγια αυτο-αναφοράς (Bishop, 2001. Bishop, 2005. Nicholls, Chapman, Loetscher & Grimshaw, 2010. Papadatou-Pastou & Tomprou, 2015. Scharoun & Bryden, 2015). Επιπροσθέτως, η χρήση εργαλείων που καταγράφουν την προτίμηση των χεριών μέσω παρατήρησης και οι δοκιμασίες δεξιότητας έχουν αξιολογηθεί ως ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο στην κατανόηση της ανάπτυξης της κυριοχειρίας των παιδιών (Scharoun & Bryden, 2014). Δεδομένης μάλιστα της αναγκαιότητας της πρώιμης παρέμβασης σε παιδιά με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες, κρίνεται πως τέτοιου είδους εργαλεία όπως το τεστ ΠΠΧ που αποδεικνύεται ιδιαίτερα ευαίσθητο στην αξιολόγηση της κυριοχειρίας των παιδιών θα αποτελούσε μία χρήσιμη επιλογή.

Αξίζει να επισημανθεί πως το καθένα από τα τρία εργαλεία μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την κυριοχειρία των ατόμων και δεν μπορεί να αποτελέσει υποκατάστατο του άλλου καθότι αξιολογεί διαφορετικές ποιότητες της κυριοχειρίας (Edlin et al., 2015). Έτσι, προτείνεται, εφόσον υπάρχει ο απαιτούμενος χρόνος, να χρησιμοποιούνται πολλά και διαφορετικά εργαλεία αξιολόγησης της κυριοχειρίας σε μελέτες πλευρίωσης. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης λοιπόν αν και υπογραμμίζουν ή αναδεικνύουν την εγκυρότητα συγκεκριμένων εργαλείων στην πιθανή πρόβλεψη της γλωσσικής εγκεφαλικής πλευρίωσης των ατόμων, είναι ενθαρρυντικά ως προς την χρήση ποικίλων εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που φανερώνουν την ύπαρξη σημαντικών συσχετίσεων και των τριών εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας με τον ΔΓΠ των συμμετεχόντων, θεωρείται πως η χρήση δοκιμασιών που αξιολογούν την προτίμηση ή τη δεξιότητα χεριού αποτελούν έγκυρους δείκτες πρόβλεψης της γλωσσικής πλευρίωσης και μπορούν να αξιοποιούνται σύμφωνα με τις ανάγκες των ειδικών πληθυσμών στους οποίους απευθύνονται. Σε κάθε περίπτωση, η συμπερίληψη και ο συνυπολογισμός ερωτηματολογίων αυτο-αναφοράς και δοκιμασιών προτίμησης ή δεξιότητας χεριού αξιολογείται ως μία περισσότερο ολοκληρωμένη και αξιόπιστη μέθοδος για την αξιολόγηση της κυριοχειρίας των

ατόμων (Rigal, 1992), ενώ η παραπάνω διαδικασία συμβάλλει ταυτόχρονα στην σύγκριση των παραγόμενων δεδομένων μεταξύ των ποικίλων μελετών πλευρίωσης (Papadatou-Pastou et al., 2020).

Επιπροσθέτως, αξίζει να σημειωθεί συμπληρωματικά πως σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες, τα γενικότερα ευρήματα της παρούσας έρευνας κάνουν αισθητή την αριστερή ημισφαιρική επικράτηση για τους δεξιόχειρες συμμετέχοντες. Ωστόσο, αναφορικά με την ομάδα των αριστερόχειρων ενηλίκων καταγράφηκε δεξιά ημισφαιρική επικράτηση, μάλιστα μεγαλύτερης έντασης σε σχέση με την αντίθετη ομάδα κυριοχειρίας, εύρημα το οποίο αποτελεί πρωτοφανές και σπάνιο. Το παραπάνω αποτέλεσμα έρχεται σε αντίθεση με αντίστοιχες έρευνες που παρότι καταγράφουν χαμηλότερα ποσοστά αριστερής ημισφαιρικής επικράτησης για τους αριστερόχειρους πληθυσμούς δεν συμφωνούν με την υπόδειξη μίας δεξιάς ημισφαιρικής επικράτησης για αυτούς στις γλωσσικές λειτουργίες που αφορούν την παραγωγή προφορικού λόγου (Carey & Johnstone, 2014. Gutierrez-Sigut, Payne & MacSweeney, 2015. Knecht et al. 2000. Kondyli et al. 2017. Mazoyer et al., 2014. Tussis et al., 2016. Woodhead, Thompson, Karlsson & Bishop, 2021).

Μία πιθανή ερμηνεία για την καταγραφή της στατιστικά σημαντικής αυτής διαφοράς του ΔΓΠ σε δεξιόχειρες και αριστερόχειρες ενδεχομένως να αποτελεί το σχετικά υψηλό συνολικό ποσοστό απόρριψης των συμμετεχόντων (περίπου 26%) στην παρούσα μελέτη, είτε εξαιτίας της αδυναμίας διαπερατότητας του υπερήχου Doppler, είτε εξαιτίας της αδυναμίας καταγραφής των απαραίτητων πειραματικών κύκλων σύμφωνα με τα κριτήρια που τέθηκαν. Επιπλέον, το σχετικά περιορισμένο δείγμα της έρευνας -μόλις 60 συμμετέχοντες- και η μέθοδος της δειγματοληψίας που ακολουθήθηκε μπορεί να αποτελεί έναν πρόσθετο παράγοντα επίδρασης των αποτελεσμάτων.

4.2 Περιορισμοί έρευνας

Βασικό περιορισμό της παρούσας μελέτης συνιστά η πειραματική μέθοδος που επιλέχθηκε προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα για τη γλωσσική πλευρίωση των συμμετεχόντων. Η μέθοδος του Λειτουργικού Διακρανιακού Υπέρηχου Doppler παρότι μία έγκυρη τεχνική, ενέχει ορισμένους περιορισμούς γύρω από την συλλογή των δεδομένων εξαιτίας της περιορισμένης χωρικής ανάλυσης που μπορεί να προσφέρει. Συνεπώς, δεν είναι εφικτός ο εντοπισμός συγκεκριμένων περιοχών ενεργοποίησης του εγκεφάλου κατά την εκτέλεση γλωσσικών λειτουργιών και η σαφής διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων κυριοχειρίας αναφορικά με την εγκεφαλική τους λειτουργία και τα μοτίβο ενεργοποίησης που ακολουθούνται.

Επιπροσθέτως, η απόρριψη έντεκα ατόμων (περίπου 13% του συνόλου) που προσήλθαν στον πειραματικό χώρο, εξαιτίας της αδυναμίας διαπερατότητας του υπερήχου από τα κροταφικά οστά, αποτελεί ακόμη έναν βασικό περιορισμό, δεδομένου μάλιστα του πολύ μικρότερου ποσοστού ατόμων με έλλειψη διαπερατότητας κροταφικών οστών που συναντάται συνήθως στη βιβλιογραφία για τον παγκόσμιο πληθυσμό (5%) (Παπαδάτου-Παστού και συν., 2013). Συνακόλουθα, οι δυσκολίες που προέκυψαν στην καταγραφή των δεδομένων και οδήγησαν στον αποκλεισμό δέκα επιπρόσθετων ατόμων εξαιτίας της αδυναμίας ολοκλήρωσης τουλάχιστον καθορισμένου αριθμού έγκυρων πειραματικών κύκλων, ενδεχομένως να επηρεάζουν και εκείνες με τη σειρά τους τα τελικά αποτελέσματα της μελέτης. Επιπρόσθετα, η παράβλεψη της εξέτασης της επίδρασης της μεταβλητής του φύλου στην παρούσα μελέτη και η μειωμένη συμμετοχή των ανδρών στην παρούσα μελέτη, ενδεχομένως να συνιστούν έναν επιπλέον περιορισμό στην εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Τέλος, αναφορικά με την χορήγηση των συμπεριφορικών δοκιμασιών για αξιολόγηση της κυριοχειρίας των συμμετεχόντων, ενέχονται επίσης σχετικοί μεθοδολογικοί περιορισμοί που αφορούν κυρίως την αξιοπιστία της μέτρησης από την πλευρά των ερευνητών οι οποίοι

παρατηρούσαν και αξιολογούσαν τους συμμετέχοντες κατά την εκτέλεση διαφόρων δραστηριοτήτων.

4.3 Μελλοντικές Προτάσεις

Το πεδίο που ασχολείται με τη σύνδεση κυριοχειρίας και γλωσσικής πλευρίωσης αποτελεί ακόμη γόνιμο επιστημονικό έδαφος διερεύνησης, καθότι τα μέχρι τώρα επιστημονικά δεδομένα δεν έχουν προσφέρει ξεκάθαρες απαντήσεις για το είδος αυτής της σχέσης, όπως και για τον τρόπο με τον οποίο με τον οποίο η κυριοχειρία επιδρά στην εγκεφαλική οργάνωση των γλωσσικών λειτουργιών ή το αντίστροφο. Συνεπώς, η κατεύθυνση της μελλοντικής έρευνας θα μπορούσε να στραφεί στην πραγματοποίηση αντίστοιχων μελετών εξέτασης γλωσσικών λειτουργιών που θα καλύπτουν όλες τις ενδεχόμενες διαστάσεις αυτής της πολύπλοκης σχέσης. Προτείνεται λοιπόν η ανάπτυξη μελετών που θα ενσωματώνουν ποικίλες δοκιμασίες αξιολόγησης της συμπεριφορικής πλευρίωσης και κυριοχειρίας των ατόμων σε συσχέτιση με την εξέταση αυτών σε ποικίλου είδους γλωσσικές δοκιμασίες για την διαπίστωση ή μη διαφορετικής οργάνωσης της εγκεφαλικής δραστηριότητας. Ένα πεδίο της έρευνας που δεν έχει εξεταστεί εκτενώς αποτελεί μάλιστα η μελέτη των γλωσσικών λειτουργιών κατά την παραγωγή γραπτού λόγου (Kondyli et al., 2017. Papadatou-Pastou et al., 2022).

Επιπρόσθετα, δεδομένων των περιορισμών που επιφέρει η χρήση της μεθόδου fTCD αξιολογείται ιδιαίτερου ενδιαφέροντος η δημιουργία αντίστοιχων μελετών γλωσσικής πλευρίωσης με τη χρήση της τεχνολογίας fMRI όπου θα είναι εφικτός ο εντοπισμός συγκεκριμένων περιοχών ενεργοποίησης. Ενδεχομένως η υψηλότερη χωρική ανάλυση που έχει τη δυνατότητα να προσφέρει η συγκεκριμένη μέθοδος, να αποδώσει πιο αξιόπιστα δεδομένα της εγκεφαλικής δραστηριότητας σε δοκιμασίες γλωσσικού τομέα.

