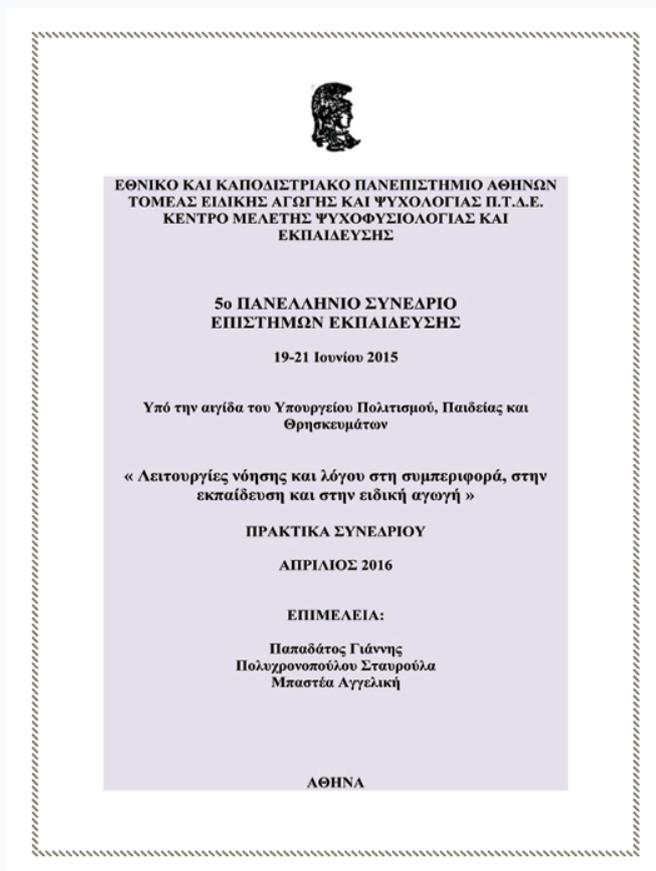


## Panhellenic Conference of Educational Sciences

Vol 2015, No 2 (2015)

5th Conference Proceedings



### Εγκεφαλική πλευρίωση κατά την παραγωγή γραπτού λόγου

*Δάφνη Σταθοπούλου, Δανάη Κονδύλη, Μαριέττα Παπαδάτου - Παστού*

doi: [10.12681/edusc.349](https://doi.org/10.12681/edusc.349)

#### To cite this article:

Σταθοπούλου Δ., Κονδύλη Δ., & Παπαδάτου - Παστού Μ. (2016). Εγκεφαλική πλευρίωση κατά την παραγωγή γραπτού λόγου. *Panhellenic Conference of Educational Sciences*, 2015(2), 1354-1364.

<https://doi.org/10.12681/edusc.349>

## Εγκεφαλική πλευρίωση κατά την παραγωγή γραπτού λόγου

Σταθοπούλου, Δάφνη  
Μεταπτυχιακή φοιτήτρια Ειδικής Αγωγής, Π.Τ.Δ.Ε, Ε.Κ.Π.Α  
dafstat@yahoo.gr

Κονδύλη, Δανάη  
Μεταπτυχιακή φοιτήτρια Ειδικής Αγωγής, Π.Τ.Δ.Ε, Ε.Κ.Π.Α  
ddanaik@gmail.com

Δρ. Παπαδάτου-Παστού, Μαριέττα  
Επιστημονική Συνεργάτις  
Κέντρο Μελέτης Ψυχοφυσιολογίας και Εκπαίδευσης, Π.Τ.Δ.Ε, Ε.Κ.Π.Α  
marietta.papadatou@gmail.com

### Περίληψη

*Εισαγωγή:* Πλήθος ερευνών έχουν πραγματοποιηθεί γύρω από το ζήτημα της γλωσσικής πλευρίωσης του εγκεφάλου. Παρόλα αυτά, περιορισμένη είναι η βιβλιογραφία αναφορικά με την ημισφαιρική επικράτηση κατά τη διαδικασία της γραφής. Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, γίνεται, για πρώτη φορά, χρήση του διακρανιακού υπερήχου Doppler για την αξιολόγηση της εγκεφαλικής πλευρίωσης κατά την παραγωγή γραπτού λόγου.

*Σκοπός:* Σκοπός της παρούσας μελέτης αποτελεί η διερεύνηση της ημισφαιρικής επικράτησης κατά την παραγωγή γραπτού λόγου σε σύγκριση με τη σιωπηρή παραγωγή λόγου με τη χρήση του λειτουργικού διακρανιακού υπερήχου Doppler. Μελετάται, επίσης, η πιθανή ύπαρξη διαφορών ως προς την επικράτηση αυτή ανάμεσα τόσο σε δεξιόχειρες και αριστερόχειρες, όσο και σε άνδρες και γυναίκες.

*Ευρήματα:* Αρχικά ευρήματα από 46 συμμετέχοντες, 22 άντρες (9 αριστερόχειρες) καθώς και 24 γυναίκες (10 αριστερόχειρες), δείχνουν ότι στους αριστερόχειρες, κατά τη γλωσσική παραγωγή, παρατηρείται είτε μια περισσότερο συμμετρική επικράτηση είτε ακόμη και επικράτηση του δεξιού ημισφαιρίου σε σύγκριση με τους δεξιόχειρες, όπου παρατηρείται αριστερή επικράτηση, και ότι η διαφορά αυτή είναι μεγαλύτερη κατά την παραγωγή γραπτού λόγου. Επίσης, δεν παρατηρείται καμία διαφορά μεταξύ των δύο φύλων ως προς τη γλωσσική πλευρίωση.

*Συμπεράσματα:* Οι γνωστές από τη βιβλιογραφία διαφορές ανάμεσα σε δεξιόχειρες και αριστερόχειρες ως προς την ημισφαιρική επικράτηση στη γλώσσα γίνονται ακόμα εντονότερες κατά την παραγωγή γραπτού λόγου. Το εύρημα αυτό πιθανόν οφείλεται στη συμμετοχή και κινητικών, εκτός των γλωσσικών, περιοχών του εγκεφάλου κατά τη διαδικασία της γραφής.

**Λέξεις-Κλειδιά:** εγκεφαλική πλευρίωση, γραφή, ημισφαιρική επικράτηση, προτίμηση χεριού, αριστεροχειρία, διαφυλικές διαφορές, λειτουργικός διακρανιακός υπέρηχος Doppler

### Abstract

*Introduction:* A great number of studies have investigated the cerebral lateralization of language. However, there are limited data concerning hemispheric dominance during writing. In the present study functional transcranial Doppler ultrasonography was used for the first time in order to assess cerebral lateralization of language during written language production.

