



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**Κατασκευή συστήματος με αισθητήρες με στόχο την
ανίχνευση των παιδιών με δυσγραφία**

ΚΟΝΙΑΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Επιβλέπων
ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Λαμία, 19-3-2020



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE

**Construct and implement a system of sensors in order to
screen children with writing disorders (dysgraphia)**

KONIDARIS KONSTANTINOS

Master thesis

STAMOULIS GEORGE

Lamia 19-3-2020



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ**

**«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ»**

**Κατασκευή συστήματος με αισθητήρες με στόχο την
ανίχνευση των παιδιών με δυσγραφία**

ΚΟΝΙΔΑΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επιβλέπων
ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

Λαμία, 2020

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο [«τίτλος εργασίας»] αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο/Η ΔΗΛΩΝ/-ΟΥΣΑ

Ημερομηνία

Υπογραφή

**Κατασκευή συστήματος με αισθητήρες με στόχο την
ανίχνευση των παιδιών με δυσγραφία**

ΚΟΝΙΔΑΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Τριμελής Επιτροπή:

Σταμούλης Γεώργιος (επιβλέπων)

Δημητρίου Γεώργιος

Ζυγούρης Νικόλαος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή - Οι μαθησιακές δυσκολίες	1
Η έρευνα της δυσλεξίας χθες και σήμερα	4
Έρευνες για τη γραφή: Γιατί;	13
Ο ρόλος των αναπτυξιακών περιορισμών στην κατάκτηση των δεξιοτήτων γραφής	15
Η γραφή ως μια σύνθετη ψυχοκινητική δεξιότητα	19
Η αρχιτεκτονική δομή του Spelling	23
Η διαδικασία παραγωγής γραπτού λόγου: Αναζητώντας το κατάλληλο ερμηνευτικό μοντέλο... ..	28
Η νευροψυχολογία των διαταραχών γραπτής έκφρασης: Μια ιστορική προσέγγιση	35
Ορισμός και ταξινόμηση των διαταραχών της γραφής	40
Η δομή του «γράφωντος εγκεφάλου» μέσα από νευροαπεικονιστικές μελέτες	45
Σκοπός – Μεθοδολογία	50
Περιγραφή Εργαλείου Ανίχνευσης	53
Στατιστική ανάλυση	82
Συμπέρασμα	97
Χρησιμότητα	99
Βιβλιογραφία	100

Εισαγωγή - Οι μαθησιακές δυσκολίες

Η δυσκολία ενός κοινώς αποδεκτού ορισμού των «μαθησιακών δυσκολιών» οφείλεται στην αδυναμία να καλύψει το σύνολο των σχετικών περιπτώσεων. Η κατάσταση περιπλέκεται όταν κανείς χρειάζεται να χρησιμοποιήσει όρους που αφορούν δυσχέρειες σε συγκεκριμένους τομείς της μάθησης, όπως η ανάγνωση, η γραφή και η αριθμητική (Μαριδάκη – Κασσωτάκη, 2005). Ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μη παρατηρήσιμες κατασκευασμένες έννοιες όπως «μαθησιακές δυσκολίες», «δυσλεξία», «δυσγραφία», «δυσαριθμησία» κ.ο.κ. η απόπειρα ορισμού είναι πραγματικά μια δύσκολη διαδικασία (Fletcher et al., 2007). Αν και πολλά ερωτήματα παραμένουν αναπάντητα, ωστόσο τα νέα ερευνητικά δεδομένα που έρχονται στο φως αποκαλύπτουν νέες πλευρές γύρω από αυτό που ονομάζουμε «μαθησιακές δυσκολίες».

Οι «μαθησιακές δυσκολίες» αποτελούν πλέον συγκεκριμένη κατηγορία και σε αυτή συνήθως εντάσσονται παιδιά που έχουν προβλήματα στη μάθηση μόνο εφόσον ικανοποιούνται ορισμένες προϋποθέσεις και κριτήρια. Σύμφωνα με τον ορισμό του Hammill, που είναι σχετικά πρόσφατος και ευρέως αποδεκτός από την επιστημονική κοινότητα: *«Οι μαθησιακές δυσκολίες είναι ένας γενικός όρος που αναφέρεται σε μια ανομοιογενή ομάδα διαταραχών, οι οποίες εκδηλώνονται με σημαντικές δυσκολίες στην πρόσκτηση και χρήση ικανοτήτων ακρόασης, ομιλίας, ανάγνωσης, γραφής, συλλογισμού ή μαθηματικών ικανοτήτων. Οι διαταραχές αυτές είναι εγγενείς στο άτομο και αποδίδονται σε δυσλειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος, μάλιστα είναι δυνατόν να υπάρχουν σε όλη τη διάρκεια της ζωής του. Με τις μαθησιακές δυσκολίες μπορεί να συνυπάρχουν προβλήματα σε συμπεριφορές αυτοελέγχου, κοινωνικής αντίληψης και κοινωνικής αλληλεπίδρασης. Αυτά τα προβλήματα ωστόσο δεν συνιστούν από μόνα τους μαθησιακές δυσκολίες. Αν και οι μαθησιακές δυσκολίες μπορεί να εμφανίζονται μαζί με άλλες καταστάσεις μειονεξίας (αισθητηριακή βλάβη, νοητική καθυστέρηση, σοβαρή συναισθηματική διαταραχή) ή να δέχονται την επίδραση εξωτερικών παραγόντων, όπως οι πολιτισμικές διαφορές και η ανεπαρκής ή ακατάλληλη διδασκαλία, αυτές δεν είναι αποτέλεσμα των παραπάνω καταστάσεων ή εξωτερικών επιδράσεων»* (παραθ. Βλάχος, 2008). Από τον ορισμό αυτό παρατηρούμε ότι ο όρος «μαθησιακές δυσκολίες» συνιστά ουσιαστικά μια συγκεκριμένη κατηγορία ειδικών αναγκών, αν και πολλές φορές αλλοιώνεται το περιεχόμενό του με το να χρησιμοποιείται ελαστικά, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα κριτήρια που θέτει ο παραπάνω ορισμός (Παντελιάδου, 2000). Συνεπώς, μπορεί να γίνει λόγος για «ειδικές μαθησιακές δυσκολίες» - σε αντίθεση με τις

γενικές μαθησιακές δυσκολίες - σε παιδιά τα οποία, αν και παρουσιάζουν αντιληπτικές, γνωστικές, μνημονικές κλπ. διαταραχές που εμπλέκονται στη διαδικασία της μάθησης, ωστόσο αυτές δεν οφείλονται σε μη φυσιολογική νοημοσύνη, ανεπαρκή διδασκαλία ή πολιτισμικούς παράγοντες.

Αν και συχνά γίνονται αντικείμενο παρερμηνείας, οι μαθησιακές δυσκολίες δεν είναι συνώνυμες με την αναγνωστική δυσκολία ή δυσλεξία, Ωστόσο πολλές πληροφορίες που αφορούν στις μαθησιακές δυσκολίες σχετίζονται με τις διαταραχές ανάγνωσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η πλειοψηφία των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες (80%) επιδεικνύουν σοβαρά προβλήματα στην ανάγνωση (Fletcher, 2007). Σε γενικές γραμμές, όταν συζητείται το θέμα της δυσλεξίας γίνεται αναφορά σε προβλήματα γραπτού λόγου και ιδίως στην ανάγνωση. Πρόκειται για έναν ευρύτατα διαδεδομένο όρο όπου οι μαθησιακές δυσκολίες της ανάγνωσης και της γραφής αφενός δεν συνδέονται με άλλες οργανικές ή διανοητικές διαταραχές λ.χ. νοητική καθυστέρηση, αντιληπτική δυσκολία, προβλήματα γλώσσας, προβλήματα προσωπικότητας και αφετέρου είναι ειδικές και προκαθορίζονται οργανικά. Γι' αυτό άλλωστε έχει επικρατήσει και ο όρος «ειδική (specific) ή αναπτυξιακή (developmental) δυσλεξία» ειδικά αν η βλάβη έγινε πολύ νωρίς, πριν το παιδί μάθει να διαβάζει (Βλάχος, 2008). Συνεπώς η «αναπτυξιακή δυσλεξία» διαφοροποιείται από την περίπτωση εκείνη κατά την οποία η απώλεια των δεξιοτήτων του γραπτού λόγου είναι συνέπεια εγκεφαλικού τραυματισμού ή αρρώστιας σε μεγαλύτερες ηλικίες και έχει επικρατήσει στη βιβλιογραφία ως «επίκτητη δυσλεξία» (acquired dyslexia).

Η δυσλεξία, σε αντίθεση με τη λεγόμενη «δυσγραφία» (προβλήματα κυρίως στη γραπτή έκφραση) και «δυσαριθμησία» (προβλήματα στην αριθμητική), έχει γίνει το αντικείμενο μελέτης, αναφοράς, περιγραφής και διερεύνησης για πάνω από 100 χρόνια. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι σε διάστημα 30 χρόνων, από το 1960 έως το 1990, υπολογίζεται ότι ο αριθμός των δημοσιευμένων συμπερασμάτων που προέρχονταν από έρευνες σχετικές με τα αίτια της δυσλεξίας ανέρχεται σε περίπου 9.500! (Μαριδάκη – Κασσωτάκη, 2005). Τα δεδομένα λοιπόν είναι πλούσια, οι περιγραφές είναι πολλές και τα ερμηνευτικά μοντέλα που κατά καιρούς διατυπώνονται αποτελούν χρήσιμα εργαλεία που βοηθούν να κατανοηθούν τα αίτια, αλλά και να καθιερωθούν αποτελεσματικοί τρόποι διάγνωσης και παρέμβασης.

Ωστόσο το έργο της διάγνωσης και της παρέμβασης ακόμη και σήμερα, παρά την πρόοδο της επιστήμης, είναι μια δύσκολη διαδικασία, καθώς η λεγόμενη «συνοσηρότητα»

(comorbidity)¹ –άλλοι θέλουν να το αποκαλούν επικάλυψη (overlap)– ανόμοιων συμπτωμάτων προκαλεί προβλήματα και στη διάγνωση και στην παρέμβαση, ενώ την ίδια στιγμή εγείρονται ζητήματα σχετικά με την αιτιολογία και την αμοιβαία αλληλεξάρτηση ποικίλων διαταραχών (Kaplan et al., 2001). Για παράδειγμα η συνοσηρότητα μεταξύ δυσλεξίας και ΔΕΠ-Υ ή δυσπραξίας δεν είναι σπάνιο φαινόμενο αλλά απαντάται συχνά. Περιπλέκει πολύ τα πράγματα και πολλές φορές καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την εύρεση των υποκείμενων μηχανισμών που αιτιολογούν την ύπαρξη των διαταραχών (Ramus, 2004). Όσον αφορά τη «δυσγραφία» ως πρόβλημα της γραπτής έκφρασης με κυρίως προβλήματα στην ορθογραφία (spelling) και όχι στην ανάγνωση, αυτή η μορφή σπάνια απαντάται από μόνη της.

Πριν εξεταστεί η δυσγραφία είναι σκόπιμο να γίνει μια ιστορική αναδρομή γύρω από την εξέλιξη του όρου δυσλεξία. Άλλωστε οι δυσκολίες των παιδιών στη γραφή μέχρι τα μέσα περίπου του 20^{ου} αιώνα φαίνεται να έχουν εξεταστεί μόνο σε σχέση με την παιδική δυσλεξία (Βλάχος, 2008). Συνοψίζοντας, όροι όπως «δυσλεξία», «δυσγραφία», «δυσαριθμησία» προσδιορίζονται από συμπτώματα, η εμφάνιση των οποίων μπορεί να προκαλείται από διαφορετικούς αιτιολογικούς νευροψυχολογικούς παράγοντες σε κάθε περίπτωση. Με την ιστορική αναδρομή που ακολουθεί θα φανεί πώς εξελίχθηκε η γνώση στο επιστημονικό πεδίο μελέτης της δυσλεξίας.

¹ Ο όρος αυτός δεν είναι γενικά αποδεκτός και έχει δεχτεί κριτική από επιστήμονες που ισχυρίζονται ότι είναι αμφισβητούμενης αξίας όταν αναφέρεται σε αναπτυξιακές διαταραχές.

Η έρευνα της δυσλεξίας χθες και σήμερα

Ο όρος «δυσλεξία» και ό,τι αυτό συνεπάγεται δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί χρονολογικά. Αν ανατρέξει κανείς πίσω στους αρχαίους χρόνους θα δει πως πριν ακόμη κι από την εποχή του Ιπποκράτη (5^{ος} αιώνας π.Χ.) υπάρχουν οι πρώτες μαρτυρίες για περιπτώσεις ατόμων, τα οποία έχουν προβλήματα με τη γλώσσα, και κυρίως με την εκφορά του προφορικού λόγου. Ίσως επρόκειτο για κάποιες μορφές αφασίας. Φυσικά δεν είναι γνωστό αν υπάρχουν πηγές αυτής της περιόδου που να υπαινίσσονται κάποια συσχέτιση των διαταραχών αυτών με κάποιας μορφής εγκεφαλική βλάβη. Άλλωστε, ότι ο εγκέφαλος αποτελεί το κέντρο των νοητικών διεργασιών, αυτό αποτελούσε μια αιρετική και καθ' όλα ανατρεπτική άποψη για μια εποχή όπου η μυθολογία και οι δαίμονες κυριαρχούσαν έναντι του ορθού λόγου. Αν και ο Ιπποκράτης ευθύνεται για τον εξορκισμό των δαιμόνων από την ιατρική και την προσέλευση της προσοχής στο ρόλο του εγκεφάλου (Καραπέτσας, 2008), οι εικασίες του περί της σκέψης, της γλώσσας και της προσωπικότητας ως προϊόντα του εγκεφάλου δεν επιβεβαιώθηκαν παρά το 19^ο αιώνα (Duane, 1991). Τον αιώνα αυτό ο γιατρός και εξέχων ανατόμος F.J. Gall (1758-1828) θέτει τα θεμέλια για την καθιέρωση της θεωρίας του φλοιικού εντοπισμού, σύμφωνα με την οποία ο εγκεφαλικός φλοιός αποτελείται από λειτουργικά ξεχωριστές περιοχές. Μάλιστα περιέγραψε και κάποιες ενδιαφέρουσες κλινικές περιπτώσεις, όπου κάποιοι από τους ασθενείς του, ενώ δεν μπορούσαν να μιλήσουν, παρολαυτά παρήγαγαν τις σκέψεις τους στο χαρτί (Fletcher et al., 2007). Υποδείκνυε κατ' αυτόν τον τρόπο πως μια εγκεφαλική βλάβη μπορούσε επιλεκτικά να διαταράξει μια ιδιαίτερη γλωσσική ικανότητα και να αφήσει άθικτη μια άλλη.

Αν και η συνεισφορά του Gall στηρίχτηκε περισσότερο στο όραμα και στο ένστικτο παρά στη μεθοδικότητα –γι' αυτό άλλωστε και δέχτηκε δριμεία κριτική– ο Paul Broca (1824-1880), πολύ σεβαστός Γάλλος επιστήμονας κατάφερε το 1861 να συγκεντρώσει τα βλήματα της επιστημονικής κοινότητας, όταν ανήγγειλε ότι η κινητική ομιλία εντοπιζόταν στον αριστερό οπίσθιο μετωπικό λοβό. Η σημασία της παρατήρησης του Broca οφείλεται στο γεγονός ότι διέκρινε μια πιο ξεκάθαρη σχέση μεταξύ εγκεφάλου και συμπεριφοράς, συσχετίζοντας την αρθρωτική ομιλία με το αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο. Παράλληλα άνοιξε το δρόμο προς άλλους ερευνητές, οι οποίοι θα αποπειραθούν να εντοπίσουν στον εγκέφαλο διάφορες άλλες γνωστικές λειτουργίες των

ανθρώπων (Καραπέτσας, 1988). Στην ουσία μιλάμε για μια περίοδο, όπου η αντίληψη για τη σχέση μεταξύ εγκεφάλου και συμπεριφοράς αλλάζει άρδην.

Η θεωρία του φλοιικού εντοπισμού δεν θα είχε καθιερωθεί εάν οι επιστήμονες είχαν συνεχίσει να βλέπουν τον εγκέφαλο απλώς ως ένα μπερδεμένο δίκτυο από συγχωνευμένες κυτταρικές διεργασίες. Παράλληλα με τον φλοιικό εντοπισμό βελτιώνεται και εξελίσσεται η νευρωνική θεωρία με τη μελέτη των νευρώνων και των ιστών από τους Ramon Y Cajal, Golgi και Purkinje (Καραπέτσας, 2008). Όλες αυτές οι εξελίξεις ανοίγουν το δρόμο για μια πιο μεθοδική και ορθολογική προσέγγιση της λειτουργίας του εγκεφάλου, εγκαινιάζοντας με αυτό τον τρόπο τη σύγχρονη εποχή των Νευροεπιστημών. Περίπου από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα υπάρχει μια αυξανόμενη περιγραφή ενήλικων ασθενών, αλλά και παιδιών αυτή τη φορά, οι οποίοι εκτός από αρθρωτικά προβλήματα παρουσιάζουν και δυσχέρειες γραπτού λόγου.

Προσπαθώντας κάποιος να βρει πότε καθιερώθηκε η χρήση του όρου της δυσλεξίας, θα διαπιστώσει ότι αυτό είναι δύσκολο να γίνει χωρίς αναφορά στη βιβλιογραφία για την αφασιολογία. Σύμφωνα με τον Πόρποδα (1992), η «αφασία» και ότι λεγόταν γι' αυτή κυρίως στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα, καθώς και στα πρώτα χρόνια του 20^{ου} συνιστά την προϊστορία του όρου «δυσλεξία», μια περίοδο δηλαδή που χαρακτηρίζεται περισσότερο από τις προσπάθειες για αναγνώριση και περιγραφή παρά για συστηματοποιημένη παρατήρηση και διερεύνηση του προβλήματος.

Όπως ειπώθηκε ο P. Broca ενέπνευσε και έδωσε ισχυρά κίνητρα στους μετέπειτα επιστήμονες να ασχοληθούν με τις γλωσσικές παθήσεις σε μια προσπάθεια να καθορίσουν με ακρίβεια τις περιοχές του εγκεφάλου που κατευθύνουν τις λειτουργίες της ανάγνωσης και της γραφής. Ο Bastian το 1869 λέγεται ότι είναι ο πρώτος που ασχολήθηκε με τη συγγραφή του προβλήματος της αφασίας. Απέδωσε την ανικανότητα αναγνώρισης γραπτών λέξεων σε άτομα που είχαν εγκεφαλικές βλάβες στην περιοχή του Broca παρά την καλή τους όραση. Μερικά χρόνια αργότερα (1877) ο Γερμανός φυσιολόγος A. Kussmaul (1822-1902) για πρώτη φορά περιγράφει ασθενείς των οποίων οι γλωσσικές ανωμαλίες περιορίζονταν αποκλειστικά στο γραπτό λόγο με πλήρη λειτουργικότητα της όρασης, της νοημοσύνης και της ομιλίας. Την ειδική αυτή ανωμαλία περιέγραψε ως «λεκτική τύφλωση» και τη διάκρινε σε δύο κατηγορίες: α. σε αυτή που η έκφραση γραπτών σκέψεων είναι καλή, αλλά η ανάγνωση είναι αδύνατη και β. σε αυτή που και η γραφή αλλά και η ανάγνωση είναι διαταραγμένες. Οι περιπτώσεις αυτές θα λέγαμε ότι ταυτίζονται με αυτό που σήμερα εμείς ονομάζουμε «επίκτητη δυσλεξία».

Η χρήση του όρου «δυσλεξία» προτάθηκε για πρώτη φορά από τον Καθηγητή της Στουτγκάρδης R. Berlin το 1887 αντί του όρου «λεκτική τύφλωση» για να αποδώσει καλύτερα την έννοια της λειτουργικής αυτής ανωμαλίας. Το 1892 ο Γάλλος νευρολόγος J.J. Dejerine (1849-1917) περιγράφει για πρώτη φορά δυσλεξικό ασθενή χωρίς δυσγραφία (αλεξία χωρίς αγραφία) (Warrington & Langdon, 1994) με τη δουλειά αυτή να γίνεται γνωστή στον Βρετανό οφθαλμολόγο και σχολίατρο P. Morgan και τον J. Hinshelhood (1895-1917) και με τον τελευταίο να γράφει δύο άρθρα σχετικά με τη λεξική μνήμη και τη λεξική τύφλωση και να τα δημοσιεύει στα φημισμένα ιατρικά περιοδικά «Lancet» και «British Medical Journal». Οι δημοσιεύσεις αυτές παροτρύνουν τον P. Morgan να αναφέρει το 1896 περίπτωση παιδιού που, αν και παρουσίαζε παρόμοια κλινικά χαρακτηριστικά με αυτά των αφασικών ασθενών, ωστόσο δεν είχε υποστεί κάποιο εγκεφαλικό τραύμα ή ασθένεια (Duane, 1991). Πρόκειται για την περίπτωση ενός 14χρονου ευφυούς αγοριού που παρά τη νοητική του ικανότητα δεν μπορούσε να διαβάσει, και έκανε ορισμένα τυπικά λάθη στην ορθογραφία. Τις δυσκολίες αυτές συνέδεσε με διαταραχές στην αντίληψη και στην οπτική μνήμη και τις απέδωσε σε ανεπαρκή ανάπτυξη του εγκεφάλου (Βλάχος, 2008). Επιπλέον παρατήρησε ότι τα συμπτώματα έμοιαζαν με αυτά των ενηλίκων που είχαν υποστεί εγκεφαλικά τραύματα και γι' αυτό τα αποκάλεσε ως «σύμφυτη λεξική τύφλωση». Η δημοσίευση του P. Morgan το 1896 με τίτλο *A Case of Congenital Word Blindness* θεωρείται από πολλούς συγγραφείς ως το σημείο αφετηρίας για το ενδιαφέρον της μελέτης των αναγνωστικών δυσκολιών σε παιδιά (Duane, 1991). Στο σημείο αυτό κλείνει μία περίοδος, κατά τη διάρκεια της οποίας η μελέτη της δυσλεξίας περιορίστηκε στην αναγνώριση και την περιγραφή της και συνδέθηκε από πολλούς ερευνητές με την απώλεια της ικανότητας για ανάγνωση και γραφή που παρουσίαζαν ενήλικες, αλλά και παιδιά με αφασία.

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα υπάρχει η πεποίθηση ότι μία μόνο υποκείμενη αιτία ευθύνεται για τα συμπτώματα της δυσλεξίας. Οι περισσότεροι ερευνητές θεωρούν πως πρόκειται για ένα ενιαίο σύνδρομο και ότι η απομόνωση παραγόντων θα δώσει την εξήγηση για τα συμπτώματα ενός ολόκληρου πληθυσμού με διαταραχή (Castles & Coltheart, 1992). Προς αυτή την κατεύθυνση η έρευνα αρχίζει να γίνεται πιο συστηματική. Το 1917 επιχειρείται για πρώτη φορά από τον J. Hinshelhood η διατύπωση ενός ορισμού για τις μαθησιακές δυσκολίες, εντάσσοντας το πρόβλημα σε ένα συγκεκριμένο εννοιολογικό πλαίσιο. Ο ορισμός εστιάζει στη φυσιολογική όραση των παιδιών με δυσκολίες ανάγνωσης και κατανόησης χειρογράφου, προτείνοντας ως αιτία των δυσκολιών ένα είδος εξελικτικής βλάβης στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του εμβρύου.

Στη δυσκολία αυτή δίνει το όνομα «συγγενής λεξική τύφλωση» στην οποία προσδίδει κληρονομικό χαρακτήρα². Η δεκαετία του 1920 σημαδεύεται από τις κλινικές μελέτες του Αμερικανού Νευρολόγου Samuel Orton (1928-1937). Ο Orton το 1925 δημοσιεύει εργασία με θέμα «λεκτική τύφλωση στα παιδιά σχολικής ηλικίας» και ανακοινώνει πρώτος ότι η δυσλεξία οφείλεται στην ατελή επικράτηση του ενός ή του άλλου ημισφαιρίου. Μετά από μερικά χρόνια (1928) προχωράει ένα βήμα παραπέρα εξηγώντας πως η αντιστροφή των γραμμάτων b/d, p/q που τείνουν να κάνουν τα παιδιά με αναγνωστικές διαταραχές οφείλεται στην έλλειψη κυριαρχίας του αριστερού ημισφαιρίου. Στο φαινόμενο αυτό δίνει το όνομα «στρεφοσυμβολία» (Fletcher et al., 2007). Η θεωρία του Orton, αν και δεν άντεξε στο χρόνο (ο.π.), παρολαυτά συμφωνεί σε κάποιο βαθμό με τις σύγχρονες αντιλήψεις για την εγκεφαλική επικράτηση και τη σχέση της με τις γνωστικές λειτουργίες συμπεριλαμβανομένου της ομιλίας, της ανάγνωσης, της γραφής και του συλλαβισμού (Βλάχος, 1998). Επίσης, άσκησε μεγάλη επιρροή στην περαιτέρω έρευνα, ενώ κινητοποίησε δασκάλους και γονείς να προσέξουν περισσότερο τα παιδιά με δυσκολίες μάθησης μέσα από την ανάπτυξη εκπαιδευτικών τεχνικών που πρότεινε. Η αντίθεσή του με τον Hinshelhood συνίστατο στο ότι οι αναγνωστικές δυσκολίες στο συμβολικό επίπεδο δεν οφείλονταν σε συγκεκριμένο εγκεφαλικό τραύμα, αλλά μάλλον σε εγκεφαλική δυσλειτουργία (Fletcher et al., 2007), ενώ το 1937 πρώτος αυτός έκανε διάκριση ανάμεσα σε επίκτητες διαταραχές στην ανάγνωση των ενηλίκων και στις ειδικές διαταραχές ανάγνωσης των παιδιών, χωρίς καμιά εμφανή παθολογική βλάβη του κεντρικού νευρικού συστήματος (Βλάχος, 2008).

Η έξοδος της ανθρωπότητας από το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο συνάδει με κοινωνικές προσδοκίες και κρατικές πολιτικές στενά συνυφασμένες με έννοιες όπως ο εκδημοκρατισμός, ο εκσυγχρονισμός και η ανάπτυξη (Παντίδης & Πασιάς, 2004). Συνεπώς, υπερτονίζεται η αξία της μάθησης, καθώς αυτή συνδέεται με την παραγωγικότητα και την κοινωνική επιτυχία του ατόμου. Υπό αυτό το κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο οι μαθησιακές δυσκολίες πλέον, πέραν της επιστήμης της Ιατρικής γίνονται αντικείμενο μελέτης της επιστήμης της Ψυχολογίας και του επιστημονικού πεδίου της Παιδαγωγικής.

Το 1963 ο S. Kirk σε ένα δείπνο για ενδιαφερόμενους γονείς παιδιών με μαθησιακά προβλήματα στο Σικάγο του Ιλινόις χρησιμοποιεί για πρώτη φορά τον όρο

² Ήδη από το 1905 ο Thomas είχε κάνει λόγο για γενετική προέλευση των αναγνωστικών διαταραχών (Βλάχος, 2008).

«μαθησιακές δυσκολίες» (Duane, 1991) και στη συνέχεια αποπειράται να διατυπώσει έναν ορισμό επί της έννοιας. Ωστόσο, οι έρευνες συνεχίζονται προς μια ολοένα και διαμορφούμενη αντίληψη ότι τα άτομα με αναπτυξιακή δυσλεξία δεν αποτελούν έναν ομογενοποιημένο πληθυσμό, αλλά μάλλον ότι πρόκειται για έναν αριθμό από διακριτές υποομάδες (Castles & Coltheart, 1992). Το 1962 ο Birch αποδίδει την αναγνωστική δυσχέρεια σε διαταραχές οπτικής αντίληψης. Άλλοι ερευνητές διαφωνούν, υποστηρίζοντας ότι οι δυσλεξικοί διαθέτουν σε ικανοποιητικό βαθμό τόσο την οπτική αντίληψη, όσο και τη γνωστική επεξεργασία γεωμετρικών σχεδίων και φωτογραφιών. Ο Critchley το 1970 προτείνει μια θεωρία των διαταραχών της οπτικής λειτουργίας, καθώς παρατηρεί ακανόνιστες και άρρυθμες οφθαλμικές κινήσεις σε παιδιά με δυσλεξία κατά τη διάρκεια της ανάγνωσης. Τις ιδιότυπες αυτές κινήσεις αποδίδει στη μειονεκτική οπτική μνήμη τους. Στις δεκαετίες του 1960 και 1970 ένας αριθμός ερευνητών εστιάζουν στη σχέση μεταξύ επίκτητης και αναπτυξιακής δυσλεξίας. Κάποιοι, όπως οι Kinsbourn, Warrington και Critchley απορρίπτουν τυχόν σχέσεις ομοιότητας, ενώ ο Vernon το 1973 δίνει στοιχεία ομοιότητας συμπτωμάτων μεταξύ επίκτητων και αναπτυξιακών δυσλεξιών (Βλάχος, 2008). Στη μέχρι αυτή την περίοδο μελέτη της δυσλεξίας μπορεί να διαπιστωθεί ότι όλο και περισσότερες έρευνες διεξάγονται προκειμένου να ανακαλυφθεί η βαθύτερη φύση των δυσκολιών. Η προσπάθεια αυτή γίνεται προς ποικίλες κατευθύνσεις, καταδεικνύοντας πολυπαραγοντικής αιτιολογίας διαταραχές.

Στις αρχές του 1970 με την έλευση της νευρογλωσσολογικής κίνησης δίνεται έμφαση στο ρόλο του αριστερού ημισφαιρίου ως υποστρώματος υπεύθυνου για την πρόκληση της παιδικής δυσλεξίας (Duane, 1991). Στο πλαίσιο αυτό αναπτύσσεται και υποστηρίζεται η υπόθεση του φωνολογικού ελλείμματος από την πλευρά της γνωστικής ψυχολογίας. Η θεωρία αυτή ξεκινάει από το ότι ο εγκέφαλος αναγνωρίζει τη γλώσσα σε μια ιεραρχική σειρά. Στα ανώτερα επίπεδα βρίσκεται η σημασιολογία (το νόημα των λέξεων), η σύνταξη (γραμματική δομή) και ο λόγος (σύνδεση προτάσεων). Στα χαμηλότερα επίπεδα βρίσκεται η φωνολογία (χωρισμός λέξης σε μικρότερες μονάδες που ονομάζονται φωνήματα). Προτού οι λέξεις κατανοηθούν στα υψηλότερα επίπεδα θα πρέπει να αποκωδικοποιηθούν σε φωνολογικά συστατικά, τα οποία αναπαρίστανται με τα γράμματα του αλφάβητου (γραφήματα). Για να γίνει αυτό θα πρέπει ο αναγνώστης να έχει συνειδητή επίγνωση της φωνολογικής δομής της γλώσσας (Savioeur & Ramachandra, 2006). Σε αυτό το επίπεδο της γλώσσας πολλές έρευνες έδειξαν ελλειμματική λειτουργία σε άτομα με αναγνωστικές διαταραχές.

Την ίδια περίπου περίοδο ένα μέρος της επιστημονικής κοινότητας εξετάζει κατά πόσον είναι χρήσιμο να δει κανείς τη σχέση και να βρει αναλογίες ανάμεσα στις αναπτυξιακές και στις επίκτητες δυσλεξίες (Snowling et al., 1996). Ήδη είναι γνωστές οι θεωρίες διπλής πορείας (dual-route theories), σύμφωνα με τις οποίες ο επιδέξιος αναγνώστης μπορεί να διαβάσει μία λέξη κάνοντας χρήση δύο χωριστών διαδικασιών: Πρώτον της λεγόμενης λεξικής διαδικασίας, ανακαλώντας από τη μνήμη του δηλαδή την οπτική αναπαράσταση της λέξης (whole word form) και δεύτερον της λεγόμενης υπολεξικής διαδικασίας, στηριζόμενος στους κανόνες της γραφοφωνημικής μετατροπής (grapheme-phoneme conversion rules). Ενώ η πρώτη διαδικασία μπορεί να «διαβάσει» τις πραγματικές λέξεις (real words), ωστόσο δεν μπορεί να κάνει το ίδιο με τις μη πραγματικές λέξεις (non real words). Τη δουλειά αυτή αναλαμβάνει η υπολεξική διαδικασία, η οποία όμως δεν μπορεί να λειτουργήσει στην ανάγνωση των λεγόμενων λέξεων-εξαιρέσεων (exception words), οι οποίες ως γνωστόν δεν υπακούν στους γραφοφωνημικούς κανόνες (Boden & Giaschi, 2007, Behrmann & Bud, 1992). Αυτές οι θεωρίες παρέχουν ένα ερμηνευτικό μοντέλο της έλλειψης ομοιογένειας ως προς τα συμπτώματα των επίκτητων δυσλεξιών. Συγκεκριμένα, η λεγόμενη *επιφανειακή δυσλεξία* (surface dyslexia) συνιστά επιλεκτική βλάβη της λεξικής διαδικασίας, ενώ η *φωνολογική δυσλεξία* (phonological dyslexia) αντανακλά ζημιά στην υπολεξική λειτουργία της γλώσσας. Ενώ όμως η εφαρμογή αυτού του μοντέλου στις αναπτυξιακές δυσλεξίες θεωρείται από κάποιους χρήσιμη και εφικτή (Castles & Coltheart, 1992), ωστόσο κάποιοι άλλοι ερευνητές θεωρούν ότι κάτι τέτοιο είναι αδόκιμο υποπίπτοντας σε παγίδες και λανθασμένα συμπεράσματα (Snowling et al., 1992). Η επιστημονική αντιπαράθεση σε αυτό το πεδίο θα συνεχιστεί και για τα επόμενα χρόνια, με νέα δεδομένα να έρχονται συνεχώς στην επιφάνεια.

Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 το ενδιαφέρον των ερευνητών της δυσλεξίας, πέραν από τις δυσλειτουργίες στο γνωστικό και γλωσσικό επίπεδο, στρέφεται και προς την οπτική διαδικασία (Sperling et al., 2003) σε ό,τι είναι γνωστό σε εμάς ως μεγαλοκυτταρικό οπτικό σύστημα. Το έτος 1978 μια ομάδα γιατρών και ερευνητών του εγκεφάλου (Critchley, Joynt, Masland, Bender, Witelson, Rawson, Saunders, Duane, Geschwind, Galaburda, Kemper) συναντιούνται έπειτα από αίτημα του οργανισμού *Orton Dyslexia Society*, με σκοπό να συζητήσουν το κατά πόσο αξίζει και είναι εφικτό μια μελέτη αυτοψίας σε εγκεφάλους ατόμων που εν ζωή είχαν διαγνωσθεί ως δυσλεξικοί (Duane, 1991). Το αποτέλεσμα αυτής της συζήτησης ήταν μια έρευνα, η οποία δημοσιεύτηκε ένα χρόνο μετά από τους Galaburda και Kemper (1979) δείχνοντας διαταραχές στη νευρωνική

μετανάστευση στον εγκέφαλο ενός δυσλεξικού παιδιού με παρόμοιες διαταραχές και σε άλλα παιδιά, σε ανατομικές μελέτες που διεξήχθησαν τα επόμενα χρόνια. Συγκεκριμένα οι Galaburda et al. (1985) εξέτασαν τους εγκεφάλους τεσσάρων αντρών που είχαν εν ζωή λάβει διάγνωση αναπτυξιακής δυσλεξίας. Όλοι οι εγκεφαλοι έδειξαν αναπτυξιακές ανωμαλίες στον εγκεφαλικό φλοιό με νευρωνικές εκτοπίες και αρχιτεκτονικές δυσπλασίες στις περιοχές γύρω από τη σχισμή του Sylvius, κυρίως στην πλευρά του αριστερού ημισφαιρίου. Επίσης απέκλιναν από την τυπική εγκεφαλική ασυμμετρία. Το επίσης ενδιαφέρον ήταν ότι αριστεροχειρία και αυτοάνοσες ασθένειες καταγράφηκαν στα προσωπικά και οικογενειακά ιστορικά των ασθενών, εύρημα το οποίο δείχνει εμπλοκή γενετικών παραγόντων. Πρόσθετα στοιχεία για γενετική αιτιολογία έδωσαν οι Behan & Geschwind (1984), οι οποίοι βρήκαν υψηλό ποσοστό συγγενών καρδιακών ανωμαλιών σε οικογένειες δυσλεξικών και ένα υψηλό ποσοστό αντισωμάτων έναντι του αντιγόνου Ro στις μητέρες τους. Με αυτά τα στοιχεία οι παραπάνω ερευνητές θεώρησαν πιθανό ότι οι διαταραχές του ανοσοποιητικού εμπλέκονται ευθέως με την παραγωγή δυσμορφιών του φλοιού. Επίσης, πρότειναν ότι η επιρρέπεια των νεαρών αγοριών σε μαθησιακές δυσκολίες οφείλεται στο ότι κάποιες ορμονικές επιδράσεις κατά την ενδομήτρια κύηση αυξάνουν τις ανωμαλίες του ανοσοποιητικού, ενώ κάποιες άλλες τις περιορίζουν.

Το 1991 για πρώτη φορά στη βιβλιογραφία της δυσλεξίας αναφέρονται οι όροι «μεγαλοκυτταρικός» και «μικροκυτταρικός» (Scottun, 2000). Τους όρους αυτούς εισηγήθηκαν οι Livingstone et al. (1991) όταν μετά από ανατομικές και φυσιολογικές μελέτες βρίσκουν ανωμαλίες στα μεγαλοκυτταρικά, όχι όμως και μικροκυτταρικά στρώματα, του Έξω Γονατώδους Πυρήνα (LGN). Τα στοιχεία αυτά ενισχύει λίγα χρόνια μετά η έρευνα των Galaburda & Livingstone (1994), οι οποίοι με ηλεκτροφυσιολογικές καταγραφές παρέχουν στοιχεία ότι τα παιδιά με αναπτυξιακή δυσλεξία έχουν πολύ χαμηλή επίδοση όταν καλούνται να διακρίνουν ταχέως εναλλασσόμενα οπτικά ερεθίσματα σε σύγκριση με αυτά της ομάδα ελέγχου. Με αυτά τα στοιχεία προτείνουν ότι η δυσλεξία επηρεάζει μέρος του οπτικού συστήματος και συγκεκριμένα του μεγαλοκυτταρικού, το οποίο είναι υπεύθυνο για την αναγνώριση ταχέων και διαδοχικών ερεθισμάτων με υψηλή ευαισθησία στην αντίθεση και στη χαμηλή χωρική επιλεκτικότητα. Την ίδια χρονιά οι Galaburda et al. (1994), υποψιάζονται ότι ένα παρόμοιο υποσύστημα ταχείας επεξεργασίας ερεθισμάτων μπορεί να είναι διαταραγμένο και στο ακουστικό σύστημα. Για να ελέγξουν αυτή την υπόθεση εξέτασαν τις νευρωνικές περιοχές του Μέσου Γονατώδους Πυρήνα (MGN) πέντε ατόμων με δυσλεξία και τις σύγκριναν με αυτές της ομάδας ελέγχου.

Πράγματι βρήκαν ανατομικές ανωμαλίες, επιβεβαιώνοντας ότι εκτός από το οπτικό σύστημα μπορεί και άλλα αισθητηριακά συστήματα των δυσλεξικών να έχουν πρόβλημα.

Τις επόμενες δεκαετίες διεξάγεται ένας μεγάλος αριθμός ερευνών με σκοπό να ελέγξει τη μεγαλοκυτταρική υπόθεση και το ρόλο της οπτικής αντίληψης κάνοντας χρήση ποικίλων τεχνικών. Για παράδειγμα, οι Eden et al. (1996) κάνοντας χρήση fMRI διαπίστωσαν διαφορές στην V5 οπτική περιοχή των δυσλεξικών σε κινούμενα ερεθίσματα, δεδομένου ότι η συγκεκριμένη περιοχή δέχεται δεδομένα της μεγαλοκυτταρικής οδού και εμπλέκεται στην αντίληψη της κίνησης. Παρόμοιες έρευνες γίνονται με χρήση μαγνητοεγκεφαλογραφήματος (MEG) και οπτικών προκλητών δυναμικών (VEPs) (Boden & Giaschi, 2007). Επίσης, οι Stein & Walsh το 1997 υποστηρίζουν ότι ο οπίσθιος βρεγματικός λοβός (το σημείο κατάληξης της ραχιαίας οδού του οπτικού συστήματος) είναι ο κυριότερος στόχος της μεγαλοκυτταρικής οδού και ότι τα άτομα με δυσλεξία εμφανίζουν συχνά προβλήματα με την αντίληψη και τις κινήσεις στο χώρο ενώ, και ο Tallal συμφωνεί με την άποψη μιας γενικής αισθητηριακής μεγαλοκυτταρικής ανωμαλίας (Βλάχος, 2008). Συνοψίζοντας, η μεγαλοκυτταρική θεωρία αναπτύσσεται σε μια προσπάθεια που γίνεται να δοθούν βιολογικές ερμηνείες της δυσλεξίας και αποδίδει τις δυσκολίες στο μεγαλοκυτταρικό οπτικό ή ακουστικό αισθητικό διαδικαστικό σύστημα.