Αδιαμφισβήτητα, προτείνεται επίσης η επανάληψη αντίστοιχων ερευνών σε μεγαλύτερο δείγμα ατόμων, στο οποίο ενδεχομένως θα εξετάζονται ποιοτικές διαφορές των συμμετεχόντων όχι μόνο σε επίπεδο κυριοχειρίας, αλλά και σε επίπεδο φύλου ή εκμάθησης άλλης γλώσσας (π.χ. δίγλωσσα άτομα) κ.ά.

4.4 Συμπεράσματα

Η σύνδεση γλωσσικής πλευρίωσης και κυριοχειρίας έχει απασχολήσει ιδιαίτερα το χώρο της νευροψυχολογίας, ενώ ταυτόχρονα έχει μελετηθεί εκτεταμένα στο πλαίσιο της ειδικής αγωγής. Παρόλα αυτά οι ποικίλες μελέτες πλευρίωσης έχουν υποδείξει αδύναμες και έμμεσες συσχετίσεις των δύο μεταβλητών. Στη βάση της συγκεκριμένης προβληματικής και της γενικότερης εξέτασης αυτής της πιθανής σύνδεσης αξιοποιήθηκαν κατά καιρούς ποικίλα εργαλεία μέτρησης της κυριοχειρίας τα οποία αξιολογούν διαφορετικές ποιότητες του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού.

Ταυτόχρονα, περιορισμένες είναι οι έρευνες που έχουν επιχειρήσει την εξέταση ποικίλων εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας ως προς την ικανότητά τους να προβλέψουν καλύτερα την γλωσσική πλευρίωση του εγκεφάλου. Η παρούσα μελέτη αποτέλεσε μία προσπάθεια εξέτασης τριών διαφορετικών εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας (EE, τεστ ΠΠΧ, ΔΜΠ) στην συσχέτιση που παρουσιάζουν με τον ΔΓΠ για τον προφορικό λόγο έτσι όπως καταγράφηκε μέσω της μεθόδου fTCD και συνεπώς να αποτελέσουν έγκυρους δείκτες της γλωσσικής πλευρίωσης των ατόμων. Τα αποτελέσματα φανέρωσαν σημαντική συσχέτιση για καθένα από τα τρία εργαλεία αξιολόγησης της κυριοχειρίας, εύρημα το οποίο αποτελεί ιδιαίτερα ενθαρρυντικό ως προς την χρήση ποικίλων εργαλείων αξιολόγησης της κυριοχειρίας σε μελέτες πλευρίωσης. Ταυτόχρονα τα προηγούμενα ευρήματα μπορούν να υποστηρίξουν την αντίληψη για περισσότερη ευελιξία στην χρήση εναλλακτικών εργαλείων αξιολόγησης της

κυριοχειρίας πέραν των παραδοσιακά χρησιμοποιούμενων ερωτηματολογίων για ιδιαίτερες ομάδες ατόμων με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες και αναπηρία που ενδέχεται να δυσκολεύονται στην συμπλήρωση των σχετικών εργαλείων. Συνοψίζοντας, η χρήση εργαλείων αξιολόγησης όπως το ΕΕ, το τεστ ΠΠΧ και η ΔΜΠ δύναται να αποτελέσουν σημαντικούς δείκτες της γλωσσικής πλευρίωσης των ατόμων και να προσφέρουν σε έρευνες ειδικής αγωγής και εκπαίδευσης μία μεγαλύτερη ευελιξία στην αξιολόγηση της πλευρίωσης των ατόμων, συμβαδίζοντας με τις ιδιαίτερες ανάγκες των συγκεκριμένων ομάδων.

Βιβλιογραφία

- Adcock, J. E., Wise, R. G., Oxbury, J. M., Oxbury, S. M., & Matthews, P. M. (2003). Quantitative fMRI assessment of the differences in lateralization of language-related brain activation in patients with temporal lobe epilepsy. *Neuroimage*, *18*(2), 423-438.
[https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(02\)00013-7](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(02)00013-7)
- Agarwal, S., Sair, H. I., Gujar, S., & Pillai, J. J. (2019). Language mapping with fMRI: current standards and reproducibility. *Topics in Magnetic Resonance Imaging*, *28*(4), 225-233.
doi: 10.1097/RMR.0000000000000216
- Annett, M. (1970). A classification of hand preference by association analysis. *British journal of psychology*, *61*(3), 303-321.
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1970.tb01248.x>
- Annett, M. (1985). *Left, right, hand and brain: The right shift theory*. Lawrence Erlbaum Associates.
<http://dx.doi.org/10.1017/s0033291700025125>
- Annett, J., Annett, M., Hudson, P.T.W., & Turner, A. (1979). The control of movement in the preferred and non-preferred hands. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *3*, 641 - 652.
<http://dx.doi.org/10.1080/14640747908400755>
- Annett, M. (1998). Handedness and cerebral dominance: the right shift theory. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*.*10*, 459–469
<https://doi.org/10.1176/jnp.10.4.459>
- Asenova, I. V. (2018). *Brain lateralization and developmental disorders – A new approach to unified research*. Routledge
<https://doi.org/10.4324/9781315147598>

Badcock, N. A., & Groen, M. A. (2017). What can functional Transcranial Doppler Ultrasonography tell us about spoken language understanding?. *Language, Cognition and Neuroscience*, 32(7), 818-828.

<https://doi.org/10.1080/23273798.2016.1276608>

Badcock, N.A., Nye, A., & Bishop, D.V., 2012. Using functional transcranial Doppler ultrasonography to assess language lateralisation: influence of task and difficulty level. *Laterality* 17 (6), 694–710.

<https://doi.org/10.1080/1357650X.2011.615128>.

Badcock, N. A., Holt, G., Holden, A., & Bishop, D. V. (2012). dopOSCCI: A functional transcranial Doppler ultrasonography summary suite for the assessment of cerebral lateralization of cognitive function. *Journal of Neuroscience Methods*, 204(2), 383-388.

<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2011.11.018>

Badcock, N. A., Spooner, R., Hofmann, J., Flitton, A., Elliott, S., Kurylowicz, L., Lavrencic, L. M., Payne, H. M., Holt, G. K., Holden, A., Churches, O. F., Kohler, M. J., & Keage, H. A. D. (2018). What Box: A task for assessing language lateralization in young children. *Laterality*, 23(4), 391–408.

<https://doi.org/10.1080/1357650X.2017.1363773>

Badzakova-Trajkov, G., Corballis, M. C., & Häberling, I. S. (2016). Complementarity or independence of hemispheric specializations? A brief review. *Neuropsychologia*, 93, 386-393.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.12.018>

Barrick, T. R., Lawes, I. N., Mackay, C. E., & Clark, C. A. (2007). White matter pathway asymmetry underlies functional lateralization. *Cerebral Cortex*, 17(3), 591-598.

<https://doi.org/10.1093/cercor/bhk004>

Bauer, P. R., Reitsma, J. B., Houweling, B. M., Ferrier, C. H., & Ramsey, N. F. (2014). Can fMRI safely replace the Wada test for preoperative assessment of language lateralisation? A meta-

analysis and systematic review. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 85(5), 581-588.

<http://dx.doi.org/10.1136/jnnp-2013-305659>

Bishop, D. V. M. (2001). Individual differences in handedness and specific speech and language impairment: evidence against a genetic link. *Behavior genetics*, 31, 339-351.

<https://doi.org/10.1023/A:1012239617367>

Bishop, D. V. (2005). Handedness and specific language impairment: A study of 6-year-old twins. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 46(4), 362-369.

<https://doi.org/10.1002/dev.20062>

Binder, J. R. (2011). Functional MRI is a valid noninvasive alternative to Wada testing. *Epilepsy and Behavior*, 20(2), 214–222.

<https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2010.08.004>

Bishop, D. V. (2013). Cerebral asymmetry and language development: cause, correlate, or consequence?. *Science*, 340(6138), 1230531.

<https://doi.org/10.1126/science.1230531>

Bishop, D. V., Holt, G., Whitehouse, A. J., & Groen, M. (2014). No population bias to left-hemisphere language in 4-year-olds with language impairment. *PeerJ*, 2, e507.

<https://doi.org/10.7717/peerj.507>

Bishop, D. V. M., Ross, V. A., Daniels, M. S., & Bright, P. (1996). The measurement of hand preference: A validation study comparing three groups of right-handers. *British journal of psychology*, 87(2), 269-285.

<https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1996.tb02590.x>

- Bishop, D. V., Watt, H., & Papadatou-Pastou, M. (2009). An efficient and reliable method for measuring cerebral lateralization during speech with functional transcranial Doppler ultrasound. *Neuropsychologia*, *47*(2), 587-590
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.09.013>
- Βλάχος, Φ. (1998). *Αριστεροχειρία: Μύθοι και πραγματικότητα*. Ελληνικά Γράμματα
- Βλάχος, Φ., & Ανδρέου, Γ. (2009). Εγκεφαλική ασυμμετρία και εκπαίδευση. *Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών*, *14*(54).
<https://doi.org/10.26253/heal.uth.ojs.sst.2009.26>
- Boni, R. C., Prosdócimi, F. C., Bonsi, A. B., Almeida, T. M., Ribeiro, L. A. M., Boni, R., ... & Ribeiro, L. (2007). Asymmetries of the left and right temporal lobes. *International Journal of Morphology*, *25*(1), 117-120.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022007000100016>
- Bottini, G., Corcoran, R., Sterzi, R., Paulesu, E., Schenone, P., Scarpa, P., ... & Frith, D. (1994). The role of the right hemisphere in the interpretation of figurative aspects of language A positron emission tomography activation study. *Brain*, *117*(6), 1241-1253.
<https://doi.org/10.1093/brain/117.6.1241>
- Bradshaw, A. R., Thompson, P. A., Wilson, A. C., Bishop, D. V., & Woodhead, Z. V. (2017). Measuring language lateralisation with different language tasks: a systematic review. *PeerJ*, *5*, e3929.
<https://doi.org/10.7717/peerj.3929>
- Bradshaw, A. R., Woodhead, Z. V., Thompson, P. A., & Bishop, D. V. (2020). Investigation into inconsistent lateralisation of language functions as a potential risk factor for language impairment. *European Journal of Neuroscience*, *51*(4), 1106-1121.
<https://doi.org/10.1111/ejn.14623>

