# Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΠΟΛΥΓΛΩΣΣΟΥΣ ΕΝΗΛΙΚΕΣ

Function of working memory in polyglot/multilingual adults

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΝΕΥΡΟΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

# Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΜΝΗΜΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΠΟΛΥΓΛΩΣΣΟΥΣ ΕΝΗΛΙΚΕΣ

Μαρία Καραθάνου

Τριμελής επιτροπή: Μασούρα Ελβίρα (επιβλέπουσα καθηγήτρια)

Κοσμίδου Μαρία-Ελένη

Παπαθεοδωρόπουλος Κωνσταντίνος

UNIVERSITY OF MACEDONIA

DEPARTMENT OF EDUCATIONAL AND SOCIAL POLICY

GRADUATE PROGRAM

NEUROSCIENCE AND EDUCATION

Master Thesis

# FUNCTION OF WORKING MEMORY IN POLYGLOT/MULTILINGUAL ADULTS

Maria Karathanou

Examining committee: Elvira Masoura (Supervisor)

Kosmidis Maria-Eleni

Papatheodoropoulos Konstantinos

# Περιεχόμενα

I. Περίληψη.....6

II. Ευχαριστίες.....7

III. Εισαγωγή
*Ερωτήματα/Υποθέσεις*.....8
*Ιστορική αναδρομή*.....9

# Μέρος Πρώτο

I. Μνήμη εργασίας.....12
*Φωνολογικό Κύκλωμα*.....*13*
*Οπτικοχωρικό Σημειωματάριο*.....*14*
*Κεντρικός Επεξεργαστής*.....*15*
*Διαχειριστής Επεισοδίων*.....*16*

II. Χωρητικότητα της μνήμης εργασίας.....18

III. Οπτικοχωρική μνήμη εργασίας και αναστολή της επιστροφής.....22

IV. Προσοχή και Μνήμη Εργασίας.....24

V. Μηχανισμός* της Λήθης.....25

VI. Νευρωνικές δομές της μνήμης εργασίας.....29

VII. Γνωστικά Μοντέλα για τη Μνήμη Εργασίας.....32

# Μέρος Δεύτερο

I. Εκμάθηση ξένης γλώσσας.....37

II. Ευχέρεια στην ξένη γλώσσα.....38

III. Νευρωνικές Βάσεις Της Γλωσσικής Λειτουργίας.....40

IV. Επίδραση της διγλωσσίας στη λειτουργία της μνήμης εργασίας.....45

V. Συμβολή της μνήμης εργασίας στην εκμάθηση της νέας γλώσσας.....48

VI. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για τη μνήμη εργασίας στη διγλωσσία..51

# Ερευνητικό Μέρος

I. Ερευνητική υπόθεση.....55

I. Μέθοδος.....56
*Συμμετέχοντες*.....*56*
*Έργα/Υλικό*.....*57*
*Διαδικασία*.....*58*

III. Αποτελέσματα.....60

IV. Συζήτηση.....62

V. Σημειώσεις.....75

VI. Παράρτημα.....77

Βιβλιογραφία

# Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί εάν η χρήση πολλών ξένων γλωσσών επηρεάζει ενισχυτικά τη λειτουργία της μνήμης εργασίας. Πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι η χρήση πολλών διαφορετικών φωνολογικών συστημάτων δρα ως φυσικό εργαστήριο για τη μνήμη και με αυτόν τον τρόπο την ενισχύει. Στην έρευνα πήραν μέρος πολύγλωσσοι φοιτητές από το τμήμα βαλκανικών, σλαβικών και ανατολικών σπουδών από το Πανεπιστήμιο Μακεδονίας ως πειραματική ομάδα. Ως ομάδα ελέγχου συμμετείχαν νέοι που μιλούν έως δύο γλώσσες χωρίς ευρύτερη χρήση ή γνώση των γλωσσών αυτών. Τα έργα που χρησιμοποιήθηκαν για να εκτιμηθεί η μνήμη εργασίας στους πολύγλωσσους και μονόγλωσσους ενήλικες που πήραν μέρος στην έρευνα ήταν η αντίστροφη ανάκληση θέσης κύβων και η αντίστροφη ανάκληση αριθμήσεων, στα οποία υποβλήθηκαν οι πολύγλωσσοι φοιτητές από το τμήμα βαλκανικών, σλαβικών και ανατολικών σπουδών από το Πανεπιστήμιο Μακεδονίας ως πειραματική ομάδα και οι συνομήλικοι τυπικοί ενήλικες ως ομάδα ελέγχου.

The purpose of the present study dissertation was to probe if the learning of many languages affects reinforcing the function of working memory. The use and the processing of multiple as well as dissimilar phonological systems act as a natural laboratory for memory, which is reinforced by this way. The tasks, which was employed to evaluate working memory function, were the Backwards Block Recall and the Backwards Digit Recall. Polyglot students from the Department of Balkan, Slav, and Eastern studies of the University of Macedonia constituted the experimental group. Young adults who were talking unto two languages without expertise constituted the control group. Both of these groups were undergone to aforementioned tasks.

Λέξεις - Κλειδιά: μνήμη εργασίας, πολύγλωσσοι, εκμάθηση ξένης γλώσσας, working memory, polyglot, multilingual, foreign language learning

# Ευχαριστίες

Ένα δημιουργικό και συνάμα κοπιαστικό διάστημα έρχεται στο τέλος του με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, η οποία είναι αποτέλεσμα εκτενούς αναζήτησης και έρευνας. Έχω την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους μοιράστηκαν την ανησυχία μου και πίστεψαν στο εγχείρημα που επιδίωξα.

Αρχικά, θα ήθελα να απευθύνω θερμές ευχαριστίες στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα. Ελβίρα Μασούρα, για την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Ακόμη, η συμβολή της στην εκπόνηση της παρούσας ερευνητικής εργασίας ήταν κάθε άλλο παρά αμελητέα, παρέχοντάς μου ουσιαστική βοήθεια και μεταδίδοντάς μου τις γνώσεις της.

Επίσης, να ευχαριστήσω τον κ. Τριάρχου, που εμπνεύστηκε και δημιούργησε το μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Νευροεπιστήμη στην εκπαίδευση». Ακόμη, να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και τις καθηγήτριες του μεταπτυχιακού προγράμματος «Νευροεπιστήμη στην εκπαίδευση», ο καθένας διακεκριμένος στο αντικείμενό του. Συγκεκριμένα, να αναφερθώ στην κα. Κοσμίδου και τον κ. Παπαθεοδωρόπουλο που με τίμησαν με τη συμμετοχή τους στην τριμελή επιτροπή. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμφοιτητές μου, που διανύσαμε αυτό το διάστημα των δύο ετών και η διαφορετικότητά μας συνέβαλλε στην εποικοδομητική συζήτηση.

Δε μπορώ να μην αναφερθώ στην οικογένεια μου, που στέκονται δίπλα μου αγόγγυστα και στηρίζουν ηθικά την ακαδημαϊκή πορεία μου, γνωρίζοντας τα όνειρα και τις προσδοκίες μου. Εξίσου σημαντικά άτομα για μένα, είναι οι φίλες μου, με τις οποίες μοιραζόμαστε τις ίδιες ανησυχίες και όνειρα για το μέλλον και είχα την ηθική τους στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Τους ευχαριστώ όλους από καρδιάς.

Τέλος, εξέχουσα θέση στην έρευνα μου είχαν οι συμμετέχοντες, που χωρίς εκείνους δε θα είχα καταφέρει να την ολοκληρώσω, αλλά και οι καθηγητές των τμημάτων βαλκανικών, σλαβικών και ανατολικών σπουδών και εκπαιδευτικής και κοινωνικής πολιτικής, που έδωσαν τη συναίνεσή τους για την ενημέρωση των φοιτητών πριν ή μετά τη διεξαγωγή των μαθημάτων τους.

# Εισαγωγή

## Ερωτήματα/Υποθέσεις

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν να διερευνηθεί εάν η γνώση πολλών ξένων γλωσσών επηρεάζει ενισχυτικά τη λειτουργία της μνήμης εργασίας.

Η προσπάθεια που έγινε αφορά ποικίλες βιβλιογραφικές πηγές, αλλά και ερευνητική διαδικασία. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε αξιολογώντας τη μνήμη εργασίας πολύγλωσσων και μη συμμετεχόντων με το έργο Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων (Backward Corsi Block Recall) και με το έργο Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων (Backward Digit Recall). Το πρώτο έργο αξιολογεί την οπτικοχωρική μνήμη εργασίας και το δεύτερο τη λεκτική (φωνολογική) μνήμη εργασίας, τα συστήματα των οποίων εμπλέκονται στην εκμάθηση της μητρικής και της ξένης γλώσσας. Επίσης, έγινε σύγκριση των επιδόσεων μεταξύ των δύο ομάδων.

Υποθέσαμε ότι, οι πολύγλωσσοι θα έχουν καλύτερες επιδόσεις στη λεκτική μνήμη εργασίας, αφού είναι το κατεξοχήν σύστημα που δραστηριοποιείται με τη γλωσσική διεργασία. Οπότε, η υπόθεση μας βασίστηκε στην ενασχόληση των πολύγλωσσων με παραπάνω από δύο γλωσσικά συστήματα, ανόμοια μεταξύ τους, η οποία θα τους ωθούσε κάθε φορά να ενεργοποιήσουν τη μνήμη εργασίας τους για να επιλέξουν το σωστό φωνοτακτικό συνδυασμό. Βασιζόμενοι σε αυτή την υπόθεση, οι πολύγλωσσοι θα είχαν καλύτερες επιδόσεις στο έργο Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων.

# Ιστορική Αναδρομή

Πολλοί επιστήμονες είχαν αναφερθεί στο σύστημα της μνήμης, το οποίο τμηματοποιούσαν στα υποσυστήματα της μακρόχρονης και της βραχύχρονης μνήμης (Hebb, 1949. Brown, 1958. Peterson & Peterson, 1959). Έπειτα, οι Atkinson και Shiffrin (1968) έκαναν μια πρωτοποριακή υπόθεση, προτείνοντας ένα μοντέλο με δύο βασικές δομές. Πρότειναν ότι, είναι πιθανόν, οι πληροφορίες να εισέρχονται από το περιβάλλον σε ένα σύστημα προσωρινής βραχύχρονης αποθήκευσης που λειτουργεί ως απαραίτητος προθάλαμος, πριν να εισχωρήσουν στη μακρόχρονη μνήμη και να παγειωθούν ως γνώση. Στο συγκεκριμένο μοντέλο, το υποσύστημα που αναφέρεται ως προθάλαμος αποτελεί τη βάση για την μετέπειτα θεωρία μιας μνήμης εργασίας και αποδείκτηκε απαραίτητη για τη μακρόχρονη μάθηση αλλά και για ποικίλες σύνθετες γνωστικές και εκτελεστικές λειτουργίες, όπως η κατανόηση και ο συλλογισμός (Baddeley, 2003). Νευροψυχολογικές έρευνες σε ασθενείς επιβεβαίωσαν την παραπάνω υπόθεση (Baddeley & Warrington, 1970. Milner, 1966).

Οι Shallice και Warrington (1970) πρότειναν ένα μοντέλο που έρχεται σε αντίθεση με το προαναφερθέν των Atkinson και Shiffrin (1968), αφού εξέτασαν ασθενείς με αφασία αγωγής ή αγωγιμότητας (αδυναμία επανάληψης λέξεων ή/και φράσεων που προτείνονται στον ασθενή προφορικά), οι οποίοι αν υποθέσουμε ότι είχαν έλλειμμα στη βραχύχρονη μνήμη που λειτουργεί ως απαραίτητος προθάλαμος, το αποτέλεσμα θα ήταν να είχαν έλλειμμα και στη μακρόχρονη μνήμη και στις σύνθετες γνωστικές λειτουργίες. Αλλά η πιθανότητα του ελλείμματος στη μνήμη εργασίας και κατ' επέκταση στη μακρόχρονη μνήμη απορρίφθηκε, αφού το δείγμα των συγκεκριμένων ανθρώπων είχαν μία ολοκληρωμένη επαγγελματική ζωή, που η μνήμη είναι βασικό συστατικό της.

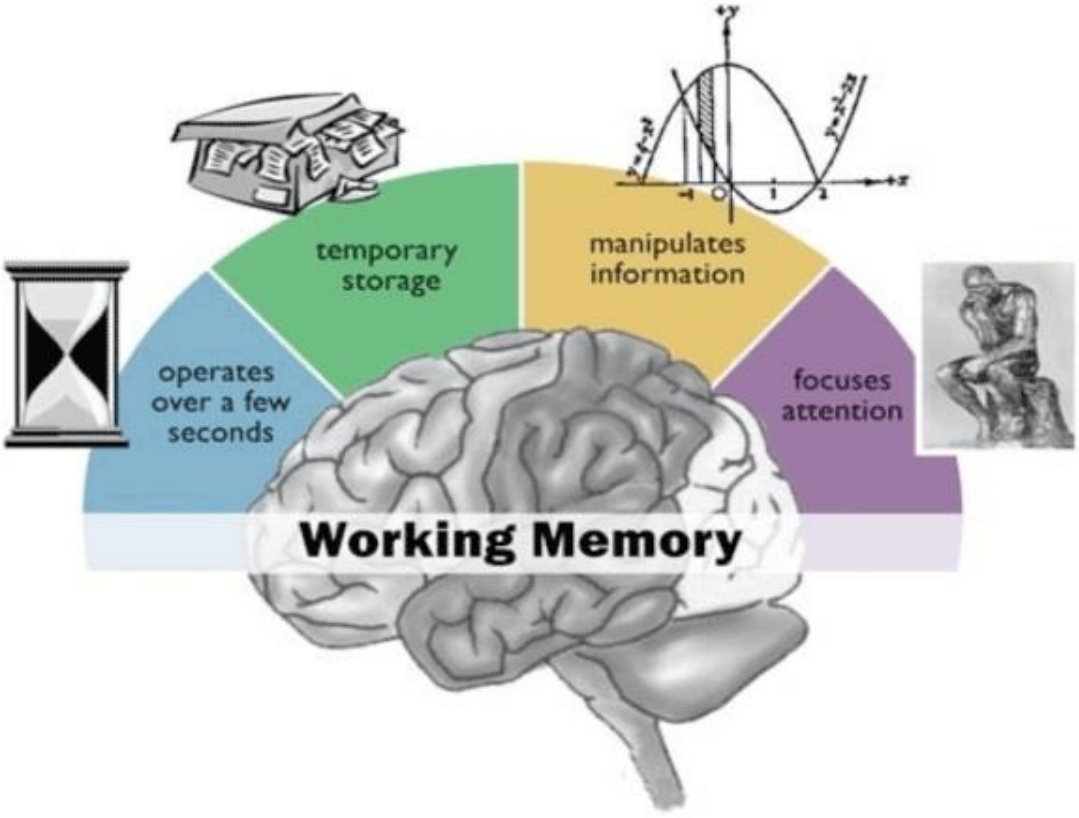
Η δομή της μνήμης ήταν θέμα που απασχολούσε την ερευνητική κοινότητα, οπότε έπειτα δόθηκε ακόμη μια περιγραφή για τη μνήμη, που καθόρισε την έρευνα στον τομέα της μνήμης εργασίας. Αυτή η περιγραφή αφορά το «πολυπαραγοντικό» μοντέλο των πειραματικών ψυχολόγων Alan Baddeley και Graham Hitch (1974). Οι Baddeley και Hitch (1974) εκτιμούσαν με διάφορα έργα τη βραχύχρονη μνήμη και τη μνήμη εργασίας, ένα από αυτά ήταν και η ανάκληση αριθμοσειράς με παρεμβολή. Αρχικά,

από την εκτίμησή τους προέκυψε, ότι τα υπάρχοντα μοντέλα για τη λειτουργία της βραχύχρονης μνήμης δεν συμπεριλαμβάνουν την εξήγηση της δραστηριότητας των νοητικών λειτουργιών που πραγματοποιείται για την ανάλυση των ποικίλων πληροφοριών. Επιπρόσθετα, η έρευνά τους κατέδειξε, ότι η δραστηριότητα σε κάθε έργο, ακόμη και σε περίπτωση διπλού έργου*, μπορεί να παρομοιαστεί με τη δραστηριότητα που πραγματοποιείται στο νου σε ένα μονό έργο, ιδιαίτερα αν λαμβάνει χώρα σε διαφορετικές δομές πληροφοριών, όπως για παράδειγμα ένα λεκτικό και ένα οπτικοχωρικό έργο.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προαναφερθείσας έρευνας (Baddeley & Hitch, 1974), πρότειναν ότι το σύστημα της βραχύχρονης μνήμης πρέπει να χωριστεί σε τρεις ευδιάκριτες βασικές δομές, οι οποίες όμως θα έχουν συνεργατική λειτουργία ως μέρη ενός ενιαίου συστήματος μνήμης εργασίας. Οι τρεις βασικές δομές του συστήματος αποτελούνται από ένα σύστημα ελέγχου της προσοχής, τον «κεντρικό επεξεργαστή», όπως τον ονόμασε ο Baddeley (1986), τον οποίο βοηθούν δύο συστήματα προσωρινής αποθήκευσης της μνήμης εργασίας για φωνολογικές (φωνολογικό κύκλωμα) και οπτικοχωρικές (οπτικοχωρικό σημειωματάριο) πληροφορίες, τα οποία λειτουργούν ανεξάρτητα από το κύκλωμα της μακρόχρονης μνήμης, αλλά και τα δύο υπό τον έλεγχο του συστήματος του κεντρικού επεξεργαστή.

Αρκετές έρευνες ακολούθησαν έπειτα από το μοντέλο των Baddeley και Hitch (1974), οι οποίες πραγματεύονταν τη δομή και το μηχανισμό της μνήμης εργασίας χρησιμοποιώντας ψυχολογικά έργα αλλά και αναλύοντας νευροαπεικονιστικά δεδομένα (π.χ. Rodriguez-Fornells et al., 2002. Thierry& Wu, 2007. Unsworth & Engle, 2007. Unsworth et al, 2011).

# Μέρος Πρώτο




Πηγή: https://examinedexistence.com/what-is-working-memory-in-the-human-brain/

# Μνήμη Εργασίας*

Η μνήμη εργασίας είναι ένα σύστημα αναπόσταστο από την καθημερινότητα ενός ανθρώπου, αποτελώντας έναν προγνωστικό παράγοντα πολλών γνωστικών ικανοτήτων. Μία από αυτές τις γνωστικές ικανότητες, οι οποίες θα αναφερθούν διεξοδικά παρακάτω είναι και η γλώσσα, η οποία αφορά άμεσα την παρούσα έρευνα.

Σύνθετα γνωστικά έργα όπως η αναγνωστική ικανότητα, η χωροταξική κατανόηση και η ρέουσα νοημοσύνη (Daneman & Carpenter, 1980. Kane et al., 2004. Kyllonen & Christal, 1990). Η μνήμη εργασίας αποτελεί ένα σύστημα προσωρινής αποθήκευσης και συλλογισμού, όπως, επίσης, εμπλέκεται στη γλωσσική διεργασία. Είναι, όμως, ένα σύστημα περιορισμένης δυνατότητας, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διατήρηση των πληροφοριών και την ανάσυρσή τους από τη μακρόχρονη μνήμη (Cowan et al., 2015).

Η διαδικασία της επεξεργασίας της γλώσσας είναι σχετικώς αυτοματοποιημένη, επηρεαζόμενη από τα κυκλώματα της μνήμης εργασίας. Η επιρροή της μνήμης εργασίας στην επεξεργασία της γλώσσας έχει φανεί σε περιπτώσεις που δημιουργείται ένα έλλειμμα στο φωνολογικό κύκλωμα, αλλά και σε μικρότερο βαθμό στις άλλες δομές της μνήμης εργασίας και κατ' επέκταση προκαλείται κάποια βλάβη στη γλωσσική επεξεργασία (Baddeley, 2003).

Για την καλύτερη εκτίμηση της μνήμης εργασίας πρέπει να γνωρίζουμε ότι η λειτουργία της βασίζεται σε δύο στοιχεία. Ο Cowan και οι συνεργάτες του (2005) ήταν εκείνοι που έδωσαν την δέουσα σημασία στο διαχωρισμό των δύο αυτων στοιχείων της μνήμης εργασίας, δηλαδή του εύρους (μνημονικό πεδίο) και του ελέγχου της προσοχής. Και στους δύο αυτούς τομείς έχει κυρίως επικεντρωθεί η έρευνα, ενώ, όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει και σύνδεση της ικανότητας της προσοχής με τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες (Cowan et al., 2005. Fukuda, Vogel, Mayr, & Awh, 2010. Shipstead, Redick, Hicks, & Engle, 2012. Unsworth, Fukuda, Awh, &Vogel, 2014).

Η ικανότητα της προσοχής αναφέρεται στο πλήθος των πληροφοριών που μπορούν ενεργά να διατηρηθούν σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, ενώ ο έλεγχος της προσοχής αναφέρεται στη δυνατότητα να επικεντρώνεται το άτομο σε μια σχετική πληροφορία και να απομακρύνεται από τις άσχετες, ως προς τις εκάστοτε ανάγκες του έργου, πληροφορίες. Στην έρευνα των Chow και Conway (2015), βρέθηκαν ατομικές διαφορές στην ικανότητα και στον έλεγχο της προσοχής, όπως, επίσης, στο πλήθος και την

ανάλυση των προς απομνημόνευση στοιχείων στη μνήμη εργασίας. Αυτός ο διαχωρισμός είναι εξέχουσας σημασίας, διότι τα έργα της μνήμης εργασίας έχουν κατηγορηθεί ότι πάσχουν από εγκυρότητα, καθώς τείνουν να αξιολογούν ένα ευρύ φάσμα ικανοτήτων (Ackerman, Beier, & Boyle, 2005. Kane, Hambrick, & Conway, 2005).

Ερευνώντας, λοιπόν, τον έλεγχο και την ικανότητα της προσοχής αλλά και τη σύνδεση μεταξύ των δύο, μπορεί να γίνει ένας χρήσιμος διαχωρισμός για την κατανόηση της μνήμης εργασίας. Αυτό είναι φανερό, διότι το σύστημα που είναι υπεύθυνο, σύμφωνα με τους Baddeley και Hitch's (1974), για τον έλεγχο της προσοχής, είναι ο κεντρικός επεξεργαστής (Engle et al, 2001). Το σύστημα του ελέγχου της προσοχής θεωρούταν ως ένας μηχανισμός περιορισμένης ικανότητας που είναι υπεύθυνο για την ολοκληρωμένη, κατευθυνόμενη επεξεργασία ενός στόχου παρά την παρεμβολή ή την διάσπαση που θα μπορούσε να προκύψει. Ο κεντρικός επεξεργαστής συνδέεται με δύο υποσυστήματα αποθήκευσης, το φωνολογικό κύκλωμα και το οπτικοχωρικό σημειωματάριο, υπεύθυνα για λεκτικές (φωνολογικές) και οπτικοχωρικές πληροφορίες αντίστοιχα (Bayliss, & Jarold, 2015).

## Φωνολογικό κύκλωμα (phonological loop)

Το φωνολογικό κύκλωμα μπορεί να διαχωριστεί σε δύο μικρότερες δομές. Η πρώτη δομή είναι ένα σύστημα προσωρινής αποθήκευσης που διατηρεί τα μνημονικά ίχνη για μερικά δευτερόλεπτα έως τη λήθη, εκτός αν η πληροφορία ανανεωθεί από τη δεύτερη δομή. Η τελευταία αποτελείται από ένα σύστημα εσωτερικής αναπαράστασης/ επανάληψης που συντηρεί τις πληροφορίες ενεργές, αλλά και βοηθά στην καταγραφή οπτικών πληροφοριών αρκεί να μπορούν να κατονομαστούν (Baddeley, 2003. Baddeley, & Hitch, 1974). Παραδείγματος χάριν, αν δοθεί προς απομνημόνευση μια σειρά γραμμάτων, παρά την οπτική τους παρουσίαση οι συμμετέχοντες τείνουν να βασιστούν κυρίως στα ακουστικά ή φωνολογικά τους χαρακτηριστικά. Σχετικές έρευνες έκαναν οι Conrad και Hull (1964) και ο Baddeley (1966a), που χρησιμοποίησαν σειρές λέξεων με όμοια (man, cat, map, cab) και ανόμοια ακουστική δομή (pit, day, cow, sup, pen), δείχνοντας ότι η ομοιότητα των ήχων «ενοχλεί» τη

βραχύχρονη μνήμη, ενώ στη μακρόχρονη μνήμη η ομοιότητα των ήχων αποτελεί συμβολή στη μάθηση (Baddeley, 1966b). Ένας επιπλέον παράγοντας λήθης μπορεί να αποτελέσει το πλήθος συλλαβών της λέξης (Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975).

Το μοντέλο της φωνολογικής αποθήκευσης προέκυψε από την έρευνα των Shallice και Warrington (1970), εξετάζοντας νευροαπεικονιστικά δεδομένα από ασθενείς με προβλήματα στην βραχύχρονη μνήμη, οι οποίοι παρατήρησαν ότι οι ασθενείς δεν μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το φωνολογικό τους κύκλωμα διότι μάλλον υπήρχε έλλειμμα σε μία ή περισσότερες δομές των γνωστικών λειτουργιών του. Την ίδια άποψη υποστήριξαν και οι Vallar και Baddeley (1984a), εξετάζοντας την ασθενή PV, η οποία είχε έλλειμμα φωνολογικής βραχύχρονης μνήμης αλλά κανονική ομιλία και κατανόηση στις απλά δομημένες προτάσεις (Vallar & Baddeley, 1984b. Vallar & Shallice, 1990).

Όσον αφορά τη δεύτερη δομή του φωνολογικού συστήματος, το σύστημα της εσωτερικής αναπαράστασης (subvocal rehearsal), οι Baddeley και Wilson (1985) εξετάζοντας άτομα με δυσαριθμία που είχαν χάσει την αρθρωτική ικανότητά τους και άτομα με δυσπραξία που είχαν χάσει τον έλεγχο της κίνησης του λόγου, έδειξαν ότι η εσωτερική αναπαράσταση βασίζεται κυρίως στην κίνηση του λόγου (Caplan & Waters, 1995). Οπότε το σύστημα της εσωτερικής αναπαράστασης είναι είναι υπεύθυνο για την κίνηση κατά τη διάρκεια της ομιλίας, ενώ το σύστημα προσωρινής αποθήκευσης είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση των στοιχείων και την κατανόησή τους.

## Οπτικοχωρικό Σημειωματάριο (Visuospatial Sketchpad)

Το σύστημα της μνήμης εργασίας, που είναι υπεύθυνο για τις οπτικοχωρικές πληροφορίες είναι το οπτικοχωρικό σημειωματάριο (Bayliss, &, Jarold, 2015). Η ενσωμάτωση χωρικών, οπτικών και κιναισθητικών πληροφοριών σε μία ενιαία αναπαράσταση μπορεί να αποθηκευτεί και να επεξεργαστεί από το οπτικοχωρικό σημειωματάριο. Έρευνες που βασίστηκαν σε έργα βραχύχρονης μνήμης, έδειξαν ότι η αποθήκευση στο οπτικοχωρικό σημειωματάριο είναι πρωτίστως χωρική (Baddeley & Lieberman, 1980), αλλά και οπτική, όταν αναπαριστάται από χρώμα και σχήμα (Logie,

1986), όπως, επίσης, πιθανόν να είναι κινητική ή αισθητική (Smyth & Pendleton, 1990). Το οπτικοχωρικό σημειωματάριο, σύμφωνα με νευροαπεικονιστικές μελέτες και μελέτες αλλοιώσεων, λειτουργεί κυρίως, αλλά όχι εξ ολοκλήρου, με δομές του δεξιού ημισφαιρίου (για επισκόπηση: Della Sala & Logie, 2002. Smith & Jonides, 1997). Επιπλέον, η προαναφερόμενη δομή εμπλέκεται στα καθημερινά έργα ανάγνωσης, όσον αφορά την αναπαράσταση μίας σελίδας, αλλά και τις σακκαδικές κινήσεις των οφθαλμών από την αρχή ως το τέλος μιας σειράς (Baddeley, 2003). Μία λειτουργία απαραίτητη σε όσους καταγίνονται γενικώς με την ανάγνωση.