Αν και η μεγαλοκυτταρική θεωρία είναι ένα ενδιαφέρον ερμηνευτικό μοντέλο, ωστόσο αδυνατεί να εξηγήσει το μεγάλο εύρος προβλημάτων της δυσλεξίας. Κάποια από τα επιχειρήματα που αδυνατίζουν την γενικευσιμότητα αυτής της θεωρίας είναι καταρχάς ότι οι ερευνητές δεν έχουν βρει μεγαλοκυτταρικό έλλειμμα σε όλους τους δυσλεξικούς (Boden & Giaschen, 2007, Petkov et al., 2005). Ακόμη όμως και σε αυτούς που το εμφανίζουν υπάρχουν δυσκολίες πρώτον για εύρεση ενός αιτιώδους συνδέσμου μεταξύ μεγαλοκυτταρικής διαδικασίας και φωνολογικού ελλείμματος (Sperling et al., 2003), δεύτερον γίνεται λόγος για έλλειψη ξεκάθαρης σχέσης μεταξύ γενικής αναγνωστικής ικανότητας και μεγαλοκυτταρικής οδού (Boden & Giaschen, 2007, Sperling et al., 2003, Scottun, 2000, Galaburda & Livingstone, 1994), ενώ τέλος έχουν επισημανθεί προβλήματα στη μεθοδολογία των πειραμάτων και αδυναμία επαλήθευσης των ψυχοφυσικών ευρημάτων (Scottun, 2000). Συνεπώς, από μόνη της η μεγαλοκυτταρική θεωρία δεν παρέχει και δεν δίνει σαφείς και επαρκείς εξηγήσεις.

Καθώς αναγνωρίζεται ότι το μεγάλο εύρος των δυσκολιών περιπλέκει το πρόβλημα της δυσλεξίας αναζητούνται νέες θεωρίες που να δίνουν απαντήσεις. Άλλες κινούνται στο γνωστικό επίπεδο, όπως λ.χ. η θεωρία του διπλού ελλείμματος, την οποία εισηγήθηκαν οι Wolf & Bowers (1999). Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση τα φωνημικά ελλείμματα και τα

ελλείμματα στην ταχύτητα ονομάτισης (rapid object naming) αντιπροσωπεύουν δύο διακριτές πηγές δυσλειτουργιών της αναγνωστικής διαδικασίας και τα προβλήματα της ανάγνωσης στη δυσλεξία συνιστούν ελλείμματα αφενός φωνητικά και αφετέρου ταχείας ονομάτισης. Κάποιες άλλες θεωρίες εμπλέκουν και θεωρούν υπεύθυνο το λειτουργικό ρόλο των εγκεφαλικών δομών σε γνωστικές διαδικασίες. Οι Nicolson & Fawcett στις αρχές του 1990 οδηγήθηκαν στη διατύπωση της υπόθεσης του παρεγκεφαλιδικού ελλείμματος. Οι παραπάνω ερευνητές γνώριζαν από άλλες έρευνες το ρόλο-κλειδί της παρεγκεφαλίδας όχι μόνο για την κινητική δεξιότητα και το συντονισμό αλλά και για τις γλωσσικές και γνωστικές λειτουργίες (Nicolson & Fawcett, 2009). Σε σειρά ερευνών που διεξήγαγαν διαπίστωσαν ότι μια ομάδα παιδιών με δυσλεξία εμφανίζει σοβαρά ελλείμματα σε ένα μεγάλο φάσμα δεξιοτήτων, όπως την ισορροπία, τις δεξιότητες κίνησης, τις φωνημικές δεξιότητες και την ταχύτητα επεξεργασίας. Αν και αυτοί οι τύποι δυσκολιών είναι σύμφωνοι με την υπόθεση του λεγόμενου ελλείμματος αυτοματισμού, ωστόσο αυτή δεν αποτελεί επαρκή ερμηνεία για ένα φάσμα προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα παιδιά με δυσλεξία (Βλάχος, 2008). Παρολαυτά μπορεί κανείς να δει την υπόθεση ως ένα πλαίσιο που περιγράφει πώς μια βασική παρεγκεφαλιδική βλάβη σε πρώιμα στάδια της ανάπτυξης μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα γνωστικών δεξιοτήτων υψηλού επιπέδου, -όπως η ανάγνωση- κάποια χρόνια αργότερα (Nicolson & Fawcett, 2009). Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι και οι παραπάνω θεωρίες εμπλουτίζουν τη βιβλιογραφία της δυσλεξίας και δίνουν εναλλακτικά ερμηνευτικά μοντέλα, ωστόσο αδυνατούν να ερμηνεύσουν όλες τις περιπτώσεις. Η έρευνα σήμερα συνεχίζεται προς την εύρεση ενός αποτελεσματικότερου ερμηνευτικού μοντέλου.

Έρευνες για τη γραφή: Γιατί;

Η παραγωγή γραπτού λόγου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, η οποία απαιτεί τον περισσότερο χρόνο μάθησης από όλες τις γλωσσικές πράξεις επικοινωνίας (Σπαντιδάκης, 2009). Οι γνωστικοί και κινητικοί μηχανισμοί που εμπλέκονται αποτελούν προϊόν εξέλιξης χιλιάδων χρόνων. Θεωρείται ότι πριν από 35.000 χρόνια οι άνθρωποι ξεκίνησαν να δημιουργούν σύμβολα του εαυτού τους και των ζώων που έβλεπαν γύρω τους. Ωστόσο, οι αρχαιολόγοι εικάζουν ότι η σύγχρονη γραφή έχει τις ρίζες της στα χαρακτηριστικά σύμβολα που εμφανίστηκαν πριν από περίπου 10.000 χρόνια. Οι άνθρωποι, εκτός από την ανάπτυξη της γνωστικής δεξιότητας που ήταν απαραίτητη για τη σύνδεση συμβόλου και σημασίας, εφυήραν εργαλεία γραφής και κατασκεύασαν τα υλικά που θα χρησιμοποιούσαν. Όλα αυτά γεννήθηκαν στο πλαίσιο μιας αναδυόμενης κοινωνικής οργάνωσης, η οποία δημιουργούσε ολοένα και περισσότερες ανάγκες διαρκών και ελεγχόμενων μορφών επικοινωνίας. Για παράδειγμα, σήμερα γνωρίζουμε πως οι Σουμέριοι έκαναν χρήση των ιερογλυφικών και ότι οι Φοίνικες ανέπτυξαν και διέδωσαν ένα αλφαβητικό σύστημα γραφής στον αρχαίο δυτικό κόσμο (Van Galen, 1991).

Από τη εποχή των χαρακτηριστικών συμβόλων μέχρι σήμερα έχουν περάσει πολλοί αιώνες και κατά τη διάρκειά τους η επικοινωνιακή αυτή στρατηγική έχει εξελιχθεί σε ένα εκλεπτυσμένο γλωσσικό σύστημα (Hooper, 2002). Αυτό άλλωστε δείχνουν και οι σύγχρονες έρευνες, οι οποίες προσπαθούν να δώσουν πειστικές ερμηνείες γύρω από τους μηχανισμούς που εμπλέκονται σε αυτή την πολύπλοκη διαδικασία. Παρολαυτά η κατάκτηση της γραφής είναι αποτέλεσμα μάθησης και πολλοί μαθητές δεν καταφέρνουν να την αποκτήσουν επαρκώς με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα μαθησιακών δυσκολιών (Σπαντιδάκης, 2009). Οι αποτελεσματικοί τρόποι εκπαίδευσης, καθώς και οι κατάλληλες οδηγίες των δασκάλων, παίζουν σημαντικό ρόλο για τη μετατροπή των ιδεών ενός μαθητή σε κείμενο (Kellogg, 2008) και η εφαρμογή της θεωρητικής έρευνας είναι πολύ χρήσιμη προς αυτή την κατεύθυνση.

Η εκμάθηση των δεξιοτήτων του γραπτού λόγου είναι από τους βασικούς στόχους στα Αναλυτικά Προγράμματα της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Δεν είναι τυχαίο ότι οι μαθητές τυπικά ξοδεύουν περίπου το 50% της σχολικής ημέρας σε δραστηριότητες που αφορούν τη γραφή (Rosenblum et al., 2004). Αυτό συμβαίνει διότι εκτός του ότι η γραφή είναι μία πολύπλοκη και επίπονη διαδικασία μάθησης, είναι και μέσο αυτοέκφρασης και επικοινωνίας σε ένα κόσμο, όπου οι άνθρωποι κάνουν ευρεία χρήση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, συμπληρώνουν ατελείωτες λίστες και φόρμες για κάθε είδους εργασία και

γενικότερα διακινούν, αποθηκεύουν και προσλαμβάνουν πληροφορίες. Σύμφωνα με έρευνες, υπάρχει ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών που δεν αναπτύσσουν σε ικανοποιητικό βαθμό τις απαραίτητες δεξιότητες για το χειρισμό του γραπτού λόγου, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ανταποκριθούν στις σύγχρονες απαιτήσεις (Σπαντιδάκης, 2009). Το γεγονός ότι η εκμάθηση του χειρισμού της γραπτής γλώσσας έχει γίνει απαραίτητη για την επιτυχία στη σημερινή κοινωνία (Hillis, 2004), δείχνει τον κρίσιμο ρόλο του σχολικού θεσμού, αλλά και της επιστημονικής έρευνας σε αυτή τη διαδικασία.

Ο ρόλος των αναπτυξιακών περιορισμών στην κατάκτηση των δεξιοτήτων γραφής

Η γραφή από πολλούς συμπεριλαμβάνεται ως μία από τις πολυπλοκότερες ανθρώπινες λειτουργίες (Hooper et al., 2002), καθώς συνεπάγεται την πολύπλοκη ενσωμάτωση και συνεπίδραση ποικίλων κινητικών, γλωσσικών και γνωστικών δεξιοτήτων (Sandler et al., 1992). Αυτό που κάνει περίπλοκα τα πράγματα είναι ότι οι αιτιώδεις μηχανισμοί στο γράψιμο λειτουργούν κάτω από έναν αριθμό διαφορετικών επιπέδων, περιλαμβάνοντας τα ιδιαίτερα ατομικά χαρακτηριστικά του μαθητή (αναπτυξιακές δεξιότητες και ωρίμανση), τις δομικές διαδικασίες που μεσολαβούν ανάμεσα στις οδηγίες που δίδονται και στο μαθησιακό αποτέλεσμα, καθώς και στις μεταβλητές καθοδήγησης (Abbott & Berninger, 1993).

Ένα μέρος της έρευνας της γραπτής γλώσσας είναι αφιερωμένο στην ανάπτυξη της γραπτής δεξιότητας με ιδιαίτερη εστίαση στις ανωτέρου επιπέδου γνωστικές και γλωσσικές διαδικασίες που περιλαμβάνονται στην σύνθεση, στη γνωστική και γλωσσική γνώση και στις γλωσσολογικές δομές του κειμένου (Kellogg, 2008; Bereiter, Burtis & Scardamalia, 1988; Hayes & Flowers, 1987; McCutchen, 1986). Όσον αφορά τις αναπτυξιακές δεξιότητες χαμηλότερου επιπέδου που σχετίζονται με το γράψιμο κατά τα πρώιμα στάδια, έχει δοθεί λιγότερη προσοχή (Berninger et al., 1992).

Ένα ενδιαφέρον ερώτημα αφορά το ρόλο των αναπτυξιακών δεξιοτήτων κατά τα πρώιμα στάδια της γραφής και τη σχέση τους με την κατάκτηση της γραφής. Οι Berninger, Mizokawa & Bragg (1991) επινόησαν το θεωρητικό μοντέλο των αναπτυξιακών περιορισμών (developmental constraints) για την κατάκτηση της γραφής, προσπαθώντας να διατυπώσουν κάποιες ερμηνείες (Berninger et al., 1992).

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, υπάρχουν τρία επίπεδα περιορισμών: το νευροαναπτυξιακό, το γλωσσικό και το γνωστικό. Το νευροαναπτυξιακό επίπεδο περιλαμβάνει δεξιότητες κατώτερης ιεραρχικά τάξης, όπως η ραγδαία και αυτόματη παραγωγή αλφαβητικών γραμμάτων, η ραγδαία κωδικοποίηση ορθογραφικών πληροφοριών και η ταχύτητα στις διαδοχικές κινήσεις δακτύλων. Τέτοιες δεξιότητες θεωρείται ότι περιορίζουν βάσει του μοντέλου των Hayes & Flower's (1980) τη διαδικασία μεταγραφής (transcription), αλλά όχι και την παραγωγή κειμένου (text generation). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό ως παραγωγή κειμένου εννοείται η μετάφραση των ιδεών σε αναπαραστάσεις προφορικού λόγου και ως μεταγραφή η μετάφραση των

αναπαραστάσεων προφορικού λόγου σε προϊόν γραπτής γλώσσας (ο.π.). Οι νευροαναπτυξιακοί περιορισμοί οφείλονται στις ατομικές διαφορές της νευροωρίμανσης των παιδιών και συνεπώς, ενώ δίνονται οι πρώτες οδηγίες γραμματισμού, οι μαθητές διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό ως προς την ωριμότητα του νευρικού τους συστήματος (Berninger et al, 1992). Επομένως πολλοί μαθητές, αν και έχουν την ίδια ηλικία, ωστόσο εμφανίζουν ιδιαίτερα ατομικά χαρακτηριστικά.

Στο επίπεδο της γλωσσικής διαδικασίας οι περιορισμοί εστιάζουν στην *παραγωγή κειμένου* και τέλος οι γνωστικοί περιορισμοί τίθενται κυρίως σε θέματα *σχεδιασμού* (planning), *διόρθωσης* (revision) και άλλων πλευρών της *μετάφρασης* (translation) (Hayes & Flower, 1987). Συνοψίζοντας, το επίπεδο των δεξιοτήτων των μαθητών σε μια ποικιλία αναπτυξιακών τομέων σχετίζεται με την κατάκτηση της γραφής, και τη δυνατότητα να ανταποκρίνονται στα μαθησιακά έργα (Abbott & Berninger, 1993). Με άλλα λόγια, οι αναπτυξιακές δεξιότητες διευκολύνουν ή παρεμποδίζουν τη διαδικασία κατάκτησης της γραφής.

Η αποτυχία επιδεξιότητας στις χαμηλότερου επιπέδου αναπτυξιακές δεξιότητες μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την παραίτηση και αποθάρρυνση του παιδιού από κάθε μορφής προσπάθεια. Η αποτυχία ωστόσο στο χαμηλότερο επίπεδο μπορεί να συμβαίνει όταν τα παιδιά δεν έχουν ίσως ακόμη προβλήματα με τις δεξιότητες υψηλού επιπέδου που περιλαμβάνονται στο γράψιμο. Παρολαυτά όμως βρίσκονται σε κίνδυνο να χαρακτηριστούν ως παιδιά με «διαταραχή στη γραφή» (Berninger et al., 1992). Την παραπάνω άποψη στηρίζει και η έρευνα των Abbot et al. (1997), τα αποτελέσματα της οποίας υποδηλώνουν ότι οι μηχανικές δεξιότητες της γραφής μπορεί να ασκούν περιορισμούς στην ποσότητα και την ποιότητα της παραγωγής κειμένου.

Εκτός από τις έρευνες γύρω από τις αναπτυξιακές δεξιότητες και την κατάκτηση της γραφής, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σχέση του γλωσσικού υποσυστήματος της γραφής με τα άλλα γλωσσικά υποσυστήματα της ανάγνωσης, του προφορικού λόγου και της ακουστικής. Η κατανόηση αυτής της περιοχής είναι πολύ σημαντική και χρήσιμη διότι δίνει τη δυνατότητα σχεδιασμού αποδοτικότερων αναλυτικών προγραμμάτων και καθοδηγητικών παρεμβάσεων για τη γραφή (Shanahan & Lomax, 1986).

Από βιολογικής άποψης, η γλώσσα δεν είναι μια μεμονωμένη ικανότητα, αλλά θα λέγαμε μια οικογένεια ικανοτήτων, δύο από τις οποίες –η κατανόηση και η έκφραση– διεκπεραιώνονται σε διαφορετικές θέσεις του εγκεφάλου (Kandel, Schwartz & Jessell, 2009). Από συμπεριφορικής άποψης η γλωσσική συμπεριφορά, αν και εκλαμβάνεται ως μία ενοποιημένη ολότητα, ουσιαστικά διακρίνεται σε τέσσερα λειτουργικά συστήματα

στον νου/εγκέφαλο (mind/brain). Οι Berninger et al. (2002) τα ονομάζει *γλώσσα με το αυτί* (ακουστική), *γλώσσα με το στόμα* (προφορική), *γλώσσα με το μάτι* (ανάγνωση) και *γλώσσα με το χέρι* (γραφική). Τα συστήματα αυτά, αν και φαίνεται να διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο της αισθητικής εισόδου και της κινητικής εξόδου, εκτός των άλλων διαγράφουν τη δική τους αναπτυξιακή τροχιά, έχουν τη δική τους εσωτερική οργάνωση, και αλληλεπιδρούν το ένα με το άλλο σε κάποιο βαθμό ανάλογα με τα διαφορετικά στάδια της ανάπτυξης.

Αν και περιορισμένη έρευνα έχει γίνει για τη σύνδεση ανάγνωσης και γραφής, ωστόσο κάποιες από αυτές τις έρευνες δείχνουν ότι η ανάγνωση και η γραφή είναι πολυδιάστατες διαδικασίες και ότι οι συνδέσεις τους εξαρτώνται αναλόγως του ποια μέτρα λαμβάνουμε κάθε φορά υπόψη. Οι Shanahan & Lomax (1986) για πρώτη φορά προσπάθησαν να εκτιμήσουν τη συστηματική διάταξη αυτών των σχέσεων ανάμεσα σε χωριστές μεταβλητές ανάγνωσης και γραφής και να μεταχειριστούν τη γραφή και την ανάγνωση ως έναν «αστερισμό» αλληλοσυσχετιζόμενων διαδικασιών. Κάνοντας χρήση της τεχνικής *LISREL path analysis* σύγκριναν τρία εναλλακτικά μοντέλα σύνδεσης ανάγνωσης-γραφής στις βαθμίδες της δευτέρας και της πέμπτης: ένα διαδραστικό μοντέλο με αμοιβαίες επιδράσεις ανάμεσα στην ανάγνωση και τη γραφή και δύο μοντέλα μονής κατεύθυνσης, ανάγνωση-γραφική και γραφή-ανάγνωση. Βάσει των αποτελεσμάτων το διαδραστικό μοντέλο ταίριαζε καλύτερα στη βαθμίδα της δευτέρας. Επίσης το διαδραστικό μοντέλο μαζί με το μοντέλο ανάγνωση-γραφική ταίριαζαν περισσότερο στη βαθμίδα της πέμπτης από το μοντέλο γραφή-ανάγνωση.

Μερικά χρόνια αργότερα οι Abbott & Berninger (1993) έκαναν χρήση μιας παρόμοιας τεχνικής με αυτής των Shanahan & Lomax (1986), τη λεγόμενη *Structural Equation Modeling*, βάσει της οποίας προέκυψε ότι από την πρώτη βαθμίδα έως τη βαθμίδα της έκτης, η ορθογραφική κωδικοποίηση (orthographic coding) είχε άμεση οδό προς το αποτέλεσμα της γραφής με το χέρι, ενώ αντίθετα, ο γραφοκινητικός σχεδιασμός για διαδοχικές κινήσεις δακτύλων αποτελεί μία έμμεση οδό, διαμέσω της ορθογραφικής κωδικοποίησης, προς τη γραφή. Επίσης, η ορθογραφική κωδικοποίηση είχε μία άμεση οδό προς το αποτέλεσμα του spelling από την πρώτη έως την βαθμίδα της έκτης, εκεί όπου η φωνολογική οδός ήταν άμεση από τη βαθμίδα της τέταρτης έως τη βαθμίδα της έκτης (Berninger, 2009). Τα ευρήματα των Abbott & Berninger είναι συνεπή με την άποψη ότι η προφορική γλώσσα είναι θεμελιώδης, όχι μόνο για την κατάκτηση της ανάγνωσης, αλλά και για την κατάκτηση της γραφής (Abbott & Berninger, 1993).

Σε γενικές γραμμές η γραφή και η ανάγνωση φαίνεται να αποτελούν δύο χωριστά γλωσσικά συστήματα, τα οποία όμως αλληλεπιδρούν με προβλέψιμο τρόπο. Αυτό έδειξε και το σε βάθος δεκαετίας ερευνητικό πρόγραμμα των Berninger et al. (2002), η μεθοδολογία του οποίου βασίστηκε σε τέσσερις προσεγγίσεις με χρήση του Structural Equation Modelling, οδηγιών και αποκρίσεων, και αναλύσεις fMRI. Τέλος, μία πρόσφατη έρευνα στο συγκεκριμένο πεδίο έδειξε πρώτον ότι οι μέσες επιδόσεις σε κάθε μία από τις τέσσερις γλωσσικές δεξιότητες της ακουστικής κατανόησης, της προφορικής έκφρασης, της αναγνωστικής κατανόησης και της γραπτής έκφρασης παρουσιάζουν σχετικές αλλαγές από την πρώτη προς την τρίτη και έπειτα προς την πέμπτη και έβδομη βαθμίδα, δεύτερον ότι, και οι παράγοντες της ακουστικής κατανόησης και της προφορικής έκφρασης σχετίζονταν πάντα με τους παράγοντες της γραπτής έκφρασης από την πρώτη προς την τρίτη και πέμπτη βαθμίδα, τρίτον ότι η ακουστική κατανόηση συνεισέφερε μοναδικά στη γραπτή έκφραση στη βαθμίδα της τρίτης και της πέμπτης και τέταρτον ότι η προφορική έκφραση συνεισέφερε μοναδικά στη βαθμίδα της εβδόμης. Τα παραπάνω στοιχεία ενισχύουν την άποψη πρώτον ότι η γλώσσα δεν είναι μία μεμονωμένη δεξιότητα, αλλά αποτελείται από συστήματα που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και τα οποία όταν ενσωματωθούν και συγχρονιστούν αρμονικά μπορούν να εκληφθούν ως μία ενιαία δομή (Berninger & Abbott, 2010).

Η αναπτυξιακή διάσταση της γραπτής γλώσσας είναι μεταξύ άλλων ένα ουσιαστικό ζήτημα, για το οποίο χρειάζονται περισσότερη ερευνητική δουλειά. Γιατί όμως; Διότι εξετάζοντας τις ποικίλες νευρογνωστικές πλευρές της γραπτής έκφρασης σε διαφορετικά αναπτυξιακά χρονικά σημεία θα μπορούμε να σχεδιάσουμε διδασκαλίες, κατάλληλα προσαρμοσμένες στο αναπτυξιακό επίπεδο και εφαρμοσμένες με ένα συστηματικό τρόπο, έτσι ώστε οι διδακτικές στρατηγικές να γίνουν ουσιαστικά ενεργές νευροεκπαιδευτικές παρεμβάσεις (Hooper, 2002).

Η γραφή ως μια σύνθετη ψυχοκινητική δεξιότητα

Η γραφή είναι ένα πολύπλοκο έργο εφόσον η παραγωγή των γραπτών κινήσεων ή καλύτερα χτυπημάτων (strokes) είναι ουσιαστικά η φανερή εκδήλωση ή αλλιώς το αποτέλεσμα συγκλινόμενων γνωστικών, ψυχοκινητικών και βιοφυσικών διαδικασιών. Στις δεκαετίες του 60' και 70' η έρευνα στον τομέα αυτό περιοριζόταν σε θέματα που αφορούσαν την εκπαιδευτική, αναπτυξιακή και εργονομική διάσταση της γραφής, μέσα από την προσέγγιση του προϊόντος (product approach) της γραφής. Πιο πρόσφατα όμως παρατηρείται μια παραδειγματική μετατόπιση του ερευνητικού ενδιαφέροντος σε θέματα που αφορούν τη διαδικαστική προσέγγιση (process approach) της γραφής. Με ηλεκτρονικές πινακίδες ψηφιοποίησης δίνεται η δυνατότητα να μετρηθούν με ακρίβεια οι συχνότητες και οι χρόνοι των κινήσεων σε έργα γραφής. Ανιχνεύονται οι γνωστικές διαδικασίες μέσω νευροψυχολογικών παρατηρήσεων στις διαταραχές της γραφής και διατυπώνονται μαθηματικά μοντέλα του σχηματισμού των τροχιών της κίνησης (Abbott & Berninger, 1993; Van Galen, 1991). Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσει κυρίως τη διαδικαστική πλευρά της γραφής.

Ένα πλήρες μοντέλο παραγωγής γραφής θα μπορούσε να χωριστεί σε δύο διαδικασίες. Η μία είναι η *οργανωτική διαδικασία* (organizational process) και η άλλη είναι η *διαδικασία ανατροφοδότησης* (feedback process). Αν και η καθεμία έχει κρίσιμο ρόλο στο παραχθέν αποτέλεσμα, ωστόσο τα μοντέλα γραφής που προτείνονται στη βιβλιογραφία εστιάζουν περισσότερο στην πρώτη περίπτωση παρά στη δεύτερη (Smyth & Silvers, 1987). Εδώ θα γίνει προσπάθεια να προσεγγιστεί την ψυχοκινητική δεξιότητα της γραφής συνολικά.

Λέγοντας *οργανωτική διαδικασία* εννοούνται κάποια στάδια οργάνωσης της γραφής, στα οποία λαμβάνουν χώρα συγκεκριμένες διαδικασίες πριν το παραγόμενο αποτέλεσμα (output). Τα στάδια αυτά ουσιαστικά αποτελούν μια δομή διαδοχικών αποκρίσεων, οι οποίες εστιάζουν κυρίως σε θέματα κινητικού προγραμματισμού αλλά και στις παραμέτρους που σχετίζονται με την κίνηση, όπως είναι το μέγεθος και η ταχύτητα (ο.π.). Όσον αφορά το σύνολο των ξεχωριστών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα, τα πράγματα είναι εξαιρετικά πολύπλοκα. Ωστόσο έχουν προταθεί χρήσιμα μοντέλα.

Ένα από αυτά είναι η ψυχοκινητική θεωρία της γραφής του Van Galen (1991). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο η γενικότερη διαδικασία αποτελείται από έναν αριθμό λειτουργιών, η καθεμιά από τις οποίες λαμβάνει τις πληροφορίες από την επόμενη,

υψηλότερα στην ιεραρχία, λειτουργία και τις μετασχηματίζει με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τη χαμηλότερη ιεραρχικά λειτουργία. Για να αποφεύγεται η διαδικαστική χρονοτριβή ανάμεσα στις διαδικασίες, καθένα από αυτά υποστηρίζεται από ένα μεταβατικό χώρο αποθήκευσης για την έξοδο.

Συγκεκριμένα, στο διαδικαστικό τμήμα του spelling, γίνεται η επιλογή της αντικατάστασης στοιχείων της προφοράς με τους αντίστοιχους γραφικούς κώδικες. Μετά το τμήμα του spelling³ ενεργοποιούνται οι κινητικές διαδικασίες με την επιλογή των αλλογράφων, του ελέγχου του μεγέθους και της μυικής προσαρμογής. Η επιλογή του αλλογράφου μπορεί να εννοηθεί ως η ενεργοποίηση κινητικών προγραμμάτων ή αλλιώς εγγραμμάτων (engrams) ή κατά άλλους μνήμες κίνησης (motormemories) (O' Hare & Brown, 1989a), που αντιστοιχούν σε γραφικές αναπαραστάσεις του ορθογραφικού λεξικού.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ειπωθεί ότι έχουν γίνει διάφορες προτάσεις σχετικά με το ρόλο του αλλογραφικού επιπέδου. Για παράδειγμα, οι Rapp & Caramazza (1997) θεωρούν πως πρόκειται για έναν επιλεκτικό μηχανισμό, ο οποίος περιλαμβάνει μόνο πληροφορίες για τη μορφή κεφαλαίου-μικρού γράμματος και για το στυλ της γραφής, όχι οπτικοχωρικές πληροφορίες, ενώ άλλη ερμηνεία θέλει οι οπτικοχωρικές περιγραφές του γράμματος, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην ανάγνωση και τη γραφή να είναι χωριστές από το αλλογραφικό επίπεδο, το οποίο επιλέγει γραφοκινητικά πρότυπα σύμφωνα με την επιλογή μικρού-κεφαλαίου και του στυλ γραφής. Το γραφοκινητικό επίπεδο μπορεί να είναι οργανωμένο σύμφωνα με την ομοιότητα της δομής των χτυπημάτων (stroke structure) του γράμματος, ενώ μια άλλη άποψη υποστηρίζει την ύπαρξη μίας ξεχωριστής «οπτικής εικόνας» για τα γράμματα στην γραφή, αλλά και στην ανάγνωση (Ward, 2003).

Αν και οι υποθέσεις σχετικά με τη διαδικασία που λαμβάνει χώρα στο αλλογραφικό επίπεδο είναι ποικίλες και συχνά αντικρουόμενες ή ασύμβατες, ο Van Galen στο ψυχοκινητικό του μοντέλο προτείνει ως τελικά ξεχωριστά στάδια την επιλογή παραμέτρων, όπως το μέγεθος των γραμμάτων και την ταχύτητα γραφής αφενός και τη συνέργεια των αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών αφετέρου. Επίσης, αποδίδει τις ποικίλες παραλλαγές στο σχηματισμό γραμμάτων, ως αποτέλεσμα των βιοφυσικών επιδράσεων που συμβαίνουν στην σε πραγματικό χρόνο παραγωγή της γραφής (Van Galen, 1991).

³ Ο όρος spelling παρατίθεται αυτούσιος από την αγγλική βιβλιογραφία, γιατί η ελληνικός όρος συλλαβισμός θεωρείται ότι δεν περιγράφει ακριβώς το συγκεκριμένο όρο.

Στο σημείο αυτό θα ήταν ενδιαφέρον να επισημανθεί ότι ένα μέρος της έρευνας της γραφής, έχει ασχοληθεί με την πλευρά της κινηματικής, μετρώντας με όργανα υψηλής ακρίβειας παραμέτρους στο μικρο-επίπεδο. Μια ενδιαφέρουσα έρευνα δίνει στοιχεία για την ύπαρξη κάποιων «κρυμμένων» αρχών που διέπουν την οργάνωση των χτυπημάτων (strokes), οι οποίες είναι κοινές και για τη σχεδίαση και για τη γραφή, και υφίστανται αναπτυξιακές αλλαγές. Ίσως αυτές οι αλλαγές προκαλούν την αναβάθμιση μιας βέβαιης στοιχειώδους κίνησης, η οποία ονομάζεται «κίνημα» (moveme), σε αναλογία με το «φώνημα» (phoneme) (Nihei, 1983). Επίσης, άλλες έρευνες με χρήση υπολογιστικών προσομοιώσεων έχουν δείξει ότι οι κανονικοί γραφείς χρησιμοποιούν στρατηγικές με σκοπό να μειώσουν τις διασπαστικές επιδράσεις της τριβής ανάμεσα στο εργαλείο της γραφής και την επιφάνεια του υλικού γραφής. Αυτές οι στρατηγικές χρησιμοποιούνται προκειμένου να διατηρηθεί μια περισσότερο σταθερή σχέση αναλογίας ανάμεσα στις δυνάμεις τριβής και στις δυνάμεις εισόδου. Πρόκειται για μια ευαισθησία στις δυναμικές της κίνησης, η οποία είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένη στους επιδέξιους ενήλικους γραφείς (Wann & Nimmo-Smith, 1991).

Ενώ η *οργανωτική διαδικασία* της γραφής, η πορεία της οποίας ξεκινάει από τα προκινητικά στάδια για να καταλήξει στα στάδια της κίνησης, βρίσκεται στο ερευνητικό μικροσκόπιο, ωστόσο η *διαδικασία της ανατροφοδότησης* είναι σχετικά παραμελημένη, αν και παίζει σημαντικό ρόλο, όπως αποδεικνύεται από τις μελέτες ατόμων με προβλήματα δυσγραφίας (Smyth & Silvers, 1987). Η διαδικασία ανατροφοδότησης ουσιαστικά αναφέρεται στη χρήση αισθητικών πληροφοριών με σκοπό τον έλεγχο των γραπτών κινήσεων. Ο Lebrun (1976) ισχυριζόταν ότι η διαθεσιμότητα οπτικής και κιναισθητικής ανατροφοδότησης είναι απαραίτητη προκειμένου κανείς να γράφει άρτια. Αν και δεν παρείχε αποδείξεις αυτού του ισχυρισμού, ωστόσο επιβεβαιώθηκε από μεταγενέστερες έρευνες (Cubelli & Lupi, 1999).

Λέγοντας ανατροφοδότηση ουσιαστικά κάνουμε λόγο για την αντίληψη και εφόσον μιλάμε για το έργο της γραφής μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα η αντίληψη της κίνησης. Η αντίληψη αναφέρεται στη συνειδητή ενημερότητα του καθετί που εισέρχεται στον εγκέφαλο μέσω των πέντε αισθήσεων. Επίσης αφορά την εκτίμηση της θέσης των άκρων αφενός μέσω της ιδιοδεκτικότητας και της εκτίμησης της κίνησης μέσω της κιναισθησίας (O' Hare & Brown, 1989a). Όσον αφορά την ιδιοδεκτικότητα αυτή μαζί με την αφή είναι δύο αισθήσεις, οι οποίες διεκπεραιώνονται από το σωματ αισθητικό σύστημα και μας παρέχουν τη δυνατότητα να αισθανόμαστε το μέγεθος και το σχήμα των αντικειμένων που

πιάνουμε στα χέρια μας, μέσω των πρωτοταγών αισθητικών νευρώνων εντοπισμένων στο δέρμα (Kandel, Schwartz & Jessell, 2009).

Τόσο η όραση, όσο και η ιδιοδεκτική αίσθηση εμπλέκονται στην ικανότητα ενός ατόμου να γράφει σωστά. Ωστόσο οι έρευνες δείχνουν ότι η αισθησιοκινητική αντίληψη εμπλέκεται σε περισσότερα επίπεδα της γραφής, όπως στο επίπεδο χτυπήματος (stroke), στο επίπεδο του γράμματος ή ακόμη και να έχει έναν ειδικό ρόλο στη διατήρηση της σειράς των γραμμάτων. Σε αυτό το συμπέρασμα κατέληξε η έρευνα των Smyth & Silvers (1987) με σκοπό την επέκταση της κατανόησης του ρόλου που παίζει η ανατροφοδότηση για τη γραφή. Συγκρίνοντας κείμενα που γράφτηκαν χωρίς όραση και κείμενα που γράφτηκαν με την ταυτόχρονη εκτέλεση ενός δεύτερου έργου, οι παραπάνω ερευνητές έδειξαν ότι υπάρχουν δύο διακριτές λειτουργίες για τον έλεγχο της γραφής. Η πρώτη λειτουργία της όρασης θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «αποιδιοδεκτική» λειτουργία (extr proprioceptive function), η οποία δεν είναι ειδική για τη γραφή και σχετίζεται με τη διατήρηση προσανατολισμού σε χωρικά έργα γενικότερα, και την «αρθρωτική ιδιοδεκτικότητα» (articular proprioception), η οποία ελέγχει τον αριθμό των χτυπημάτων και την ακριβή παραγωγή διαδοχικών κινήσεων (strokes) που εκτελούνται και είναι ειδική στη γραφή.

Από την στιγμή που έγινε αναφορά για τα διάφορα επίπεδα στα οποία ασκεί έλεγχο η ανατροφοδότηση, θα ήταν ενδιαφέρον να αναφερθεί την έρευνα των Van Doorn & Keuss (1993), οι οποίοι εξέτασαν το ρόλο της όρασης στο επίπεδο της παραγωγής χτυπημάτων (strokes). Ενήλικοι γραφείς παρήγαγαν μια διαδοχή γραμμάτων με τη χρήση όρασης αφενός και με τη μη χρήση όρασης αφετέρου. Με βάση τα αποτελέσματα της σύγκρισης των 2 συνθηκών μέσω πινακίδας αυτόματης ψηφιοποίηση βρέθηκε ότι ο χρόνος της κίνησης και το μέγεθος της τροχιάς στις φάσεις επιτάχυνσης και επιβράδυνσης των κινήσεων των χτυπημάτων αυξήθηκε, όταν απουσίαζε η όραση. Το μέγεθος εξαρτήθηκε και από το είδος του γράμματος. Το γενικό αποτέλεσμα ήταν ότι η αύξηση στο χρόνο και στο μέγεθος ήταν κατανομημένη ισόποσα καθ' όλη τη διάρκεια των χτυπημάτων των κινήσεων.

Συνοψίζοντας, η γραφή ως πολύπλοκη και δύσκολη δραστηριότητα, θα μπορούσε να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα ενός συνδυασμού αλληλεπιδρώντων διαδικασιών, άλλες από τις οποίες παίζουν κρίσιμο ρόλο σε επίπεδο οργάνωσης του παραγόμενου προϊόντος και άλλες σε επίπεδο ανατροφοδότησης. Η επέκταση της γνώσης σε αυτές τις διαδικασίες ενδεχομένως να οδηγήσει σε αποτελεσματικότερες και πιο στοχευμένες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις.

Η αρχιτεκτονική δομή του Spelling

Ως *spelling* μπορεί να οριστεί η παραγωγή μιας σωστής διαδοχής γραφημάτων, η οποία αντιστοιχεί σε μία λέξη του προφορικού λόγου και υπόκειται σε συγκεκριμένους γλωσσικούς κανόνες (O' Hare & Brown, 1989a). Με άλλα λόγια, η ικανότητα του *spelling* είναι ένας μηχανισμός, ή αλλιώς μια βασική δεξιότητα γραμματισμού, η οποία περιλαμβάνει τη μετάφραση της προφορικής γλώσσας σε γραπτά σύμβολα. Προκειμένου να είναι επιτυχής αυτή η διαδικασία, είναι απαραίτητος ένας αριθμός σημαντικών δεξιοτήτων, όπως φωνολογικοί, γραμματικοί, σημασιολογικοί κανόνες και συμβάσεις (Lennox & Siegel, 1996). Σε γενικές γραμμές πρόκειται για ένα σύστημα, το οποίο χαρακτηρίζεται από πολύπλοκη αρχιτεκτονική δομή, ενώ ο επιδέξιος χειρισμός του απαιτεί από το άτομο να έχει αναπτύξει σε υψηλό βαθμό τη γλωσσική του ικανότητα.

Η έρευνα πάνω στο μηχανισμό του *spelling* από νευροψυχολογικής πλευράς ξεκίνησε περίπου στις αρχές της δεκαετίας του 80'. Πρόκειται για μια περίοδο, όπου ο εκπαιδευτικός θεσμός διευρύνεται και υπάρχουν απαιτήσεις για μεγαλύτερη μεθοδικότητα και αποτελεσματικότητα όσον αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα της γραφής. Τα μοντέλα επεξεργασίας πληροφοριών έχουν ήδη αρχίσει να ασκούν ιδιαίτερη επίδραση και τα θεωρητικά γνωστικά μοντέλα σε εγκεφάλους που αναπτύσσονται τυπικά, αποσκοπούν αφενός στην καλύτερη κατανόηση των σχέσεων νου-εγκεφάλου και αφετέρου στη διάγνωση και περίθαλψη των ατόμων με γνωστικές διαταραχές (Miceli & Capasso, 2006).

Την συγκεκριμένη περίοδο η μελέτη περίπτωσης είναι μια διαδεδομένη μέθοδος κυρίως πάνω στην έρευνα για τις επίκτητες μορφές δυσλεξίας σε ενήλικα άτομα. Δύο κεντρικές μορφές επίκτητης δυσλεξίας βρέθηκαν και προτάθηκαν: η *επιφανειακή δυσλεξία* (surface dysgraphia) και η *φωνολογική δυσλεξία* (phonological dyslexia) (Temple, 1985). Οι διαπιστώσεις αυτές βασίστηκαν στις *Θεωρίες Διπλής Πορείας* (Dual-Route theories), σύμφωνα με τις οποίες ο επιδέξιος αναγνώστης μπορεί να προφέρει μια λέξη κάνοντας χρήση δύο διαφορετικών τρόπων. Συγκεκριμένα κάποιες λέξεις μπορούν να αναγνωριστούν μέσω της πρόσβασης στην αναπαράσταση της ορθογραφικής τους δομής (lexical reading), ενώ κάποιες άλλες διαβάζονται με τη συμβολή ενός άλλου μηχανισμού, ο οποίος βάσει κανόνων μετατρέπει τα γραφήματα σε φωνήματα (sub-lexical reading) (Snowling, Bryant & Hulme, 1996). Συνεπώς, τα άτομα με επιφανειακή δυσλεξία έχουν πρόβλημα κυρίως στο λεξικό κομμάτι, και δυσκολεύονται ή αποτυγχάνουν να έχουν οπτική αναπαράσταση των λέξεων, ενώ τα άτομα με φωνολογική δυσλεξία στο υπο-λεξικό κομμάτι, με δυσκολία στην φωνολογική αποκωδικοποίηση.