- Brandler, W., & Paracchini, S. (2014). The genetic relationship between handedness and neurodevelopmental disorders. *Trends in Molecular Medicine*, 20, 83–90.
<https://doi.org/10.1016/j.molmed.2013.10.008>
- Broca, P. (1865). Sur le siege de la faculte du langage articule. *Bulletin de la Societe d'Anthropologie de Paris*, 6, 377-393.
<https://doi.org/10.3406/bmsap.1865.9495>
- Broca, P. (1965). Paul Broca (1824–1880) on the speech center, 1861. In R. J. Herrnstein & E. G. Boring (Eds.), *A sourcebook in the history of psychology* (pp. 223–229). MA: Harvard University Press. (Original work published 1861).
- Brown, S., Roy, E., Rohr, L., & Bryden, P. (2006). *Using hand performance measures to predict handedness. Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 11(1), 1-14.
doi:10.1080/1357650054200000440
- Bruckert, L., Thompson, P. A., Watkins, K. E., Bishop, D. V. M., & Woodhead, Z. V. J. (2021). Investigating the effects of handedness on the consistency of lateralization for speech production and semantic processing tasks using functional transcranial Doppler sonography. *Laterality*, 26(6), 680-705.
<https://doi.org/10.1080/1357650X.2021.1898416>
- Brumer, I., De Vita, E., Ashmore, J., Jarosz, J., & Borri, M. (2020). Implementation of clinically relevant and robust fMRI-based language lateralization: Choosing the laterality index calculation method. *PloS one*, 15(3), e0230129.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230129>
- Bryden, M. P. (1977). Measuring handedness with questionnaires. *Neuropsychologia*, 15(4-5), 617-624.
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(77\)90067-7](https://doi.org/10.1016/0028-3932(77)90067-7)
- Bryden, M. P. (1982). *Laterality: Functional Asymmetry in the Intact Brain*. Academic Press.

- Bryden, P. J., Pryde, K. M., & Roy, E. A. (2000). A performance measure of the degree of hand preference. *Brain and Cognition*, *44*, 402-414.
<https://doi.org/10.1006/brcg.1999.1201>
- Bryden, P. J., Roy, E. A., & Spence, J. (2007). An observational method of assessing handedness in children and adults. *Developmental Neuropsychology*, *32*(3), 825-846.
<https://doi.org/10.1080/87565640701539667>
- Bryden, M. P., Roy, E. A., Manus, I. C., & Mc Bulman-Fleming, M. B. (1997). On the genetics and measurement of human handedness. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *2*(3-4), 317-336.
<https://doi.org/10.1080/713754269>
- Bryden, M.P., Singh, M., Steenhuis, R.E., & Clarkson, K.L. (1994). A behavioral measure of hand preference as opposed to hand skill. *Neuropsychologia*, *32*, 991-999.
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(94\)90048-5](https://doi.org/10.1016/0028-3932(94)90048-5)
- Burman, D. D., Bitan, T. & Booth, J. R. (2008). Sex differences in neural processing of language among children. *Neuropsychologia*, *46*(5), 1349–62.
<http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.12.021>
- Calvert, G.A., & Bishop, D.V.M (1998). Quantifying hand preference using a behavioral continuum. *Laterality*, *3*(3), 255-268.
<https://doi.org/10.1080/713754307>
- Cardinale, R. C., Shih, P., Fishman, I., Ford, L. M., & Müller, R.-A. (2013). Pervasive rightward asymmetry shifts of functional networks in autism spectrum disorder. *JAMA Psychiatry*, *70*(9), 975–982.
doi:10.1001/jamapsychiatry.2013.382
- Carey, D. P., & Johnstone, L. T. (2014). Quantifying cerebral asymmetries for language in dextrals and adextrals with random-effects meta analysis. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1128.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01128>

Charpentier, C. J., Faulkner, P., Pool, E. R., Ly, V., Tollenaar, M. S., Klun, L. M., ... & O'Doherty, J. P. (2021). How representative are neuroimaging samples? Large-scale evidence for trait anxiety differences between fMRI and behaviour-only research participants. *Social cognitive and affective neuroscience*, *16*(10), 1057-1070.

<https://doi.org/10.1093/scan/nsab057>

Chiarello C, Welcome SE, Halderman LK, Leonard CM. 2009. Does degree of asymmetry relate to performance? An investigation of word recognition and reading in consistent and mixed handers, *Brain Cognition*, *69*, 521–530

<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2008.11.002>

Christman, S. D., Prichard, E. C., & Corser, R. (2015). Factor analysis of the Edinburgh Handedness Inventory: Inconsistent handedness yields a two-factor solution. *Brain and Cognition*, *98*, 82-86.

<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.06.005>

Clements, A. M., Rimrodt, S. L., Abel, J. R., Blankner, J. G., Mostofsky, S. H., Pekar, J. J., ... Cutting, L. E. (2006). Sex differences in cerebral laterality of language and visuospatial processing. *Brain and Language*, *98*(2), 150–158.

<http://doi.org/10.1016/j.bandl.2006.04.007>

Corballis, M.C. (2009). The evolution and genetics of cerebral asymmetry. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, *364*, 867-879.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0232>

Corballis, M. C. (2021). How asymmetries evolved: Hearts, brains, and molecules. *Symmetry*, *13*, 914.

<https://doi.org/10.3390/sym13060914>

- Coren, S. (1993). Measurement of handedness via self-report: the relationship between brief and extended inventories. *Perceptual and motor skills*, 76(3), 1035-1042.
<https://doi.org/10.2466/pms.1993.76.3.1035>
- Corey, D. M., Hurley, M. M. & Foundas, A. L. (2001). Right and left handedness defined: A multivariate approach using hand preference and hand performance measures. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioural Neurology*, 14, 144-152.
<http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781139382007.001>
- Deemyad, T. (2022). Lateralized Changes in Language Associated Auditory and Somatosensory Cortices in Autism. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 16, 787448.
<https://doi.org/10.3389/fnsys.2022.787448>
- Deppe, M, Knecht, S, Henningsen, H. & Ringelstein, E-B. (1997). AVERAGE: a Windows program for automated analysis of event related cerebral blood flow. *Journal of Neuroscience Methods*, 75, 147–154.
[http://dx.doi.org/10.1016/s0165-0270\(97\)00067-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0165-0270(97)00067-8)
- Deppe, M., Knecht, S., Papke, K., Lohmann, H., Fleischer, H., Heindel, W., ... & Henningsen, H. (2000). Assessment of hemispheric language lateralization: a comparison between fMRI and fTCD. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 20(2), 263-268.
<https://doi.org/10.1097/00004647-200002000-00006>
- Deppe, M., Ringelstein, E. B., & Knecht, S. (2004). The investigation of functional brain lateralization by transcranial Doppler sonography. *Neuroimage*, 21(3), 1124-1146.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.10.016>
- De Kovel, C. G., Carrión-Castillo, A., & Francks, C. (2019). A large-scale population study of early life factors influencing left-handedness. *Scientific reports*, 9(1), 1-11.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-37423-8>

- Dorsaint-Pierre, R., Penhune, V. B., Watkins, K. E., Neelin, P., Lerch, J. P., Bouffard, M., & Zatorre, R. J. (2006). Asymmetries of the planum temporale and Heschl's gyrus: relationship to language lateralization. *Brain*, *129*(5), 1164-1176.
<https://doi.org/10.1093/brain/awl055>
- Doyen, A.L., & Carlier, M., (2002). Measuring handedness : A validation study of Bishop's reaching card test. *Laterality*, *7*, 115-130.
<https://doi.org/10.1080/13576500143000140>
- Duschek, S., & Schandry, R. (2003). Functional transcranial Doppler sonography as a tool in psychophysiological research. *Psychophysiology*, *40*(3), 436-454.
<https://doi.org/10.1111/1469-8986.00046>
- Edlin, J. M., Leppanen, M. L., Fain, R. J., Hackländer, R. P., Hanaver-Torrez, S. D., & Lyle, K. B. (2015). On the use (and misuse?) of the Edinburgh Handedness Inventory. *Brain and cognition*, *94*, 44-51.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.01.003>
- Everts, R., Lidza, K., Wilke, M., Kiefer, C., Mordasini, M., Schroth, G., Perrig, W. & Steinlin, M. (2009). Strengthening of laterality of verbal and visuospatial functions during childhood and adolescence. *Human Brain Mapping*, *30*, 473-483.
<http://dx.doi.org/10.1002/hbm.20523>
- Fagard, J. (2013). Early development of hand preference and language lateralization: Are they linked, and if so, how?. *Developmental psychobiology*, *55*(6), 596-607.
<https://doi.org/10.1002/dev.21131>
- Fazio, R., Coenen, C., & Denney, R. L. (2012). The original instructions for the Edinburgh Handedness Inventory are misunderstood by a majority of participants. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *17*(1), 70-77.
<https://doi.org/10.1080/1357650X.2010.532801>

- Finch, K. H., Seery, A. M., Talbott, M. R., Nelson, C. A., & Tager-Flusberg, H. (2017). Lateralization of ERPs to speech and handedness in the early development of Autism Spectrum Disorder. *Journal of neurodevelopmental disorders*, 9(1), 1-14.
<https://doi.org/10.1186/s11689-017-9185-x>
- Floris, D. L., Lai, M. C., Auer, T., Lombardo, M. V., Ecker, C., Chakrabarti, B., ... & Suckling, J. (2016). Atypically rightward cerebral asymmetry in male adults with autism stratifies individuals with and without language delay. *Human Brain Mapping*, 37(1), 230-253.
doi: 10.1002/hbm.23023
- Floris, D. L., Wolfers, T., Zabihi, M., Holz, N. E., Zwiers, M. P., Charman, T., ... & Wooldridge, C. (2021). Atypical brain asymmetry in autism—a candidate for clinically meaningful stratification. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 6(8), 802-812.
<https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2020.08.008>
- Flowers, K.A., & Hudson, J.M. (2013). Motor laterality as an indicator of speech laterality. *Neuropsychology*, 27 2, 256-65 .
<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0031664>
- Forrester, G. S., Pegler, R., Thomas, M. S., & Mareschal, D. (2014). Handedness as a marker of cerebral lateralization in children with and without autism. *Behavioural Brain Research*, 268, 14-21.
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.03.040>
- Galaburda, A. M. (1995). Anatomic basis of cerebral dominance. In Davidson, R. J. & Hugdahl, K., *Brain Asymmetry*, pp.51-74. MA: MIT Press.
<http://dx.doi.org/10.1017/s1355617700001569>
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Archives of neurology*, 42(5), 428-459.

doi:10.1001/archneur.1985.04060050026008

Geschwind, N., & Levitsky, W. (1968). Human brain: left-right asymmetries in temporal speech region. *Science*, *161*(3837), 186-187.

