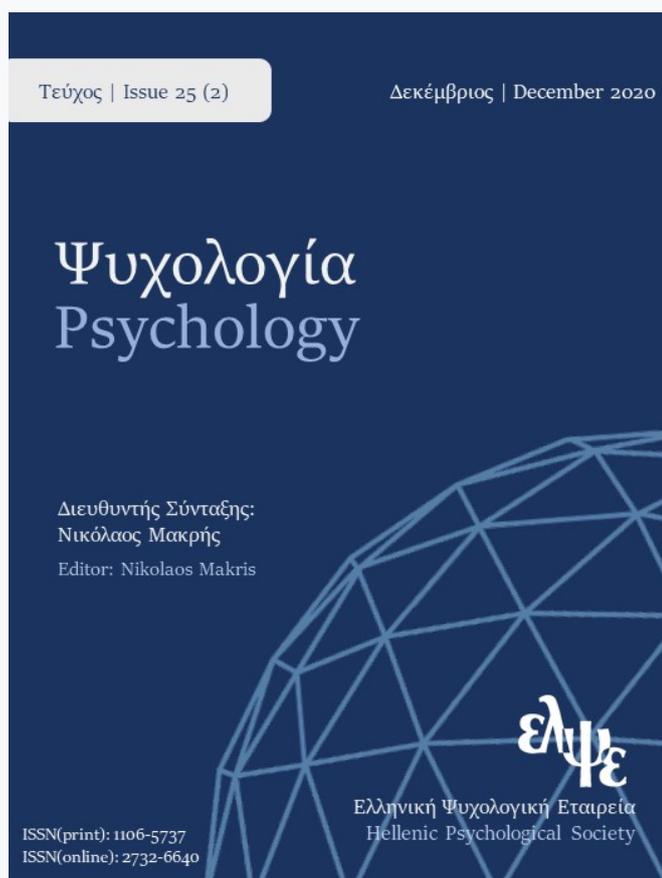


## Psychology: the Journal of the Hellenic Psychological Society

Vol 25, No 2 (2020)

Special Section: Contemporary Issues in Neuropsychology



### The benefits of handwriting in the development of reading ability: a review of neuroimaging findings

*Filippos Vlachos*

doi: [10.12681/psy\\_hps.25575](https://doi.org/10.12681/psy_hps.25575)

Copyright © 2020, Φίλιππος Βλάχος



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

#### To cite this article:

Vlachos, F. (2020). The benefits of handwriting in the development of reading ability: a review of neuroimaging findings. *Psychology: The Journal of the Hellenic Psychological Society*, 25(2), 01–12. [https://doi.org/10.12681/psy\\_hps.25575](https://doi.org/10.12681/psy_hps.25575)

## ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ | RESEARCH PAPER

# Τα οφέλη της γραφής με το χέρι στην ανάπτυξη της αναγνωστικής ικανότητας: ανασκόπηση νευροαπεικονιστικών ευρημάτων

Φίλιππος ΒΛΑΧΟΣ<sup>1</sup><sup>1</sup> Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, Ελλάδα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	ΠΕΡΙΛΗΨΗ
ανάγνωση, γραφή με το χέρι, εγκεφάλος, νευροαπεικόνιση	Αν και, ανάγνωση και γραφή συχνά αντιμετωπίζονται ως δύο ξεχωριστές διαδικασίες, τα ερευνητικά δεδομένα των τελευταίων ετών υποδεικνύουν ότι οι δύο αυτές λειτουργίες φαίνεται να είναι αλληλένδετες και η μία να εξαρτάται από την άλλη. Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να εξετάσουμε αν και κατά πόσο η γραφή με το χέρι σχετίζεται και επηρεάζει την ανάπτυξη των αναγνωστικών ικανοτήτων. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήσαμε ανασκόπηση νευροαπεικονιστικών ερευνών της τελευταίας δεκαεταετίας. Τα ευρήματα των ερευνών, τόσο για τα παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας όσο και για τους ενήλικες, έδειξαν ότι η γραφή με το χέρι επιδρά στην ανάπτυξη του εγκεφάλου και ενεργοποιεί τα αναγνωστικά συστήματα του εγκεφάλου περισσότερο από άλλες αισθησιοκινητικές τεχνικές. Από τις νευροαπεικονίσεις φάνηκε ότι η εκμάθηση της γραφής βασίζεται στην ανάπτυξη ενός δικτύου δομών του εγκεφάλου, το οποίο περιλαμβάνει το ραχιαίο προκινητικό φλοιό, τον κοιλιακό προκινητικό φλοιό, τον ανώτερο βρεγματικό φλοιό και την ατρακτοειδή έλικα στο αριστερό συνήθως ημισφαίριο, καθώς επίσης και η αντίπλευρη παρεγκεφαλίδα, δομές των οποίων η συμμετοχή και η διασύνδεση είναι ειδική για τη γραφή των χαρακτήρων του αλφαβήτου. Το δίκτυο αυτό δομείται για την κοινή εκμάθηση της γραφής και της ανάγνωσης και εξαρτάται από το επίπεδο της εμπειρίας του συγγραφέα. Η αντίληψη των γραμμάτων βοηθιέται από την εμπειρία της γραφής με το χέρι στην οποία βασίζεται και η ικανότητα επεξεργασίας των γραμμάτων στον εγκεφαλο του ατόμου κατά την ανάγνωση. Τα δίκτυα του εγκεφάλου που φαίνεται να ενεργοποιούνται κατά την αναγνώριση γραμμάτων, μετά την ενεργή εκμάθηση των γραμμάτων αυτών με τη μέθοδο της γραφής με το χέρι, είναι τα ίδια αισθησιοκινητικά δίκτυα που ενεργοποιούνται κατά την αναγνώριση γραμμάτων και κατά την ανάγνωση. Συμπερασματικά, η αισθησιοκινητική εμπειρία με τη μορφή γραφής με το χέρι φαίνεται ότι αναπτύσσει τον εγκεφαλο και υποβοηθά την αναγνωστική ικανότητα του ατόμου.
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	
Φίλιππος Βλάχος, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Αργοναυτών και Φιλελλήνων, 382 21 Βόλος. Τηλ.: 24210-74739, email: <a href="mailto:fvlachos@uth.gr">fvlachos@uth.gr</a>	

Η ανάπτυξη του γραπτού λόγου, της ικανότητας δηλαδή του ανθρώπου να αναπαριστά την πραγματικότητα, αλλά και έννοιες, με γραπτά σύμβολα και μέσω αυτών να προσλαμβάνει πληροφορίες και να αποκτά γνώσεις, είναι μοναδική και αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα επιτεύγματα της ανθρώπινης διανόησης (Πόρποδας, 2002). Είναι κοινά αποδεκτό ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ του γραπτού λόγου και της ομιλίας. Η διαφοροποίηση πιθανά οφείλεται στο ότι ο προφορικός λόγος αναπτύσσεται αυτόνομα στο πλαίσιο ενός βιολογικά προκαθορισμένου προγράμματος ωρίμανσης, το οποίο δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ η κατάκτηση της ανάγνωσης και της γραφής προϋποθέτει συστηματικές εκπαιδευτικές και διδακτικές προσεγγίσεις. Αυτή η έλλειψη συστηματικής εκπαίδευσης είναι ο λόγος για τον οποίο ακόμα και στην

εποχή μας το ένα πέμπτο του πληθυσμού της γης δεν είναι ικανό να γράψει και να διαβάσει, όπως υποδεικνύουν σχετικές μελέτες (Carr-Hill, 2008).

Όμως, η γραφή στη σύγχρονη κοινωνία, είναι μια δεξιότητα που απαιτείται να κατέχουν όλοι οι άνθρωποι μαζί με την αναγνωστική ικανότητα, καθώς είναι απαραίτητη σε πάμπολλες πτυχές της ζωής. Αν και, ανάγνωση και γραφή συχνά αντιμετωπίζονται ως δύο ξεχωριστές διαδικασίες, τα ερευνητικά δεδομένα των τελευταίων ετών υποδεικνύουν ότι οι δύο αυτές λειτουργίες φαίνεται να είναι αλληλένδετες και η μία εξαρτάται από την άλλη (Ahmed et al., 2014).