Το ενδιαφέρον είναι ότι κατά κοινή ομολογία, όπως με τους επίκτητους τύπους δυσλεξίας, έτσι και τα άτομα με αναπτυξιακή δυσλεξία δεν αποτελούν μια ομοιογενή ομάδα. Κάποιοι ερευνητές παρέχουν αποδείξεις όχι μόνο για την ύπαρξη διακριτών ποικιλιών αναπτυξιακής δυσλεξίας, αλλά και ανάλογων με αυτούς που βρέθηκαν στον πληθυσμό με επίκτητη δυσλεξία (Castles & Coltheart, 1993). Με άλλα λόγια προτείνεται η διατύπωση μιας θεωρίας της αναπτυξιακής δυσλεξίας με βάση το θεωρητικό πλαίσιο του συστήματος ανάγνωσης των φυσιολογικών ενηλίκων δηλαδή το μοντέλο Διπλής Πορείας (Dual-Route model). Η κριτική που ασκήθηκε είναι ότι ένα στατικό μοντέλο ανάγνωσης, όπως αυτό της Διπλής Πορείας, είναι ανεπαρκές για την κατανόηση του πώς τα παιδιά μαθαίνουν να διαβάζουν και γιατί κάποια παιδιά μαθαίνουν να διαβάζουν εύκολα, ενώ κάποια άλλα έχουν δυσκολίες (Snowling, Bryant & Hulme, 1996).

Μια κρίσιμη υπόθεση όσον αφορά στον τομέα της ανάγνωσης, με βάση την περιγραφή των δύο ειδών δυσλεξίας που προαναφέρθηκαν, ήταν ότι οι λεξικο-σημαντικοί μηχανισμοί (lexical mechanisms) και οι διαδικασίες γραφοφωνημικής μετατροπής (sublexical procedures) είναι ουσιαστικά δύο αυτόνομες λειτουργίες. Επίσης, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 80' υπάρχει η εμπειρική υποστήριξη για μια ανάλογη διάκριση που εμφανίζεται στο spelling (Miceli & Carasso, 2006). Τα δεδομένα αυτά προέρχονται κυρίως από ένα μεγάλο αριθμό από μελέτες ατόμων που διαγιγνώσκονται ως δυσγραφικοί (Ward, 2003). Κι αυτό διότι τα αποτελέσματα από πειράματα με άτομα τυπικής ανάπτυξης σε δοκιμασίες ανάγνωσης και γραφής δεν έδιναν ξεκάθαρες απαντήσεις σε πολλά επιμέρους ζητήματα που αφορούσαν τις διαδικασίες και τους μηχανισμούς (Burhmann & Bub, 1992).

Οι περισσότερες εξηγήσεις μέχρι και σήμερα για το spelling και την ανάγνωση προτείνουν δύο πορείες ή διαδικασίες για τη μετάφραση ανάμεσα στην ορθογραφία και τη φωνολογία: μια λεξική διαδικασία και μια υπολεξική διαδικασία. Η λεξική διαδικασία θεωρείται ότι ανακαλεί ορθογραφικές αναπαραστάσεις ή προφορές για οικείες σειρές γραμμάτων (letter strings). Αντίθετα η υπολεξική διαδικασία φροντίζει για την κατά κάποιο τρόπο συναρμολόγηση ενός spelling ή μιας προφοράς για μη οικείες αυτή τη φορά σειρές γραμμάτων, χρησιμοποιώντας τη γνώση των συστηματικών αντιστοιχιών ανάμεσα σε φωνήματα και γραφήματα (Folk, Rapp & Goldrick, 2002). Για να τεθεί πιο απλά, γίνεται λόγος για δύο ουσιαστικά διακριτές δεξιότητες, οι οποίες μεσολαβούνται από τουλάχιστον δύο διαφορετικές διαδικασίες. Η πρώτη διαδικασία είναι μια οπτική διαδικασία, κατά την οποία η μορφή της λέξης μπορεί άμεσα να ανακληθεί μέσα από τη χρήση ενός ορθογραφικού λεξικού ή αλλιώς μέσω δεξιοτήτων ορθογραφικής μνήμης, ενώ

η δεύτερη διαδικασία είναι μια φωνολογική διαδικασία, η οποία βασίζεται στη σχέση μεταξύ γραμμμάτων και ήχων (Lennox & Siegel, 1996).

Ένα απλό μοντέλο του spelling είναι αυτό του Ellis (1988), τα βασικά χαρακτηριστικά του οποίου είναι κοινά με αυτά πολλών άλλων μοντέλων. Σύμφωνα με αυτό, ένας αριθμός από διαφορετικές πορείες spelling, συγκλίνουν σε ένα είδος μνήμης γραφημικής εξόδου (graphemic output buffer). Πιο συγκεκριμένα μέσω της διαδικασίας της γραφοφωνημικής μετατροπής μπορεί να γίνει μια απευθείας μετατροπή μιας φωνολογικής εισόδου (phonological input) σε μια γραφημική έξοδο (graphemic output), βάσει κάποιων στατιστικών κανονικοτήτων της γλώσσας. Αυτή η οδός είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ορθογραφική αναπαράσταση των λεγόμενων *μη-λέξεων* (non-words). Από την άλλη πλευρά, το λεγόμενο λεξικό ορθογραφικής εξόδου (orthographic output lexicon), συνιστά ουσιαστικά μια μνήμη ορθογραφικών αναπαραστάσεων όλων των γνωστών λέξεων, συμπεριλαμβανομένου και των λεγόμενων ανώμαλων μη-κανονικών (irregular words), π.χ. “yacht”, “rough” (Ward, 2003). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, η είσοδος στο λεξικό ορθογραφικής εξόδου, μπορεί να ανακληθεί διαμέσω του *σημασιολογικού* ή *σημασιολογικού συστήματος* (semantic system). Ωστόσο, σύμφωνα με μία άλλη εκδοχή, ίσως υπάρχει και μια άλλη οδός (δεύτερη ή τρίτη), η οποία συνδέει απευθείας τις αναπαραστάσεις στο λεξικό φωνολογικής εισόδου, με τις αναπαραστάσεις στο λεξικό ορθογραφικής εξόδου, παρακάμπτοντας, όμως τη σημασιολογία (Folk, Rapp & Goldrick, 2002).

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, βλάβη σε κάποια από τις διαδικασίες που περιγράφονται παραπάνω οδηγεί σε δυσγραφίες του τύπου επιφανειακή ή φωνολογική. Ωστόσο, η ύπαρξη ποικίλων μορφών επιφανειακής δυσλεξίας, αλλά και περιπτώσεων δυσγραφίας φαίνεται να περιπλέκει την ερμηνεία του φαινομένου (Behrmann & Bub, 1992). Επίσης, η ανάλυση λαθών σε γραπτά «φυσιολογικών» ατόμων και ατόμων με δυσγραφία με βάση το μοντέλο της αυτονομίας των λεξικο-σημαντικών μηχανισμών από τους μη λεξικούς μηχανισμούς του spelling δεν ήταν πάντα επιτυχημένη. Για παράδειγμα, σε έρευνα των Barry & Seymour (1988) δόθηκαν σε «φυσιολογικά» άτομα δοκιμασίες γραφής ψευδολέξεων καθ’ υπαγόρευση. Σε αυτά τα έργα παρατηρήθηκε ότι το spelling της ψευδολέξης κάποιες φορές επηρεαζόταν από τη λέξη που προηγούνταν αυτής. Για παράδειγμα η ψευδολέξη /sIOd/ ήταν πιθανότερο να γραφτεί ως *sIod* (ψευδολέξη) όταν βρισκόταν μετά από τη λέξη *nod* (=γνέφω) και ως *sIoad* (ψευδολέξη), με τη λέξη *broad* (=ευρύς) να προηγείται. Αυτό όμως που συνάγεται είναι ότι αν οι δύο μηχανισμοί ήταν αυτόνομοι, το spelling της ψευδολέξης δεν θα έπρεπε να είχε επηρεαστεί από την

προηγούμενη λέξη, όταν αυτή η λέξη περιέχει το ίδιο ή τα ίδια φωνήματα (Miceli, Capasso, 2006).

Αξίζει να επισημανθεί και η περίπτωση ενός ατόμου με δυσγραφία, το οποίο μελέτησαν οι Rapp et al. (2002). Ο LAT δυσκολευόταν στη σωστή ορθογραφία των λέξεων (83-93% σωστές λέξεις) αν και οι υπολεξικές και σημασιολογικές διαδικασίες ήταν σχετικά άθικτες (90-98% ακρίβεια στις μη-λέξεις και 95% επιτυχία στον ορισμό λέξεων). Επίσης, το spelling των λέξεών του δεχόταν τις επιδράσεις της *λεξικής συχνότητας* (Effect of Lexical Frequency) και της *γραφοφωνημικής πιθανότητας* (Phoneme-Grapheme Probability). Το ενδιαφέρον ήταν ότι τα λεγόμενα *φωνολογικά ευλογοφανή λάθη* (Phonologically Plausible Errors) συχνά περιλάμβαναν πολύ χαμηλής πιθανότητας *γραφοφωνημικές αντιστοιχίες* (Phoneme Grapheme Correspondencies), οι οποίες περιλαμβάνονταν στη λέξη-στόχο (π.χ. “bouquet” → BOUKET). Ενώ δηλαδή το K είναι το πιο κοινό spelling για το φώνημα /k/ δεν εκπλήσσει το γεγονός ότι ο LAT έγραψε K αντί για Q (φωνολογικά ευλογοφανές λάθος). Ωστόσο, το ET είναι πολύ χαμηλής πιθανότητας spelling για το φώνημα /ei/. Συνεπώς τέτοια χαμηλής πιθανότητας spellings σπάνια θα παράγονταν από μια υπολεξική διαδικασία, η οποία παράγει spellings σύμφωνα με τη συχνότητα της γραφοφωνημικής αντιστοιχίας στη γλώσσα (Folk, Rapp & Goldrick, 2002).

Όπως είναι εμφανές, οι δύο παραπάνω περιπτώσεις είναι αδύνατον να ερμηνευτούν βάσει του μοντέλου Διπλής Πορείας, σύμφωνα με το οποίο οι λεξικο-σημαντικές διαδικασίες και οι υπολεξικές διαδικασίες είναι αυτόνομες. Η άποψη αυτή, ήδη από τις αρχές του 90' αλλάζει σε σημαντικό βαθμό, καθώς έρχονται στην επιφάνεια δεδομένα, τα οποία υποστηρίζουν την ύπαρξη *αλληλεπίδρασης* (interaction) ανάμεσα στις δύο βασικές διαδικασίες (Miceli & Capasso, 2006).

Οι Rapp et al. (2002) πρότειναν ένα μηχανισμό αλληλεπίδρασης, ο οποίος συνίσταται από δύο στοιχεία: 1. την *ενσωμάτωση* λεξικών και υπολεξικών πληροφοριών στο γραφημικό επίπεδο και 2. την *ανατροφοδότηση* των πληροφοριών από το γραφημικό επίπεδο στο λεξικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την ενσωμάτωση, η πρόταση ήταν ότι τα λεξικά και τα υπολεξικά συστήματα στέλνουν σήματα για την ενεργοποίηση των γραφημικών στοιχείων που είναι υποψήφια στο επίπεδο της γραφημικής μνήμης (graphemic buffer). Παρόλο όμως που τα δύο συστήματα συνεργάζονται, ωστόσο η ενεργοποίηση από το λεξικό σύστημα κανονικά κυριαρχεί στην όλη διαδικασία. Όσον αφορά την ανατροφοδότηση τα γραφήματα που έχουν ενεργοποιηθεί προκαλούν την ενεργοποίηση, στο λεξικό επίπεδο, των λέξεων που τα περιέχουν. Το τελικό spelling που

θα επιλεγθεί, θα προκύψει ουσιαστικά μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία ανατροφοδοτήσεων ανάμεσα στα ορθογραφικά λεξήματα και στα γραφήματα (Folk, Rapp & Goldrick, 2002).

Αν και η πρόταση για αλληλεπίδραση ανάμεσα στους λεξικοσημαντικούς και υπολεξικούς μηχανισμούς μετατροπής εξηγεί μια ποικιλία από περιπτώσεις που έχουν υποστεί ζημιά στις λειτουργίες του spelling και της ανάγνωσης, ωστόσο ο γνωστικός τόπος (locus) και τα διαδικαστικά θέματα είναι ανοιχτά προς συζήτηση. Πάντως μέχρι πρόσφατα τα δεδομένα συγκλίνουν στην άποψη ότι οι ορθογραφικές λεξικές μορφές είναι αυτόνομες από τις φωνολογικές λεξικές μορφές και ότι έχουν απευθείας πρόσβαση από τη σημασιολογία στην οδό προς το spelling. Επίσης, υπάρχουν αποδείξεις ότι η επιλογή των ορθογραφικών λεξικών αναπαραστάσεων μπορεί να επηρεάζεται, τουλάχιστον σε κάποιες περιπτώσεις, από τις υπολεξικές πληροφορίες (Miceli & Carasso, 2006). Για να τεθεί πιο απλά, οι φωνολογικές και οι ορθογραφικές λεξικές αναπαραστάσεις είναι αυτόνομες, ωστόσο μπορεί να αλληλεπιδρούν διαμέσω υπολεξικών μηχανισμών.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι το θέμα δεν εξαντλείται εδώ και προς το παρόν κανένα πρόσφατο μοντέλο του spelling δεν μπορεί να δώσει ξεκάθαρες απαντήσεις για όλες τις περιπτώσεις. Ωστόσο πολλά νέα μοντέλα αναπτύσσονται, τα οποία βελτιώνουν, συμπληρώνουν ή τροποποιούν παλιότερα με σκοπό να οδηγηθούμε σε μία πληρέστερη ερμηνευτική θεωρία. Η περαιτέρω ανάπτυξη ωστόσο του συγκεκριμένου θέματος ξεπερνάει τους σκοπούς και τις προθέσεις της παρούσας εργασίας.

Η διαδικασία παραγωγής γραπτού λόγου: Αναζητώντας το κατάλληλο ερμηνευτικό μοντέλο...

«Οι οδηγίες προσανατολισμένες στη διαδικασία της γραφής είναι ένα νέο σύνορο το οποίο μόλις τώρα έχουμε αρχίσει να διαπερνάμε» λένε οι Hayes & Flower σε ένα άρθρο που έγραψαν το 1986. Τη δεκαετία του 80', όπως ήδη έχει επισημανθεί, συμβαίνει μια θεμελιώδης μετατόπιση από την ανάλυση των γραπτών προϊόντων προς τη διερεύνηση των διαδικασιών της γραφής. Η νέα αυτή προοπτική αλλάζει τον τρόπο που παρεχόταν μέχρι τώρα η καθοδήγηση των δασκάλων προς τους μαθητές για την παραγωγή κειμένων. Ενώ συνηθιζόταν η μίμηση καλών μοντέλων, οι ευκαιρίες για εξάσκηση και οι διορθώσεις με κόκκινο στυλό, τώρα ο δάσκαλος παρεμβαίνει στη γραπτή διαδικασία και διδάσκει τους μαθητές τι να κάνουν και πώς να το κάνουν. Επίσης, τους αναθέτει έργα, τα οποία βελτιώνουν ειδικές δεξιότητες της γραφής, όπως η παραγωγή ιδεών, η απόκτηση καλύτερης αίσθησης του κοινού που απευθύνονται κλπ. Αυτό το πλαίσιο στηρίζουν ποικίλες επιστημονικές εργασίες, οι οποίες αντιμετωπίζουν το θέμα της παραγωγής του γραπτού λόγου από την προοπτική της σύνδεσης γραφής, σκέψης και μάθησης (Hayes & Flower, 1986).

Το 1980 οι Hayes & Flower αναπτύσσουν ένα μοντέλο οργάνωσης των διαδικασιών της παραγωγής γραπτού λόγου. Το μοντέλο αυτό που έμελλε να ασκήσει την πιο μεγάλη επιρροή από όλα τα γνωστικά μοντέλα, βασίστηκε στην τεχνική της *ανάλυσης πρωτοκόλλου* (protocol analysis), σύμφωνα με την οποία οι ενήλικοι γραφείς «σκέφτονται φωναχτά» καθώς συνθέτουν το κείμενό τους. Η συνεισφορά αυτού του μοντέλου συνίσταται στην απομάκρυνση από την προσέγγιση χρονικής ακολουθίας του πεδίου, κατά την οποία ο σχεδιασμός προηγείται της μετάφρασης και η μετάφραση προηγείται της διόρθωσης, προς την κατανόηση των επαναλαμβανόμενων γνωστικών διαδικασιών, οι οποίες αλληλεπιδρούν η μία με την άλλη σε μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Graham, Harris & Olinghouse, 2007; Abbott & Berninger, 1993).

Το μοντέλο αυτό προτείνει ότι η παραγωγή γραπτού λόγου είναι μια διαδικασία στοχο-κατευθυνόμενη και ότι οι στόχοι είναι ιεραρχικά οργανωμένοι. Οι γραφείς για να επιτύχουν τους στόχους κάνουν χρήση τριών βασικών διαδικασιών: α. το στάδιο του *σχεδιασμού* (planning), β. το στάδιο της *παραγωγής προτάσεων* (sentence generation) και γ. το στάδιο της *βελτίωσης* (revising). Η στοχο-κατευθυνόμενη διαδικασία για τους Hayes & Flower σημαίνει ότι ο γραφέας κάνει σχόλια πάνω στους βασικούς στόχους που έχει θέσει.

Αυτό φάνηκε από την ανάλυση πρωτοκόλλου, όπου ο γραφέας σε θέμα που του ζητήθηκε για το ρόλο των γυναικών απέναντι σε εχθρικό κοινό είπε: «Δεν προσπαθώ να πείσω τους ανθρώπους για τίποτα...», «Θέλω να αποφασίσω αν...», «Θέλω να πείσω το κοινό μου...» κ.ο.κ. Η ιεραρχική οργάνωση των γραπτών στόχων αναφέρεται στο ότι για την επίτευξή τους οι γραφείς θέτουν υποστόχους (Hayes & Flower, 1987).

Όσον αφορά το στάδιο του σχεδιασμού (planning), αυτό περιλαμβάνει τρία θέματα. Πρώτον, τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αναπαριστούν τη γνώση τους. Τα γραπτά σχέδια δεν περιλαμβάνουν αναπαραστάσεις μόνο μιας μορφής, αλλά τουλάχιστον τριών τύπων: α. δείκτες (δηλ. ενδείξεις και λέξεις-κωδικούς) με μορφή σχημάτων (schemas), επεισοδίων, εικόνων, β. λέξεις-εικόνες (word images), ίσως σε ακουστική μορφή, και γ. στόχους δηλ., στοιχεία που επηρεάζουν το κοινό, δημιουργούν συνδέσεις ή οδηγίες ανεξαρτήτως περιεχομένου του τύπου «πρόσθεσε μια εισαγωγή» κλπ. (Hayes & Flower, 1986).

Δεύτερον, τη γνώση του γραφέα για το συγκεκριμένο θέμα. Τέτοια γνώση μπορεί να παρέχει οργανωτικές έννοιες, οι οποίες βοηθούν το γραφέα να επιλέξει τις σχετικές πληροφορίες. Με άλλα λόγια, ουσιαστικά γίνεται συζήτηση για το τι γνωρίζει κάποιος για ένα συγκεκριμένο θέμα. Οι McCutchen (1986) βρήκαν ότι το, όπως το αποκάλεσαν, *στοιχείο του περιεχομένου* (content component), παίζει καθοριστικό ρόλο και ότι είναι ο λόγος που τα παιδιά που μελέτησαν, παρήγαγαν κείμενα με μεγαλύτερη συνοχή σε θέματα που γνώριζαν ήδη καλά. Στα ίδια περίπου συμπεράσματα καταλήγει και ο Σπαντιδάκης (2009), σύμφωνα με τον οποίο όσο λιγότερο βιωματικές είναι οι πληροφορίες που έχει ο γραφέας και όσο λιγότερη εμπειρία έχει στο είδος του κειμένου που γράφει, τόσο πιο απαραίτητος είναι ο σχεδιασμός.

Τρίτον, τη γνώση του γραφέα για τις στρατηγικές γραφής. Λέγοντας «στρατηγικές γραφής» οι Hayes & Flower (1986) εννοούν το συνδυασμό τριών πραγμάτων: α. τη γνώση για το πώς να ορίσω το γραπτό έργο, β. το να έχω ένα ευρύ σώμα διαδικαστικής γνώσης υψηλού επιπέδου για να σχεδιάσω και τέλος γ. το να είμαι ικανός να ελέγξω και να διευθύνω τη διαδικασία. Η στρατηγική γνώση παίζει κυρίως ρόλο σε έργα τα οποία διακρίνονται για τις υψηλότερες απαιτήσεις τους και έχουν μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας. Δεν περιορίζεται στη χρήση των συμβάσεων της μορφής (format) και του κειμενικού είδους (genre), που αυτό μπορεί να είναι η εξήγηση για ένα μόνο μέρος της διαδικασίας του σχεδιασμού. Αντίθετα, προχωράει και στις στρατηγικές επίλυσης προβληματικών καταστάσεων (problem-solving). Όπως θα αναλυθεί και στη συνέχεια, η γραφή ως γλωσσικό σύστημα συνδέεται με τις εκτελεστικές λειτουργίες. Αυτό θέλησαν να τονίσουν

και οι Hopper et al. (1994), συλλαμβάνοντας το έργο της γραφής ως μια πολύπλοκη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, η οποία αντανακλά τη *δηλωτική γνώση* του γραφέα (declarative knowledge), τη *διαδικαστική γνώση* (procedural knowledge) και την *κατά συνθήκη γνώση* (conditional knowledge). Όλες αυτές αλληλεπιδρούν (Stein, 1983) και εξυπηρετούνται από ένα δίκτυο νευροψυχολογικών παραγόντων, παραγόντων προσωπικότητας και άλλες συνθήκες (Fletcher et al., 2007; Hooper, 2002).

Το δεύτερο στάδιο του μοντέλου των Hayes & Flower (1980) αφορά την παραγωγή προτάσεων (sentence generation) ή με άλλα λόγια την πρώτη καταγραφή των σκέψεων, ιδεών, γνώσεων κλπ. (Σπαντιδάκης, 2009). Σε αυτό το στάδιο τα σχέδια μετασχηματίζονται σε κείμενο με νόημα. Με άλλα λόγια, το μη λεκτικό πλάνο παίρνει λεκτική μορφή. Οι Hayes & Flower (1986) αναφέρουν ότι το 75% των μερών της πρότασης που αναφέρθηκε στην ανάλυση πρωτοκόλλου περιλαμβανόταν στο γραπτό σχέδιο. Πρότειναν ότι η ικανότητα να δουλεύει κάποιος με μεγαλύτερες μονάδες ίσως είναι μέρος αυτού που συνήθως λέμε «ευφραδής γραφέας» (fluent writer).

Τέλος το τρίτο στάδιο αφορά τη βελτίωση-επιμέλεια (revision). Ο Murray (1978) θέλοντας να τονίσει τη σημασία αυτής της διαδικασίας δήλωσε με δραματοποιημένο τρόπο ότι «το γράψιμο δεν είναι τίποτε άλλο παρά ξαναγράψιμο» (“writing is rewriting”). Έχει δειχθεί ότι όσο πιο έμπειρος είναι ένα γραφέας, τόσο περισσότερο χρόνο αφιερώνει στη διόρθωση. Επίσης, ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι οι πρωτοετείς φοιτητές, αντιλαμβάνονται τη φάση της διόρθωσης ως μια δραστηριότητα επανεξέτασης των λέξεων που έχουν χρησιμοποιήσει. Αντίθετα οι έμπειροι γραφείς δίνουν προσοχή και έμφαση στο επίπεδο των επιχειρημάτων, αλλά και στη γενική εικόνα του κειμένου (Hayes & Flower, 1987). Ο Kellogg (2008) δίνει μια παρόμοια εκδοχή, λέγοντας ότι υπάρχει ένα στάδιο, το οποίο ανάγει το γράψιμο από διαδικασία διεκπεραιωτική σε τέχνη (knowledge-crafting). Σύμφωνα με αυτό το στάδιο, ο γραφέας προβληματίζεται για τη μορφή ή το πώς παραθέτει τα επιχειρήματά του, καθώς και μια θα λέγαμε ανησυχία για την αναγνωσιμότητα του κειμένου ή αλλιώς για το πώς ηχεί στα αυτιά των αναγνωστών. Ο Kellogg, όπως και οι Hayes & Flower, υποστηρίζει την άποψη ότι στους πρωτοετείς φοιτητές φαίνεται να υπάρχει μικρή αλληλεπίδραση ανάμεσα στις αναπαραστάσεις που έχει ο γραφέας για το κείμενο και σε αυτές του ίδιου του συγγραφέα, και ακόμη περισσότερο με τις αναπαραστάσεις του αναγνώστη, στον οποίο άλλωστε απευθύνεται το κείμενο.

Σε αντίθεση με την εργασία των Hayes & Flower όσον αφορά τα γνωστικά στοιχεία του επιδέξιου γραφέα οι Beal, Bereiter, Englert, Hiebart, McCutchen, Scardamalia και οι συνεργάτες τους έχουν συμβάλλει σε σημαντικό βαθμό στην κατανόησή μας όσον αφορά

την ανάπτυξη των γνωστικών και γλωσσικών διαδικασιών τόσο στους έμπειρους όσο και στους νεότερους γραφείς (Abbott & Berninger, 1993).

Βασιζόμενοι στις εκτενείς παρατηρήσεις τους πάνω σε αρχάριους γραφείς, οι Bereiter & Scardamalia (1987) έδειξαν ότι οι αρχάριοι προσεγγίζουν το έργο της γραπτής έκθεσης με έναν πολύ πιο απλό τρόπο. Πρωταρχικά, ισχυρίζονται, ότι μετατρέπουν το γραπτό έργο σε αναφορά του τι ξέρουν σχετικά με το θέμα που τους δίνεται (Graham, Harris & Olinghouse, 2007). Αυτό είναι το λεγόμενο μοντέλο της παράθεσης πληροφοριών (knowledge-telling model) (Σπαντιδάκης, 2009). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, το περιεχόμενο του κειμένου παράγεται μέσα από τη διερεύνηση της μνήμης, με βάση τις νύξεις που προέρχονται είτε από το έργο που έχει ανατεθεί είτε από το ίδιο το κείμενο που έχει γραφτεί, είτε από τις γνώσεις του ίδιου του συγγραφέα σχετικά με το κειμενικό είδος. Η προηγούμενη οργάνωση της μνήμης και οι συμβάσεις του λόγου είναι αυτές που καθορίζουν τη συνοχή, την οργάνωση και την καταλληλότητα του κειμένου με βάση το χώρο που καταλαμβάνει. Ένα οικείο θέμα και ένα είδος κειμένου, στο οποίο έχει γίνει ήδη καλή εξάσκηση, είναι οι προϋποθέσεις για ένα κείμενο με λογικό αποτέλεσμα και καλή μορφή. Ωστόσο, η προσοχή του γραφέα περιορίζεται απλά σε θέματα σκέψης, στο πόσα να γράψει και με ποιο τρόπο να τα εκφράσει (Bereiter, Burtis & Scardamalia, 1988).

Η παράθεση πληροφοριών αν και μια περιορισμένη διαδικασία, ωστόσο είναι εύκολο να τη μάθει κανείς. Μέχρι ενός βαθμού είναι χρηστική για μια ποικιλία σχολικών γραπτών. Ωστόσο, δεν υπάρχει η οργάνωση που θα αναμενόταν ούτε η προσεγμένη επιλογή εκείνων των πληροφοριών που θα συνάδει με τις ειδικές ανάγκες της κατάστασης του αναγνώστη (Hayes & Flower, 1987). Παρολαυτά, ένα μικρό παιδί δεν είναι διαρκώς εγωκεντρικό, καθώς περίπου από την ηλικία των τεσσάρων ετών έχει ήδη αποκτήσει μια *θεωρία του νου*⁴ (ή θεωρία της νόησης) (theory of mind), πράγμα που του επιτρέπει να λαμβάνει υπόψη και την προοπτική του άλλου. Ωστόσο, μπορεί να υπάρχουν και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι να ασκούν εμπόδια, όπως για παράδειγμα οι περιορισμοί της εργαζόμενης μνήμης (working memory), η οποία υποστηρίζει τη διαδικασία του σχεδιασμού, της γλωσσικής παραγωγής και της διόρθωσης-βελτίωσης. Συνεπώς τα παιδιά

⁴ Η *θεωρία του νου* είναι διαδεδομένη κυρίως από τη βιβλιογραφία για τον αυτισμό. Αυτό που γνωρίζουμε είναι ότι ενώ το αυτιστικό άτομο ερμηνεύει τη συμπεριφορά κατά τρόπο κυριολεκτικό, για τον άνθρωπο που αναζητεί έμμονα τα κρυμμένα κίνητρα (τον «έμμονο νοητικοποιητή») ισχύει το αντίθετο· η συμπεριφορά δεν ερμηνεύεται κυριολεκτικά, αλλά από την οπτική γωνία των προθέσεων που την υποκινούν. Αυτό αποτελεί την πραγματική έννοια της θεωρίας του νου (Frith, 1990).

αγωνίζονται κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου να καταλάβουν ουσιαστικά τι λέει το κείμενο που γράφουν, παραμελώντας άλλες διαστάσεις (Kellogg, 2008).

Το δεύτερο μοντέλο που ανέπτυξαν οι Bereiter & Scardamalia αφορά τους έμπειρους γραφείς και ονομάζεται *μοντέλο της επεξεργασμένης γραφής* (knowledge transcription model) (Σπαντιδάκης, 2009). Η πολυπλοκότητά του συνίσταται στο γεγονός ότι η παραγωγή του περιεχομένου υποβιβάζεται και υπόκειται σε δύο χώρους. Έναν χώρο για το περιεχόμενο (content space), στον οποίο προβλήματα, πιστεύω, λογική συνέπεια και άλλα παρόμοια δουλεύονται, και έναν ρητορικό χώρο (rhetorical space), στον οποίο αντιμετωπίζονται τα προβλήματα που έχουν σχέση με τους επιδιωκόμενους στόχους. Για παράδειγμα έχοντας ως ρητορικό στόχο να ενδυναμώσω το επιχείρημα διερευνώ την μνήμη περιεχομένων με σκοπό να βρω ένα παράδειγμα για ένα πιστεύω, το οποίο θα λύσει το πρόβλημα. Ωστόσο αυτή η προσπάθεια μπορεί να με οδηγήσει σε διόρθωση του πιστεύω και να χρειαστεί να αλλάξω το ρητορικό στόχο που έθεσα εξαρχής. Αυτή η «διαλεκτική» διαδικασία της αμοιβαίας δραστηριότητας ίσως αποτελεί μια εξήγηση για την ανακαλυπτική και δημιουργική διάσταση της γραφής (Bereiter, Burtis & Scardamalia, 1988). Συνεπώς αυτό το στάδιο διαθέτει μια δυναμική, η οποία δημιουργείται μέσα από την αλληλεπίδραση ανάμεσα στις αναπαραστάσεις των ιδεών του συγγραφέα και τις αναπαραστάσεις του ίδιου του κειμένου καθεαυτώ (Kellogg, 2008). Σε γενικές γραμμές οι Bereiter & Scardamalia (1988) παρέχουν αποδείξεις ότι αφενός οι αρχάριοι και αφετέρου οι έμπειροι γραφείς διαφέρουν ως προς τον τρόπο με τον οποίο προσεγγίζουν το κύριο θέμα μιας έκθεσης, και με το μοντέλο που προτείνουν ρίχνουν φως σε μια πληρέστερη εξήγηση για τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται από τις δύο κατηγορίες.

Πιο πρόσφατες έρευνες έχουν εστιάσει το ενδιαφέρον τους στη σύνδεση των διαδικασιών της γλώσσας με τις *εκτελεστικές λειτουργίες* (executive functions) (Fletcher et al., 2007). Καθώς τα παιδιά ανεβαίνουν σε υψηλότερες βαθμίδες της εκπαίδευσης, τα γραπτά έργα που τους ανατίθενται γίνονται όλο και πιο απαιτητικά. Απαιτούν όλο και περισσότερη σκέψη, ικανότητες οργάνωσης και συλλογιστικές προσεγγίσεις. Σε όλες αυτές τις προκλήσεις, οι εκτελεστικές λειτουργίες διαδραματίζουν καίριο ρόλο (Graham, Harris & Olinghouse, 2007).

Τι είναι όμως οι εκτελεστικές λειτουργίες; Κατά ένα πολύ γενικό ορισμό, οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι η αυτοδιαχείριση των ρυθμιστικών διανοητικών λειτουργιών. Είναι σημαντικές σε οποιαδήποτε δραστηριότητα επίλυσης προβλήματος, καθώς η συνειδητή και συλλογιστική επίλυση προβλήματος προϋποθέτει την αναστολή μη σχετικών ή υπερμαθημένων αποκρίσεων όποτε αυτές τείνουν να συμβούν. Ενίοτε η

διατήρηση αυτών των στρατηγικών ή η απόσυρσή τους όποτε χρειάζεται είναι καίριας σημασίας προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του έργου (Altemeier, Abbott & Berninger, 2008). Με άλλα λόγια, πρόκειται για έναν όρο ομπρέλα, ο οποίος περιλαμβάνει πολύπλοκες γνωστικές διαδικασίες, και οι οποίες εξυπηρετούν συνεχιζόμενες, στοχοκατευθυνόμενες συμπεριφορές (Meltzer, 2007).

Οι εκτελεστικές λειτουργίες συνδέονται με τα γραπτά έργα στους τυπικά αναπτυσσόμενους πληθυσμούς και επηρεάζουν τόσο τις χαμηλού επιπέδου γραφοκινητικές και ορθογραφικές δεξιότητες, όσο και τις υψηλού επιπέδου διαδικασίες της έκθεσης (Altemeier, Abbott & Berninger, 2008). Έρευνες έχουν επισημάνει τη σχέση αυτή. Συγκεκριμένα οι Graham et al. (1997) έδειξαν ότι η δεξιότητα της γραφής με το χέρι (handwriting) και το spelling εξηγούσαν ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό της ευφράδειας στην έκθεση (41% - 66%) και της ποιότητας της έκθεσης (25% - 42%), προτείνοντας ότι οι μηχανικές δεξιότητες της γραφής ίσως ασκούν περιορισμούς στην ποιότητα και την ποσότητα της έκθεσης, όχι μόνο στις πρώτες, αλλά και στις μεσαίες βαθμίδες της εκπαίδευσης. Επίσης, σύμφωνα με μια άλλη έρευνα, η ραγδαία αυτόματη παραγωγή γραμμάτων του αλφάβητου, η ραγδαία κωδικοποίηση ορθογραφικών πληροφοριών και η ταχύτητα των διαδοχικών κινήσεων των δακτύλων, ήταν οι καλύτεροι προβλεπτικοί παράγοντες των δεξιοτήτων γραφής και έκθεσης (Berninger et al., 1992).

Τη σημασία των εκτελεστικών λειτουργιών για τη διαδικασία της γραπτής γλώσσας σε μαθητές της πρωτοβάθμιας έχουν επισημάνει και οι Hopper et al., (2002). Στη μελέτη που διεξήγαγαν εξέτασαν τέσσερις υποκατηγορίες των εκτελεστικών λειτουργιών [*έναρξη* (initiation), *μετατόπιση* (set shifting), *διατήρηση* (sustaining) και *αναστολή/σταμάτημα* (inhibition/stopping)] παιδιών με και χωρίς προβλήματα στη γραπτή έκφραση, χορηγώντας τους επιλεγμένα έργα. Τα παιδιά με τα προβλήματα γραπτής έκφρασης είχαν φτωχότερες επιδόσεις στον καθένα από αυτούς τους τομείς σε σύγκριση με τα παιδιά χωρίς προβλήματα γραπτής έκφρασης, αν και η διαφορά δεν ήταν πολύ σημαντικές (small effect sizes). Αυτό ίσως εξηγείται από το ότι οι περιοχές του μετωπιαίου λοβού στον εγκέφαλο, οι οποίες έχει υποστηριχθεί ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τις εκτελεστικές λειτουργίες, ωριμάζουν αργά. Υψηλής ευκρίνειας μαγνητικοί τομογράφοι έχουν αποκαλύψει έναν υψηλότερο βαθμό ανάπτυξης των μετωπιαίων περιοχών σε νέους ενήλικες 23-30 χρονών, εν συγκρίσει με 12-16 χρονών παιδιά (Kellogg, 2008). Τα παραπάνω συνάδουν και με την άποψη ότι τα σχέδια υψηλού επιπέδου, που συνδέονται άλλωστε με τις εκτελεστικές λειτουργίες, μπορούν να θεωρηθούν ως περιορισμοί, και για τη διαδικασία, αλλά και για το προϊόν (Berninger et al., 1992; McCutchen, 1986). Επίσης,

ταιριάζουν με το πλαίσιο που περιέγραψαν οι Hayes & Flower (1987), όσον αφορά τη στοχοκατευθυνόμενη γραφή και την ιεραρχική οργάνωση των γραπτών στόχων που χαρακτηρίζει τους έμπειρους γραφείς.

Ένας επιπλέον περιορισμός που τίθεται στους αρχάριους γραφείς σε σχέση με τους έμπειρους είναι η λειτουργία της εργαζόμενης μνήμης. Οι πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στο σχεδιασμό, την παραγωγή και τη διόρθωση (Hayes & Flower, 1986) θα πρέπει να συντονιστούν διαμέσω του εκτελεστικού ελέγχου προσοχής στην εργαζόμενη μνήμη. Η εργαζόμενη μνήμη, σύμφωνα με το μοντέλο εργαζόμενης μνήμης του Baddeley (2001) είναι ένα σύστημα προσοχής, το οποίο επιβλέπει και παρακολουθεί τα στοιχεία αποθήκευσης, όπως είναι για παράδειγμα το φωνολογικό λεξικό (για τις λεκτικές αναπαραστάσεις) και το λεξικό οπτικο-χωρικών σχεδίων (visual-spatial sketchpad) για τις αναπαραστάσεις αντικειμένων (Kellogg, 2008). Η άποψη αυτή έχει υποστηριχθεί και πειραματικά από αρκετές έρευνες, οι οποίες θέλουν τη λεκτική εργαζόμενη μνήμη (verbal working memory) να χρησιμοποιείται για τη διατήρηση των φωνολογικών αναπαραστάσεων κατά τη διάρκεια της παραγωγής γραπτής γλώσσας και την οπτική εργαζόμενη μνήμη (visual working memory) να διαδραματίζει ένα ρόλο, όταν η συγκεκριμένη γλώσσα δίνει προτεραιότητα σε εικόνες κατά τη διάρκεια του σταδίου του σχεδιασμού (Kellogg, Olive & Piolat, 2007).

Η νευροψυχολογία των διαταραχών γραπτής έκφρασης: Μια ιστορική προσέγγιση

Σήμερα, αναμφισβήτητα έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος όσον αφορά τις γνώσεις μας για τις διαταραχές της γραπτής έκφρασης (δυσγραφία). Σε αυτό έχει συμβάλει θετικά η αυξανόμενη εμπειρία μας σχετικά με το πώς λειτουργεί ο ανθρώπινος εγκέφαλος, ποιοι μηχανισμοί ευθύνονται για τη μεγάλη ποικιλία των συμπεριφορών που παρουσιάζει ο άνθρωπος και γιατί αυτές οι συμπεριφορές τροποποιούνται κάτω υπό ορισμένες συνθήκες. Εξαιρετικά χρήσιμη είναι η συμβολή της σύγχρονης τεχνολογίας, η οποία συμβάλλει σημαντικά στη μελέτη περιοχών, οι οποίες δεν είναι δυνατόν να γίνουν αντιληπτές και να καταγραφούν από τις ανθρώπινες αισθήσεις. Τέλος, η βελτίωση των μεθοδολογικών εργαλείων και τεχνικών εξασφαλίζει την εγκυρότερη και πιο αξιόπιστη επεξεργασία των ερευνητικών δεδομένων. Σε αυτή την ενότητα θα γίνει μια σχετικά σύντομη ιστορική αναδρομή με σκοπό να φανεί η προοδευτική εξέλιξη της έρευνας στο αντικείμενο των διαταραχών της γραπτής έκφρασης.