*Aim:* The purpose of this study is to investigate possible differences in cerebral lateralization between written and silent word generation. An additional goal was to explore possible interactions of language generation under these two conditions (writing and silent generation) with sex and handedness.

*Results:* Initial findings from 46 participants, 22 men (9 left-handers) and 24 women (10 left-handers), show that there is a more bilateral activation during language production in left-handers in comparison with the clear dominance of the left hemisphere in right-handers, a difference which is stronger for written word generation. No sex differences we found in the cerebral lateralization of language.

*Conclusions:* Findings suggest that the known differences in cerebral lateralization for language between right and left-handers, are stronger during written language production. A possible explanation is the activation of motor areas of the brain, in addition to language areas, during writing.

**Keywords:** cerebral lateralization, writing, hemispheric dominance, handedness, sex differences, functional transcranial Doppler ultrasound

### **Εισαγωγή**

Η γραφή είναι μια αποκλειστικά ανθρώπινη λειτουργία και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας στις δυτικές κοινωνίες. Πολλά από τα δεδομένα που διαθέτουμε σχετικά με το εγκεφαλικό υπόβαθρο του γραπτού λόγου προέρχονται από έρευνες στις οποίες συμμετείχαν άτομα με εγκεφαλικές βλάβες που σχετίζονταν με την εμφάνιση προβλημάτων στην παραγωγή του γραπτού λόγου (Menon & Desmond, 2001). Ωστόσο, τα τελευταία περίπου 15 χρόνια έχει αναπτυχθεί ένα σώμα ερευνών που εξετάζει το ζήτημα του νευρωνικού υποβάθρου του γραπτού λόγου σε δείγματα νευρολογικά υγείων ατόμων. Ελλιπή, όμως, παραμένουν τα έως σήμερα δεδομένα αναφορικά με το εγκεφαλικό υπόβαθρο του γραπτού λόγου εν συγκρίσει με τον προφορικό.

Με τη χρήση λειτουργικής τομογραφίας μαγνητικού συντονισμού, έχει καταγραφεί ως ιδιαίτερος σημαντική η συμβολή του αριστερού ημισφαιρίου στην παραγωγή γραπτού λόγου. Πιο συγκεκριμένα, σε έρευνα των Beeson, Rapcsak, Plante και Chargualaf (2003) βρέθηκε ότι οι κεντρικές ή γλωσσολογικές πτυχές του γραπτού λόγου εντοπίζονται στην περιοχή του αριστερού κατώτερου οπίσθιου βρεγματικού λοβού, ενώ περιοχές του μετωπιαίου λοβού φάνηκε να συνδέονται με τη λεξιλογική και φωνολογική επεξεργασία του γραπτού λόγου. Επίσης, η ίδια έρευνα κατέδειξε τη σημαντική συμβολή περιοχών του αριστερού ημισφαιρίου, όπως η ενδοβρεγματική αύλακα, το ανώτερο βρεγματικό λοβίο, ο ραχαιοπλευρικός και κεντρικός προκινητικός φλοιός και η αισθησιοκινητική περιοχή για το χέρι, όσον αφορά στις περιφερειακές ή κινητικές πτυχές της γραφής. Η σημαντική ενεργοποίηση του αριστερού βρεγματικού λοβού, κατά την εκτέλεση δραστηριοτήτων παραγωγής γραπτού λόγου, φάνηκε και σε έρευνα των Menon και Desmond (2001). Σε αυτήν παρατηρήθηκε η ενεργοποίηση σημαντικών συστάδων νευρώνων στον ανώτερο βρεγματικό λοβό και στον κατώτερο βρεγματικό φλοιό. Επιπροσθέτως, εντοπίστηκε ενεργοποίηση του αριστερού προκινητικού φλοιού, του αισθησιοκινητικού φλοιού και κινητικών περιοχών.

Οι Horovitz, Gallea, Najee-Ullah και Hallett (2013) βρήκαν ότι κατά τη γραφή με το επικρατές δεξί χέρι ενεργοποιούνται περιοχές του αριστερού προκινητικού φλοιού, το αριστερό οπίσθιο κέλυφος, ο αριστερός ανώτερος και κατώτερος βρεγματικός φλοιός,

καθώς και η δεξιά παρεγκεφαλίδα. Σημαντικό είναι το εύρημα της συγκεκριμένης έρευνας το οποίο καταδεικνύει ότι η επιδέξια, καλά μαθημένη διαδικασία της γραφής με το επικρατές χέρι συνδέεται με την ενεργοποίηση ενός ευρύτερου νευρωνικού δικτύου σε σχέση με τη γραφή με οποιοδήποτε άλλο άκρο. Σύμφωνα με άλλη έρευνα, βρέθηκε ότι η σημαντικότερη εγκεφαλική περιοχή που σχετίζεται με την παραγωγή γραπτού λόγου είναι το ρυγχοειδές μέρος του άνω βρεγματικού λοβού στο γλωσσικά επικρατές, αριστερό ημισφαίριο. Η θέση της συγκεκριμένης περιοχής, στην οποία εδράζεται υψηλού επιπέδου κινητικός έλεγχος, είναι ιδανική για αλληλεπίδραση με διάφορες γλωσσικές και κινητικές περιοχές του εγκεφάλου κατά τη γραφή (Segal & Petrides, 2012). Ακόμη, κατά τη γραφή με το χέρι επίσης φαίνεται να ενεργοποιούνται σημαντικά η αριστερή ανώτερη βρεγματική αύλακα (SFS), η αριστερή μέση μετωπική έλικα (MFG), η αριστερή ενδοβρεγματική αύλακα (IPS), καθώς και η αριστερή ανώτερη βρεγματική περιοχή (Planton, Jucla, Roux, & Demonet, 2013).