Ο Baddeley (2003) περιγράφει μία σκηνή που τον έκανε να ανακαλύψει τη δομή αυτή της μνήμης εργασίας:

« η δική μου πρώιμη εμπλοκή στην περιοχή προέρχεται από την εμπειρία της οδήγησης σε έναν αυτοκινητόδρομο, την ίδια στιγμή που άκουγα και φανταζόμουν παραστατικά έναν ποδοσφαιρικό αγώνα. Παρατήρησα ότι το αυτοκίνητο παρασυρόταν από τη μία λωρίδα στην άλλη κι έτσι έκλεισα αμέσως το ραδιόφωνο»

Η προαναφερόμενη εμπειρία έκανε τον Baddeley να αντιληφθεί ότι, ενώ απασχολούσε τη μνήμη εργασίας του με το να φαντάζεται το χώρο που διεξαγόταν ο αγώνας, δεν ήταν ικανός να οδηγεί ταυτοχρόνως, μία ικανότητα που, απαιτεί, επίσης, οπτικοχωρικές ικανότητες. Οπότε οδηγήθηκε στη σκέψη, ότι υπάρχει μία δομή, η οποία είναι υπεύθυνη για τις οπτικοχωρικές λειτουργίες, καταλήγοντας στην κατονομασία της ως οπτικοχωρικό σημειωματάριο (Baddeley, 1986).

## Κεντρικός Επεξεργαστής (Central Executive)

Η τρίτη δομή του συστήματος της μνήμης εργασίας είναι το σύστημα του κεντρικού επεξεργαστή, το οποίο είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της προσοχής (Baddeley, & Hitch, 1974). Με τον όρο «ελέγχος της προσοχής» αναφερόμαστε, όχι μόνο σε μια διαδικασία επεξεργασίας που επιτρέπει τη διατήρηση των σχετικών με το έργο αναπαραστάσεων και στην αντιμετώπιση της διάσπασης, αλλά και στην επιλεκτική ανάσυρση από τη μνήμη (Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001. Unsworth & Engle, 2006a).

Έρευνες για τον εντοπισμό της λειτουργίας του ελέγχου της προσοχής, κατ' επέκταση και της λειτουργίας της δομής του κεντρικού επεξεργαστή, έδειξαν ότι βρίσκεται στον μετωπιαίο λοβό (Stuss & Knight, 2002) και μπορεί να διαχωριστεί σε μία σειρά από εκτελεστικές υποδιεργασίες, σύμφωνα με τον Baddeley (2002) και τον Shallice (2002).

Οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι εκείνες που καθορίζουν τις ατομικές διαφορές στις επιδόσεις σε έργα της μνήμης εργασίας (Daneman & Carpenter, 1980). Παράλληλα, κάποιες σύνθετες γνωστικές λειτουργίες, οι οποίες καθορίζονται από το εύρος της μνήμης εργασίας, συνδέονται με τις μετρήσεις της νοημοσύνης (βλέπε, Daneman & Merikle, 1996, για επισκόπηση). Επιπρόσθετος παράγοντας στη σύνθετη γνωστική λειτουργία της ικανότητας κατανόησης, αποτελεί η σημασιολογική γνώση. Η έρευνα των Hambrick και Engle (2002), είναι εκείνη που επικυρώνει ότι η πρότερη σημασιολογική γνώση πάνω σε οποιοδήποτε θέμα προς επεξεργασία, μαζί με τους παράγοντες του εύρος της μνήμης εργασίας, όπως και την ηλικία του συμμετέχοντα, κατέχουν εξέχοντα ρόλο στη διαδικασία της ανάκλησης των ποικίλων στοιχείων.

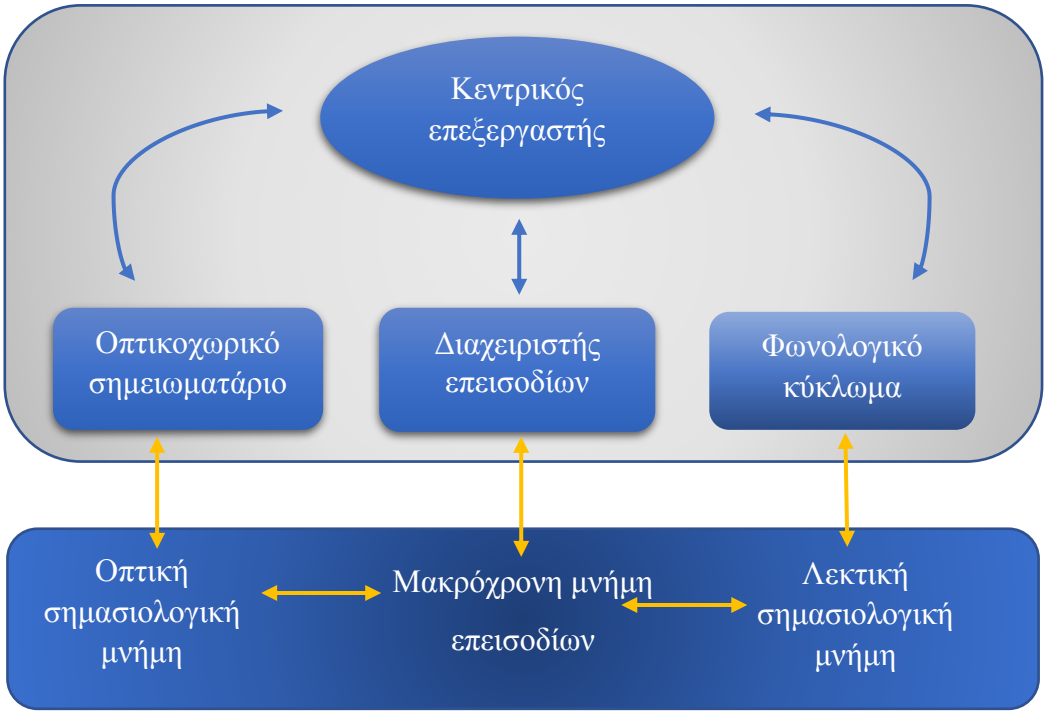
## Διαχειριστής επεισοδίων (Episodic Buffer)

Οι Baddeley και Logie (1999), όταν διευκρίνισαν τον ακριβή ρόλο του κεντρικού επεξεργαστή ως συστήματος ελέγχου της προσοχής και όχι ως χώρος αποθήκευσης πληροφοριών, έδωσαν το κίνητρο του διαχωρισμού των εκτελεστικών λειτουργιών (Baddeley, 1996, 2002). Αλλά, η παρατήρηση κάποιων φαινομένων δεν ταίριαζε στο προανεφερθέν μοντέλο του Baddeley και Logie (1999), το οποίο παρουσίαζε δυο λειτουργίες, οι οποίες δεν αποδίδονταν σε κάποιο άλλο σύστημα. Η μεν αναφέρεται σε ένα σύστημα που αφήνει οπτικούς και λεκτικούς κωδικούς να συνδέονται με πολυδιάστατες αναπαραστάσεις στη μακρόχρονη μνήμη. Η δε αφορά την ανάγκη για προσωρινή αποθήκευση αντικειμένων σε επίπεδα που υπερβαίνουν τη χωρητικότητα των λεκτικών και οπτικοχωρικών συστημάτων, που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Οπότε, οι δύο αυτές λειτουργίες δημιούργησαν την ανάγκη για μία τέταρτη δομή του συστήματος της μνήμης εργασίας, το διαχειριστή επεισοδίων (Baddeley, 2000). Αυτό το σύστημα βασίζεται στην εκτελεστική επεξεργασία, αλλά όχι στον εκτελεστικό επεξεργαστή, αφού αφορά κυρίως την συνένωση πληροφοριών. Επιπλέον, ενοποιεί τις

πληροφορίες σε «επεισόδια», επίσης, συνενώνει τις ποικίλες πληροφορίες των διαφορετικών συστημάτων σε έναν πολύπλευρο κωδικό και διατηρεί την ιδιότητά του ως διαχειριστής (Miller, 1956. Baddeley, 2000. 2003). Τέλος, αποτελεί βάση για την ικανότητα της συνειδητής επίγνωσης (Baddeley, 2000).

Μοντέλο μνήμης εργασίας Baddeley & Hitch




*Εικόνα μεταφρασμένη από: Baddeley,2000*

# Χωρητικότητα της Μνήμης Εργασίας

Η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας (Working Memory Capacity) αποτελεί μία γενική εκτελεστική δομή του συστήματος της μνήμης εργασίας, η οποία είναι εξέχουσας σημασίας όσον αφορά την εμβέλεια των νοητικών ικανοτήτων, καθώς, επίσης, η μέτρησή της αποτελεί προγνωστικό παράγοντα για τη γενικότερη γνωστική λειτουργία (Bayliss, & Jarold, 2015). Και το μοντέλο του Baddeley (1986, 2000) συμβαδίζει με την ιδέα της γενικής δομής, καθώς προτείνει έναν γενικό επεξεργαστή που αλληλεπιδρά με ειδικές δομές αποθήκευσης και επεξεργασίας. Αυτή η άποψη παρέχει μία βαθύτερη κατανόηση στη δομή της μνήμης εργασίας, καθώς και της νοημοσύνης (Chow, & Conway, 2015). Η υπόθεση του Engle (2002) όσον αφορά τη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας ήταν ότι: «χρησιμοποιεί την προσοχή για τη διατήρηση ή την καταστολή των πληροφοριών» (σελ. 20). Επιπλέον, ορίζεται ως μία δομή που παρουσιάζει ατομικές διαφορές, αναπαριστώντας την περιορισμένη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας (Oberauer, 2013).

Όλες οι παραπάνω πληροφορίες μας έδωσαν μία περιγραφή της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας, αλλά σε μία έρευνα πρέπει να γνωρίζει κάποιος τον τρόπο που εκτιμάται. Η εκτίμηση της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας γίνεται με ποικίλα έργα, ένα από αυτά αποτελεί η εκτίμηση του σύνθετου εύρους (Daneman, & Carpenter, 1980. Conway et al., 2005). Η επίδοση στα έργα σύνθετου εύρους, σύμφωνα με τους Unsworth και Engle (2007a), οι οποίοι βασίστηκαν στα παραδοσιακά μοντέλα διπλής αποθήκευσης, προέρχεται κυρίως από δύο παράγοντες, έναν παράγοντα περιορισμένης χωρητικότητας που διατηρεί τις πληροφορίες για σύντομες χρονικές περιόδους και έναν δέυτερο παράγοντα που αποθηκεύει πληροφορίες για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Ποικίλες εκτιμήσεις των δύο προαναφερόμενων παραγόντων φανέρωσαν ότι τα χωρικά έργα βραχύχρονης μνήμης πιθανόν εκμεταλλεύονται περισσότερο τις διαδικασίες εκτέλεσης-ελέγχου από ότι τα έργα λεκτικής βραχύχρονης μνήμης (Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001. Oberauer et al., 2000. Shah, & Miyake, 1996. Chow & Conway, 2015). Από τα παραπάνω, προκύπτουν ενδοιασμοί για την εξειδίκευση των δομών στη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας. Επιπρόσθετα, η εκτίμηση του εύρους της χωρητικότητας της μνήμης εργασίας, δηλαδή το πόσα

στοιχεία μπορούν να αποθηκευτούν επιτυχώς, μπορεί να γίνει και με συγκεκριμένα έργα επεξεργασίας, όπως η ανάγνωση προτάσεων. Η σχετικά καλύτερη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας των καλών αναγνωστών στα έργα ανάγνωσης και κατανόησης κειμένων κινεί το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών.

Συγκεκριμένα, οι Morrell και Park (1993) παρατήρησαν ότι το εύρος της μνήμης εργασίας των λεκτικών και των αριθμητικών έργων προβλέπει την επίδοση σε έργα κατανόησης κειμένων, όπως, επίσης, τη λειτουργία της αναγνωστικής ικανότητας. Πολλές είναι οι έρευνες που υποστηρίζουν ότι η επίδοση σε λεκτικά έργα αποτελεί προβλεπτικό παράγοντα της αναγνωστικής λειτουργίας (Friedman & Miyake, 2000. Handley, Capon, Copp, & Harper, 2002). Από την πληθώρα των ερευνών, προκύπτει ότι, οι καλοί αναγνώστες έχουν καλύτερη χωρητικότητα στη μνήμη εργασίας τους, έτσι μπορούν να αποθηκεύουν καλύτερα τις πληροφορίες που επεξεργάζονται. Από την άλλη πλευρά, το οπτικοχωρικό εύρος προβλέπει την επίδοση στη χωρητικότητα των στοιχείων για διαγραμματικές και οπτικοχωρικές οδηγίες (Morrell και Park, 1993).

Σύμφωνα με το μοντέλο της ενσωμάτωσης (Embedded Process) του Cowan (1999), η χωρητικότητα περιορίζεται από την «εστίαση της προσοχής», η οποία μπορεί να διατηρήσει ενεργές τις πληροφορίες στη μνήμη και να τις προστατέψει από τη διάσπαση και τη λήθη. Χρειάζεται, επίσης, να σημειωθεί ξανά ότι ο αριθμός των πληροφοριών που μπορούν να διατηρηθούν στη μνήμη εργασίας καθορίζεται από την ανάλυση ή την ποιότητα της αναπαράστασης των εκάστοτε στοιχείων (Ester, Anderson, Serences, & Awh, 2013. Zhang & Luck, 2008, 2011). Οι Shah και Miyake (1996), υποστηρίζοντας την άποψη περί ανάλυσης ή ποιότητας της αναπαράστασης των στοιχείων, έκαναν αναφορά στον διαχωρισμό λεκτικής – χωρικής χωρητικότητας της μνήμης εργασίας. Η εξειδίκευση της δομής, λεκτικής ή οπτικοχωρικής, στα έργα χωρητικότητας μνήμης εργασίας φαίνεται να προκύπτουν, κυρίως, από τα στοιχεία που έχουν να συγκρατήσουν (Shah & Miyake, 1996). Σε παλαιότερη έρευνα, είχε υποστηριχθεί από τον Miller (1956), ότι ο αριθμός των πληροφοριών που συγκρατούνται από τους ενήλικες είναι εφτά συν πλην δύο στοιχεία, μία θεωρία που διατηρείται μέχρι σήμερα.

Επιπλέον, οι Bayliss και Jarold (2015), σε έρευνα που διεξήγαγαν με παιδιά, έδειξαν ότι το εύρος της μνήμης εργασίας μπορεί να επηρεαστεί κυρίως από τρεις παράγοντες, στους οποίους, πιθανώς, οφείλονται και οι ατομικές διαφορές. Οι παραγοντες αυτοί

είναι: η ικανότητα αποθήκευσης, η γενική ταχύτητα επεξεργασίας και ο ρυθμός φθοράς των πληροφοριών.

Ο πρώτος παράγοντας αναφέρεται στην ταχύτητα επεξεργασίας, η οποία στην επίδοση στα έργα εύρους της μνήμης εργασίας παίζει καίριο ρόλο, καθώς οι ατομικές ή ηλικιακές διαφορές μπορεί να οδηγήσουν σε διαφοροποίηση της χρονικής διάρκειας που διατηρείται μια πληροφορία στη μνήμη εργασίας και στην επερχόμενη λήθη (π.χ., Barrouillet et al., 2004. 2007. 2009. 2012. Bayliss et al., 2005. Towse et al., 1998).

Ο δεύτερος παράγοντας αποτελείται από την αποθηκευτική ικανότητα ενός ανθρώπου, η οποία είναι συνδεδεμένη με δομές που οι ατομικές ή ηλικιακές διαφορές στο δείκτη επανενεργοποιήσης καθορίζουν το πλήθος πληροφοριών που μπορούν είτε να διατηρηθούν είτε να επανέλθουν στη μνήμη κατά τη διάρκεια έργων που εκτιμούν το εύρος της μνήμης εργασίας (Barrouillet et al., 2009. Bayliss et al., 2005). Οι ατομικές και αναπτυξιακές διαφορές, που προαναφέρθηκαν, καθορίζουν πόσες πληροφορίες μπορεί ένας άνθρωπος να διατηρήσει επιτυχώς ενεργές στην μνήμη εργασίας. Σε έρευνα που διεξήγαγαν οι Bayliss, Jarrold, Gunn και Baddeley (2003) έδειξαν, ότι εμφανιζόταν μία διαφοροποίηση στην επίδοση του εύρους της μνήμης εργασίας στα σχετικά έργα, η οποία αφορούσε τις διεργασίες επεξεργασίας και αποθήκευσης. Αυτές οι διεργασίες αποτελούσαν προβλεπτικό παράγοντα για την επίδοση στην ανάγνωση και τα μαθηματικά σε ενήλικες και παιδιά. Τα συγκεκριμένα ευρήματα είναι παρόμοια με την έρευνα των Towse & Houston-Price (2001).

Επιπλέον, με την έρευνα των Bayliss και Jarold (2015), αποκαλύφθηκε ένας τρίτος παράγοντας, εκτός από την ταχύτητα επεξεργασίας και την αποθηκευτική ικανότητα, που επηρεάζει την επίδοση της μνήμης εργασίας. Αυτός ο παράγοντας είναι η ατομική ευαλωτότητα στη λήθη, δηλαδή οι ατομικές διαφορές στο βαθμό με τον οποίο μια πληροφορία χάνεται από τη μνήμη, καθώς κάθε μορφή δραστηριότητας διατήρησης εμποδίζεται. Εάν η διακύμανση της ευαλωτότητας στη λήθη συμβαίνει εξαιτίας των ατομικών διαφορών στην ικανότητα αντίστασης στην παρεμβολή, είτε κατά τη διάρκεια των προσπαθειών σε ένα έργο, είτε μετά από αυτές, τότε οι προσπάθειες που περιέχουν περισσότερες μορφές διάσπασης θα μπορούσαν εν μέρει να προβλέψουν τις επιδόσεις σε έργα χωρητικότητας της μνήμης εργασίας (Bayliss & Jarold, 2015).

Να σημειωθεί ακόμη ότι, το εύρος της μνήμης εργασίας είναι μεγαλύτερο για λίστες που αποτελούνται από γνωστές στον συμμετέχοντα λέξεις, οπότε πιθανόν

δικαιολογείται με το γεγονός ότι η μακρόχρονη μνήμη συνεισφέρει στην άμεση μνήμη* (βραχύχρονη μνήμη) (Hulme, Maughan, & Brown, 1991). Όμως, το εύρος της βραχύχρονης μνήμης μπορεί να εξασθενίσει εξαιτίας κάποιων μεταβλητών, όπως η ομοιότητα των στοιχείων, το μέγεθος μίας λέξης αλλά και η αρθρωτική καταστολή (Papagno et al., 1991. Papagno & Vallar, 1992). Μία ακόμη πιθανή αιτία είναι η έλλειψη λεκτικών φωνολογικών αναπαραστάσεων των λέξεων της ξένης γλώσσας (Brown & Hulme, 1992). Επίσης, η υψηλή φωνολογική και σημασιολογική ομοιότητα μεταξύ των μνημονικών στοιχείων επηρεάζουν την επίδοση της ανάκλησης.

Η χωρητικότητα της μνήμης εργασίας αφορά και την παρούσα έρευνα, καθώς η λειτουργία της αποτελεί προγνωστικό παράγοντα για πολλές γνωστικές λειτουργίες, όπως την ανάγνωση. Επιπλέον, πολλές είναι οι έρευνες που υποστηρίζουν τη στενή σχέση της λεκτικής και της οπτικοχωρικής χωρητικότητας στη μνήμη εργασίας με το συλλογισμό, ο οποίος αποτελεί μία από τις κύριες γνωστικές λειτουργίες (Daneman & Tardif, 1987. Friedman & Miyake, 2000. Handley et al., 2002. Morrell & Park, 1993. Shah & Miyake, 1996).

Τέλος, υπάρχει η άποψη ότι, οι εκτελεστικές λειτουργίες, μάλλον, είναι εκείνες που καθορίζουν τις ατομικές διαφορές στις επιδόσεις σε έργα της μνήμης εργασίας (Daneman & Carpenter, 1980). Όπως, επίσης, βλέπουμε ότι η συσχέτιση μεταξύ του εύρους της μνήμης εργασίας και των γνωστικών λειτουργιών είναι καθορισμένη από την αποθήκευση αλλά, κυρίως, από το γενικό ελέγχο και την εκτελεστική προσοχή (Engle & Kane, 2004. Engle, Kane, & Tuholski, 1999. Kane et al., 2004). Ο μηχανισμός της προσοχής αποτελεί μία από τις βασικές εκτελεστικές λειτουργίες και θα αναλυθεί παρακάτω εκτενέστερα.

# Οπτικοχωρική μνήμη εργασίας και αναστολή της επιστροφής

Μια διερεύνηση εξέχουσας σημασίας για τη δομή και τη λειτουργία της μνήμης εργασίας, είναι η σχέση που έχει με την προσοχή. Αυτή η σχέση μελετήθηκε με τη σύνδεση που υπάρχει ανάμεσα στη μνήμη εργασίας και σε ένα φαινόμενο της προσοχής που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Το φαινόμενο αυτό, ονομάζεται

«αναστολή της επιστροφής» και αποτελεί ένα καλό σημείο παρατήρησης για τον τρόπο, με τον οποίο τα δυο αυτά γνωστικά συστήματα (μνήμη και προσοχή) συνδέονται.

Η «αναστολή της επιστροφής» αφορά την επισήμανση χωρικών θέσεων. Ο Tipper και οι συνεργάτες του (1991) πρότειναν ότι οι χωρικές θέσεις αφορούν αντικείμενα που αναστέλλονται και η αναστολή της επιστροφής εξασφαλίζει ότι τα αντικείμενα που παρατηρήθηκαν προηγουμένως δεν αναζητούνται ξανά. Πιο αναλυτικά, το αντικείμενο ή η θέση που έχει ήδη παρατηρηθεί, επισυνάπτεται με μια σχετικά μειωμένη προβολή στο χωρικό χάρτη που βρίσκεται στο βρεγματικό λοβό. Αυτός ο μηχανισμός φανερώνει ότι η προσοχή έχει την τάση να κατευθύνεται σε μία περιοχή του οπτικού πεδίου που δεν έχει εξερευνηθεί, οπότε η προσοχή είναι εκείνη που κατευθύνει την οπτική αναζήτηση (Castel et al., 2003). Επίσης, το προαναφερθέν φαινόμενο έχει ερμηνευθεί ως μια χωρική σήμανση των αναζητούμενων θέσεων, αλλά και των κινούμενων αντικειμένων, προς όφελος της αποτελεσματικής αναζήτησης (Tipper et al., 1994).

Η συμβολή της μνήμης εργασίας στην «αναστολή της επιστροφής» αποτελεί ένα ακόμη χαρακτηριστικό που πρότεινε ο Castel και οι συνεργάτες του (2003). Παρόμοια είναι η υπόθεση ενός συστήματος βραχύχρονης (άμεσης) μνήμης που εμπλέκεται κατά τη διάρκεια ενός έργου αναστολής της επιστροφής και ειπώθηκε από τον Klein το 1988, ο οποίος πρότεινε ότι ο σκοπός του συστήματος της αναστολής της επιστροφής είναι να διευκολύνει την οπτική αναζήτηση (βλέπε, επίσης, Shore & Klein, 2000). Το συγκεκριμένο σύστημα περιορίζεται στη χωρητικότητα, δηλαδή, στις σηματοδοτημένες τοποθεσίες που πρόκειται να επεξεργαστεί. Για την εξήγηση αυτή ειπώθηκαν ποικίλες υποθέσεις.

Αρχικά, μία υπόθεση αποτελεί ότι το σύστημα της χωρικής μνήμης εργασίας κατέχει εξέχοντα ρόλο στη λειτουργία της αναστολής της επιστροφής, διατηρώντας και ανανεώνοντας τη σηματοδοτημένη χωρική τοποθεσία σε ένα έργο (Castel et al., 2003). Τα δύο ερεθίσματα, η τοποθεσία και το σήμα που ανακαλείται από τη μνήμη, στην έρευνα του Castel, παρουσιάζονται κοντά χρονικά. Παρόλα αυτά, έχει ειπωθεί και η αντίθετη άποψη, δηλαδή ότι η μνήμη εργασίας δεν είναι απαραίτητη για την οπτική αναζήτηση (Woodman, Vogel, & Luck, 2001), ενώ υπάρχουν και άλλοι μηχανισμοί που ελέγχουν τη σηματοδοτημένη τοποθεσία στη λειτουργία της αναστολής της επιστροφής (Masoura et al., 2010).

Έπειτα, πειράματα στην οπτικοχωρική μνήμη εργασίας έδειξαν επιδράσεις αναδρομικής παρέμβασης, όταν νέες πληροφορίες, εισερχόμενες στη μνήμη εργασίας, διακόπτουν την αποθήκευση του πρότερου υλικού που έχει καταγραφεί (Logie, Zucco, & Baddeley, 1990). Αυτή η διαδικασία αποτελεί ένα φαινόμενο παρεμβολής, το οποίο αναδύθηκε από την έρευνα του Castel (2003), παρόλα αυτά κάποιοι ερευνητές αμφιβάλλουν για τη συσχέτισή του με την οπτικοχωρική μνήμη εργασίας. Οι Makovski, Shim και Jiang (2006), για παράδειγμα, ισχυρίζονται ότι η πιθανή αιτία που η μνήμη είναι ευάλωτη στην παρεμβολή, ίσως δεν προέρχεται από τη μειωμένη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας, αλλά από την κεντρική πηγή προσοχής. Με την παραπάνω άποψη, συμπίπτουν και τα ευρήματα έρευνας (Masoura et al., 2010), τα οποία προτείνουν ότι η οπτικοχωρική μνήμη εργασίας, ίσως, να μην σχετίζεται με το φαινόμενο της αναστολής της προσοχής που παρατηρείται σε ένα τυπικό έργο συμβόλων με δύο τοποθεσίες.

Σε συμφωνία με την τελευταία άποψη της μη εμπλοκής της μνήμης εργασίας στη λειτουργία της αναστολής της προσοχής είναι και οι επόμενες έρευνες, υποστηρίζοντας ότι ένας απλούστερος μηχανισμός με μειωμένη προβολή στον εγκεφαλικό φλοιό, ίσως μπορεί να σηματοδοτήσει τη θέση του αντικειμένου σε φαινόμενα αναστολής (Vivas et al., 2003. 2006. 2008. Βλέπε επίσης, Itti & Koch, 2001 και Heinke & Humphreys, 2003, για μια παρόμοια προοπτική).