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να εξετάσουμε αν και κατά πόσο η γραφή με το χέρι (handwriting) σχετίζεται και επηρεάζει την ανάπτυξη των αναγνωστικών ικανοτήτων, εστιάζοντας κυρίως σε πρόσφατες νευροαπεικονιστικές και συμπεριφοριστικές μελέτες που διερευνούν αυτή τη σχέση. Το ζήτημα αυτό είναι ιδιαίτερα επίκαιρο στη σύγχρονη κοινωνία, καθώς η ραγδαία χρήση της τεχνολογίας στην καθημερινότητα των μαθητών έχει ως αποτέλεσμα η γραφή με το χέρι να περιθωριοποιείται και αυτό ίσως ελλοχεύει κινδύνους στο μέλλον για την εγκεφαλική και γλωσσολογική ανάπτυξη των παιδιών (Connolly et al., 2007· Crook & Bennett-Wollscheid et al., 2016).

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού πραγματοποιήσαμε ανασκόπηση νευροαπεικονιστικών και συμπεριφοριστικών ερευνών της τελευταίας δεκαετίας. Η στρατηγική αναζήτησης των πηγών αυτής της μελέτης βασίστηκε στις λέξεις-κλειδιά: γραφή με το χέρι, ανάγνωση, εγκέφαλος, παιδιά, ενήλικες. Αναζητήθηκαν εμπειρικές μελέτες οι οποίες δημοσιεύτηκαν τα τελευταία χρόνια, σε έγκυρα επιστημονικά περιοδικά, μέσω τριών βάσεων δεδομένων, του PsycINFO της Αμερικανικής Ψυχολογικής Εταιρείας (APA), του Web of Science της Εταιρείας Thomson Reuters και του Scopus του εκδοτικού οίκου Elsevier. Καθώς ο αριθμός των άρθρων που εντοπίστηκαν ήταν περιορισμένος, στην ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν επτά εμπειρικές έρευνες σε παιδιά και ενήλικες, οι οποίες δημοσιεύθηκαν τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια. Επιπλέον, μελετήθηκαν και αξιοποιήθηκαν στοιχεία από έξι κριτικές επισκοπήσεις της τελευταίας τριετίας σχετικά με τη σχέση του εγκεφάλου με την ανάγνωση και τη γραφή.

### ***Η σχέση γραφής και ανάγνωσης: Συμπεριφοριστικά ευρήματα***

Όπως προαναφέρθηκε η γραφή αποτελεί μια πολυσύνθετη διαδικασία. Οι Volman, van Schendel και Jongmans (2006), υποστηρίζουν ότι οι αισθησιοκινητικές διεργασίες στη γραφή αφορούν την αντίληψη είτε οπτικών, στην περίπτωση της αντιγραφής, είτε ακουστικών στην περίπτωση της ορθογραφίας πληροφοριών, τον συντονισμό της λεπτής κινητικότητας και την οπτικοκινητική ολοκλήρωση. Ταυτόχρονα, οι γνωστικές διεργασίες που εμπλέκονται στη διαδικασία γραφής μπορούν να διαιρεθούν σε πιο γενικές, όπως ο γνωστικός σχεδιασμός και οι διεργασίες εργαζόμενης μνήμης και σε πιο συγκεκριμένες γλωσσικές διεργασίες, όπως η φωνολογική και η ορθογραφική κωδικοποίηση. Σύμφωνα με τους Purcell, Turkeltaub, Eden και Rapp (2011), όταν ένα παιδί θέλει να γράψει κάτι θα πρέπει πρώτα να ανακτήσει τα σωστά γράμματα ή λέξεις από τη μνήμη μέσω πρόσβασης στην ορθογραφική αναπαράσταση της λέξης και στη συνέχεια να τα βάλει στη σωστή σειρά, και να μετατρέψει τα φωνήματα σε γραφήματα (διεργασίες υψηλότερου επιπέδου). Στη συνέχεια θα πρέπει να επιλεγούν και εκτελεστούν οι διαδικασίες σχηματισμού και αλληλουχίας γραμμάτων, δηλαδή οι κινητικές και κιναισθητικές διεργασίες της γραφής (διεργασίες κατώτερου επίπεδου). Όπως βέβαια συμβαίνει και με άλλες σύνθετες κινητικές και γλωσσικές λειτουργίες, π.χ. η ομιλία και η ανάγνωση, η γραφή απαιτεί εκτεταμένο χρονικό διάστημα προκειμένου να αναπτυχθεί σ' ένα υψηλό επίπεδο επίδοσης (Βλάχος & Παπαδημητρίου, 2003· Vlachos & Bonoti, 2006).

Παρά τη συχνή χρήση εκφράσεων που υποδηλώνουν διαχωρισμό ανάμεσα στην ανάγνωση και τη γραφή, η έρευνα έχει δείξει ότι η ανάγνωση και η γραφή είναι αλληλένδετες και πρέπει να θεωρούνται μέρη της γλωσσικής λειτουργίας (Abbott et al., 2010· Berninger & Winn, 2016). Πράγματι, μελέτες σε επίπεδο συμπεριφοράς, όπως

για παράδειγμα έρευνες αξιολόγησης των αποτελεσμάτων διδασκαλίας της γραφής με το χέρι έδειξαν ότι η εκπαίδευση στη γραφή έχει ως αποτέλεσμα και τη βελτίωση της ανάγνωσης λέξεων, ακόμα και όταν η ανάγνωση των λέξεων δεν διδάσκεται άμεσα (Berninger et al., 2004· Berninger et al., 1997). Επιπλέον, μια συσχετιστική μελέτη σε παιδιά δημοτικού σχολείου στην Κίνα διαπίστωσε ότι τόσο σε αρχάριους όσο και σε λίγο πιο ώριμους αναγνώστες, η ικανότητα γρήγορης αντιγραφής γνωστών χαρακτήρων, αποτελεί τον καλύτερο δείκτη πρόβλεψης των επιδόσεων τους στον τομέα της ανάγνωσης (Tan et al., 2005).

Η δυναμική αλληλεπίδραση ανάμεσα στη γραφή και την ανάγνωση προκύπτει κι από μια πολύ πρόσφατη έρευνα, η οποία μελέτησε τις αναπτυξιακές τροχιές και τη σχέση μεταξύ της ανάγνωσης λέξεων, της αναγνωστικής κατανόησης, της ορθογραφίας και γραφής, χρησιμοποιώντας διαχρονικά δεδομένα από μαθητές τρίτης έως έκτης δημοτικού (Kim et al., 2018). Τα ευρήματα αυτής της έρευνας έδειξαν θετικές συσχετίσεις μεταξύ ανάγνωσης-γραφής. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα έδειξε ότι οι συσχετίσεις ανάγνωσης-γραφής είναι ισχυρότερες σε λεξιλογικό επίπεδο από ότι στο επίπεδο της κατανόησης του λόγου και ενισχύει τις απόψεις που υποστηρίζουν τη δυναμική σχέση ανάμεσα σε αυτές τις δύο πολυεπίπεδες διαδικασίες.

Αυτή η αλληλεπίδραση ανάγνωσης και γραφής φαίνεται να ξεκινά από την προσχολική ηλικία, καθώς πριν λίγα χρόνια η Cain (2007) διαπίστωσε ότι τα νήπια που ήταν καλύτερα στην αντιστοίχιση γραφήματος/φωνήματος, ήταν πιο πιθανό να βρίσκονται σε ένα αναπτυξιακά υψηλότερο επίπεδο γραφικής ικανότητας. Επιπλέον, η Ritchey (2008) βρήκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης των νηπίων στη γραφή και της επίδοσής τους στο συλλαβισμό. Τις σημαντικές επιδράσεις της πρώιμης εκπαίδευσης στη γραφή με το χέρι στην ανάπτυξη του γραμματισμού στα παιδιά υποστηρίζει και η πρόσφατη ανασκόπηση σχετικών ερευνών των Hall, Simpson, Guo και Wang (2015).

Εν κατακλείδι, η γραφή, και ειδικά η γραφή με το χέρι, είναι μια μορφή της γλωσσικής παραγωγής, της οποίας η νευρολογική βάση δεν είναι πλήρως κατανοητή, παρά το γεγονός ότι υπάρχει ένα αυξανόμενο σύνολο ευρημάτων που υποδεικνύουν τη συμμετοχή και τον ειδικό ρόλο συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφάλου (για ανασκόπηση βλ. Βλάχος, 2018). Αν και η σχέση της με την ανάγνωση συχνά θεωρείται αμφίδρομη, δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί (Kim et al., 2018). Για το λόγο αυτό θα παρουσιάσουμε στην επόμενη ενότητα ευρήματα ερευνών της τελευταίας δεκαετίας οι οποίες προσέγγισαν μέσω νευροαπεικονιστικών τεχνικών τη σχέση της γραφής και ανάγνωσης.