Όσον αφορά στη γραφή γραμμάτων, οι Duffor και Rapp (2013) προσπάθησαν να εντοπίσουν τις εγκεφαλικές περιοχές που συνδέονται αποκλειστικά με αυτή. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά τους, οι περιοχές που περισσότερο ενεργοποιούνται κατά τη γραφή γραμμάτων είναι η αριστερή ατρακτοειδής έλικα, η αριστερή ανώτερη μετωπιαία έλικα, η αριστερή πρόσθια και οπίσθια κεντρική έλικα, η αριστερή ανώτερη μετωπιαία αύλακα, η αριστερή μέση μετωπιαία έλικα, ο αριστερός κατώτερος βρεγματικός λοβός και η δεξιά παρεγκεφαλίδα. Επιπροσθέτως, σε μία σύγκριση ανάμεσα στη γραφή γραμμάτων και τη γραφή αριθμητικών ψηφίων, φάνηκε ότι οι βασικές εγκεφαλικές περιοχές των οποίων η ενεργοποίηση διαφοροποιείται μεταξύ των δύο δοκιμασιών (Longcamp et al., 2014) είναι η αριστερή ανώτερη πρόσθια κεντρική έλικα, ο μέσος μετωπιαίος φλοιός και ο αριστερός ραχιαίος προκινητικός φλοιός. Η ενεργοποίηση αυτή είναι εντονότερη κατά τη γραφή γραμμάτων, αλλά δε συνδέεται αποκλειστικά με αυτή, καθώς παρατηρείται, αν και μειωμένη, και στη γραφή αριθμητικών ψηφίων. Πάντως, ειδικά η περιοχή του προκινητικού φλοιού αποτελεί έναν θεμελιώδη εγκεφαλικό κόμβο που συμβάλει στη παραγωγή γραπτού λόγου.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της έρευνας των Rector, Rektorova, Mikl, Brazdil και Krupa (2006), με δείγμα δέκα δεξιόχειρες υγιείς ενήλικες, σύμφωνα με τα οποία κατά τη διαδικασία της γραφής ενεργοποιούνται εκτός των άλλων και τα οπίσθια τμήματα του δεξιού ημισφαιρίου. Μια πιθανή εξήγηση που δίνεται από τους συγκεκριμένους ερευνητές, έγκειται στο γεγονός ότι το δεξί ημισφαίριο είναι κυρίαρχο για δραστηριότητες που απαιτούν χειρισμό στο χώρο. Πιθανόν, λοιπόν, η ενεργοποίηση της συγκεκριμένης περιοχής να συνδέεται με την χωρική διάσταση της γραφής.

Όλες οι παραπάνω έρευνες έχουν μελετήσει την εγκεφαλική ενεργοποίηση κατά την παραγωγή γραπτού λόγου με τη χρήση του επικρατούς δεξιού χεριού. Αν και δεν έχουν γίνει αντίστοιχες έρευνες σε δείγμα αριστερόχειρων, υπάρχουν ορισμένες έρευνες με δεξιόχειρες, οι οποίοι καλούνταν να χρησιμοποιήσουν το αριστερό τους χέρι για να γράψουν. Σε μία από αυτές (Kushnir, Arzouan, Karni, & Manor, 2013), βρέθηκε ότι η καθρεπτική γραφή με το αριστερό χέρι συνδέεται με ενεργοποίηση περιοχών του δεξιού ημισφαιρίου, οι οποίες είναι ακριβώς αντίστοιχες με αυτές που ενεργοποιούνται στο αριστερό ημισφαίριο κατά τη γραφή με το δεξί χέρι (αριστερή αισθησιο-κινητική περιοχή). Οι περιοχές αυτές συνδέονται κυρίως με τις γραφο-

κινητικές πτυχές του γραπτού λόγου. Επιπροσθέτως, ανάλογη έρευνα σε 20 δεξιόχειρες που κλήθηκαν να γράψουν με το αριστερό χέρι πραγματοποιήθηκε και από τους Sugihara, Kamimaga και Sugishita (2006). Τα ερευνητικά αποτελέσματα παρουσίασαν ενεργοποίηση σε ευρύτερη περιοχή -και των δύο ημισφαιρίων- κατά τη γραφή με το αριστερό χέρι εν συγκρίσει με τη γραφή με το επικρατές δεξί χέρι, οπότε και ενεργοποιούνταν περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου.

Αν και οι παραπάνω έρευνες έχουν συμβάλει αποφασιστικά στην κατανόησή μας σχετικά με το εγκεφαλικό υπόβαθρο κατά τη διάρκεια της γραφής, εντούτοις δεν υπάρχουν στοιχεία σχετικά με το αν το υπόβαθρο αυτό διαφοροποιείται ανάμεσα σε δεξιόχειρες και αριστερόχειρες. Κάτι τέτοιο είναι πολύ πιθανόν καθώς υπάρχουν εκτεταμένα ευρήματα για διαφορές στην ημισφαιρική επικράτηση ανάμεσα σε αυτές τις δύο ομάδες κατά τη διάρκεια γλωσσικής παραγωγής σε έργα σιωπηρής γλωσσικής παραγωγής. Πιο συγκεκριμένα, οι Pujol, Deus, Losilla και Capdevila (1999), σε δείγμα 100 ατόμων (50 δεξιόχειρες), βρήκαν ότι το 96% των δεξιόχειρων και το 76% των αριστερόχειρων παρουσίασαν ισχυρότερη συμβολή του αριστερού ημισφαιρίου έναντι του δεξιού κατά τη σιωπηρή παραγωγή λέξεων. Αυτό σημαίνει ότι το ποσοστό των αριστερόχειρων που παρουσιάζει μη τυπική δεξιά πλευρίωση ή συμμετρική ενεργοποίηση και των δύο ημισφαιρίων είναι μεγαλύτερο από αυτό των δεξιόχειρων. Επιπρόσθετα, σύμφωνα με έρευνα των Knecht et al. (2000), όπου χρησιμοποιήθηκε ο λειτουργικός διακρανιακός υπέρηχος Doppler σε δείγμα 326 ατόμων, φάνηκε ότι η γλωσσική πλευρίωση σχετίζεται όχι μόνο με την ίδια την προτίμηση χεριού, αλλά και με το βαθμό προτίμησης. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι το 4% των ατόμων με ισχυρή δεξιοχειρία, το 15% των αμφιδέξιων και το 27% των ατόμων με ισχυρή αριστεροχειρία παρουσίαζαν επικράτηση του δεξιού ημισφαιρίου κατά τη σιωπηρή παραγωγή λέξεων.

Ένας δεύτερος περιορισμός της βιβλιογραφίας είναι ότι δεν έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα οι διαφυλικές διαφορές στη γλωσσική πλευρίωση κατά τη γραφή. Η μελέτη αυτού του θέματος είναι πολύ σημαντική καθώς ήδη υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός ερευνών που εξετάζουν τις διαφορές αυτές κατά την εκτέλεση άλλων γλωσσικών δοκιμασιών, αν και τα μέχρι τώρα ευρήματα είναι αντικουρόμενα. Δεκατέσσερις από τις έρευνες αυτές χρησιμοποιήθηκαν στη μέτα-ανάλυση των Sommer, Aleman, Bouma και Kahn (2004), όπου βρέθηκε ότι η διαφορά στη γλωσσική πλευρίωση ανάμεσα στα δύο φύλα είναι στατιστικώς μη σημαντική.