Ακόμη, μία παράμετρος, που πρέπει να ληφθεί υπόψιν, είναι ο χρόνος της κωδικοποίησης των οπτικοχωρικών μνημονικών αντικειμένων όταν χρησιμοποιείται ένα παράδειγμα διπλού έργου, προκειμένου να ερευνηθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ της προσοχής και την μνήμης εργασίας. Αφού το θέμα αυτό διευθετηθεί, τότε η αναστολή της προσοχής δε βασίζεται πλέον στη διατήρηση της θέσης του συμβόλου στην οπτικοχωρική μνήμη. Σύμφωνα με αυτό, ο Castel και οι συνεργάτες του (2003) πρότειναν ένα ευέλικτο και δραστικό σύστημα μνήμης εργασίας που θα μπορεί να εποπτεύει πόσες τοποθεσίες έχουν σηματοδοτηθεί και σε ποια σειρά. Αυτό το σύστημα, εξυπηρετεί μάλλον τη συγκέντρωση στην ανάγνωση, καθώς η προσοχή αποτελεί βασικό στοιχείο της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας, που αφορά την απομνημόνευση συμβόλων, γραμμάτων και ψηφίων.

# Προσοχή και Μνήμη Εργασίας

Η προσοχή, αποτελώντας βασικό στοιχείο της οπτικοχωρικής αναζήτησης, συμβάλλει και στις εκτελεστικές λειτουργίες. Συγκεκριμένα, συμβάλλει στη γενικότερη γνωστική λειτουργία σε συνδυασμό με τη λεκτική και οπτικοχωρική μνήμη εργασίας. Η ικανότητα της προσοχής αναφέρεται στον αριθμό και στην ανάλυση των αναπαραστάσεων που μπορούν να διατηρηθούν ταυτόχρονα στη μνήμη σε ενεργή κατάσταση (Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001. Unsworth & Engle, 2006a).

Επιπρόσθετα, η προσοχή έχει άμεση σχέση με τη μνήμη εργασίας, όπως προαναφέρθηκε, καθώς αποτελεί μία βασική γνωστική λειτουργία, η οποία εκτός των παραπάνω χαρακτηριστικών διαθέτει και την ικανότητα της επιλογής των στοιχείων που θα διατηρηθούν και θα επεξεργαστούν στη μνήμη εργασίας. Επομένως, οι ατομικές διαφορές στην ικανότητα του ελέγχου της προσοχής είναι υπεύθυνες για την ισχυρή σχέση μεταξύ των επιδόσεων στα έργα μνήμης εργασίας και του γνωστικού επιπέδου, όπως αναφέρουν ο Engle και οι συνεργάτες του, σε έρευνες που διεκπεραίωσαν σχετικά με το θέμα (Engle, Kane, & Tuholski, 1999. Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001. Engle & Kane, 2004. Kane et al., 2004). Μία ακόμη κεντρική λειτουργία του ελέγχου της προσοχής θα μπορούσε να αποτελεί η αντίσταση στην παρεμβολή κατά τη διάρκεια των αποκρίσεων σε ένα έργο. Η λειτουργία της αντίστασης είναι απαραίτητη, κυρίως, στα πλαίσια ενός έργου που έχει αυξημένες απαιτήσεις στις λειτουργίες της εκτέλεσης και προσοχής, ώστε να προκύψει καλή επίδοση (Kane et al., 2007).

Να αναφερθεί, επιπλέον, ότι, η ικανότητα της προσοχής μπορεί να διαχωριστεί σε δύο παράγοντες, αφενός στον αριθμό των στοιχείων που μπορούν να διατηρηθούν, αφετέρου στην ανάλυση ή την ακρίβεια των στοιχείων αυτών (Chow & Conway, 2015). Καθένας από τους παράγοντες αυτούς υποστηρίζεται από την εσω-βρεγματική έλικα, η οποία διαχωρίζεται σε δύο διακριτές περιοχές, η μία από τις οποίες καταγράφει τον αριθμό των στοιχείων ανεξαρτήτως της πολυπλοκότητας και η δεύτερη καταγράφει τον αριθμό των σχετιζόμενων χαρακτηριστικών (Xu & Chun , 2005).

Τέλος, η εκτίμηση της προσοχής γίνεται με διαφορετικά έργα από εκείνα της μνήμης εργασίας, παρά ταύτα είναι απαραίτητη στον συμμετέχοντα καθ' όλη τη διάρκεια των λεκτικών και οπτικοχωρικών έργων της μνήμης εργασίας. Εκτιμώντας τη λεκτική και

οπτικοχωρική μνήμη εργασίας και τη βραχύχρονη μνήμη, ο Kane και οι συνεργάτες του (2004) εξήγαγαν, έναν γενικό παράγοντα και δύο ειδικούς αποθηκευτικούς παράγοντες. Έδειξαν, ότι ο γενικός παράγοντας εκτελεστικής προσοχής σχετίζεται με τη μεταβλητή της ρέουσας νοημοσύνης (fluid intelligence) και τροφοδοτείται, κυρίως, από τα έργα λεκτικής και οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας και μετρίως από τα έργα βραχύχρονης μνήμης. Αυτό δείχνει, ότι πρόκειται για ένα γενικό παράγοντα που σχετίζεται με υψηλότερες γνωστικές λειτουργίες.

# Η Διαδικασία της Λήθης

Λήθη θα μπορούσε να χαρακτηρισθεί είτε η απώλεια της μαθημένης πληροφορίας είτε η αδυναμία πρόσβασης ή ανάκτησης σε ένα προηγούμενο μνημονικό αποτύπωμα. Η λήθη είναι πιθανό να οφείλεται στην απαλοιφή του μνημονικού αποτυπώματος αλλά και στη δυσκολία πρόσβασης σε αυτό. Πιθανοί παράγοντες που συμβάλλουν στη λήθη είναι η λανθασμένη κωδικοποίηση, η παρεμβολή από παρόμοια μνημονικά αποτυπώματα και η αναστολή των ασθενέστερων ιχνών από τα σημαντικά μνημονικά αποτυπώματα. Είναι ένας μηχανισμός του νου που κατέχει προσαρμοστικό ρόλο, με την έννοια ότι διευκολύνει την επιλεκτικότητα των χρήσιμων ή μη πληροφοριών αναλόγως την περίσταση, λαμβάνοντας υπόψιν, βεβαίως, τους παραπάνω παράγοντες που ευνοούν τη λειτουργία του.

Η λήθη που προκύπτει στη βραχύχρονη μνήμη ή στη μνήμη εργασίας, τυπικά αποδίδεται κυρίως σε δύο παράγοντες που αφορούν την παθητική διάσπαση εξαιτίας του χρόνου (Barrouillet, Bernardin, & Camos, 2004. Barrouillet, Bemardin, Portrat, Vergauwe, & Camos, 2007. Barrouillet, De Paepe, & Langerock, 2012. Ricker & Cowan, 2010) είτε σε κάποια μορφή διάσπασης που θα μπορούσε να είναι αναδρομική, όπως η παρεμβολή από επακόλουθα γεγονότα μέσα στο έργο (Lewandowsky, Duncan, & Brown, 2004. Lewandowsky, Geiger, Morrell, & Oberauer, 2010) είτε, ακόμη, σε προχωρητικά γεγονότα, όπως η παρέμβαση που βρίσκεται στην περίοδο μεταξύ των επιτυχημένων προσπαθειών (Bunting, 2006. Keppel & Underwood, 1962).

Άλλη πιθανή εξήγηση για τους παράγοντες που επιφέρουν τη λήθη, αφορά τις ατομικές διαφορές στη φθορά ή την παρεμβολή. Όπως υποστήριξαν στην έρευνά τους οι Kane και Engle (2000), όπου κλήθηκαν άτομα να ανακαλέσουν λίστες με αλληλοεπικαλυπτόμενα μνημονικά στοιχεία και παρατηρήθηκε ότι εκείνοι με μικρή χωρητικότητα στη μνήμη εργασίας παρουσίασαν ενεργητική παρεμβολή σε μεγαλύτερο βαθμό από εκείνους που έχουν μεγάλη χωρητικότητα στη μνήμη εργασίας.

Άλλη εξήγηση για τη λειτουργία της λήθης προσπάθησαν να δώσουν ο Unsworth και οι συνεργάτες του (2011), προτείνοντας ότι η διακύμανση στη χωρητικότητα της μνήμης εργασίας αποδίδεται σε ελεγχόμενες διαδικασίες ανάκλησης που δρουν, ώστε να οριοθετούν το μέγεθος αναζήτησης στην ανάκληση, επηρεάζοντας την πληθώρα πληροφοριών που μπορεί ένα άτομο να ξεχάσει κατά τη διάρκεια της εσωτερικής διατήρησης. Αυτή η διαπίστωση, πιθανόν, αποτελεί μία από τις ενδείξεις για τις ατομικές διαφορές που παρατηρούνται στη διαδικασία της λήθης. Τον ίδιο ισχυρισμό είχαν ο Barrouillet και οι συνεργάτες του (Barrouillet, 2004, 2007. Barrouillet, Gavens, Vergauwe, Gaillard, & Camos, 2009. βλέπε επίσης : Bayliss, larrold, Baddeley, Gunn, & Leigh, 2005. Jarrold & Bayliss, 2007), δηλαδή ότι η μικρή χωρητικότητα του εύρους της μνήμης εργασίας στα διεξαγόμενα έργα εμποδίζει τα άτομα να διατηρήσουν ενεργά στη μνήμη τους τα προς απομνημόνευση στοιχεία (Barrouillet & Camos, 2001. Towse, Hitch, & Hutton, 2001).

Ασχέτως με τον πραγματικά υπεύθυνο παράγοντα για τη διαδικασία της λήθης, υπάρχουν ενδείξεις που προτείνουν ότι τα άτομα διαφέρουν βιολογικά στο ρυθμό ή στο βαθμό με τον οποίο ξεχνούν τις εισερχόμενες πληροφορίες, κυρίως κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας (Barrouillet et al., 2009. Cowan, Saults, Nugent, 1997. Hitch, Towse, & Hutton, 2001. Oberauer, Kliegl, 2001. Portrat, Camos, Barrouillet, 2009) και ο δείκτης εντοπισμού φθοράς μπορεί να ποικίλει, επίσης, μεταξύ των ατόμων ανεξάρτητα από τις διαδικασίες ελέγχου προσοχής, που ίσως λειτουργούν ως αντιστάθμιση.

Παράλληλα, παρατηρήθηκαν διαφορές όσον αφορά στην ηλικία. Η συγκεκριμένη υπόθεση όμως δεν διατηρούσε την ισχύ της στις πρώιμες σειριακές θέσεις και στην ομιλία που είχε γίνει δια ζώσης παρακολούθηση (attended speech). Ο Cowan και οι συνεργάτες του (2000) υποστήριξαν ότι η τελευταία σειριακή θέση ήταν απελευθερωμένη από την παρεμβολή, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα στοιχεία της λίστας προς απομνημόνευση. Οπότε προκύπτει ότι η διαφορά στο βαθμό λήθης εντοπίζεται

στη σειριακή θέση των στοιχείων, κάτι που εξηγείται καλύτερα με την αύξηση του χρόνου διατήρησης στην ακουστική μνήμη, η οποία είναι ανεξάρτητη από την προσοχή.

Επιπλέον, ο Engle και οι συνεργάτες του (2011), πρότειναν ότι η λήθη μπορεί να μετριαστεί από τις εκτελεστικές λειτουργίες, που σχετίζεται με την αντίσταση στην παρεμβολή είτε από παράλληλα ή επόμενα γεγονότα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια ή έπειτα της προσπάθειας (διασπαστική δραστηριότητα), είτε από πληροφορίες προς απομνημόνευση που είναι όμοιες με προηγούμενες προσπάθειες εντός του ίδιου έργου (προληπτική πρώιμη παρέμβαση, βλέπε Unsworth et al., 2011). Να τονιστεί ότι, η λήθη εξαιτίας της παρεμβολής κατά τη διάρκεια των προσπαθειών είναι ανεξάρτητη από αυτή που συμβαίνει κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και της επεξεργασίας των αντικειμένων σε έργα εύρους μνήμης εργασίας, τα οποία συμβάλλουν στην αλληλοεπικάλυψη των στοιχείων της λίστας. Τα άτομα μπορεί να διαφέρουν στην ευαισθησία που έχουν στις επιδράσεις παρεμβολής, όπως, παραδείγματος χάριν, στο προαναφερόμενο χαρακτηριστικό της αλληλοεπικάλυψης (Naime,1990).

Οι Ricker και Cowan (2010) παρατήρησαν στην έρευνα τους ότι δεν επήλθε η λήθη στην εσωτερική διατήρηση, όταν οι συμμετέχοντες είχαν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν στρατηγικές απομνημόνευσης, ενώ σημαντικός βαθμός λήθης παρατηρήθηκε όταν οι στρατηγικές διατήρησης παρεμποδίζονταν από μία άλλη δραστηριότητα διάσπασης.

Ο Cowan (2012) υποστήριξε ότι, μερικά από τα χαρακτηριστικά ενός ερεθίσματος, που δίνεται σε ένα έργο, χάνονται με την πάροδο του χρόνου και δεν μπορούν να επανέλθουν στη μνήμη ούτε μέσω μηχανισμών προσοχής ούτε με στρατηγικές επανάληψης. Με αυτόν τον τρόπο, φαίνεται να υπάρχει ένα μοντέλο λήθης των πληροφοριών βασισμένο στο χρόνο, ανεξάρτητο από το γνωστικό υπόβαθρο. Δηλαδή τα άτομα μπορεί να διαφέρουν στην έκταση των πληροφοριών που ξεχνάνε, ενώ εμπλέκονται σε μία δραστηριότητα που απαιτεί τη συμβολή της μνήμης εργασίας.

Μια ακόμη ενδιαφέρουσα πληροφορία, που προκύπτει από την έρευνα του Cowan και των συνεργατών του (2000) είναι ότι τα παιδιά μικρότερης ηλικίας παρουσιάζουν μεγαλύτερου βαθμού λήθη στις ακουστικές-αισθητικές πληροφορίες. Επιπλέον, η διακύμανση στους δείκτες της λήθης στη συγκεκριμένη έρευνα εμπίπτουν στο μοντέλο time-based resource sharing (TBRS) του Barrouillet και των συνεργατών του (2004.

2009). Ο βαθμός επεξεργασίας και ο δείκτης της επανενεργοποίησης αποτελούν εξέχοντες παράγοντες στο συγκεκριμένο μοντέλο. Όπως η ταχύτητα της φθοράς, η οποία είναι ένας πιθανός παράγοντας που συμβάλλει στις αναπτυξιακές διαφορές της μνήμης εργασίας, δεν έχει όμως συμπεριληφθεί ακόμη στο μοντέλο time-based resource sharing (Cowan et al., 2000). Όμως, το ενδεχόμενο η ταχύτητα, με την οποία ο κάθε άνθρωπος ολοκληρώνει ένα έργο μπορεί να οδηγεί και σε διαφοροποίηση της λήθης, η οποία πιθανότατα μπορεί να προκύψει στην προσπάθεια να απομνημονευθούν οι ποικίλες πληροφορίες. Πιο συγκεκριμένα, η υπόθεση ότι η διακύμανση στο εύρος της μνήμης εργασίας συνδέεται με τις ατομικές διαφορές στη ταχύτητα επεξεργασίας και στην αποθηκευτική ικανότητα, απορρίφθηκε στατιστικώς στην έρευνα των Bayliss και Jarold (2015).

Συγχρόνως, υπάρχει η υπόθεση, ότι η περισσότερη επεξεργασία του ερεθίσματος μπορεί να επιφέρει ευκολότερα τη λήθη, καθώς παρέρχεται ο χρόνος παραμονής του στη μνήμη εργασίας, κατ' επέκταση είτε περνάει στη μακρόχρονη μνήμη για αποθήκευση της συγκεκριμένης πληροφορίας, είτε πολύ πιθανόν να επέλθει η λήθη του ερεθίσματος, λόγω διάσπασης ή αλληλοεπικάλυψης. Οι Bayliss και Jarold (2015) έδειξαν με έργα λήθης ότι οι ατομικές διαφορές στο επίπεδο της φθοράς της βασικής μνήμης, και η διαδικασία της παρεμβολής σχετίζεται με την ατομική ευαλωτότητα ως χαρακτηριστικό αλληλοεπικάλυψης της επεξεργασίας των μνημονικών αντικειμένων.

Στην ίδια γραμμή κινείται και επόμενη έρευνα του Barrouillet και των συνεργατών του (2012), που έδειξε ότι εάν η διάρκεια μιας δραστηριότητας μεγαλώνει, ενώ διατηρείται μια σταθερή διάρκεια μεταξύ του τέλους μίας δραστηριότητας και της παρουσίασης του επόμενου στοιχείου προς απομνημόνευση, αυτό συντελεί σε χαμηλότερη μνημονική επίδοση. Και άλλες έρευνες υποστηρίζουν τη συγκεκριμένη ιδέα, αποκαλύπτοντας την ένδειξη τουλάχιστον δύο μηχανισμών σε έργα που μετράμε το εύρος της μνήμης εργασίας. Ο ένας σχετίζεται με τη διάσπαση της προσοχής από τις δραστηριότητες διατήρησης και ο δεύτερος είναι ένας μηχανισμός παρέμβασης που σχετίζεται με το χαρακτηριστικό της αλληλοεπικάλυψης (Jarrold et al., 2011. Oberauer, Farrell, Jarrold, Pasiecznik, & Greaves, 2012. Saito & Miyake, 2004). Η αλληλοεπικάλυψη, όπως είδαμε παραπάνω, είναι βασικός παράγοντας στη διαδικασία της λήθης.

# Νευρωνικές δομές της μνήμης εργασίας

Προκειμένου, να εκτιμήσουμε τη σχεση της πολυγλωσσίας με τη μνήμη εργασίας, πρέπει αρχικά να γνωρίζουμε την τυπική λειτουργία της. Χαρακτηρίζεται ως μια ιδιότητα του εγκεφάλου που σκοπός της είναι η επίτευξη συμπεριφορικών στόχων και επιτυγχάνεται από πολλαπλά συστήματα όπως τα αισθητικά, εκείνα της διαδικαστικής μνήμης και της μνήμης επεισοδίων, αλλά και από κινητικά συστήματα.

Η κατανόηση των μηχανισμών της μνήμης εργασίας βοηθά στην κατανόηση των περίπλοκων μηχανισμών της γνωστικής λειτουργίας, αυτός ήταν ένας από τους λόγους που ώθησε πολλούς ερευνητές να ασχοληθούν με τη μελέτη της μνήμης εργασίας. Μία υπόθεση που διατυπώθηκε από τον Pribram και τους συνεργάτες του (1964) συνιστούσε ότι ο νευρικός μηχανισμός της μνήμης εργασίας μάλλον περιλαμβάνει τον προμετωπιαίο φλοιό, που εξειδικεύεται ως επι το πλείστον στο σύστημα του κεντρικού επεξεργαστή.

Το προαναφερόμενο σύστημα, δηλαδή ο κεντρικός επεξεργαστής, μπορεί να διατηρεί τις πληροφορίες κατά τη διάρκεια μιας γνωστικής δραστηριότητας, παραδείγματος χάριν της κατανόησης της γλώσσας, όπως στην περίπτωση των πολύγλωσσων ανθρώπων που ίσως υπάρχει πιο έντονη δραστηριότητα, αλλά και της φαντασίας και του συλλογισμού. Όσον αφορά τη γνωστική δραστηριότητα του συλλογισμού, ποικίλες έρευνες υποστηρίζουν τη στενή σχέση της λεκτικής και της οπτικοχωρικής χωρητικότητας στη μνήμη εργασίας με το συλλογισμό (Daneman & Tardif, 1987. Friedman & Miyake, 2000. Handley et al., 2002. Morrell & Park, 1993. Shah & Miyake, 1996).

Το χαρακτηριστικό που προαναφέρθηκε της διατήρησης των πληροφοριών έχει ως αποτέλεσμα, ότι ο κεντρικός επεξεργαστής που αποτελεί γενική δομή αλληλεπιδρά δυναμικά με την εξειδικευμένη δομή αποθήκευσης και δημιουργείται το μοντέλο της μνήμης εργασίας κατευθύνοντας το ρόλο της μνήμης στην πραγματική γνώση. Τα συστήματα του προμετωπιαίου φλοιού, των βασικών γαγγλίων, του θαλάμου και του εγκεφαλικού στελέχους θεωρούνται ως η νευρική βάση του κεντρικού επεξεργαστή (Kane et al., 2004).

Από λειτουργική άποψη, το πολυπαραγοντικό μοντέλο της μνήμης εργασίας κατάφερε να συνδυάσει την άμεση μνήμη και τις συνεργατικές λειτουργίες, που ο Miller και οι

συνεργάτες του το 1960 αναγνώρισαν ως κρίσιμης σημασίας, καθώς σύμφωνα με αυτό, κάποιος ήταν ικανός να διατηρήσει και να επιτεύξει πολλούς συμπεριφορικούς στόχους ταυτόχρονα. Ο Baddeley (1986) όρισε αυτή τη λειτουργία ως :

«την προσωρινή αποθήκευση των πληροφοριών που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία σε όλο το εύρος των γνωστικών έργων» (σελ. 34)

Γενικώς, η διατήρηση των πληροφοριών στη μνήμη εργασίας συμβαίνει στα ίδια κυκλώματα που επεξεργάζονται όλες οι εισερχόμενες πληροφορίες. Η ενεργή σημασιολογική μακρόχρονη μνήμη είναι υπεύθυνη για τις συμβολικές πληροφορίες, ενώ για τις αισθητικοκινητικές πληροφορίες είναι υπεύθυνα τα αισθητικοκινητικά συστήματα (D'Esposito & Postle, 2014). Ωστόσο, η μνήμη εργασίας βοηθά στην επιτυχημένη εκτέλεση μίας περίπλοκης συμπεριφοράς, ανεξαρτήτως με τις γνωστικές δομές που εμπλέκονται. Με αποτέλεσμα, η φθορά στο μνημονικό περιεχόμενο της μνήμης εργασίας μπορεί να παρατηρηθεί σε πολλά νευρολογικά και ψυχιατρικά σύνδρομα, τα οποία χαρακτηρίζονται από αποδιοργάνωση της συμπεριφοράς (Devinsky & D'Esposito, 2003). Παρακάτω θα αναφερθούν πέντε νευρικοί μηχανισμοί που διέπουν τη λειτουργία της μνήμης εργασίας. Όμως, γενικότερα, μπορούμε να υποθέσουμε ότι τη βάση των πιο σύγχρονων μοντέλων των νευρικών συστημάτων συνιστά το μοντέλο των Baddeley και Hitch (1974) .

Αρχικά, γίνεται αναφορά στο μηχανισμό της διαρκούς νευρωνικής δραστηριότητας. Οι Fuster και Alexander (1971) ανέφεραν ότι οι νευρώνες του προμετωπιαίου φλοιού παρουσίασαν διαρκή δραστηριότητα κατά τη διάρκεια ενός έργου χρονοκαθυστερημένης απόκρισης. Οι Kubota και Niki (1971) ασπάζονται την παραπάνω άποψη σύμφωνα με τα ευρήματά τους. Κατά τη διάρκεια ενός έργου χρόνοκαθυστερημένης εναλλαγής, παρατηρήθηκε η ικανότητα των νευρώνων να είναι σε συνεχή δραστηριότητα χωρίς κάποιο εξωτερικό ερέθισμα. Αυτή η ικανότητα είναι εξέχουσας σημασίας για τη νευρωνική βάση της μνήμης εργασίας. Έπειτα, από τις έρευνες αυτές, εντοπίστηκαν και άλλοι νευρώνες στον προμετωπιαίο λοβό που σχετίζονται με τη μνήμη εργασίας (π.χ., Funahashi et al., 1989. Miller et al., 1996).

Έπειτα, οι σειριακές αναπαραστάσεις στον προμετωπιαίο φλοιό αποτελούν τον δεύτερο νευρικό μηχανισμό. Η Goldman-Rakic (1995) υποστήριξε την ιδέα ότι η διαρκής δραστηριότητα στον προμετωπιαίο φλοιό αναπαριστά τα χαρακτηριστικά των πληροφοριών που διατηρούνται στη μνήμη εργασίας. Επιπλέον, βρέθηκε ότι ο

προμετωπιαίος φλοιός είναι εκείνος που ελέγχει τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά που παραμένουν στη μνήμη εργασίας σύμφωνα με τον Constantinidis και την ομάδα του (2001). Παρόλα αυτά, η δραστηριότητα στον προμετωπιαίο λοβό κατά την περίοδο χρονοκαθυστέρησης μπορεί να αντικατοπτρίσει ποικίλες μεταβλητές που δεν απευθύνονται αποκλειστικά στην προς απομνημόνευση πληροφορία. Παραδείγματος χάριν, οι Warden & Miller (2010) καταγράφοντας πλευρικούς νευρώνες του προμετωπιαίου λοβού πιθήκων, βρήκαν ότι αυτοί οι νευρώνες παρουσιάζουν ποικίλες προτιμήσεις στους κανόνες έργων, σε άλλη έρευνα αντίστοιχα βρέθηκε ότι επιδεικνύουν πιθανές κινητικές αποκρίσεις (Romo et al. 1999), είτε χαρτογράφιση απόκρισης-ερεθίσματος (Wallis et al. 2001).

Τον τρίτο νευρικό μηχανισμό, αποτελεί η σηματοδότηση από πάνω προς τα κάτω (Top-down signaling). Τα σήματα από πάνω προς τα κάτω, συνήθως, πηγάζουν από τον προμετωπιαίο φλοιό επηρεάζοντας την επεξεργασία στις φλοιϊκές και υποφλοιϊκές εγκεφαλικές περιοχές (Braver et al. 2008. Duncan 2001. Fuster 2008. Shallice 1982). Ένα τέτοιου είδους σήμα παρέχει άμεση ανατροφοδότηση στις οπίσθιες φλοιϊκές περιοχές, που επεξεργάζονται τα αισθητικά ερεθίσματα με συγκεκριμένο τρόπο απεικόνισης (π.χ. ακουστικό ή οπτικό).

Τον τέταρτο νευρικό μηχανισμό συνιστά η συνδεσιμότητα μεγάλης εμβέλειας (Long-range connectivity). Ο συγχρονισμός της δραστηριότητας μεταξύ των εγκεφαλικών περιοχών απαρτίζει ακόμη έναν νευρικό μηχανισμό απαραίτητο για τη λειτουργία της μνήμης εργασίας. Η μεθοδολογία για να ερευνηθεί ο συγκεκριμένος μηχανισμός είναι περιορισμένη, καθώς έχουν πραγματοποιηθεί λίγες έρευνες για τον τρόπο που επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν οι νευρώνες με τις εγκεφαλικές περιοχές, με σκοπό να ενισχύσουν τη μνήμη εργασίας. Αναπτύχθηκε μια πολυπαραγοντική μέθοδος, με σκοπό να χαρακτηριστεί η λειτουργική σύνδεση από τα συσχετιστικά δεδομένα με το fMRI, τα οποία μπορούν να μετρήσουν διαπεριφερειακές συσχετίσεις κατά τη διάρκεια ανεξάρτητων σταδίων ενός γνωστικού έργου (Rissman et al., 2004). Η χρήση αυτής της μεθόδου λειτουργεί ως το δικτύου των εγκεφαλικών περιοχών που σχετίζονται με τη διατήρηση της αναπαράστασης ενός ερεθίσματος μετά από μια μικρής διάρκειας χρονική παρεμβολή.