## ***Η σχέση γραφής και ανάγνωσης: Νευροαπεικονιστικά ευρήματα***

### **Τα νευρωνικά δίκτυα της ανάγνωσης**

Η διερεύνηση της νευροβιολογικής βάσης τόσο της ανάγνωσης όσο και της γραφής αποτέλεσε ένα από τα ιδιαίτερος ενδιαφέροντα ζητούμενα της νευροεπιστημονικής έρευνας τα τελευταία χρόνια. Από τα πρώτα χρόνια αυτού του αιώνα γνωρίζουμε ότι τα νευρωνικά δίκτυα που υποστηρίζουν την κατάκτηση της ανάγνωσης περιλαμβάνουν δύο κυρίως τμήματα στην οπίσθια χώρα του αριστερού ημισφαιρίου. Πιο συγκεκριμένα, το κροταφο-βρεγματικό τμήμα φαίνεται να υποστηρίζει νευροφυσιολογικές διεργασίες οι οποίες είναι απαραίτητες για τη φωνολογική αποκωδικοποίηση και την αντιστοίχιση γραπτών συμβόλων με φωνολογικές αναπαραστάσεις, ενώ το κροταφο-ινιακό τμήμα έχει συσχετιστεί με τη γραφημική επεξεργασία των γραπτών ερεθισμάτων αναφορικά με αποθηκευμένες αναπαραστάσεις της ορθογραφίας των λέξεων εκείνων που είναι γνωστές στον αναγνώστη (για ανασκόπηση βλ. Σίμος και συν., 2004).

### **Τα νευρωνικά δίκτυα της γραφής**

Αν και οι έρευνες σχετικά με τη γραφή είναι λιγότερες, από τις μελέτες των τελευταίων ετών οι οποίες αναζήτησαν τις περιοχές του εγκεφάλου που ενεργοποιούνται κατά την γραφή με το χέρι διαπιστώνεται ότι πολλές περιοχές του νευρικού συστήματος και πολλά εγκεφαλικά δίκτυα εμπλέκονται στη διαδικασία της

γραφής. Σε μια πρόσφατη μετα-ανάλυση οι Planton, Jucla, Roux και Démonet (2013) συν-αξιολόγησαν τα ευρήματα από 18 μελέτες νευροαπεικόνισης, που έγιναν με σκοπό να προσδιορίσουν τις εγκεφαλικές περιοχές που ενεργοποιούνται συνήθως κατά τη διάρκεια της γραφής. Από τα δεδομένα της μετα-ανάλυσης, φαίνεται να ενεργοποιούνται με συνέπεια σε όλες τις δραστηριότητες γραφής, τρεις περιοχές του εγκεφάλου οι οποίες χαρακτηρίζονται ως «κέντρα γραφής» και υποστηρίζουν γνωστικές διαδικασίες ζωτικής σημασίας για τη δεξιότητα της γραφής. Αυτές οι περιοχές είναι ο βρεγματικός φλοιός και ο προκινητικός φλοιός στο κυρίαρχο για τη γλώσσα ημισφαίριο (το αριστερό, στη μεγάλη πλειοψηφία των ανθρώπων), καθώς και η αντίπλευρη (δεξιά) οπίσθια παρεγκεφαλίδα.

Συγκεκριμένα, η μετα-ανάλυση των Planton και συν. (2013) έδειξε ότι κατά τη διάρκεια της γραφής ενεργοποιήθηκε η περιοχή του βρεγματικού φλοιού στο κυρίαρχο για τους δεξιόχειρες γλωσσικό ημισφαίριο, το οποίο είναι το αριστερό. Ειδικότερα, οι υψηλότερες κορυφές ενεργοποίησης στην συγκεκριμένη περιοχή εντοπίστηκαν στο οπίσθιο μέρος της βρεγματικής αύλακας, στο ανώτερο και κατώτερο βρεγματικό λοβίο και την πρόσθια κεντρική έλικα. Τα ευρήματα αυτά ισχυροποιούνται ακόμα περισσότερο από πολυάριθμες μελέτες επίκτητης αγραφίας που υποστηρίζουν ότι η συγκεκριμένη διαταραχή προκύπτει από βλάβες στον αριστερό βρεγματικό φλοιό γύρω από την ενδοβρεγματική περιοχή και στην υπερχειλία έλικα (Alexander et al., 1992; Auerbach & Alexander, 1981; Scarone et al., 2009). Τέτοιες βλάβες μπορούν ωστόσο, σύμφωνα με τον Planton και τους συνεργάτες του (2013), να προκαλέσουν και πιο ήπια ελλείμματα στη γραφή, όπως πρόβλημα κινητικού σχεδιασμού. Για να αντιληφθεί κανείς τη σημασία της υπολειτουργίας των συγκεκριμένων περιοχών, αρκεί να γνωρίζει το ρόλο που επιτελούν. Έτσι, ο ανώτερος βρεγματικός φλοιός θεωρείται η γραφηματική περιοχή όπου αποθηκεύονται τα οπτικοκινησιακά και διαδοχικά μνημονικά ίχνη για γράμματα και λέξεις, ενώ ο οπίσθιος βρεγματικός λοβός είναι υπεύθυνος για την αισθητικοκινητική ολοκλήρωση. Παράλληλα, το ανώτερο βρεγματικό λοβίο είναι υπεύθυνο για την αναπαράσταση, σειριακή επιλογή και το σχηματισμό γραμμάτων, ενώ ο άνω βρεγματικός φλοιός εμπλέκεται στην αναπαράσταση των μορφών των γραμμάτων αλλά ταυτόχρονα διαδραματίζει συνδετικό ρόλο ανάμεσα στις κινητικές και γλωσσικές περιοχές κατά τη διαδικασία της γραφής.

Στην ίδια μετα-ανάλυση παρατηρήθηκε επίσης ενεργοποίηση στον άνω αριστερό μετωπιαίο λοβό και συγκεκριμένα στον αριστερό προκινητικό φλοιό που έχει χαρακτηριστεί ως το κύριο κέντρο γραφής-περιοχή του Exner και η οποία αποτελεί το σημείο σύγκλισης ορθογραφικών και γραφημικών αναπαραστάσεων και της παραγωγής κινητικών εντολών. Βλάβη στη συγκεκριμένη περιοχή επηρεάζει το σχηματισμό γραμμάτων και μπορεί να προκαλέσει έλλειμμα στο είδος ορθογραφικής βραχύχρονης μνήμης που διατηρεί τη γραφημική αναπαράσταση της λέξης κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης γραπτής απόκρισης (Planton et al., 2013).

Η τρίτη περιοχή που έδειξε αυξημένη ενεργοποίηση στη μετα-ανάλυση των Planton και συν. (2013) ήταν η δεξιά πρόσθια παρεγκεφαλίδα, η οποία εμπλέκεται στις σχετικές με τη γραφή και την κίνηση δεξιότητες, καθώς δημιουργεί πολλαπλές άμεσες ή έμμεσες συνδέσεις με τα περισσότερα τμήματα του εγκεφάλου. Βλάβη στην περιοχή αυτή επηρεάζει τον συντονισμό των εκούσιων κινήσεων, καθώς και γνωστικές λειτουργίες όπως η μνήμη, η προσοχή, η αντίληψη του χρόνου και άλλες. Άλλες περιοχές που ενεργοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία της γραφής ήταν ο πρωτογενής κινητικός και αισθησιοκινητικός φλοιός, οι συμπληρωματικές κινητικές περιοχές, ο θάλαμος, ο αριστερός προκινητικός φλοιός, η κάτω μετωπιαία έλικα (περιοχές του Brodmann 44 και 45, οι οποίες καθορίζουν την περιοχή του Broca) και η αριστερή ατρακτοειδής έλικα η οποία είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση και ανάκληση οπτικών γραφημικών εικόνων των λέξεων (Planton et al., 2013).