Στην παρούσα έρευνα εξετάζεται για πρώτη φορά η ημισφαιρική πλευρίωση κατά τη διαδικασία γραπτής παραγωγής λόγου με τη χρήση του λειτουργικού διακρανικού υπέρηχου Doppler. Ο λειτουργικός διακρανιακός υπέρηχος Doppler αποτελεί μία σχετικά νέα μέθοδο εγκεφαλικής απεικόνισης που είναι μη παρεμβατική, εύκολη στη χρήση αλλά και με χαμηλό κόστος. Συγκεκριμένα, η μέθοδος αυτή λειτουργεί καταγράφοντας την ταχύτητα της αιματικής ροής στην αριστερή και δεξιά μέση εγκεφαλική αρτηρία κατά τη διάρκεια ποικίλων γνωστικών δοκιμασιών, συνήθως γλωσσικών. Στη συνέχεια, μέσω της σύγκρισης της ταχύτητας ροής μεταξύ των δύο αρτηριών, καθορίζεται ποιο από τα δύο ημισφαίρια είναι επικρατέστερο για τη λειτουργία υπό μελέτη. Μέχρι σήμερα, ο υπέρηχος Doppler έχει αξιοποιηθεί από διάφορους ερευνητές για τη μελέτη της ημισφαιρικής επικράτησης της οπτικοχωρικής μνήμης, της οπτικοχωρικής προσοχής, της οπτικής αντίληψης, της επεξεργασίας ακουστικών ερεθισμάτων κ.α. τόσο σε πληθυσμό ενηλίκων όσο και σε ανηλίκους (Παπαδάτου-Παστού, Κουφάκη, Ράντου, & Τόμπρου, 2013). Στην

παρούσα μελέτη εξετάζεται η γλωσσική πλευρίωση και το δείγμα αποτελείται από ενήλικες εθελοντές, άντρες και γυναίκες, δεξιόχειρες και αριστερόχειρες.

Σκοπός της έρευνας είναι η διερεύνηση της ημισφαιρικής επικράτησης κατά την παραγωγή γραπτού λόγου σε σύγκριση με τη σιωπηρή παραγωγή λόγου με τη χρήση του λειτουργικού διακρανιακού υπερήχου Doppler. Μελετάται, επίσης, η πιθανή ύπαρξη διαφορών ως προς τη γλωσσική επικράτηση ανάμεσα τόσο σε δεξιόχειρες και αριστερόχειρες όσο και σε άνδρες και γυναίκες, αλλά και οι πιθανές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στον τρόπο παραγωγής γλώσσας (γραπτή ή σιωπηρή παραγωγή), στο φύλο και την προτίμηση χεριού (αριστεροχειρία ή δεξιοχειρία).

Υποθέτουμε ότι θα προκύψει διαφορά στο δείκτη πλευρίωσης ανάμεσα σε δεξιόχειρες και αριστερόχειρες, τόσο κατά τη δοκιμασία σιωπηρής παραγωγής -όπως είναι ήδη γνωστό από τη βιβλιογραφία- όσο και κατά τη διαδικασία της γραπτής παραγωγής λέξεων. Η υπόθεση αυτή βασίζεται στα ευρήματα ερευνών σύμφωνα με τα οποία η κινητική περιοχή του αριστερού ημισφαιρίου ελέγχει τις κινήσεις της δεξιάς πλευράς του σώματος, ενώ η κινητική περιοχή του δεξιού ημισφαιρίου ελέγχει τις κινήσεις της αριστερής πλευράς του σώματος (Gilbert, & Wysocki, 1992. Porac, Coren, & Duncan, 1980). Κατά συνέπεια, υποθέτουμε ότι η γραφή με το αριστερό χέρι θα προκαλέσει μεγαλύτερη αιμάτωση του δεξιού ημισφαιρίου, ενώ η γραφή με το δεξί χέρι θα προκαλέσει μεγαλύτερη αιμάτωση στο αριστερό ημισφαίριο. Από την άλλη μεριά, υποθέτουμε, βάσει των μέχρι τώρα αποτελεσμάτων των ερευνών (Sommer et al., 2004), ότι στατικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα δύο φύλα δε θα παρατηρηθεί.

## **Μέθοδος**

### *Δείγμα*

Στην παρούσα έρευνα έλαβαν μέρος συνολικά 46 υγιείς ενήλικες, 22 άντρες (9 αριστερόχειρες για τη γραφή), με μέσο όρο ηλικίας τα 26,59 έτη (τυπική απόκλιση = 4,17 έτη, εύρος = 16 έτη) καθώς και 24 γυναίκες (10 δεξιόχειρες για τη γραφή) με μέσο όρο ηλικίας τα 25,12 έτη (τυπική απόκλιση = 5,87 έτη, εύρος = 21 έτη). Πριν τη συμμετοχής τους στην έρευνα βεβαιώθηκε, μέσω συμπλήρωσης ερωτηματολογίου, ότι οι εθελοντές δεν έκαναν χρήση ναρκωτικών ουσιών, ψυχοφαρμάκων, ούτε υπέρμετρη χρήση αλκοόλ. Επιπροσθέτως, δεν είχαν υποστεί σοβαρό τραύμα στο κεφάλι, δεν ήταν δίγλωσσοι, ούτε είχαν διαγνωστεί ως δυσλεκτικοί. Ας σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένοι εθελοντές αποτελούν μέρος ενός ευρύτερου δείγματος, καθώς η παρούσα μελέτη βρίσκεται σε εξέλιξη. Όλοι οι εθελοντές έδωσαν γραπτή συγκατάθεση πριν τη συμμετοχή τους στην έρευνα.

### *Εξοπλισμός*

Η ταχύτητα ροής του αίματος μετρήθηκε από μία συσκευή μέτρησης υπέρηχου Doppler (DWL Multidop T2: manufacturer, DWL Elektronische Systeme, Singen, Germany), με τη χρήση δύο αισθητήρων των 2 MHz, οι οποίοι ήταν τοποθετημένοι στο κεφάλι του κάθε συμμετέχοντα υπό τις κατάλληλες γωνίες έτσι ώστε να μετρούν την ταχύτητα ροής του αίματος στις μέσες εγκεφαλικές αρτηρίες. Τα οπτικά ερεθίσματα (οδηγίες, γράμματα και συλλαβές) παρουσιάστηκαν σε οθόνη Η/Υ με τη χρήση του λογισμικού Presentation (Neurobehavioral systems), το οποίο έστειλε σήματα συγχρονισμού στο σύστημα Multidop.