Μέσω της προαναφερθείσας μεθόδου, βρέθηκε εν τέλει λειτουργική σύνδεση μεταξύ της ατρακτοειδούς περιοχής προσώπου, του προμετωπιαίου φλοιού και του βρεγματικού φλοιού κατά τη διάρκεια χρονοκαθυστέρησης του έργου. Αυτό το

εύρημα, συνάδει με την ιδέα ότι οι περιοχές των φλοιών με υψηλότερη συνδεσιμότητα αλληλεπιδρούν με τις οπίσθιες αισθητικές περιοχές για να διευκολύνουν την ενεργή διατήρηση μίας αισθητηριακής αντίληψης (Gazzaley et al., 2004). Επιπλέον, ο Fiebach και η ομάδα του (2006) βρήκαν ότι οι οπίσθιες περιοχές που σχετίζονταν με τη γλώσσα εμπλέκονταν στη διατήρηση των λέξεων, οι οποίες ακόμη και χωρίς την παρουσία οπτικού ερεθίσματος, παρουσίασαν αυξημένη λειτουργική συνδεσιμότητα με τον προμετωπιαίο φλοιό.

Ο πέμπτος μηχανισμός συγκροτείται από τους νευροτροποποιητές του εγκεφαλικού στελέχους. Σε πολλά γνωστικά μοντέλα, οι νευροτροποποιητές όπως η ντοπαμίνη, η σεροτονίνη, η νορεπινεφρίνη ή η ακετυλοχολίνη, δεν έχουν κάποιο ιδιαίτερο ρόλο. Αλλά οι νευροτροποποιητικοί νευρώνες του εγκεφαλικού στελέχους έχουν τις προβολές τους σε όλες τις εγκεφαλικές περιοχές οπότε επηρεάζουν και τη γνωστική λειτουργία. Έρευνες σε ανθρώπους και σε ζώα έχουν δείξει ότι η ντοπαμινεργική τροποποίηση στην κυκλοφορία του πρόσθιου ραβδωτού είναι εξέχουσας σημασίας για τη λειτουργία της μνήμης εργασίας (Cools & D'Esposito, 2009). Ένας συνδυασμός αυτών των μηχανισμών που αναφέρθηκαν μπορεί να δώσει μια καλύτερη εξήγηση της νευρικής βάσης του γνωστικού ελέγχου της μνήμης εργασίας.

# Γνωστικά Μοντέλα για τη Μνήμη Εργασίας

Τα state-based μοντέλα μνήμης εργασίας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, α) ενεργής μακρόχρονης μνήμης και β) τα αισθητικοκινητικά μοντέλα. Γενικώς, βασίζονται στην ιδέα ότι η κατανομή της προσοχής στις εσωτερικές αναπαραστάσεις, σημασιολογικές αναπαραστάσεις μακρόχρονης μνήμης (π.χ. γράμματα, αριθμούς κλπ), αισθητηριακές ή κινητικές αναπαραστάσεις, έχει ως βάση τη βραχύχρονη διατήρηση των πληροφοριών στη μνήμη εργασίας. Ακόμη, τα συγκεκριμένα μοντέλα υποστηρίζουν ότι οι πληροφορίες διατηρούνται στη μνήμη εργασίας ομοίως με την κατάσταση ενεργοποίησης που δημιουργείται από την κατανομή της προσοχής.

## Α. Μοντέλο Ενεργού Μακρόχρονης Μνήμης

Στα μοντέλα ενεργού μακρόχρονης μνήμης, τα συμβολικά ερεθίσματα θεωρούνται συνήθως ότι είναι σημασιολογικά, όπως αναφέραμε προηγουμένως το παράδειγμα των

γραμμάτων και των ψηφίων. Αυτά τα μοντέλα προσπαθούν να εξηγήσουν τις ποικίλες καταστάσεις που δημιουργούνται από τις αναπαραστάσεις πληροφοριών που αποθηκεύονται στη μνήμη εργασίας και παρέχουν μια σημασιολογική αναπαράσταση των πληροφοριών στη μακρόχρονη μνήμη (D'Esposito & Postle, 2015). Επιπρόσθετα, τα συγκεκριμένα μοντέλα έχουν κερδίσει το ενδιαφέρον των ερευνητών, καθώς οι έρευνες στη γνωστική νευροεπιστήμη έχουν δείξει ότι μπορούν να ερμηνεύσουν επαρκώς τα νευρολογικά δεδομένα.

Ο Cowan το 1995, στο πιο διαδεδομένο state-based μοντέλο, δηλαδή εκείνο της ενεργού μακρόχρονης μνήμης κάνει περιγραφή δύο διακριτών καταστάσεων της βραχύχρονης μνήμης. Η πρώτη κατάσταση αναφέρεται σε μια περιορισμένη ικανότητα που μπορεί να χαρακτηριστεί και ως εστίαση της προσοχής. Στο συγκεκριμενο μοντέλο, της ενεργούς μακρόχρονης μνήμης, η εστίαση της προσοχής αντιστοιχεί σε περίπου τέσσερα κομμάτια πληροφοριών που κάποιος μπορεί να διατηρήσει στη μνήμη εργασίας του οποιαδήποτε χρονική στιγμή χρησιμοποιώντας το μοντέλο από-πάνω προς-τα-κατω για τον έλεγχο προσοχής. Ενώ, η δεύτερη περιγραφή αντιστοιχεί σε μία πιο διάχυτη κατάσταση, κατά την οποία το ενεργοποιημένο τμήμα της μακρόχρονης μνήμης, γνωστό και ως ενεργός μακρόχρονη μνήμη, δραστηριοποιείται. Η ενεργός μακρόχρονη μνήμη δεν έχει περιορισμό στη χωρητικότητα των πληροφοριών που θα διατηρήσει, αλλά είναι επιρρεπής στη χρονική φθορά και στην επίδραση της παρεμβολής. Όταν το περιεχόμενο της προσοχής εν τέλει μετατραπεί σε πληροφορία, τα στοιχεία που διατηρούνταν στο κομμάτι του ελέγχου της προσοχής μεταβιβάζονται στην ενεργό μακρόχρονη μνήμη (D'Esposito & Postle, 2015).

Ο Oberauer (2002. 2009) πρότεινε μια παραλλαγή του μοντέλου της ενεργούς μακρόχρονης μνήμης, η οποία αποτελεί τη θεωρία του για τα τρία ενσωματωμένα δομικά συστατικά. Στη συγκεκριμένη θεωρία, η εστίαση της προσοχής με τη χωρητικότητα των τεσσάρων στοιχείων, από το μοντέλο του Cowan, αναδιαμορφώνεται ως μια περιοχή που αποτελεί άμεση είσοδο σε μία στενότερη περιοχή ελέγχου προσοχής που μπορεί να διαχωρίσει τις πληροφορίες. Δεν υπάρχουν όρια χωρητικότητας πληροφοριών σε αυτές τις δύο φάσεις της μνήμης εργασίας σύμφωνα με τη θεωρία του Oberauer (2013). Η πληθώρα των πληροφοριών μπορεί μόνο να περιοριστεί από την παρέμβαση των δεσμών στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων, που μπορεί να συγκρατήσει η μνήμη εργασίας (Oberauer, 2013).

Μία ακόμη θεωρία, όσον αφορά το προαναφερθέν μοντέλο, ειπώθηκε από τον McElree (1998. 2006) αναφέροντας δύο φάσεις της μνήμης, η πρώτη αποτελείται από την εστίαση της προσοχής, όπως στην πρώτη θεωρία αλλά αυτή τη φορά με αυστηρό περιορισμό χωρητικότητας στο ένα αντικείμενο. Τη δεύτερη φάση αποτελεί η μακρόχρονη μνήμη, όπου όλα τα στοιχεία διατηρούνται με μία αυξανόμενη συνεχή μνημονική δύναμη. Θα μπορούσε κάποιος να το ορίσει και ως επίπεδο ενεργοποίησης, δηλαδή σύμφωνα με τη χρονική στιγμή που βρισκόταν στην εμβέλεια της εστίασης της προσοχής, από όπου περνούν όλα τα στοιχεία.

Οι εκδοχές του μοντέλου της ενεργούς μακρόχρονης μνήμης που αναφέρθηκαν παραπάνω, αν και έχουν διαφορές, όλες αντανακλούν την ιδέα. Δηλαδή, όταν παρουσιάζονται συμβολικές πληροφορίες προς απομνημόνευση, όπως λίστες ονομάτων ή αριθμών, οι αναπαραστάσεις των συγκεκριμένων πληροφοριών που έχουν δημιουργηθεί στη μακρόχρονη μνήμη, δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της αντιληπτικής αναγνώρισης και διατηρούνται σε μία κατάσταση υψηλής ενεργοποίησης, ώσπου αυτή η πληροφορία να μη χρειάζεται πλέον για την επίτευξη κάποιου στόχου. Αυτή η περιγραφή μπορεί να αντιστοιχεί στην εστίαση της προσοχής (D'Esposito & Postle, 2015).

## Β. Κινητικοαισθητικά Μοντέλα για τη Μνήμη Εργασίας

Τα κινητικοαισθητικά μοντέλα μνήμης εργασίας είναι τα συστήματα και οι αναπαραστάσεις που εμπλέκονται στην κατανόηση πληροφοριών και μπορούν, επίσης, να συμβάλλουν στη βραχύχρονη διατήρησή τους. Επιπλέον, θεωρούνται ότι ανήκουν στην τάξη της αντίληψης, όπως ο οπτικός προσανατολισμός και τα χρώματα, οι ακουστικοί τόνοι, οι απτικές δονητικές συχνότητες, που γίνονται αντιληπτά μέσω της διαδικαστικής μνήμης. Ένα παράδειγμα τέτοιου μοντέλου αποτελεί το attention-based rehearsal, σύμφωνα με το οποίο, μια τοποθεσία μπορεί να διατηρηθεί στη μνήμη εργασίας μέσω του μερίσματος της προσοχής που λαμβάνει (Awh & Jonides 2001).

Στην έρευνα των D'Esposito και Postle (2015), προτιμάται ο όρος αισθητικοκινητική πρόσληψη αν και στη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται και όρος αισθητηριακή, διότι ο πρώτος όρος συνδυάζει την αισθητική προσοχή με τον κινητικό σκοπό. Αυτός ο διαχωρισμός είναι χρήσιμος για τη οπτικοχωρική μνήμη εργασίας, η οποία μπορεί να επιβαρυνθεί, είτε από την εστίαση της προσοχής σε μία περιοχή που τη αποσπά (π.χ.,

Awh et al., 1998), είτε από ταυτόχρονα έργα τα οποία απαιτούν άσχετες μεταξύ τους ακολουθίες κινήσεων, όπως οπτική και απτική κίνηση κ.α (Postle et al., 2006). Παρόλα αυτά, η κινητική δραστηριότητα μπορεί να αλλάξει, όπως η τροχιά των σακκαδικών κινήσεων, όταν αποθηκεύεται μία θέση στον περιβάλλοντα χώρο στη μνήμη εργασίας (Theeuwes et al. 2005).

Τα προαναφερθέντα ευρήματα υποστηρίζουν ότι η θέση στο χώρο μπορεί να διαμορφωθεί και να διατηρηθεί σε έναν νοητό χάρτη που διαμορφώνεται στο νου και αναπαριστά τον εκάστοτε στόχο ενεργοποιώντας του κατάλληλους κινητικούς συντελεστές (Postle, 2011). Ωστόσο, η διάρκεια χρονοκαθυστέρησης στον εντοπισμό είτε του χρώματος είτε του προσανατολισμού ενός ερεθίσματος στα έργα καθυστερημένης αναγνώρισης υποστηρίζεται από τον πρωταρχικό οπτικό φλοιό (περιοχή V1) σύμφωνα με έρευνες που έχουν βασιστεί στο πολυπαραγοντικό σχήμα ανάλυσης (Harrison & Tong, 2009. Serences et al., 2009). Το προαναφερθέν σχήμα χρησιμοποιείται με ποικίλα ερεθίσματα, όπως είναι η βραχύχρονη διατήρηση της κίνησης που μπορεί να αποκωδικοποιηθεί από τον πλάγιο εξωραβδωτό φλοιό (Emrich et al., 2013. Riggall & Postle, 2012). Ενώ, όσον αφορά τη βραχύχρονη διατήρηση των οικείων αντικειμένων, προσώπων, σκηνικών ακόμη και σωματικών ερεθισμάτων, σύμφωνα με τον Christophel και την ομάδα του (2012), αποκωδικοποιείται από το κροταφοινιακό σύμπλεγμα και η βραχύχρονη διατήρηση των περίπλοκων οπτικοχωρικών σχημάτων αναλύεται από τον ινιακό και το βρεγματικό φλοιό (Han et al. 2013. Lee et al. 2013. Nelissen et al. 2013. Sreenivasan et al. 2014b).

Παρά τις επιφανειακές διαφορές, τα δύο state-dependent μοντέλα μνήμης εργασίας (Μοντέλο Ενεργού Μακρόχρονης Μνήμης, Κινητικοαισθητικά Μοντέλα Μνήμης Εργασίας) βασίζονται στην ιδέα της προσεκτικής επιλογής των νοητών αναπαραστάσεων και των αποτελεσμάτων της προσεκτικής ιεράρχησης, που εξηγεί τις ιδιότητες, όπως τον περιορισμό δυνατοτήτων, την προληπτική παρεμβολή από τα μη σχετικά στοιχεία κ.α. (D'Esposito & Postle, 2015). Αυτά τα δύο μοντέλα πιθανόν να χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των έργων οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας που διεξήχθησαν και στην παρούσα διπλωματική εργασία. Εφόσον παρατηρήθηκε η καλύτερη επίδοση των πολύγλωσσων, μάλλον παρουσιάζουν και καλύτερη διεργασία και στις λειτουργίες που εξυπηρετούν αυτά τα μοντέλα, παραδείγματος χάριν καλύτερη κατανόηση των πληροφοριών και καλύτερη ερμηνεία των καταστάσεων.

# Μέρος Δεύτερο

Πηγή: https://uwaterloo.ca/arts/events/computer-assisted-language-learning-call

# Εκμάθηση ξένης γλώσσας

Η επίδραση των γλωσσών στον εγκέφαλο είναι ένα ζήτημα που απασχολεί ιδιαιτέρως την επιστημονική κοινότητα, καθώς η μάθηση είναι στενά συνδεδεμένη με την τροποποίηση του εγκεφάλου από την εμπειρία (Kandel 2000, 2001). Παλαιότερα, όμως, υπήρχε η άποψη, ότι είναι πιο δύσκολο για τους ενήλικες να μάθουν μια νέα ξένη γλώσσα, αφού έχει παρέλθει η ευαίσθητη περίοδος, διότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν νέες εγκεφαλικές δομές, οπότε κατ' επέκταση να προκύψει η τροποποίηση του εγκεφάλου.

Αυτή η άποψη, πλέον καταρρίπτεται με τις νεότερες έρευνες, αφού πρόεκυψε το συμπέρασμα, ότι ο εγκέφαλος ενός ενήλικα μπορεί να χρησιμοποιήσει παρόμοιες εγκεφαλικές δομές με εκείνες της μητρικής γλώσσας και στη δεύτερη ή τρίτη γλώσσα που πρόκειται να μάθει (Hernandez, 2009. Meschyan & Hernandez, 2006. Nelson, Liu, Fiez, & Perfetti, 2009. Perani et al., 2003). Στους πιο δύσκολους τομείς μιας γλώσσας, όπως η γραμματική, μπορεί να ενεργοποιηθούν οι εγκεφαλικές διεργασίες που είναι όμοιες με εκείνες της πρώτης γλώσσας, προκειμένου να βοηθήσουν στην εκμάθηση και την απομνημόνευση (Cao, 2014).

Είχε δημιουργηθεί το ερώτημα, αν οι εγκεφαλικές διεργασίες ενεργοποιούνται πάντα ή σε συγκεκριμένες περιπτώσεις υποδοχής πληροφοριών αναλόγως με την εκμάθηση της δεύτερης γλώσσας (Ullman et al, 2012). Στο ερώτημα αυτό, μπορεί να δοθεί εξήγηση από τους μηχανισμούς της αφομοίωσης και της προσαρμογής (Cao, 2014). Όπου αφομοίωση είναι, σύμφωνα με το αισθησιοκινητικό/προσαρμοστικό μοντέλο της νοητικής ανάπτυξης του Jean Piaget, μια γνωστική διαδικασία με την οποία το άτομο αντιλαμβάνεται τις νέες πληροφορίες με τα ήδη υπάρχοντα γνωστικά σχήματα και αντιλήψεις που κατέχει. Η έννοια της προσαρμογής είναι η διαδικασία μέσω της οποίας το άτομο ενσωματώνει νέες εμπειρίες που δεν ταιριάζουν με τους ήδη υπάρχοντες τρόπους κατανόησης του κόσμου, δηλαδή τα ήδη υπάρχοντα σχήματα αντίληψής του.

Βασιζόμενοι σε αυτούς τους μηχανισμούς, οι ενήλικες μπορούν να μάθουν νέα γλωσσικά συστήματα. Είτε μέσω της αφομοίωσης, που μπορούν να βασιστούν στη μητρική τους γλώσσα και εκεί να εντάξουν την καινούρια γνώση, είτε μέσω της προσαρμογής που θα μάθουν νέες φωνοτακτικές δομές του γλωσσικού συστήματος που θα επιλέξουν.

# Ευχέρεια στην ξένη γλώσσα

Καθοριστική σημασία στην ευχέρεια της ξένης γλώσσας έχει η απόκτηση λεξιλογίου (π.χ. Laufer, 1990). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι ο βαθμός αντιληπτικής ομοιότητας ή διαφοράς μεταξύ των ήχων της μητρικής και της δεύτερης ξένης γλώσσας επηρεάζει την απόκτηση είτε αντιληπτικής είτε παραγωγικής ευχέρειας στην ξένη γλώσσα (Callan et al., 2003. 2004. Mack, 2003). Άλλοι παράγοντες που αλληλεπιδρούν με τη γλωσσική επίδοση στην ξένη γλώσσα και μπορούν να επηρεάσουν τη φλοιϊκή αναπαράσταση των γλωσσών σε πολύγλωσσα άτομα, είναι η ηλικία που το άτομο αποκτά την ξένη γλώσσα, η συνολική έκθεσή του σε αυτή και το επίπεδο επάρκειας που έχει επιτευχθεί (Gandour et al. 2007). Οι προαναφερόμενοι παράγοντες είναι σημαίνουσας σημασίας, καθώς λίγα άτομα που έχουν ενασχόληση με ξένες γλώσσες, ασχέτως με την ηλικία έναρξης της ξένης γλώσσα, μπορούν να αποκτήσουν άριστη ευφράδεια σε φωνητικό επίπεδο.

Ένας από τους παράγοντες, που μπορούν να επηρεάσουν την ευχέρεια που αποκτά ένα άτομο στην ξένη γλώσσα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι η ηλικία που εκτίθεται σε αυτήν. Διαφορετικοί τομείς της γλώσσας μπορούν, όμως, να επηρεαστούν από τη μη έγκαιρη έκθεση στην ξένη γλώσσα, όπως είναι η γραμματική επεξεργασία, που επηρεάζεται αρνητικά, όταν η έκθεση δεν προκύψει σε ευαίσθητη/κρίσιμη περίοδο. Η κρίσιμη/ευαίσθητη περίοδος αφορά στα πρώτα κιόλας χρόνια των παιδιών, κατά τα οποία πρέπει να αποκτηθούν κάποιες δεξιότητες. Η διάρκεια της κρίσιμης/ευαίσθητης περιόδου για την ωρίμανση των αισθητηριακών συστημάτων και των εγκεφαλικών λειτουργιών καθορίζεται από διάφορους κληρονομικούς ή περιβαλλοντικούς παράγοντες. Αν υπερβούμε την κρίσιμη περίοδο, η λειτουργία δεν εμφανίζεται ή εμφανίζεται πολύ μειωμένη και με μεγάλη απόκλιση από το τυπικό επίπεδο.

Η ηλικία εκμάθησης της δεύτερης γλώσσας, σύμφωνα με τα προλεγόμενα, είναι κρίσιμη για την επίδοση που θα έχει κάποιος στη συγκεκριμένη γλώσσα, όπως, επίσης, και για τη λειτουργική εξειδίκευση της γλώσσας στον εγκέφαλο (Neville, Mills and Lawson, 1992. Neville, Coffey, Lawson, Fischer, Emmorey and Bellugi, 1997. Weber-Fox and Neville, 1996. Hahne et al. 2001). Στα άτομα που αναστέλλεται η έκθεσή τους στη δεύτερη γλώσσα, έχουμε ως αποτέλεσμα, το επίπεδο ευχέρειας να επιδρά στη νευρική οργάνωση της ακουστικής κατανόησης της γλώσσας.

Διαφορετικά, εν μέρει, ευρήματα έφερε έρευνα με Κινεζικά και Αγγλικά ως δεύτερη ξένη γλώσσα, που υποστήριξε, επίσης, την ύπαρξη των ευαίσθητων περιόδων, οι οποίες έδειξαν ότι επηρεάστηκε περισσότερο το συντακτικό παρά η λεξικο-σημασιολογική επεξεργασία και ότι η επεξεργασία των εννοιολογικών όρων μιας γλώσσας επηρεάστηκε μόνο σε συμμετέχοντες που ξεκίνησαν να τη μαθαίνουν μετά την εφηβεία (Weber-Fox & Neville, 1996). Σε επόμενη έρευνα, η επεξεργασία των συντακτικών όρων παρέκκλινε από το φυσιολογικό σχήμα εγκεφαλικής λειτουργίας σε όλους τους συμμετέχοντες, εκτός εκείνων που εκτέθηκαν στη γλώσσα πριν την ηλικία των τεσσάρων χρόνων (Hahne et al., 2001).

Τα παραπάνω δεδομένα δείχνουν ότι υπάρχει μια κρίσιμη περίοδος μεταγεννητικής ωρίμανσης. Επίσης, προτείνουν ότι υπάρχουν διαφοροποιημένοι εγκεφαλικοί μηχανισμοί της συντακτικής επεξεργασίας για εκείνους που έμαθαν αργότερα, από τις κρίσιμες περιόδους, τη γλώσσα και για εκείνους που τη μαθαίνουν εγκαίρως ή πρόκειται για τη μητρική τους (Hahne et al. 2001). Επιπλέον, κάποιες ανεπαίσθητες διαφορές, στον τρόπο με τον οποίο η λειτουργία της προσωδίας στο επίπεδο της πρότασης εκφράζεται στη δεύτερη ξένη γλώσσα, μπορεί να προκαλέσουν μεγαλύτερη ενεργοποίηση αμφίπλευρα στις πρόσθιες περιοχές, εμπλέκοντας κινητικές περιοχές της ομιλίας και της λεκτικής μνήμης εργασίας (Gandour et al. 2007).

Υπάρχει, όμως, και η άποψη της μελέτης των Klein και των συνεργατών του (1999), η οποία υποστήριξε ότι υπάρχει κοινό νευρικό υπόστρωμα για τις δύο γλώσσες, που φανερώνεται από την μικρή αλληλοεπικάλυψη της μητρικής με τη δεύτερη γλώσσα, για όσους εκτέθηκαν σε αυτή μετά την ευαίσθητη περίοδο. Με την παραπάνω άποψη, συμφωνούν και πολλοί άλλοι ερευνητές (π.χ. Perani et al., 2003. Meschyan & Hernandez, 2006. Nelson, Liu, Fiez, & Perfetti, 2009. Hernandez, 2009).

Η ευχέρεια στην ξένη γλώσσα είναι καθοριστικής σημασίας, όπως προκύπτει από τα παραπάνω δεδομένα. Η σημασία της επιβεβαιώνεται και από την έρευνα του Perani και των συνεργατών του (1998) που υποστήριξε ότι το επίπεδο της ευχέρειας στη δεύτερη γλώσσα, όχι η ηλικία ενασχόλησης, είναι το στοιχείο που θα καθορίσει το ποσοστό αλληλεπικάλυψης στη φλοιϊκή αναπαράσταση της μητρικής και της ξένης γλώσσας. Στο επόμενο υποκεφάλαιο , θα αναφερθεί η λειτουργία που εμφανίζεται στον εγκέφαλο κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της μητρικής  αλλά και των ξένων γλωσσών.

# Νευρωνικές Βάσεις της Γλωσσικής Λειτουργίας

Η θέση της γνωσιακής επιστήμης γενικότερα για την επεξεργασία της γλώσσας είναι ότι δεν αποτελεί έναν σειριακό μηχανισμό αναζήτησης, αλλά μια παράλληλη ενεργοποίηση (Marslen-Wilson, 1987. McClelland & Elman, 1986). Επιπλέον, φαίνεται να παρατηρείται η χρήση των όμοιων εγκεφαλικών περιοχών για την επεξεργασία της δεύτερης γλώσσας, ακόμη και σε όσους την αποκτούν μετά τις ευαίσθητες περιόδους. Αυτό το εύρημα είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς αποδεικνύει ότι το νευρωνικό υπόστρωμα είναι βιολογικά καθορισμένο για τις δομές της προσωδίας του λόγου (Gandour et al., 2007). Βεβαίως, παρατηρήσεις που προέκυψαν από έρευνες (π.χ., Marian et al., 2003), έδειξαν ότι δεν ενεργοποιούνται όλες οι δομές στο ίδιο επίπεδο επεξεργασίας.

Αρχικά, μια δομή που ενεργοποιείται είναι ο μετωπιαίος φλοιός, ο οποίος είναι ιεραρχικά δομημένος, ώστε να παρέχει σήματα πόλωσης που διαμορφώνουν τη συμπεριφορά ανάλογα με τους στόχους. Η δομή του μετωπιαίου φλοιού αποτελεί βασική περιοχή έρευνας για την ανακάλυψη των νευρωνικών μηχανισμών που είναι απαραίτητοι στο γνωστικό έλεγχο και τις γνωστικές λειτουργίες (D'Esposito & Postle, 2015). Μία από τις κύριες γνωστικές λειτουργίες, αποτελεί η εκμάθηση της γλώσσας σε όλο το εύρος της, δηλαδή στην ανάγνωση, την προσωδία και τη γραφή. Ακόμα, κύρια γνωστική λειτουργία, αποτελεί η μνήμη εργασίας, η οποία συνδέεται άμεσα με τη γλώσσα.

Άλλη δομή υπεύθυνη για την ομιλία, ανεξάρτητα από την τυπολογία της γλώσσας, είναι το αριστερό ημισφαίριο, έδειξαν έρευνες από πολύγλωσσους αφασικούς ασθενείς (Paradis, 1995, 1998, 2001). Η σύνδεση του λόγου με το αριστερό ημισφαίριο είναι γνωστή και διαπιστωμένη, μέσω κλινικών εικόνων ασθενειών και νοσημάτων, αφού εκεί εδρεύουν οι περιοχές του Broca και του Wernicke, δηλαδή το κινητικό και αισθητικό κέντρο του λόγου.

Οι παραπάνω έρευνες αφορούν τη μητρική γλώσσα, ενώ όσον αφορά την ενασχόληση με τις ξένες γλώσσες, τα ευρήματα είναι αμφιλεγόμενα σχετικά με τη χρήση των νευρικών δομών που χρησιμοποιούνται. Αυτό οφείλεται, κυρίως, στις διφορούμενες απόψεις που υπάρχουν, δηλαδή είτε οι πολύγλωσσοι βασίζονται σε παρόμοιες ή ίδιες

εγκεφαλικές δομές με τη μητρική τους γλώσσα είτε σε νέες δομές που αφορούν μόνο τη νέα γλώσσα. Από τη μία πλευρά, οι Kim, Relkin, Lee και Hirsch (1997) αξιολογώντας άτομα δίγλωσσα, όχι εκ γενετής, βρήκαν ότι εκείνοι που εκτίθενται μετά τις ευαίσθητες περιόδους στην εκμάθηση της ξένης γλώσσας ενεργοποιούν διαφορετικές περιοχές για κάθε γλώσσα στην κοιλιακή μετωπιαία έλικα, ενώ οι Chee, Tan και Thiel (1999) βρήκαν ότι ενεργοποιούν τις ίδιες περιοχές και για τις δύο γλώσσες στον μετωπιαίο, κροταφικό και βρεγματικό λοβό.