Σύμφωνα με τους Richards και συν. (2011) κατά τη διαδικασία της γραφής σαφώς και χρησιμοποιούμε τα μέρη του εγκεφάλου μας που είναι υπεύθυνα για τον κινητικό σχεδιασμό και τον κινητικό έλεγχο, αλλά αυτό που είναι πολύ σημαντικό κατά τη γραφή είναι η ενεργοποίηση μιας περιοχής του εγκεφάλου μας, της ατρακτοειδούς (έξω κροταφο-ινιακής) έλικας, όπου τα οπτικά ερεθίσματα γίνονται γλωσσικά και μετατρέπονται σε γράμματα και γραπτές λέξεις. Θα πρέπει πρώτα να δούμε τα γράμματα με το "μάτι του μυαλού", προκειμένου να τα

αποτυπώσουμε στη σελίδα σημειώνουν οι παραπάνω ερευνητές. Μελέτες λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου δείχνουν ότι η ενεργοποίηση αυτής της περιοχής διαφοροποιείται σημαντικά σε παιδιά που έχουν προβλήματα στη γραφή (James et al., 2016).

### Νευρωνικά δίκτυα για ανάγνωση και γραφή

Πώς όμως είμαστε βέβαιοι ότι τα εγκεφαλικά συστήματα που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια αναγνωστικών έργων δραστηριοποιούνται και σε διαδικασίες γραφής; Ποιος επιβεβαιώνει ότι η γραφή με το χέρι σχετίζεται και επηρεάζει την ανάπτυξη των αναγνωστικών ικανοτήτων; Γνωρίζουμε αν η γραφή με το χέρι (handwriting) αναπτύσσει τον εγκέφαλο και υποβοηθά την αναγνωστική ικανότητα του ατόμου περισσότερο από άλλες γραφικές διαδικασίες, όπως η πληκτρολόγηση (typing) ή η γραφή με τα δάχτυλα στον αέρα ή σε έναν πίνακα (tracing); Τα τελευταία χρόνια η νευροαπεικονιστική έρευνα επιχείρησε να απαντήσει τεκμηριωμένα στα παραπάνω ερωτήματα.

Σε μια πρώτη απόπειρα ελέγχου της υπόθεσης ότι η παθητική θέαση λατινικών γραμμάτων -η οποία αποτελεί προϋπόθεση για την έναρξη και τη διεκπεραίωση της αναγνωστικής διαδικασίας- μπορεί να ενεργοποιήσει κάποια από τα εγκεφαλικά αισθησιοκινητικά δίκτυα τα οποία εμπλέκονται επίσης στη διαδικασία της γραφής, οι Longcamp, Anton, Roth και Velay (2003) πραγματοποίησαν λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (fMRI) σε δεξιόχειρες ενήλικες. Παρατήρησαν ότι, όταν οι συμμετέχοντες παρατηρούσαν παθητικά τα γράμματα ενεργοποιούνταν ένα τμήμα του αριστερού προκινητικού τους φλοιού. Η ίδια εγκεφαλική περιοχή ενεργοποιούνταν ισχυρά όταν οι συμμετέχοντες έγραφαν τα γράμματα. Ιδιαίτερης σημασίας ήταν η παρατήρηση των ερευνητών ότι η περιοχή αυτή δεν ενεργοποιούνταν κατά την θέαση ψευδο-γραμμάτων, για τα οποία δεν υπήρχε προκαθορισμένο κινητικό πρόγραμμα. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι αυτή η ενεργοποίηση αντικατοπτρίζει την εμπλοκή κινητικών προγραμμάτων τα οποία είναι υπεύθυνα για τη γραφή του κάθε γράμματος, υποδεικνύοντας ότι η αναπαράσταση των γραμμάτων στον εγκέφαλο πιθανότατα δεν είναι μόνο οπτική, αλλά συμπεριλαμβάνει κι άλλα συστήματα του εγκεφάλου (όπως π.χ. το κινητικό) δημιουργώντας δίκτυα.

Σε μια περαιτέρω προσπάθεια διερεύνησης αν η γραφή γραμμάτων με το χέρι δημιουργεί αισθησιοκινητικά δίκτυα στον εγκέφαλο τα οποία υποστηρίζουν την ορθή αναγνώριση γραμμάτων, η οποία αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη της ανάγνωσης η James (2010) εκπαίδευσε τετράχρονα νήπια στην εκμάθηση γραμμάτων με δύο τρόπους: α) μέσω της παρουσίασης της εικόνας και της εκφοράς του ονόματος των γραμμάτων (see-and-say method), η οποία είναι αυτή που συνήθως χρησιμοποιείται στην προσχολική ηλικία και β) μέσω της γραφής τους με το χέρι, η οποία θεωρείται πιο δύσκολη σε αυτή την ηλικία. Πριν την έναρξη της εκπαίδευσης τους οι συμμετέχοντες στην έρευνα υποβλήθηκαν σε fMRI, στην οποία δεν παρατηρήθηκε καμία ενεργοποίηση του εγκεφάλου ειδική για τα γράμματα, δηλαδή οι εγκέφαλοι των νηπίων ανταποκρίνονταν με τον ίδιο τρόπο είτε έβλεπαν γράμματα είτε σχήματα (όπως τρίγωνα και τετράγωνα). Στις fMRI μετά την εκπαίδευση δεν παρατηρήθηκε κάποια διαφοροποιημένη εγκεφαλική ενεργοποίηση στα παιδιά της πρώτης ομάδας. Όμως, στη δεύτερη ομάδα που είχε εξασκηθεί μέσω της γραφής γραμμάτων με το χέρι παρατηρήθηκε ότι ενεργοποιούνται οπτικές περιοχές του εγκεφάλου, οι οποίες είναι ομόλογες με αυτές που εξειδικευμένα ενεργοποιούνται κατά την αναγνώριση γραμμάτων στα παιδιά που μαθαίνουν ανάγνωση (James, 2010). Το εύρημα αυτό συντέλεσε στην ισχυροποίηση της άποψης ότι η γραφή γραμμάτων με το χέρι δημιουργεί δεσμούς μεταξύ αισθητήριων (οπτικών) και κινητικών περιοχών του εγκεφάλου, ενισχύοντας το σχηματισμό εξειδικευμένων δικτύων του εγκεφάλου για τα γράμματα, τα οποία πιθανώς είναι χρήσιμα για την ανάπτυξη της ανάγνωσης.

Μια μεταγενέστερη μελέτη διερεύνησε αν επηρεάζουν την ανάπτυξη του εγκεφάλου και την αναγνωστική ικανότητα οι διαφορετικοί τρόποι παραγωγής γραπτού λόγου (James & Engelhardt, 2012). Πιο συγκεκριμένα διερεύνησαν τις περιοχές που ενεργοποιούνται κατά την διάρκεια της αντίληψης των γραμμάτων μετά από διαφορετικές δραστηριότητες γραφής σε δεκαπέντε δεξιόχειρα παιδιά ηλικίας 4-5 ετών. Οι δραστηριότητες

γραφής περιλάμβαναν δραστηριότητες με τη χρήση μολυβιού (handwriting), με τα δάχτυλα στον αέρα ή σε έναν πίνακα (tracing) και δραστηριότητες πληκτρολόγησης (typing). Μετά τις δραστηριότητες γραφής (και των 3 τύπων), έδειξαν στα παιδιά εικόνες των ερεθισμάτων, καθώς υποβάλλονταν σε λειτουργική απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού (fMRI), προκειμένου να εντοπιστούν οι περιοχές του εγκεφάλου τους που ενεργοποιούνται. Τους έδειχναν τόσο ερεθίσματα που προηγουμένως είχαν γράψει και που δεν είχαν γράψει, ώστε να διαπιστώσουν την επίδραση που έχει ο διαφορετικός τρόπος γραφής στην οπτική αντίληψη.