Οι πρώτες αναφορές για διαταραχές της γραπτής έκφρασης γίνονται κυρίως στο δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα. Ο P. Broca το 1861, περιέγραψε το σύμπλεγμα συμπτωμάτων ενός αφασικού ασθενή που δεν μπορούσε να μιλήσει. Μεταξύ αυτών των συμπτωμάτων ήταν ότι δεν μπορούσε να εκφράσει τις ιδέες του γραπτά. Διαταραχή γραπτής έκφρασης, παρατήρησε και ο K. Wernicke το 1876, αυτή τη φορά όμως σε αφασικό ασθενή που δεν μπορούσε να κατανοήσει τη γλώσσα.

Ο Wernicke εκτός από την ανακάλυψη της περιοχής που ευθύνεται για την κατανόηση του λόγου, διατυπώνει μια γλωσσική θεωρία, με την οποία επιχειρεί από τη μια να ερμηνεύσει τα συμπτώματα της αφασίας, και από την άλλη να επεκτείνει τις δύο υπάρχουσες θεωρίες του εντοπισμού των εγκεφαλικών λειτουργιών και της άποψης περί τον εγκέφαλο ως ενιαίο πεδίο.

Θεωρούμε ότι αξίζει να αναφέρουμε συνοπτικά αυτή τη θεωρία. Κατά τον Wernicke, οι ακουστικές και οι οπτικές αναπαραστάσεις εδράζονται σε διαφορετικές αισθητικές περιοχές. Η νευρική αντιπροσώπευση αυτών των περιοχών μπορεί να μεταβιβαστεί σε μια συνειρμική περιοχή του φλοιού, γνωστή και ως *γωνιώδης έλικα*. Η νέα αυτή περιοχή είναι ικανή να μετασχηματίσει τις διαφορετικές αισθητικές πληροφορίες (προφορικές και γραπτές λέξεις) σε μια κοινή νευρωνική αντιπροσώπευση ή αλλιώς έναν νέο νευρωνικό κώδικα. Αυτός ο κώδικας μπορεί να μεταβιβαστεί είτε στην περιοχή

Wernicke και να αναγνωριστεί ως γλώσσα που συνδέεται με το νόημα, είτε στην περιοχή Broca, όπου από αισθητική αντιπροσώπευση μετουσιώνεται σε κινητική αντιπροσώπευση (Kandel, Schwartz & Jessell, 2009). Συνεπώς, όταν σε κάθε περίπτωση οι μετασχηματισμοί αυτοί δεν μπορούν να συντελεστούν λόγω βλάβης, έχουμε τα διάφορα σύνδρομα της αφασίας.

Εκείνη την περίοδο, η διαταραχή της γραπτής έκφρασης δεν εκλαμβάνεται παρά ως ένα δευτερογενές σύμπτωμα, μια συνέπεια της αφασίας, η οποία προέρχεται, είτε από βλάβη στο μετωπιαίο λοβό (περιοχή Broca), είτε από βλάβη του κροταφικού λοβού (περιοχή Wernicke). Φωτεινή εξαίρεση της εποχής, ίσως αποτελεί η χρήση του όρου *αγραφία* (agraphia) από τον Ogle, με σκοπό να διακρίνει την επίκτητη διαταραχή της γραφής από την αφασία ως επίκτητη γλωσσική διαταραχή. Υποστήριζε με άλλα λόγια ότι οι δύο διαταραχές θα μπορούσαν να εμφανιστούν χωριστά (Fletcher et al., 2007). Ωστόσο, δεν φαίνεται να δίνεται περαιτέρω προσοχή στο θέμα, αφού η μελέτη της δυσλεξίας, ως διαταραχής της ανάγνωσης, που συνοδεύεται ενίοτε από προβλήματα γραφής θα έλξει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας και θα παραγκωνίσει για πολλά χρόνια την αποκλειστική μελέτη της γραπτής έκφρασης (Hillis, 2004).

Κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, έως και τα τέλη περίπου της δεκαετίας του 1970, μέσα από μελέτες περιπτώσεων ασθενών που παρουσιάζουν εγκεφαλικές βλάβες διερευνάται το ερώτημα εάν οι διαταραχές της ανάγνωσης, της γραφής και του προφορικού λόγου μπορούν να υπάρχουν ανεξάρτητα ή να αποτελούν απαραίτητα μέρη μιας γενικής γλωσσικής διαταραχής (Casey & Ettliger, 1960). Στο πλαίσιο αυτό γίνεται διαδεδομένη μια ταξινομική προσέγγιση του θέματος, μέσω της οποίας επιχειρείται η καταγραφή και περιγραφή μιας ποικιλίας περιπτώσεων και των χαρακτηριστικών που τις συνοδεύουν (Micelli & Capasso, 2006).

Για παράδειγμα ο Gerstman το 1940 αλλά και άλλοι ερευνητές δέχονται τον όρο *δυσγραφία* ως μια διαταραχή, η οποία μπορεί να υπάρχει χωρίς ελλείμματα στην ανάγνωση και στον προφορικό λόγο. Επίσης, ο Critchley το 1953 προσπαθεί να εξηγήσει τη δυσγραφία ως έλλειψη δεξιοτήτων εκτέλεσης ή με άλλα λόγια δυσπραξία στο γράψιμο. Οι Casey & Ettliger το 1960 αναφέρουν μια έρευνα 700 μη επιλεγμένων νευρολογικών περιπτώσεων, η οποία έδειξε ότι μόνο στη μία από τις τριανταπέντε εμφανιζόταν η δυσλεξία ή η δυσγραφία ως μεμονωμένη γλωσσική διαταραχή (Casey & Ettliger, 1960). Σε γενικές γραμμές, στην προσπάθεια ταξινόμησης και κατηγοριοποίησης συναντάμε όρους, όπως *αγραφία με αφασία*, *αγραφία με αλεξία*, *καθαρή αγραφία*, *απραξική αγραφία* και *χωρική αγραφία* (Miceli & Capasso, 2006).

Παράλληλα με την ταξινομική αυτή προσέγγιση, ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ένα μέρος των ερευνών ασχολείται με την περιγραφή των χαρακτηριστικών του γραπτού προϊόντος σε παιδιά που δυσκολεύονται με το γράψιμο. Στο πλαίσιο αυτό κατασκευάζονται κλίμακες για την ποιοτική αξιολόγηση του γραπτού προϊόντος, σύμφωνα όμως με μετρήσιμους όρους. Το εγχείρημα αυτό δεν είναι εύκολη υπόθεση, καθώς έννοιες όπως *ευαναγνωσιμότητα* και *ποιότητα* δεν μπορούν να μελετηθούν βάσει απόλυτων αντικειμενικών κριτηρίων (Rosenblum, Weiss & Parush, 2004).

Μία από τις πρώτες κλίμακες που δημοσιεύτηκαν ήταν αυτή του Thorndike (1910), η οποία αξιολογούσε μαθητές από την πέμπτη έως την έκτη τάξη. Στη συνέχεια ακολουθούν κι άλλες κλίμακες, όπως αυτές των Ayres (1912), Freeman (1959), Bezzi, Feldt (1962) και Wisconsin (1963). Η ανάπτυξη νέων κλιμάκων αξιολόγησης, συνοδεύεται και από μια τάση απομάκρυνσης από του ολιστικού τύπου αξιολογήσεις προς έναν τύπο περισσότερο αναλυτικής αξιολόγησης της ποιότητας της γραφής. Η διαφορά τους είναι ότι ο δεύτερος τύπος σε αντίθεση με τον πρώτο κάνει χρήση συγκεκριμένων κριτηρίων, όπως είναι π.χ. το σχήμα των γραμμών, το μέγεθος, η κλίση, τα διαστήματα, η ευθύτητα των γραμμών κλπ. Τέτοιες κλίμακες χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα (Βλάχος, 2008).

Τη δεκαετία του 60' προτείνονται για πρώτη φορά θεωρητικά μοντέλα που αφορούν τις διαταραχές της γραπτής διαδικασίας (Hooper, 2002). Ένα από αυτά είναι των Johnson & Myklebust (1967). Οι εν λόγω επιστήμονες διεξήγαγαν πολυάριθμες έρευνες πάνω στα αποτελέσματα των διαφορετικών τύπων της γλώσσας και στα αντιληπτικά ελλείμματα παιδιών σε ακαδημαϊκά και κοινωνικά περιβάλλοντα. Επίσης, σχεδίασαν προγράμματα παρεμβάσεων για τη θεραπεία δυσκολιών σε δεξιότητες που σχετίζονται με τη σχολική μάθηση (Fletcher, 2007).

Ο Α. Luria το 1950 έγραψε ένα σύντομο βιβλίο που τιτλοφορήθηκε ως *Essays on the Psychophysiology of Writing*. Στο έργο αυτό σύγκρινε κλινικά δεδομένα που αφορούσαν το διαχωρισμό διανοητικών λειτουργιών με μια ποικιλία γεγονότων που είχαν σχέση με την απόκτηση της γραφής (writing acquisition) σε «φυσιολογικά» άτομα και σε άτομα με παθολογία, λαμβάνοντας υπόψη συνάμα και τις πολιτισμικές διαφορές (Akhutina, 2002). Κατά τη δεκαετία του 60' ο Α. Luria επηρεαζόμενος πρώτα από τον J.H. Jackson και ύστερα από τον L. Vygotsky διαμορφώνει τη θεωρία του, το ενδιαφέρον της οποίας συνίσταται στο ότι βάσει αυτής μπορεί να ερμηνευθεί καλύτερα η σχέση συμπεριφοράς και διαταραγμένου εγκεφάλου, καθώς επίσης και η έννοια της αναδιοργάνωσης του εγκεφάλου σε άτομα των οποίων οι βλάβες στον εγκέφαλο έχουν

αποκατασταθεί. Επίσης, προτείνει τρόπους αποκατάστασης και θεραπείας (Καραπέτσας, 1988).

Στα τέλη της δεκαετίας του 70', η εξέλιξη της τεχνολογίας ανοίγει νέους δρόμους όσον αφορά στην αξιολόγηση και ανάλυση, όχι μόνο του γραπτού προϊόντος, αλλά και των διαδικασιών της γραφής (Rosenblum, Weiss & Parush, 2004). Οι εφαρμογές της τεχνολογίας στην έρευνα της γραφής ξεκίνησαν από τους Teulings & Thomassen το 1979 (Βλάχος, 2008). Κάνοντας χρήση ψηφιακών υπολογιστών και συσκευών εισόδου/εξόδου κατάφεραν να πετύχουν ακριβή καταγραφή και αυτόματη επεξεργασία των στατικών αλλά και των δυναμικών χαρακτηριστικών των κινήσεων κατά τη γραφή (Teulings & Maarse, 1984).

Η δεκαετία του 80' αποτελεί μια μεταβατική περίοδο κατά την οποία το ενδιαφέρον στρέφεται από τη μελέτη του προϊόντος σε μια πιο συστηματική και μεθοδική θα λέγαμε διερεύνηση των διαδικασιών της γραπτής έκφρασης. Με άλλα λόγια παρατηρείται μια μεταστροφή από την ποιότητα στην ποσότητα, από την προσέγγιση με βάση το προϊόν στην προσέγγιση με βάση τη διαδικασία, από τα στατικά στα δυναμικά χαρακτηριστικά της γραφής. Επίσης, στόχος είναι η θεωρία να γίνει πράξη με την εισήγηση αποτελεσματικών προγραμμάτων παρέμβασης και καθοδήγησης (Hayes & Flower, 1986).

Το 1966 οι J. Marshall και F. Newcomb πρωτοπόρησαν στη μελέτη των διαταραχών της ανάγνωσης και του spelling, εφαρμόζοντας για πρώτη φορά ψυχολογολογική ανάλυση σε μελέτες περίπτωσης. Αυτή η μέθοδος υιοθετήθηκε από τότε για τη μελέτη των επίκτητων δυσλεξιών (Temple, 1985). Τη δεκαετία του 80' η μελέτη επεκτάθηκε και εφαρμόστηκε με επιτυχία και στις αναπτυξιακές δυσλεξίες. Το ενδιαφέρον ουσιαστικά για τη δυσγραφία αυξήθηκε από τη στιγμή που οι Castles & Coltheart πρότειναν τη κατηγοριοποίηση της δυσλεξίας σε φωνολογική και επιφανειακή (Castles & Coltheart, 1993; Nicolson & Fawcett, 2009), σύμφωνα με την οποία τα ορθογραφικά προβλήματα (spelling), ήταν ξεχωριστά από τα προβλήματα φωνολογικής ανάγνωσης. Παρά τις διαφωνίες που διατυπώθηκαν (Snowling, Bryant, & Hulme, 1996), η θεωρία αυτή οδήγησε σε περαιτέρω μελέτες για τις υποκείμενες αιτίες αφενός των ορθογραφικών δυσκολιών και αφετέρου των αναπτυξιακών δυσκολιών στον έλεγχο της γραφής (Nicolson & Fawcett, 2009).

Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 έχουν διατυπωθεί τα πρώτα γνωστικά μοντέλα που αφορούν το spelling, τα οποία έχουν βασιστεί κυρίως σε εμπειρική έρευνα από περιπτώσεις επίκτητης δυσγραφίας. Ενδεικτικά αναφέρονται τα μοντέλα των Morton, Frith, Margolin, Ellis και Goswami (Ellis, 1993). Την ίδια δεκαετία ένα άλλο μέρος της

έρευνας εστιάζει στις υψηλότερες λειτουργίες των γνωστικών και γλωσσικών διαδικασιών που περιλαμβάνονται στη γραπτή έκθεση. Το μοντέλο των Hayes & Flower (1980) κυρίως, καθώς και αυτό των Bereiter & Scardamalia (1986) άσκησαν τη μεγαλύτερη επίδραση (Abbott & Berninger, 1993), αν και ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 60' είχαν προταθεί κάποια μοντέλα της γραπτής διαδικασίας, που όμως ήταν υπεραπλουστευμένα (Hayes & Flower, 1986). Λιγότερες μελέτες εκδόθηκαν σχετικά με τη διαδικασία της γραφής ως ψυχοκινητικής δεξιότητας των παιδιών γενικά και των παιδιών με δυσκολίες γραφής ειδικά. Κάποια από τα ονόματα που ασχολήθηκαν με αυτό τον τομέα είναι οι Wann, Kadiramanathan, Graham, Van Galen κ.α. (Βλάχος, 2008). Εκτενέστερη αναφορά στους ερευνητές που εστίασαν στη διαδικασία της γραφής σε όλα τα επίπεδα υπάρχει στο άρθρο των Abbott & Berninger (1993).

Από τις αρχές της δεκαετίας του 90' μέχρι και σήμερα η έρευνα σε αυτή την περιοχή θέτει συνεχώς νέα ερωτήματα (Miceli & Capasso, 2006), με σκοπό όχι μόνο να κατανοήσει τις αιτίες που προκαλούν τις δυσκολίες στη γραπτή έκφραση, αλλά και γενικότερα να αποκαλύψει τις διαδικασίες και τις λειτουργίες που διέπουν την πολύπλοκη δεξιότητα της γραφής. Οι σκοποί είναι σαφώς εκπαιδευτικοί και κατ' επέκταση κοινωνικοί, καθώς ο γραπτός λόγος είναι μέσο επικοινωνίας και αυτο-έκφρασης.

Τα τελευταία χρόνια διεξάγονται πολυάριθμες έρευνες, οι οποίες δίνουν έμφαση στις εκτελεστικές λειτουργίες (executive functions) και στη σχέση τους με τη μάθηση και τη συμπεριφορά. Ο ρόλος τους θεωρείται κρίσιμος για τη γραφή, καθώς παίζουν ένα ρόλο «συντονιστή ορχήστρας», ο οποίος εμπλέκεται στην οργάνωση, τον αυτοματισμό και το σχεδιασμό επιμέρους δεξιοτήτων πολύπλοκων διαδικασιών, όπως είναι η γραφή (Rosenblum, Aloni & Josman, 2010; Graham, Harris & Olinghouse, 2007; Hooper et al., 2002).

Ανακεφαλαιώνοντας, το ερευνητικό ενδιαφέρον για τη γραφή και τις διαταραχές της είναι έντονο τα τελευταία 20 με 30 χρόνια. Ίσως τώρα περισσότερο από ποτέ αναγνωρίζεται ο κρίσιμος ρόλος της για τη γενικότερη επίδοση ενός μαθητή στο σχολείο. Επίσης, είναι βέβαιο, πως για καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα απαιτούνται οι κατάλληλες κατά περίπτωση οδηγίες. Για αυτούς τους λόγους, η παραδειγματική μετατόπιση από την προσέγγιση με βάση το προϊόν στη προσέγγιση με βάση τη διαδικασία είναι συνάμα ένα μεγάλο βήμα προόδου, αλλά και μια πρόκληση για το αντικείμενο στο μέλλον.

Ορισμός και ταξινόμηση των διαταραχών της γραφής

Στην παρούσα ενότητα θα εξηγηθούν οι λόγοι για τους οποίους ένας ενιαίος ορισμός της *δυσγραφίας* είναι ένα δύσκολο εγχείρημα. Η δυσκολία αυτή ουσιαστικά αντανακλά την πολυπλοκότητα της διαδικασίας της γραφής, αλλά και την έλλειψη γνώσεων γύρω από αυτή τη διαδικασία, παρά τη σχετική πρόοδο σε αυτό το πεδίο μελέτης.

Μια κάποια σύγχυση γίνεται αντιληπτή από το πλήθος των όρων που χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία για να περιγράψουν τις δυσκολίες που εμφανίζονται στη γραπτή γλώσσα. Εκτός από τον όρο *δυσγραφία*, έχουν χρησιμοποιηθεί όροι όπως *αναπτυξιακή αποτυχία εξόδου* (developmental output failure), *γραπτή διαταραχή* (writing disorder), *προβλήματα γραφής* (writing problems), *διαταραχή της γραπτής έκφρασης* (disorder of written expression), *προβλήματα στη γραπτή έκφραση* (problems in written expression), *δυσκολίες στη γραφή* (writing difficulties) και *διαταραχές στη γραφή* (writing disabilities) (Katusic et al., 2009).

Η ποικιλία των όρων αυτών με μια πρώτη ματιά υποδηλώνει ότι υπάρχουν κάποιες διαβαθμίσεις ως προς τη σοβαρότητα του προβλήματος, το οποίο μπορεί να εντοπίζεται σε διαφορετικές λειτουργίες ή επίπεδα. Επίσης, δεν διευκρινίζεται πάντα εάν οι δυσκολίες στη γραφή συνυπάρχουν με άλλες διαταραχές και αν συμβαίνει αυτό πώς ορίζεται αυτή η κατάσταση. Για παράδειγμα γνωρίζουμε πως στη δυσλεξία είναι πολύ πιθανόν οι διαταραχές ανάγνωσης να συνυπάρχουν με προβλήματα γραφής με το χέρι (handwriting), αλλά και προβλήματα στο spelling (Berninger et al., 2007). Με άλλα λόγια κάποια παιδιά με δυσγραφία έχουν προβλήματα ειδικά στην αντιγραφή (transcription) –δεξιότητες γραφής, ορθογραφία– χωρίς προβλήματα ανάγνωσης, ενώ κάποια άλλα έχουν και δυσγραφία αλλά και δυσλεξία (Berninger et al., 2008). Επίσης, γνωρίζουμε ότι παιδιά με ΔΕΠ-Υ είθισται να έχουν προβλήματα με τη γραπτή γλώσσα (Nicolson & Fawcett, 2009).

Σύμφωνα με τους Fletcher et al. (2007), οι έρευνες για τη γραπτή έκφραση συχνά δεν ξεχωρίζουν τα παιδιά που έχουν ειδικές δυσκολίες στη γραπτή έκφραση, από τις περιπτώσεις που υπάρχει συνοσηρότητα ή αλλιώς επικάλυψη με άλλες μαθησιακές δυσκολίες. Ωστόσο θα πρέπει να έχουμε υπόψη ότι, όπως έχουν υποστηρίξει οι Gilger & Kaplan (2001) «στις αναπτυξιακές διαταραχές η συνοσηρότητα είναι ο κανόνας και όχι η εξαίρεση» (Nicolson & Fawcett, 2009; Καραπέτσας, 2011). Πιθανότατα αυτός είναι ένας

σοβαρός λόγος για τον οποίο παρεμποδίζεται η διατύπωση ενός κοινά αποδεκτού ορισμού και κατ' επέκταση η ταξινόμηση των διαταραχών γραπτής έκφρασης.

Εδώ κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν ενδεικτικά κάποιοι από τους ορισμούς της δυσγραφίας στη βιβλιογραφία. Οι O' Hare & Brown (1989b) βλέπουν τη δυσγραφία ως καθυστερημένη ανάπτυξη ή ανωμαλία στη δεξιότητα της γραφής. Σύμφωνα με αυτούς η δυσκολία αυτή μπορεί να είναι δευτερογενής στις ανωμαλίες της καλλιγραφίας (penmanship) ή της γραπτής γλώσσας, π.χ. στο spelling, ή ένας συνδυασμός και των δύο. Οι Hamstra-Bletz & Blote (1993) θεωρούν ότι η δυσγραφία συνιστά διαταραχή ή δυσκολία στην παραγωγή γραπτής γλώσσας που σχετίζεται με το μηχανικό μέρος της γραφής (Engel-Yeger, Nagauker & Rosenblum, 2009). Παρομοίως, οι Smits-Engelsman & Van Galen (1997) υποστηρίζουν ότι κοινό χαρακτηριστικό των δυσγραφικών παιδιών είναι ότι ακόμη και με τις κατάλληλες οδηγίες και εξάσκηση, αποτυγχάνουν να προοδεύσουν επαρκώς στην απόκτηση της λεπτής κινητικότητας που είναι απαραίτητη για έργα γραφής. Επίσης θεωρούν ότι τα προβλήματα γραφής είναι τυπικά κινητικής φύσεως, και δεν προκαλούνται από φτωχό spelling ή άλλα ψυχογλωσσολογικά προβλήματα. Τέλος, σύμφωνα με το *Διαγνωστικό και Στατιστικό Εγχειρίδιο Νοητικών Διαταραχών, Τέταρτη Έκδοση* (DSM-IV-TR) οι *Διαταραχές Γραπτής Γλώσσας* (Written-Language Disorder) είναι «οι δεξιότητες της γραφής που πέφτουν σημαντικά κάτω από το αναμενόμενο, δεδομένου της χρονολογικής ηλικίας του ατόμου, της μετρημένης ευφυΐας, και της κατάλληλης για την ηλικία εκπαίδευσης» (Katusic et al., 2009).

Από τους παραπάνω ορισμούς αντιλαμβάνεται κανείς ότι υπάρχει έλλειψη σαφήνειας, καθώς άλλοι ορισμοί αναφέρονται κυρίως στις κινητικές δεξιότητες της γραφής (που είναι και η παραδοσιακή ερμηνεία), κάποιοι άλλοι περιλαμβάνουν τις ορθογραφικές δεξιότητες του spelling, ενώ για παράδειγμα ο τελευταίος δεν διευκρινίζει αν η γραφή αναφέρεται μόνο στις κινητικές δεξιότητες ή περιλαμβάνει και το spelling (Nicolson & Fawcett, 2009).

Ένα κρίσιμο ερώτημα για τον ορισμό έχει σχέση με το τι θεωρούμε *ειδικό* (specific) στις διαταραχές της γραπτής έκφρασης. Για παράδειγμα, μερικά παιδιά με δυσκολίες στα μαθηματικά, έχουν δυσκολία με το γράψιμο, συχνά λόγω διαταραχών στην κινητική ανάπτυξη. Ωστόσο, μπορεί να παρουσιάσουν και διαταραχές στο spelling, φωνολογικού κυρίως τύπου. Το ερώτημα είναι: άραγε εκτός από αυτές τις δύο δυσκολίες υπάρχει μια υποομάδα παιδιών με πρόβλημα που να περιορίζεται αποκλειστικά στην έκθεση; Με άλλα λόγια, αυτό που αξίζει να απαντηθεί είναι εάν υπάρχει κάποιο μοντέλο για μια απομονωμένη διαταραχή έκφρασης (Fletcher et al., 2007).

Στο σημείο αυτό δίνεται η ευκαιρία να ειπωθεί ότι οι ερευνητικές προσπάθειες για ταξινόμηση είναι απαραίτητες στην προσπάθεια να δοθούν απαντήσεις στο παραπάνω ερώτημα (ό.π.). Εκτός αυτού μια προτεινόμενη ταξινόμηση, αν και εφόσον επιβεβαιωθεί σε μελέτη πληθυσμού, μπορεί να έχει σημαντικά διαγνωστικά και θεραπευτικά αποτελέσματα (Sandler et al., 1992). Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε κάποιες ταξινομήσεις, οι οποίες έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία:

Οι O' Hare & Brown (1989a) προτείνουν μια κλινική νευρολογική ταξινόμηση (ιατρικό μοντέλο), η οποία ωστόσο δεν είναι τεκμηριωμένη εμπειρικά, όπως αυτή των Sandler et al. (1993) που θα δούμε στη συνέχεια. Σύμφωνα με αυτούς, η παιδική δυσγραφία, ως ειδική διαταραχή της γραφής, χωρίζεται σε τρεις βασικές κατηγορίες: α. Στην *αφασία* (aphasia) (έχει σχέση με τη σημασιολογία), β. στη *δυσγραφία του spelling/σύνταξης* (spelling/syntactical dysgraphia) και γ. στην *κινητική δυσγραφία* (motor dysgraphia). Η κινητική δυσγραφία, η οποία επηρεάζει την καλλιγραφία (penmanship), περιλαμβάνει τέσσερις κατηγορίες: γ.1. την *ανατομική*, γ.2. την *εκτελεστική*, (co-ordination ή executive) γ.3. την *δυσπραξική* και γ.4. την *οπτικοχωρική κινητική* δυσγραφία. Στο άρθρο τους, οι εν λόγω ερευνητές περιγράφουν τα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης αναλυτικά και δίνουν εικόνες από αντίστοιχα δείγματα γραφής.

Οι Sandler et al. (1992) μελέτησαν πρότυπα νευροαναπτυξιακής δυσλειτουργίας σε μαθητές με *διαταραχές γραφής* ή αλλιώς *αναπτυξιακή δυσγραφία* όπως οι ίδιοι αναφέρουν. Η εξέταση των μαθητών –ηλικίας 9 έως 15 ετών– βασίστηκε σε πληροφορίες που αντλήθηκαν από ερωτηματολόγια συμπληρωμένα από τους δασκάλους τους. Το περιεχόμενο των ερωτηματολογίων περιλάμβανε την αξιολόγηση του ευανάγνωστου της γραφής, του μηχανικού μέρους, της ταχύτητας, της γλωσσικής γνώσης και του spelling. Από το τελικό δείγμα των 162 παιδιών οι 99 μαθητές βρέθηκαν να έχουν διαταραχές γραφής, ενώ τα υπόλοιπα 63 παιδιά αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Βάσει της ανάλυσης των αποτελεσμάτων προέκυψαν τέσσερις διαφορετικοί υπότυποι διαταραχών της γραφής: Διαταραχές γραφής με α. *λεπτής κινητικότητας και γλωσσικά ελλείμματα*, β. *οπτικο-χωρικά ελλείμματα*, γ. *ελλείμματα προσοχής και μνήμης* και δ. *διαδοχικά ελλείμματα* (sequencing deficits). Παρολαυτά, οι εν λόγω ερευνητές αισθάνονται την ανάγκη να τονίσουν ότι η εξέταση παρείχε περισσότερο στοιχεία για τις σχετικές αδυναμίες και δυνατότητες παρά για τα ελλείμματα και τις διαταραχές των συγκεκριμένων παιδιών.

Παρόμοια με τους Sandler et al., οι Gubbay & de Klerk (1995) πρότειναν μια απλή κλινική ταξινόμηση της αναπτυξιακής δυσγραφίας, η οποία κατ' αυτούς έχει περισσότερο πρακτικό παρά θεωρητικό χαρακτήρα. Μέσα από ένα πληθυσμό 259 μαθητών μέσης

ηλικίας 13.6 διαλέχθηκαν οι μαθητές που, σύμφωνα με ειδικά διαμορφωμένα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους δασκάλους του σχολείου, είχαν τον υψηλότερο βαθμό δυσκολίας στη γραφή. Επίσης, μέσα από τον πληθυσμό επιλέχθηκαν τυχαία 25 άτομα, τα οποία αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Οι δύο ομάδες υποβλήθηκαν σε μια σειρά από δοκιμασίες που εξέταζαν λειτουργίες της γραφής και γνωστικές λειτουργίες. Βάσει των αποτελεσμάτων προέκυψε η εξής ταξινόμηση: 1. *Αφασική Αγραφία*: 1.α. Φωνολογική, 1.β. Λεξική, 1.γ. Δυσλεξική 2. *Απραξική Δυσγραφία*: 2.α. Κινητική Απραξία, 2.β. Δομική και 3. *Μηχανική Αγραφία*.

Τέλος θα αναφερθεί μια πρόσφατη αναλυτική ταξινόμηση του Α. Καραπέτσα (2011): 1. *Αγραφία και Αφασία*: 1.α. Broca: φτωχή παραγωγή γραφημάτων, αγραμματισμός, 1.β. Διαφλοική κινητική αφασία-αγραφία, 1.γ. Διαβιβαστική αφασία-αγραφία, 1.δ. Wernicke αφασία, 1.ε. Ανομία-αγραφία. 2. *Αγραφία και Αλεξία-Βρεγματική αγραφία*: φτωχή διαμόρφωση γραμμμάτων. 3. *Αγραφία και Κινητικές ή Χωρικές Διαταραχές*: 3.α. Απραξία: δύσκολη η γραφή γραμμμάτων αυθόρμητα και καθυπαγόρευση, 3.β. Βλάβες-Βρεγματικοί ανώτεροι λοβοί στην αντίθετη πλευρά από το χέρι που γράφει, 3.γ. Χωρική: Βλάβη βρεγματικού λοβού στην ίδια πλευρά με το χέρι που γράφει, 3.δ. Η γραφή στη δεξιά πλευρά του χαρτιού. Σύνδρομο Neglect. Παραλείψεις ή πρόσθεση γραμμμάτων. Ορθογραφικά λάθη, 4. *Αγραφία και νόσος του Parkinson (Μικρογραφία)*: η γραφή μικραίνει, καθώς γράφεται. 5. *Αγραφία και Σύγχυση*, 6. *Αγραφία και Μεσολόβιες βλάβες*: 6.α. βλάβη στο Genu: διακοπή των γλωσσικών κινητικών εγγραμμμάτων-μονόπλευρη απραξική αγραφία, 6.β. Σώμα: διακοπή οπτικοκινητικοαισθητικών εγγραμμμάτων-μονόπλευρη απραξική αγραφία, 6.γ. Σπληνίο: διακοπή γλωσσικών πληροφοριών-μονόπλευρη αφασική αγραφία, 7. *Αγραφία και Άνοια*: σημασιολογικά λάθη, 8. *Καθαρή Αγραφία*: πεδίο Exner και ανώτεροι βρεγματικοί λοβοί και οπίσθια κροταφική περιοχή, 9. *Γλωσσολογικές Δυσγραφίες*: 9.α. Φωνολογική: διακοπή ερμηνείας γράμμα-ήχου. Σημασιολογικές Παραγραφίες ή αλλιώς βαθιά δυσγραφία. Βλάβη: στη μέση της σχισμής του Sylvius και στην υπερχειλία έλικα. 9.β. Λεξική: δύσκολη η γραφή ανώμαλων λέξεων καθ' υπαγόρευση. 9.γ. Σημασιολογική: σημασιολογικά λάθη στη γραφή: Βλάβη: κροταφικοί λοβοί. 10. *Περιφερικές Δυσγραφίες*: 10.α. Γραφημική αποθήκευση: λάθη γραφής, όπως παραλείψεις, προσθέσεις, απλοποιήσεις, αντικατάσταση γραμμμάτων. 10.β. Απραξική: Φτωχή διαμόρφωση των γραμμμάτων και απραξία. 10.γ. Ιδεατή: χωρίς απραξίες –φτωχή η διαμόρφωση των γραμμμάτων, 10.δ. Αλλογραφική, 10.ε. Διαταραχή στον προφορικό συλλαβισμό, 11. *Αντιγραφή*: γραμμμάτων, λέξεων, προτάσεων, χωρίς έννοια σχήματα, 12. *Καθ' υπαγόρευση Δυσγραφίες*: γλώσσα-κίνηση-οπτικοχωρικότητα.

Γράμματα, συλλαβές, λέξεις, προτάσεις, 13. *Αυθόρμητη γραφή-Δυσγραφία*: Πρόταση-Ιστορία, 14. *Συλλαβισμός-Διαταραχές-Επιφάνειας και Βαθιά Δυσγραφία*: 14.α. Δυσγραφία επιφάνειας: δύσκολη η γραφή ανώμαλων λέξεων, 14.β. Βαθιά δυσγραφία: δύσκολη η γραφή λέξεων χωρίς νόημα, σημασιολογικά λάθη. 15. *Σύνταξη –Παραλείψεις λέξεων*, αντικατάσταση λέξεων, χρήση ρημάτων και ονομάτων, θέση λέξεων, χρήση κόμματος, τελειών κλπ. 16. *Γραμματική δόμηση κειμένου*, 17. *Δυσορθογραφία*: μηχανισμοί ακουστικοί, οπτικοί και σημασιολογικοί, 18. *Καθρεπτική γραφή*.

Κλείνοντας θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ερμηνεία της δυσλεξίας και της δυσγραφίας βάσει μιας μόνης αιτίας ή μιας μόνης εξήγησης δημιουργεί εμπειρικά προβλήματα, ασυνεπή αποτελέσματα και αποτυχίες στην επαλήθευση (Zoccolotti & Friedmann, 2010). Για το λόγο αυτό η εις βάθος αξιολόγηση και διάγνωση είναι απαραίτητη προκειμένου να εστιάσουμε στις διαφορετικές εκδηλώσεις των διαταραχών γραπτής έκφρασης με μεγαλύτερη ακρίβεια και να αναγνωρίσουμε τις ποικίλες γνωστικές, αλλά και ψυχοκινητικές αιτίες που μπορεί να ευθύνονται για τις εκδηλώσεις της εκάστοτε συμπεριφοράς του γραψίματος (Cholewa et al., 2010). Συνεπώς, προς αυτή την κατεύθυνση η διατύπωση ενός κοινά αποδεκτού ορισμού, αλλά και η ταξινόμηση, η οποία θα επαληθεύεται από αξιόπιστο δείγμα πληθυσμού παίζει σημαντικό ρόλο και ταυτόχρονα συνιστά πρόκληση.

Η δομή του «γράφοντος εγκεφάλου» μέσα από νευροαπεικονιστικές μελέτες

Ένα σημαντικό μέρος της έρευνας των ειδικών μαθησιακών δυσκολιών εστιάζει στην κατανόηση της νευρολογικής βάσης του προβλήματος. Με άλλα λόγια, η σύνδεση εγκεφάλου και συμπεριφοράς, ή αλλιώς η κατανόηση των λειτουργιών λ.χ. της ανάγνωσης, της γραφής, της αριθμητικής με βάση τον εγκέφαλο θα συνεισφέρει στην αναγνώριση των νευροαναπτυξιακών στοιχείων, αλλά και των πιθανών αιτιολογικών παραγόντων που έχουν σχέση με τα προβλήματα ανάγνωσης, γραπτής έκφρασης και αριθμητικής (Hooper, 2002).

Ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 οι πρωτοπόροι Galaburda, Geshwind, Kemper, Livingstone κ.α. δημοσιεύουν τα πρώτα νευροανατομικά ευρήματα ύστερα από διεξαγωγή μελετών πάνω σε εγκεφάλους ατόμων που εν ζωή έπασχαν από αναπτυξιακή δυσλεξία (Galaburda & Kemper, 1979; Behan & Geschwind, 1984; Galaburda et al., 1985; Livingstone et al., 1991; Galaburda & Livingstone, 1994; Galaburda, Menard & Rosen, 1994). Σε αντίθεση με τη δυσλεξία, λίγες έρευνες νευροανατομικών σχέσεων έχουν γίνει για τις μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά και στη γραπτή έκφραση (Fletcher et al., 2007).

Όπως έχει ήδη επισημανθεί, για να γράψει κάποιος ένα κείμενο θα πρέπει να επιστρατεύσει μια ποικιλία δεξιοτήτων, οι οποίες εκτείνονται από τα χαμηλότερα επίπεδα του μηχανικού και κινητικού μέρους της γραφής, έως και τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες. Η πολυπλοκότητα αυτή αντανακλάται στις ποικίλες περιοχές του εγκεφάλου που ενεργοποιούνται μέσω τεχνικών λειτουργικής απεικόνισης σε σχετικά απλά έργα γραφής αλλά και κινητικής διαδοχής. Οι Jenkins et al. (1994) χρησιμοποίησαν Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (Positron Emission Tomography) για να μελετήσουν τη λειτουργική ανατομία της μάθησης κινητικής διαδοχής (motor sequence). Οι συμμετέχοντες στην έρευνα έμαθαν διαδοχές πατημάτων σε πληκτρολόγιο με τη μέθοδο της δοκιμής και πλάνης, δεχόμενοι παράλληλα χρήση ακουστικής ανατροφοδότησης. Έχοντας κλειστά τα μάτια, η σάρωση του εγκεφάλου έγινε κάτω από τρεις συνθήκες: 1. συνθήκη ηρεμίας (rest), 2. συνθήκη υπερμάθησης κινητικών διαδοχών με εξάσκηση πριν τη σάρωση (prelearned sequence) και 3. μάθηση νέων διαδοχών στον ίδιο βαθμό επίδοσης (new learning). Μέσα από συγκρίσεις ανάμεσα στις τρεις συνθήκες, βρέθηκε ότι ο προμετωπιαίος φλοιός (prefrontal cortex) ενεργοποιήθηκε κατά τη διάρκεια μόνο της

συνθήκης μάθησης νέας διαδοχής. Ο πλάγιος προκινητικός φλοιός (lateral premotor cortex) ενεργοποιήθηκε σε σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό κατά τη νέα μάθηση, ενώ η συμπληρωματική κινητική περιοχή (supplementary motor area) κατά τη διάρκεια της προμαθημένης διαδοχής. Ο βρεγματικός συνειρμικός φλοιός (parietal association cortex) ήταν ενεργοποιημένος και στα δύο έργα, αλλά σημαντικά περισσότερο στη νέα μάθηση διαδοχής.

Άλλες περιοχές που βρέθηκαν να εμπλέκονται είναι το κέλυφος (putamen), και η παρεγκεφαλίδα (cerebellum). Η τελευταία, σύμφωνα με στοιχεία κυρίως από έρευνες των Nicolson και Fawcett, φέρεται να έχει σχέση με την εκτέλεση προμαθημένων διαδοχών που απαιτούν αυτοματισμό, σε μελέτες με παιδιά με δυσλεξία, κάνοντας χρήση PET, αλλά και με τη μάθηση νέων διαδοχών (Nicolson et al., 1999). Με άλλα λόγια, η παρεγκεφαλίδα δεν εμπλέκεται μόνο στον κινητικό έλεγχο, αλλά συνεισφέρει σε διαδικασίες που περιλαμβάνουν τη μάθηση και τη γνωστική επεξεργασία (Van Mier et al. 1998). Σε μια πρόσφατη έρευνα, οι Nicolson και Fawcett, προτείνουν ότι ενώ η δυσλεξία συνδέεται πρωταρχικά με το στοιχείο της γλώσσας (περιοχή Broca, δεξιά πλάγια παρεγκεφαλίδα), η δυσγραφία συνδέεται κατά κύριο λόγο με το στοιχείο της κίνησης (παρεγκεφαλίδα και κινητικός φλοιός) (Nicolson & Fawcett, 2009).

Σε μια άλλη έρευνα με PET που έκαναν οι van Mier et al. (1998), αξιολόγησαν την εγκεφαλική δραστηριότητα, η οποία μετρήθηκε κατά τη διάρκεια της συνεχούς επίδοσης χορηγώντας δοκιμασίες ιχνογραφικών κατασκευών (tracing tasks). Μελετήθηκε η επίδραση της χρήσης των χεριών (κυρίαρχο, μη κυρίαρχο), καθώς και της εξάσκησης. Υπήρχαν έξι συνθήκες: 1. κράτημα πέννας σε πινακίδα γραφής χωρίς μετακίνηση (rest condition), 2. ιχνογράφιση σχήματος λαβύρινθου χωρίς εξάσκηση, 3. ιχνογράφιση του ίδιου λαβυρίνθου μετά από δέκα λεπτά εξάσκησης, 4. ιχνογράφιση ενός νέου λαβύρινθου και ιχνογράφιση ενός εύκολα μαθημένου τετραγώνου σε 5. υψηλή και 6. χαμηλή ταχύτητα. Στις περιοχές που ενεργοποιήθηκαν περιλαμβάνονταν: οι πρωτοταγείς και δευτερεύουσες κινητικές περιοχές, ο σωματισθητικός, βρεγματικός και κατώτερος μετωπιαίος φλοιός, ο θάλαμος και κάποιες παρεγκεφαλιδικές περιοχές. Από τη σύγκριση στην επίδοση από τα δύο χέρια σε γενικές γραμμές δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Εξαιρέσεις αποτέλεσαν ο πρωτοταγής κινητικός φλοιός και η οπίσθια παρεγκεφαλίδα, οι οποίες ενεργοποιούνταν ανάλογα με τη χρήση του προτιμώμενου χεριού.