<https://doi.org/10.1126/science.161.3837.186>

Ghanizadeh, A. (2013). Lack of association of handedness with inattention and hyperactivity symptoms in ADHD. *Journal of attention disorders*, *17*(4), 302-307.

<https://doi.org/10.1177/1087054711429789>

Gonzalez, C. L., & Goodale, M. A. (2009). Hand preference for precision grasping predicts language lateralization. *Neuropsychologia*, *47*(14), 3182-3189.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.07.019>

Gotts, S. J., Jo, H. J., Wallace, G. L., Saad, Z. S., Cox, R. W., & Martin, A. (2013). Two distinct forms of functional lateralization in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(36), E3435-E3444.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1302581110>

Groen, M. A., Whitehouse, A. J., Badcock, N. A., & Bishop, D. V. (2012). Does cerebral lateralization develop? A study using functional transcranial Doppler ultrasound assessing lateralization for language production and visuospatial memory. *Brain and behavior*, *2*(3), 256-269.

<https://doi.org/10.1002/brb3.56>

Groen, M. A., Whitehouse, A. J., Badcock, N. A., & Bishop, D. V. (2013). Associations between handedness and cerebral lateralisation for language: a comparison of three measures in children. *PLoS One*, *8*(5), e64876.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064876>

Güntürkün, O., Ströckens, F., & Ocklenburg, S. (2020). Brain lateralization: a comparative perspective. *Physiological reviews*, *100*(3), 1019-1063.

<https://doi.org/10.1152/physrev.00006.2019>

- Gutierrez-Sigut, E., Payne, H., & MacSweeney, M. (2015). Investigating language lateralization during phonological and semantic fluency tasks using functional transcranial Doppler sonography. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 20(1), 49-68.
<https://doi.org/10.1080/1357650X.2014.914950>
- Guyton, G. A. (1992). Οι συνειρμικές περιοχές. Στο A. G. Guyton (επιμ.), *Ιατρική Φυσιολογία* (τόμ. γ, σσ. 830-834). Επιστημονικές Εκδόσεις Γ. Παρισιάνος.
- Haag, A., Moeller, N., Knake, S., Hermsen, A., Wolfgang H., Oertel, W.H., Rosenow, F. & Hamer, H.M. (2010). Language lateralization in children using functional transcranial Doppler sonography. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52 (4), 331–336.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03362.x>
- Hamberger, M. J., & Cole, J. (2011). Language organization and reorganization in epilepsy. *Neuropsychology review*, 21, 240-251.
<https://doi.org/10.1007/s11065-011-9180-z>
- Hardie, S. M., & Wright, L. (2014). Differences between left-and right-handers in approach/avoidance motivation: influence of consistency of handedness measures. *Frontiers in Psychology*, 5, 134.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00134>
- Henninger, P. (1992). Handedness and lateralization. In *Handbook of Neuropsychological Assessment* (pp. 141-179). Springer, Boston, MA.
https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0682-3_6
- Herron, I. Two hands, two brains, two sexes. In I. Herron (Ed.), *Neuropsychology of left-handedness*. Academic Press, 1980.
<http://www.jstor.org/stable/1683845>
- Hirnstein, M., Hausmann, M., & Lewald, J. (2007). Functional cerebral asymmetry in auditory motion perception. *Laterality*, 12(1), 87-99.
<https://doi.org/10.1080/13576500600959247>

- Hodgson, J.C., Benattayallah, A., Hodgson, T.L., 2014. The role of the dominant versus the non-dominant hemisphere; an fMRI study of aphasia recovery following stroke. *Aphasiology* 28, 1426–1447.
<https://doi.org/10.1080/02687038.2014.933640>.
- Hodgson, J.C., Hirst, R., Hudson, J., 2016. Hemispheric speech lateralisation in the developing brain is related to motor praxis ability. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 22, 9–17.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.09.005>.
- Hodgson, J. C., & Hudson, J. M. (2018). Speech lateralization and motor control. *Progress in Brain Research*, 238, 145-178
<https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.06.009>
- Hodgson, J. C., & Hudson, J. M. (2017). Atypical speech lateralization in adults with developmental coordination disorder demonstrated using functional transcranial Doppler ultrasound. *Journal of Neuropsychology*, 11(1), 1-13.
<https://doi.org/10.1111/jnp.12102>
- Hoff, E. (2013). *Language development*. Wadsworth, Cengage Learning.
- Holland, S. K., Vannest, J., Mecoli, M., Jacola, L. M., Tillema, J.-M., Karunanayaka, P. R., ... Byars, A. W. (2007). Functional MRI of language lateralization during development in children. *International Journal of Audiology*, 46(9), 533–551.
doi:10.1080/14992020701448994
- Hull, R., & Vaid, J. (2006). Laterality and language experience. *Laterality*, 11(5), 436-464.
<https://doi.org/10.1080/13576500600691162>
- Jäncke, L., & Steinmetz, H. (2004). Anatomical Brain Asymmetries and Their relevance for functional assymetries. In: Hugdahl K, Davidson RJ, eds. *The Asymmetrical Brain*. MA: MIT Press;2003187230.

- Jansma, J. M., Ramsey, N., & Rutten, G. J. (2015). A comparison of brain activity associated with language production in brain tumor patients with left and right sided language laterality. *Journal of neurosurgical sciences*, 59(4), 327-335.
- Jansen, A., Flöel, A., Deppe, M., Randenborgh, J., Dräger, B., Kanowski, M., & Knecht, S. (2004). Determining the hemispheric dominance of spatial attention: A comparison between fTCD and fMRI. *Human Brain Mapping*, 23, 168–180.
- <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.20055>
- Jouravlev, O., Kell, A. J., Mineroff, Z., Haskins, A. J., Ayyash, D., Kanwisher, N., & Fedorenko, E. (2020). Reduced language lateralization in autism and the broader autism phenotype as assessed with robust individual-subjects analyses. *Autism Research*, 13(10), 1746-1761.
- <https://doi.org/10.1002/aur.2393>
- Joynt, R. J. (1964). Paul Pierre Broca: His contribution to the knowledge of aphasia. *Cortex*, 1(2), 206-213.
- [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(64\)80022-8](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(64)80022-8)
- Kasprian, G., Langs, G., Brugger, P. C., Bittner, M., Weber, M., Arantes, M., & Prayer, D. (2011). The prenatal origin of hemispheric asymmetry: an in utero neuroimaging study. *Cerebral cortex*, 21(5), 1076-1083.
- <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq179>
- Kershner, J. R. (2020). Neuroscience and education: cerebral lateralization of networks and oscillations in dyslexia. *Laterality*, 25(1), 109-125.
- <https://doi.org/10.1080/1357650X.2019.1606820>
- Khedr, E., Hamed Z.E., Said, Z.A. & Basahi, J. (2002). Handedness and language cerebral lateralization. *European Journal Applied Physiology*, 87, 469–473.
- <http://doi.org/10.1007/s00421-002-0652-y>

- Knake, S., Haag, A., Hamer, H. M., Dittmer, C., Bien, S., Oertel, W. H., & Rosenow, F. (2003). Language lateralization in patients with temporal lobe epilepsy: a comparison of functional transcranial Doppler sonography and the Wada test. *Neuroimage*, *19*(3), 1228-1232.
[https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00174-5](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00174-5)
- Knaus, T. A., Silver, A. M., Kennedy, M., Lindgren, K. A., Dominick, K. C., Siegel, J., & Tager-Flusberg, H. (2010). Language laterality in autism spectrum disorder and typical controls: a functional, volumetric, and diffusion tensor MRI study. *Brain and language*, *112*(2), 113-120.
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2009.11.005>
- Knecht, S., Deppe, M., Ebner, A., Henningsen, H., Huber, T., Jokeit, H., & Ringelstein, E. B. (1998). Noninvasive determination of language lateralization by functional transcranial Doppler sonography: a comparison with the Wada test. *Stroke*, *29*(1), 82-86.
<https://doi.org/10.1161/01.STR.29.1.82>
- Knecht, S., Deppe, M., Dräger, B., Bobe, L., Lohmann, H., Ringelstein, E. B., & Henningsen, H. (2000a). Language lateralization in healthy right-handers. *Brain*, *123*(1), 74-81.
<https://doi.org/10.1093/brain/123.1.74>
- Knecht, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., ... & Henningsen, H. (2000b). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, *123*(12), 2512-2518.
<https://doi.org/10.1093/brain/123.12.2512>
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2009). Εγκέφαλος και Συμπεριφορά. *Εκδόσεις ΠΧ. Πασχαλίδης*
- Kondyli, D., Stathopoulou, D., A. Badcock, N., & Papadatou-Pastou, M. (2017). Cerebral laterality for the generation of silent and written language in male and female right-and left-handers: A functional transcranial doppler ultrasound study. *Acta Neuropsychologica*, *15*, 407-432.
 doi:10.5604/01.3001.0010.7480

Κουφάκη, Α., & Παπαδάτου-Παστού, Μ. (2011). Συμπεριφορική πλευρίωση ως δείκτης της ημισφαιρικής επικράτησης της γλώσσας σε παιδιά και ενήλικες με δυσλεξία: Συστηματική διερεύνηση των περιορισμών των ερευνητικών προσπαθειών. Συμπόσιο με θέμα *Ψυχοβιολογικές προσεγγίσεις της αναπτυξιακής δυσλεξίας*. Στο 13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ψυχολογικής Έρευνας, Αθήνα, 25-29 Μαΐου.