### *Έργο*

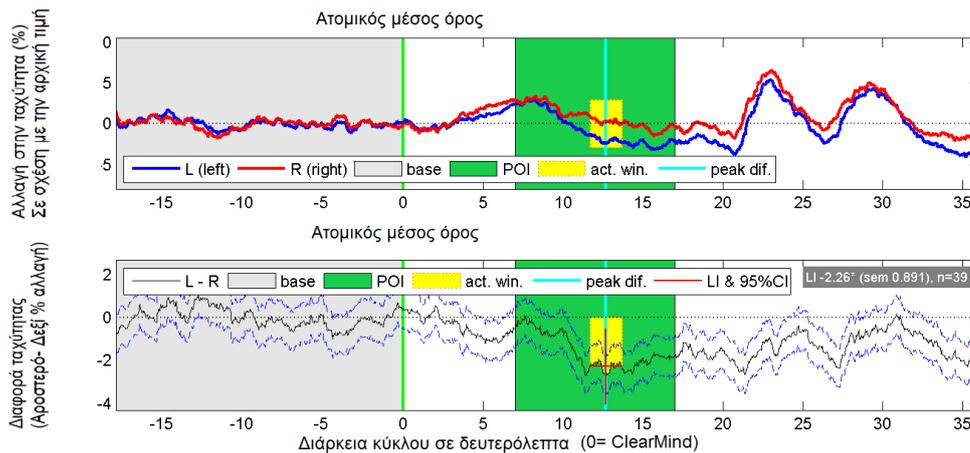
Για την αξιολόγηση της ημισφαιρικής επικράτησης χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία λεξιλογικής παραγωγής (word generation task). Κατά τη δοκιμασία λεξιλογικής παραγωγής, τα οπτικά ερεθίσματα παρουσιάζονται σε οθόνη H/Y· αρχικά, εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή ένα γράμμα ή συνδυασμός δυο γραμμάτων. Ένα ηχητικό σήμα καλεί τον συμμετέχοντα να παράγει λέξεις με αρχικό το γράμμα που του παρουσιάστηκε για 12,5". Η διαδικασία περιλαμβάνει δύο συνθήκες: η πρώτη συνθήκη αφορά στην σιωπηρή παραγωγή λέξεων κατά την οποία ο συμμετέχων καλείται να σκεφτεί από μέσα του τις λέξεις, ενώ κατά την δεύτερη συνθήκη, τη γραπτή δηλαδή παραγωγή λέξεων, ο συμμετέχων καλείται να γράψει τις λέξεις που σκέφτηκε. Σε κάθε περίπτωση ο συμμετέχων καλείται να κατονομάσει τις λέξεις για 5". Ο κύκλος κλείνει με 35" ξεκούρασης ώστε να επανέλθει η ροή του αίματος στα φυσιολογικά επίπεδα. Συνολικά η δοκιμασία αποτελείται από 40 κύκλους και διαρκεί 40 λεπτά. Οι μισοί συμμετέχοντες ξεκίνησαν με τη δοκιμασία γραφής και οι άλλοι μισοί με τη δοκιμασία της σιωπηρής παραγωγής.

#### *Ανάλυση δεδομένων*

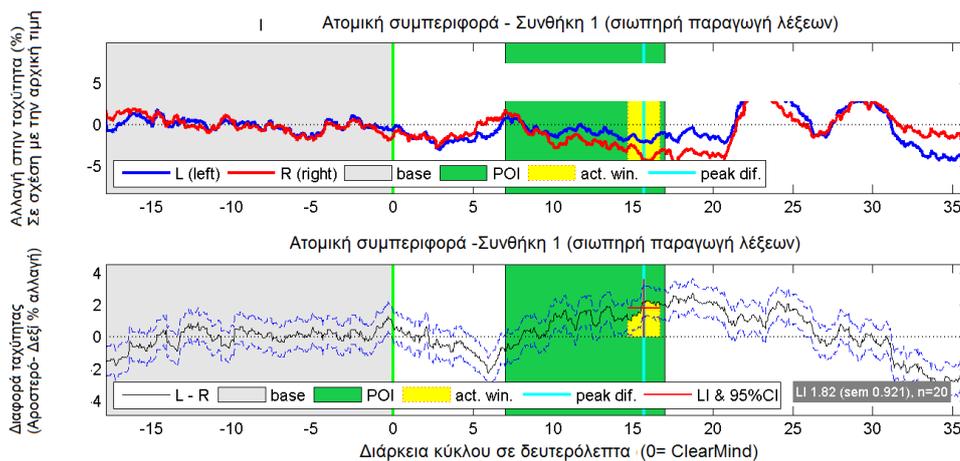
Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το dopOSCI, εφαρμογή του Matlab που αναπτύχθηκε από το εργαστήριο Μελέτης των Δυσκολιών Επικοινωνίας των Παιδιών του Πανεπιστημίου της Οξφόρδης (Oxford Study of Children's Communication Impairments, [www.psy.ox.ac.uk/oscci/](http://www.psy.ox.ac.uk/oscci/)). Οι κύκλοι στους οποίους τα επίπεδα δραστηριότητας ήταν ασυνήθιστα υψηλά ή χαμηλά απορρίφθηκαν. Η καμπύλη της μέσης διαφοράς στα αριστερά και στα δεξιά κανάλια (που μετρούν την ταχύτητα ροής του αίματος στην αριστερή και δεξιά μέση εγκεφαλική αρτηρία αντίστοιχα) διορθώθηκε για να δώσει ένα μέσο όρο μηδέν κατά την περίοδο αναφοράς, η οποία περιελάμβανε την περίοδο των 12 δευτερολέπτων πριν την παρουσίαση του ερεθίσματος. Ως δείκτης ημισφαιρικής επικράτησης ορίστηκε η διαφορά στην ταχύτητα ροής του αίματος κατά την περίοδο των δύο δευτερολέπτων που η διαφορά αυτή παρουσίαζε τη μέγιστη τιμή της κατά την περίοδο ενδιαφέροντος. Ως περίοδος ενδιαφέροντος ορίστηκαν τα 7 με 17 δευτερόλεπτα μετά την έναρξη της γλωσσικής παραγωγής. Σχηματική αναπαράσταση της ανάλυσης βρίσκεται στην Εικόνα 1. Επιπλέον, υπολογίστηκαν ξεχωριστά οι δείκτες πλευρίωσης κατά τη σιωπηρή γλωσσική παραγωγή (βλ. Εικόνα 2) και τη γραπτή παραγωγή (βλ. Εικόνα 3). Θετικές τιμές του δείκτη ημισφαιρικής επικράτησης μεταφράζονται ως αριστερή ημισφαιρική επικράτηση για τη γλώσσα.