Τα αποτελέσματα των James και Engelhardt (2012) έδειξαν ότι η γραφή με το χέρι στα νήπια ενεργοποιεί τα αναγνωστικά συστήματα του εγκεφάλου τους περισσότερο από τις άλλες αισθησιοκινητικές τεχνικές. Συγκεκριμένα, μετά από την εξάσκηση στη γραφή με το χέρι ενεργοποιούνται περισσότερο η κάτω μετωπιαία έλικα, η αριστερή πρόσθια έλικα του προσαγωγίου (εμπλέκεται σε δραστηριότητες γνωστικού ελέγχου) και κυρίως η αριστερή ατρακτοειδής έλικα, συγκριτικά με την εξάσκηση στη γραφή με το πληκτρολόγιο. Επίσης η γραφή των γραμμάτων με το χέρι ενεργοποιεί τον οπίσθιο βρεγματικό φλοιό. Η κάτω μετωπιαία έλικα, η ατρακτοειδής έλικα και ο οπίσθιος βρεγματικός φλοιός είναι περιοχές του εγκεφάλου οι οποίες υποβοηθούν την αναγνωστική ικανότητα. Επίσης η κάτω μετωπιαία έλικα και ο οπίσθιος βρεγματικός φλοιός εμπλέκονται στη διαδικασία της γραφής. Με βάση τα παραπάνω οι ερευνητές κατέληξαν ότι η αντίληψη των γραμμάτων βοηθιέται από την εμπειρία της προσωπικής γραφής με το χέρι κι αντίστοιχα η γραφή με το χέρι είναι σημαντική βάση για την επεξεργασία των γραμμάτων στον εγκέφαλο (James & Engelhardt, 2012). Έτσι, από τις δύο προηγούμενες έρευνες μπορούμε να συνάγουμε ότι η γραφή με το χέρι συμβάλλει στη δημιουργία ενός δικτύου ενεργοποίησης στον εγκέφαλο, πάνω στο οποίο είναι γνωστό ότι βασίζεται η επεξεργασία των γραμμάτων σε ενήλικες, άρα αναπτύσσει ένα δίκτυο που χρησιμοποιείται σε ανάγνωση και γραφή.

Για να επιβεβαιώσει την παραπάνω άποψη, μια πολύ πρόσφατη έρευνα (Vinci-Booher et al., 2016) χρησιμοποίησε την τεχνική της λειτουργικής συνδεσιμότητας (functional connectivity) του εγκεφάλου, μια μέθοδο που χρησιμοποιείται για να καθορίσει εάν κάποιες περιοχές του εγκεφάλου επικοινωνούν για έναν συγκεκριμένο σκοπό. Αυτή η τεχνική απαιτεί τον καθορισμό μιας «περιοχής ενδιαφέροντος» στον εγκέφαλο, που στην περίπτωση αυτή ήταν η αριστερή ατρακτοειδής έλικα, και αποσκοπεί στον προσδιορισμό σε ολόκληρο τον εγκέφαλο περιοχών που συνδέονται λειτουργικά με αυτή την περιοχή ενδιαφέροντος. Οι αναλύσεις αποκάλυψαν ότι, πράγματι, η ατρακτοειδής έλικα η οποία ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια αντίληψης των γραμμάτων συνδέεται λειτουργικά με κινητικές περιοχές του εγκεφάλου μόνο ως αποτέλεσμα της διαδικασίας γραφής με το χέρι (Vinci-Booher et al., 2016).

Σε μία άλλη έρευνα εξετάστηκε το ερώτημα αν η γραφή με το χέρι, είναι πραγματικά απαραίτητη για την εκμάθηση των γραμμάτων και τη δημιουργία του αισθησιοκινητικού δικτύου πάνω στο οποίο βασίζεται η αντίληψη των γραμμάτων και η ανάγνωση. Για το σκοπό αυτό οι Kersey και James (2013) χρησιμοποίησαν στην έρευνα τους δεκαεπτά δεξιόχειρα παιδιά με μέσο όρο ηλικίας 7.4 έτη. Όλα μπορούσαν να διαβάσουν και να γράψουν φυσιολογικά και δεν είχαν διδαχτεί προηγουμένως γραφή καλλιγραφικών γραμμάτων. Μετά τον πρό-έλεγχο και αφού διαπιστώθηκε ότι τα παιδιά δεν αναγνώριζαν τα καλλιγραφικά γράμματα που επρόκειτο να διδαχθούν, προχώρησαν στην φάση εκπαίδευσής τους στα συγκεκριμένα γράμματα. Τα παιδιά έμαθαν οχτώ καλλιγραφικά γράμματα συμπληρώνοντας μόνα τους φύλλα εργασίας με τη μέθοδο της αντιγραφής με το χέρι των καλλιγραφικών γραμμάτων που τους παρουσιάστηκαν. Η εκμάθηση του κάθε γράμματος επαναλήφθηκε οχτώ φορές. Επιπρόσθετα έμαθαν άλλα οχτώ γράμματα παρακολουθώντας τον ερευνητή να συμπληρώνει αντίστοιχα φύλλα εργασίας καλλιγραφικών γραμμάτων. Ακολούθησε fMRI κατά την οποία τα παιδιά κλήθηκαν να αναγνωρίσουν με παθητικό τρόπο, δηλαδή με οπτική παρακολούθηση, καλλιγραφικά γράμματα που προηγουμένως έμαθαν και άλλα που δεν έμαθαν.

Τα αποτελέσματα της έρευνας των Kersey και James (2013) έδειξαν ότι η εκπαίδευση με ενεργό συμμετοχή του παιδιού (γραφή με το χέρι) οδηγεί σε αυξημένη ενεργοποίηση του αισθησιοκινητικού δικτύου που σχετίζεται

με την αντίληψη γραμμάτων καθώς και της νήσου του εγκεφάλου (αλλιώς "νήσος του Reil", που είναι υπεύθυνη για τη φωνολογική επεξεργασία γραμμάτων) και του ταινιοειδούς πυρήνα (υπεύθυνος μαζί με τη νήσο του εγκεφάλου για τον συγχρονισμό αισθησιοκινητικών σημάτων κατά τη γραφή), κάτι που δεν έγινε μετά την παθητική παρατήρηση των γραμμάτων. Όταν έγινε σύγκριση των δύο διαφορετικών τρόπων εκμάθησης με την κατάσταση ηρεμίας των παιδιών παρατηρήθηκε ότι μόνο με την ενεργή εκμάθηση με γραφή με το χέρι ενεργοποιείται η ατρακτοειδής έλικα (περιοχή που είναι υπεύθυνη για την κατανόηση γραμμάτων) περισσότερο απ' ό,τι στην κατάσταση ηρεμίας. Φάνηκε λοιπόν να υπάρχει τάση για ενεργοποίηση και της αριστερής και της δεξιάς ατρακτοειδούς έλικας κατά την αντίληψη γραμμάτων που έχουν διδαχτεί με γραφή με το χέρι. Επίσης, μετά την εκπαίδευση της γραφής με το χέρι ενεργοποιήθηκαν αμφίπλευρα και η νήσος του εγκεφάλου και ο ταινιοειδής πυρήνας, καθώς και οι αριστερή προκεντρική και αριστερή μετακεντρική έλικα. Η αριστερή προκεντρική έλικα που ανήκει στον κινητικό φλοιό ενεργοποιήθηκε περισσότερο κατά την κατανόηση γραμμάτων που είχαν μαθευτεί με γραφή με το χέρι. Εύρημα λογικό, εφόσον η αριστερή προκεντρική έλικα σχετίζεται με την αντίληψη γραμμάτων και θεωρείται ότι ενεργοποιεί αποθηκευμένες κινητικές πληροφορίες που σχετίζονται με την παραγωγή γραμμάτων.

Με βάση τα παραπάνω, οι Kersey και James (2013) κατέληξαν ότι τα δίκτυα αυτά του εγκεφάλου που φαίνονται να ενεργοποιούνται κατά την αναγνώριση γραμμάτων μετά την ενεργητική εκμάθηση των γραμμάτων αυτών με τη μέθοδο της γραφής με το χέρι, είναι τα ίδια αισθησιοκινητικά δίκτυα που ενεργοποιούνται κατά την αναγνώριση γραμμάτων και κατά την ανάγνωση. Όμως, οι ερευνητές δε διαπίστωσαν ενεργοποίηση των παραπάνω εγκεφαλικών περιοχών κατά την παθητική εκμάθηση γραμμάτων με παρατήρηση (Kersey & James, 2013). Εν ολίγοις, για ένα άτομο που ξεκινά να μαθαίνει το γραπτό λόγο, η εκμάθηση των γραμμάτων μέσω της γραφής με το χέρι οδηγεί στην δόμηση ενός δικτύου επεξεργασίας των γραμμάτων στον εγκέφαλο του. Όμως, ο λόγος για τον οποίο η γραφή με το χέρι είναι πιο αποτελεσματική στην ενίσχυση της γνώσης των γραμμάτων, σε σχέση με την παθητική εκμάθηση γραμμάτων με παρατήρηση, είναι επειδή η κινητική παραγωγή των μεταβλητών μορφών των γραμμάτων από το ίδιο το άτομο ενεργοποιεί και κινητικά δίκτυα στον εγκέφαλο του, τα οποία αξιοποιούνται και στη διαδικασία της ανάγνωσης.