Κάνοντας περαιτέρω αναλύσεις, οι παραπάνω ερευνητές πρότειναν δύο αρχές: πρώτον ότι η εξάσκηση παράγει μετατόπιση δραστηριότητας από ένα σύνολο περιοχών σε

μια διαφορετική περιοχή και δεύτερον ότι οι ενεργοποιήσεις από την εξάσκηση εμφανίζονταν στο ίδιο ημισφαίριο ανεξάρτητα από τη χρήση του δεξιού ή αριστερού χεριού, προτείνοντας έτσι ότι κάποιες περιοχές που σχετίζονται με τη μάθηση της δοκιμασίας του λαβύρινθου πρέπει να κωδικοποιούν πληροφορίες σε ένα αφηρημένο επίπεδο που είναι διακριτό από την κινητική επίδοση του έργου καθεαυτώ. Οι Blackmore & Frith (2006), φαίνεται να συμφωνούν με αυτή την άποψη και να την προχωρούν ένα βήμα παραπέρα, υποστηρίζοντας πως οι περιοχές του εγκεφάλου που είναι απαραίτητες για την κινητική μάθηση ενεργοποιούνται απλά και μόνο σκεπτόμενοι την κίνηση! Συνεπώς, ισχυρίζονται, ότι είναι πιθανό η διανοητική άσκηση να συμβάλλει στην ενδυνάμωση όχι μόνο γραφοκινητικών δεξιοτήτων, αλλά των εν γένει σωματικών δεξιοτήτων που είναι απαραίτητες για τα αθλήματα, το χορό κλπ.

Όπως οι κινήσεις του στόματος κατά την ομιλία γίνονται βάσει ενός σχεδίου, το ίδιο μπορεί να ειπωθεί ότι συμβαίνει και με τις κινήσεις των δακτύλων, κατά τη διάρκεια του γραψίματος (Berninger & Richards, 2002). Με άλλα λόγια θα λέγοταν ότι υπάρχει το στοιχείο του σχεδιασμού όσον αφορά τη διαδοχή των κινήσεων των δακτύλων. Οι Van Mier et al. (1998), διαπίστωσαν πως υπήρχε μια διχοτομία ανάμεσα στον δεξί ραχιαίο προκινητικό φλοιό (Right Dorsal Premotor Cortex, RDPC) και στις δευτερεύουσες κινητικές περιοχές (Secondary Motor Areas, SMA). Συγκεκριμένα, μετά από εξάσκηση η ενεργοποίηση της πρώτης περιοχής μειώθηκε σημαντικά, ενώ αντίθετα η δεύτερη αυξήθηκε σημαντικά. Αυτό εξηγήθηκε βάσει του ότι ο RDPC πιθανότατα ελέγχει την επίδοση, η οποία καθοδηγείται από εξωτερικές αισθητικές νύξεις κατά την αρχική μάθηση, ενώ οι SMA πιθανότατα ελέγχουν τις κινήσεις, οι οποίες καθοδηγούνται από εσωτερικές νύξεις, όταν το έργο είναι υπερμαθημένο (Jenkins et al., 1994). Επίσης, βρήκαν ότι σε αντίθεση με το δεξί ραχιαίο προκινητικό φλοιό, η ενεργοποίηση της αντίστοιχης αριστερής περιοχής δεν μειωνόταν ως αποτέλεσμα της εξάσκησης. Η τελευταία φέρεται να έχει σχέση με την ικανότητα του χρονικού σχεδιασμού των κινήσεων, περιλαμβάνοντας δηλαδή κατά την ιχνογράφηση το πότε το υποκείμενο θα επιταχύνει ή θα επιβραδύνει, έτσι ώστε να στρίψει απαλά στις γωνίες του λαβύρινθου (Van Mier et al., 1998). Επίσης, οι πρωταρχικές και δευτερεύουσες κινητικές περιοχές (ή αλλιώς προκινητικές και συμπληρωματικές περιοχές), καθώς και οι βρεγματικές, οι παρεγκεφαλιδικές και άλλες φλοιικές περιοχές φαίνεται να ενεργοποιούνται κατά την εκτέλεση των κινήσεων των δακτύλων (Berninger & Richards, 2002; Jenkins et al., 1994).

Σε έρευνα των Richards et al. με fMRI, που αναφέρει η Berninger (2009), κατά τη διάρκεια διαδοχικών κινήσεων δακτύλων, εγκεφαλικές περιοχές που συνδέονται με

γνωστικές, μεταγνωστικές, γλωσσικές και λειτουργίες μνήμης ήταν σε σημαντικό βαθμό ενεργοποιημένες στους καλούς γραφείς, όχι όμως και στους φτωχούς γραφείς. Δηλαδή το γράψιμο [που απαιτεί διαδοχικά χτυπήματα (strokes) ή πατήματα πλήκτρων], το spelling (που απαιτεί διαδοχική παραγωγή γραμμμάτων) και η έκθεση (που απαιτεί διαδοχικές λέξεις, προτάσεις και παραγωγή κειμένου) ήταν σε σημαντικό βαθμό συσχετιζόμενες με τις ίδιες πέντε εγκεφαλικές περιοχές: αριστερός ανώτερος λοβός, δεξιός κατώτερος μετωπιαίος, δεξί προσφηνοειδές λοβίο και δεξιός και αριστερός κατώτερος κροταφικός λοβός.

Όσον αφορά το spelling, έχουν εντοπιστεί εστιακές περιοχές που σχετίζονται με αυτό μέσα από μελέτη περιπτώσεων επίκτητης δυσγραφίας ή αγραφίας. Για παράδειγμα, οι Marien et al. (2001), εξέτασαν έναν 80χρονο ασθενή, ο οποίος είχε σε υψηλό βαθμό επιλεκτική διαταραχή του συστήματος του spelling (φωνολογική αγραφία). Ο ανατομικός τόπος της φωνολογικής αγραφίας βρέθηκε να είναι ο πρόσθιος insular φλοιός και το γειτονικό μέρος του μετωπιαίου opercular φλοιού. Με άλλα λόγια, πρόκειται για ανατομικό τόπο στις φλοιικές περιοχές γύρω από τη σχισμή του Sylvius, που συμμετέχουν στην κεντρική φωνολογική επεξεργασία. Όσον αφορά τη λεξική αγραφία, τραύματα έχουν εντοπιστεί στην οπίσθια γωνιώδη έλικα (Berninger & Richards, 2002). Ωστόσο, στις περισσότερες μελέτες επίκτητων διαταραχών, το κομμάτι που έχει υποστεί ζημιά είναι ευμετάβλητο (Fletcher et al., 2007).

Όσα αναφέρθηκαν παραπάνω αρκούν για να αναδείξουν την πολυπλοκότητα και του πιο απλού γνωστικού έργου, πόσο μάλλον της γραπτής έκφρασης, όπου κάποιος θα πρέπει να επιστρατεύσει μία ποικιλία δεξιοτήτων, η οποία εκτείνεται από τα χαμηλότερα επίπεδα του μηχανικού και κινητικού μέρους της γραφής, έως και τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες. Οι Richards et al. (2009) σε έρευνα με fMRI βρήκαν ότι σε δοκιμασία κίνησης δακτυλικής διαδοχής (sequential-finger movement) σε παιδιά δεξιόχειρα της 5^{ης} προς 6^{ης} Δημοτικού, εγκεφαλικές περιοχές που συνδέονται με γνωστικές, μεταγνωστικές, γλωσσικές και της εργαζόμενης μνήμης λειτουργίες ενεργοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό στους καλούς γραφείς, αλλά όχι στους φτωχούς γραφείς. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι η γραφή με το χέρι, που απαιτεί διαδοχικές κινήσεις χτυπημάτων (handwriting), το spelling, που απαιτεί διαδοχική παραγωγή γραμμμάτων και η έκθεση, που απαιτεί διαδοχή λέξεων, προτάσεων και παραγωγή κειμένου, ήταν σημαντικά συσχετιζόμενα με τις ίδιες πέντε περιοχές (αριστερό ανώτερο τμήμα του βρεγματικού λοβού, δεξιός κατώτερος πλάγιος μετωπιαίος λοβός, δεξί προσφηνοειδές λοβίο, και δεξιός και αριστερός κατώτερος κροταφικός λοβός) στο έργο κινήσεων δακτυλικής διαδοχής (Berninger, 2009).

Κλείνοντας, κρίνεται σημαντικό να σημειωθεί ότι οι μέχρι τώρα νευροαπεικονιστικές μελέτες σε φυσιολογικά άτομα και σε άτομα με επίκτητες διαταραχές της γραφής έχουν αποκαλύψει εγκεφαλικές περιοχές, οι οποίες πιθανότατα συνδέονται με συγκεκριμένες λειτουργίες της γραφής. Ωστόσο δεν υπάρχουν ακόμη νευροαπεικονιστικές έρευνες σε παιδιά με ειδικές διαταραχές γραφής. Αναμένεται πολύ δουλειά σε αυτή την περιοχή.

Σκοπός

Το ηλεκτρονικό εργαλείο ανίχνευσης δεξιοτήτων γραφής που κατασκευάστηκε είχε στόχο να ανιχνευθούν τρία μεγέθη:

- ✓ Η διατήρηση της γραμμής.
- ✓ Η δύναμη που ασκείται από το βραχίονα και τον πήχη στην επιφάνεια γραφής.
- ✓ Η δύναμη που ασκείται από τα δάκτυλα στο μέσο γραφής (το μολύβι)

σε τρεις υποδοκιμασίες ελέγχου των δεξιοτήτων γραφής (καθ' υπαγόρευση, αντιγραφή και αυθόρμητη γραφή) κατάλληλα προσαρμοσμένες ανάλογα με τη χρονολογική και μαθησιακή ηλικία των συμμετεχόντων.

Επίσης μια από τις βασικές προϋποθέσεις ήταν η διάταξη να είναι φορητή, αυτόνομη και με όσο το δυνατόν εύκολη εγκατάσταση. Βασική ερευνητική υπόθεση του παρόντος ερευνητικού πρωτοκόλλου ήταν ότι θα παρατηρηθούν διαφορές ανάλογα με την ηλικία (α) και το φύλο (β) των συμμετεχόντων στο σύνολο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν με το ηλεκτρονικό εργαλείο και στις τρεις υποδοκιμασίες ελέγχου της δεξιότητας γραφής.

Μεθοδολογία

Συμμετέχοντες

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν 20 αγόρια και 20 κορίτσια που φοιτούσαν σε δημοτικό σχολείο του πολεοδομικού συγκροτήματος της Λαμίας. Αναλυτικότερα, συμμετείχαν παιδιά ηλικίας 8 έως και 12 ετών που φοιτούσαν στην Τρίτη, Τετάρτη, Πέμπτη και Έκτη Δημοτικού. Στα αγόρια ($N=20$) ο μέσος όρος ηλικίας ήταν τα 9.65 έτη ($T.A. = 1.31$) και τα κορίτσια 9.80 έτη ($T.A. = 1.06$) όπως παρουσιάζεται αναλυτικότερα στο Πίνακα 1. Το σύνολο των συμμετεχόντων αξιολογήθηκε σε τρεις διαφορετικές δοκιμασίες ανίχνευσης της γραφής. Συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να αντιγράψουν και να γράψουν καθ' υπαγόρευση ένα κείμενο. Τα κείμενα που χορηγήθηκαν στις δύο προαναφερθείσες δοκιμασίες κρίθηκαν κατάλληλα για την εκπαιδευτική και χρονολογική ηλικία τους. Επιπλέον, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να γράψουν ένα αυθόρμητο κείμενο βασισμένο στις κλίσεις και τα ενδιαφέροντά τους.

Πίνακας 1. Μέσος όρος και τυπική απόκλιση συμμετεχόντων με βάση το φύλο και την ηλικία.

Φύλο	Μ.Ο	N	T.A.
αγόρι	9,65	20	1,31
Κορίτσι	9,80	20	1,06

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε περιγραφική στατιστική ανάλυση προκειμένου να παρουσιαστεί η αντιπροσώπευση των συμμετεχόντων ανά ηλικιακή ομάδα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Συχνότητα και ποσοστό συμμετεχόντων ανά ηλικιακή ομάδα.

Ηλικία	Συχνότητα	Ποσοστό
8,00	6	15,0%
8,50	4	10,0
9,00	5	12,5
9,50	4	10,0
10,00	9	22,5
11,00	10	25,0
12,00	2	5,0
Σύνολο	40	100,0

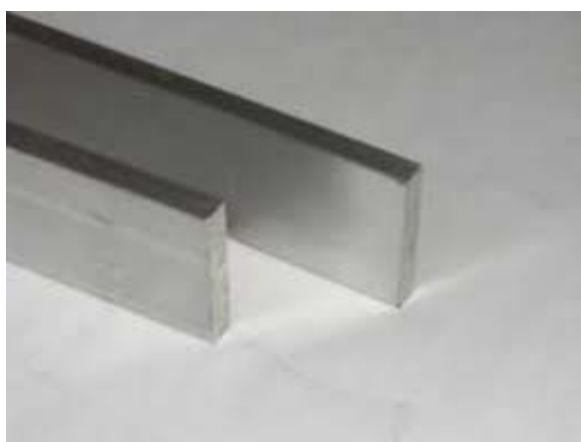
Ο πίνακας 3 παρουσιάζει την αντιπροσώπευση των συμμετεχόντων ανά φύλο

Ηλικία	Αγόρια	Κορίτσια
8	4	2
8,5	3	1
9	1	4
9,5	1	3
10	6	3
11	3	7
12	2	0
Σύνολο ανά κατηγορία	20	20

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί το γεγονός ότι στην έρευνα συμμετείχαν παιδιά τυπικής ανάπτυξης, όπως βρέθηκε από τους φακέλους που τηρούνται στο σχολείο τους. Επιπλέον, διασφαλίστηκε η ανωνυμία των συμμετεχόντων και για λόγους δεοντολογίας ζητήθηκε ειδική άδεια από τους γονείς ή/και κηδεμόνες τους. Σε κάθε περίπτωση τηρήθηκαν οι αρχές της συνθήκης του Helsinki για έρευνα σε άτομα.

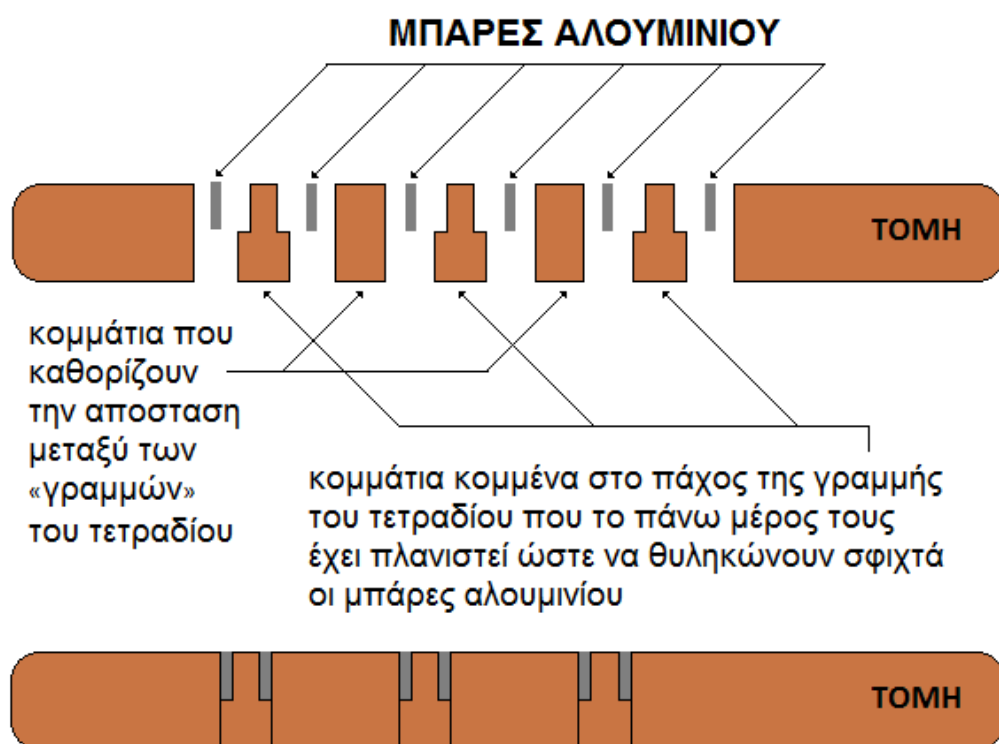
Περιγραφή Εργαλείου Ανίχνευσης

Για ανίχνευση της διατήρησης της γραμμής έπρεπε να χρησιμοποιηθεί μια επιφάνεια που να μπορεί να γράφεται και να σβήνεται πολλές φορές χωρίς να φθείρεται. Αποφασίστηκε λοιπόν ότι καταλληλότερο γι' αυτή την δουλειά είναι ένα κομμάτι MDF επενδυμένο με λευκό καπλαμά. Η καπλαμαρισμένη επιφάνεια εξασφαλίζει την επαναχρησιμοποίηση και την σχετική ευκολία στην επεξεργασία της σε σχέση με άλλα υλικά. Στην επιφάνεια αυτή έπρεπε να ενσωματωθούν αγωγίμες γραμμές που θα έπαιζαν τον ρόλο των γραμμών του τετραδίου. Σαν υλικό για τις αγωγίμες γραμμές επιλέχτηκε το αλουμίνιο. Το κριτήριο για την επιλογή αυτή ήταν η ευκολία στην επεξεργασία και η μεγαλύτερη αντοχή στην οξείδωση σε σχέση με τον χαλκό ή τον ορείχαλκο μιας και η επιφάνεια μετά από κάποιες χρήσεις θα πρέπει να καθαρίζεται με νερό και υγρό καθαριστικό. Οι αλουμινένιες μπάρες έχουν πάχος 0,8mm για να μοιάζει με τις γραμμές του τετραδίου και ύψος 11mm γιατί παρατηρήθηκε ότι στο συγκεκριμένο μηχάνημα επεξεργασίας, μετά από κάποιες κοπές αυτή ήταν η μικρότερη διάσταση που έδινε ομοιόμορφα κομμάτια χωρίς να καμπυλώνουν.



Με αυτά λοιπόν τα δεδομένα για τις μπάρες έπρεπε να βρεθεί ένας τεχνικός τρόπος ώστε τοποθετηθούν οι μπάρες σφιχτά μέσα στην επιφάνεια και να έρχονται πρόσωπο με τον καπλαμά. Επειδή κοπτικό πάχους 0,8mm δεν υπήρχε για το μηχάνημα επεξεργασίας ξύλου που χρησιμοποιήθηκε, αποφασίστηκε η τμηματοποίηση της επιφάνειας, η επεξεργασία της κομμάτι-κομμάτι και η επανασυναρμολόγηση της συγκολλώντας τα τμήματα με ξυλόκολλα. Αυτό οδήγησε στην επιλογή πάχους επιφάνειας MDF 25mm, επειδή στα σημεία που θα τοποθετούνταν οι μπάρες και για

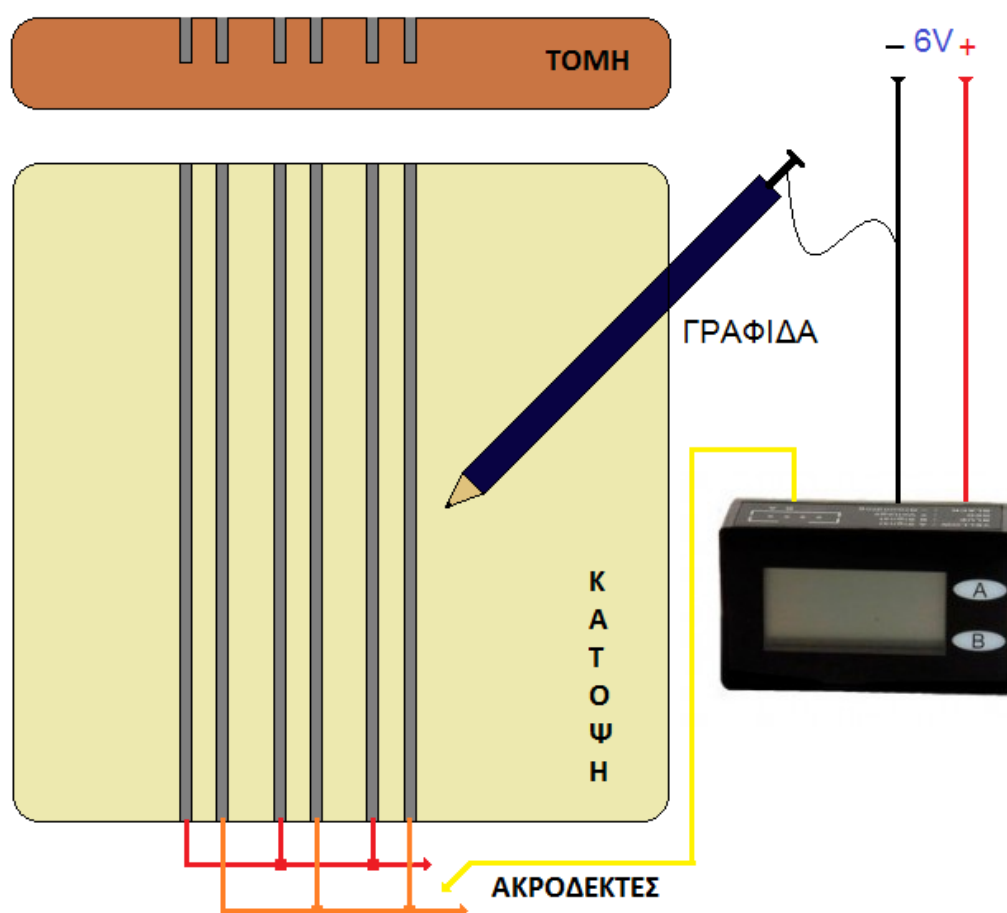
ύψος 11mm του υλικού δεν θα υπάρχει συγκόλληση. Έπρεπε να μείνει λοιπόν ομογενές υλικό 14mm ώστε να μπορεί να συγκολληθεί το ένα τμήμα με το άλλο και η επιφάνεια να έχει την πρέπουσα μηχανική αντοχή για να μην σπάσει με το βάρος που θα ασκηθεί πάνω της, αφού όπως θα φανεί παρακάτω η επιφάνεια θα εδράζεται σε πέντε στρογγυλά σημεία 20mm με την υπόλοιπη κατασκευή. Η παρακάτω εικόνα δείχνει την διαμόρφωση των τμημάτων μετά την επεξεργασία πριν την συγκόλληση και ακριβώς από κάτω το τελικό αποτέλεσμα της συναρμολόγησης.

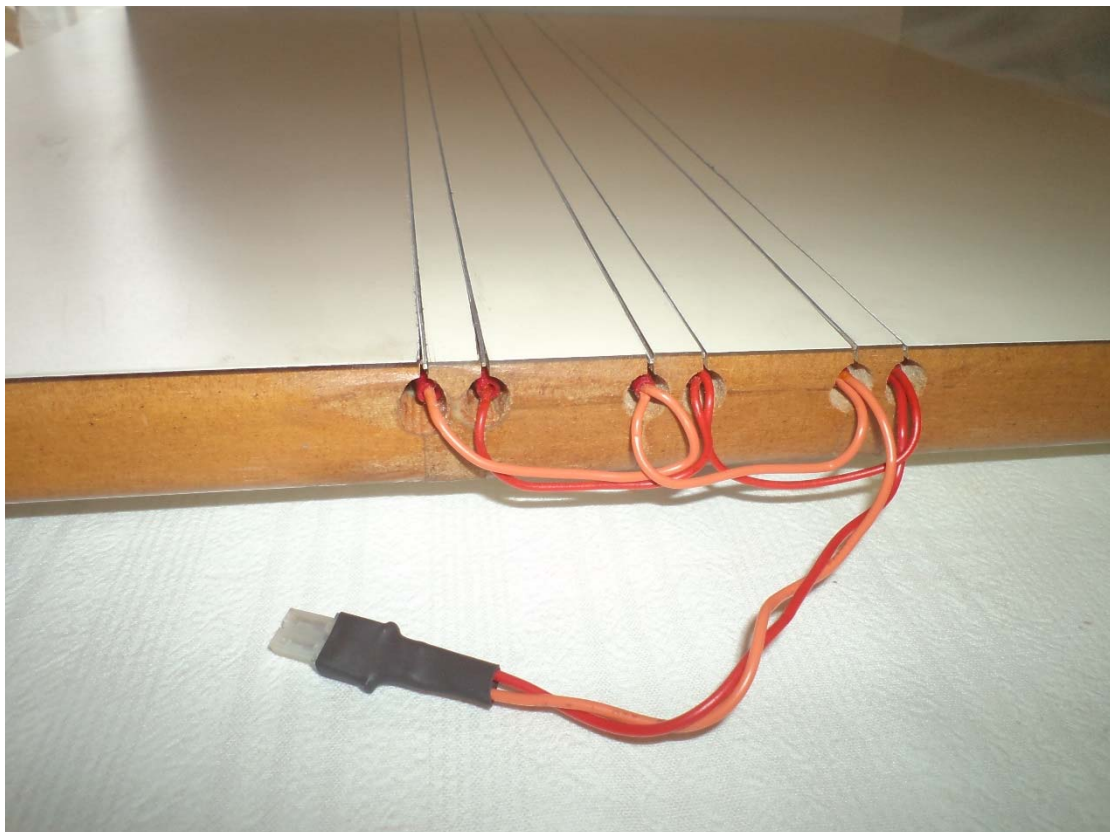


Ο σκοπός της τοποθέτησης των αγωγίμων μπαρών είναι να δίνετε ένα ηλεκτρικό σήμα κάθε φορά που ακουμπιέται η μπάρα από το μέσο γραφής. Έτσι ένα μετρητής κατάλληλα συνδεδεμένος με τις μπάρες μετρά το πόσες φορές πατήθηκε η γραμμή (μπάρα). Καθώς όμως στην «κανονική γραφή» τα γράμματα πρέπει να πατούν στην κάτω γραμμή και μερικά από τα μικρά γράμματα την περνούν κιάλας (όπως το μ,ρ,φ κτλ) αποφασίστηκε η κάτω γραμμή (αν και υπάρχει η δυνατότητα) να μην λαμβάνεται υπόψη. Αντιθέτως το πάτημα της πάνω γραμμής υποδηλώνει την εκτροπή του κειμένου από την «κανονικότητα» και μετράτε από τον μετρητή ακουμπημάτων. Επειδή όμως στο τετράδιο η κάτω γραμμή μιας σειράς αποτελεί ταυτόχρονα την πάνω γραμμή της ακριβώς από κάτω σειράς αποφασίστηκε στην επιφάνεια ανίχνευσης που κατασκευάστηκε οι γραμμές να

έχουν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους απ' ό τι στο τετράδιο έτσι ώστε ποτέ η πάνω γραμμή μιας σειράς να μην είναι και κάτω γραμμή της άλλης. Έτσι τα κομμάτια που έχουν τοποθετηθεί μεταξύ των σειρών με τις αγώγιμες μπάρες είναι πολύ μεγαλύτερα σε σχέση με την απόσταση δυο σειρών τετραδίου.

Μετά από μετρήσεις σε παιδιά δημοτικού υπολογίστηκε επίσης η απόσταση που χρειάζεται ένας παιδικός πήχης από την άκρη του θρανίου μέχρι το σημείο γραφής. Οι μετρήσεις έδωσαν ένα μέσο όρο είκοσι ένα εκατοστών το οποίο αποτέλεσε το κριτήριο για τη διάσταση που θα έχει η επιφάνεια ανίχνευσης από την τελευταία σειρά της κάτω γραμμής μέχρι την κάτω άκρη. Επίσης η διάσταση από την πάνω γραμμή της πρώτης σειράς μέχρι την άκρη της επιφάνειας, έγινε δεκαοκτώ εκατοστά ώστε αν το προς διερεύνηση παιδί, έχει μικρότερο πήχη και δεν φτάνει εύκολα την κάτω γραμμή, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή σαν κάτω μεριά (αλλάζοντας τους κατάλληλους ακροδέκτες) και τελικά να διεξαχθούν οι μετρήσεις. Ακολουθεί εικόνα με τομή της επιφάνειας ανίχνευσης με ενσωματωμένες τις αγώγιμες μπάρες και κάτοψη αυτής με μια ενδεικτική συνδεσμολογία με τον μετρητή και την γραφίδα.





Για την μέτρηση της δύναμης που ασκείται από το βραχίονα και τον πήχη στην επιφάνεια γραφής αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί ένας ηλεκτρονικός ζυγός κατάλληλα

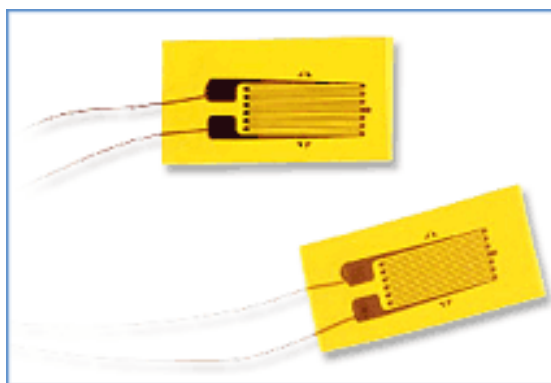
τροποποιημένος. Όπως είναι γνωστό το βάρος είναι η δύναμη που ασκείται πάνω σ' ένα αντικείμενο λόγω της βαρύτητας $w = m g$, όπου w το βάρος, m η μάζα ενός σώματος και g η επιτάχυνση της βαρύτητας. Το Πεδίο βαρύτητας της Γης δίνει Επιτάχυνση βαρύτητας $g(0^\circ) = 9.780 \text{ m/sec}^2$ στα σώματα που βρίσκονται σε γεωγραφικό πλάτος 0° (στον Ισημερινό), και Επιτάχυνση βαρύτητας $g(90^\circ) = 9.832 \text{ m/sec}^2$ στα σώματα που βρίσκονται σε γεωγραφικό πλάτος 90° (στους Πόλους). Το βάρος όμως ανάγεται σε δύναμη αφού σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα $F = m g$ δηλαδή η δύναμη είναι ανάλογη της μάζας και της επιτάχυνσης. Άρα περισσότερη επιτάχυνση σημαίνει περισσότερη δύναμη.

(http://tccc.iesl.forth.gr/education/local/Physics_I/Chapter4_gr.pdf και <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CF%8D%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B7> την 30 -10 -2019).

Δεδομένου ότι η επιφάνεια ανίχνευσης είναι 5Kgr επιλέχτηκε ένας ζυγός με μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος ζύγισης τα 40 Kgr, ακρίβεια μέτρησης τα 2gr, ψηφιακή απεικόνιση τις μέτρησης και δυνατότητα μηδενισμού της αρχικής μέτρησης.



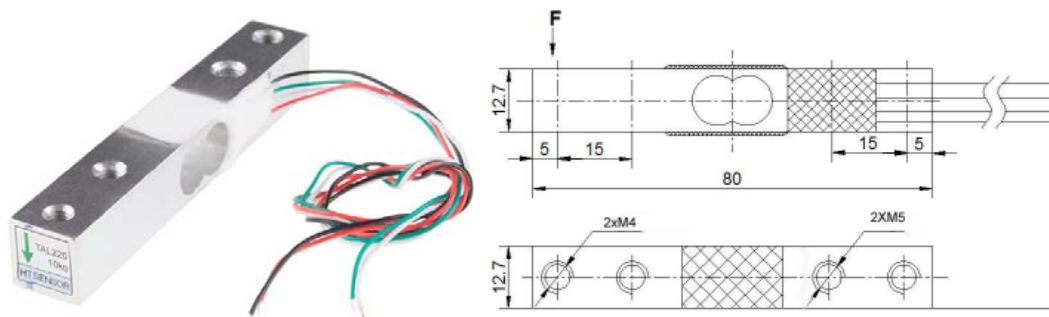
Η αρχή λειτουργίας της συσκευής βασίζεται στην αντίσταση παραμόρφωσης ή επιμηκυνσιόμετρο (strain gauge). Πρόκειται για έναν αισθητήρα του οποίου η αντίσταση ποικίλλει ανάλογα με την εφαρμοζόμενη δύναμη. Ο πιο διαδεδομένος αισθητήρας παραμόρφωσης είναι ο μεταλλικός. Αυτός συνήθως αποτελείται από ένα πολύ λεπτό μεταλλικό σύρμα σε μορφή μαιάνδρου προκειμένου να έχουν μεγάλο μήκος, το οποίο προσκολλάται σε μία λεπτή επιφάνεια, που ονομάζεται φορέας, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα.



Έτσι όταν για παράδειγμα σε ένα σταθερό αντικείμενο εφαρμόζονται εξωτερικές δυνάμεις, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καταπόνηση του. Καταπόνηση ορίζεται ως η μετατόπιση ή η παραμόρφωση εφελκυστική και συμπιεστική που συμβαίνει υπό την επίδραση των δυνάμεων αυτών. Έτσι αν ο φορέας προσκολληθεί σωστά στο σώμα του αντικειμένου του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την παραμόρφωση, μετατρέπει τη δύναμη, την πίεση, την ένταση, το βάρος, τη διαστολή - συστολή κλπ., σε μια αλλαγή στην ηλεκτρική αντίσταση που μπορεί στη συνέχεια να μετρηθεί. Η παραμόρφωση πρέπει να εφαρμόζεται παράλληλα προς την επιφάνειά του αισθητήρα. Με τον τρόπο αυτό, η αναπτυσσόμενη στο σώμα παραμόρφωση, μεταφέρεται στον αισθητήρα, ο οποίος αποκρίνεται μεταβάλλοντας γραμμικά την ηλεκτρική του αντίσταση.

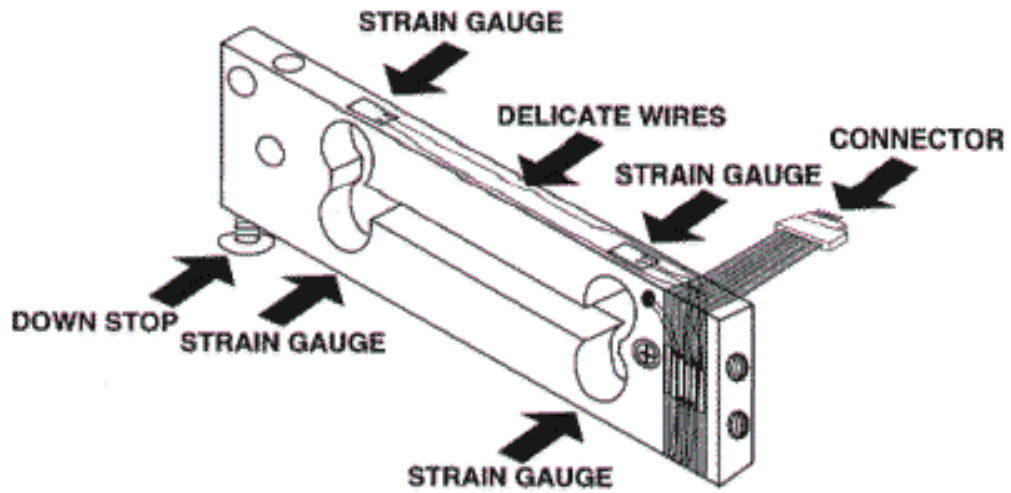
(<https://docplayer.gr/20945922-Kefalaio-2-piesi-paramorfosi.html> και <https://www.omega.co.uk/prodinfo/StrainGauges.html> την 31-10-2019).

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το εξάρτημα [δυναμοκυψέλη (Load Cell)] του ζυγού που είναι υπεύθυνο για την μέτρηση του βάρους, δηλαδή την παραμόρφωση που προκαλείται από τη δύναμη που ασκείται στην επιφάνεια ζύγισης.

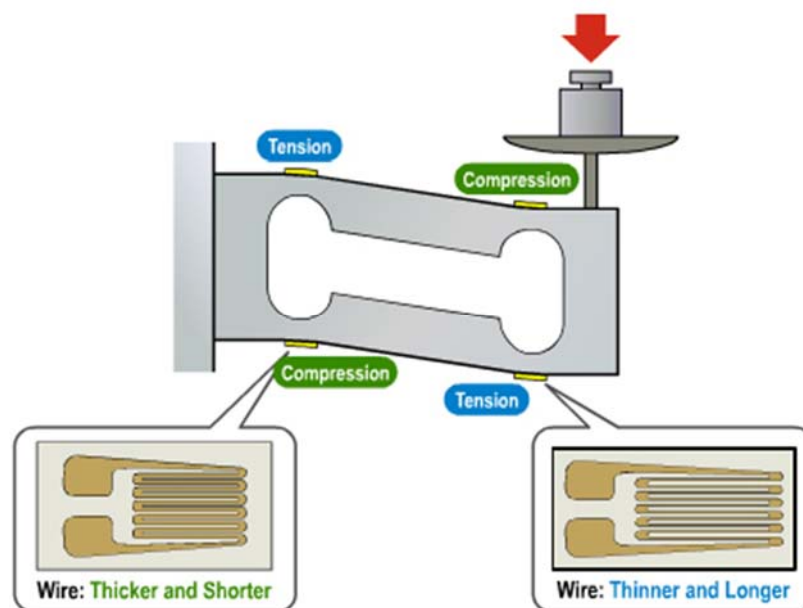


Οι περισσότερο συνήθεις δυναμοκυψέλες (Load Cell), αποτελούνται από τέσσερις αντιστάσεις παραμόρφωσης (strain gauge). Η τοποθέτηση των αισθητήρων πάνω στο

δοκίμιο, γίνεται με ειδική κόλλα στην έτσι που να εξασφαλίζεται η σωστή μεταφορά της παραμόρφωσης από το δοκίμιο στο φορέα.



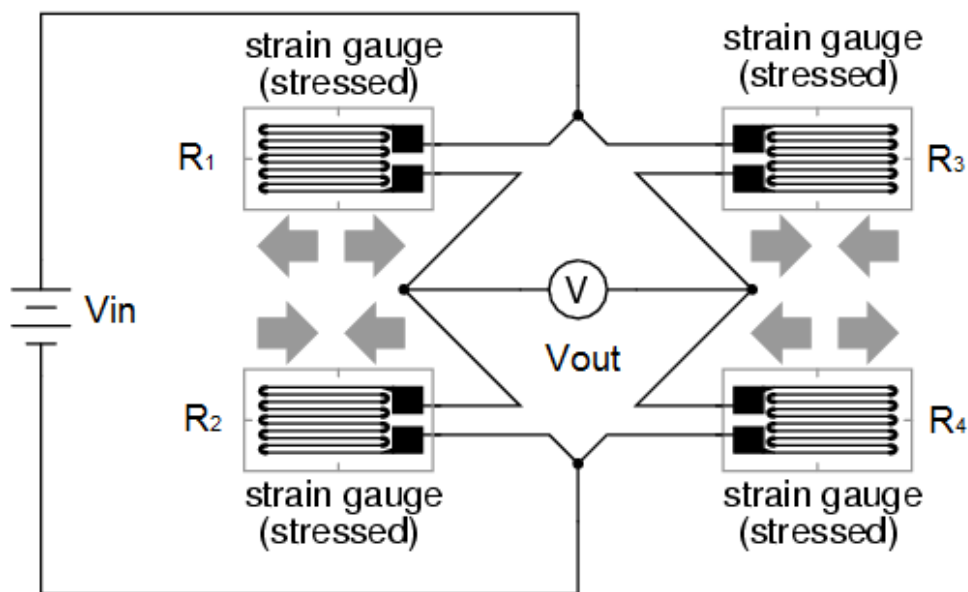
Στις δυναμοκυψέλες (Load Cells), οι αντιστάσεις παραμόρφωσης (strain gauge) τοποθετούνται σε σχηματισμούς "Z" έτσι ώστε από τη ροπή που εφαρμόζεται στη ράβδο και οι τέσσερις να αντιδράσουν κάπως στην παραμόρφωση κάμψεως. Η παρακάτω εικόνα δείχνει ένα τέτοιο παράδειγμα όπου το βάρος που ασκείται στη δυναμοκυψέλη (Load Cell) οδήγησε τις δύο αντιστάσεις παραμόρφωσης σε συμπίεση και τις άλλες δύο τάση.