#### **Αποτελέσματα**

Πραγματοποιήθηκε 2x2x2 ανάλυση διακύμανσης με επαναληπτικές μετρήσεις (repeated measures ANOVA). Ανεξάρτητες μεταβλητές μεταξύ υποκειμένων ήταν το φύλο (άντρας, γυναίκα) και η προτίμηση χεριού (αριστερό, δεξί) για τη γραφή, και εντός υποκειμένων η διαδικασία γλωσσικής παραγωγής (σιωπηρή ή γραπτή γλωσσική παραγωγή). Εξαρτημένη μεταβλητή ήταν ο δείκτης εγκεφαλικής πλευρίωσης.

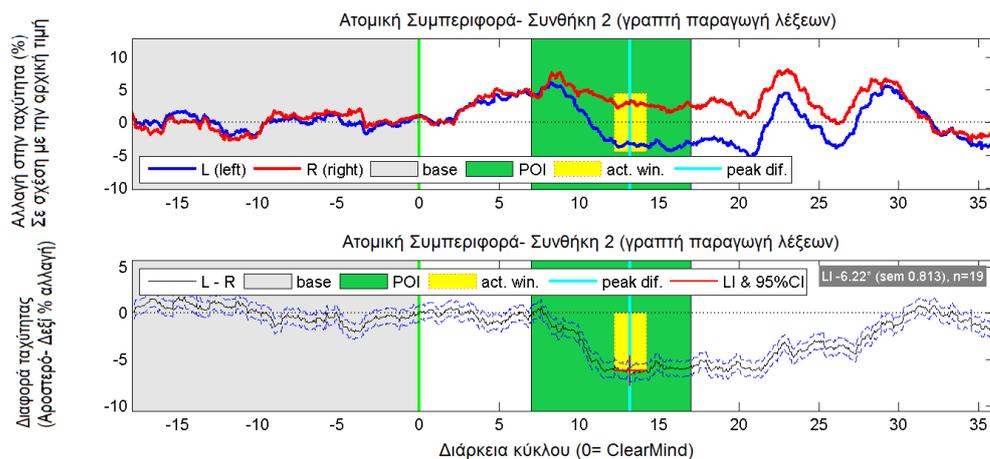


**Εικόνα 1.** Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσης τιμής τους σήματος για την αριστερή (μπλε γραμμή) και δεξιά (κόκκινη γραμμή) αρτηρία που προέκυψε από την ανάλυση όλων των πειραματικών κύκλων που είχαν ικανοποιητικό σήμα για έναν συμμετέχοντα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση είχαν ικανοποιητικό σήμα οι 39 από τους 40 κύκλους στους οποίους υποβλήθηκε ο συμμετέχων.



**Εικόνα 2.** Διάγραμμα της μέσης τιμής αιματικής ροής, του ίδιου συμμετέχοντα, κατά τη διάρκεια της σιωπηρής γλωσσικής παραγωγής.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, το φύλο δεν παρατηρήθηκε να επιδρά σημαντικά στην δείκτη πλευρίωσης,  $F(1,42) = 0,27, p = 0,61$ . Αντίθετα, στατιστικά σημαντική επίδραση στο δείκτη πλευρίωσης προέκυψε ότι είχε η προτίμηση χεριού,  $F(1,42) = 13,78, p = 0,001, \eta^2 = 0,25$ . Πιο συγκεκριμένα, στους δεξιόχειρες ο μέσος όρος του δείκτη πλευρίωσης ήταν 4,05 (T.A. = 0,57, 95% Δ.E. = 2,91, 5,19), γεγονός που φανερώνει μια ισχυρή επικράτηση του αριστερού ημισφαιρίου. Από την άλλη μεριά, στο δείγμα αριστερόχειρων εθελοντών ο μέσος όρος του δείκτη πλευρίωσης ήταν 0,89 (T.A. = 0,64, 95% Δ.E. = -0,40, 2,17), υποδηλώνοντας μια περισσότερο συμμετρική επικράτηση, αφού το διάστημα εμπιστοσύνης περιλαμβάνει το μηδέν. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι αλληλεπίδραση φύλου και προτίμησης χεριού στο δείκτη εγκεφαλικής πλευρίωσης δεν παρατηρήθηκε,  $F(1,42) = 0,00, p = 0,99$ .