Εάν η εκμάθηση της γραφής κινέζικων χαρακτήρων επηρεάζει το δίκτυο ανάγνωσης του εγκεφάλου για τους χαρακτήρες αυτούς, εξετάστηκε σε μία άλλη νευροαπεικονιστική διερεύνηση της επίδρασης του τρόπου γραφής στην ανάπτυξη της αναγνωστικής ικανότητας (Cao et al., 2013). Στην έρευνα συμμετείχαν 17 φοιτητές, οι οποίοι μάθαιναν τα κινέζικα ως ξένη γλώσσα και εκπαιδεύτηκαν στην γραφή 30 κινέζικων χαρακτήρων και στη γραφή 30 χαρακτήρων pinyin (κείμενο στην κινεζική γλώσσα γραμμένο όμως με λατινικούς χαρακτήρες). Η fMRI που πραγματοποιήθηκε μετά την εκμάθηση, κατά τη διάρκεια της παθητικής θέασης κινέζικων χαρακτήρων ανέδειξε διαφορετικά δίκτυα ανάγνωσης κινεζικών χαρακτήρων και αγγλικών λέξεων. Πέραν αυτών των αναμενόμενων διαφορών, οι ερευνητές παρατήρησαν ότι η γραφή χαρακτήρων, σε σχέση με την γραφή pinyin, προκαλεί μεγαλύτερη συμμετοχή και ενεργοποίηση του αισθησιο-κινητικού φλοιού κατά τη διάρκεια της αναγνώρισης χαρακτήρων. Επιπλέον, παρατήρησαν ότι η γραφή χαρακτήρων δημιουργεί, ισχυρότερες συνδέσεις ανάμεσα στην ορθογραφία και τη σημασιολογία, δείχνοντας μεγαλύτερη δραστηριοποίηση των μέσω κροταφικών ελίκων αμφίπλευρα. Η γραφή pinyin δημιουργεί ισχυρότερες συνδέσεις μεταξύ της ορθογραφίας και της φωνολογίας, παράγοντας μεγαλύτερη δραστηριοποίηση στις κάτω μετωπιαίες έλικες αμφίπλευρα και στην αριστερή άνω κροταφική έλικα. Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η γραφή χαρακτήρων καθιερώνει μια υψηλότερης ποιότητας αναπαράσταση της οπτικο-χωρικής δομής του χαρακτήρα και της ορθογραφίας του. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι η γραφή χαρακτήρων αυξάνει την ενεργοποίηση του αισθησιοκινητικού φλοιού και κατά την αναγνώριση χαρακτήρων, γεγονός που υποδηλώνει ότι όταν η μάθηση μια δεξιότητας εμπλέκει και μηχανισμούς αισθησιοκινητικούς -μέσω της γραφής στη συγκεκριμένη περίπτωση- είναι πιο αποτελεσματική, καθώς ενεργοποιεί περισσότερα νευρωνικά δίκτυα (Cao et al., 2013).

Τέλος, σε μία ακόμη νευροαπεικονιστική έρευνα (Gimenez et al., 2014) οι ερευνητές εξετάζοντας τη σχέση ανάμεσα στη γραφή και την φωνολογία, προσπάθησαν να αποδείξουν ότι η γραφή συνδέεται με την ανάγνωση, καθώς, η κατάκτηση της φωνολογίας συνδέεται με την κατάκτηση της ανάγνωσης. Η μελέτη επικεντρώθηκε σε φωνολογικές και γραφικές δραστηριότητες και επιχείρησε να εντοπίσει ατομικές διαφορές που σχετίζονται με την ποιότητα γραφής σε 46 παιδιά ηλικίας 5-6 ετών, τα οποία μόλις άρχιζαν να μαθαίνουν να διαβάζουν και να γράφουν (Gimenez et al., 2014). Οι ερευνητές προσπάθησαν να εντοπίσουν ποιες περιοχές ενεργοποιούνται κατά την διάρκεια των δραστηριοτήτων με τη χρήση της fMRI, ενώ με τη χρήση δομικής μαγνητικής απεικόνισης εκτίμησαν τον όγκο της φαιάς ουσίας σε κάθε περιοχή ενδιαφέροντος. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι η καλή ποιότητα γραφής συσχετίστηκε αρνητικά με την ενεργοποίηση και θετικά με τον όγκο της φαιάς ουσίας στην τριγωνική μοίρα (pars triangularis) της κατώτερης μετωπιαίας έλικας. Αυτή η περιοχή, ιδιαίτερα στο αριστερό ημισφαίριο σε ενήλικες και αμφίπλευρα σε μικρά παιδιά, είναι σημαντική για την αποκωδικοποίηση, τη φωνολογική επεξεργασία και την υποφωνητική εκφώνηση του λόγου. Οι ερευνητές κατέληξαν ότι η κατώτερη μετωπιαία έλικα μπορεί να είναι ένας βασικός σύνδεσμος μεταξύ της φωνολογικής επεξεργασίας και της ποιότητας του χειρογράφου κατά τις πρώτες φάσεις της γλωσσικής ανάπτυξης και ότι υπάρχει στενή νευρολογική σύνδεση ανάμεσα στην γραφή με το χέρι και την φωνολογία (Gimenez et al., 2014). Συμπέραναν, ότι η ανάπτυξη της γραφής με το χέρι σε ικανοποιητικό βαθμό, έχει σαν αποτέλεσμα την επιτυχή εξέλιξη της φωνολογικής διαδικασίας, συνεπώς και την επιτυχή ανάπτυξη της αναγνωστικής ικανότητας (Gimenez et al., 2014).

## Συζήτηση – Συμπεράσματα

Από την ανασκόπηση των νευροαπεικονιστικών μελετών που προηγήθηκε είναι εμφανές ότι η γραφή ενεργοποιεί ένα μεγάλο αριθμό αισθητηριακών και κινητικών περιοχών του εγκεφαλικού φλοιού, καθώς το οπτικό ή το ακουστικό ερέθισμα υποβάλλεται σε επεξεργασία από τις οπτικές ή ακουστικές περιοχές και μετατρέπεται σε κινήσεις των χεριών για τη γραφή, ενώ ταυτόχρονα επιτελείται μια διεργασία οπτικής ανάδρασης σε απευθείας σύνδεση με τον ινιακό λοβό. Συνήθως οι παρατηρούμενες έντονες αισθησιοκινητικές ενεργοποιήσεις αφορούν το αριστερό ημισφαίριο και σχετίζονται με τη χρήση του δεξιού χεριού. Οι τέσσερις κύριοι κόμβοι ενεργοποίησης του εγκεφάλου κατά τη διαδικασία της γραφής στις μελέτες απεικόνισης του εγκεφάλου είναι ο ραχιαίος προκινητικός φλοιός, ο κοιλιακός προκινητικός φλοιός, ο ανώτερος βρεγματικός φλοιός και η ατρακτοειδής έλικα (Longcamp et al., 2016). Επιπλέον, η παρεγκεφαλίδα, μία άλλη σημαντική δομή για τη γραφή, παρουσιάζει έντονη ενεργοποίηση, καθώς σχετίζεται με το συντονισμό κινήσεων και ενεργοποιείται όχι μόνο όταν γράφει κάποιος με το χέρι αλλά και απουσία κίνησης (Planton et al., 2013).

Επιπρόσθετα, τα νευροαπεικονιστικά ευρήματα τόσο για τα παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας όσο και για τους ενήλικες δείχνουν ότι η γραφή με το χέρι επιδρά στην ανάπτυξη του εγκεφάλου και ενεργοποιεί τα αναγνωστικά συστήματα του εγκεφάλου περισσότερο από άλλες αισθησιοκινητικές τεχνικές. Η εκμάθηση της γραφής βασίζεται στην ανάπτυξη ενός δικτύου δομών του εγκεφάλου των οποίων η συμμετοχή και η διασύνδεση είναι ειδική για τη γραφή των χαρακτήρων του αλφαβήτου. Το δίκτυο αυτό δομείται για την κοινή εκμάθηση της γραφής και της ανάγνωσης και εξαρτάται από το επίπεδο της εμπειρίας του συγγραφέα. Όπως υποδεικνύουν αρκετές πλέον νευροαπεικονιστικές μελέτες (Cao et al., 2013· James, 2010· James & Engelhardt, 2012· Kersey & James, 2013· Longcamp et al., 2003· Vinci-Booher et al., 2016), η αντίληψη των γραμμάτων βοηθιέται από την εμπειρία της γραφής με το χέρι στην οποία βασίζεται και η ικανότητα επεξεργασίας των γραμμάτων στον εγκέφαλο του ατόμου κατά την ανάγνωση. Τα δίκτυα του εγκεφάλου που φαίνονται να ενεργοποιούνται κατά την αναγνώριση γραμμάτων μετά την ενεργή εκμάθηση των γραμμάτων αυτών με τη μέθοδο της γραφής με το χέρι, είναι τα ίδια αισθησιοκινητικά δίκτυα που ενεργοποιούνται κατά την αναγνώριση γραμμάτων και κατά την ανάγνωση. Έτσι η αισθησιοκινητική εμπειρία με τη μορφή γραφής με το χέρι αναπτύσσει τον εγκέφαλο και φαίνεται να υποβοηθά την αναγνωστική ικανότητα του ατόμου.