Η παραμόρφωση που υφίστανται κάθε αντίσταση αντιστοιχεί σε μια μεταβολή μήκους $-\Delta L$. Η ελάχιστη αυτή μεταβολή μήκους αντιπροσωπεύει μια εξίσου μικρή μεταβολή στην αντίσταση $-\Delta R$ που για τις περισσότερες συσκευές, δεν θα μπορούσε να ανιχνευθεί, αν μη τι άλλο να ανιχνευθεί με ακρίβεια. Έτσι θα χρειαστεί μια άλλη συσκευή που είτε να μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια τις πολύ μικρές αλλαγές στην αντίσταση (spoiler: είναι πολύ ακριβό) είτε μια συσκευή που μπορεί να πάρει αυτή την πολύ μικρή αλλαγή στην αντίσταση και να την μετατρέψει σε κάτι που μπορούμε να μετρήσουμε με ακρίβεια.

Ένας καλός τρόπος για να μετατραπούν οι πολύ μικρές αλλαγές στην αντίσταση σε κάτι πιο μετρήσιμο είναι να χρησιμοποιηθεί μια γέφυρα wheatstone. Η γέφυρα wheatstone είναι ένας σχηματισμός τεσσάρων αντιστάσεων με μια γνωστή τάση που εφαρμόζεται ως εξής:

Full-bridge strain gauge circuit



Όπου το V_{in} είναι μια γνωστή σταθερή τάση, και το προκύπτων V_{out} είναι αυτό που μετριέται για να αξιολογηθεί η εφαρμοζόμενη δύναμη. Εάν το $R1 / R2 = R3 / R4$, τότε το V_{out} είναι 0, αλλά αν υπάρξει αλλαγή στην τιμή μιας από τις αντιστάσεις, το V_{out} θα έχει μια προκύπτουσα αλλαγή που μπορεί να μετρηθεί και διέπεται από την ακόλουθη εξίσωση χρησιμοποιώντας το νόμο του Ohm:

$$V_{out} = [R3 / (R3 + R4) - R2 / (R1 + R2)] * V_{in}$$

Η όποια μεταβολή εμφανίζεται ως μια διαφορετική τάση V_{out} . Με την τεχνική αυτή, με σωστό σχεδιασμό της γέφυρας και με χρήση καλής ποιότητας ενισχυτή σήματος μπορούν να μετρηθούν παραμορφώσεις της τάξης του 10⁻⁷.

(<https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells> την 31-10-2019)

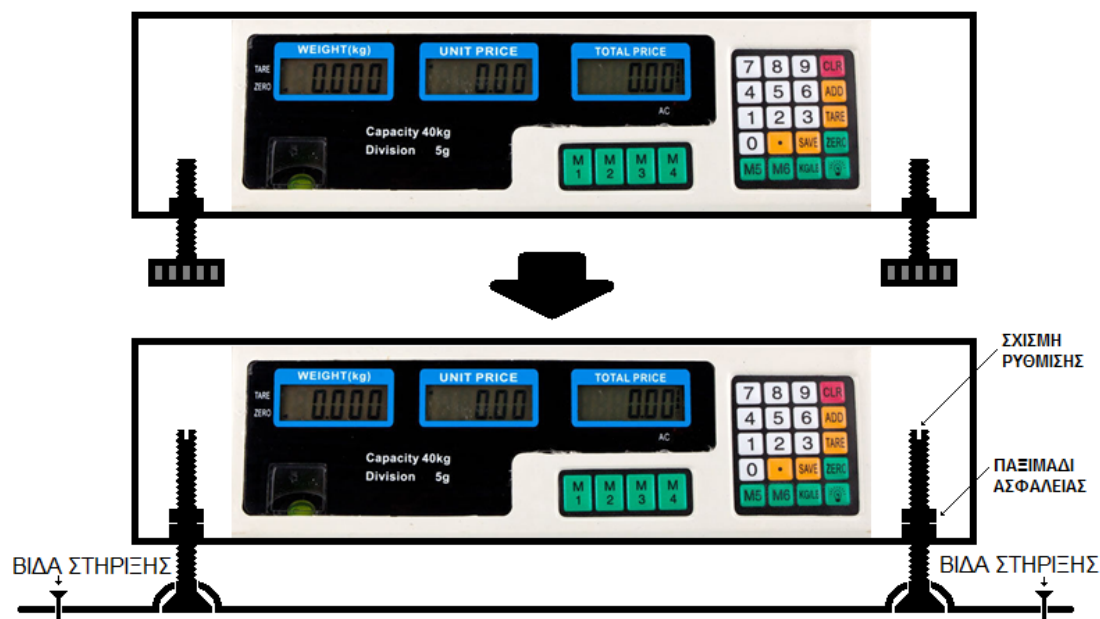


Όπως προαναφέρθηκε μια από τις βασικές στοχεύσεις της κατασκευής είναι η φορητότητα. Ήταν λοιπόν απαραίτητο όλα τα εξαρτήματα - κυκλώματα και από τα τρία μεγέθη που επιδιωκόταν να μετρηθούν να ενσωματωθούν σε ένα «κουτί». Έτσι αφού ανοίχθηκε η συσκευή του ζυγού εξετάστηκε η δυνατότητα ενσωμάτωσης όλων των κυκλωμάτων μέσα στο σασί αυτό. Παρατηρήθηκε ότι τα κυκλώματα θα μπορούσαν να χωρέσουν με δυσκολία αλλά οι διαστάσεις της επιφάνειας ανίχνευσης που θα τοποθετούνταν από πάνω, ήταν πολύ μεγαλύτερες από τις εξωτερικές διαστάσεις του ζυγού. Αυτό δημιουργούσε προβλήματα ανισορροπίας. Δηλαδή όταν πήγαινε κάποιος να γράψει πάνω της, βάζοντας το μπράτσο του στην κάτω άκρη, η επιφάνεια ανίχνευσης ανασηκωνόταν εμπρός, συμπαρασύροντας μαζί τις περισσότερες φορές και την συσκευή του ζυγού. Αυτό γινόταν γιατί το μεγαλύτερο βάρος (αυτό του μπράτσου) ασκούσαν εκτός του κέντρου της συσκευής του ζυγού, δημιουργώντας μια δύναμη ροπής που οδηγούσε σε εκτροπή προς τα πάνω της εμπρός μεριάς. Αποφασίστηκε λοιπόν να δημιουργηθεί ένα ξύλινο κουτί με εξωτερικό μέγεθος τις διαστάσεις της επιφάνειας ανίχνευσης μέσα στο οποίο θα πακτωθεί ο ζυγός ώστε να μην μπορεί να ανασηκωθεί από καμιά μεριά και οι πλευρές του κουτιού να «υποστηρίζουν» το εξωτερικό πλαίσιο της επιφάνειας ανίχνευσης. Όπως φαίνεται και στην ακόλουθη εικόνα ο ζυγός στο κάτω μέρος του είχε τέσσερις βίδες εξισορρόπησης. Ο κατασκευαστής αναφέρει ότι για να πάρει η συσκευή σωστή μέτρηση βάρους, πρέπει να πατάει σταθερά και στα τέσσερα σημεία. Επειδή λοιπόν η επιφάνεια που θα τοποθετηθεί ο ζυγός κάθε φορά είναι άγνωστη και

μπορεί να μην είναι ευθυγραμμισμένη, ρυθμίζοντας κατάλληλα τις βίδες αυτές (έχοντας σαν οδηγό το ενσωματωμένο αλφάδι), επιτυγχάνεται η σωστή οριζοντίωση του.



Έπρεπε λοιπόν να βρεθεί μια λύση ώστε αφενός ο ζυγός να μπορεί να πακτωθεί κάτω για να μην μπορεί να ανατραπεί αφετέρου να μπορεί να ρυθμιστεί καθ' ύψος και να αλφαδιαστεί. Έτσι αφαιρέθηκαν οι βίδες εξισορρόπησης που είχε η συσκευή και στα ίδια σπειρώματα τοποθετήθηκαν βίδες διπλάσιου μήκους με κωνικό κεφάλι που στην άλλη άκρη τους δημιουργήθηκε μια σχισμή ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση της καθεμιάς με κατσαβίδι από την πάνω μεριά της συσκευής. Για τις βίδες που προαναφέρθηκαν (ανά δύο) κατασκευάστηκαν λάμες αλουμινίου στις οποίες στη θέση που έρχονται σε επαφή με την κεφαλή των βιδών σχηματίστηκε ημισφαιρικό τελείωμα με τρύπα. Οι λάμες στις άκρες τους τρυπήθηκαν κατάλληλα για να μπορούν να βιδωθούν και να στηριχθούν σταθερά πιά στην οριστική θέση που θα βρίσκεται ο ζυγός στην ξυλοκατασκευή. Οι νέες βίδες εξισορρόπησης τώρα περνάνε πρώτα από την αλουμινένια λάμα (στη τρύπα με το ημισφαιρικό τελείωμα) και μετά από τα σπειρώματα του ζυγού επιτρέποντας το ρεγουλάρισμα της συσκευής από πάνω αλλά κάνοντας αδύνατη πιά την μετακίνησή της. Στις βίδες αυτές τοποθετήθηκε και παξιμάδι ασφαλείας ώστε μετά την τελική ρύθμιση ύψους και αλφαδιάσματος με το σφίξιμο αυτού να είναι αδύνατη η απορρύθμιση της από κραδασμούς ή μετακινήσεις. Ακολουθεί εικόνα που φαίνεται η τροποποίηση σχηματικά.



Το επόμενο βήμα ήταν να προσαρμοστεί η επιφάνεια ανίχνευσης με τον αισθητήρα βάρους του ζυγού. Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα από την συσκευή βγαίνουν πέντε πλαστικοί προσαρμογείς οι οποίοι έχουν κωνική οπή βάθους είκοσι χιλιοστών για να μπορεί να τοποθετηθεί σε τρεις εξ αυτών η πλάκα ζύγισης που διαθέτει στις τρεις από τις τέσσερις γωνίες της, μεταλλικούς πείρους. Φαίνεται λοιπόν και στην επόμενη εικόνα ότι η πλάκα δεν έχει συγκεκριμένο τρόπο τοποθέτησης αρκεί μόνο οι τρεις πείροι να μπουν σε κάποιους από τους προσαρμογείς που βρίσκονται στις γωνίες της συσκευής. Ο λόγος ύπαρξης τους είναι μόνο για το κεντράρισμα της πλάκας ζύγισης με το πάνω μέρος του ζυγού. Παρακάτω φαίνεται η προαναφερόμενη φωτογραφία που δείχνει το ζυγό με βγαλμένη και τοποθετημένη ανάποδα δίπλα την επιφάνεια ζύγισης ώστε να φαίνονται πάνω της οι πείροι προσαρμογής ενώ στο ζυγό πάνω φαίνονται οι πλαστικοί προσαρμογείς.



Οι πλαστικοί προσαρμογείς τώρα από την άλλη τους μεριά ήταν κολλημένοι σε μια μεταλλική βάση στήριξης η οποία είναι βιδωμένη στον αισθητήρα βάρους της συσκευής που φαίνεται ακριβώς από κάτω.

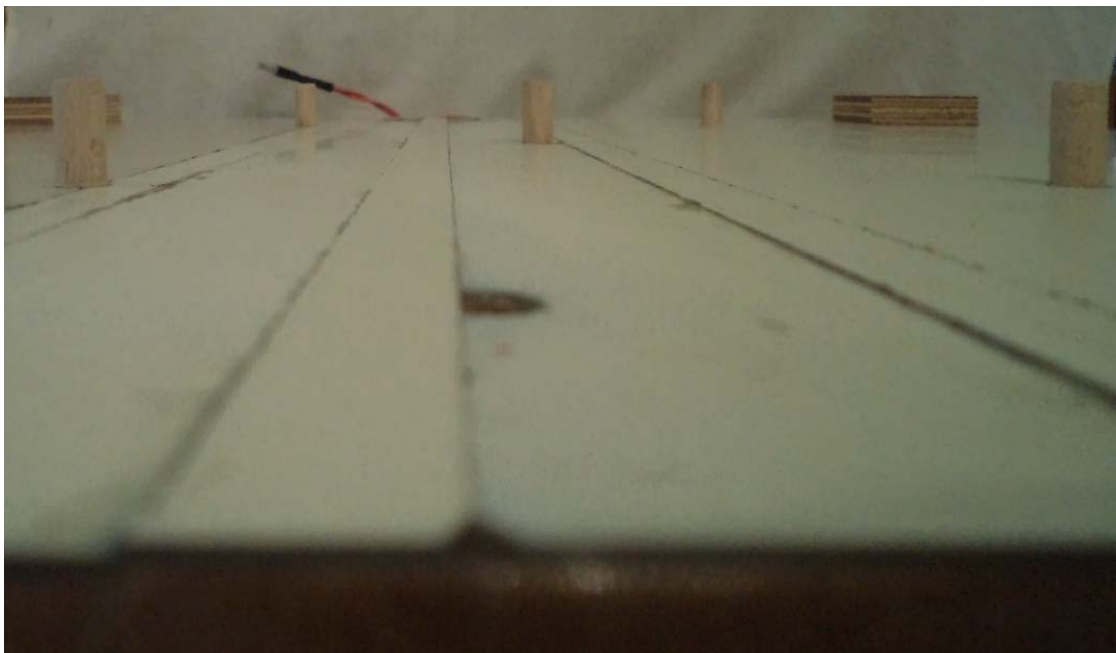
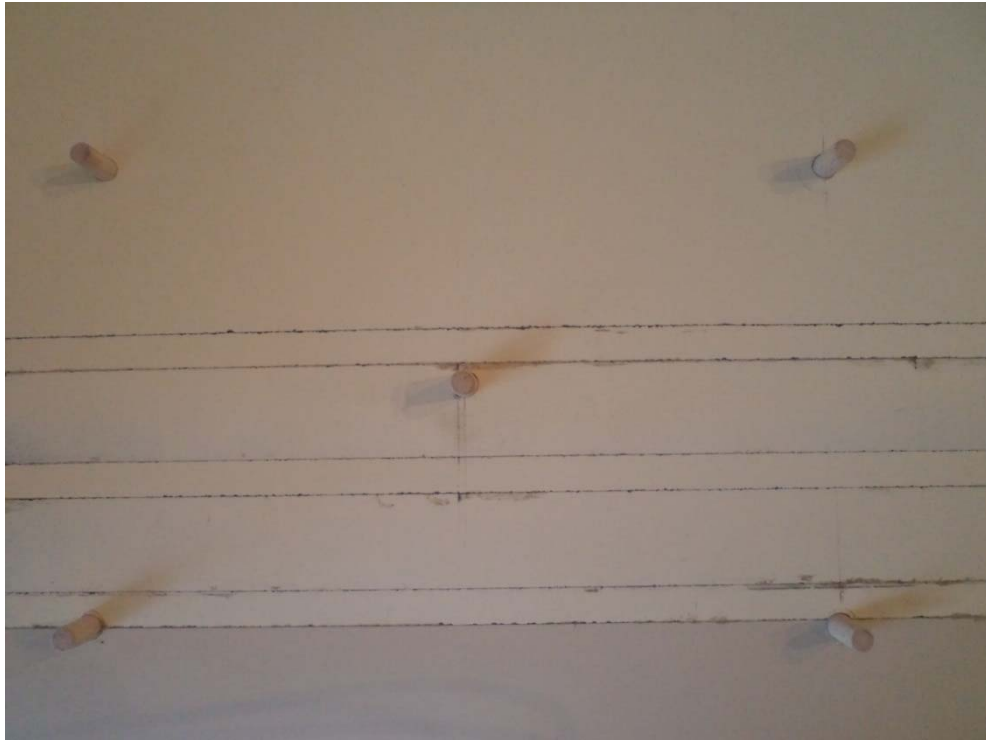


Αυτοί οι πλαστικοί προσαρμογείς αφαιρέθηκαν και αντικαταστάθηκαν με αλουμινένιους που κατασκευάστηκαν σε τόρνο για να είναι δυνατή η σύνδεση της ζυγαριάς με την επιφάνεια αντίχενσης. Οι αλουμινένιοι προσαρμογείς φτιάχτηκαν με ύψος 27mm, τρύπα Φ8mm και σπείρωμα M8 για να βιδωθούν στην μεταλλική βάση στήριξης του αισθητήρα βάρους δίνοντας την δυνατότητα για μικρορυθμίσεις (πάνω-κάτω, δεξιά-αριστερά). Ακολουθεί φωτογραφία ενός αλουμινένιου προσαρμογέα σε αντιπαράθεση με τον πλαστικό που αντικατέστησε και άλλες φωτογραφίες με τοποθετημένους τους αλουμινένιους προσαρμογείς πάνω στη μεταλλική βάση που είναι βιδωμένη στον αισθητήρα βάρους.





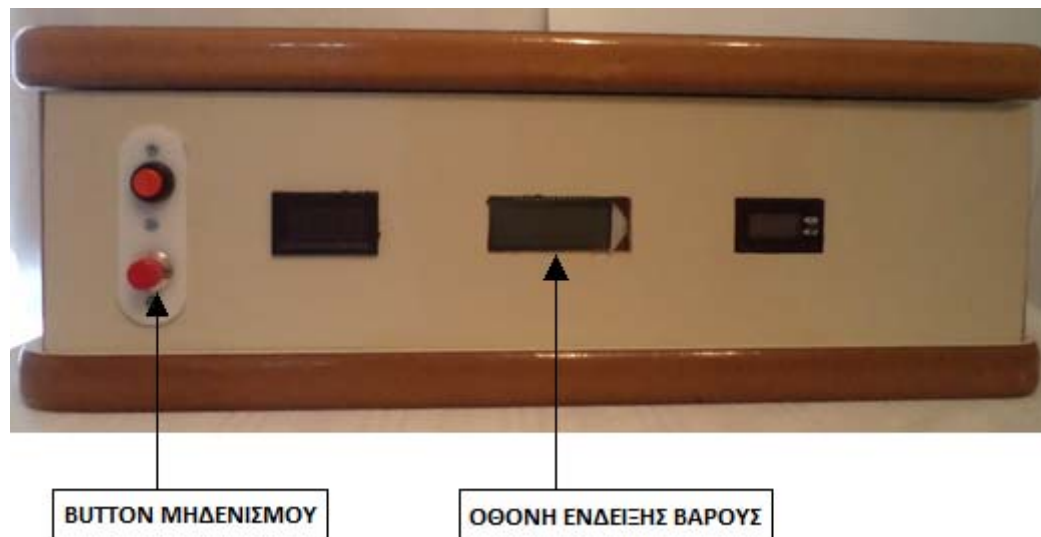
Με έτοιμη την επιφάνεια ανίχνευσης και γνώμονα τις εξωτερικές της διαστάσεις, κατασκευάστηκε το «ξύλινο» κουτί που θα δεχόταν μέσα του το ζυγό και τα υπόλοιπα κυκλώματα. Αφού λοιπόν ο ζυγός μπήκε τη θέση του και βιδώθηκε μέσα στη ξυλοκατασκευή αποτυπώθηκαν πάνω στην πλακά ανίχνευσης τα σημεία επαφής με τους αλουμινένιους προσαρμογείς. Στη θέση των σημείων η επιφάνεια ανίχνευσης τρυπήθηκε και καρφωθήκαν ξύλινες καβίλιες $\Phi 8\text{mm}$ οι οποίες προεξείχαν στο κάτω μέρος της επιφάνειας ανίχνευσης 15mm . Ακριβώς από κάτω παρατίθενται φωτογραφίες της κάτω μεριάς της επιφάνειας ανίχνευσης με τοποθετημένες τις καβίλιες στις κατάλληλες θέσεις.



Το τελικό αποτέλεσμα όπως φαίνεται παρακάτω ήταν η επιφάνεια ανίχνευσης να θηλυκώνει ομοιόμορφα με τους προσαρμογείς του ζυγού και να μπορεί να δεχτεί το βάρος του χεριού χωρίς να βγαίνει από τους προσαρμογείς ή να ανασηκώνει όλη την συσκευή (αφού αυτή είναι βιδωμένη πια με της λάμες στην ξυλοκατσκευή όπως προαναφέρθηκε).

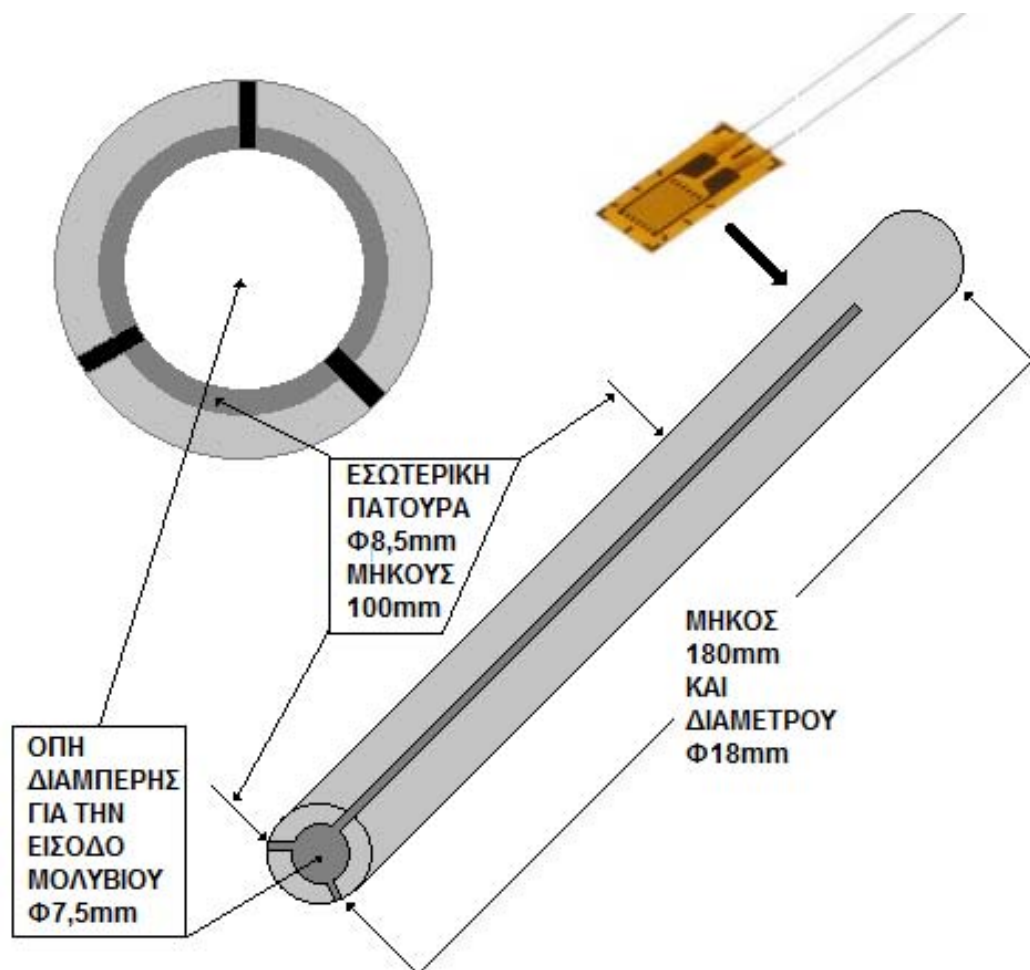


Από την συσκευή του ζυγού αποκολλήθηκε ένα από τα όργανα με την ένδειξη του βάρους προεκτάθηκε η καλωδίωση του και τοποθετήθηκε σε κατάλληλη τρύπα που έγινε στην ξυλοκατασκευή. Επίσης δημιουργήθηκε μια παράλληλη σύνδεση του Button μηδενισμού του ζυγού μ' ένα Button που μπήκε εξωτερικά στο κουτί για να μπορεί να μηδενιστεί η ένδειξη του βάρους του ζυγού όταν είναι τοποθετημένη η επιφάνεια ανίχνευσης πάνω του.



Τώρα για την μέτρηση της δύναμης που ασκείται από τα δάκτυλα στο μέσο γραφής έπρεπε να βρεθεί ένας τρόπος ώστε σε κάποια σημεία πάνω του να μπουν αισθητήρες και με κατάλληλα κυκλώματα να μπορέσει να εκτιμηθεί το μέγεθος της πίεσης αυτής. Δεδομένου ότι το μέσο γραφής από την πλειονότητα των ανθρώπων πιάνεται σε τρία σημεία η αρχική σκέψη ήταν να κατασκευαστεί ένας πλαστικός σωλήνας (για να έχει όσο το δυνατόν λιγότερο βάρος) που να είναι σχισμένος στα τρία (ανά 120°) μέχρι ενός

σημείου και στο εσωτερικό του να ενσωματωθεί ένα μολύβι. Στο επάνω μέρος του, ανάμεσα στα σημεία που σταματούν τα σχισίματα, να τοποθετηθούν τρεις αντιστάσεις παραμόρφωσης (strain gauge), που να δίνουν, μια αντίστοιχη τιμή της δύναμης που ασκείται από τα δάκτυλα κατά την διάρκεια της γραφής στο κάτω μέρος του σωλήνα. Για να δώσουν ένα αποτέλεσμα οι αντιστάσεις παραμόρφωσης, ανάλογο της ασκούμενης δύναμης πρέπει τα σημεία που είναι τοποθετημένες να μπορούν να καμφθούν. Έτσι αποφασίστηκε ο σωλήνας να τρυπηθεί διαμπερώς με τρυπάνι 7,5mm όσο είναι δηλαδή και το πάχος του μολυβιού που θα εισαγόταν μέσα του και στη συνέχεια η τρύπα να διανοιχθεί με τρυπάνι 8,5mm μέχρι μήκους 120mm. Αυτό είναι απαραίτητο για να υπάρχει ένα μικρό κενό ανάμεσα στο μολύβι και στο σωλήνα που μετά το σχίσσιμο ανά 120°, να υπάρχει χώρος μεταξύ μολυβιού και σωλήνα ώστε όταν πατηθούν οι άκρες των τριών στελεχών, να καμφθεί το υλικό στα σημεία που βρίσκονται οι αισθητήρες και να έχουμε κάποια μέτρηση. Για την σωστή λειτουργία του συστήματος βέβαια προϋπόθεση είναι τα σημεία επαφής των δακτύλων να βρίσκονται στη μέση των τριών στελεχών του σωλήνα. Ακολουθεί σκαρίφημα του αρχικού σχεδίου.



Επιλέχθηκε το υλικό κατασκευής του σωλήνα να είναι το πολυαμιδίο PA6 (γνωστό και ως ερταλόν) λόγω της εξαιρετικής μηχανικής αντοχής του. Η δυσκαμψία του είναι τέτοια που μπορεί να ανταγωνιστεί τα μέταλλα.



Ύστερα από μετρήσεις που έγιναν σε χονδρούς μαρκαδόρους του εμπορίου αποφασίστηκε ότι η διατομή του δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 18mm. Αυτό έπρεπε να γίνει αφενός για να μπορεί να το χειριστεί και ένα παιδικό χέρι αφετέρου για να μείνει τουλάχιστον 5mm υλικού γύρω από το μολύβι με τις μηχανικές ιδιότητες που προαναφέρθηκαν. Το μήκος έγινε 170mm λίγο μεγαλύτερο από το μήκος ενός καινούργιου (αχρησιμοποίητου) μολυβιού. Κατά την εξέλιξη της κατασκευής η ράβδος αφού τρυπήθηκε σε τόρνο όπως το αρχικό σχέδιο ακολούθησε η επεξεργασία της σε φρέζα για να γίνει το σχίσμα ανά 120° και να δημιουργηθούν τα τρία στελέχη που θα πατούν τα δάκτυλα. Δυστυχώς το τελικό αποτέλεσμα δεν ήταν το επιθυμητό αφού τα στελέχη στρέβλωσαν προς τα μέσα, λόγω του μικρού εναπομείναντος πάχους του υλικού και του μεγάλου μήκους σχισίματος. Με την τοποθέτηση δηλαδή του μολυβιού μέσα τα στελέχη έμεναν συνεχώς πατημένα. Ακολουθεί φωτογραφία του τελικό προϊόντος.



Έτσι αποφασίστηκε για να κρατηθεί το αρχικό σχέδιο να επιλεγεί ένα μεταλλικό υλικό που να έχει μεν μεγαλύτερη ακαμψία, να έχει δε μικρό βάρος. Το υλικό αυτό ήταν το αλουμίνιο. Αγοράστηκε λοιπόν μια ράβδος μήκους 170mm και διαμέτρου 18mm και ξεκίνησε η προαναφερθείσα κατεργασία. Το αποτέλεσμα όμως και με το αλουμίνιο ήταν το ίδιο δηλαδή τα τρία στελέχη να κάμπτονται προς το εσωτερικό του σωλήνα κλείνοντας τις σχισμές στο κάτω άκρο. Οπότε ούτε και αυτό ήταν αξιοποιήσιμο (ακολουθεί φωτογραφία).



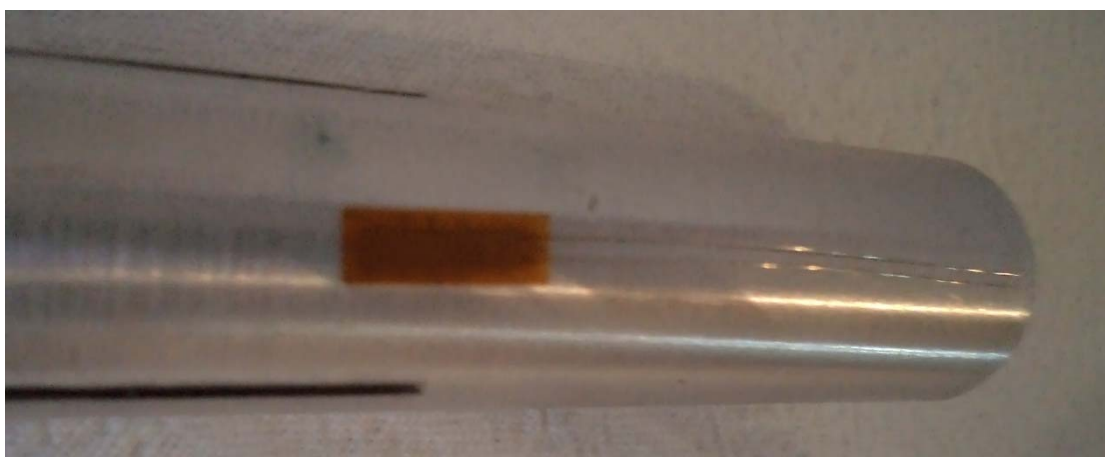
Μετά από μελέτη των κραμάτων του αλουμινίου διαπιστώθηκε ότι το υλικό που χρησιμοποιήθηκε (0-2024) ήταν μαλακό και χρησιμοποιείται για κατασκευές γενικής χρήσης και όχι ιδιαίτερων απαιτήσεων. Κάνοντας έρευνα στην αγορά βρέθηκε ράβδος διαμέτρου 18mm με μεγάλη σκληρότητα (T6-7075). Εξετάστηκε επίσης αν θα γινόταν το μήκος του σχισίματος να μην είναι τόσο μεγάλο (140mm). Αφού γίναν μετρήσεις για το ποιο είναι το μέγιστο ύψος που ακουμπάει το μέσο γραφής σε διάφορα χέρια διαπιστώθηκε ότι για να πιαστούν όλες σχεδόν οι ηλικιακές γκάμες δεν θα μπορούσαν τα σχισίματα να είναι μικρότερα των 100mm. Αυτό ήταν σημαντικό γιατί οι αντιστάσεις παραμόρφωσης (strain gauge) που θα τοποθετούνταν ανάμεσα στο τέλος των σχισμάτων δεν έπρεπε να έρχονται σε επαφή με τα χέρια τα οποία θα μπορούσαν να αλλοιώσουν αισθητήρα και αποτέλεσμα. Ύστερα από την ανάλογη κατεργασία στο συγκεκριμένο κράμα το τελικό προϊόν ήταν το επιθυμητό.



Ακολουθεί φωτογραφία του τελικού αποτελέσματος



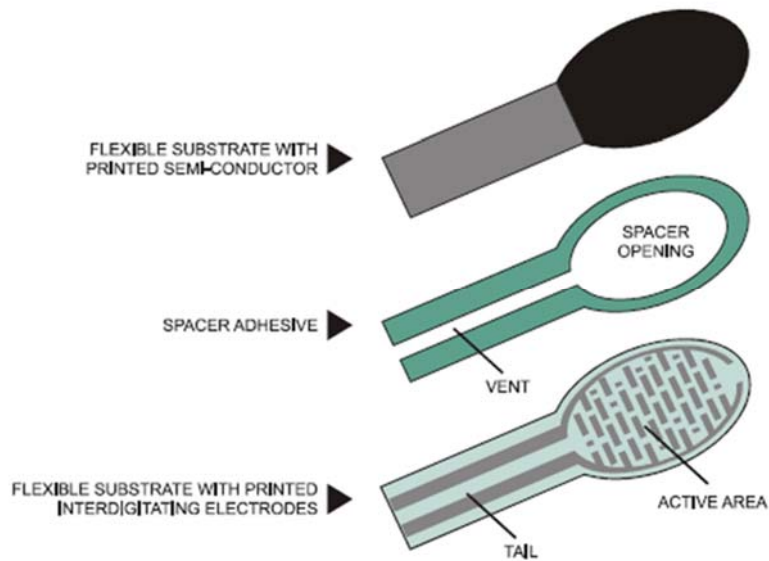
Τα στελέχη σε ηρεμία παρέμεναν ανοιχτά και παράλληλα μεταξύ τους. Τοποθετήθηκαν μολύβι στο εσωτερικό και αντιστάσεις παραμόρφωσης (strain gauge) ανάμεσα στο τέλος των σχισιμάτων. Στην πρώτη δοκιμή όμως διαπιστώθηκε ότι με ελάχιστη δύναμη τα στελέχη έκλεινα και τερμάτιζαν την διαδρομή τους με αποτέλεσμα την παραπάνω δύναμη να μην μπορούν να την αντληθούν. Η παρακάτω φωτογραφία δείχνει την μεταλλική κατασκευή με τοποθετημένες πάνω της, τις αντιστάσεις παραμόρφωσης.



Έτσι εγκαταλείφθηκε η προσέγγιση αυτή και άρχισε να εξετάζεται άλλος τρόπος για την επίτευξη της μέτρησης της ασκούμενης δύναμης των δακτύλων στο μέσο γραφής. Η νέα ιδέα ήταν η χρησιμοποίηση αισθητήρα δύναμης FSR.



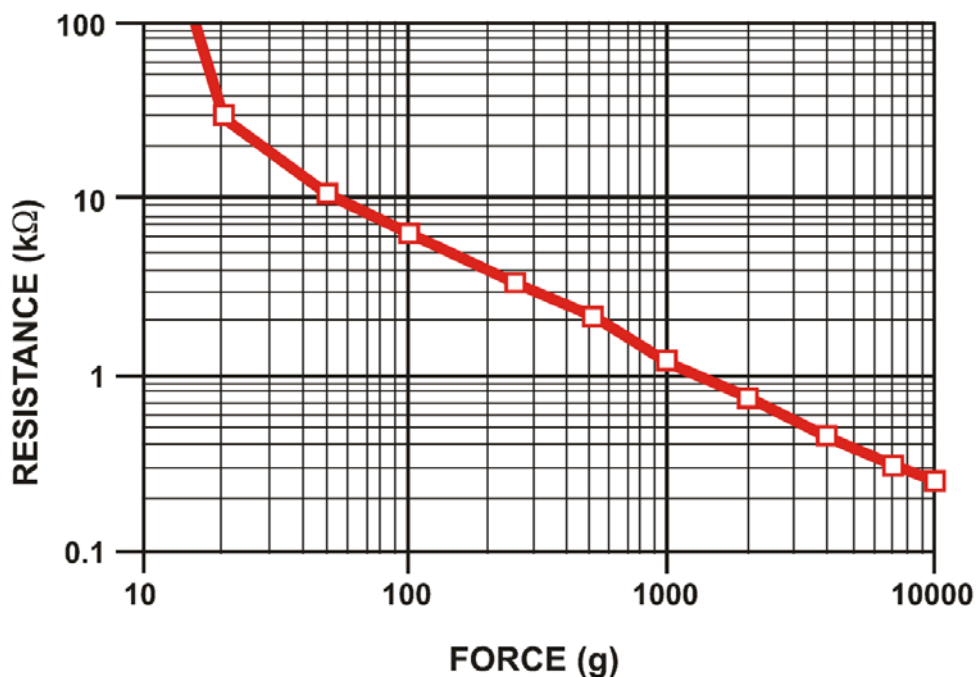
Αυτός είναι ένας μικρός αισθητήρας πίεσης με κυκλική περιοχή ανιχνεύσεως. Αυτός ο FSR μεταβάλλει την αντίσταση του ανάλογα με το πόση πίεση εφαρμόζεται στην αισθητήρια περιοχή. Όσο περισσότερη είναι η δύναμη, τόσο χαμηλότερη είναι η αντίσταση. Όταν δεν ασκείται πίεση στο FSR, η αντίσταση του θα είναι μεγαλύτερη από 1ΜΩ. Η δύναμη που μπορεί να ανιχνεύσει είναι από 100g έως 10 kg. Δύο pins εκτείνονται από τη βάση του αισθητήρα με 0.1" διάκενο. Στην πίσω πλευρά του αισθητήρα υπάρχει αυτοκόλλητη ταινία διπλής όψεως για εύκολη τοποθέτηση. Αυτοί οι αισθητήρες είναι απλοί στην εγκατάσταση και ιδανικοί για την ανίχνευση πίεσης, αλλά δεν έχουν μεγάλη ακρίβεια.



Οι αντιστάσεις αντίχνευσης δύναμης (FSR) είναι ένα εξάρτημα πολυμερές παχιάς μεμβράνης (PTF) η οποία παρουσιάζει μείωση στην αντίσταση με την αύξηση της δύναμης που ασκείται στην ενεργή επιφάνεια. Η ευαισθησία της δύναμης είναι βελτιστοποιημένη για την ανθρώπινη αφή. Έχουν παρόμοιες ιδιότητες με τις αντιστάσεις παραμόρφωσης (strain gauge) είναι εύχρηστοι αισθητήρες σχεδιασμένοι για τη μέτρηση της παρουσίας και του σχετικού μεγέθους της τοπικής φυσικής πίεσης αλλά δεν είναι κατάλληλοι για μετρήσεις ακριβείας όπως ένας ζυγός ή μετρητή τάσεων.



Τα περισσότερα στοιχεία του FSR διαθέτουν κυκλική ή ορθογώνια περιοχή αντίχνευσης όπως δείχνουν και οι ανωτέρω φωτογραφίες. Το τετράγωνο FSR είναι καλό για την ευρυγώνια αντίχνευση, ενώ οι μικρότεροι κυκλικοί αισθητήρες μπορούν να δώσουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην εντοπισμένη θέση. Κάθε ένα από τα παραπάνω εικονιζόμενα εξαρτήματα έχουν κάποιο εύρος αντίχνευσης, το οποίο καθορίζει την ελάχιστη και μέγιστη ποσότητα πίεσης που μπορεί να «διαβασει» ο αισθητήρας. Το παρακάτω γράφημα, καταδεικνύει την τυπική σχέση αντίστασης αισθητήρα σε $k\Omega$ -δύναμης σε γραμμάρια gr.



Όσο χαμηλότερη είναι η δύναμη, τόσο πιο ευαίσθητη είναι η απόκριση του FSR. Αυτό φαίνεται από την διαφορά κλίσης κάτω από 50g, και ακόμα περισσότερο κάτω από 20g. Η σχέση είναι γενικά γραμμική από 50g και άνω. Αυτά τα αισθητήρια έχουν ένα όριο ενεργοποίησης - μια δύναμη που πρέπει να υπάρχει πριν η αντίσταση πέσει σε τιμή κάτω από 10kΩ, όπου η σχέση γίνεται πιο γραμμική. Αλλά οποιαδήποτε πίεση πέρα από το μέγιστο όριο του αισθητήρα μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο εξάρτημα.