Η κοινή χρήση των περιοχών, είχε γίνει φανερή και από την έρευνα του Klein και των συνεργατών του (1995), οι οποίοι παρατήρησαν ότι η δεύτερη γλώσσα (Αγγλική) έδειξε μεγαλύτερη ενεργοποίηση από ότι η μητρική (Γαλλική) σε μια μελέτη με τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET) με επιδέξιους και έμπειρους ομιλητές και των δύο γλωσσών. Στην ίδια έρευνα, η δεύτερη ξένη γλώσσα ενεργοποιεί μεγαλύτερη φλοιϊκή περιοχή στην κάτω μετωπιαία έλικα κατά τη διάρκεια της λεξιλογικής και της φωνολογικής επεξεργασίας. Επίσης, κατέδειξε και για τις δύο γλώσσες ότι υπάρχουν αλληλεπικαλυπτόμενες περιοχές ενεργοποίησης στην αριστερή κοιλιακή μετωπιαία έλικα, κατά τη διάρκεια εννοιολογικής και φωνολογικής επεξεργασίας (Klein, Milner, Zatorre, Meyer, & Evans, 1995). Ακόμα, σε άλλη έρευνα που υποστήριξε τη χρήση των παρόμοιων εγκεφαλικών δομών, βρέθηκε πανομοιότυπη ενεργοποίηση στην περιοχή του μετωπιαίου λοβού κατά τη διάρκεια εννοιολογικής επεξεργασίας και για τις δύο γλώσσες (Ισπανική-Αγγλική) (Illes et al. 1999).

Παράλληλα, ο Gandour και η ομάδα του (2007) που ερεύνησαν τη νευρωνική βάση της μητρικής και της ξένης γλώσσας στο επίπεδο επεξεργασίας της γλωσσικής προσωδίας, βρήκαν ότι υπάρχει αριστερή ασυμμετρία στην υπερχείλια έλικα και δεξιά ασυμμετρία στο μέσο μέρος της πρόσθιας μέσης έλικας. Ας σημειωθεί ότι, εντοπίστηκε αριστερή ασυμμετρία στην οπίσθια μέση κροταφική έλικα μόνο για την μητρική γλώσσα (Gandour et al., 2007). Αντίστοιχα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ενεργοποίηση κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας της ξένης γλώσσας, αμφίπλευρα στον πρόσθιο νησιωτικό φλοιό και στην άνω μετωπιαία αύλακα μέσω δύο ψυχολογικών έργων (sentence focus task, sentence type task). Διαφοροποιημένα μοτίβα ενεργοποίησης στη φωνητική ένδειξη μεταξύ της μητρικής και της ξένης γλώσσας, προέκυψαν από το έργο sentence focus. Κατ΄ επέκταση, προκύπτουν και αυξημένες υπολογιστικές απαιτήσεις για την επεξεργασία της ξένης γλώσσας (Gandour et al., 2007). Τα παραπάνω ευρήματα αποδεικνύουν, ότι η επεξεργασία της μητρικής και της ξένης γλώσσας γίνεται από ένα

κοινό νευρικό σύστημα παρά την αργή εκμάθηση και τις επιπλέον νευρικές δομές που απαιτούνται για διεκπεραίωση συγκεκριμένων έργων από τους δίγλωσσους που δεν έχουν πλήρη ευχέρεια της γλώσσας (Gandour et al., 2007).

Επιπλέον, λειτουργικά νευροαπεικονιστικά δεδομένα (functional magnetic resonance imaging-fMRI, positron emission tomography- PET) αποκάλυψαν ότι η επεξεργασία της ξένης γλώσσας στον εγκέφαλο γίνεται, κατά κύριο λόγο, από τις ίδιες εγκεφαλικές περιοχές με τις οποίες πραγματοποιείται η μητρική γλώσσα, αλλά παρατηρήθηκε και η ενεργοποίηση κάποιων διαφορετικών δομών (Gandour et al., 2007), όπως αναφέρεται παραπάνω. Στην έρευνα του Gandour (2007), τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, ακόμη και τα άτομα που ξεκίνησαν αργά την εκμάθηση της ξένης γλώσσας, συγκεκριμένα της αγγλικής, χρησιμοποιούν όμοιες εγκεφαλικές περιοχές για την επεξεργασία της γλωσσικής προσωδίας στο επίπεδο της πρότασης. Κατά την επεξεργασία της δεύτερης ξένης γλώσσας, τα υποκείμενα νευρικά υποστρώματα για την αντίληψη της λεκτικής προσωδίας προσαρμόζονται αυξάνοντας την ενεργοποίηση των κοινών για τις δύο γλώσσες περιοχών ή επιστρατεύοντας περιοχές μοναδικές για τη δεύτερη ξένη γλώσσα. Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, προκύπτει το συμπέρασμα, ότι η επεξεργασία της ξένης γλώσσας δεν γίνεται εξ ολοκλήρου από διαφορετικές περιοχές από τη μητρική, αλλά η δραστηριότητα στις πρωταρχικές περιοχές ενισχύεται από άλλα νευρικά δίκτυα, σε περίπτωση που χρειαστεί.

Η ίδια άποψη για την κοινή, εν μέρει, χρήση των εγκεφαλικών περιοχών, έδειξαν τα αποτελέσματα ερευνών με άμεσο ερεθισμό του εγκεφαλικού φλοιού (direct electrocortical stimulation), όπου φαίνεται ότι τα άτομα που μιλούν ξένες γλώσσες χρησιμοποιούν τόσο κοινές όσο και διαφορετικές φλοιϊκές περιοχές στον κροταφικό, βρεγματικό και πρόσθιο λοβό για τις ποικίλες γλώσσες (FitzGerald et al., 1997. Lucas et al., 2004. Ojemann et al., 1989. Ojemann & Whitaker, 1978. Roux et al., 2004).

Συμπληρωματικά ήταν τα αποτελέσματα μίας λειτουργικής νευροαπεικονιστικής μελέτης, η οποία, έδειξε ομοιότητες και διαφορές στην επεξεργασία της μητρικής και της ξένης γλώσσας (Marian et al., 2003). Οι μεν ομοιότητες αποτελούνται από τις γενικές περιοχές και το συνολικό σχήμα ενεργοποίησης (όμοιες περιοχές Brodmann ενεργοποιήθηκαν και στις δύο γλώσσες), αλλά και από ενέργειες αλληλοεπικάλυψης στην άνω κροταφική έλικα κατά τη φωνολογική επεξεργασία. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τη φωνολογική επεξεργασία, το σχεδιασμό και την εκτέλεση κίνησης της

ομιλίας, η αριστερή πρόσθια έλικα του προσαγωγίου έχει καθοριστική σημασία (Perani, 2005).

Αναφερόμενοι στη φωνολογική επεξεργασία από τα τρία χαρακτηριστικά της ομιλίας, όλοι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν αμφίπλευρη ενεργοποίηση στην κάτω μετωπιαία έλικα, υπονοώντας ότι η περιοχή Broca's είναι ενεργά συνδεδεμένη με πολλαπλές πλευρές της γλωσσικής επεξεργασίας και στην άνω κροταφική έλικα για την επεξεργασία και των δύο (ή περισσότερων) γλωσσών. Σε αντίθεση, η άνω κροταφική έλικα (περιοχή Wernicke's) ήταν μονίμως ενεργοποιημένη στις φωνολογικές αναλύσεις και η εμπλοκή της, κατά την ακουστική επεξεργασία, ήταν αναμενόμενη, υποστηρίζοντας τον καίριο ρόλο της στη φωνολογική επεξεργασία. Προκύπτει το συμπέρασμα, ότι κάποιες από τις εγκεφαλικές περιοχές ενεργοποιούνται από κοινού και στις δύο (ή περισσότερες) γλώσσες. Συγκεκριμένα, οι δραστηριότητες αλληλοεπικάλυψης στην άνω κροταφική έλικα αποτελούν ένδειξη ότι οι κοινές φλοιϊκές δομές, μάλλον, ευθύνονται για την παράλληλη ενεργοποίηση και των δύο γλωσσών στο επίπεδο φωνολογικής επεξεργασίας και στη χαρτογράφιση της ακουστικο-φωνητικής καταχώρησης στα υποψήφια λεξιλογικά στοιχεία (Marian et al. 2003).

Οι δε διαφορές αποτελούνται από το εύρος ενεργοποίησης (μεγαλύτερη ενεργοποίηση στη δεύτερη γλώσσα) και διαφορετικά κέντρα ενεργοποίησης στην κάτω μετωπιαία έλικα. Επιπλέον, έδειξε ότι οι ίδιες γενικές δομές (η κοιλιακή μετωπιαία έλικα, η άνω κροταφική έλικα, η μέση κροταφική έλικα, η μετακεντρική έλικα/οπίσθια κεντρική έλικα, η γωνιώδης έλικα, η υπερχείλια έλικα και ο εξωραβδωτός οπτικός φλοιός) ενεργοποιούνται και για τις δύο γλώσσες (Ρωσική-Αγγλική) (Marian et al., 2003).

Στην ίδια έρευνα (Marian et al. 2003), η ξένη γλώσσα ενεργοποίησε μεγαλύτερη φλοιϊκή περιοχή και στα δύο ημισφαίρια. Μία υπόθεση θα μπορούσε να είναι, ότι η μεγαλύτερη ενεργοποίηση της φλοιϊκής περιοχής προκαλείται επειδή, μάλλον, οι δίγλωσσοι συγκεντρώνουν ταυτόχρονη φωνητική εισαγωγή και στα δύο νοητά λεξικά, καθώς εκτυλίσσεται μια λέξη σε πραγματικό χρόνο, ακόμη και αν το γλωσσικό περιβάλλον είναι αποκλειστικά μονόγλωσσο (Marian & Spivey, 1999). Όπως ήταν αναμενόμενο, η ξένη γλώσσα ενεργοποίησε μεγαλύτερη φλοιϊκή περιοχή στην κάτω μετωπιαία έλικα, η οποία έχει καίριο ρόλο στη γλωσσική επεξεργασία, κυρίως στην επεξεργασία μεμονωμένων λέξεων, κατά τη διάρκεια λεξιλογικής και φωνολογικής επεξεργασίας (Marian et al. 2003), το ίδιο υποστηρίζεται και από την έρευνα του Klein

και των συνεργατών του (1995) με τη γαλλική ως μητρική και την αγγλική ως ξένη γλώσσα. Τα παραπάνω ευρήματα φανερώνουν, ότι, ίσως, η επεξεργασία της δεύτερης γλώσσας απαιτεί περισσότερους φλοιϊκούς πόρους, παρά την επεξεργασία της μητρικής.

Άλλη παρατήρηση που προέκυψε από την έρευνα του Marian και των συνεργατών του (2003), είναι ότι υπήρχε δεξιά ασυμμετρία στο μεσαίο μέρος της μέσης μετωπιαίας έλικας σε όλα τα έργα στην απόκριση όλων των ερεθισμάτων και στις δύο γλώσσες. Η παρατήρηση αυτή αποδεικνύει ότι οι πιο γενικές διαδικασίες ακουστικής προσοχής και μνήμης εργασίας σχετίζονται με χαμηλή τονική αντίληψη, ανεξαρτήτως από τα χαρακτηριστικά μιας γλώσσας. Επίσης, το μεσαίο μέρος του πλαγιο-ραχιαίου προμετωπιαίου φλοιού έδειξαν οι αναλύσεις ότι εμπλέκεται στον έλεγχο προσοχής των έργων και στη συγκράτηση πληροφοριών στη μνήμη εργασίας (Corbetta & Shulman, 2002. MacDonald et al., 2000).

Όπως, επίσης, η αμφίπλευρη ενεργοποίηση στην ενδοβρεγματική αύλακα, φαίνεται να αντανακλά γενικές εκτελεστικές διαδικασίες, που σχετίζονται με έργα που απαιτούν από τους συμμετέχοντες να αποπροσανατολίσουν ή να διατηρήσουν την προσοχή τους σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία ή ένα χαρακτηριστικό (Ravizza et al., 2004). Επιπροσθέτως, στα έργα προσοχής και μνήμης εργασίας χρησιμοποιώντας μια ευρεία ποικιλία λεκτικών, χωρικών και οπτικών ερεθισμάτων προέκυψε η ενεργοποίηση της ενδοβρεγματικής αύλακας με το ραχιαίο προσθιο-βρεγματικό δίκτυο εκτελεστικών λειτουργιών (Chein et al., 2003).

Παράλληλα, ένα ακόμη χαρακτηριστικό της γλωσσικής επεξεργασίας αποτελεί η επεξεργασία της λεκτικής αντίληψης, που πραγματοποιείται από το νευρωνικό κύκλωμα της πρόσθιας βρεγματικής περιοχής, η οποία όμως δεν λειτουργεί απομονωμένη από τις υπόλοιπες περιοχές του νευρικού κυκλώματος. Στην έρευνα του Gandour και των συνεργατών του (2007), το επίπεδο ενεργοποίησης της πρόσθιας βρεγματικής περιοχής πρέπει απαραιτήτως να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις του διεξαγώμενου έργου. Η ενεργοποίησή της πρόσθιας βρεγματικής περιοχής μαζί με την αριστερή οπίσθια μέση κροταφική έλικα, στα ερεθίσματα που δόθηκαν σε δύο γλώσσες, συνάδει με το φερόμενο ρόλο της πρώτης (πρόσθιας βρεγματικής περιοχής) στη λεκτική μνήμη εργασίας (Chein et al., 2003. Paulesu et al., 1993. Ravizza et al., 2004).

Οι περισσότερες απόψεις τείνουν στην κοινή ενεργοποίηση των εγκεφαλικών περιοχών για τη μητρική και για την ξένη γλώσσα. Μια άποψη που φανερώνει ότι οι νευρωνικές δομές δεν είναι ξεχωριστές για τα δύο ή περισσότερά γλωσσικά συστήματα που κατέχει ένα άτομο, αλλά παρατηρείται αλληλοεπικάλυψη ενώ σε μερικές περιπτώσεις ενεργοποίηση διαφορετικών δομών, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Βασική γνωστική λειτουργία που ενεργοποιείται κατά τη γλωσσική επεξεργασία, είτε στη μητρική είτε στην ξένη γλώσσα, είναι η μνήμη εργασίας, οπότε, υποθέτουμε ότι υπάρχει ένα είδος αλληλεπίδρασης. Την άποψη της αλληλεπίδρασης μεταξύ των γλωσσικών διεργασιών και της μνήμης εργασίας στηρίζουν μελέτες, οι οποίες έδειξαν ότι οι μετρήσεις της μητρικής και της ξένης γλώσσας και εκείνες της μνήμης εργασίας έχουν υψηλή συσχέτιση (π.χ. Osaka & Osaka, 1992).

## Επίδραση της διγλωσσίας στη λειτουργία της μνήμης εργασίας

Πρόσφατες έρευνες υποστηρίζουν ότι πληθώρα από γνωστικά απαιτητικές εμπειρίες μπορούν να τροποποιήσουν την ανάπτυξη του εγκεφάλου και κατ' επέκταση τη γνωστική λειτουργία ενός ατόμου (π.χ., Green & Bavelier, 2003. Maguire et al., 2000. Polk & Farah, 1998. Salthouse & Mitchell, 1990). Προκειμένου να συμβεί αυτή η τροποποίηση στις ποικίλες δομές του εγκεφάλου, αναφερόμενοι κυρίως στη γνωστική λειτουργία του, πρέπει να προηγηθεί έντονη νοητική εξάσκηση.

Ένα καλό παράδειγμα αποτελούν οι μουσικοί, στους οποίους έχουν γίνει αρκετές έρευνες που επικυρώνουν την τροποποίηση δομών του εγκεφάλου χάρη στην έντονη εξάσκηση. Όπως, επίσης, ένα ακόμη εύστοχο παράδειγμα, αποτελεί η εξάσκηση των δύο ή περισσότερων γλωσσών καθημερινά, που έχει δείξει ευεργετικές αλλαγές στη γνωστική λειτουργία (για επισκόπηση, βλέπε, Bialystok, 2009). Εξαιτίας της κοινής ενεργοποίησης των δύο γλωσσών, ο μηχανισμός, από τον οποίο οι δίγλωσσοι οδηγούνται στη γνωστική αλλαγή, βασίζεται κυρίως στην ανάγκη να επικεντρώσουν την προσοχή τους στη γλώσσα που χρειάζονται. Αρκετές έρευνες υποστηρίζουν ότι στον εγκέφαλο ενός δίγλωσσου είναι εξίσου ενεργοποιημένες και οι δύο γλώσσες κατά τη διάρκεια την κατανόησης και της παραγωγής (Blumenfeld & Marian, 2007. Francis,

1999. Kroll & de Groot, 1997. Marian & Spivey, 2003. Rodriguez-Fornells, Rotte, Heinze, Nosselt, & Munte, 2002. Thierry &Wu, 2007).

Η κατανόηση και η παραγωγή αποτελούν διαδικασίες εκτελεστικού ελέγχου στη γλώσσα, τις οποίες χρησιμοποιεί ο δίγλωσσος/πολύγλωσσος και εξαρτώνται εν μέρει από το σύστημα εκτελεστικού ελέγχου (βλέπε: Luk, Green, Abutalebi, & Grady, 2012). Ο εκτελεστικός έλεγχος αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία που αντιστοιχούν στην αναστολή, την εναλλαγή και τη μνήμη εργασίας, σύμφωνα με τον Miyake και τους συνεργάτες του (2000). Κάποιες έρευνες έδειξαν ότι υπάρχουν διαφορές στην επίδοση δίγλωσσων και μονόγλωσσων συμμετεχόντων, κυρίως όσον αφορά την αναστολή, αναγνωρίζοντας ότι οι δίγλωσσοι εξασκούν περισσότερο τον εκτελεστικό έλεγχο για να εμποδίσουν τη γλώσσα που δε χρειάζονται για χρήση (Green, 1998). Οπότε, η διγλωσσία επιδρά στις εκτελεστικές λειτουργίες με θετικό τρόπο, εξαιτίας της έντονης λειτουργίας που εκτελείται.

Ταυτόχρονα, όμως, άλλες έρευνες υποστηρίζουν ότι υπάρχει μία εξάρτηση από τις δομές της εκτελεστικής λειτουργίας σε έναν βασικό υποκείμενο μηχανισμό (Best & Miller, 2010. Garon, Bryson, & Smith, 2008. Lehto, Juujärvi, Kooistra, & Pulkkinen, 2003). Σύμφωνα με τους Miyake και Friedman (2012), οι εκτελεστικές λειτουργίες χαρακτηρίζονται τόσο από «ενοποίηση», όσο και από το «διαχωρισμό». Βασιζόμενοι σε αυτήν την άποψη, η μνήμη εργασίας, μάλλον, επηρεάζεται γενικότερα από οποιαδήποτε εμπειρία επιδρά στο σύστημα των εκτελεστικών λειτουργιών. Επιπλέον, έχει φανεί ότι οι δίγλωσσοι έχουν πλεονέκτημα σε δύο λειτουργίες: την αναστολή και την εναλλαγή, οπότε αν υποθέσουμε ότι ισχύει το χαρακτηριστικό της «ενοποίησης», τότε οι δίγλωσσοι θα εμφανίζουν και καλύτερη μνήμη εργασίας (Morales et al., 2012).

Παράλληλα, η καλύτερη επίδοση των δίγλωσσων βρέθηκε, επίσης, σε παιδιά βρεφικής ηλικίας (7 μηνών) (Kovács & Mehler, 2009). Αλλά τα αποτελέσματα φαίνεται να είναι αμφιλεγόμενα, δηλαδή, ενώ κάποιοι τύποι αναστολής εμπλέκονται στις ευεργετικές επιδράσεις που προκαλούνται στα νεογνά, σε άλλη έρευνα βρέθηκε ότι καταστάσεις χωρίς την επίδραση της αναστολής δέχονται την ίδια ευεργετική επιρροή (Colzato et al., 2008. Hilchey & Klein, 2011). Καταλήγοντας, δεν υπάρχει ξεκάθαρη επιστημονική άποψη για το ποιος είναι ο τρόπος με τον οποίο ο εκτελεστικός έλεγχος εμπλέκεται στην επίδοση των δίγλωσσων.

Η υπόθεση μίας έρευνας (Morales, Calvo, Bialystok, 2012) ήταν, ότι η μνήμη εργασίας στα δίγλωσσα παιδιά είναι καλύτερη, όμως, ταυτόχρονα με τη χρήση των άλλων δύο στοιχείων του εκτελεστικού ελέγχου, της εναλλαγής και της αναστολής. Αυτή η υπόθεση βρήκε τη βάση της σε δύο εξηγήσεις, αρχικά στη θεωρία της «ενοποίησης», που προαναφέρθηκε, εφόσον διαπιστώθηκε για τα δύο άλλα στοιχεία (εναλλαγή και αναστολή), τότε ισχύει μάλλον και για τη μνήμη εργασίας. Έπειτα, η δεύτερη εξήγηση αφορά το «διαχωρισμό» των εκτελεστικών λειτουργιών, καθώς η ταυτόχρονη ενεργοποίηση των δύο γλωσσών σίγουρα χρειάζεται όχι μόνο τα στοιχεία της αναστολής και της επιλογής, αλλά και της διατήρησης των αναπαραστάσεων, των συνομιλιών και της ανάλυσής τους, δηλαδή όλων των λειτουργιών της μνήμης εργασίας.

Οι αναλύσεις αποτελεσμάτων (Morales, Calvo, Bialystok, 2012) έδειξαν ότι τα δίγλωσσα παιδιά αποκρίνονταν πιο άμεσα ακόμη και σε απλές συνθήκες. Ακόμη, κατάφεραν να ανταποκριθούν καλύτερα αφού είχαν την ικανότητα να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του εκτελεστικού ελέγχου. Επιπλέον, το γεγονός ότι τα δίγλωσσα παιδιά διατήρησαν το πλεονέκτημα της ταχύτητας, ακόμη και με τη διαδικασία της παρεμβολής, όπως η αύξηση των αντικειμένων προς διατήρηση στη μνήμη ή οι ακανόνιστες προσπάθειες μέσα στο ίδιο έργο, ίσως αποτελεί ένδειξη καλύτερης λειτουργίας της μνήμης εργασίας (Hilchey & Klein, 2011).

Άλλη μία ένδειξη, ότι η διγλωσσία επιδρά θετικά στην μνήμη εργασίας, αποτελεί η έρευνα του Bialystok και των συνεργατών της (2004), όταν εξέτασαν ενήλικες δίγλωσσους, που παρουσίασαν πλεονέκτημα στη μνήμη εργασίας έναντι των μονόγλωσσων ενηλίκων. Υπέθεσαν, επίσης, ότι η ταχύτερη απόκριση που εμφάνισαν οι δίγλωσσοι μπορεί να φανερώνει ταχύτερη επεξεργασία του ερεθίσματος και να ευθύνεται για αυτό η καλύτερη διαχείριση των πληροφοριών στη μνήμη εργασίας. Οι συμμετέχοντες είχαν καλύτερη επίδοση στη τυχαία ανάκληση από ότι είχαν στη σειριακή (Lecerf & de Ribaupierre, 2005. Mammarella, Pazzaglia, & Cornoldi, 2008. Tucker, Novelly, Isaac, & Spencer, 1986). Επιπρόσθετα, τα χρόνια σπουδών της εκάστοτε γλώσσας αποτέλεσαν παράγοντα που επηρέασε θετικά την επίδοση (Gathercole et al., 2004. Miles et al., 1996).

Επιπλέον, στην έρευνα των Miyake και Friedman (2012) επικυρώθηκε η υπόθεση που βασιζόταν στα χαρακτηριστικά της εκτελεστικής λειτουργίας («ενοποίηση» και «διαχωρισμό»), όπως, επίσης, ότι όλα τα στοιχεία του εκτελεστικού ελέγχου

(αναστολή, εναλλαγή, μνήμης εργασίας) παρουσιάζουν αυξημένη επίδοση στους δίγλωσσους. Οι Hilchey και Klein (2011), χαρακτήρισαν το πλεονέκτημα της διγλωσσίας, όχι απλώς σαν ένα στοιχείο, αλλά σα μία ολοκληρωμένη ικανότητα ελέγχου της προσοχής (Costa et al., 2009). Υποστήριξαν ότι η διγλωσσία μάλλον δεν τροποποιεί τη μνήμη εργασίας, αλλά η εμπειρία της διγλωσσίας επηρεάζει ένα γενικότερο σύστημα ικανοτήτων, στο οποίο η επίδοση είναι καλύτερη σε όλα τα γνωστικά έργα. Αυτή η άποψη συμβαδίζει με την ενοποίηση και το διαχωρισμό που προαναφέρθηκαν (Miyake & Friedman, 2012).

Επίσης, συμπίπτει με την παρούσα έρευνα, που φαίνεται τα αποτελέσματα να δείχνουν μια γενική καλύτερη επίδοση της μνήμης εργασίας των πολύγλωσσων, με αποτέλεσμα να μπορεί να επικυρωθεί η υπόθεση ότι η διγλωσσία ή πολυγλωσσία έχει θετική επιρροή στη μνήμη εργασίας. Θα μπορούσε κάποιος να περιμένει ότι αν υπάρχει ένα πλεονεκτήματα της διγλωσσίας, το οποίο να οδηγεί σε καλύτερη λειτουργία των εκτελεστικών λειτουργιών, κάποιο μέρος αυτού του πλεονεκτήματος να παρατηρείται και στην έντονη και συχνή χρήση μιας δεύτερης ξένης γλώσσας. Παρόλα αυτά, από τις έρευνες προκύπτουν αμφιλεγόμενα ευρήματα, καθώς κάποιες από αυτές δεν βρήκαν διαφορά στη μνήμη εργασίας ανάμεσα σε μονόγλωσσα και δίγλωσσα παιδιά (Bialystok & Feng, 2010. Bonifacci, Giombini, Bellocchi, & Contento, 2011. Engel de Abreu, 2011).

# Συμβολή της μνήμης εργασίας στην εκμάθηση της νέας γλώσσας

Στην αρχή της απόκτησης της ξένης γλώσσας, η εκμάθηση βασίζεται στα προσωρινά μνημονικά ίχνη, τα οποία συγκρατούνται στο φωνολογικό κύκλωμα για να αποθηκεύσουν τις δομές των νέων λέξεων. Η ιδιότητα του φωνολογικού κυκλώματος της μνήμης εργασίας, είναι να διατηρεί τα νέα φωνολογικά ερεθίσματα και να κάνει εφικτή τη μεταφορά τους στη μακρόχρονη μνήμη, όπου λαμβάνουν μόνιμη μορφή. Με το πέρασμα του χρόνου, καθώς η έκθεση στην ξένη γλώσσα αυξάνει και οι λέξεις που έχουν αποκτηθεί στην ξένη γλώσσα είναι πολλές, αυτές αποτελούν, τη βάση για τις νέες λέξεις που θα αποκτηθούν, κάτι που καθιστά πιο αδύναμη τη συμβολή της

λειτουργίας του φωνολογικού συστήματος στην απόκτηση λεξιλογίου (Baddeley, 2003. Δαλάτση & Μασούρα, 2011).

Τα ίδια ευρήματα είχε και η μελέτη των Jones, Gobet και Pine (2007), η οποία έδειξε ότι η μνήμη εργασίας εμπλέκεται έντονα στα πρώτα σταδία της εκμάθησης των λέξεων της ξένης γλώσσας, ενώ στη συνέχεια φθίνει και το ρόλο της αναλαμβάνει η μακρόχρονη μνήμη. Με την κατάκτηση της γλώσσας δημιουργούνται μνημονικά λεξιλογικά ίχνη στη μακρόχρονη μνήμη, τα οποία συντελούν στην ταχύτητα και την ακρίβεια της επεξεργασίας των νέων λέξεων από τη μακρόχρονη μνήμη.