Kushner, H. I. (2012). Retraining left-handers and the aetiology of stuttering: the rise and fall of an intriguing theory. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 17(6), 673-693.
<https://doi.org/10.1080/1357650X.2011.615127>

LeMay, M. (1977). Asymmetries of the skull and handedness: Phrenology revisited. *Journal of the neurological sciences*, 32(2), 243-253.
[https://doi.org/10.1016/0022-510X\(77\)90239-8](https://doi.org/10.1016/0022-510X(77)90239-8)

Lohmann, H., Dräger, B., Müller-Ehrenberg, S., Deppe, M., & Knecht, S. (2005). Language lateralization in young children assessed by functional transcranial Doppler sonography. *Neuroimage*, 24(3), 780-790.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.08.053>

Lust, J. M., Geuze, R. H., Groothuis, A. G. G., van der Zwan, J. E., Brouwer, W. H. vanWolffelaar, P. C., & Bouma, A. (2011). Driving performance during word generation—testing the function of human brain lateralization using fTCD in an ecologically relevant context. *Neuropsychologia*, 49, 2375–2383.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.04.011>

MacNeilage, P. F., Rogers, L. J., & Vallortigara, G. (2009). Origins of the left & right brain. *Scientific American*, 301(1), 60-67.
<https://www.jstor.org/stable/26001465>

Markou, P., Ahtam, B., & Papadatou-Pastou, M. (2017). Elevated levels of atypical handedness in autism: Meta-analyses. *Neuropsychology review*, 27, 258-283.

<https://doi.org/10.1007/s11065-017-9354-4>

Martin, G. N. (2005). *Νευροψυχολογία: Εγκέφαλος και συμπεριφορά*. Μετάφραση Μεσσήνης, Λ. & Αντωνιάδης, Γ. Έλλην.

Mason, R. A., Williams, D. L., Kana, R. K., Minshew, N., & Just, M. A. (2008). Theory of mind disruption and recruitment of the right hemisphere during narrative comprehension in autism. *Neuropsychologia*, *46*(1), 269–280.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.018>

Maxwell, S. E., Lau, M. Y., & Howard, G. S. (2015). Is psychology suffering from a replication crisis? What does “failure to replicate” really mean? *American Psychologist*, *70*(6), 487–498.

<https://doi.org/10.1037/a0039400>

Mazoyer, B., Zago, L., Jobard, G., Crivello, F., Joliot, M., Perchey, G., ... & Tzourio-Mazoyer, N. (2014). Gaussian mixture modeling of hemispheric lateralization for language in a large sample of healthy individuals balanced for handedness. *PloS one*, *9*(6), e101165.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101165>

Michel, G. F. (2021). Handedness development: A model for investigating the development of hemispheric specialization and interhemispheric coordination. *Symmetry*, *13*(6), 992.

<https://doi.org/10.3390/sym13060992>

Milenković, S., Brkić, M., & Belojević, G. (2013). Left-handedness and neurotic disturbances in adult urban population. *Srpski Arhiv Za Celokupno Lekarstvo*, *141*(11–12), 785–788.

<https://doi.org/10.2298/SARH1312785M>

Milenkovic, S., & Dragovic, M. (2013). Modification of the Edinburgh Handedness Inventory: A replication study. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *18*(3), 340–348.

<https://doi.org/10.1080/1357650X.2012.683196>

Murdaugh, D. L., Deshpande, H. D., & Kana, R. K. (2016). The impact of reading intervention on brain responses underlying language in children with autism. *Autism Research*, *9*(1), 141–154.

<https://doi.org/10.1002/aur.1503>

Nalcaci, E., Kalaycioğlu, C., Çiçek, M., & Genç, Y. (2001). The relationship between handedness and fine motor performance. *Cortex*, 37(4), 493-500.

[https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70589-6](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70589-6)

Nelson, E. L. (2022). Insights Into Human and Nonhuman Primate Handedness From Measuring Both Hands. *Current Directions in Psychological Science*, 31(2), 154-161.

<https://doi.org/10.1177/096372142111062876>

Nelson, W. J. (2003). Adaptation of core mechanisms to generate cell polarity. *Nature*, 422(6933), 766-774.

<https://doi.org/10.1038/nature01602>

Nenert, R., Allendorfer, J. B., Martin, A. M., Banks, C., Vannest, J., Holland, S. K., & Szaflarski, J. P. (2017). Age-related language lateralization assessed by fMRI: The effects of sex and handedness. *Brain research*, 1674, 20-35.

<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2017.08.021>

Newman, S., Malaia, E., & Seo, R. (2014). Does degree of handedness in a group of right-handed individuals affect language comprehension?. *Brain and cognition*, 86, 98-103.

<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.02.002>

Nicholls, M. E., Chapman, H. L., Loetscher, T., & Grimshaw, G. M. (2010). The relationship between hand preference, hand performance, and general cognitive ability. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16(4), 585-592.

doi:10.1017/S1355617710000184

Norrelgen, F., Lilja, A., Ingvar, M., Gisselgård, J., & Fransson, P. (2012). Language lateralization in children aged 10 to 11 years: a combined fMRI and dichotic listening study. *Plos one*, 7(12), e51872.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051872>

- Nosek, B. A., & Errington, T. M. (2020). What is replication?. *PLoS biology*, *18*(3), e3000691.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000691>
- Ocklenburg, S., Beste, C., Arning, L., Peterburs, J., & Güntürkün, O. (2014). The ontogenesis of language lateralization and its relation to handedness. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *43*, 191-198.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.04.008>
- Ocklenburg, S., Güntürkün, O., Hugdahl, K., & Hirnstein, M. (2015). Laterality and mental disorders in the postgenomic age—A closer look at schizophrenia and language lateralization. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *59*, 100-110.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.08.019>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*, 97-113.
[http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Papadatou-Pastou, M. (2011). Handedness and language lateralization: Why are we right-handed and left-brained. *Hellenic Journal of Psychology*, *8*, 248-265.
- Παπαδάτου-Παστού, Μ., Κουφάκη, Α., Ράντου, Ν. Μ., & Τόμπρου, Δ. Μ. (2013). Λειτουργικός Διακρανιακός Υπέρηχος Doppler: Αρχές λειτουργίας και εφαρμογές στη μελέτη της ημισφαιρικής επικράτησης της γλώσσας. *Hellenic Journal of Psychology*, *10*, 61-77.
- Papadatou-Pastou, M., Martin, M., Munafò, M. R., & Jones, G. V. (2008). Sex differences in left-handedness: a meta-analysis of 144 studies. *Psychological bulletin*, *134*(5), 677.
<https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0012814>
- Papadatou-Pastou, M., Martin, M., & Munafò, M. R. (2013). Measuring hand preference : A comparison among different response formats using selected sample. *Laterality, iFirst*, 1-40.
<https://doi.org/10.1080/1357650X.2011.628794>

- Papadatou-Pastou, M., Ntolka, E., Schmitz, J., Martin, M., Munafò, M. R., Ocklenburg, S., & Paracchini, S. (2020). Human handedness: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *146*(6), 481
<https://doi.org/10.1037/bul0000229>
- Papadatou-Pastou, M., & Sáfár, A. (2016). Handedness prevalence in the deaf: Meta-analyses. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *60*, 98-114.<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.11.013>
- Papadatou-Pastou, M., Sampanis, P., Koumzis, I., Stefanopoulou, S., Sousani, D., Tsigkou, A., & Badcock, N. A. (2022). Cerebral laterality of writing in right-and left-handers: A functional transcranial Doppler ultrasound study. *European Journal of Neuroscience*, *56*(2), 3921-3937.
<https://doi.org/10.1111/ejn.15723>
- Papadatou-Pastou, M., & Tomprou, D. M. (2015). Intelligence and handedness: Meta-analyses of studies on intellectually disabled, typically developing, and gifted individuals. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *56*, 151-165.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.06.017>
- Papadopoulou, A. K., Vlachos, F., & Papadatou-Pastou, M. (2022). Cerebral lateralization of language in children at risk for dyslexia: A review of neuroscientific evidence. *Dialogues in Clinical Neuroscience & Mental Health*, *5*(2), 89-97.
<https://doi.org/10.26386/obrela.v5i2.228>
- Parker, A. J., Woodhead, Z. V., Carey, D. P., Groen, M. A., Gutierrez-Sigut, E., Hodgson, J., ... & Bishop, D. V. (2022). Inconsistent language lateralisation—testing the dissociable language laterality hypothesis using behaviour and lateralised cerebral blood flow. *Cortex*, *154*, 105-134.
<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2022.05.013>

- Payne, H., Gutierrez-Sigut, E., Woll, B., & MacSweeney, M. (2019). Cerebral lateralisation during signed and spoken language production in children born deaf. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 36, 100619.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2019.100619>
- Pearson, A., & Hodgetts, S. (2020). Can cerebral lateralisation explain heterogeneity in language and increased non-right handedness in autism? A literature review. *Research in Developmental Disabilities*, 105, 103738.
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103738>
- Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195–203.
<https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>
- Pelletier, I., Sauerwein, H., Lepore, F., Saint-Amour, D. & Lassonde, M. (2007). Non-invasive alternatives to the Wada test in the presurgical evaluation of language and memory functions in epilepsy patients. *Epileptic Disorders*, 9, 111-126.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.yebeh.2007.10.008>
- Peters, M., & Durdin, B. (1979). Left-handers and right-handers compared on a motor task. *Journal of Motor Behavior*, 11(2), 103-111.
<https://doi.org/10.1080/00222895.1979.10735178>
- Petit, S., Badcock, N. A., & Woolgar, A. (2020). Finding hidden treasures: a childfriendly neural test of task-following in individuals using functional transcranial Doppler ultrasound. *Neuropsychologia*, 107515.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107515>

- Pila-Nemutandani, R., Pillay, B., & Meyer, A. (2018). Lateralization in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *African Journal for Physical Activity and Health Sciences (AJPHEs)*, 24(3), 299-315.
<https://hdl.handle.net/10520/EJC-10ee1cd01f>
- Pobric, G., Mashal, N., Faust, M., & Lavidor, M. (2008). The role of the right cerebral hemisphere in processing novel metaphoric expressions: a transcranial magnetic stimulation study. *Journal of cognitive neuroscience*, 20(1), 170-181.
<https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20005>
- Porac, C., & Coren, S. (1981). *Lateral preferences and human behavior* (pp. 181-191). Springer-Verlag.
- 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, 816–847.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.062>
- Prichard, E. C., Christman, S. D., & Walters, J. (2020). The pen is not always mightier: Different ways of measuring handedness with the Edinburgh handedness inventory yield different handedness conclusions. *Perceptual and Motor Skills*, 127(5), 789-802.
<https://doi.org/10.1177/0031512520927562>
- Pujol, J., Deus, J., Losilla, J. M., & Capdevila, A. (1999). Cerebral lateralization of language in normal left-handed people studied by functional MRI. *Neurology*, 52, 1038–1043.
<https://doi.org/10.1212/WNL.52.5.1038>
- Reinhardt, V. P., Iosif, A. M., Libero, L., Heath, B., Rogers, S. J., Ferrer, E., ... & Solomon, M. (2020). Understanding hippocampal development in young children with autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 59(9), 1069-1079.
<https://doi.org/10.1016/j.jaac.2019.08.008>