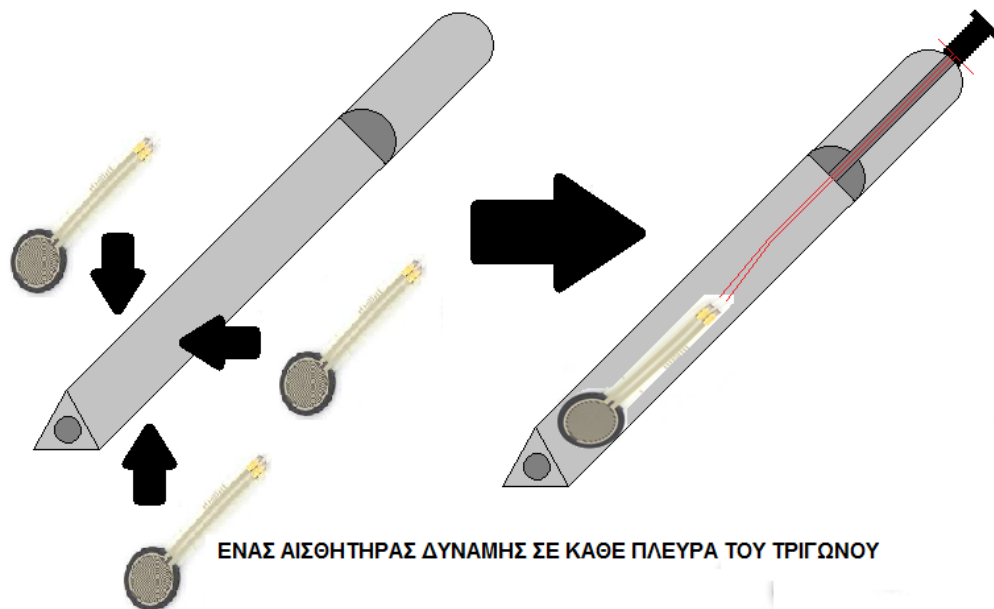
Για την επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα για την συγκεκριμένη εφαρμογή κριτήριο ήταν η επιφάνεια επαφής του δακτύλου. Το μικρό FSR (το πρώτο από τις τρεις εικόνες) έχει μόνο 4 mm ενεργή περιοχή ανιχνεύσεως, παρέχει πιο ευαίσθητες αναγνώσεις από 0 έως 1 kg κιλό, αλλά δεν θα μπορεί να πει τη διαφορά μεταξύ βάρους 2kg και 10kg. Με αυτά τα στοιχεία ο αισθητήρας αυτός είναι απορριπτέος για αυτή τη χρήση. Ο δεύτερος σε σειρά από τις παραπάνω εικόνες, αισθητήρας πίεσης με κυκλική περιοχή ανιχνεύσεως διαμέτρου 0,5" είναι ο ιδανικότερος για αυτή την μελέτη. Η δύναμη που μπορεί να ανιχνεύσει είναι από 100g έως 10 kg και όταν δεν ασκείται πίεση στο FSR, η αντίσταση του είναι μεγαλύτερη από 1MΩ.

(<https://grobotronics.com/force-sensitive-resistor-0.5.html> την 20-11-2019)

Η νέα «ιδέα οδηγός» ήρθε από κάποια τριγωνικά μολύβια που βγάζουν μερικές εταιρείες για να βοηθούν τα παιδιά προσχολικής ηλικίας, στο σωστό πιάσιμο του μολυβιού.



Με γνώμονα την διάμετρο του αισθητήρα FSR, αποφασίστηκε να φτιαχτεί μια ισόπλευρη τριγωνική κατασκευή η οποία θα έχει διάσταση πλευράς την διάμετρο του αισθητήρα και τρύπα 7,5mm στο εσωτερικό της για να μπορεί να δεχθεί μολύβι. Ακολουθεί σκαρίφημα του αρχικού σχεδίου.

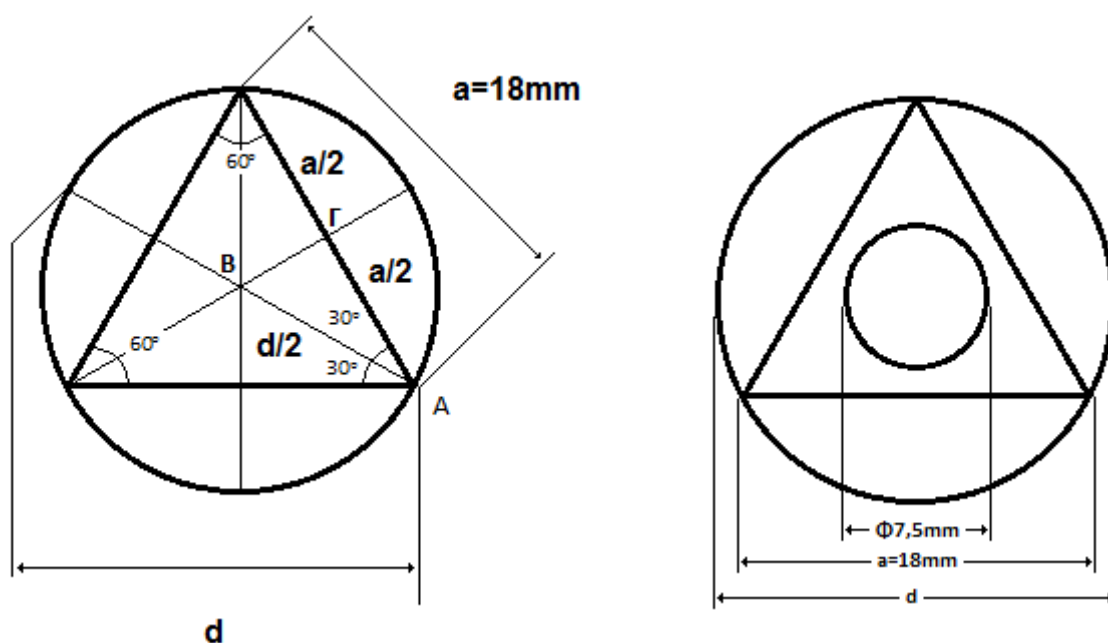


Η κατασκευή έγινε από ράβδο πλουμιδιού PA6 (ερταλόν) για να έχει μικρό βάρος. Η επιλογή της διαμέτρου έγινε με τον εξής υπολογισμό. Η τριγωνική κατασκευή έπρεπε να έχει πλευρά 18mm όση δηλαδή είναι και η εξωτερική διάμετρο του αισθητήρα. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχέδιο στο τρίγωνο τα γνωστά δεδομένα είναι τα μήκη των πλευρών $a=18\text{mm}$ και τις γωνίες 60° αφού είναι ισόπλευρο. Αν χαραχτούν οι διχοτόμοι και στις τρεις γωνίες, κόβουν την απέναντι πλευρά στη μέση. Αν προεκταθούν μέχρι τον εξωτερικό κύκλο τότε το μήκος τους d αντιστοιχεί στη διάμετρο του κύκλου. Οι διχοτόμοι ενώνονται στη μέση του τριγώνου στο σημείο Β. Στο τρίγωνο λοιπόν ABΓ είναι γνωστές όλες οι γωνίες, η πλευρά ΑΓ και αναζητείται η υποτείνουσα ΑΒ που αντιστοιχεί στο μισό

της διαμέτρου του εξωτερικού κύκλου. Έτσι όπως είναι γνωστό από την τριγωνομετρία:
 $\text{συν}30^\circ = \text{ΑΓ} / \text{ΑΒ} = (a / 2) / (d / 2) = a / d$.

Άρα λύνοντας ως προς την άγνωστη $d = a / \text{συν}30^\circ = 20.78\text{mm}$

Σύμφωνα με το αποτέλεσμα, αυτή είναι η ελάχιστη διατομή που πρέπει να έχει η ράβδος, ώστε μετά από κατάλληλη επεξεργασία, να βγει από αυτή η ισόπλευρη τριγωνική κατασκευή, με πλευρές 18mm. Επειδή στο εμπόριο οι τυποποιημένες ράβδοι βγαίνουν σε $\Phi 20\text{mm}$ και μετά σε $\Phi 25\text{mm}$, προτιμήθηκε η ράβδος $\Phi 20\text{mm}$ για την αποφυγή περεταίρω κατεργασίας, με την πιθανότητα όμως οι πλευρές να βγουν λίγο μικρότερες από 18mm και οι αισθητήρες δύναμης FSR να προεξέχουν ελάχιστα.

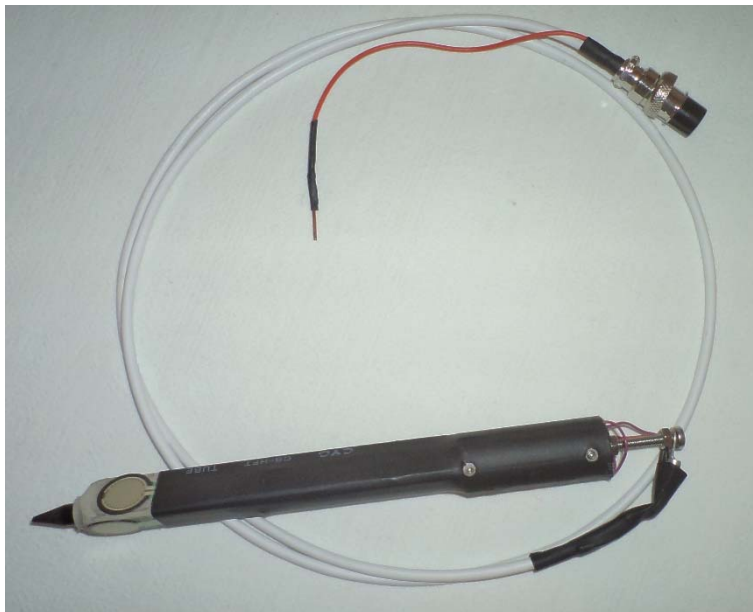


Η επεξεργασία της ράβδου ξεκίνησε σε τόρνο, για την διάνοιξη της εσωτερική τρύπα 7,5mm με βάθος 160mm για να μπορεί να εισαχθεί το μολύβι. Ακολούθησε η κατεργασία σε φρέζα για να φτιαχτούν οι πλευρές του τριγωνικού μέρους. Δηλαδή αφαιρέθηκε σταδιακά υλικό από την μια μεριά για μήκος 150mm έως ότου να δημιουργηθεί επίπεδη επιφάνεια πλάτους 18mm. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε άλλες δυο φορές ανά 120° για τις άλλες δυο πλευρές του ισοπλεύρου τριγώνου.

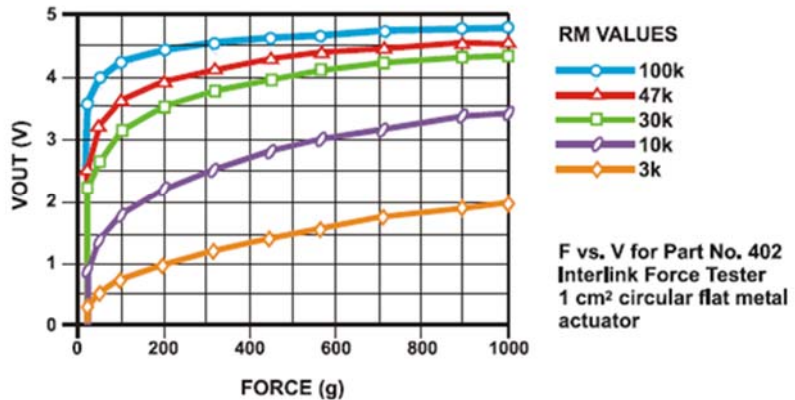
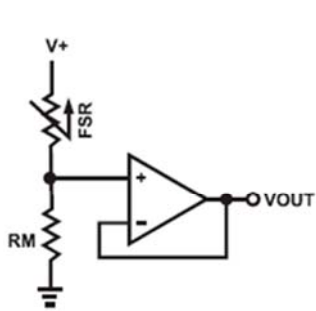
Στο πίσω μέρος της τριγωνικής κατασκευής αφέθηκε ένα κυκλικό τμήμα, με σκοπό να μείνει υλικό για να μην είναι τόσο αδυνατισμένο όσο το τριγωνικό τμήμα. Αυτό έγινε για δυο λόγους. Ο ένας ήταν να φτιαχτούν οι σφηνόδρομοι πλάτους 3mm, (ξεκινώντας από τη μέση της κάθε επίπεδης επιφάνειας) για να περάσουν τα καλώδια των αισθητήρων και ο δεύτερος για να μπορεί να δημιουργηθεί η ηλεκτρική επαφή με το μολύβι. Αυτό έγινε

ξετρυπώντας το πίσω μέρος της κατασκευής και κάνοντας σπείρωμα για βίδα 4mm. Η αγωγίμη βίδα που τοποθετήθηκε εκεί τροχίστηκε στην αρχή του σπειρώματός της ώστε να έχει κωνική μύτη για καλύτερη επαφή με τον γραφίτη του μολυβιού και παξιμάδι για την ασφάλιση της, στη θέση που θα επιτευχθεί η ηλεκτρική επαφή. Στο κυκλικό τμήμα επίσης τέθηκε βίδα για την σταθεροποίηση σε μια θέση του μολυβιού εντός της κατασκευής.

Στο εμπρός τμήμα της κατασκευής στην κάθε πλευρά του τριγώνου κολλήθηκαν με ταινία διπλής όψεως (για να μπορούν εύκολα να αποκολληθούν και να αλλάξουν θέση) τρεις αισθητήρες δύναμης. Στις επαφές αυτών συγκολλήθηκαν καλώδια τα οποία περνούν από τους σφηνόδρομους τις κάθε πλευράς, για να καταλήξουν στο κεντρικό καλώδιο και μέσω ειδικού βύσματος να ενώσουν τελικά τους αισθητήρες δύναμης FSR με το κύκλωμα της κατασκευής.



Για να γίνει η δύναμη που ασκείται από τα δάκτυλα σε κάθε αισθητήρα, ένα ηλεκτρικό μέγεθος που να μπορεί να μετρηθεί, συνδέεται ο καθένας τους σε σειρά με μια αντίσταση (RM) και τροφοδοτούνται με μια σταθερή τάση όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα.

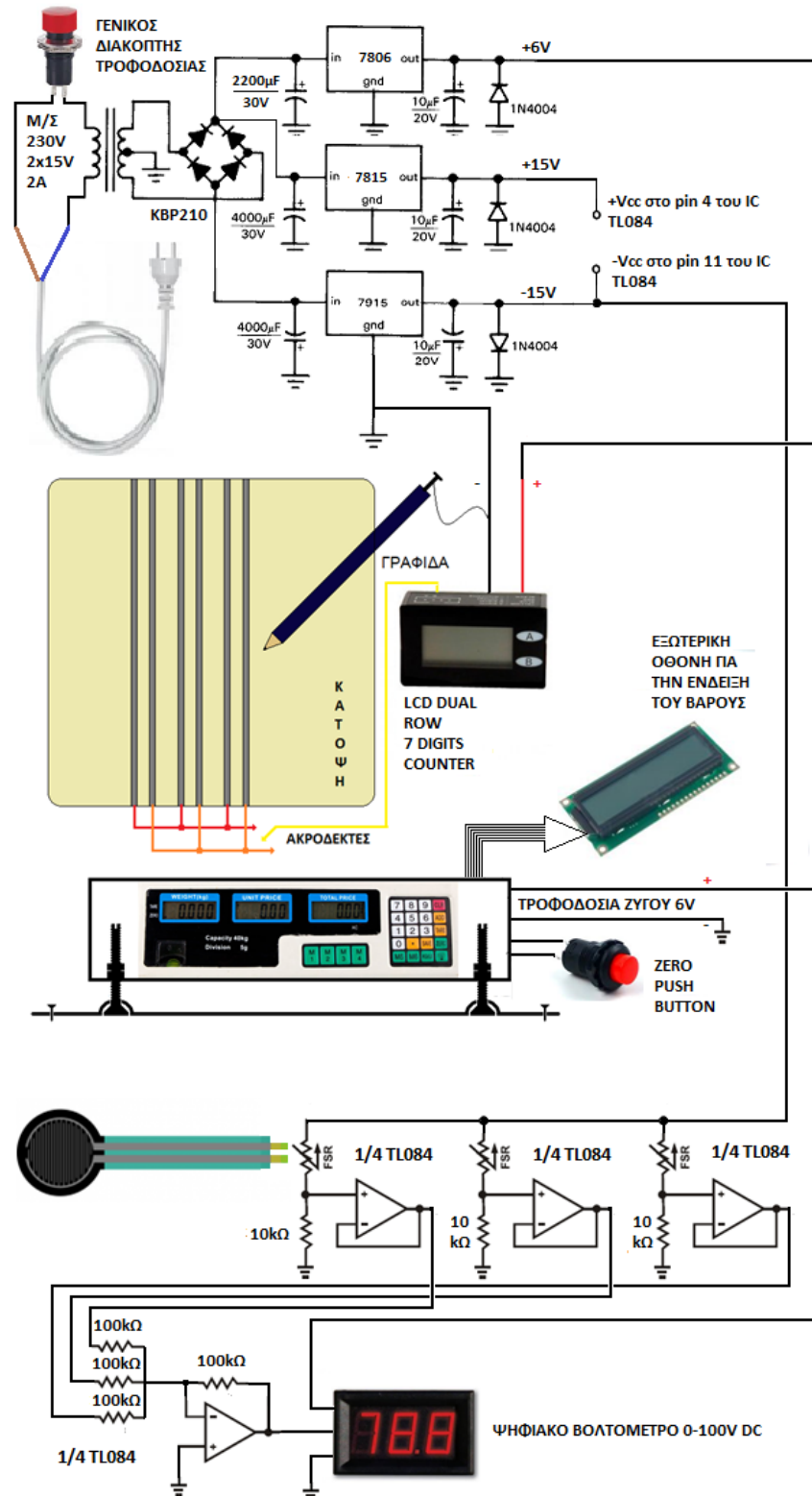


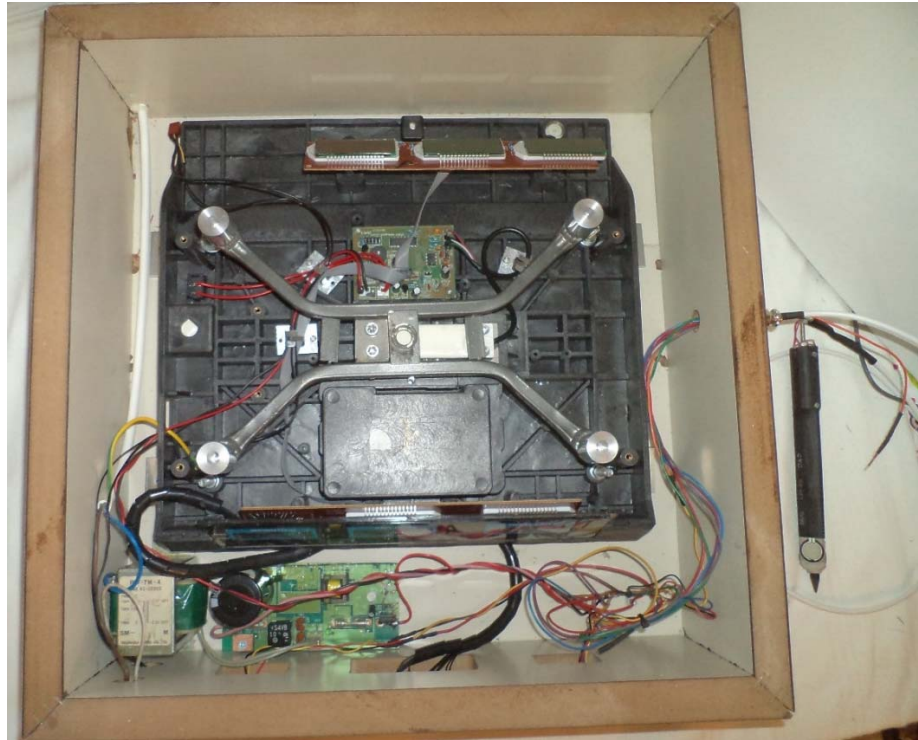
Το κύκλωμα αυτό είναι ένας διαιρέτης τάσης η έξοδος του οποίου συνδέεται σε ένα τελεστικό ενισχυτή σε λειτουργία buffer όπου το ύψος της περιγράφεται από την εξίσωση: $V_{OUT} = (V+) / [1 + R_{FSR} / R_M]$. Ο τελεστικός ενισχυτής λόγω της υψηλής σύνθετης αντίστασης εισόδου μειώνει στο ελάχιστο το σφάλμα μέτρησης. Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζεται η τάση εξόδου καθώς αυτή αυξάνεται συναρτήσει της δύναμης και περιέχει ένα σμήνος καμπυλών FORCE/ VOUT που δείχνει το ύψος και την κλίση της, ανάλογα με την τιμή που έχει η αντίσταση RM. Για τα παραδείγματα αυτά, χρησιμοποιήθηκε (V+) = +5V. Η τιμή της αντίστασης μέτρησης, RM που χρησιμοποιήθηκε στο κύκλωμα που κατασκευάστηκε, επιλέχθηκε με κριτήρια την μεγιστοποίηση της επιθυμητής περιοχής ευαισθησίας στη δύναμη και τον περιορισμό του ρεύματος που ρέει μέσα από τον αισθητήρα. Σύμφωνα με το φύλλο δεδομένων του αισθητήρα το ρεύμα που επιτρέπεται να περνάει από μέσα του θα πρέπει να περιορίζεται σε λιγότερο από 1 mA / τετραγωνικό cm εφαρμοζόμενης δύναμης. Τέλος οι τρεις εξοδοί των buffers οδηγούνται στον τέταρτο τελεστικό ενισχυτή που είναι συνδεδεμένος σαν αναλογικός αθροιστής. Αυτός παίρνει τις τάσεις που προκύπτουν από την δύναμη που ασκεί το κάθε δάκτυλο στον αντίστοιχο αισθητήρα και αθροίζει το πλάτος τους δίνοντας τελικά μια τάση που ανάλογη της συνολικής δύναμης. Το τελικό αποτέλεσμα το βλέπουμε στο ψηφιακό βολτόμετρο που είναι συνδεδεμένο στην έξοδο του αθροιστή. Οι τέσσερις τελεστικοί ενισχυτές που χρησιμοποιούνται είναι μέρος ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος με διακριτικά TL084.

Το κύκλωμα πλαισιώνεται από ένα τροφοδοτικό, που μέσα από ένα μετασχηματιστή με μεσαία λήψη (230V-2x15V/2A) και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που θα αναλυθούν στη συνέχεια, παρέχει τις απαραίτητες τροφοδοσίες στα επιμέρους κυκλώματα. Ο μετασχηματιστής δίνει την τάση του σε μια γέφυρα ανόρθωσης KBP210 η οποία την μετατρέπει από εναλλασσόμενη σε συνεχή. Η θετική και αρνητική τάση που προκύπτουν μετά την γέφυρα εξομαλύνεται από τους ηλεκτρολυτικούς που έπονται και διανέμονται στις εισόδους των σταθεροποιητών 7806, 7815

και 7915. Οι έξοδοι των 7815 και 7915 δίνουν την συμμετρική τροφοδοσία $\pm 15V$ που χρειάζονται οι τελεστικοί ενισχυτές και ο 7806 τα 6V για την λειτουργία του μετρητή, του βολτομέτρου και του ζυγού. Τέλος όπως φαίνεται και από το κύκλωμα η συσκευή ελέγχεται από ένα γενικό διακόπτη τροφοδοσίας που βρίσκεται στην πρόσοψη της κατασκευής.

Ακολουθεί το τελικό κύκλωμα και φωτογραφίες με την κατασκευή ολοκληρωμένη.





Στατιστική ανάλυση

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε περιγραφική στατιστική ανάλυση προκειμένου να παρουσιάσουμε τις ανεξάρτητες μεταβλητές του δείγματός μας. Αναλυτικότερα, στους πίνακες που ακολουθούν (4α,4β,4γ,4δ,4ε) παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις στην ανεξάρτητη μεταβλητή ηλικία σε σχέση με την επίδοση των συμμετεχόντων στις 22 υποκατηγορίες. Επιπλέον, για την πιο εύληπτη κατανόηση του δείγματος ακολουθούν γραφήματα που επεξηγούν τα αναφερθέντα στους πίνακες.

Πίνακας 4α. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση την ηλικία τους.

Ηλικία		Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση min τιμή σε (V)	Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση max τιμή σε (V)	Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε υπαγόρευση τιμή σε (V)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση min τιμή σε (Kgr)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση max τιμή σε (Kgr)
8,00	Μέσος όρος	1,9500	5,1333	3,5417	1,4167	2,0167
	N	6	6	6	6	6
	Τυπικ. Απόκλιση	,91159	2,14911	1,40727	,47504	,41191
8,50	Μέσος όρος	2,1750	4,6750	3,4250	1,1750	1,8750
	N	4	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	1,36473	2,40191	1,87283	,84212	,96738
9,00	Μέσος όρος	1,8800	4,2000	3,0400	1,4600	2,2000
	N	5	5	5	5	5
	Τυπικ. Απόκλιση	,80125	,82765	,45607	,35777	,50990
9,50	Μέσος όρος	1,8000	5,0250	3,4125	1,1500	1,7000
	N	4	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	1,09545	1,27377	1,11009	,23805	,14142
10,00	Μέσος όρος	1,8889	4,7000	3,2944	1,2556	1,6889
	N	9	9	9	9	9
	Τυπικ. Απόκλιση	,83732	1,71537	1,16309	,55025	,64700
11,00	Μέσος όρος	1,9700	5,4000	3,6850	1,3500	1,7200
	N	10	10	10	10	10
	Τυπικ. Απόκλιση	,54782	1,43914	,75279	,30641	,28206
12,00	Μέσος όρος	1,9000	4,6000	3,2500	1,6500	2,1000
	N	2	2	2	2	2
	Τυπικ. Απόκλιση	,14142	,14142	,00000	,21213	,28284

Πίνακας 4β. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση την ηλικία τους.

Ηλικία		Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση τιμή σε (Kgr)	Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε υπαγόρευση	Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή min τιμή σε (V)	Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή max τιμή σε (V)	Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αντιγραφή τιμή σε (V)
8,00	Μέσος όρος	1,7167	,0000	2,0333	5,8333	3,9333
	N	6	6	6	6	6
	Τυπικ. Απόκλιση	,39833	,00000	,55015	1,30026	,75609
8,50	Μέσος όρος	1,5250	,2500	2,0500	5,2000	3,6250
	N	4	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,90323	,50000	,96782	1,18884	1,00042
9,00	Μέσος όρος	1,8300	,2000	1,8600	5,0000	3,4300
	N	5	5	5	5	5
	Τυπικ. Απόκλιση	,40866	,44721	,34351	1,84391	1,04499
9,50	Μέσος όρος	1,4250	1,5000	1,3750	4,6750	3,0250
	N	4	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,11902	3,00000	,59090	2,50516	1,26128
10,00	Μέσος όρος	1,4722	,0000	1,6444	4,2889	2,9667
	N	9	9	9	9	9
	Τυπικ. Απόκλιση	,59114	,00000	,89737	1,39324	1,06654
11,00	Μέσος όρος	1,5350	,0000	2,3300	5,1100	3,7200
	N	10	10	10	10	10
	Τυπικ. Απόκλιση	,28776	,00000	,69450	1,36011	,90591
12,00	Μέσος όρος	1,8750	,0000	1,8500	5,2000	3,5250
	N	2	2	2	2	2
	Τυπικ. Απόκλιση	,24749	,00000	,21213	1,41421	,81317

Πίνακας 4γ. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση την ηλικία τους.

Ηλικία		Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή min τιμή σε (Kgr)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή max τιμή σε (Kgr)	Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή τιμή σε (Kgr)	Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αντιγραφή
8,00	Μέσος όρος	1,1000	1,7500	1,4250	,0000
	N	6	6	6	6
	Τυπικ. Απόκλιση	,60332	,74766	,65403	,00000
8,50	Μέσος όρος	1,0750	1,6000	1,3375	,7500
	N	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,56199	,90185	,71923	1,50000
9,00	Μέσος όρος	1,1600	1,8600	1,5100	,2000
	N	5	5	5	5
	Τυπικ. Απόκλιση	,29665	,37815	,31105	,44721
9,50	Μέσος όρος	1,0250	1,4500	1,2375	,7500
	N	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,20616	,19149	,18875	1,50000
10,00	Μέσος όρος	1,1889	1,7000	1,4444	,0000
	N	9	9	9	9
	Τυπικ. Απόκλιση	,73560	,73824	,72734	,00000
11,00	Μέσος όρος	1,0100	1,5200	1,2650	,0000
	N	10	10	10	10
	Τυπικ. Απόκλιση	,24698	,32249	,23811	,00000
12,00	Μέσος όρος	1,5500	2,2000	1,8750	,0000
	N	2	2	2	2
	Τυπικ. Απόκλιση	,35355	,42426	,38891	,00000

Πίνακας 4δ. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση την ηλικία τους.

Ηλικία		Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή min σε (V)	Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή max σε (V)	Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (V)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή min τιμή σε (Kgr)
8,00	Μέσος όρος	2,0167	4,1667	3,0917	1,0667
	N	6	6	6	6
	Τυπικ. Απόκλιση	,51153	1,26912	,81143	,62503
8,50	Μέσος όρος	1,9000	3,3250	2,6125	1,0125
	N	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,73937	,80571	,66630	,46971
9,00	Μέσος όρος	1,9800	4,5000	3,2400	1,2200
	N	5	5	5	5
	Τυπικ. Απόκλιση	,63797	1,21861	,73007	,74967
9,50	Μέσος όρος	2,6000	5,8750	4,2375	,8000
	N	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,81240	,92871	,44230	,21602
10,00	Μέσος όρος	2,1000	4,5111	3,3056	,9111
	N	9	9	9	9
	Τυπικ. Απόκλιση	,70000	1,53333	1,01902	,23688
11,00	Μέσος όρος	2,6700	5,6700	4,1700	,9100
	N	10	10	10	10
	Τυπικ. Απόκλιση	,90683	1,55852	1,14993	,19692
12,00	Μέσος όρος	2,0000	5,3000	3,6500	,8000
	N	2	2	2	2
	Τυπικ. Απόκλιση	,00000	,70711	,35355	,00000

Πίνακας 4ε. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση την ηλικία τους.

Ηλικία		Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή max τιμή σε (Kgr)	Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (Kgr)	Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αυθόρμητη γραφή	Συνολικές παραβιάσεις ορίου πάνω γραμμής και για τις τρεις δοκιμασίες
8,00	Μέσος όρος	1,4667	1,2667	,0000	,0000
	N	6	6	6	6
	Τυπικ. Απόκλιση	,52409	,56006	,00000	,00000
8,50	Μέσος όρος	1,5625	1,2875	,0000	1,0000
	N	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,51861	,44791	,00000	2,00000
9,00	Μέσος όρος	1,8400	1,5300	,0000	,4000
	N	5	5	5	5
	Τυπικ. Απόκλιση	1,07145	,89903	,00000	,89443
9,50	Μέσος όρος	1,2250	1,0125	,7500	3,0000
	N	4	4	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,20616	,17970	1,50000	6,00000
10,00	Μέσος όρος	1,4000	1,1556	,0000	,0000
	N	9	9	9	9
	Τυπικ. Απόκλιση	,32787	,25672	,00000	,00000
11,00	Μέσος όρος	1,2900	1,1000	,0000	,0000
	N	10	10	10	10
	Τυπικ. Απόκλιση	,21318	,18856	,00000	,00000
12,00	Μέσος όρος	1,4500	1,1250	,0000	,0000
	N	2	2	2	2
	Τυπικ. Απόκλιση	,35355	,17678	,00000	,00000

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με σκοπό τον εντοπισμό διαφορών στις εξαρτημένες μεταβλητές σε σύγκριση με την ανεξάρτητη μεταβλητή ηλικία των συμμετεχόντων.

Πίνακας 5. Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων στις 22 υποδοκιμασίες ανάλογα με την ηλικία των συμμετεχόντων.

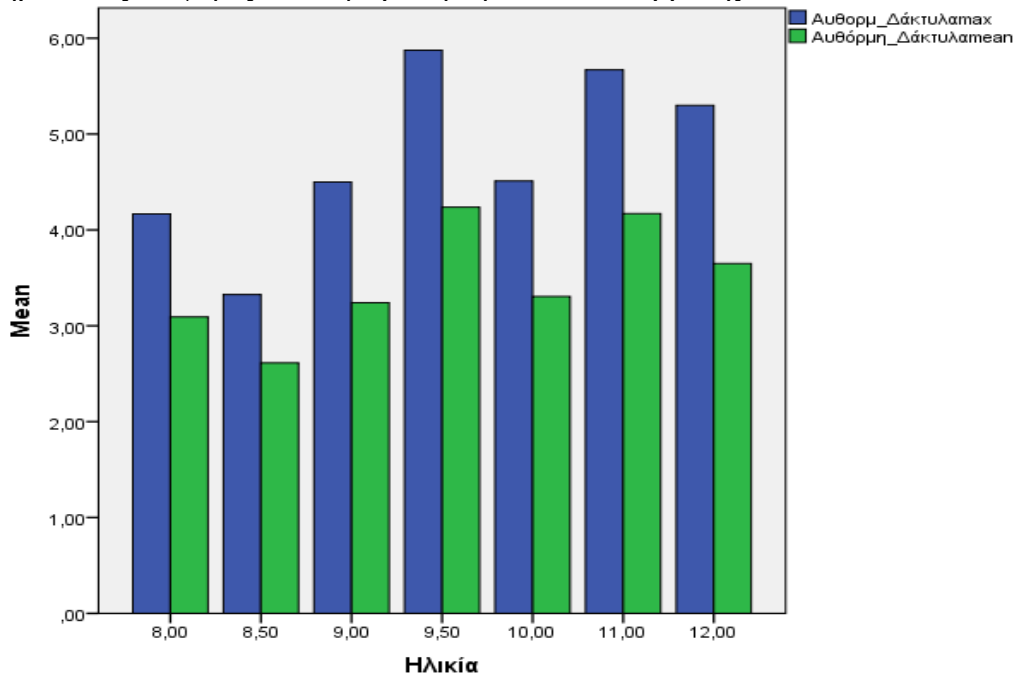
Δοκιμασίες		F	Στατιστική Σημαντικότ ητα
Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση min τιμή σε (V)	Between Groups	,080	,998
Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση max τιμή σε (V)	Between Groups	,371	,892
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε υπαγόρευση τιμή σε (V)	Between Groups	,230	,964
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση min τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,466	,829
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση max τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,865	,531
Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,603	,726
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε υπαγόρευση	Between Groups	1,512	,205
Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή min τιμή σε (V)	Between Groups	1,229	,317
Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή max τιμή σε (V)	Between Groups	,659	,683
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αντιγραφή τιμή σε (V)	Between Groups	,871	,527
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή min τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,392	,879
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή max τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,592	,734
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (V)	Between Groups	,506	,799
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αντιγραφή	Between Groups	1,337	,269
Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή min σε (V)	Between Groups	1,156	,353
Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή max σε (V)	Between Groups	2,303	0,051
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή σε (V)	Between Groups	2,289	,051
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή min (Kgr)	Between Groups	,584	,741
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή max τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,855	,538
Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,751	,613
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αυθόρμητη γραφή	Between Groups	1,650	,165
Συνολικές παραβιάσεις ορίου πάνω γραμμής και για τις τρεις δοκιμασίες	Between Groups	1,460	,222

Πίνακας 6. Παρουσίαση Μ.Ο. και Τ.Α. στις υποδοκιμασίες που εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάλογα με την ηλικία των συμμετεχόντων.

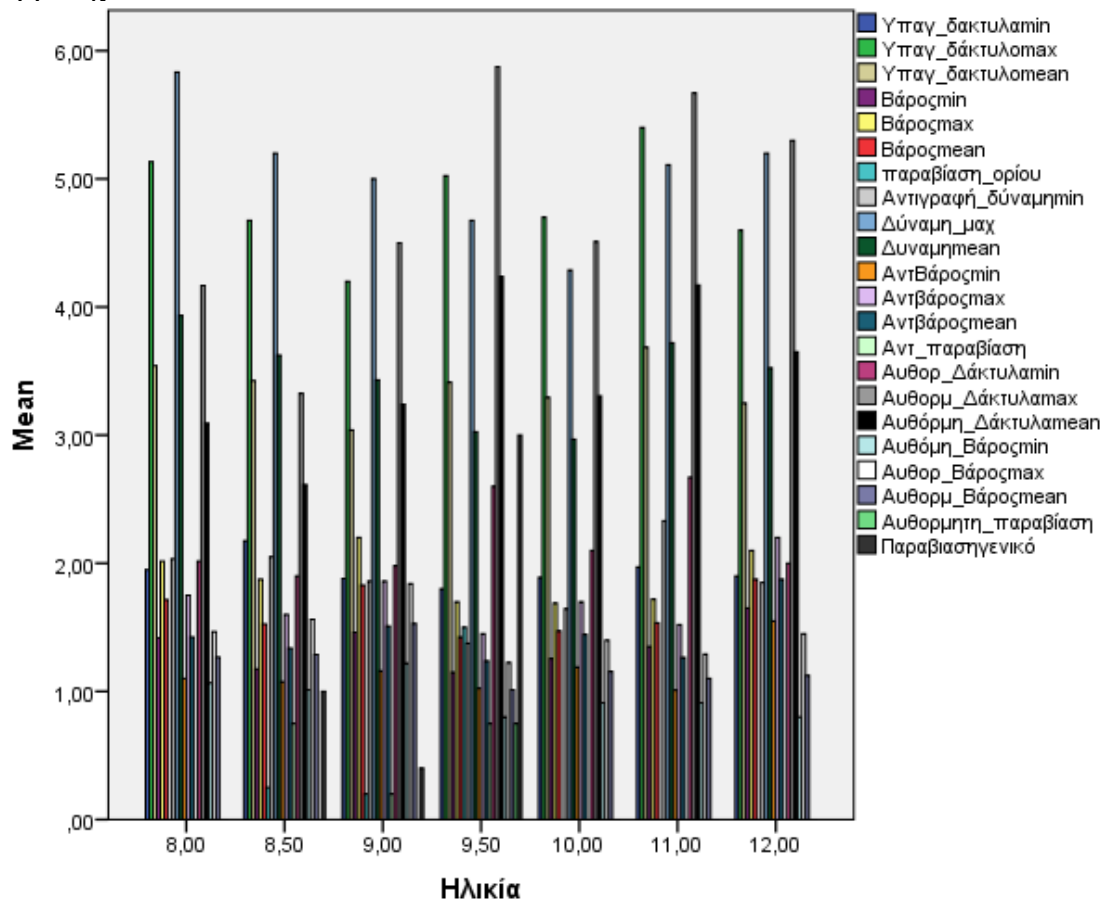
Ηλικία		Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή max σε (V)	Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή σε (V)
8,00	Μέσος όρος	4,1667	3,0917
	N	6	6
	Τυπικ. Απόκλιση	1,26912	,81143
8,50	Μέσος όρος	3,3250	2,6125
	N	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,80571	,66630
9,00	Μέσος όρος	4,5000	3,2400
	N	5	5
	Τυπικ. Απόκλιση	1,21861	,73007
9,50	Μέσος όρος	5,8750	4,2375
	N	4	4
	Τυπικ. Απόκλιση	,92871	,44230
10,00	Μέσος όρος	4,5111	3,3056
	N	9	9
	Τυπικ. Απόκλιση	1,53333	1,01902
11,00	Μέσος όρος	5,6700	4,1700
	N	10	10
	Τυπικ. Απόκλιση	1,55852	1,14993
12,00	Μέσος όρος	5,3000	3,6500
	N	2	2
	Τυπικ. Απόκλιση	,70711	,35355

Τα παιδιά ηλικίας 8,5 ετών παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική ($p < 0.05$) μικρότερη δύναμη ελέγχου της γραφίδας αναφορικά με την δοκιμασία αυθόρμητης γραφής σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες. Αντίθετα, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p > 0.05$) στις υπόλοιπες υποδοκιμασίες. Το γράφημα που ακολουθεί (Γράφημα 1) παρουσιάζει εύληπτα τη διαφορά στις επιδόσεις των συμμετεχόντων με βάση την ηλικία.

Γράφημα 1α. Παρουσίαση Μ.Ο. στις υποδοκιμασίες που εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάλογα με την ηλικία των συμμετεχόντων.



Γράφημα 1β. Παρουσίαση Μ.Ο. στις 22 υποδοκιμασίες ανάλογα με την ηλικία των συμμετεχόντων.



Περιγραφική στατιστική ανάλυση ακολουθήθηκε προκειμένου να παρουσιαστούν οι ανεξάρτητες μεταβλητές του δείγματος. Στους πίνακες που ακολουθούν (7α,7β,7γ,7δ,7ε,7ζ) παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις στην ανεξάρτητη μεταβλητή φύλο σε σχέση με την επίδοση των συμμετεχόντων στις 22 υποκατηγορίες. Επιπλέον, για την πιο εύληπτη κατανόηση του δείγματος ακολουθούν γραφήματα που επεξηγούν τα αναφερθέντα στους πίνακες.

Πίνακας 7α. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση το φύλο τους.