**Εικόνα 3.** Διάγραμμα της μέσης τιμής αιματικής ροής, του ίδιου συμμετέχοντα, κατά τη διάρκεια της γραπτής παραγωγής.

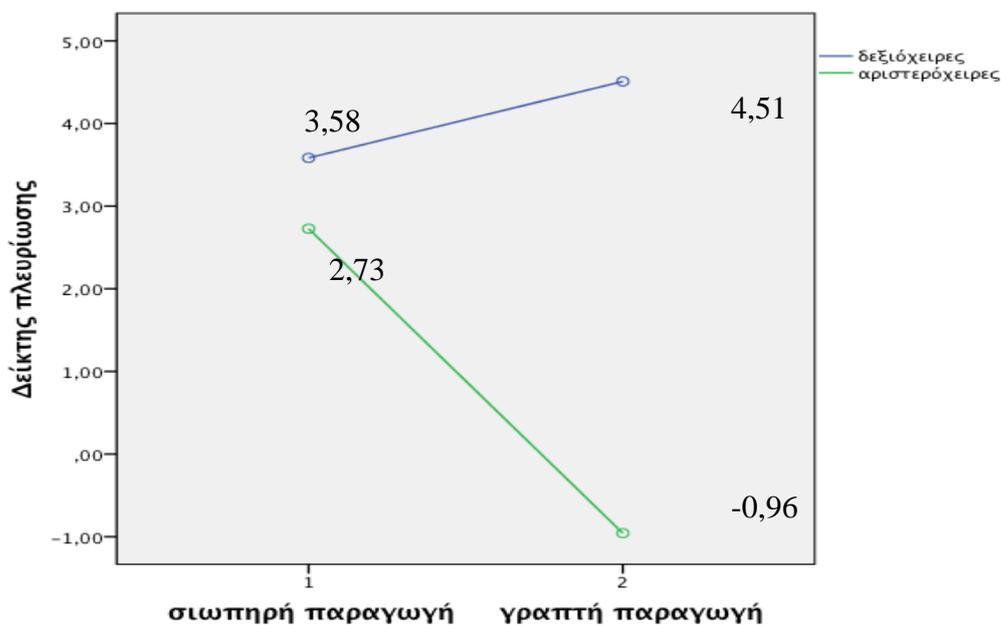
Επιπροσθέτως, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, σημαντική ήταν η επίδραση της διαδικασίας γλωσσικής παραγωγής στο δείκτη πλευρίωσης,  $F(1,42) = 7,41$ ,  $p = 0,009$ ,  $\eta^2 = 0,15$ . Πιο αναλυτικά, κατά τη διαδικασία της σιωπηρής παραγωγής, ο μέσος όρος δείκτη πλευρίωσης όλων των συμμετεχόντων ήταν 3,16 (Τ.Σ. = 0,43, 95% Δ.Ε. = 2,29, 4,02), ενώ κατά τη διαδικασία γραπτής παραγωγής λέξεων, μειώθηκε στο 1,78 (Τ.Σ. = 0,56, 95%, Δ.Ε. = 0,66, 2,90). Επίσης, βρέθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ προτίμησης χεριού και διαδικασίας γλωσσικής παραγωγής,  $F(1,42) = 20,68$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,33$ , με τους δεξιόχειρες να αυξάνουν το δείκτη πλευρίωσης από 3,58 (Τ.Σ. = 0,57, 95% Δ.Ε. = 2,44, 4,73) για τη σιωπηρή παραγωγή σε 4,51 (Τ.Σ. = 0,74, 95% Δ.Ε. = 3,02, 6,00) κατά τη γραπτή παραγωγή και τους αριστερόχειρες αντίθετα να μειώνουν το δείκτη πλευρίωσης από 2,73 (Τ.Σ. = 0,64, 95% Δ.Ε. = 1,44, 4,02) κατά τη σιωπηρή παραγωγή σε -0,96 (Τ.Σ. = 0,83, 95% Δ.Ε. = -2,634, 0,72) κατά τη γραπτή παραγωγή (βλ. Εικόνα 4).

### Συζήτηση

Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκε η γλωσσική πλευρίωση κατά τη γραπτή παραγωγή λόγου σε σύγκριση με τη σιωπηρή παραγωγή λόγου σε δείγμα ενήλικων εθελοντών από τα δύο φύλα, τόσο δεξιόχειρων όσο και αριστερόχειρων, με τη χρήση του λειτουργικού διακρανιακού υπέρηχου Doppler. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι στους αριστερόχειρες, κατά τη γλωσσική παραγωγή, παρατηρείται είτε μια περισσότερο συμμετρική επικράτηση είτε ακόμη και επικράτηση του δεξιού ημισφαιρίου σε σύγκριση με τους δεξιόχειρες, όπου παρατηρείται αριστερή επικράτηση και ότι η διαφορά αυτή είναι μεγαλύτερη κατά την παραγωγή γραπτού λόγου. Επίσης, δεν παρατηρείται καμία διαφορά μεταξύ των δύο φύλων ως προς τη γλωσσική πλευρίωση.

Βάσει των αποτελεσμάτων, η αρχική υπόθεση της έρευνας επιβεβαιώθηκε. Πράγματι κατά τη διαδικασία της γραφής παρατηρήθηκε στους αριστερόχειρες μεγαλύτερη αιμάτωση του δεξιού ημισφαιρίου, ενώ στους δεξιόχειρες αιματώθηκε περισσότερο το αριστερό ημισφαίριο. Προτείνουμε ότι το εύρημα αυτό είναι αποτέλεσμα της ενεργοποίησης της κινητικής περιοχής του δεξιού ημισφαιρίου που ελέγχει τις

κινήσεις της αριστερής πλευράς του σώματος (Gilbert, & Wysocki, 1992. Porac, Coren, & Duncan, 1980) στους αριστερόχειρες, ενώ στους δεξιόχειρες ενεργοποιήθηκε αντίστοιχα η κινητική περιοχή του αριστερού ημισφαιρίου που ελέγχει τις κινήσεις της δεξιάς πλευράς του σώματος σε συνδυασμό με τις γλωσσικές περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου.



Εικόνα 4. Διάγραμμα αλληλεπίδρασης προτίμησης χεριού και διαδικασίας γλωσσικής παραγωγής.

Επίσης, επιβεβαιώθηκε η υπόθεσή μας σχετικά με τις διαφυλικές διαφορές, καθώς βρέθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα σε άνδρες και γυναίκες ως προς τη γλωσσική πλευρίωση τόσο κατά τη σιωπηρή παραγωγή όσο και κατά την παραγωγή γραπτού λόγου. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι πράγματι δεν υφίσταται τέτοια διαφορά όσον αφορά συνολικά τις γλωσσικές λειτουργίες ή ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην πλευρίωση ανάμεσα στα δύο φύλα για τις συγκεκριμένες δοκιμασίες που μελετήθηκαν εδώ (σιωπηρή και γραπτή παραγωγή λόγου). Σύμφωνα με τους Sommer et al. (2004), η γλωσσική πλευρίωση ενδεχομένως να παρουσιάζεται σε συγκεκριμένα μόνο είδη γλωσσικών δοκιμασιών, καθώς έχει βρεθεί ότι κατά την εκτέλεση ορισμένων δοκιμασιών, όπως οι φωνολογικές, η ύπαρξη διαφυλικών διαφορών επιβεβαιώνεται, ενώ κατά την εκτέλεση άλλων γλωσσικών δοκιμασιών, όπως η γλωσσική παραγωγή τέτοιες διαφορές δεν παρατηρούνται (Sommer et al., 2004).

Δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τους περιορισμούς της συγκεκριμένης έρευνας. Αρχικά, παρά την αξιοπιστία και τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας του υπέρηχου Doppler που αξιοποιήθηκε στην έρευνα, βασικό μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι είναι αδύνατον να παρατηρήσουμε ποιες συγκεκριμένες περιοχές ενεργοποιήθηκαν κατά την επιτέλεση των γλωσσικών δραστηριοτήτων στις οποίες υποβλήθηκαν οι συμμετέχοντες. Επιπροσθέτως, για την καταγραφή του επικρατούς χεριού των συμμετεχόντων λήφθηκε υπόψη μόνο η αυτό-αναφορά του χεριού προτίμησης γραφής, ενώ οι συμμετέχοντες δεν υποβλήθηκαν σε συμπεριφοριστικά τεστ για την αξιολόγηση της προτίμησης χεριού (όπως το Quantification of Hand Preference Test,

Bishop, Ross, Daniels, & Bright, 1996) ή της ικανότητα του χεριού (όπως το Annett pegboard, Annett 1970), αλλά ούτε συμπλήρωσαν σχετικά ερωτηματολόγια (π.χ., Ερωτηματολόγια Εδιμβούργου, Oldfield, 1971). Αναμένονται σχετικά αποτελέσματα με την ολοκλήρωση της έρευνας σε μεγαλύτερο δείγμα εθελοντών και με τη συμπερίληψη αποτελεσμάτων από τα προαναφερθέντα τεστ για να καταλήξουμε σε ασφαλέστερα και πιο ολοκληρωμένα συμπεράσματα.

Μελλοντικά, τα αποτελέσματα καθώς και οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας θα μπορούσαν να συμβάλουν θετικά σε μετέπειτα μελέτες. Βασισμένοι σε αυτόν το συλλογισμό ενδιαφέρουσες παρεμφερείς έρευνες που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στο μέλλον με τη χρήση του διακρανιακού υπέρηχου Doppler θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν δείγμα ανήλικων εθελοντών, πληθυσμό με μαθησιακές δυσκολίες, ίσως και πληθυσμό δίγλωσσων ατόμων –ενηλίκων ή ανηλίκων. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε να αναζητηθούν πιθανές αιτίες ύπαρξης των διαφορών αυτών στους συγκεκριμένους πληθυσμούς.

Συμπερασματικά, η παρούσα έρευνα είχε ως κύριο στόχο τη μελέτη των διαφορών στην πλευρίωση της γλώσσας ενηλίκων τόσο κατά τη διαδικασία της σιωπηρής παραγωγής λέξεων όσο και κατά τη διαδικασία γραπτής παραγωγής λέξεων, εξετάζοντάς τες τόσο σε επίπεδο φύλου όσο και σε επίπεδο προτίμησης χεριού γραφής. Όπως προαναφέρθηκε, για πρώτη φορά στην Ελλάδα, αλλά και διεθνώς, μελετήθηκε ο δείκτης εγκεφαλικής πλευρίωσης κατά την γραφή με τη χρήση του διακρανιακού υπέρηχου Doppler. Οι υποθέσεις μας σχετικά τόσο με την απουσία διαφυλικών διαφορών, όσο και για την περισσότερο έντονη ενεργοποίηση του δεξιού ημισφαιρίου στο δείγμα αριστερόχειρων εν συγκρίσει με εκείνο των δεξιόχειρων κατά την διαδικασία της γραπτής παραγωγής λόγου, επιβεβαιώθηκαν.

### **Βιβλιογραφία**

- Annett, M. (1970). The growth of manual preference and speed. *British Journal of Psychology*, *61*, 303-321.
- Beeson, P., Rapcsak, S., Plante, E., & Chargualaf, M. (2003). The neural substrates of writing: A functional magnetic resonance imaging study, *Aphasiology*, *17*(6-7), 647-665.
- Bishop, D., Ross, V., Daniels, M., & Bright, P. (1996). The measurement of hand preference: A validation study comparing three groups of right-handers. *British Journal of Psychology*, *87*, 269-285.
- Dufor, O., & Rapp, B. (2013). Letter representations in writing :an fMRI adaptation approach. *Frontiers in Psychology*, *4*, 1-14.
- Gilbert, A. N., & Wysocki, C. J. (1992). Hand preference and age in the United States. *Neuropsychologia*, *30*, 601-608.
- Horovitz, S.G., Gallea, C., 'Ali Najee-ullah, M., & Hallet, M. (2013). Functional Anatomy of Writing with the Dominant Hand. *PLoS ONE* *8*(7), 1-10
- Knecht, S., Dräger, B., Deppe M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., Ringelstein, E.-B., & Henningsen, H. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, *123*, 2512- 2518.
- Kushnir, T., Arzouan, A., Karni, A., & Manor, D. (2013). Brain activation associated with practiced left hand mirror writing. *Brain & Language*, *125*(1), 38-46.
- Longcamp, M., Lagarrigue, A., Nazarian, B., Roth, M., Anton, J.L., Alario, F.X., & Velay, J.L. (2014). Functional specificity in the motor system: Evidence from

- coupled fMRI and kinematic recordings during letter and digit writing. *Human Brain Mapping*, 35(12), 6077-6087.
- Menon, V., & Desmond, J.E. (2001). Left superior parietal cortex involvement in writing: Integrating fMRI with lesion evidence. *Cognitive Brain Research*, 12(2), 337-340.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Planton S., Jucla, M., Roux, F., & Demonet, J. (2013). The “handwriting brain”: A meta-analysis of neuroimaging studies of motor versus orthographic processes. *Cortex*, 49, 2772–2787.
- 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(5), 1038-1043
- Porac, C., Coren, S., & Duncan, P. (1980). Lateral preference in retardates: Relationships between hand, eye, foot and ear preference. *Journal of Neuropsychology*, 2(3), 173-188.
- Rektor, I., Rektorova, I., Mikl, M., Brazdil, M., & Krupa, P. (2006) An event-related fMRI study of self-paced alphabetically ordered writing of single letters. *Experimental Brain Research*, 17(1), 79–85.
- Segal, E., & Petrides, M. (2012). The anterior superior parietal lobule and its interactions with language and motor areas during writing. *European Journal of Neuroscience*, 35(2), 309–322.
- Sugihara, G., Kaminaga, T., & Sugishita, M. (2006). Interindividual uniformity and variety of the “Writing center”: A functional MRI study. *NeuroImage*, 32, 1837–1849.
- Παπαδάτου-Παστού, Μ., Κουφάκη, Α., Ράντου, Ν. Μ., & Τόμπρου, Δ. Μ. (2013). Λειτουργικός διακρανικός υπέρηχος Doppler: Αρχές λειτουργίας και εφαρμογές στη μελέτη της ημισφαιριακής επικράτησης της γλώσσας. *Hellenic Journal of Psychology*, 10, 61-77.