- Riès, S. K., Dronkers, N. F., & Knight, R. T. (2016). Choosing words: left hemisphere, right hemisphere, or both? Perspective on the lateralization of word retrieval. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1369(1), 111-131.
<https://doi.org/10.1111/nyas.12993>
- Rigal, R. A. (1992). Which handedness: preference or performance? *Perceptual and Motor Skills*, 75, 851-866.
<https://doi.org/10.2466/pms.1992.75.3.851>
- Rogers, L. J. (2021). Brain lateralization and cognitive capacity. *Animals*, 11(7), 1996.
<https://doi.org/10.3390/ani11071996>
- Rubens, A. B., Mahowald, M. W., & Hutton, J. T. (1976). Asymmetry of the lateral (sylvian) fissures in man. *Neurology*, 26(7), 620-620.
<https://doi.org/10.1212/WNL.26.7.620>
- Rossion, B., & Lochy, A. (2021). Is human face recognition lateralized to the right hemisphere due to neural competition with left-lateralized visual word recognition? A critical review. *Brain Structure and Function*, 1-31.
<https://doi.org/10.1007/s00429-021-02370-0>
- Rysstad, A. L., & Pedersen, A. V. (2016). Brief Report: Non-right-Handedness within the autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 46, 1110-1117.
<https://doi.org/10.1007/s10803-015-2631-2>
- Scharoun, SM. & Bryden, PJ. (2014). Hand preference, performance abilities, and hand selection in children. *Frontiers Psychology*, 82(5), 1-15.
<http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00082>
- Scharoun, S. M., & Bryden, P. J. (2015). Is strength of handedness reliable over repeated testing? An examination of typical development and autism spectrum disorder. *Frontiers in Psychology*, 6, 17.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00017>

Schneps, M. H., Thomson, J. M., Chen, C., Sonnert, G., & Pomplun, M. (2013). E-readers are more effective than paper for some with dyslexia. *PloS one*, 8(9), e75634.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075634>

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>

Sequeira, S. D. S., Woerner, W., Walter, C., Kreuder, F., Lueken, U., Westerhausen, R., ... & Wittling, W. (2006). Handedness, dichotic-listening ear advantage, and gender effects on planum temporale asymmetry—a volumetric investigation using structural magnetic resonance imaging. *Neuropsychologia*, 44(4), 622-636.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.014>

Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Blachman, B. A., Pugh, K. R., Fulbright, R. K., Skudlarski, P., ... & Gore, J. C. (2004). Development of left occipitotemporal systems for skilled reading in children after a phonologically-based intervention. *Biological Psychiatry*, 55(9), 926-933.

<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2003.12.019>

Shmuel, A., & Maier, A. (2015). Locally measured neuronal correlates of functional MRI signals. *fMRI: From Nuclear Spins to Brain Functions*, 105-128.

https://doi.org/10.1007/978-3-031-07121-8_4

Shu, N., Liu, Y., Duan, Y., & Li, K. (2015). Hemispheric asymmetry of human brain anatomical network revealed by diffusion tensor tractography. *BioMed research international*, 2015.

<https://doi.org/10.1155/2015/908917>

- Siengthai, B., Kritz-Silverstein, D., & Barrett-Connor, E. (2008). Handedness and cognitive function in older men and women: a comparison of methods. *The journal of nutrition, health & aging*, *12*(9), 641-647.
<https://doi.org/10.1007/BF03008275>
- Simões, E. N., Carvalho, A. L. N., & Schmidt, S. L. (2017). What does handedness reveal about ADHD? An analysis based on CPT performance. *Research in Developmental Disabilities*, *65*, 46-56.
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2017.04.009>
- Somers, M., Aukes, M. F., Ophoff, R. A., Boks, M. P., Flier, W., Kahn, R. S., & Sommer, I. E. (2015). On the relationship between degree of hand-preference and degree of language lateralization. *Brain and Language*, *144*, 10-15.
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2015.03.006>
- Somers, M., Neggers, S.F., Diederens, K.M., Boks, M.P., Kahn, R.S. & Sommer, I.E. (2011). The measurement of language lateralization with functional transcranial Doppler and functional MRI: A critical evaluation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *31*(5), 1-8.
<http://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00031>
- Sommer, I. E. C., Aleman, A., Bouma, A., & Kahn, R. S. (2004). Do women really have more bilateral language representation than men? A meta-analysis of functional imaging studies. *Brain*, *127*(8), 1845–1852.
<http://doi.org/10.1093/brain/awh207>
- Spironelli, C., Penolazzi, B., & Angrilli, A. (2010). Gender differences in reading in school-aged children: an early ERP study. *Developmental Neuropsychology*, *35*(4), 357–375.
<http://doi.org/10.1080/87565641.2010.480913>

Springer, J. A., Binder, J. R., Hammeke, T.A., Swanson, S.J., Frost, J.A., Bellgowan, P.S.F., Brewer, C., Perry, H.M., Morris, G.L. & Mueller, W.M. (1999). Language dominance in neurologically normal and epilepsy subjects: a functional MRI study. *Brain*, 122 (11), 2033-2046.

<http://dx.doi.org/10.1093/brain/122.11.2033>

Steenhuis, R. E., & Bryden, M. P. (1989). Different dimensions of hand preference that relate to skilled and unskilled activities. *Cortex*, 25(2), 289-304.

[https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(89\)80044-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(89)80044-9)

Stroobant, N., Buijs, D., & Vingerhoets, G. (2009). Variation in brain lateralization during various language tasks: A functional transcranial Doppler study. *Behavioural Brain Research*, 199(2), 190-196.

<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.11.040>

Stroobant, N., Van Boxtael, J., & Vingerhoets, G. (2011). Language lateralization in children: a functional transcranial Doppler reliability study. *Journal of Neurolinguistics*, 24(1), 14-24.

<https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2010.07.003>

Szaflarski, M.D., Binder, M.D., Possing, E.T., McKiernan, K.A., Ward, M.S. & Hammeke, T.A. (2002). Language lateralization in left-handed and ambidextrous people. *Neurology*, 59, 238-244.

<http://doi.org/10.1212/WNL.59.2.238>

Szaflarski, J. P., Holland, S. K., Schmithorst, V. J., & Byars, A. W. (2006). fMRI study of language lateralization in children and adults. *Human brain mapping*, 27(3), 202-212.

<https://doi.org/10.1002/hbm.20177>

Szaflarski, J. P., Rajagopal, A., Altaye, M., Byars, A. W., Jacola, L., Schmithorst, V. J., ... & Holland, S. K. (2012). Left-handedness and language lateralization in children. *Brain research*, 1433, 85-97.

<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2011.11.026>

- Tan, Y. W., Liu, L., Wang, Y. F., Li, H. M., Pan, M. R., Zhao, M. J., ... & Qian, Q. J. (2020). Alterations of cerebral perfusion and functional brain connectivity in medication-naïve male adults with attention-deficit/hyperactivity disorder. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, 26(2), 197-206.
<https://doi.org/10.1111/cns.13185>
- Tapley, S. M., & Bryden, M. P. (1985). A group test for the assessment of performance between the hands. *Neuropsychologia*, 23(2), 215-221.
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(85\)90105-8](https://doi.org/10.1016/0028-3932(85)90105-8)
- Toga, A. W., & Thompson, P. M. (2003). Mapping brain asymmetry. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(1), 37-48.
- Touwen, B. C. (1972). Laterality and dominance. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 14, 747-755.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1972.tb03318.x>
- Touwen, B. C. (1972). Laterality and dominance. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 14, 747-755.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8749.1972.tb03318.x>
- Tran, U. S., Stieger, S., & Voracek, M. (2014). Evidence for general right-, mixed-, and left-sidedness in self-reported handedness, footedness, eyedness, and earedness, and a primacy of footedness in a large-sample latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 62, 220-232.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.07.027>
- Tussis, L., Sollmann, N., Boeckh-Behrens, T., Meyer, B., & Krieg, S. M. (2016). Language function distribution in left-handers: A navigated transcranial magnetic stimulation study. *Neuropsychologia*, 82, 65-73.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.01.010>
- Vallortigara, G. (2006). The evolutionary psychology of left and right: costs and benefits of lateralization. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 48(6), 418-427.

<https://doi.org/10.1002/dev.20166>

Vallortigara, G., Chiandetti, C., & Sovrano, V. A. (2011). Brain asymmetry (animal). *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2(2), 146-157.

doi: 10.1002/wcs.100

Vernooij, M. W., Smits, M., Wielopolski, P. A., Houston, G. C., Krestin, G. P., & van der Lugt, A. (2007). Fiber density asymmetry of the arcuate fasciculus in relation to functional hemispheric language lateralization in both right- and left-handed healthy subjects: a combined fMRI and DTI study. *Neuroimage*, 35(3), 1064-1076.

<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.12.041>

Vingerhoets, G., Acke, F., Alderweireldt, A.-S., Nys, J., Vandemaele, P., & Achten, E. (2012). Cerebral Lateralization of Praxis in Right- and Left-Handedness: Same Pattern, Different Strength. *Human Brain Mapping*, 33, 763-777.