Φύλο		Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση min τιμή σε (V)	Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση max τιμή σε (V)	Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε υπαγόρευση τιμή σε (V)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση min τιμή σε (Kgr)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση max τιμή σε (Kgr)
αγόρι	Μέσος όρος	1,9400	4,7750	3,3575	1,3000	1,8550
	N	20	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,77419	1,84330	1,19255	,53900	,57718
Κορίτσι	Μέσος όρος	1,9350	5,0300	3,4825	1,3600	1,8450
	N	20	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,83368	1,27902	,90062	,34853	,45708

Πίνακας 7β. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση το φύλο τους.

Φύλο		Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση τιμή σε (Kgr)	Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε υπαγόρευση	Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή min τιμή σε (V)	Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή max τιμή σε (V)
αγόρι	Μέσος όρος	1,5775	,3500	1,8100	4,9150
	N	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,54350	1,34849	,71738	1,48405
Κορίτσι	Μέσος όρος	1,6025	,0500	2,0400	5,0650
	N	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,38130	,22361	,72866	1,56820

Πίνακας 7γ. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση το φύλο τους.

Φύλο		Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αντιγραφή τιμή σε (V)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή min τιμή σε (Kgr)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή max τιμή σε (Kgr)	Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή τιμή σε (Kgr)
αγόρι	Μέσος όρος	3,3625	1,1500	1,7950	1,4725
	N	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,98634	,60741	,71117	,63979
Κορίτσι	Μέσος όρος	3,5525	1,0850	1,5500	1,3175
	N	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,98388	,30655	,35615	,31593

Πίνακας 7δ. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση το φύλο τους.

Φύλο		Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αντιγραφή	Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή min σε (V)	Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή max σε (V)	Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή σε (V)
αγόρι	Μέσος όρος	,2000	2,0900	4,6700	3,3800
	N	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,69585	,59903	1,39891	,91499
Κορίτσι	Μέσος όρος	,1500	2,3900	4,9400	3,6650
	N	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,67082	,85588	1,56924	1,08762

Πίνακας 7ε. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση το φύλο τους.

Φύλο		Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή min (Kgr)	Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή max τιμή σε (Kgr)	Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (Kgr)	Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αυθόρμητη γραφή
αγόρι	Μέσος όρος	,9000	1,4700	1,1850	,1500
	N	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,41549	,41180	,39474	,67082
Κορίτσι	Μέσος όρος	1,0325	1,4075	1,2200	,0000
	N	20	20	20	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,39479	,57680	,47445	,00000

Πίνακας 7ζ. Μέσοι όροι και Τυπικές Αποκλίσεις των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 υποδοκιμασιών με βάση το φύλο τους.

Φύλο		Συνολικές παραβιάσεις ορίου πάνω γραμμής και για τις τρεις δοκιμασίες
αγόρι	Μέσος όρος	,7000
	N	20
	Τυπικ. Απόκλιση	2,69698
Κορίτσι	Μέσος όρος	,2000
	N	20
	Τυπικ. Απόκλιση	,89443

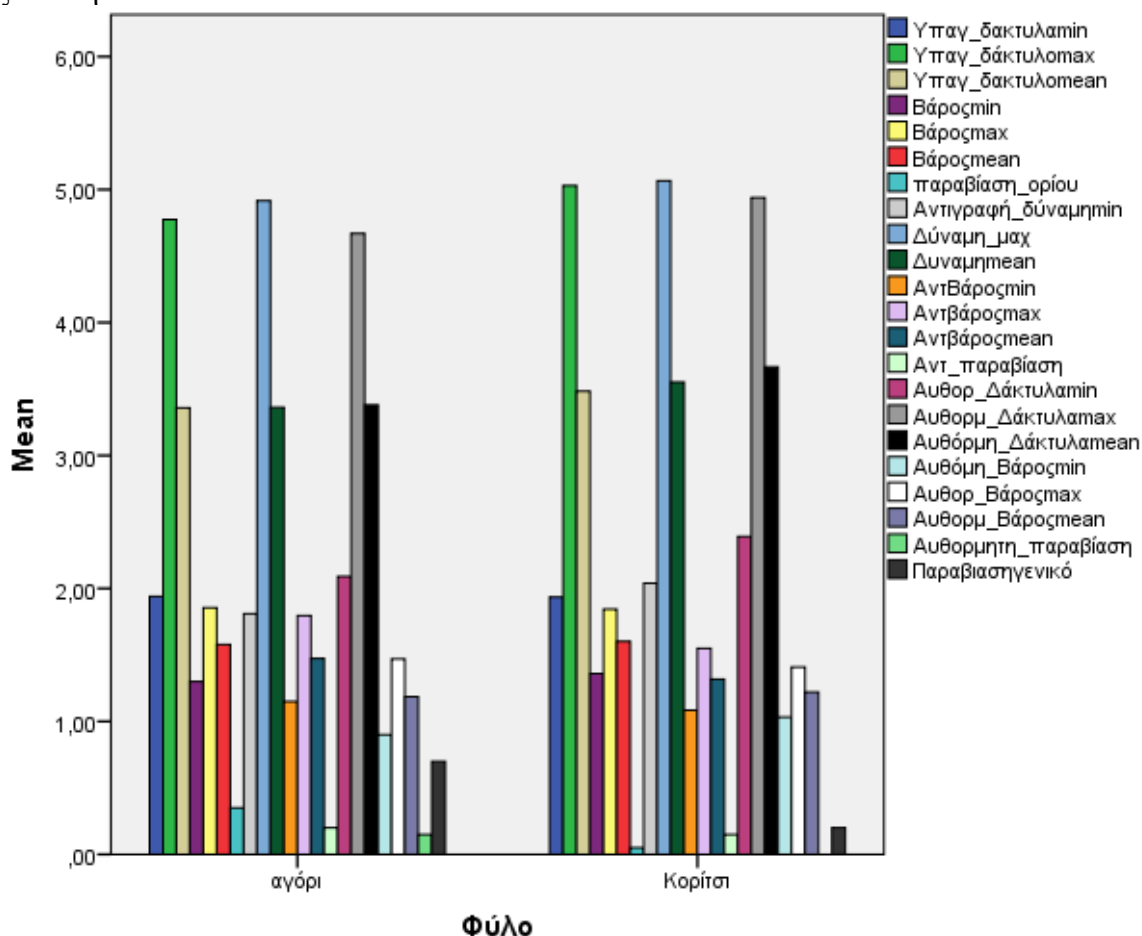
Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) πραγματοποιήθηκε με σκοπό τον εντοπισμό διαφορών στις εξαρτημένες μεταβλητές σε σύγκριση με την ανεξάρτητη μεταβλητή φύλο των συμμετεχόντων.

Πίνακας 8. Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων στις 22 υποδοκιμασίες ανάλογα με το φύλο των συμμετεχόντων.

Δοκιμασίες		F	Sig.
Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση min τιμή σε (V)	Between Groups	,000	,984
Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση max τιμή σε (V)	Between Groups	,258	,614
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε υπαγόρευση τιμή σε (V)	Between Groups	,140	,710
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση min τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,175	,678
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση max τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,004	,952
Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,028	,867
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε υπαγόρευση	Between Groups	,963	,333
Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή min τιμή σε (V)	Between Groups	1,012	,321
Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή max τιμή σε (V)	Between Groups	,097	,758
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αντιγραφή τιμή σε (V)	Between Groups	,372	,546
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή min τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,183	,672
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή max τιμή σε (Kgr)	Between Groups	1,898	,176
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (V)	Between Groups	,944	,337
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αντιγραφή	Between Groups	,054	,818
Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή min σε (V)	Between Groups	1,649	,207
Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή max σε (V)	Between Groups	,330	,569
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή σε (V)	Between Groups	,804	,376
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή min (Kgr)	Between Groups	1,069	,308
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή max τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,156	,696
Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (Kgr)	Between Groups	,064	,801
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αυθόρμητη γραφή	Between Groups	1,000	,324
Συνολικές παραβιάσεις ορίου πάνω γραμμής και για τις τρεις δοκιμασίες	Between Groups	,619	,436

Από την στατιστική ανάλυση προκύπτει το γεγονός ότι δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p>0.05$) με βάση το φύλο των συμμετεχόντων στο σύνολο των υποδοκιμασιών γραφής ($N=22$) που εξετάστηκαν. Το γεγονός αυτό παρουσιάζεται και στο Γράφημα 2 που ακολουθεί.

Γράφημα 2. Μέσοι όροι των συμμετεχόντων στο σύνολο των 22 δοκιμασιών γραφής που εξετάστηκαν.



Προκειμένου να εντοπιστεί ο βαθμός αξιοπιστίας των 22 υποδοκιμασιών της κλίμακας υπολογίστηκε ο βαθμός αξιοπιστίας Cronbach's alpha.

Πίνακας 9 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης αξιοπιστίας που πραγματοποιήθηκε για το σύνολο των υποδοκιμασιών.

Cronbach's Alpha	N of Items
,729	22

Τα αποτελέσματα είναι επαρκώς αξιόπιστα εφόσον $\alpha>0.070$.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση αξιοπιστίας σε κάθε μία από τις υποδοκιμασίες ξεχωριστά, προκειμένου να εντοπιστεί εάν κάποια θα μπορούσε να παραληφθεί εξαιτίας του γεγονότος ότι μειώνει τα αποτελέσματα αξιοπιστίας του συνόλου των υποδοκιμασιών.

Πίνακας 10. Ανάλυση αξιοπιστίας σε κάθε μία από τις υποδοκιμασίες ξεχωριστά.

Δοκιμασίες	Scale Variance if Item Deleted	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση min τιμή σε (V)	57,435	,707
Δύναμη δακτύλων σε υπαγόρευση max τιμή σε (V)	49,423	,691
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε υπαγόρευση τιμή σε (V)	52,971	,688
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση min τιμή σε (Kgr)	62,216	,726
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση max τιμή σε (Kgr)	62,249	,728
Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε υπαγόρευση τιμή σε (Kgr)	62,214	,727
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε υπαγόρευση	57,482	,713
Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή min τιμή σε (V)	58,171	,710
Δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή max τιμή σε (V)	56,649	,733
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αντιγραφή τιμή σε (V)	56,965	,711
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή min τιμή σε (Kgr)	64,109	,736
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή max τιμή σε (Kgr)	63,839	,737
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (V)	63,953	,736
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αντιγραφή	58,409	,710
Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή min σε (V)	57,973	,709
Δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή τιμή max σε (V)	54,483	,719
Μέσος όρος δύναμης δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή σε (V)	55,870	,705
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή min (Kgr)	61,689	,723
Δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή max τιμή σε (Kgr)	61,954	,726
Μέσος όρος δύναμης στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή τιμή σε (Kgr)	61,802	,724
Παραβίαση ορίου πάνω γραμμής σε αυθόρμητη γραφή	60,752	,719
Συνολικές παραβιάσεις ορίου πάνω γραμμής και για τις τρεις δοκιμασίες	51,729	,738

Η ανάλυση των εξαρτημένων μεταβλητών υποδεικνύει το γεγονός ότι η κάθε μία δοκιμασία εμφανίζεται επαρκώς αξιόπιστη. Μικρές διαφορές εντοπίζονται στις δοκιμασίες υπαγόρευση δακτύλων max και υπαγόρευση δακτύλων mean όπου το $\alpha=0.691$ και 0.688 αντίστοιχα γεγονός που τις χαρακτηρίζει οριακά αξιόπιστες. Αντίθετα οι υπόλοιπες 20 υποδοκιμασίες χαρακτηρίζονται επαρκώς αξιόπιστες μια και $\alpha>0.70$.

Συμπεράσματα

Κατασκευάστηκε ηλεκτρονικό εργαλείο ανίχνευσης της ικανότητας γραφής παιδιών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που αξιολογεί τη δύναμη των δακτύλων, τη δύναμη στην επιφάνεια γραφής, και την παραβίαση της πάνω γραμμής, στην αντιγραφή, καθ' υπαγόρευση και αυθόρμητη γραφή.

Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκαν σαράντα παιδιά τυπικής ανάπτυξης και ηλικίας 8 έως 12 ετών. Αναφορικά με την ηλικία από την αντίστοιχη στατιστική ανάλυση βρέθηκε ότι τα παιδιά ηλικίας 8,5 ετών παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική ($p < 0.05$) μικρότερη δύναμη ελέγχου της γραφίδας αναφορικά με την δοκιμασία αυθόρμητης γραφής σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες. Αντίθετα, δεν παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p > 0.05$) στις υπόλοιπες υποδοκιμασίες. Αναλυτικότερα τα παιδιά ηλικίας 11 ετών άσκησαν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη δύναμη δακτύλων στην καθ' υπαγόρευση γραφή (3,68) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες. Επιπλέον, τα παιδιά ηλικίας 12 ετών άσκησαν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη δύναμη στην επιφάνεια γραφής στην καθ' υπαγόρευση γραφή (1,87) και μεγαλύτερη δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή (1,87) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες. Τα παιδιά ηλικίας 8 ετών άσκησαν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή (3,93) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες. Επίσης, τα παιδιά ηλικίας 9 ετών άσκησαν μεγαλύτερη δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή (1,53) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι τα παιδιά ηλικίας 9,5 ετών άσκησαν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή (4,24) και παραβίασαν περισσότερες φορές (3,00) το όριο της πάνω γραμμής σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες και στις τρεις δοκιμασίες γραφής που αξιολογήθηκαν. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι επαληθεύεται μερικώς η πρώτη ερευνητική μας υπόθεση.

Αντίστοιχα στην στατιστική ανάλυση με χρήση της ανεξάρτητης μεταβλητής φύλο σε σύγκριση με τις είκοσι δύο υποδοκιμασίες δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ωστόσο τα κορίτσια άσκησαν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη δύναμη δακτύλων στην καθ' υπαγόρευση γραφή (3,48) σε σύγκριση με τα αγόρια (3,36). Επιπλέον, τα κορίτσια άσκησαν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη δύναμη στην επιφάνεια γραφής στην καθ' υπαγόρευση γραφή (1,60) σε σύγκριση με τα αγόρια (1,58). Τα αγόρια άσκησαν κατά

μέσο όρο μεγαλύτερη δύναμη δακτύλων σε αντιγραφή (3,55) σε σύγκριση με τα κορίτσια (3,36) και μεγαλύτερη δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αντιγραφή (1,47) σε σύγκριση με τα κορίτσια (1,31). Επίσης, τα κορίτσια άσκησαν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη δύναμη δακτύλων σε αυθόρμητη γραφή (3,66) σε σύγκριση με τα αγόρια (3,38) καθώς και μεγαλύτερη δύναμη στην επιφάνεια γραφής σε αυθόρμητη γραφή (1,22) σε σύγκριση με τα αγόρια (1,18). Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι τα αγόρια παραβίασαν περισσότερες φορές (0,70) το όριο της πάνω γραμμής σε σύγκριση με τα κορίτσια (0,20) και στις τρεις δοκιμασίες γραφής που αξιολογήθηκαν. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρόλο που δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά προέκυψαν διαφορές στους μέσους όρους των προαναφερθέντων δοκιμασιών γεγονός που επαληθεύει μερικώς τη δεύτερη ερευνητική μας υπόθεση.

Επιπλέον προκειμένου να εντοπιστεί ο βαθμός αξιοπιστίας των 22 υποδοκιμασιών της κλίμακας υπολογίστηκε ο βαθμός αξιοπιστίας Cronbach's alpha. Τα αποτελέσματα είναι επαρκώς αξιόπιστα εφόσον $\alpha > 0.070$ και συγκεκριμένα $\alpha = 0.729$. Ακόμα, πραγματοποιήθηκε ανάλυση αξιοπιστίας σε κάθε μία από τις υποδοκιμασίες ξεχωριστά, προκειμένου να εντοπιστεί εάν κάποια θα μπορούσε να παραληφθεί εξαιτίας του γεγονότος ότι μειώνει τα αποτελέσματα αξιοπιστίας του συνόλου των υποδοκιμασιών. Η ανάλυση των εξαρτημένων μεταβλητών υποδεικνύει το γεγονός ότι η κάθε μία δοκιμασία εμφανίζεται επαρκώς αξιόπιστη. Μικρές διαφορές εντοπίζονται στις δοκιμασίες υπαγόρευση δακτύλων max και υπαγόρευση δακτύλων mean όπου το $\alpha = 0.691$ και 0.688 αντίστοιχα γεγονός που τις χαρακτηρίζει οριακά αξιόπιστες. Αντίθετα οι υπόλοιπες 20 υποδοκιμασίες χαρακτηρίζονται επαρκώς αξιόπιστες μια και $\alpha > 0.70$

Χρησιμότητα

Η χρησιμότητα του συγκεκριμένου ερευνητικού πρωτοκόλλου έγκειται στο γεγονός ότι έγινε προσπάθεια να κατασκευαστεί μια συστοιχία δοκιμασιών ανίχνευσης της ικανότητας γραφής για μαθητές Α΄βάθμιας εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε η γραφίδα που αναλύθηκε παραπάνω καθώς και η επιφάνεια γραφής με σκοπό την παροχή αποτελεσμάτων σχετικά με τη δύναμη, βάρος και την διατήρηση της γραμμής χωρίς κόπο, ειδική προετοιμασία και λιγότερο χρόνο από αυτόν που απαιτούν οι δοκιμασίες που διεξάγονται με χαρτί και μολύβι. Η μετρήσεις της προαναφερθείσας κατασκευής παρέχουν την δυνατότητα στον αξιολογητή να επικεντρώνει την προσοχή του σε πιο εξειδικευμένες κινητικές δεξιότητες του παιδιού προκειμένου να καταρτίσει ένα πιο ολοκληρωμένο πρόγραμμα παρέμβασης. Βέβαια, στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι κανένα ηλεκτρονικό εργαλείο δεν μπορεί να αντικαταστήσει τη διεπιστημονική ομάδα που ως στόχο της έχει την διάγνωση της ικανότητας γραφής του εξεταζόμενου και την παροχή του κατάλληλου προγράμματος αποκατάστασης. Ωστόσο, μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο πρώτης ανίχνευσης και παραπομπής του παιδιού στις αντίστοιχες υπηρεσίες του Υπουργείου Παιδείας που ως στόχο τους έχουν τη διάγνωση. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί το γεγονός ότι πριν την γενίκευση των αποτελεσμάτων του παρόντος ερευνητικού πρωτοκόλλου στο γενικό πληθυσμό κρίνεται αναγκαίο να αξιολογηθούν περισσότερα άτομα προκειμένου να συλλεχθούν ασφαλέστερα αποτελέσματα εγκυρότητας και αξιοπιστίας του προαναφερθέντος ηλεκτρονικού εργαλείου ανίχνευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- Abbott, R.D., & Berninger, V.W. (1993). Structural equation modelling of relationships among developmental skills and writing skills in primary – and intermediate-grade writers. *Journal of educational psychology*, 85(3), 478-508.
- Akhutina, T. (2002). *A.R. Luria approach to prevention and remediation of writing difficulties*. ISCRAT Congress Amsterdam.
- Altemeier, A.E., Abbott, R.D., & Berninger, V.W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(5), 588-606.
- Altemeier, L., Jones, J., Abbott, R.D., & Berninger, V.W. (2006). Executive functions in becoming writing readers and reading writers: Note taking and report writing in third and fifth graders. *Developmental Neuropsychology*, 29(1), 161-173.
- Atherton, M. (2005). *Applying the neurosciences to educational research: can cognitive neuroscience bridge the gap?* part I. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Montreal, Canada.
- Behan, P., & Geschwind, N. (1985). Dyslexia, congenital anomalies, and immune disorders: The role of the fetal environment. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 457, 13-18.
- Behrmann, M., & Bub, D. (1992). Surface dyslexia and dysgraphia: dual routes, single lexicon. *Cognitive Neuropsychology*, 9(3), 209-251.
- Behrmann, M., & Bud, B. (1992). Surface dyslexia and dysgraphia: Dual routes, single lexicon. *Cognitive Neuropsychology*, 9, 209-251.
- Bereiter, C., Burtis, P.J., & Scardamalia, M. (1988). Cognitive operations in constructing main points in written composition. *Journal of memory and language*, 27, 261-278.
- Berninger, V., Yates, C., Cartwright, A., Rutberg, J., Remy, E., & Abbott, R. (1992). Lower-level developmental skills in beginning writing. *Reading and writing: An interdisciplinary journal*, 4, 257-280.
- Berninger, V.W. (2009). Highlights of programmatic, interdisciplinary research on writing. *Learn Disabil Res Pract*, 24(2), 69-80.
- Berninger, V.W., Abbott, R.D., Abbott, S.P., Graham, S., & Richards, T. (2002). Writing and reading: Connections between language by hand and language by eye. *Journal of learning disabilities*, 35(1), 39-56.

- Berninger, V.W., & Abbott, R.D. (2010). Listening comprehension, oral expression, reading comprehension, and written expression: Related yet unique language systems in grades 1,3,5, and 7. *Journal of educational psychology*, 102(3), 635-651.
- Berninger, V.W. & Corina, D.(1998). Making cognitive neuroscience educationally relevant: creating bidirectional collaborations between educational psychology and cognitive neuroscience. *Educational Psychology Review*, 10(3), 343-354.
- Berninger, V.W., Nielsen, K.H., Abbott, R.D., Wijsman, E., & Raskind, W. (2008). Gender differences in severity of writing and reading disabilities, *Journal of School Psychology*, 46, 151-172.
- Berninger, V.W., & Fuller, F. (1992). Gender differences in orthographic, verbal, and compositional fluency: Implications for assessing writing disabilities in primary grade children. *Journal of School Psychology*, 30, 363-382.
- Berninger, V.W., & Richards, T.L. (2002). *Brain literacy for educators and psychologists*. San Diego: Elsevier.
- Berninger, V.W., Winn, W.D., Stock, P., Abbott, R.D., Eschen, K., Lin, S-J., Garcia, N., Anderson-Youngstrom, M., Murphy, H., Lovitt, D., Trivedi, P., Jones, J., Amtmann, D., & Nagy, G. (2008). Tier 3 specialized writing instruction for students with dyslexia. *Read Writ*, 21, 95-129.
- Blackmore, S.J., & Frith, U. (2006). *The learning brain. Lessons for education*. UK: Blackwell.
- Boden, C., & Giaschi D. (2007). M-stream deficits and reading-related visual processes in developmental dyslexia. *Psychological Bulletin*, 133, 346-366.
- Byrnes, J.P., & Fox, N.A. (1998). The educational relevance of research in cognitive neuroscience. *Educational Psychology Review*, 10, 297-342.
- Casey, T., & Ettliger, G. (1960). The occasional "independence" of dyslexia and dysgraphia from dysphasia. *J Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 23, 228-236.
- Castles, A., & Coltheart, M. (1993). Varieties of developmental dyslexia. *Cognition*, 47, 149-180.
- Cholewa, J., Mantey, S., Heber, S., & Hollweg, W. (2010). Developmental surface and phonological dysgraphia in German 3rd graders. *Read Writ*, 23, 97-127.
- Churchland P. (1986). *Neurophilosophy: Towards a unified science of the mind-brain*. Cambridge Massachusetts.

- Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., & Salmon, E. (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Human Brain Mapping*, 25, 409-423.
- Cubeli, R., & Lupi, G. (1999). Afferent dysgraphia and the role of vision in handwriting. *Visual cognition*, 6(2), 113-128.
- Denckla, M.B. (1996). A theory and model of executive function. In G.R. Lyon & N.A. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory, and executive function* (pp. 263-278). Baltimore: Brookes.
- Duane, D.D. (1991). Biological Foundations of learning disabilities. In J.E. Obzrut & G.W. Hynd (Eds.) *Neuropsychological foundations of learning Disabilities. A Handbook of issues, methods, and practice.*, pp. 7-27, U.K.: Academic Press, Inc.
- Eden, G.F., Van Meter, W., Rumsey, M., Maisog, M., Woods, R.P., & Zeffiro, T.A. (1996). Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging. *Nature*, 382, 66-69.
- Ellis, A.W. (1993). *Reading, Writing and Dyslexia, A cognitive analysis*, U.K.: LER.
- Engel-Yeger, B., Nagauker, L., & Rosenblum, S. (2009). Handwriting performance, self reports, and perceived self efficacy among children with dysgraphia. *American journal of occupational therapy*, 63,182-192.
- Fischer, K.W. (2009). Mind, Brain and Education: building a scientific groundwork for learning and teaching. *Mind, Brain and Education*, 3(1), 1-14.
- Fletcher, J.M., Lyon, G.R., Fuchs, L.S., & Barnes, M.A. (2007). *Learning Disabilities: From identification to intervention*, N.Y.: The Guilford Press.
- Folk, J.R., Rapp, B., & Goldrick, M. (2002). The interaction of lexical and sublexical information in spelling: What' s the point? *Cognitive Neuropsychology*, 19(7), 653-671.
- Galaburda A., & Livingstone, M. (1993). Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 682, 70-82.
- Galaburda, A.M., Kemper, T.L., Rosen, G.D. (1979). Cytoarchitectonic abnormalities in developmental dyslexia: A case study. *Annals of Neurology*, 6, 94-100.
- Galaburda, A.M., Menard, M.T., & Rosen, G.D. (1994). Evidence for aberrant auditory anatomy in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United states of America*, 91, 8010-8013.
- Galaburda, A.M., Sherman, G.F., Rosen, G.D., Aboitiz, F., & Geschwind, N. (1985). Developmental dyslexia: Four consecutive patients with cortical anomalies. *Annals of Neurology*, 18, 222-233.

- Graham, S., Berninger, V.W., Abbott, R.D., Abbott, S.P., Whitaker, D. (1997). Role of mechanics in composing of elementary school students: A new methodological approach, *Journal of educational psychology*, 89 (1), 170-182.
- Graham, S., Harris, K., & Olinghouse, N. (2007). Addressing executive function problem in writing. An example from the self regulated strategy development model. In L., Meltzer (Ed.), *Executive function in education. From theory to practice.* (pp.216-236). N.Y.: The Guilford Press.
- Grudin, J. (1983). Non-hierarchic specification of components in transcription typewriting. *Acta Psychologica*, 54, 249-262.
- Gubbay, S.S., & de Klerk, N.H. (1995). A study and review of developmental dysgraphia in relation to acquired dysgraphia. *Brain and Development*, 17, 1-8.
- Hammilton, A.C., & Coslett, H.B. (2007). Impairment in writing, but not reading, morphologically complex words. *Neuropsychologia*, 45, 1586-1590.
- Hayes, J.R., & Flower, L.S. (1986). Writing research and the writer. *American Psychologist*, 41(10), 1106-1113.
- Hayes, J.R., & Flower, L.S. (1987). On the structure of the writing process. *Topics in language disorders*, 7(4), 19-30.
- Hillis, A.E. (2004). Progress in cognitive neuroscience research on dysgraphia: Introduction. *Neurocase*, 10(2), 89-90.
- Hooper, S.R. (2002). The language of written language: An introduction to the special issue. *Journal of learning disabilities*, 35(1), 2-6.
- Hooper, S.R., Swartz, C.W., Wakely, M.B., R.L.E., de Kruif, Montgomery, J.W. (2002). Executive functions in elementary school children with and without problems in written expression. *Journal of Learning Disabilities*, 35, 57-68.
- Jenkins, I.H., Brooks, D.J., Nixon, P.D., Frackowiak, R.S.J. & Passingham, R.E. (1994). Motor sequence learning: A study with positron emission tomography, *The Journal of Neuroscience*, 14(6), 3775-3790.
- Kaplan, B.J., Dewey, D.M., Crawford, S.G., & Wilson, B.N. (2001). The term commorbidity is of questionable value in reference to developmental disorders: data and theory. *Journal of Learning Disabilities*, 34, 555-565.
- Karapetsas, A., & Vlachos, F., (1997) Sex and handedness in development in visuomotor skills, *Perceptual and Motor Skills* 85, 131-140.
- Katanoda, K., Yoshikawa, K., & Sugishita M. (2001). A functional MRI study on the neural substrates of writing. *Human Brain Mapping*, 13, 34-42.

- Katusic, S.K., Colligan, R.C., Weaver, A.L., & Barbaresi, W.J. (2009). The forgotten learning disability: Epidemiology of written-language disorder in a population-based birth cohort (1976 – 1982), Rochester, Minnesota. *Pediatrics*, 123, 1306-1313.
- Katzir, T., & Paré-Blagoev, J. (2006). Applying cognitive neuroscience research to education: the case of literacy. *Educational Psychologist*, 41(1), 53-74.
- Kellogg, R.T. (2008). Training writing skills: cognitive developmental perspective. *Journal of writing research*, 1(1), 1-26.
- Kellogg, R.T., Olive, T., & Piolat, A. (2007). Verbal, visual, and spatial working memory in written language production. *Acta Psychologica*, 124, 382-397.
- Kohnen, S., Nickels, L., Brundson, R., & Coltheart, M. (2008). Patterns of generalisation after treating sub-lexical spelling deficits in a child with mixed dysgraphia. *Journal of Research in Reading*, 31(1), 157-177.
- Kutas, M., McCarthy, G., & Donchin, E. (1977). Augmenting mental chronometry: the P300 as a measure of stimulus evaluation. *Science*, 197, 792-795.
- Lennox, C., & Siegel, L.S. (1996). The development of phonological rules and visual strategies in average and poor spellers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 62, 60-83.
- Livingstone, M.S., Rosen, G.D., Drislane, F.W., & Galaburda, A.M. (1991). Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 88, 7943-7947.
- Mather, D.S. (2003). Dyslexia and dysgraphia: More than written language difficulties in common. *Journal of learning disabilities*, 36(4), 307-317.
- Marien, P., Pickut, B.A., Engelborghs, S., Martin, J.J., & De Deyn, P.P. (2000). Phonological agraphia following a focal anterior insulo-opercular infarction. *Neuropsychologia*, 39, 845-855.
- McCutchen, D. (1986). Domain knowledge and linguistic knowledge in the development of writing ability. *Journal of memory and language*, 25, 431-444.
- Meltzer, L. (2007). *Executive function in education. From theory to practice*, N.Y.: The Guilford Press.
- Miceli, G., & Capasso, R. (2006). Spelling and dysgraphia. *Cognitive Neuropsychology*, 23(1), 110-134.
- Molfese, D.L., Molfese, V.J. & Kelly S. (2001). The use of brain electrophysiology techniques to study language: A basic guide for the beginning consumer of electrophysiology information. *Learning Disability Quarterly*, 24, 177-188.

- Nicolson, R.I., & Fawcett, A.J. (2009). Dyslexia, dysgraphia, procedural learning and the cerebellum. *Cortex*, XXX, I-II.
- Nicolson, R., Fawcett, A.J., Berry, E.L., Jenkins, I.H. et al. (1999). Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *The Lancet*, 353, 1662-1667.
- Nihei, Y. (1983). Developmental change in covert principles for the organisation of strokes in drawing and handwriting. *Acta Psychologica*, 54, 221-232.
- Nimmo-Smith, I. (1991). The control of pen pressure in handwriting: A subtle point. *Human Movement Science*, 10, 223-246.
- O' Hare, A.E., & Brown, J.K. (1989a). Childhood Dysgraphia. Part 1. An illustrated clinical classification. *Child: care, health and development*, 15, 79-104.
- O' Hare, A.E., & Brown, J.K. (1989b). Childhood Dysgraphia. Part 2. A study of hand function. *Child: care, health and development*, 15, 151-166.
- Osterrieth, P.A. (1944). Le teste de copie d' une figure complexe: Contribution a l' etude de la perception et encephalopathic tramatique. *Archives de Psychologie*, 30, 206-256.
- Petkov, C.I., O'Connor, K.N., Benmoshe, G., Baynes, K., & Sutter, M.L. (2005). Auditory perceptual grouping and attention in dyslexia. *Cognitive Brain Research* 24, 343-354.
- Polich, J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118, 2128-2148.
- Richards, T.L., Berninger, V.W., Stock, P., Altemeier, L., Trivedi, P. & Maravilla, K. (2009). Functional magnetic resonance imaging sequential-finger movement activation differentiating good and poor writers. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 31(8), 967-983.
- Romani, C., Ward, J., & Olson, A. (1999). Developmental surface dysgraphia: What is the underlying cognitive impairment? *The Quarterly journal of experimental psychology*, 52A(1), 97-128.
- Sandler, A.D., Watson, T.E., Footo, M., Levine, M, D., Coleman, W.L., & Hooper, S.R. (1992). *Developmental and behavioural pediatrics*, 13(1), 17-23.
- Rosenblum, S., Aloni, T., & Josman, N. (2010). Relationships between handwriting performance and organizational abilities among children with and without dysgraphia: A preliminary study. *Research in Developmental Disabilities*, 31, 502-509.
- Rosenblum, S., Weiss, P.L., & Parush, S. (2004). Handwriting evaluation for developmental dysgraphia: process versus product. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 17, 433-458.

- Saviour, P., & Ramachandra, N.B. (2006). Biological basis of dyslexia: A maturing perspective, *Current Science*, 90, no. 2.
- Shanahan, T., & Lomax, R.G. (1986). An analysis and comparison of theoretical models of the reading-writing relationship. *Journal of educational psychology*, 78(2), 116-123.
- Skottun, B.C. (2000) The magnocellular deficit theory of dyslexia: the evidence from contrast sensitivity, *Vision Research* 40, 111–127.
- Smits-Engelsman, B.C.M., & Van Galen G. (1997). Dysgraphia in children: Lasting psychomotor deficiency or transient developmental delay? *Journal of experimental child psychology*, 67, 164-184.
- Smyth, M.M., & Silvers, G. (1987). Functions of vision in the control of handwriting. *Acta psychologica*, 65, 47-64.
- Snowling, M., Bryant, D.E., & Hulme, C. (1996). Theoretical and methodological pitfalls in making comparisons between developmental and acquired dyslexia: Some comments on Castles & Coltheart. *Reading and Writing*, 8, 443-451.
- Sperling, A.J., Lu, Z., Manis, F.R., & Seidenberg, M.S. (2003). Selective magnocellular deficits in dyslexia: a phantom contour study. *Neuropsychologia*, 41, 1422–1429.
- Stein, N.L. (1983). On the goals, functions, and knowledge of reading and writing. *Contemporary educational psychology*, 8, 261-292.
- Suen, C.U. (1983). Handwriting generation, perception and recognition. *Acta Psychologica*, 54, 295-312.
- Temple, C.M. (1985). Developmental surface dysgraphia: A case report. *Applied Psycholinguistics*, 6, 391-406.
- Teulings, H.-L., & Maarse, F.J. (1984). Digital recording and processing of handwriting movements. *Human Movement Science*, 3, 193-217.
- Van Doorn, R.R.A., & Keuss, P.J.G. (1993). Does the production of letter strokes in hand writing benefit from vision? *Acta Psychologica*, 82, 275-290.
- Van Galen, G.P. (1991). Handwriting: Issues for a psychomotor theory. *Human Movement Science*, 10, 165-191.
- Van Mier, H., Tempel, L.W., Perlmuter, J.S., Raichle, M.E. & Petersen, S.E. (1998). Changes in brain activity during motor learning measured with PET: Effects of hand of performance and practice. *Journal of Neurophysiology*, 80, 2177-2199.
- Ward, J. (2003). Understanding oral spelling: A review and synthesis. *Neurocase*, 9(1), 1-14.
- Warrington, E.K., & Langdon, D. (1994). Spelling dyslexia: a deficit of the visual word-form. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 57(21), 211-216.

- Wolf, M., & Bowers, P.G. (1999). The double-deficit hypothesis for the developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, 91, 415-438.
- Zoccolotti, P., & Friedmann (2010). From dyslexia to dyslexias, from dysgraphia to dysgraphias, from a cause to causes: A look at current research on developmental dyslexia and dysgraphia. *Cortex*, 46, 1211-1215.
- Zygouris, N. C., Avramidis, E., Karapetsas, A. V., & Stamoulis, G. I. (2017). Differences in dyslexic students before and after a remediation program: A clinical neuropsychological and event related potential study. *Applied Neuropsychology: Child*, 1-10.
- Zygouris, N. C., Vlachos, F., Dadaliaris, A. N., Oikonomou, P., Stamoulis, G. I., Vavougiou, D., ... & Striftou, A. (2016, September). The implementation of a web application for screening children with dyslexia. In *International Conference on Interactive Collaborative Learning* (pp. 415-423). Springer, Cham.
- Zygouris, N. C., Stamoulis, G. I., Vlachos, F., Vavougiou, D., Dadaliaris, A. N., Nerantzaki, E., ... & Striftou, A. (2017, April). Screening for Disorders of Mathematics via a web application. In *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 502-507). IEEE.

Ελληνόγλωσση

- Βλάχος, Φ. (1998). *Αριστεροχειρία, μύθοι και πραγματικότητα*, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Βλάχος, Φ. (2008). *Ψυχοβιολογικές προσεγγίσεις των διαταραχών της μάθησης*, Βόλος: Εκδ. Παν/μίου Θεσσαλίας.
- Βλάχος, Φ., Καραπέτσας, Α.Β. & Βαΐτσης, Κ. (2004). Η χρήση των οπτικών προκλητών δυναμικών στη διερεύνηση της δυσγραφίας στα παιδιά. *Ψυχολογία*. 11(2), 229-241.
- Γέωργας, Δ., Παρασκευόπουλος, Ι., Μπεζεβέγκης, Η., & Γιαννίτσας, Ν. (1997). *Ελληνικό WISC-III: Οδηγός Εξεταστή*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Καραπέτσας, Α.Β. (1988). *Νευροψυχολογία του αναπτυσσόμενου ανθρώπου*, Αθήνα: Σμυρνιωτάκης.
- Καραπέτσας, Α.Β. (2008). *Κλινική Νευροψυχολογία του Παιδιού*, Βόλος: Εκδ. Παν/μίου Θεσσαλίας.
- Καραπέτσας, Α.Β. & Ζυγούρης Ν.Χ. (2011). Τα Γνωστικά Προκλητά Δυναμικά ως μέθοδος αξιολόγησης στην Κλινική Νευροψυχολογία. Σε Α.Β. Καραπέτσα (επιμ.), *Σύγχρονα Θέματα Νευροψυχολογίας. Πρώιμη ανίχνευση, αξιολόγηση και παρέμβαση* (σσ. 83-132), Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.
- Μαριδάκη-Κασσωτάκη, Α. (2005). *Δυσκολίες μάθησης: ψυχοπαιδαγωγική προσέγγιση*, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Παντελιάδου, Σ. (2000). *Μαθησιακές δυσκολίες και εκπαιδευτική πράξη. Τι και γιατί*; Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Παντελιάδου, Σ., & Πατσιοδήμου, Α. (2007). *Εφαρμογές διδακτικής αξιολόγησης και μαθησιακές δυσκολίες*. Εκδόσεις: Γράφημα, Θεσσαλονίκη.
- Παντίδης, Σ., Πασιάς, Γ. (2004). *Ευρωπαϊκή διάσταση στην εκπαίδευση, τ. Α'*, Αθήνα: Gutenberg.
- Αντωνίου, Φ. (2008). Ενίσχυση του γραπτού λόγου. Σε Σ. Παντελιάδου, Αντωνίου, Φ. (επιμ.). *Διδακτικές προσεγγίσεις και πρακτικές για μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες* (σσ. 49-56), Εκδόσεις: Γράφημα, Θεσσαλονίκη.
- Ζυγούρης, Ν.Χ. (2017) *Σύντομη Ιστορική Προσέγγιση της Κλινικής Νευροψυχολογίας: Η περίπτωση της Δυσγραφίας*. Ρήγα, Α.Β. & Ζυγούρης, Ν.Χ. (επιμ.). *Ψυχοκοινωνικές – Κλινικές & Νευροψυχολογικές Παρεμβάσεις σε Άτομα και Ομάδες με Ειδικές Ανάγκες*. Θεωρία – Έρευνα – Εφαρμογές, Gutenberg, Αθήνα σελ. 74-82.
- Elliott, S.N., Kratochwill, T.R., Cook, J.L., & Travers, J.F. (2008). *Εκπαιδευτική ψυχολογία. Αποτελεσματική διδασκαλία, αποτελεσματική μάθηση*. Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.

Frith, U. (1999). *Αυτισμός*. Εκδόσεις: Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Kandel, E.R., Schwartz, J.H., & Jessell, T.M. (2009). *Νευροεπιστήμη και Συμπεριφορά*,
Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Ηλεκτρονική

http://tccc.iesl.forth.gr/education/local/Physics_I/Chapter4_gr.pdf την 30 -10 -2019.

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CF%8D%CE%BD%CE%B1%CE%BC%CE%B7>
την 30 -10 -2019.

<https://docplayer.gr/20945922-Kefalaio-2-piesi-paramorfosi.html> την 31-10-2019.

<https://www.omega.co.uk/prodinfo/StrainGauges.html> την 31-10-2019.

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells> την 31-10-2019.

<https://grobotronics.com/force-sensitive-resistor-0.5.html> την 20-11-2019.