Επιπλέον, μία πρόσφατη μελέτη φαίνεται να συσχετίζει θετικά την ποιότητα γραφής με τη φωνολογία. Η μελέτη αυτή υποδεικνύει ότι η ανάπτυξη της γραφής με το χέρι συντελεί στην επιτυχή εξέλιξη της φωνολογικής διαδικασίας, και συνεπώς στην επιτυχή ανάπτυξη της αναγνωστικής ικανότητας (Gimenez et al., 2014).

Σύμφωνα με πρόσφατες προσεγγίσεις (James et al., 2016), ένα τεκμηριωμένο εννοιολογικό μοντέλο των συστημάτων γραφής στον εγκέφαλο περιλαμβάνει τέσσερα γλωσσικά συστήματα, την ακουστική αντίληψη της γλώσσας, την οπτική αντίληψη της γλώσσας, την παραγωγή προφορικού λόγου, και την παραγωγή γραπτού λόγου. Καθένα από αυτά τα συστήματα είναι πολυεπίπεδο, καθώς από τα φωνήματα περνά στις λέξεις κι από εκεί στη σύνταξη πολλών λέξεων και τη διαμόρφωση κειμένου. Επιπλέον, καθένα από αυτά τα γλωσσικά συστήματα αλληλεπιδρά με άλλα συστήματα και με αισθησιοκινητικά, γνωστικά, συναισθηματικά και συστήματα εκτελεστικής λειτουργίας και προσοχής στον εγκέφαλο. Ωστόσο, ποιο από τα συστήματα αλληλεπιδρά με άλλα συστήματα ή με συγκεκριμένα επίπεδα ή δεξιότητες σε άλλα συστήματα, εξαρτάται από το αναπτυξιακό επίπεδο του ατόμου που γράφει και το συγκεκριμένο γλωσσικό ή γραφικό έργο (James et al., 2016).

Τα παραπάνω ευρήματα έχουν όπως υποστηρίζει και η James (2017) πολύ σημαντικές εκπαιδευτικές εφαρμογές για την ανάπτυξη του γραμματισμού των παιδιών. Όπως φάνηκε από τις μελέτες που παρουσιάστηκαν η γραφή με το χέρι είναι μία διαδικασία στην οποία τα παιδιά θα πρέπει να εμπλέκονται και να εκπαιδεύονται νωρίς στην προσχολική ηλικία, καθώς φαίνεται να συμβάλλει στην καλύτερη αντίληψη και κατανόηση της οπτικής μορφής και της ακουστικής χροιάς των γραμμάτων κι ως εκ τούτου στην ανάπτυξη του γραμματισμού. Επιπλέον, οι νευροαπεικονιστικές μελέτες υποδεικνύουν ότι η εμπλοκή κινητικών συστημάτων (μέσω της γραφής με το χέρι) και η αλληλεπίδρασή τους με αισθητηριακά συστήματα συμβάλλει ουσιαστικά στη συνεργασία και τη σύνδεση των εγκεφαλικών συστημάτων σε λειτουργικά δίκτυα. Το γεγονός αυτό καθιστά τις εκπαιδευτικές και διδακτικές διαδικασίες που διεκπεραιώνονται μέσω της πράξης πιο αποτελεσματικές. Συμπερασματικά, τα δεδομένα από τις έρευνες που παρουσιάσαμε υποστηρίζουν την ιδιαίτερη αξία της εκπαίδευσης στη γραφή με το χέρι, ακόμα και στη σημερινή εποχή που εναλλακτικοί τρόποι γραφής χρησιμοποιούνται ευρύτατα.

Όπως φάνηκε από τις έρευνες που παρουσιάσαμε και όπως αναφέρουν κι άλλοι ερευνητές (James et al., 2016) οι προσπάθειες κατανόησης του τρόπου οργάνωσης του εγκεφάλου για τη γραφή, αλλά και της σχέσης της με την ανάπτυξη των αναγνωστικών ικανοτήτων είναι ακόμα στην αρχή τους. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να διερευνήσουν αν η γραφή με το χέρι επηρεάζει την κατανόηση και τη σημασιολογική επεξεργασία λέξεων και φράσεων και πώς συμβάλλει στην απόδοση νοημάτων σε λέξεις και φράσεις. Επίσης, θα μπορούσε να ερευνηθεί το πώς η γραφή με το χέρι επηρεάζει την ανάπτυξη του εγκεφάλου και την αναγνωστική ικανότητα των παιδιών με μαθησιακές δυσκολίες, με ΔΕΠ-Υ, με αναπτυξιακή γλωσσική διαταραχή και να γίνει σύγκριση με τα τυπικά αναπτυσσόμενα παιδιά που μελετήθηκαν κυρίως στις μέχρι σήμερα έρευνες. Τέλος, θα είναι ιδιαίτερα σημαντικό να μελετήσουμε τι μπορεί ενδεχομένως να τροποποιηθεί στα εγκεφαλικά δίκτυα γραφής / ανάγνωσης, εάν η γραφή με το χέρι αντικατασταθεί με την πληκτρολόγηση κατά τη διδασκαλία στο σχολείο και ποια θα ήταν η επίπτωση μιας τέτοιας δραστικής αλλαγής τόσο στη γραφή και την ανάγνωση των παιδιών στις επόμενες γενιές.