Η μνήμη εργασίας, όπως είδαμε και παραπάνω, αποτελεί έναν μηχανισμό που εμπλέκεται στην εκτέλεση σύνθετων γνωστικών διαδικασιών και εκτελεστικών λειτουργιών, διατηρώντας τις σχετικές με το έργο πληροφορίες για μικρά χρονικά διαστήματα, όσο δηλαδή χρειάζεται για να εκτελεστεί το εκάστοτε γνωστικό έργο (Mann & Liberman, 1984. Miyake & Shah, 1999. Yuill, Oakhill & Parkin, 1989), παράλληλα, συμβάλλει στην επεξεργασία, αποθήκευση και ανάκληση μνημονικών στοιχείων.

Η συμβολή της μνήμης εργασίας στην εκμάθηση μιας γλώσσας είναι αδιαμφισβήτητη από τους επιστήμονες που ασχολούνται με το θέμα (Baddeley, Gathercole & Papagno, 1998. Baddeley & Hitch, 1974. Daneman & Merikle, 1996. Masoura, 1999). Συγκεκριμένα, οι δομές της βραχύχρονης αποθήκευσης και αναπαράστασης έχουν εξέχοντα ρόλο στην απόκτηση νέων λέξεων από τους ενήλικες. Επιπλέον, απόδειξη της εμπλοκής της μνήμης εργασίας στην απόκτηση μίας γλώσσας, αποτελούν οι μελέτες σε παιδιά με τυπική γλωσσική ανάπτυξη (Gathercole, Willis, Emslie & Baddeley, 1992), σε ασθενείς με γνωστικά ελλείμματα στη γλώσσα (Papagno, Valentine & Baddeley, 1991) και σε παιδιά με δυσκολίες μάθησης της γλώσσας (Gathercole & Baddeley, 1990).

Συγκεκριμένα, το φωνολογικό σύστημα της μνήμης εργασίας, σύμφωνα με το μοντέλο των Baddeley και Hitch (1974), είναι εκείνο που συνδέεται περισσότερο με τη γλώσσα και την εκμάθησή της (Δαλάτση & Μασούρα, 2011), κυρίως στα πρώτα χρόνια διότι με τη σταδιακή απόκτησή της, φθίνει και η ανάγκη χρήσης του συγκεκριμένου υποσυστήματος. Η μείωση ξεκινάει περί την ηλικία των οκτώ, όσον αφορά τη μητρική γλώσσα (Gathercole, et al, 1992). Ομοίως με τη μητρική γλώσσα, συμβαίνει και στην ξένη γλώσσα, όσο η γνώση για αυτήν αυξάνεται, αντίστοιχα μειώνεται η συσχέτιση

ανάμεσα στο λεξιλόγιο και τη μνήμη εργασίας (Δαλάτση και Μασούρα, 2011. Masoura & Gathercole, 1999. Thorn, & Gathercole, 1999). Οι πρώτες πληροφορίες που έχουμε πηγάζουν από την έρευνα της Service (1992) σε παιδιά στη Φιλανδία.

Ο French (2006) έδειξε ότι η εκτίμηση της φωνολογικής μνήμης εργασίας, μπορούσε να προβλέψει μετέπειτα επιδόσεις των παιδιών στα αγγλικά. Επιπλέον, μελετώντας παιδιά που έκαναν ταχύρυθμα μαθήματα ξενης γλώσσας, βρήκε ότι η εκτίμηση της μνήμης εργασίας στην αρχή της διαδικασίας ταχύρυθμης μάθησης αποτέλεσε προβλεπτικό παράγοντα για τις επιδόσεις τους στην κατανόηση και χρήση του αγγλικού λεξιλογίου ακόμα και μετά από ένα χρόνο, λαμβάνοντας έπειτα υπόψη του παράγοντες όπως η νοημοσύνη, τα κίνητρα και η προηγούμενη γνώση της ξένης γλώσσας. Οπότε έδειξε ότι η φωνολογική μνήμη εργασίας προβλέπει την επίδοση στην ξένη γλώσσα (French, 2006). Τη στενή σχέση ανάμεσα στη φωνολογική μνήμη και το λεξιλόγιο της ξένης γλώσσας, συγκεκριμένα της αγγλικής, φανερώνει και η έρευνα που έγινε σε παιδιά έντεκα χρονών στην Ελλάδα (Masoura & Gathercole, 2005).

Παρόμοια έρευνα, αυτή τη φορά με αγγλόφωνους ενήλικες, οι οποίοι επέλεξαν την ισπανική ως ξένη γλώσσα, έδειξε ότι η επίδοση της λειτουργίας της φωνολογικής μνήμης εργασίας, που αξιολογήθηκε πριν την έναρξη των μαθημάτων, αποτέλεσε πρόβλεψη της επίδοσης των μαθητών σε έργα προφορικής χρήσης και ευχέρειας ισπανικών λέξεων και δευτερευουσών προτάσεων, τα οποία έγιναν στο τέλος του ακαδημαϊκού εξαμήνου (O'Brien, Segalowitz, Collentine, & Freed, 2006. O'Brien, Segalowitz, Freed, & Collentine, 2007).

Αυτή η έρευνα αποδεικνύει ότι μπορούν και οι ενήλικες, που επιλέγουν σε μεγάλη ηλικία την εκμάθηση μίας ξένης γλώσσας, να αποκτήσουν φωνολογική επάρκεια. Βέβαια, η φωνολογική μνήμη εργασίας είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζει την επίδοση ενός ενήλικα στην ευχέρεια χρήσης μίας γλώσσας, άλλος παράγοντας θα μπορούσε να αποτελέσει το προηγούμενο γλωσσικό υπόβαθρο σε παρόμοιο γλωσσικό σύστημα. Ακόμη, βρέθηκε σχέση ανάμεσα στη φωνολογική μνήμη εργασίας και στη χρήση της γραμματικής της ξένης γλώσσας (French & O'Brien, 2008). Το σύστημα της γραμματικής μιας ξένης γλώσσας αποτελεί έναν από τους πιο απαιτητικούς τομείς, ο οποίος επιστρατεύει την επιπλέον χρήση εγκεφαλικών δομών κατά τη διάρκεια της χρήσης της ξένης γλώσσας.

Παλαιότερα, οι McLaughlin και Nayak (1989) συγκρίνοντας μονόγλωσσους και πολύγλωσσους ενήλικες, όσον αφορά τη γλωσσική μάθηση, παρατήρησαν ότι οι πολύγλωσσοι έχουν πλεονέκτημα στην ακουστική αναγνώριση αλλά και στην απομνημόνευση γλωσσικών αντικειμένων, ακόμη και σε γλώσσες που δεν ομοιάζουν φωνοτακτικά (Δαλάτση και Μασούρα, 2011). Οι ενήλικες λαμβάνοντας καινούριες πληροφορίες σε μία γλώσσα, χρησιμοποιούν την ήδη αποθηκευμένη γνώση τους στην ξένη γλώσσα (Δαλάτση και Μασούρα, 2011). Η ήδη υπάρχουσα γνώση βοηθάει στην επεξεργασία των λέξεων από τη μνήμη εργασίας, η οποία όμως αποτελεί εμπόδιο για τη μεταφορά των πληροφοριών στη μακρόχρονη μνήμη. Παρόμοια θεώρηση έχει και ο Jones και η ομάδα του (2007) για τους πολύγλωσσους ενήλικες και τα πολύγλωσσα παιδιά. Οι μελέτες είναι αμφιλεγόμενες όσον αφορά το συγκεκριμένο θέμα, αφού σύμφωνα με κάποιους επιστήμονες η μνήμη εργασίας αποτελεί εν μέρει τροχοπέδη για την απόκτηση της νέας ξένης γλώσσας και την εδραίωση της γνώσης της, ενώ σύμφωνα με άλλους αποτελεί πλεονέκτημα.

# Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για τη μνήμη εργασίας στη διγλωσσία

Οι δίγλωσσοι προσπαθούν να οργανώσουν δύο ενεργά γλωσσικά συστήματα ταυτόχρονα, οπότε είναι πιθανό αυτό να δρα ως πλεονέκτημα στις εκτελεστικές λειτουργίες τους καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους (Bialystok, Craik, Klein, & Viswanathan, 2004. Bialystok, Craik, & Luk, 2008a. Carlson & Meltzoff, 2008. Costa, Hernández, & Sebastián-Galles, 2008. Salvatierra & Rosselli, 2011). Οι γνωστικές ικανότητες των δίγλωσσων παιδιών παρουσιάζουν έναν αυξανόμενο βαθμό ανάπτυξης, σε σχέση με τα μονόγλωσσα παιδιά, κυρίως στις εκτελεστικές λειτουργίες, όπως ο έλεγχος της αναστολής, η μεταγνωστική συνειδητοποίηση και η μνήμη εργασίας (Bialystok & Viswanathan 2009. Carlson & Meltzoff 2008. Bablekou, Chrysochoou, Kazi, & Masoura, 2014).

Σε έρευνα για τη λεκτική ευχέρεια (Luo et al., 2010), οι δίγλωσσοι συμμετέχοντες αν είχαν παρόμοια επίδοση με τους μονόγλωσσους συνομήλικους τους σε έργα

σημασιολογικής ευχέρειας, η επίδοσή τους ήταν καλύτερη στη φωνολογική ευχέρεια, η οποία απαιτεί τη συμβολή των εκτελεστικών λειτουργιών (Gollan, Montoya, & Werner, 2002. Rosselli et al., 2002. Grogan, Green, Ali, Crinion & Price, 2009). Και, όπως, προαναφέρθηκε η διγλωσσία μοιάζει να δρα ευεργετικά στα συστήματα των εκτελεστικών και των γνωστικών λειτουργιών. Η μνήμη εργασίας κατέχει εξέχοντα ρόλο στις γνωστικές λειτουργίες όπως η μάθηση (Hasher & Zacks, 1988), η κατανόηση (Daneman & Carpenter, 1980), η λήψη αποφάσεων (Bechara & Martin, 2004) και ο σχεδιασμός (Morris et al., 1988). Η δυσλειτουργία της μνήμης εργασίας θεωρείται ένα χαρακτηριστικό πολλών κλινικών καταστάσεων, όπως η άνοια τύπου Αλτσχάϊμερ (Morris, 1994), η νόσος του Parkinson (Dalrymple-Alford, Kalders, Jones, & Watson, 1994) και η σχιζοφρένεια (Green, 1996). Ακόμη, φαίνεται πως η μνήμη εργασίας φθίνει με το γήρας (Verhaeghen, Marcoen, & Goosens, 1993).

Οι Wodniecka, Craik, Luo και Bialystok (2010) βρήκαν στην έρευνά τους ένα ακόμη προτέρημα των δίγλωσσων στη μνήμη, όσον αφορά το δομικό στοιχείο της ανάμνησης στη μνήμη αναγνώρισης (recognition memory), που ήταν πιο εμφανές στα μη-λεκτικά παρά στα λεκτικά προϊόντα. Στην ίδια κατηγορία ανήκει και η χωρική ικανότητα, όπου εμφάνισαν σε αυξημένο βαθμό οι δίγλωσσοι. Αυτή η ικανότητα μπορεί να είναι καλύτερη εξαιτίας της οπτικοποίησης των ποικίλων λεκτικών συστημάτων και της επιλογής ανάμεσα σε αυτά. Μία λειτουργία που βασίζεται στην οπτικοχωρική μνήμη εργασίας και στις εκτελεστικές λειτουργίες της προσοχής και της αναστολής.

Πολλοί ερευνητές που ασχολήθηκαν με το θέμα έδειξαν ότι η λεκτική και χωρική μνήμη εργασίας είναι ανεξάρτητες και αντανακλούν τις ατομικές διαφορές των λεκτικών και χωρικών ικανοτήτων (Shah & Miyake, 1996. Oberauer, Süss, Schulze, Wilhelm, & Wittman, 2000). Η επίδοση σε έργα της μνήμης εργασίας αποδίδεται και σε διαδικασίες προσοχής ή εκτελεστικές λειτουργίες γενικού τομέα, αλλά και σε ικανότητες ειδικού τομέα, αναλόγως το έργο που έχει να πραγματοποιηθεί (Luo et al., 2014). Έτσι οι ατομικές διαφορές στη μνήμη εργασίας και στο εύρος της απόδοσης αφορούν γνωστικές δομές και δομές ελέγχου της προσοχής. Οι Engle, Kane και οι συνεργάτες τους πρεσβεύουν παρόμοιες ιδέες στην έρευνά τους (Engle, Kane, & Tuholski, 1999. Kane et al., 2004).

Η αλληλεπίδραση της μνήμη εργασίας με την πολυγλωσσία φανερώνεται και από έρευνες σε ενήλικες είτε με μηδενική γνώση στην ξένη γλώσσα, που επρόκειτο να μάθουν, (Brown & Hulme, 1992. Papagno et al., 1991), είτε με ελάχιστες γνώσεις

(Service & Craik, 1993) που έδειξαν ότι οι ικανότητες της φωνολογικής μνήμης αποτελούν προγνωστικό παράγοντα της απόκτησης νέων λέξεων στη νέα ξένη γλώσσα (Baddeley, Papagno, & Vallar, 1988).

Τέλος, δύο από τα μειονεκτήματα που έχουν βρεθεί σε μελέτες είναι ότι τα δίγλωσσα άτομα έχουν φτωχότερο λεξιλόγιο και στις δύο ομιλούντες γλώσσες, σε σχέση με κάποιον που μιλάει μόνο τη μία γλώσσα (Bialystok & Luk, 2012, Bialystok, Luk, Peets, & Yang, 2010) όπως και πιο αργή λεξιλογική απόκριση (Ivanova & Costa, 2008. Gollan, Montoya, Fennema-Notestine, & Morris, 2005). Η πιο αργή λεξιλογική απόκριση προκύπτει μάλλον από τη διαδικασία της επιλογής μεταξύ δύο ή περισσότερων λεξιλογικών συστημάτων.

# Ερευνητικό μέρος

Πηγή: http://ecourse.uoi.gr/course/view.php?id=1583

# Ερευνητική υπόθεση

Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε, προέκυψε το ερώτημα εάν η μνήμη εργασίας πολύγλωσσων ατόμων είναι λειτουργικά ενισχυμένη, εξαιτίας της ύπαρξης της πολυγλωσσίας. Αναφερόμενη συχνά στη βιβλιογραφία η συμβολή της μνήμης εργασίας στην εκμάθηση της ξένης γλώσσας, επιχειρήθηκε να αναζητηθεί η συμβολή της ξένης γλώσσας στη μνήμη εργασίας.

Κατά συνέπεια, επιλέχθηκαν έργα αξιολόγησης της μνήμης εργασίας με συμμετέχοντες πολύγλωσσα και μη άτομα, με κοινά κάποια άλλα χαρακτηριστικά, όπως το μορφωτικό επίπεδο. Η αξιολόγηση της μνήμης έγινε με τα έργα : Αντίστροφη Ανάκληση Θέσης Κύβων (Backward Corsi Block Recall) και Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων (Backward Digit Recall), τα οποία αξιολογούν την οπτικοχωρική μνήμη εργασίας και τη λεκτική (φωνολογική) μνήμη εργασίας αντίστοιχα.

Η υπόθεση της έρευνας βασίστηκε στο ότι η επίδοση στη λειτουργία, κυρίως, της λεκτικής (φωνολογικής) μνήμης εργασίας θα είναι καλύτερη, διότι εμπλέκεται άμεσα στη γλωσσική λειτουργία. Παρά ταύτα και η οπτικοχωρική μνήμη εργασίας είναι άμεσα εμπλεκόμενη στην εκμάθηση μίας γλώσσας, κυρίως, στην ανάγνωση, οπότε την επιλέξαμε, επίσης, για αξιολόγηση. Τα δύο αυτά υποσυστήματα θα μας έδιναν την απάντηση στο ερώτημα, παρόλα αυτά στη γλωσσική επεξεργασία εμπλέκονται και άλλα συστήματα, όπως εκείνα των εκτελεστικών λειτουργιών, στα οποία έγινε αναφορά παραπάνω.

Σε αυτό το μέρος της εργασίας θα αναφερθεί η διαδικασία που έγινε για τη διεξαγωγή της διερεύνησης κι έπειτα η στατιστική ανάλυση που μας έδωσε τα αποτελέσματα, προκειμένου να καταλήξουμε σε συμπεράσματα.

# Μέθοδος

## Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά εξήντα φοιτητές με μέσο όρο ηλικίας για την ομάδα ελέγχου 24.06 έτη ενώ για την πειραματική 20.08 έτη. Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν τριτοβάθμια εκπαίδευση σε ελληνικά πανεπιστήμια. Στην έρευνα πήραν μέρος με δική τους συναίνεση, και τηρήθηκαν όλοι οι δεοντολογικοί κανόνες διεξαγωγής μιας έρευνας, όπως ορίζονται από την American Psychological Association.

Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, η πρώτη αποτελούσε την πειραματική ομάδα, στην οποία ανήκαν πολύγλωσσοι σπουδαστές του Τμήματος Βαλκανικών, Σλαβικών και Ανατολικών σπουδών στο Πανεπιστήμιο Μακεδονίας και μιλούσαν από τρεις και άνω γλώσσες, με τις οποίες ασχολούνται καθημερινά αφού οι ξένες γλώσσες αποτελούν αντικείμενο των σπουδών τους. Να διευκρινιστεί ότι οι γλώσσες που μιλούσαν οι πολύγλωσσοι φοιτητές δεν είχαν κοινό φωνοτακτικό υπόβαθρο, όπως έχουν οι λατινογενείς γλώσσες.

Η δεύτερη ομάδα, η ομάδα ελέγχου, η οποία απαρτίζεται από φοιτητές διαφόρων σχολών που μιλούν την ελληνική ως μητρική και μερικοί από αυτούς την αγγλική ως ξένη γλώσσα. Η ομάδα μελέτης (ελέγχου) και η ομάδα εξέτασης (πειραματική) επιδόθηκαν σε δυο έργα που εκτιμούσαν τη μνήμη εργασίας (working memory).

## Έργα/Υλικό

*Εκτίμηση της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας (οπτικοχωρικό σημειωματάριο)*

Η εκτίμηση της λειτουργίας της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας πραγματοποιήθηκε με το έργο  Αντίστροφη Ανάκληση Θέσης Κύβων (Backward Corsi Block Recall). Μνημονικό εύρος πεδίου (ελάχιστη βαθμολογία = 5, μέγιστη βαθμολογία = 9 για την πειραματική ομάδα και ελάχιστη βαθμολογία = 4, μέγιστη βαθμολογία = 8 για την ομάδα ελέγχου) και συνολικός αριθμός όλων των σωστών προσπαθειών σε όλες τις σειρές (ελάχιστη βαθμολογία = 25, μέγιστη βαθμολογία = 41 για την πειραματική ομάδα και ελάχιστη βαθμολογία = 20, μέγιστη βαθμολογία = 45 για την ομάδα ελέγχου).

Στο έργο αυτό ο εξεταστής έχει μπροστά του μια ξύλινη επιφάνεια με 9 κύβους διάστασης 3x3, αριθμημένους από τη δική του πλευρά, ενώ από του εξεταζόμενου την πλευρά δεν υπάρχει αρίθμηση. Ακουμπώντας τους κύβους για ένα δευτερόλεπτο ο εξεταστής δείχνει στο συμμετέχοντα κατά σειρά τους κύβους, ενώ ο εξεταζόμενος πρέπει να δείξει τους κύβους αντίστροφα ξεκινώντας από τον τελευταίο κύβο που του έχει υποδειχθεί. Η αξιολόγηση ξεκινά από δύο κύβους και φτάνει τους εννέα σε σειρά. Η βαθμολόγηση γίνεται από τον εξεταστή, ο οποίος βαθμολογεί με 0 ή 1 στο ειδικό χαρτί σημείωσης (παράρτημα), όπου 0 για τις λάθος και 1 για τις σωστές απαντήσεις, μόνον εφόσον ο συμμετέχων δείξει με τη σωστή αντίστροφη σειρά τους κύβους. Ο μέσος όρος επίδοσης είναι οι έξι κύβοι, ενώ η μέγιστη επίδοση φτάνει τους εννέα κύβους.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα για το έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης κύβων, τα οποία υπολογίστηκαν, επίσης, με δυο τρόπους: α) με το σύνολο των ορθών προσπαθειών και β) με το εύρος (μνημονικό πεδίο), τα αποτελέσματα των μετρήσεων, έδειξαν εξίσου σημαντική διαφορά όσον αφορά το εύρος της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας με τους πολύγλωσσους να υπερτερούν των μονόγλωσσων, όπως και την υπεροχή στο σύνολο των προσπαθειών. Αυτό το εύρημα δεν ήταν αναμενόμενο σύμφωνα με άλλες έρευνες (e.g. Papagno και Vallar, 1995). Αλλά ίσως αποτελεί δείγμα ότι η μνήμη εργασίας λειτουργεί συνολικά ως ενιαίο σύστημα (Baddeley, 2003). Αυτό, ίσως, συμβαίνει, αν υποθέσουμε ότι οι πολύγλωσσοι υπερτερούν στη λειτουργία της μνήμης εργασίας λόγω των ποικίλων γλωσσικών συστημάτων που έχουν να επεξεργαστούν. Παραδείγματος χάριν, ένας πολύγλωσσος είναι σε θέση να επιλέξει, αναλόγως το γλωσσικό πλαίσιο που τον περιβάλλει, το γλωσσικό σύστημα που θα υπερισχύσει καταπιέζοντας τα άλλα γλωσσικά συστήματα (Marian et al. 2003).

### *Εκτίμηση της λεκτικής μνήμης εργασίας (φωνολογικό κύκλωμα)*

Η λειτουργία της λεκτικής μνήμης εργασίας εκτιμήθηκε με το έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων (Backward Digit Recall). Μνημονικό εύρος πεδίου (ελάχιστη βαθμολογία = 4, μέγιστη βαθμολογία = 9 για την πειραματική ομάδα και ελάχιστη βαθμολογία = 4, μέγιστη βαθμολογία = 8 για την ομάδα ελέγχου) και συνολικός αριθμός όλων των σωστών προσπαθειών σε όλες τις σειρές (ελάχιστη βαθμολογία =

15, μέγιστη βαθμολογία = 46 για την πειραματική ομάδα και ελάχιστη βαθμολογία = 18, μέγιστη βαθμολογία = 36 για την ομάδα ελέγχου).

Στο έργο αυτό ο εξεταστής εκφωνεί στο συμμετέχοντα τις σειρές ψηφίων με ρυθμό ενός ψηφίου ανά δευτερόλεπτο και στη συνέχεια ζητάει από τον συμμετέχοντα να ανακαλέσει αμέσως την αριθμοσειρά που του ανακοινώθηκε με αντίστροφη σειρά από εκείνη που άκουσε. Οι αριθμοσειρές ξεκινούν από δύο ψηφία και φτάνουν τα εννέα. Η βαθμολόγηση γίνεται από τον εξεταστή, ο οποίος βαθμολογεί με 0 τις λανθασμένες και με 1 τις ορθές απαντήσεις.

Η ανάκληση αριθμήσεων (digit span test) είναι ένα υποέργο από τη συστοιχία εκτίμησης της νοημοσύνης που δημιούργησε ο David Wechsler (Wechsler-Adult Intelligence Scale). Το έργο χρησιμοποιείται και για τη εκτίμηση της λεκτικής μνήμης εργασίας όπως στην παρούσα έρευνα που χρησιμοποιείται η αντίστροφη ανάκληση των ψηφίων ( Backward digit span test).

Όσον αφορά τα αποτελέσματα για το έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων, τα οποία υπολογίστηκαν με δυο τρόπους: α) με το σύνολο των ορθών προσπαθειών και β) με το εύρος (μνημονικό πεδίο), προέκυψε η υπεροχή των πολύγλωσσων συμμετεχόντων με σημαντικά στατιστική διαφορά και στις δύο μετρήσεις. Αυτά τα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα, σύμφωνα με την έρευνα (Papagno και Vallar, 1995), στην οποία οι πολύγλωσσοι συμμετέχοντες είχαν καλύτερη επίδοση από τους μονόγλωσσους συμμετέχοντες στα έργα λεκτικής βραχύχρονης μνήμης.

Και στις δύο περιπτώσεις αξιολόγησης γίνεται μια πρόβα της διαδικασίας όπου η επίδοση δεν βαθμολογείται αλλά πραγματοποιείται για να βεβαιωθεί ο εξεταστής ότι οι οδηγίες έγιναν κατανοητές από τον εξεταζόμενο. Για κάθε ορθή απόκριση ο εξεταζόμενος βαθμολογείται με 1 και για κάθε λάθος με 0.

## Διαδικασία

Τα έργα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η Αντίστροφη Ανάκληση Ψηφίων για την αξιολόγηση της λεκτικής μνήμης εργασίας και η Αντίστροφη Ανάκληση Θέσης Κύβων για την αξιολόγηση της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας. Επιπλέον, κρίθηκε κατάλληλη η αντίστροφη ανάκληση και στις δύο περιπτώσεις καθώς είναι κατάλληλη μέτρηση για τη λειτουργία της μνήμης εργασίας, διότι οι συμμετέχοντες πρέπει να

διατηρήσουν στη μνήμη εργασίας τους τη σειρά που παρουσιάστηκαν οι κύβοι ή οι αριθμοί και να τους επεξεργαστούν, ώστε να τους ανακαλέσουν αντιστρόφως.

Κατά τη διάρκεια των προσπαθειών, οι συμμετέχοντες αναζητούσαν στρατηγικές για να διατηρήσουν τις πληροφορίες στη μνήμη τους, προκειμένου να τα επεξεργαστούν και να τα ανακαλέσουν με αντίστροφη σειρά. Κάποιοι από αυτούς, είχαν μεγαλύτερη ευκολία και είχαν άμεση απόκριση, άλλοι χρειάζονταν ελάχιστα δευτερόλεπτα ώστε να δημιουργήσουν στο μυαλό τους την αντίστροφη σειρά των αντικειμένων προς ανάκληση. Ως επί το πλείστον, παρατηρήθηκε το φαινόμενο της χρονοκαθυστέρησης στην απόκριση σε πολύγλωσσους φοιτητές, ξεχωρίζοντας μία κοπέλα που γνώριζε πάνω από τέσσερις γλώσσες.

Οι συναντήσεις της εξετάστριας με τις συμμετέχουσες και τους συμμετέχοντες πραγματοποιήθηκαν κατεξοχήν στους χώρους του πανεπιστημίου Μακεδονίας και η εξέταση για κάθε άτομο διήρκεσε περί στα 40 λεπτά. Στην αρχή των συναντήσεων χορηγούνταν και φόρμα συναίνεσης, η οποία επισημαίνεται στο παράρτημα.

# Αποτελέσματα

Η ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν έγινε με λογισμικό SPSS 23. Πραγματοποιήθηκε ένας δια-υποκειμενικός έλεγχος μέσων όρων για μη ισοσταθμισμένα δείγματα (t-test). Επιπλέον, έγινε σύγκριση μεταξύ της ομάδας των πολύγλωσσων (πειραματική ομάδα) και εκείνης των μονόγλωσσων (ομάδα ελέγχου) στις επιδόσεις τους στα έργα μνήμης εργασίας.