<https://doi.org/10.1002/hbm.21247>

Vlachos, F., Andreou, E., Delliou, A., & Agapitou, P. (2013). Dyslexia and hand preference in secondary school students. *Psychology & Neuroscience*, 6(1), 67-72.

doi: 10.3922/j.psns.2013.1.10

Vlachos, F., & Avramidis, E. (2020). The difference between developmental dyslexia and dysgraphia: Recent neurobiological evidence. *International Journal of Neuroscience and Behavioral Science*, 8, 1-5.

doi: 10.13189/ijnbs.2020.080101

Vlachos, F., Avramidis, E., Dedousis, G., Katsigianni, E., Ntalla, I., Giannakopoulou, M., & Chalmpe, M. (2013). Incidence and gender differences for handedness among Greek adolescents and its association with familial history and brain injury. *Research in Psychology and Behavioral Sciences*, 1(1), 6-10.

doi:10.12691/rpbs-1-1-2

- Wada, J. (1949). A new method for the determination of the side of cerebral speech dominance: a preliminary report on the intracarotid injection of sodium amytal in man. *Igaku Seibutsugaku*, *14*, 221-222.
- Wada, J., & Rasmussen, T. (1960). Intracarotid Injection of Sodium Amytal for the Lateralization of Cerebral Speech Dominance. *Journal of Neurosurgery*, *17*(2), 266-282.
<http://dx.doi.org/10.3171/jns.1960.17.2.0266>
- Warrier, C., Wong, P., Penhune, V., Zatorre, R., Parrish, T., Abrams, D., & Kraus, N. (2009). Relating structure to function: Heschl's gyrus and acoustic processing. *Journal of Neuroscience*, *29*(1), 61-69.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3489-08.2009>
- Watkins, K. E., Paus, T., Lerch, J. P., Zijdenbos, A., Collins, D. L., Neelin, P., ... & Evans, A. C. (2001). Structural asymmetries in the human brain: a voxel-based statistical analysis of 142 MRI scans. *Cerebral cortex*, *11*(9), 868-877.
<https://doi.org/10.1093/cercor/11.9.868>
- Whitehouse, A. J., & Bishop, D. V. (2008). Cerebral dominance for language function in adults with specific language impairment or autism. *Brain*, *131*(12), 3193-3200.
<https://doi.org/10.1093/brain/awn266>
- Whitehouse, A. J., & Bishop, D. V. (2009). Hemispheric division of function is the result of independent probabilistic biases. *Neuropsychologia*, *47*(8-9), 1938-1943.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.03.005>
- Wilson, A. C., & Bishop, D. V. (2018). Resounding failure to replicate links between developmental language disorder and cerebral lateralisation. *PeerJ*, *6*, e4217.
[doi:10.7717/peerj.4217](https://doi.org/10.7717/peerj.4217)
- Woodhead, Z. V. J., Thompson, P. A., Karlsson, E. M., & Bishop, D. V. M. (2021). An updated investigation of the multidimensional structure of language lateralization in left-and right-

handed adults: a test–retest functional transcranial Doppler sonography study with six language tasks. *Royal Society open science*, 8(2), 200696.

<https://doi.org/10.1098/rsos.200696>

Xu, M., Yang, J., Siok, W. T., & Tan, L. H. (2015). Atypical lateralization of phonological working memory in developmental dyslexia. *Journal of Neurolinguistics*, 33, 67-77.

<https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2014.07.004>

Yang, N., Waddington, G., Adams, R., & Han, J. (2018). Translation, cultural adaption, and test–retest reliability of Chinese versions of the Edinburgh Handedness Inventory and Waterloo Footedness Questionnaire. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 23(3), 255-273.

<https://doi.org/10.1080/1357650X.2017.1357728>

Žvan, B. (2012). Functional transcranial doppler sonography. *Periodicum biologorum*, 114(3), 313-319.

<https://hrcak.srce.hr/96731>

Παραρτήματα

Παράρτημα 2.1. Δελτίο ενημέρωσης των εθελοντών για τη συμμετοχή στη μελέτη

Παράρτημα 2.2. Δελτίο συγκατάθεσης των εθελοντών για τη συμμετοχή στη μελέτη

Παράρτημα 2.3. Ερωτηματολόγιο Κυριοχειρίας του Εδιμβούργου

Παράρτημα 2.4 Έντυπο καταγραφής των πληροφοριών της πειραματικής διαδικασίας για τον κάθε συμμετέχοντα

Παράρτημα 2.5. Κώδικας εντολών για την πραγματοποίηση των στατιστικών αναλύσεων μέσω του υπολογιστικού περιβάλλοντος της RStudio

Παράρτημα 2.1 Δελτίο ενημέρωσης των εθελοντών για τη συμμετοχή στη μελέτη



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Καποδιστριακών
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΔΕΛΤΙΟ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ

Τίτλος έρευνας: Εξερευνώντας την εγκεφαλική πλευρίωση για τη γραφή σε σχέση με την κυριοχειρία: Μελέτη με τη χρήση διακρανιακού υπέρηχου Doppler

Πρόκειται να λάβετε μέρος σε μια έρευνα σχετικά με την εγκεφαλική πλευρίωση κατά τη παραγωγή γραπτού λόγου (δηλαδή, ποιο εγκεφαλικό ημισφαίριο επικρατεί κατά τη διαδικασία της γραφής). Ακολουθούν πρόσθετες σχετικές πληροφορίες τις οποίες καλείστε να διαβάσετε προσεκτικά. Για οποιαδήποτε απορία έχετε ή επιπλέον πληροφορία που τυχόν χρειάζεστε μη διστάσετε να ρωτήσετε την ερευνήτρια.

Για τις ανάγκες της έρευνας θα χρειαστεί να παραβρεθείτε στο **Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών** για περίπου 90-120 λεπτά σε μέρα και ώρα που εσείς επιθυμείτε. Θα έχει προηγηθεί η ηλεκτρονική συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου που θα καταδείξει αν πληρείτε τις προϋποθέσεις συμμετοχής στην έρευνα. Τη μέρα της έρευνας θα κληθείτε να ολοκληρώσετε δύο δραστηριότητες που θα παράσχουν πληροφορίες για το αν είστε αριστερόχειρας ή δεξιόχειρας, θα υποβληθείτε σε ένα τεστ με τη χρήση του διακρανιακού υπέρηχου Doppler και τέλος θα δώσετε δείγματα σιέλου.

Δραστηριότητα 1^η:

Η πρώτη δραστηριότητα είναι πολύ εύκολη. Κατά τη δραστηριότητα αυτή, το μόνο που θα σας ζητηθεί είναι να σηκώσετε από το τραπέζι τις κάρτες που θα σας ζητηθούν.

Δραστηριότητα 2^η:

Η δραστηριότητα είναι απλή και ευχάριστη. Συγκεκριμένα, θα κληθείτε να μετακινήσετε κάποια πασσαλάκια από τη θέση τους και να τα τοποθετήσετε σε νέα θέση όσο πιο γρήγορα μπορείτε και με τα δύο χέρια εναλλάξ.

Διακρανικός Υπέρηχος Doppler:

Ο διακρανικός υπέρηχος Doppler είναι μια απόλυτα ασφαλής τεχνική. Λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως και τα υπόλοιπα είδη υπερηχογραφήματων (για παράδειγμα τα κοιλιακά υπερηχογραφήματα ή τα υπερηχογραφήματα σε εγκύους) συνεπώς δεν φέρει κανέναν κίνδυνο για την υγεία σας. Έχει χρησιμοποιηθεί πειραματικά και σε παιδιά 3,5 ετών. Κατά τη διάρκεια του τεστ με τη χρήση του Doppler θα σας παρουσιάζονται στην οθόνη ενός υπολογιστή γράμματα και εσείς θα πρέπει να σκεφτείτε λέξεις με αρχικό το γράμμα που σας έχει παρουσιαστεί και να καταγράψετε όσες λέξεις μπορούσατε να σκεφτείτε εντός, φυσικά, του χρονικού περιθωρίου που σας δίνεται.

Προϋποθέσεις για τη συμμετοχή στην έρευνα:

Οι συμμετέχοντες της συγκεκριμένης έρευνας θα πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις. Αρχικά, θα πρέπει να έχουν μητρική γλώσσα την ελληνική, να μην πάσχουν από νευρολογικά προβλήματα (π.χ., επιληψία, μηνιγγίτιδα, εγκεφαλίτιδα, σκλήρυνση κατά πλάκας, ιστορικό εγκεφαλικού), να μην έχουν υποστεί στο παρελθόν ισχυρό τραύμα στο κεφάλι, να έχουν κανονική ή διορθωμένη όραση, να μην πάσχουν από πάθηση που παρεμποδίζει τη λειτουργία των χεριών και να μην είναι χρήστες ναρκωτικών ή να κάνουν κατάχρηση αλκοόλ.

Δελτίο Συγκατάθεσης:

Πριν τη συμμετοχή σας στην έρευνα και αφού έχετε πληροφορηθεί πλήρως θα πρέπει να υπογράψετε το έντυπο της συγκατάθεσης με το οποίο δηλώνετε ότι δέχεστε να συμμετέχετε στην έρευνα. Η υπογραφή του δελτίου δεν σας υποχρεώνει να ολοκληρώσετε τη συμμετοχή σας στην έρευνα, από την οποία μπορείτε να αποχωρίσετε οποιαδήποτε στιγμή, χωρίς να εξηγήσετε το λόγο της αποχώρησής σας.

Εμπιστευτικότητα:

Κατά τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων, θα τηρηθεί αυστηρά η ανωνυμία των συμμετεχόντων με την ψευδωνυμοποίηση όλων των προσωπικών τους δεδομένων (με τη χρήση κωδικών αντί για ονομάτων). Σας επισημαίνουμε ότι όλα τα στοιχεία που θα συλλεχθούν θεωρούνται προσωπικά δεδομένα και θα τηρηθεί η κείμενη νομοθεσία περί προσωπικών δεδομένων (GDPR). Τα δεδομένα φυλάσσονται τόσο σε ασφαλές σύστημα cloud (Google Drive) καθώς και σε φυσικό αρχείο στον χώρο εργασίας της ερευνητικής ομάδας. Πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα θα έχει μόνο η υπεύθυνη ερευνήτρια και η ερευνητική της ομάδα, όλα τα μέλη της οποίας δεσμεύονται από την αρχή της εμπιστευτικότητας.

Αν έχετε επιπλέον ερωτήσεις σχετικά με την έρευνα, μπορείτε να επικοινωνήσετε με την υπεύθυνη ερευνήτρια **Μαριέττα Παπαδάτου-Παστού** στο mail:

mpapadatou@primedu.uoa.gr ή με την υποψήφια διδάκτορα **Νάντια Παπαδοπούλου** στο mail: npapadop@bioacademy.gr .