## Βιβλιογραφία

- Abbott, R. D., Berninger, V. W., & Fayol, M. (2010). Longitudinal relationships of levels of language in writing and between writing and reading in grades 1-7. *Journal of Educational Psychology, 102*, 281-298. <https://doi.org/10.1037/a0019318>
- Ahmed, Y., Wagner, R. K., & Lopez, D. (2014). Developmental relations between reading and writing at the word, sentence, and text levels: A latent change score analysis. *Journal of Educational Psychology, 106*(2), 419-434. <https://doi.org/10.1037/a0035692>
- Alexander, M.P., Fischer, R.S. & Friedman, R. (1992). Lesion localization in apractic agraphia *Archives of Neurology, 49*(3), 246-251. <https://doi.org/10.1001/archneur.1992.00530270060019>
- Auerbach, S.H. & Alexander, M.P. (1981). Pure agraphia and unilateral optic ataxia associated with a left superior parietal lobule lesion. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry, 44*(5), 430-432. <https://doi.org/10.1136/jnnp.44.5.430>
- Berninger, V. & Winn, W. (2016). Implications of advancements in brain research and technology for writing development, writing instruction, and educational evolution. In MacArthur C., Graham S., Fitzgerald J. (Eds.), *Handbook of writing research* (2nd ed., pp. 96-114). Guilford.
- Berninger, V., Dunn, A., Lin, S. & Shimada, S. (2004). School evolution: Scientist-practitioner educators creating optimal learning environments for ALL students. *Journal of Learning Disabilities, 37*, 500-508. <https://doi.org/10.1177/00222194040370060401>
- Berninger, V., Vaughan, K., Abbott, R., Abbott, S., Brooks, A., Rogan, L., Reed, E. & Graham, S. (1997). Treatment of handwriting fluency problems in beginning writing: Transfer from handwriting to composition. *Journal of Educational Psychology, 89*, 652-666. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.4.652>
- Βλάχος, Φ. (2018). Η επίδραση της γραφής με το χέρι στην οργάνωση του εγκεφάλου: Ευρήματα από το χώρο των νευροεπιστημών. Στο: Βλάχος Φ. (Επιμ.) *Εγκέφαλος μάθηση και ειδική αγωγή* (σελ. 146-160). Gutenberg.
- Βλάχος, Φ. & Παπαδημητρίου, Α. (2003). Διερεύνηση των προβλημάτων γραφής σε παιδιά σχολικής ηλικίας. *Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Ψυχολογίας Α.Π.Θ., Τόμος Ε΄*, 369-381.
- Cain, H. (2007). *The relationship between phoneme/grapheme correspondence and level of writing and spontaneity of writing in kindergarten students*. [Unpublished doctoral dissertation]. Walden University, Georgia.
- Cao, F., Vu, M., Chan, L., Lawrence, J., Harris, L., Guan, Q., Xu, Y. & Perfetti, C. (2013). Writing affects the brain network of reading in Chinese: A functional magnetic resonance imaging study. *Human Brain Mapping, 34*, 1670-1684. <https://doi.org/10.1002/hbm.22017>
- Carr-Hill, R. (2008). *International Literacy Statistics: A Review of Concepts, Methodology and Current Data*. UNESCO Institute for Statistics.
- Connelly, V., Gee, D., & Walsh, E. (2007). A comparison of keyboarded and handwritten compositions and the relationship with transcription speed. *British Journal of Educational Psychology, 77*, 479-492. <https://doi.org/10.1348/000709906X116768>
- Crook, C., & Bennett, L. (2007). Does using a computer disturb the organization of children's writing? *British Journal of Developmental Psychology, 25*(2), 313-321. <https://doi.org/10.1348/026151006X143164>
- Gimenez, P., Bugescu, N., Black, J. M., Hancock, R., Pugh, K., Nagamine, M., Kutner, E., Mazaika, P., Hendren, R., McCandliss, B.D. & Hoeft, F. (2014). Neuroimaging correlates of handwriting quality as children learn to read and write. *Frontiers in human neuroscience, 8*, 155. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00155>
- Hall, A., Simpson, A., Guo, Y., & Wang, S. (2015). Examining the effects of preschool writing instruction on emergent literacy skills: A systematic review of the literature. *Literacy Research and Instruction, 54*, 115-134. <https://doi.org/10.1080/19388071.2014.991883>
- James, K. (2010). Sensori-motor experience leads to changes in visual processing in the developing brain. *Developmental Science, 13*, 279-288. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00883.x>
- James, K. (2017). The importance of handwriting experience on the development of the literate brain. *Current Directions in Psychological Science, 26*, 502-508. <https://doi.org/10.1177/0963721417709821>
- James, K., & Engelhardt, L. (2012). The effects of handwriting experience on functional brain development in pre-literate children. *Trends in Neuroscience and Education, 1*, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2012.08.001>

- James, K., Jao, R. & Berninger, V. (2016). The development of multileveled writing systems of the brain: Brain lessons for writing instruction. In MacArthur C. A., Graham S., Fitzgerald J. (Eds.), *Handbook of writing research* (2nd ed., pp. 116-129). Guilford.
- Kersey, A.J., & James, K.H. (2013). Brain activation patterns resulting from learning letter forms through active self-production and passive observation in young children. *Frontiers in psychology*, 4, 567. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00567>
- Kim, Y-S. G., Petscher, Y., Wanzek, J., & Al Otaibaet, S. (2018). Relations between reading and writing: a longitudinal examination from grades 3 to 6. *Reading & Writing*, 31, 1591-1618. <https://doi.org/10.1007/s11145-018-9855-4>
- Longcamp, M., Anton, J. L., Roth, M., & Velay, J. L. (2003). Visual presentation of single letters activates a premotor area involved in writing. *Neuroimage*, 19, 1492-1500. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00088-0](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00088-0)
- Longcamp, M., Richards, T. L., Velay, J-L., & Berninger, V. W. (2016). Neuroanatomy of Handwriting and Related Reading and Writing Skills in Adults and Children with and without Learning Disabilities: French-American Connections. *Pratiques*, [Online], 171-172. <http://pratiques.revues.org/3175>.
- Πόρποδας, Κ. (2002). *Η ανάγνωση*. Αυτοέκδοση.
- Planton, S., Jucla, M., Roux, F. E., & Démonet, J. F. (2013). The “handwriting brain”: a meta-analysis of neuroimaging studies of motor versus orthographic processes. *Cortex*, 49(10), 2772-2787. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2013.05.011>
- Purcell, J., Turkeltaub, P., Eden, G., & Rapp, B. (2011). Examining the central and peripheral processes of written word production through meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 2, 239. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00239>
- Richards, T.L., Berninger, V.W., Stock, P., Altemeier, L., Trivedi, P. & Maravilla, K. (2011). Differences between good and poor child writers on fMRI contrasts for writing newly taught and highly practiced letter forms. *Reading & Writing*, 24, 493-516. <https://doi.org/10.1007/s11145-009-9217-3>
- Ritchev, K. (2008). The building blocks of writing: Learning to write letters and spell words. *Reading & Writing*, 21, 27-47. <https://doi.org/10.1007/s11145-007-9063-0>
- Scarone, P., Gatignol, P., Guillaume, S., Denvil, D., Capelle, L., & Duffau H. (2009). Agraphia after awake surgery for brain tumor: New insights into the anatomo-functional network of writing. *Surgical Neurology*, 72(3), 223-241. <https://doi.org/10.1016/j.surneu.2008.10.074>
- Σίμος, Π., Μουζάκη, Α., & Παπανικολάου, Α. (2004). Η λειτουργία της ανάγνωσης και οι διαταραχές της: Η συμβολή των μεθόδων λειτουργικής απεικόνισης του εγκεφάλου. *Hellenic Journal of Psychology*, 1, 56-79.
- Tan, L. H., Spinks, J. A., Eden, G. F., Perfetti, C. A., & Siok, W. T. (2005). Reading depends on writing, in Chinese. *Proceedings of the National Academy of Science U.S.A.*, 102, 8781-8785. <https://doi.org/10.1073/pnas.0503523102>
- Vinci-Booher, S., James, T. W., & James, K. H. (2016). Visual-motor functional connectivity in preschool children emerges after handwriting experience. *Trends in Neuroscience & Education*, 5(3), 107-120. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2016.07.006>
- Vlachos, F., & Bonoti, F. (2006). Explaining age and sex differences in children’s handwriting: A neurobiological approach. *European Journal of Developmental Psychology*, 3, 113-123. <https://doi.org/10.1080/17405620500371455>
- Volman, M., van Schendel, B. & Jongmans, M. (2006). Handwriting Difficulties in Primary School Children: A Search for Underlying Mechanisms. *American Journal of Occupational Therapy*, 60(4), 451-460. <https://doi.org/10.5014/ajot.60.4.451>
- Wollscheid, S., Sjaastad, J. & Tømte, C. (2016). The impact of digital devices vs. Pen(cil) and paper on primary school students' writing skills – A research review, *Computers & Education*, 95, 19-35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.12.001>

# The benefits of handwriting in the development of reading ability: a review of neuroimaging findings

Filippos VLACHOS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Special Education, University of Thessaly, Volos, Greece

---

## KEYWORDS

brain,  
handwriting,  
neuroimaging,  
reading ability

---

## CORRESPONDENCE

Filippos Vlachos,  
Department of Special  
Education,  
University of Thessaly,  
Argonafton & Filellinon str.,  
Volos 38 221, Greece.  
Tel:24210-74739,  
email: [fvlachos@uth.gr](mailto:fvlachos@uth.gr)

---

## ABSTRACT

Although reading and writing are often treated as two separate processes, the research data of recent years suggest that these two functions seem to be interrelated and one depends on the other. The aim of this study was to examine whether handwriting is related to and, further, influences the development of reading abilities. To this end, we have reviewed neuroimaging research conducted over the last fifteen years. Research findings, both for pre-school and early-school children, as well as for adults, showed that handwriting influences brain development and activates brain reading systems more than other sensory kinetic techniques. Neuroimaging revealed that learning to write is based on the development of a network of brain structures, which includes the dorsal premotor cortex, the ventral premotor cortex, the upper parietal cortex and the fusiform gyrus of the left hemisphere in right-handed persons, as well as the contralateral cerebellum, structures whose participation and interconnection are specific to the writing of alphabet characters. This network is structured for the common learning of writing and reading and depends on the level of the writer's experience. The perception of letters is helped by the handwriting experience, upon which the ability to process the letters in the person's brain during reading is also based. The brain networks that appear to be triggered when identifying letters following the learning of these letters through handwriting are the same sensory kinetic networks that are activated during letter recognition and reading. In conclusion, the sensory experience gained through handwriting seems to develop the brain and strengthens the person's ability to read.