Οι επιδόσεις στα έργα μνήμης, δηλαδή στην Αντίστροφη Ανάκληση Ψηφίων και στην Αντίστροφη Ανάκληση Θέσης Κύβων, υπολογίστηκαν με δυο τρόπους: α) με το σύνολο των ορθών προσπαθειών και β) με το εύρος (μνημονικό πεδίο). Η κάθε ομάδα αποτελούταν από 30 συμμετέχοντες, άντρες και γυναίκες, οι οποίοι ολοκλήρωσαν και τα δύο έργα. Ο σκοπός μας ήταν να εξετάσουμε αν οι πολύγλωσσοι έχουν πιο ενισχυμένη λειτουργία στη φωνολογική (λεκτική) και οπτικοχωρική μνήμη εργασίας. Υποθέσαμε, ότι τα αποτελέσματα θα έχουν σημαντική διαφορά κυρίως στο έργα της λεκτικής μνήμης εργασίας, δηλαδή στην Αντίστροφη Ανάκληση Ψηφίων.

Ο μέσος όρος ηλικίας της πειραματικής ομάδας (πολύγλωσσοι) ήταν *M.O.* = 20.8 χρόνια με τυπική απόκλιση *T.A.* = 1.9 έτη. Ο μέσος όρος ηλικίας της ομάδας ελέγχου (μονόγλωσσοι) συμμετεχόντων ήταν *M.O.* = 24.06 έτη με *T.A.* = 2.69 έτη. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι αν και όλοι ήταν νεαροί ενήλικες, οι δυο ομάδες διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους στην ηλικία $t(58) = 5.43$, $p = .000$, με τους πολύγλωσσους να είναι νεότεροι από τους μονόγλωσσους.

Οι πολύγλωσσοι συμμετέχοντες παρουσίασαν υψηλότερο μέσο όρο επίδοσης στις προσπάθειες του έργου Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων (*M.O.* = 33.7) με τυπική απόκλιση (*T.A.* = 4,59147) καθώς και στο εύρος (μνημονικό πεδίο) του συγκεκριμένου έργου (*M.O.* = 6.8) με τυπική απόκλιση (*T.A.* = 1.06). Οι μονόγλωσσοι συμμετέχοντες στο ίδιο έργο είχαν χαμηλότερο μέσο όρο προσπαθειών (*M.O.* = 29.73) με τυπική απόκλιση (*T.A.* = 4.59), και μέσο όρο εύρους (*M.O.* = 5.83) με τυπική απόκλιση μέσου (*T.A.* = 0.94).

Παρόμοια τα αποτελέσματα των επιδόσεων που κατέδειξε το έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων , με τους πολύγλωσσους (πειραματική ομάδα) να υπερέχουν των μονόγλωσσων (ομάδα ελέγχου). Ο μέσος όρος επιτυχημένων προσπαθειών για τους πολύγλωσσους ήταν (*M.O.* = 33.93) με τυπική απόκλιση μέσου (*T.A.* = 7.17723). Ο

μέσος όρος μνημονικού πεδίου στο συγκεκριμένο έργο ήταν (*M.O.* = 8,1) με τυπική απόκλιση μέσου (*T.A.* = 1.24). Από την άλλη πλευρά, ο μέσος όρος προσπαθειών για τους μονόγλωσσους ήταν (*M.O.* = 25.53) με τυπική απόκλιση (*T.A.* = 4.54) και ο μέσος όρος εύρους (Μ.Ο. = 6.13) με τυπική απόκλιση (*T.A.* = 1.07).

(Πίνακες 1, 2)

Ο στατιστικός έλεγχος t-test για τα δυο ανεξάρτητα δείγματα έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις επιδόσεις των δυο ομάδων στο έργο Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσεων Κύβων, τόσο για την μέτρηση των ορθών προσπαθειών με $t(58) = 3.05$, $p = .003$, όσο και για την μέτρηση του εύρους (μνημονικό πεδίο) με $t(58) = 3.71$, $p = .000$, με τους πολύγλωσσους να υπερέχουν των μονόγλωσσων.

Τα αποτελέσματα ήταν παρεμφερή και για το έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων, όπου ο στατιστικός έλεγχος t-test για τα δυο ανεξάρτητα δείγματα έδειξε, ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις επιδόσεις των δυο ομάδων στο συγκεκριμένο έργο, τόσο για το σύνολο των σωστών προσπαθειών με $t(58) = 3.71$, $p = .000$ όσο και για το εύρος (μνημονικό πεδίο) με $t(58) = 6.56$, $p = .000$, με τους πολύγλωσσους να έχουν πάντα τις υψηλότερες επιδόσεις.

# Συζήτηση

Το έναυσμα για την παρούσα έρευνα δόθηκε με το άρθρο των Papagno και Vallar (1995), οι οποίοι εξέτασαν τυπικούς ενήλικες πολύγλωσσους και μη, Ιταλικής καταγωγής με τριτοβάθμια εκπαίδευση, ως προς τη λειτουργία της βραχύχρονης και μακρόχρονης μνήμης τους. Αξιολόγησαν τη λεκτική (φωνολογική) και οπτικοχωρική βραχύχρονη και μακρόχρονη μνήμη των συμμετεχόντων, όπως, επίσης, το λεξιλόγιο στη μητρική τους γλώσσα. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια καλύτερη επίδοση των πολύγλωσσων στα έργα που εκτιμούσαν τη βραχύχρονη μνήμη (Baddeley et al., 1988. Shallice & Vallar, 1990). Με αυτόν τον τρόπο, δημιουργήθηκαν νέα ερωτήματα στην παρούσα έρευνα που αφορούσαν ένα άλλο σύστημα της μνήμης, τη μνήμη εργασίας. Τα ερωτήματα ήταν τα εξής: εάν γινόταν εκ νέου μία έρευνα που αφορά τη μνήμη εργασίας και την πολυγλωσσία, θα ήταν ξανά τα αποτελέσματα υπέρ των πολύγλωσσων και ποιοι θα ήταν οι τομείς που επηρρεάζονταν.

Προκειμένου, να απαντηθούν τα παραπάνω ερωτήματα, στην παρούσα έρευνα μελετήθηκαν η λεκτική (φωνολογική) και η οπτικοχωρική μνήμη εργασίας πολύγλωσσων και μη συμμετεχόντων, όσον αφορά το εύρος και τις γενικές προσπάθειες σε έργα μνήμης εργασίας. Σκοπός των έργων ήταν η αξιολόγηση των δύο συστημάτων της μνήμης εργασίας (λεκτικό/φωνολογικό και οπτικοχωρικό σύστημα), για να επιβεβαιωθεί, εάν οι πολύγλωσσοι έχουν καλύτερη λειτουργία στα δύο προαναφερόμενα συστήματα της μνήμης εργασίας. Η υπόθεση αφορούσε τη γενική καλύτερη λειτουργία της μνήμης εργασίας των πολύγλωσσων συμμετεχόντων, η οποία επιβεβαιώθηκε με τα σημαντικώς στατιστικά αποτελέσματα των επιδόσεων των πολύγλωσσων στα έργα μνήμης εργασίας. Δηλαδή, οι επιδόσεις των πολύγλωσσων συμμετεχόντων και στα δύο έργα μνήμης εργασίας, στο έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων και της Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων, είχαν σημαντικά στατιστική διαφορά σε σχέση με εκείνες των μονόγλωσσων συμμετεχόντων.

Στο έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων, οι πολύγλωσσοι φοιτητές είχαν στατιστικά σημαντικότερο μέσο όρο συνολικών προσπαθειών σε σύγκριση με το μέσο όρο του έργου της Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων. Ομοίως, στατιστικώς σημαντική ήταν η διαφορά που παρατηρήθηκε στην επίδοση του μνημονικού ίχνους μεταξύ των δύο έργων με καλύτερη επίδοση στο έργο Αντίστροφης Ανάκλησης

Ψηφίων. Αντιθέτως, στην ομάδα ελέγχου, ο μέσος όρος του συνόλου των προσπαθειών και του μνημονικού ίχνους ήταν υψηλότερος στο έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης κύβων, συγκριτικά με τις επιδόσεις της ίδιας ομάδας. Γενικώς, τα αποτελέσματα της σύγκρισης μεταξύ των δύο ομάδων ήταν υπέρ των πολύγλωσσων.

Η αντίστροφη ανάκληση επιλέχθηκε και στα δύο έργα ως πιο κατάλληλη για την εκτίμηση της μνήμης εργασίας. Η παρατήρηση, ότι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στην τυπική και την αντίστροφη ανάκληση, έγινε σε επιληπτικούς ασθενείς από τον Helmstaedter και τους συνεργάτες του (1996). Συγκεκριμένα, όσον αφορά το έργο της Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων ή αλλιώς κύβων του Corsi (Milner, 1971), αν υποθέσουμε ότι η οπτικοχωρική μνήμη εργασίας μπορεί να διατηρήσει ενεργά τέσσερα διακριτά στοιχεία (Wheeler & Treisman, 2002), τα τελευταία στοιχεία θα ανασυρθούν πρώτα. Οπότε, υπάρχει πιθανότητα είτε να ξεχαστούν τα στοιχεία που ήταν πρώτα στη λίστα, είτε να χρειαστεί περισσότερος χρόνος για την ανάκληση. Σε τυπικές συνθήκες, δηλαδή χωρίς εξάσκηση, η τυπική ανάκληση θέσης κύβων διαρκεί περισσότερο από την αντίστροφη ανάκληση στο έργο των κύβων του Corsi (Vandierendonck et al., 2004). Όμως, η μεγαλύτερη διάρκεια μίας δραστηριότητας μπορεί να προκαλέσει παθητική διάσπαση (Barrouillet, Bernardin, & Camos, 2004. Barrouillet, Bemardin, Portrat, Vergauwe, & Camos, 2007. Barrouillet, De Paepe, & Langerock, 2012. Ricker & Cowan, 2010). Ως αποτέλεσμα, σε κάποιες περιπτώσεις μέτρησης συγκεκριμένων μεταβλητών, η αντίστροφη ανάκληση ήταν καταλληλότερη από την τυπική (Vandierendonck et al., 2004).

Γενικώς, η μνήμη εργασίας αποτέλεσε θέμα προς έρευνα για πολλούς επιστήμονες. Σημείο αναφοράς για τη μελέτη της μνήμης εργασίας αποτέλεσε το άρθρο των Baddeley και Hitch (1974). Το ενδιαφέρον για την διερεύνηση της μνήμης εργασίας αυξήθηκε τόσο, ώστε να θεωρείται κεντρική εννοιολογική κατασκευή στη γνωσιακή ψυχολογία (Conway et al., 2005). Έπειτα, το ενδιαφέρον επεκτάθηκε στη μελέτη της διγλωσσίας, με αφορμή το πολυπαραγοντικό μοντέλο της μνήμης εργασίας του Baddeley (2000). Η μνήμη εργασίας αναφέρεται σε γνωστικά συστήματα τα οποία είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο, τη ρύθμιση και την ενεργή διατήρηση μίας πληροφορίας, προστατεύοντάς τη από τη διάσπαση (Conway, Jarrold, Kane, Miyake, & Towse, 2007). Οι προαναφερόμενες λειτουργίες, είναι απαραίτητες για την εκμάθηση μίας γλώσσας. Επιπλέον, μελέτες που αφορούσαν το εύρος, έδειξαν ότι η

μνήμη εργασίας έχει εξέχοντα ρόλο στην επεξεργασία και την ανάπτυξη της γλωσσικής ικανότητας (Michael & Gollan, 2005. Williams, 2011).

Η τυπική λειτουργία της μνήμης εργασίας είναι να συγκρατεί, να επεξεργάζεται και να αποθηκεύει τα μνημονικά στοιχεία. Για κάθε είδους στοιχείο (λεκτικό, αριθμητικό, οπτικό, κινητικό, αισθητικό κλπ.) υπάρχει διαφορετική δομή για την επεξεργασία του, αλλά υπάρχει συνοχή στη λειτουργία όλων των δομών. Οι δομές του φωνολογικού κυκλώματος, του οπτικοχωρικού σημειωματάριου, του κεντρικού επεξεργαστή αλλά και του διαχειριστή επεισοδίων συμβάλλουν στην ενιαία λειτουργία της μνήμης εργασίας. Στην παρούσα έρευνα, οι αξιολογήσεις αφορούν, κυρίως τις δομές της οπτικοχωρικής και λεκτικής μνήμης εργασίας, οι οποίες σαφώς συνδέονται και με τις λειτουργίες του κεντρικού επεξεργαστή. Συγκεκριμένα, για την αξιολόγηση της μνήμης εργασίας, πρέπει να γνωρίζουμε ότι η επίδοσή της αποτελείται από δύο στοιχεία, δηλαδή το εύρος (μνημονικό πεδίο) και τον έλεγχο της προσοχής, στον οποίο έγινε αναφορά (Cowan et al., 2005).

Όσον αφορά, το εύρος της μνήμης εργασίας χωρίζεται σε οπτικοχωρικό εύρος, το οποίο προβλέπει την επίδοση στη χωρητικότητα των στοιχείων για διαγραμματικές και οπτικοχωρικές οδηγίες και σε λεκτικό και αριθμητικό, που προβλέπει την επίδοση σε έργα κατανόησης κειμένων, σύμφωνα με τους Morrell και Park (1993) (βλέπε επίσης Shah και Miyake, 1996). Η εξειδίκευση της δομής, λεκτικής ή οπτικοχωρικής, στα έργα εύρους της μνήμης εργασίας φαίνεται να προκύπτουν, κυρίως, από τα στοιχεία που έχουν να συγκρατήσουν (Shah & Miyake, 1996). Παραδείγματος χάριν, το οπτικοχωρικό σημειωματάριο είναι εκείνο που βοηθά στην ανάκληση των θέσεων των κύβων στο έργο της ανάκλησης θέσης κύβων, συμβάλλοντας στην απόδειξη ότι τα δύο συστήματα της μνήμη εργασίας, το οπτικοχωρικό σημειωματάριο και το φωνολογικό κύκλωμα, λειτουργούν ως διακριτά συστήματα (Vandierendonck et al., 2004).

Το εύρημα της έρευνας του Miller (1956) που αφορούσε το εύρος της μνήμης εργασίας ήταν, ότι ο αριθμός των πληροφοριών που συγκρατούνται από τους ενήλικες είναι εφτά συν πλην δύο στοιχεία, μία θεωρία που διατηρείται μέχρι σήμερα. Αυτό σημαίνει, ότι ένας άνθρωπος με μικρό εύρος στη μνήμη εργασίας του μπορεί να συγκρατήσει περίπου πέντε στοιχεία, ενώ ένας άνθρωπος με μεγάλο εύρος μπορεί να συγκρατήσει περί των εννέα στοιχείων. Υπάρχουν άτομα, τα οποία αποτελούν εξαιρέσεις, που σε τυπική εγκεφαλική λειτουργία δεν μπορούν να διατηρήσουν στη μνήμη τους ούτε πέντε

στοιχεία, όπως και άτομα που διατηρούν πάνω από εννέα στοιχεία, είτε χρησιμοποιώντας ποικίλες τεχνικές και εξάσκηση είτε χωρίς.

Μία ακόμη παρατήρηση που προέκυψε από την εκτίμηση του εύρους της μνήμης εργασίας, σε άλλη έρευνα (Chow & Conway, 2015), είναι ότι ο αριθμός των στοιχείων που μπορεί ένας άνθρωπος να συγκρατήσει, είναι σε συμφωνία, στην πλειονότητα των έργων, με τη γενική νοημοσύνη. Αυτή η άποψη παρέχει μία βαθύτερη ματία στη δομή της μνήμης εργασίας, καθώς και της νοημοσύνης. Καθώς, το εύρος των πολύγλωσσων συμμετεχόντων και στις δύο έρευνες είχε σημαντικώς στατιστική διαφορά και στις δύο αξιολογήσεις. Επιφυλακτικά, ίσως, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι ισχύει και στα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, σύμφωνα με τα οποία, μπορούμε να συνδέσουμε την καλύτερη λειτουργία της μνήμης εργασίας των πολύγλωσσων με ορισμένους τομείς της νοημοσύνης, παραδείγματος χάρη τη γλωσσική και την χωροταξική νοημοσύνη σύμφωνα με το διαχωρισμό του Gardener (1983).

Εξίσου εξέχουσα θέση στην έρευνα, κατέχει και η εκμάθηση της μητρικής και της ξένης γλώσσας και κατ' επέκταση πως αυτή επιδρά στη λειτουργία της μνήμης εργασίας. Η μάθηση συνδέεται στενά με την τροποποίηση του εγκεφάλου μέσω της εμπειρίας (Kandel 2000, 2001). Μία από τις λειτουργίες που μπορεί να τροποιήσει ενισχυτικά η μάθηση είναι η γνωστική λειτουργία, που συνδέεται με τη μνήμη εργασίας. Στις γνωστικές λειτουργίες ανήκει και η εκμάθηση ξένης γλώσσας, η οποία μπορεί να προκαλέσει τροποποίηση του εγκεφάλου (Bialystok, 2009).

Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια την κατανόησης και της παραγωγής της δεύτερης γλώσσας, στον εγκέφαλο των δίγλωσσων ή των ατόμων που μαθαίνουν ξένη γλώσσα, είναι εξίσου ενεργοποιημένες και οι δύο γλώσσες (Blumenfeld & Marian, 2007. Francis, 1999. Kroll & de Groot, 1997. Marian & Spivey, 2003. Rodriguez-Fornells, Rotte, Heinze, Nosselt, & Munte, 2002. Thierry &Wu, 2007). Οι δίγλωσσοι και εκείνοι που μαθαίνουν ξένες γλώσσες πρέπει να οργανώσουν αναπαραστάσεις και των δύο ή άνω γλωσσών, ακόμη και αν βρίσκονται σε μονόγλωσσο περιβάλλον (βλέπε για επισκόπηση, Dijkstra, 2005). Η οργάνωση των αναπαραστάσεων γίνεται από τον μηχανισμό του εκτελεστικού ελέγχου, που αποτελεί βασικό στοιχείο για την επιτυχημένη χρήση της ξένης γλώσσας (Hernandez & Meschyan, 2006). Συνεπώς, οι δίγλωσσοι ή πολύγλωσσοι πρέπει να επιστήσουν την προσοχή τους, ώστε να επιλέξουν το γλωσσικό σύστημα που χρειάζονται. Αυτός ο μηχανισμός, δηλαδή του ελέγχου της προσοχής, προκαλεί την γνωστική αλλαγή.

Την παράλληλη ενεργοποίηση, όσον αφορά την επεξεργασία της γλώσσας υποστηρίζει και η γνωσιακή επιστήμη (Marslen-Wilson, 1987. McClelland & Elman, 1986), όπως και τη χρήση των όμοιων εγκεφαλικών περιοχών για την επεξεργασία της μητρικής και της δεύτερης ή τρίτης γλώσσας, ακόμη και σε όσους τις αποκτούν μετά τις ευαίσθητες περιόδους. Αυτό το εύρημα είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς αποδεικνύει ότι το νευρωνικό υπόστρωμα είναι βιολογικά καθορισμένο για τις δομές της προσωδίας του λόγου (Gandour et al., 2007). Οι Chee, Tan και Thiel (1999), υποστηρίζοντας την ίδια άποψη για τη χρήση όμοιων περιοχών, βρήκαν ότι σε δίγλωσσους συμμετέχοντες ενεργοποιούνταν ίδιες περιοχές στον μετωπιαίο, κροταφικό και βρεγματικό λοβό. Παρόλα αυτά, υπάρχουν αμφιλεγόμενα ευρήματα για τις εγκεφαλικές δομές που χρησιμοποιούνται στη διγλωσσία ή πολυγλωσσία, καθώς οι Kim, Relkin, Lee και Hirsch (1997) βρήκαν ότι όσοι εκτίθενται μετά τις ευαίσθητες περιόδους στην εκμάθηση της ξένης γλώσσας ενεργοποιούν διαφορετικές περιοχές για κάθε γλώσσα στην κοιλιακή μετωπιαία έλικα.

Ο Marian και οι συνεργάτες του (2003) υποστηρίζουν, επίσης, ότι υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ της μητρικής και της ξένης γλώσσας και αφορούν το εύρος ενεργοποίησης, καθώς παρατηρείται μεγαλύτερη ενεργοποίηση στη δεύτερη γλώσσα και τα διαφορετικά κέντρα ενεργοποίησης στην κάτω μετωπιαία έλικα. Μία υπόθεση για τη μεγαλύτερη ενεργοποίηση της φλοιϊκής περιοχής θα μπορούσε να είναι ότι οι δίγλωσσοι συγκεντρώνουν ταυτόχρονη φωνητική εισαγωγή και στα δύο νοητά λεξικά, καθώς εκτυλίσσεται μια λέξη σε πραγματικό χρόνο, ακόμη και αν το γλωσσικό περιβάλλον είναι αποκλειστικά μονόγλωσσο (Marian & Spivey, 1999). Αλλά αναγνωρίζει και την κοινή ενεργοποίηση σε ορισμένες περιοχές. Τα ευρήματα αυτά φανερώνουν ότι η επεξεργασία της ξένης γλώσσας απαιτεί περισσότερους φλοιϊκούς πόρους από την επεξεργασία της μητρικής. Αυτή η διαπίστωση, ίσως, κατευθύνει την σκέψη στην υπόθεση της τροποποίησης των γνωστικών λειτουργιών, που προαναφέρθηκε, εξαιτίας της έντονης δραστηριότητας.

Γενικότερα, η πολυγλωσσία είναι μία έντονη διαδικασία που μπορεί να συμβάλλει στη μεταβολή των εγκεφαλικών δομών. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ξένη γλώσσα βασίζεται στις ήδη υπάρχουσες για τη γλώσσα δομές, δηλαδή η επεξεργασία της ξένης γλώσσας δεν γίνεται εξ ολοκλήρου από διαφορετικές περιοχές από τη μητρική, αλλά η δραστηριότητα στις πρωταρχικές περιοχές ενισχύεται από άλλα νευρικά δίκτυα, σε περίπτωση που χρειαστεί (Gandour et al., 2007). Δηλαδή η ξένη γλώσσα ενεργοποιεί

τις ίδιες δομές με εκείνες της μητρικής, αλλά σε κάποιους δύσκολους τομείς της γλώσσας, όπως η γραμματική, ενεργοποιούνται και άλλες εγκεφαλικές διεργασίες (Cao, 2014). Σε έρευνες που δόθηκαν ερεθίσματα σε δύο γλώσσες σε δίγλωσσους συμμετέχοντες, παρατηρήθηκε η ενεργοποίηση της πρόσθιας βρεγματικής περιοχής μαζί με την αριστερή οπίσθια μέση κροταφική έλικα και στις δύο γλώσσες. Αυτό το συμπέρασμα δείχνει, όχι μόνο την κοινή ενεργοποιήση των ίδιων δομών και στις δύο γλώσσες, αλλά και την εμπλοκή της λεκτικής μνήμης εργασίας στη διαδικασία της γλωσσικής επεξεργασίας, επίσης για τις δύο γλώσσες (Chein et al., 2003. Paulesu et al., 1993. Ravizza et al., 2004). Η εμπλοκή της λεκτικής μνήμης εργασίας στις γλώσσες που ασχολείται ένα άτομο, οδήγησε και στην εκτίμησή της στην παρούσα έρευνα, προκείμενου να διαπιστωθεί η εγκυρότητα της υπόθεσης για την καλύτερη λειτουργία της λεκτικής μνήμης εργασίας στους πολύγλωσσους συμμετέχοντες. Όπως συνέβη, η υπόθεση επιβεβαιώθηκε με τα αποτελέσματα των δύο έργων.

Η σύνδεση ανάμεσα στην ξένη γλώσσα και στη λειτουργία της λεκτικής/φωνολογικής μνήμης εργασίας, είναι εξέχουσας θεωρητικής, αλλά και πρακτικής σημασίας (Masoura & Gathercole, 2005). Η φωνολογική μνήμη εργασίας συμβάλλει στην εκμάθηση της νέας γλώσσας και η νέα γλώσσα συμβάλλει, μάλλον, στην καλύτερη λειτουργία της μνήμης εργασίας μέσω της έντονης δραστηριότητας που προκαλείται. Παράλληλα με τη φωνολογική λειτουργία, η επεξεργασία μιας ξένης γλώσσας απαιτεί, προφανώς, μια στρατηγική οπτικοποίησης που σχετίζεται με τις απαιτήσεις της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας (Kim et al., 2002). Εξίσου εξέχοντα ρόλο με τη φωνολογική λειτουργία, για την οποία είναι υπεύθυνο το φωνολογικό κύκλωμα, έχει η λειτουργία της οπτικοποίησης, για την οποία είναι υπεύθυνο το οπτικοχωρικό σημειωματάριο. Η λειτουργία της οπτικοποιήσης είναι απαραίτητη στην εκμάθηση της μητρικής αλλά και της ξένης γλώσσας, καθώς εμπλέκεται στην ανάγνωση και στην εκμάθηση λεξιλογικών όρων.

Το σύστημα του φωνολογικού κυκλώματος, το οποίο κατονομάστηκε από τους Baddeley και Hitch (1974) στο μοντέλο μνήμης εργασίας τους, διαχωρίζεται σε δύο μικρότερες δομές, ένα σύστημα προσωρινής αποθήκευσης και ένα σύστημα εσωτερικής αναπαράστασης/επανάληψης (Baddeley, A., 2003. Baddeley, & Hitch, 1974). Το προαναφερόμενο σύστημα (φωνολογικό κύκλωμα) είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση των ποικίλων φωνοτακτικών δομών μίας γλώσσας, αλλά και των λέξεων ή συμβόλων, αρκεί αυτά να έχουν λεκτική υπόσταση. Η λειτουργία του φωνολογικού

κυκλώματος μπορεί να αξιολογηθεί με έργα λεκτικής μνήμης εργασίας, για αυτό το λόγο επιλέχθηκε ένα από αυτά (Αντίστροφη Ανάκληση Ψηφίων) στην παρούσα έρευνα.

Όσον αφορά τις οπτικοχωρικές λειτουργίες, η δομή που τις ολοκληρώνει είναι το οπτικοχωρικό σημειωματάριο, την οποία κατανόμασε ο Baddeley (1986) μετά από την παρατήρηση μίας καθημερινής εμπειρίας που είχε. Ακόμα, στις λειτουργίες του οπτικοχωρικού σημειωματάριου, ανήκει και η ενσωμάτωση χωρικών, οπτικών και κιναισθητικών πληροφοριών. Επιπλέον, η εμπλοκή της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας στα καθημερινά έργα ανάγνωσης, όπως την αναπαράσταση μίας σελίδας, αλλά και τις σακκαδικές κινήσεις των οφθαλμών από την αρχή ως το τέλος μιας σειράς (Baddeley, 2003), είναι σχετική με τις πληροφορίες (οπτικές, χωρικές και κιναισθητικές) που μπορεί να επεξεργαστεί. Αφού είναι ένα σύστημα απαραίτητο για την ανάγνωση, οπότε αναγκαίο επίσης για τη μάθηση και την απομνημόνευση της ξένης γλώσσας. Για το λόγο αυτό, εντάξαμε την αξιολόγησή του στην παρούσα έρευνα με το έργο αντίστροφης ανάκλησης θέσης κύβων.