Παράρτημα 2.2. Δελτίο συγκατάθεσης των εθελοντών για τη συμμετοχή στη μελέτη



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΔΕΛΤΙΟ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ

ΤΙΤΛΟΣ: Εξερευνώντας την εγκεφαλική πλευρίωση για τη γραφή σε σχέση με την κυριοχειρία: Μελέτη με τη χρήση διακρανιακού υπέρηχου Doppler

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΕΡΕΥΝΗΤΡΙΑ: Δρ. Μαριέττα Παπαδάτου-Παστού
(mpapadatou@primedu.uoa.gr)

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ: Η έρευνα αποσκοπεί στη μελέτη της πλευρίωσης του εγκεφάλου κατά την παραγωγή γραπτού λόγου. Για την αξιολόγηση της πλευρίωσης θα χρησιμοποιηθούν ένα ερωτηματολόγιο, δύο πρακτικά τεστ και μία μέτρηση με τη χρήση του διακρανιακού υπέρηχου Doppler.

Η υπογραφή του παρόντος δελτίου δεν σας υποχρεώνει να ολοκληρώσετε τη συμμετοχή σας στην έρευνα, από την οποία μπορείτε να αποχωρίσετε οποιαδήποτε στιγμή, χωρίς να εξηγήσετε το λόγο της αποχώρησής σας και χωρίς οποιεσδήποτε συνέπειες. Κατά τη διαδικασία συλλογής των δεδομένων, θα τηρηθεί αυστηρά η κείμενη νομοθεσία περί προσωπικών δεδομένων.

Έχετε ενημερωθεί για τους σκοπούς της έρευνας τόσο προφορικά όσο και γραπτώς από το σχετικό έντυπο με τίτλο «Δελτίο Ενημέρωσης»; Ναι/Όχι

Είχατε την ευκαιρία να κάνετε ερωτήσεις και να συζητήσετε όποιες απορίες ενδεχομένως να είχατε σχετικά με την έρευνα;
Ναι/Όχι

Έχετε λάβει ικανοποιητικές απαντήσεις στις ερωτήσεις σας; Ναι/Όχι

Έχετε λάβει αρκετές πληροφορίες για την έρευνα; Ναι/Όχι

Συμφωνείτε στη συλλογή προσωπικών σας δεδομένων μέσα από το ερωτηματολόγιο, τα πρακτικά τεστ και τη μέτρηση του διακρανιακού υπέρηχου Doppler;

Ναι/Όχι

Καταλαβαίνετε ότι μπορείτε να αποχωρήσετε από την έρευνα

- οποιαδήποτε στιγμή;
- χωρίς να εξηγήσετε τους λόγους της αποχώρησής σας;

Ναι/Όχι

Στην περίπτωση κατά την οποία θεωρήσω ή αντιληφθώ σε οποιοδήποτε στάδιο της έρευνας, ότι παραβιάζεται κάποιο από τα δικαιώματά μου αναφορικά με την προστασία των προσωπικών μου δεδομένων, έχω το δικαίωμα να προσφύγω στην Αρχή Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων (Α.Π.Δ.Π.Χ.), Λεωφόρο Κηφισιάς 1-3, Τ.Κ. 11523, Αθήνα, τηλ. 2106475600, Fax. 2106475628, Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο: contact@dpa.gr και να ασκήσω τα δικαιώματά μου καθώς και στον Υπεύθυνο Προστασίας Δεδομένων του ΙΙΒΕΑΑ (DPO) στο e-mail dpo@bioacademy.gr.

Γνωρίζω πως μπορώ εφόσον το επιθυμώ, να έχω πρόσβαση στις πληροφορίες που με αφορούν και έχω το δικαίωμα να ζητήσω τη διόρθωση των πληροφοριών αυτών. Τα δεδομένα μου που θα συλλεχθούν, μετά το τέλος της μελέτης μπορούν να δημοσιευθούν μονάχα εντελώς ανώνυμα.

Τέλος, η υπεύθυνη ερευνήτρια της μελέτης με έχει διαβεβαιώσει, ότι τα αποτελέσματα που θα προκύψουν θα αφορούν αποκλειστικά την συγκεκριμένη μελέτη και σε καμία περίπτωση δεν θα εξυπηρετήσουν άλλη έρευνα ή πείραμα,

Συμφωνείτε με τη συμμετοχή σας σε αυτήν την έρευνα;

Ναι/Όχι

Υπογραφή.....

Ημερομηνία.....

Όνομα

με

κεφαλαία

.....

Ο/η ερευνητής/τρια:

Υπογραφή.....

Ημερομηνία.....

Όνομα

με

κεφαλαία

.....

Παράρτημα 2.3 Ερωτηματολόγιο Κυριοχειρίας του Εδιμβούργου

Κωδικός συμμετέχοντα: (Θα συμπληρωθεί από την ερευνητική ομάδα)

Ημερομηνία αποστολής απαντημένου ερωτηματολογίου:

Παρακαλώ, διάβασε προσεκτικά τις οδηγίες και χρησιμοποίησε όσο χρόνο χρειάζεσαι για να απαντήσεις το ερωτηματολόγιο.

Απάντησε σημειώνοντας V στο κατάλληλο κουτάκι, ανάλογα με το ποιο χέρι χρησιμοποιείς για κάθε δραστηριότητα.

Ποιο χέρι χρησιμοποιείς:	Πάντα το αριστερό	Συνήθως το αριστερό	Και τα δύο	Συνήθως το δεξί	Πάντα το δεξί
Για το γράψιμο;					
Για τη ζωγραφική;					
Για το πέταγμα μίας πέτρας;					
Για να κόψεις κάτι με το ψαλίδι;					
Για την οδοντόβουρτσα;					
Για το κράτημα του μαχαιριού για να κόψεις κρέας;					
Για το κουτάλι;					
Για τη σκούπα (πάνω χέρι);					
Για το άναμμα ενός σπέρτου;					
Για το άνοιγμα ενός κουτιού (καπάκι);					
Με ποιο πόδι θα					

κλωτσήσεις μία μπάλα;					
Με ποιο μάτι θα κοιτάξεις (αν πρέπει να χρησιμοποιήσεις μόνο το ένα);					

Πριν απαντήσεις φαντάσου τον εαυτό σου να εκτελεί κάθε δραστηριότητα και μετά σημείωσε την κατάλληλη απάντηση.



Ευχαριστώ πολύ!

Παράρτημα 2.4. Έντυπο καταγραφής των πληροφοριών της πειραματικής διαδικασίας για τον κάθε συμμετέχοντα

Κωδικός συμμετέχοντα:

Ημερομηνία τελευταίας περιόδου:

Ημερομηνία εξέτασης:

Χρήση αντισυλληπτικών χαπιών:

Ώρα έναρξης εξέτασης:

Ημερομηνία γέννησης:

1. Ενημέρωση

2. Φόρμα συγκατάθεσης

3. Θέση γραφής:

Δεξί / Δεξί ανεστραμμένο/Αριστερό/Αριστερό ανεστραμμένο
Χέρι για το χειρισμό ποντικιού:

4. Doppler version (Α' μέρος):

5. Quantification of Hand Preference test

«Τώρα θα ήθελα να σταθείς όρθιος/α πίσω από αυτό το κουτί με τα χέρια στο πλάι, να σηκώσεις μία μία τις κάρτες που σου ζητάω με το ένα χέρι και να τις τοποθετείς στο κουτί που βρίσκεται μπροστά σου, στον δικό σου χρόνο. Παρακαλώ, τοποθέτησε στο κουτί μπροστά σου την κάρτα:

3b ___ 6b ___ 10r ___ 8b ___ 4 b ___ 2b ___ 5b ___ 5r ___ 6r ___ 8r ___ 2r ___ 10b ___ 3b ___ 7b ___
8b ___ 7r ___ 10r ___ 2b ___ 9r ___ 6r ___ 5b ___”

6. Pegboard

«Η επόμενη δοκιμασία περιλαμβάνει το να μετακινήσεις τα ξυλάκια από την πάνω σειρά στην κάτω σειρά, με αυτόν τον τρόπο, όσο πιο γρήγορα μπορείς. Δεν έχει σημασία αν σου πέσει ένα ξυλάκι. Θα ξεκινήσουμε από την αρχή. Η ιδέα είναι να το κάνεις όσο πιο γρήγορα μπορείς, χρησιμοποιώντας εναλλάξ τα δύο χέρια. Μην μιλάς ενόσω μετακινείς τα ξυλάκια, γιατί αυτό σε καθυστερεί. Με το δεξί χέρι πήγαινε από δεξιά προς τα αριστερά και με το αριστερό από αριστερά προς δεξιά. Τρεις φορές με το δεξί και 3 με το αριστερό. Θέλεις να δοκιμάσεις να εξασκηθείς;»

1 ^η επανάληψη (δεξί χέρι)	_____
2 ^η επανάληψη (αριστερό χέρι)	_____
3 ^η επανάληψη (δεξί χέρι)	_____
4 ^η επανάληψη (αριστερό χέρι)	_____
5 ^η επανάληψη (δεξί χέρι)	_____
6 ^η επανάληψη (αριστερό χέρι)	_____

7. Doppler version (Β' Μέρος):

8. Αποενημέρωση

Παράρτημα 2.5. Κώδικας εντολών για την πραγματοποίηση των στατιστικών αναλύσεων μέσω του υπολογιστικού περιβάλλοντος της RStudio

```

library(readxl)
chioniafinal <- read_excel("chioniafinal.xlsx")
chionia_only_numeric <- read_excel("chionia_only_numeric.xlsx")
summary(chioniafinal)
summary(chionia_only_numeric)

library(mvnormttest)
library(ggplot2)
mvnorm.etest(chionia_only_numeric,R=100)

boxplot(chioniafinal$ORAL~chioniafinal$hand,xlab = "Κυριοχειρία",ylab = "Δείκτης Πλευρίωσης",
border="black",frame.plot = TRUE,staplewex = 1,whisklty = 1,boxfill="orange",boxcol="blue")

mydata.cor = cor(chionia_only_numeric, method = c("pearson"))
mydata.cor
install.packages("Hmisc")
library("Hmisc")
mydata.rcorr1 = rcorr(as.matrix(chionia_only_numeric))
mydata.rcorr1
mydata.coeff = mydata.rcorr$r
mydata.p = mydata.rcorr$p
install.packages("corrplot")
library(corrplot)
corrplot(mydata.cor)

reg2=lm(chionia$ORAL~chioniafinal$EHI+chioniafinal$hand,data=chioniafinal)
anova(reg2)
one.way <- aov(chioniafinal$ORAL~chioniafinal$hand,data = chioniafinal)
summary(one.way)

library("lsr")
etaSquared(one.way)
newdata=abs(chionia_only_numeric)
mydata.rcorr1 = rcorr(as.matrix(newdata))
mydata.rcorr1
mydata.coeff = mydata.rcorr$r

```