Και οι δύο προαναφερόμενες δομές (φωνολογικό κύκλωμα, οπτικοχωρικό σημειωματάριο), ανήκουν στο μοντέλο μνήμης εργασίας των Baddeley και Hitch (1974) και συμβάλλουν στη λειτουργία του κεντρικού επεξεργαστή, ο οποίος αφορά, κυρίως, τη λειτουργία του ελέγχου προσοχής (Baddeley και Hitch, 1974). Η συγκεκριμένη λειτουργία είναι ένα από τα δύο στοιχεία που αποτελείται η μνήμη εργασίας, ενώ το άλλο στοιχείο αφορά το εύρος της, σύμφωνα με τον Cowan και τους συνεργάτες του (2005). Ο έλεγχος της προσοχής αναφέρεται στις λειτουργίες της διατήρησης των σχετικών με το έργο αναπαραστάσεων, της αντιμετώπισης της διάσπασης και της επιλεκτικής ανάσυρσης πληροφοριών από τη μνήμη (Kane, Bleckley, Conway,& Engle, 2001. Unsworth & Engle, 2006a). Επιπλέον, η προαναφερόμενη λειτουργία του ελέγχου της προσοχής μπορεί να διαχωριστεί σε μία σειρά από εκτελεστικές υποδιεργασίες, σύμφωνα με τον Baddeley (2002) και τον Shallice (2002).

Ακόμα, εξέχουσας σημασίας ικανότητα είναι η σύνδεση του ελέγχου της προσοχής με τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες, που μερικές από αυτές αποτελούνται από την αναγνωστική ικανότητα, τη χωροταξική κατανόηση και τη ρέουσα νοημοσύνη (Cowan et al., 2005. Fukuda, Vogel, Mayr, & Awh, 2010. Shipstead, Redick, Hicks, & Engle, 2012. Unsworth, Fukuda, Awh, &Vogel, 2014), αλλά και η σύνδεση των ανώτερων

γνωστικών λειτουργιών με την ικανότητα της μνήμης εργασίας (Daneman & Carpenter, 1980. Kyllonen & Christal, 1990. Kane et al., 2004). Εύρημα που συνάδει με την υπόθεση της παρούσας έρευνας, αφού οι ανώτερες γνωστικές λειτουργίες αναφέρονται εκτός των άλλων στην εκμάθηση ξένης γλώσσας. Λαμβάνοντας υπόψιν τη σύνδεση των γνωστικών λειτουργιών με τη μνήμη εργασίας, οι ατομικές διαφορές στην ικανότητα του ελέγχου της προσοχής είναι υπεύθυνες για την ισχυρή σχέση μεταξύ των επιδόσεων στα έργα μνήμης εργασίας και του γνωστικού επιπέδου (Engle, Kane, & Tuholski, 1999. Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001. Engle & Kane, 2004. Kane et al., 2004). Δηλαδή, όσο υψηλότερο το γνωστικό επίπεδο, τόσο καλύτερη και η λειτουργία του ελέγχου της προσοχής.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στην παρούσα έρευνα, αφού τα έργα που διεξήχθησαν αφορούσαν την αξιολόγηση της μνήμης εργασίας, ένας από τους παράγοντες που καθόρισαν την επίδοση των πολύγλωσσων συμμετεχόντων ήταν η λειτουργία του ελέγχου της προσοχής. Υποθέτουμε ότι, η συγκεκριμένη λειτουργία του ελέγχου της προσοχής ήταν καλύτερη στους πολύγλωσσους ενήλικες σε σχέση με τους μονόγλωσσους. Ίσως, η καλύτερη λειτουργία να οφείλεται στην ανάγκη, που παρουσιάζουν οι δίγλωσσοι και εκείνοι που μαθαίνουν ξένες γλώσσες, για οργάνωση πιθανών πολλαπλών αναπαραστάσεων και στην επιλογή της καταλληλότερης από αυτές (βλέπε για επισκόπηση, Dijkstra, 2005). Αυτή η οργάνωση πραγματοποιείται από τη δομή του εκτελεστικού ελέγχου της μνήμης εργασίας, ο οποίος έχει εξέχοντα ρόλο στην ομαλή και επιτυχημένη χρήση της ξένης γλώσσας (Dijkstra, 2005. Hernandez & Meschyan, 2006).

Σε κάποιες περιπτώσεις, όμως, όταν η λειτουργία του ελέγχου της προσοχής για ορισμένους λόγους δεν έχει πλήρη ισχύ, εμφανίζεται η παρεμβολή. Όταν ενεργοποιείται το φαινόμενο της παρεμβολής, παρατηρείται μία γενική πτώση στην επίδοση της μνήμης (Bayliss & Jarold, 2015). Ένας παράγοντας που συμβάλλει σε αυτή τη λειτουργία (παρεμβολή), είναι η μικρή χωρητικότητα στη μνήμη εργασίας, ειδικά, όταν κάποιος καλείται να ανακαλέσει λίστες με αλληλοεπικαλυπτόμενα μνημονικά στοιχεία (Kane & Engle, 2000). Παραδείγματος χάρη, η αλληλοεπικάλυψη μπορεί να προκληθεί από την ομοιότητα των μνημονικών στοιχείων. Επίσης, άλλος παράγοντας που αναδεικνύει το φαινόμενο της παρεμβολής, είναι η εισαγωγή νέων πληροφοριών στη μνήμη εργασίας, οι οποίες μπορεί να διακόψουν την αποθήκευση του πρότερου υλικού που είχε καταγραφεί. Αυτό το φαινόμενο ονομάστηκε αναδρομική παρεμβολή

από τον Castel και τους συνεργάτες του (2003) (βλέπε, επίσης, Logie, Zucco, & Baddeley, 1990).

Η λειτουργία της παρεμβολής, εάν δεν εμποδιστεί, το πιθανότερο είναι να επιφέρει τη λήθη της πληροφορίας, διότι σχετίζεται με την ατομική ευαλωτότητα ως χαρακτηριστικό αλληλοεπικάλυψης της επεξεργασίας των μνημονικών αντικειμένων (Barrouillet et al., 2012. Bayliss & Jarold, 2015). Ακόμα ένας παράγοντας, που είναι πιθανόν να συμβάλλει στη λήθη, είναι η μεγαλύτερη επεξεργασία του ερεθίσματος, προκαλώντας διάσπαση ή αλληλοεπικάλυψη. Επιπλέον, αξίζει να αναφερθεί ότι η λήθη και το εύρος της μνήμης εργασίας ανήκουν σε ξεχωριστούς συντελεστές, αλλά μάλλον έχουν τους ίδιους βασικούς μηχανισμούς (Halford, Maybery, O'Hare, & Grant, 1994. though see Jarrold, Tam, Baddeley, & Harvey, 2011). Αναφερόμενοι στην παρούσα έρευνα, όσο αυξάνονταν τα ψηφία ή οι κύβοι προς ανάκληση, υπήρχε η πιθανότητα της ενεργοποίησης της λειτουργίας της παρεμβολής, η οποία ήταν υπεύθυνη για τη λήθη των πληροφοριών.

Παρόλα αυτά, υπάρχει μία λειτουργία που μπορεί να αποτρέψει την παρεμβολή και κατ' επέκταση τη λήθη. Αυτή η λειτουργία, η οποία ονομάζεται αντίσταση της παρεμβολής, μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία κεντρική λειτουργία του ελέγχου της προσοχής ή ένα εκτελεστικό δομικό στοιχείο της μνήμης εργασίας. Όταν ενεργοποιείται η λειτουργία της αντίστασης της παρεμβολής, σκοπός της είναι να προστατέψει τα μνημονικά στοιχεία από τη λήθη και να συμβάλλει στην ομαλή λειτουργία της μνήμης εργασίας. Ακόμα, η αντίσταση της παρεμβολής φαίνεται να είναι απαραίτητη λειτουργία για τις στατιστικά σημαντικές επιδόσεις (Kane et al., 2007). Σημαντικά στατιστικές επιδόσεις παρουσίασαν οι πολύγλωσσοι στην έρευνα του Kane και των συνεργατών του (2007), όπως, επίσης, παρουσίασαν οι πολύγλωσσοι συμμετέχοντες στην παρούσα έρευνα. Αυτή η διαπίστωση, δηλώνει μάλλον ότι οι άνθρωποι, που έχουν την εμπειρία της πολυγλωσσίας, έχουν καλύτερη λειτουργία της αντίστασης της παρεμβολής.

Ανακεφαλαιώνοντας, οι άνθρωποι που μιλούν περισσότερες γλώσσες έχουν καλύτερη λειτουργία του ελέγχου της προσοχής και της αντίστασης της παρεμβολής. Με αποτέλεσμα, η επίδοση στα έργα που αξιολογούν τη μνήμη εργασίας, αφού σχετίζεται με τις προαναφερόμενες λειτουργίες, να έχει σημαντικά στατιστική διαφορά στα αποτελέσματα. Η ίδια παρατήρηση προέκυψε στην παρούσα έρευνα μεταξύ των δύο ομάδων (πολύγλωσσων, μονόγλωσσων) στα δύο έργα αξιολόγησης, αφού η

πολύγλωσση ομάδα είχε καλύτερη επίδοση και στα δύο, προκύπτει ότι είχε και καλύτερη λειτουργία του ελέγχου της προσοχής και της αντίστασης της παρεμβολής.

Όπως προαναφέρθηκε, η μνήμη εργασίας συνδέεται με τις ανώτερες γνωστικές λειτουργίες (Daneman & Carpenter, 1980. Kyllonen & Christal, 1990. Kane et al., 2004) και έχει εξέχοντα ρόλο σε ποικίλες από αυτές (Kane, Conway, Hambrick, & Engle, 2007., για επισκόπηση), όπως είναι η γλώσσα. Συγκεκριμένα, έχει υποστηριχθεί ότι η καλύτερη επίδοση της φωνολογικής και της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας, ίσως, αποτελεί παράγοντα πρόβλεψης για τις καλύτερες γνωστικές λειτουργίες και προτέρημα στην εκμάθηση ξένων γλωσσών (Δαλάτση & Μασούρα, 2011. Masoura, 1999). Οι παραπάνω έρευνες ενισχύουν την υπόθεση των ευρημάτων της παρούσας έρευνας.

Ακόμα, είναι γνωστό ότι η μνήμη εργασίας αποτελεί προγνωστικό παράγοντα και για τη σχολική επίδοση των παιδιών. Η σχολική επίδοση εν μέρει εξαρτάται από την αναγνωστική κατανόηση, που απαιτεί τη συγκράτηση του πρότερων σειρών ενός κειμένου με σκοπό την κατανόηση των επόμενων σειρών του. Οπότε, δεν αποτελεί έκπληξη ότι τα παιδιά με καλύτερη μνήμη εργασίας αποκτούν πρώιμα τη γραφή και την ανάγνωση, αλλά και τις αριθμητικές ικανότητες (Adams & Gathercole, 1995. Blair & Razza, 2007. De Beni, Palladino, Pazzaglia, & Cornoldi, 1998. Gathercole, Pickering, Knight, & Stegmann, 2004. Savage, Cornish, Manly, & Hollis, 2006), όπως, επίσης, κατακτούν πρώιμα γλωσσικά και μαθηματικά επιτεύγματα (Barrouillet & Lepine, 2005. Blair & Razza, 2007. Bull & Scerif, 2001. Espy et al., 2004. Gathercole et al., 2004. Passolunghi, Vercelloni, & Schadee, 2007. Swanson & Kim, 2007).

Τα προλεγόμενα μας οδηγούν στο ερώτημα εάν τα παιδιά με καλύτερη λειτουργία της μνήμης εργασίας αποφασίζουν να ασχοληθούν με την εκμάθηση πολλών ξένων γλωσσών ή εάν η εκμάθηση πολλών ξένων γλωσσών είναι εκείνη που οδηγεί στην καλύτερη λειτουργία της μνήμης εργασίας. Το δεύτερο σκέλος του ερωτήματος απαντήθηκε στην παρούσα έρευνα, ενώ για το πρώτο ίσως πρέπει να γίνει μία διαχρονική έρευνα. Φυσικά, εκτός από τη μνήμη εργασίας, υπάρχουν και άλλοι γνωστικοί και κοινωνικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση του καθενός στη δυνατότητα μάθησης ξένων γλωσσών, όπως είναι το κίνητρο, η ικανότητα μίμησης, η μεταγλωσσική επίγνωση και οι στρατηγικές μάθησης (Birdsong, 2006. Juffs, 2004).

Όσον αφορά τους γνωστικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην εκμάθηση μίας γλώσσας, σε έρευνα για τη λεκτική ευχέρεια (Luo et al., 2010), οι δίγλωσσοι συμμετέχοντες παρουσίασαν καλύτερη επίδοση στη φωνολογική ευχέρεια, η οποία απαιτεί τη συμβολή των εκτελεστικών λειτουργιών (Gollan, Montoya, & Werner, 2002, Rosselli et al., 2002, Grogan, Green, Ali, Crinion & Price, 2009). Η μνήμη εργασίας συνδέεται με τις εκτελεστικές λειτουργίες, οι οποίες μάλλον καθορίζουν τις ατομικές διαφορές στις επιδόσεις σε έργα της μνήμης εργασίας (Daneman & Carpenter, 1980). Κάποιες από τις εκτελεστικές λειτουργίες που συνδέεται η μνήμη εργασίας είναι και ο συλλογισμός, η κατανόηση, η αναστολή και η προσοχή (Baddeley, 2003). Όλες οι παραπάνω λειτουργίες είναι απαραίτητες στην καθημερινότητα και στην κοινωνική συναναστροφή. Όλοι οι άνθρωποι με τυπική ανάπτυξη τις έχουν, αλλά όχι όλοι στον ίδιο βαθμό. Παραδείγματος χάρη, οι δίγλωσσοι έχοντας να οργανώσουν δύο ή περισσότερα γλωσσικά συστήματα ταυτόχρονα, δρα ως φυσική ενίσχυση στη λειτουργία των εκτελεστικών λειτουργιών τους (Bialystok, Craik, Klein, & Viswanathan, 2004. Bialystok, Craik, & Luk, 2008a. Carlson & Meltzoff, 2008. Costa, Hernández, & Sebastián-Galles, 2008. Salvatierra & Rosselli, 2011).

Στην καλύτερη λειτουργία των εκτελεστικών λειτουργιών, καθοριστικός είναι ο ρόλος της μνήμης εργασίας και, αντιστρόφως, οι εκτελεστικές λειτουργίες έχουν καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία της μνήμης εργασίας. Επιπλέον, όσον αφορά το συγκεκριμένο θέμα, έχει υποστηριχθεί ότι οι εκτελεστικές λειτουργίες είναι εκείνες που καθορίζουν τις ατομικές διαφορές στο μνημονικό ίχνος της μνήμης εργασίας (Daneman & Carpenter, 1980). Ως συνέπεια, οι εκτελεστικές λειτουργίες έχουν εξέχουσα θέση στη λειτουργία της μνήμης εργασίας, η οποία πιθανόν προέρχεται από την ανάγκη του αποπροσανατολισμού ή της διατήρησης της προσοχή τους σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία ή ένα γνώρισμα (Ravizza et al., 2004). Οι πολύγλωσσοι πρέπει να διατηρήσουν την προσοχή τους, ώστε να επιλέξουν τη σωστή λεκτική ή οπτική αναπαράσταση, για το λόγο αυτό οι εκτελεστικές λειτουργίες του έχουν οξυνθεί. Αλλά υπάρχει και το ενδεχόμενο εξαιτίας της καλύτερης λειτουργίας των εκτελεστικών λειτουργιών να επέλεξαν να μάθουν επιπλέον γλώσσες.

Πολλά ακόμη ερωτήματα προκύπτουν γύρω από τη μνήμη εργασίας, όσο κι αν έχει μελετηθεί (e.g., Jones, 2007. Baddeley, 1986.1988.2003. Archibald et al., 2015). Τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι εύλογα, καθώς η μνήμη εργασίας συνδέεται με πολλές λειτουργίες του νου, όπως είναι οι γνωστικές, οι οποίες καθορίζονται από το

εύρος της μνήμης εργασίας και συνδέονται με τις μετρήσεις την νοημοσύνης (π.χ., Daneman & Merikle, 1996). Ακόμα, η μνήμη εργασίας βοηθά στην επιτυχημένη εκτέλεση μίας περίπλοκης συμπεριφοράς, ανεξαρτήτως με τις γνωστικές δομές που εμπλέκονται. Η εμπλοκή των γνωστικών δομών έχει ως αποτέλεσμα, να παρατηρείται η φθορά της μνήμης εργασίας σε πολλά νευρολογικά και ψυχιατρικά σύνδρομα, τα οποία χαρακτηρίζονται από αποδιοργανωτική συμπεριφορά (Devinsky & D'Esposito 2003). Σύμφωνα με τα παραπάνω, η καλύτερη λειτουργία της μνήμης εργασίας προκαλεί και μία οργανωμένη συμπεριφορά.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες, οι οποίοι είχαν ενασχόληση με τις διάφορες γλώσσες, είχαν και καλύτερες επιδόσεις στα έργα εκτίμησης της μνήμης, στα οποία επιδόθηκαν. Επίσης, τα αποτελέσματα παρουσίασαν την καλύτερη επίδοση των πολύγλωσσων στο εύρος (μνημονικό ίχνος) της λεκτικής μνήμης εργασίας και στο εύρος της οπτικοχωρικής μνήμης εργασίας, αλλά και στις συνολικές προσπάθειες. Συνεπώς, η μηδενική υπόθεση της παρούσας έρευνας, ότι η πολυγλωσσία ενισχύει τη λειτουργία της μνήμης εργασίας, επιβεβαιώθηκε. Τα έργα της Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων και της Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων έδειξαν το παραπάνω αποτέλεσμα. Ακόμη, μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση φαίνεται η καλύτερη λειτουργία της μνήμης εργασίας να συνδέεται και με άλλες λειτουργίες. Μερικές από αυτές τις λειτουργίες είναι ο έλεγχος της προσοχής, η αντίσταση της παρεμβολής, γενικώς, οι γνωστικές και εκτελεστικές λειτουργίες. Ακόμη είδαμε τη σύνδεση του εύρους της μνήμης εργασίας με τη γενική νοημοσύνη.

Έρευνες, όπως του Green (1998) υποστηρίζουν ότι η διγλωσσία δρα με ευεργετικό τρόπο στη μνήμη εργασίας, όπως στην αναστολή και την εναλλαγή που αποτελούν εκτελεστικές λειτουργίες. Στην έρευνα του Morales και των συνεργατών του (2012) υποστηρίχθηκε ότι η μνήμη εργασίας έχει όντως καλύτερη λειτουργία στη μνήμη εργασίας αλλά σε συνεργασία με τις λειτουργίες της αναστολής και της εναλλαγής. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας για την ευεργετική δράση που έχει η διγλωσσία/πολυγλωσσία στη μνήμη εργασίας ενισχύνται και από άλλες έρευνες (Hilchey & Klein, 2011. Bialystok, et al., 2004). Να αναφερθεί, όμως, ότι κάποιες έρευνες δεν βρήκαν διαφορά στη μνήμη εργασίας ανάμεσα σε μονόγλωσσα και δίγλωσσα παιδιά (Bialystok & Feng, 2010. Bonifacci, Giombini, Bellocchi, & Contento, 2011. Engel de Abreu, 2011).

Λαμβάνοντας υπόψιν τις παραπάνω πληροφορίες, θα μπορούσε μελλοντικό ερευνητικό ερώτημα να αποτελέσει, εαν άνθρωποι που θα παρουσιάσουν κάποιο επίκτητο έλλειμμα στη μνήμη εργασίας, λόγω κάποιου νοσήματος ή ασθένειας ή ακόμη και λόγω κάποιας βλάβης, θα μπορέσουν να βελτιώσουν την μνήμη εργασίας τους και τις λειτουργίες που την απαρτίζουν μέσω της εκμάθησης μίας ξένης γλώσσας. Αυτή η έρευνα έχει υψηλές απαιτήσεις όσον αφορά το πρωτόκολλο διαδικασίας που θα πρέπει να ακολουθήσουν οι ερευνητές, αλλά και όσον αφορά τη βιοηθική πλευρά, καθώς η έρευνα πρόκειται για έμβιους οργανισμούς.

# Σημειώσεις

* Στη βιβλιογραφία (Schumacher, 2001. Greenwald, 2003), ο όρος διπλό έργο αναφέρεται στην ταυτόχρονη επιτέλεση δύο έργων, χωρίς να υφίστανται παρεμβολή το ένα από το άλλο, αρκεί να υπάρχει διαφοροποίηση σε τρεις παράγοντες:

i. αίσθηση που ενεργοποιείται (ακοή, αφή κλπ)

ii. κεντρική επεξεργασία (νοητικές λειτουργίες)

iii. Μέσο ανταπόκρισης (πχ χέρια κλπ)

* Ο όρος «working memory» έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές, καθώς είναι εξέχουσας σημασίας για ποικίλες λειτουργίες. Ως αποτέλεσμα έχουμε και την ποικιλία των μεταφράσεων του όρους στην ελληνική γλώσσα. Θα αναφέρω ενδεικτικά μερικούς επιστήμονες και ο όρος θα αναφερθεί στο κείμενο ως «μνήμη εργασίας».

Σύμφωνα με το «Λεξικό Νευροεπιστημονικών όρων» της Ελληνικής Εταιρείας για τις Νευροεπιστήμες ο όρος «working memory» μεταφράζεται ως μνήμη εργασίας ή ενεργός μνήμη.

Επιπλέον, ο Α. Καραμανλίδης, στη μετάφραση του βιβλίου του Larry Squire και Eric Kandel , «Μνήμη : Από τον νου στα μόρια», παρουσιάζει τον όρο ως ενεργό μνήμη.

Η Ε. Μασούρα σε άρθρα και διαλέξεις της (et. 2011), επιλέγει τον όρο εργαζόμενη μνήμη, καθώς η μετοχή δείχνει τη συνεχή δραστηριότητα της συγκεκριμένης μνήμης.

Ο Κ. Παπαθεοδωρόπουλος αναφέρεται στον όρο ως ενεργός μνήμη ή μνήμη εργασίας, κυρίως στις διαλέξεις των μαθημάτων του, διότι η πλειονότητα των άρθρων του είναι στην αγγλική γλώσσα .

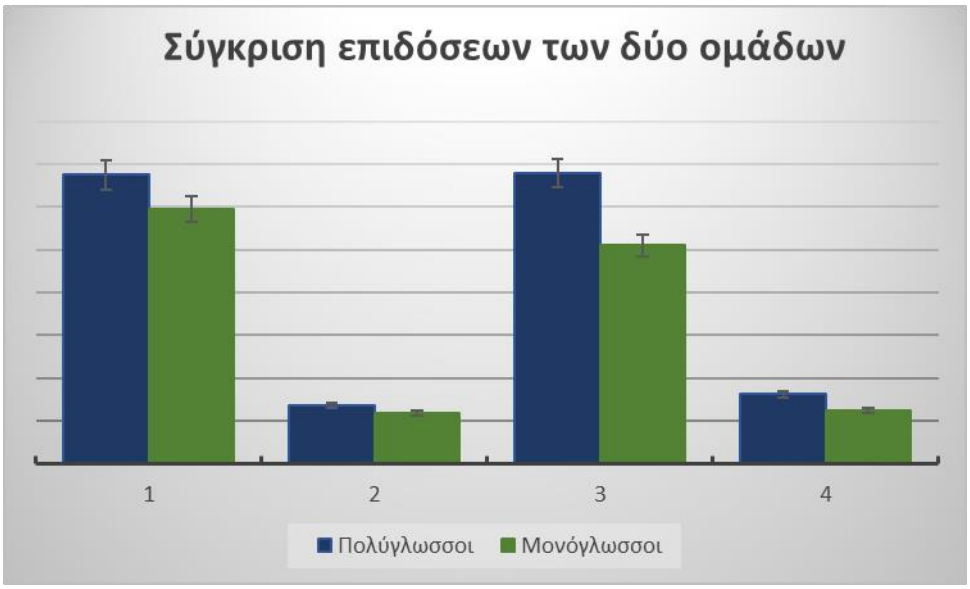
Ενώ, οι Χουντουμάδη και Πατεράκη (Λεξικό Ψυχολογίας, 2008) το αναφέρουν, επίσης, μνήμη εργασίας (working memory). Το σύστημα μνήμης που επεξεργάζεται προσωρινά τις πληροφορίες. Αποτελείται από το κεντρικό εκτελεστικό σύστημα, το οποίο συντονίζει το αρθρωτικό κύκλωμα (το σύστημα που χρησιμοποιείται για τη συγκράτηση πληροφοριών φωνολογικής φύσης) και το οπτικοχωρικό (πρόχειρο) σημειωματάριο (το σύστημα που εμπλέκεται στη συγκράτηση οπτικών πληροφοριών).

* Όπου άμεση μνήμη είναι η εγκεφαλική ικανότητα καταγραφής ενός γεγονότος ακαριαία, με την οξυδέρκεια που έχει ο καθένας. Τα στοιχεία ενός γεγονότος που καταγράφεται, έχουν μια ευθεία αναλογία, τόσο με την αντίληψη των καταστάσεων, αλλά και με τη λειτουργία της μνήμης που λέγεται συγκράτηση. Η αδυναμία συγκράτησης ανάμεσα σε άμεση και πρόσφατη μνήμη δημιουργεί ελλείψεις διαφόρων μνημονικών διαταραχών, οι οποίες τείνουν στη σταδιακή αύξηση μέχρι την τελική κατάληξη που αποτελεί η κλινική μορφή διαφόρων εικόνων άνοιας (σύμφωνα με τον Δ. Κουντούρη).

* Μηχανισμός θεωρείται η διαδικασία με την οποία μια επεξεργασία του εγκεφάλου διεκπεραιώνεται και μπορεί να αναλυθεί σε πολλαπλά επίπεδα. Η βραχύχρονη διατήρηση των πληροφοριών στη μνήμη εργασίας υποστηρίζεται από πολλούς νευρικούς μηχανισμούς ακόμη και σε παράλληλη λειτουργία.

# Παράρτημα

## Πίνακες




***Πίνακας 1***

***Σειρά 1 (μπλε):*** *πολύγλωσση ομάδα (polyglots)*

***Σειρά 2 (πράσινο):*** *μονόγλωσση ομάδα (monoglots)*

***1:*** *Προσπάθειες Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων (Backward Corsi Block Recall Trials)*

***2:*** *Εύρος Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων (Backward Corsi Block Recall Span)*

***3:*** *Προσπάθειες Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων (Backward Digit Recall Trials)*

***4:*** *Εύρος Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων (Backward Digit Recall Span)*

*Περιγραφικά Στατιστικά*

| **ΟΜΑΔΑ** | | Αριθμός | Μέσος όρος | Τυπική απόκλιση | Μέσος όρος τυπικού σφάλματος |
|---|---|---|---|---|---|
| ΑΑΘΚ Προσπάθειες | 10 | 30 | 33,7667<br>29,7333 | 4,59147<br>5,58281 | ,83828<br>1,01928 |
| ΑΑΘΚ Εύρος | 10 | 30 | 6,8000<br>5,8333 | 1,06350<br>,94989 | ,19417<br>,17343 |
| ΑΑΨ Προσπάθειες | 10 | 30 | 33,9333<br>25,5333 | 7,17723<br>4,54657 | 1,31038<br>,83009 |
| ΑΑΨ Εύρος | 10 | 30 | 8,1000<br>6,1333 | 1,24152<br>1,07425 | ,22667<br>,19613 |
| Ηλικία | 10 | 30 | 20,8000<br>24,0667 | 1,90100<br>2,69013 | ,34707<br>,49115 |

***Πίνακας 2***

*ΑΑΣΚ: Αντίστροφη Ανάκληση Θέσης Κύβων (Backward Corsi Block Recall)*

*ΑΑΨ: Αντίστροφη Ανάκληση Ψηφίων (Backward Digit Recall)*

*Φόρμα Συναίνεσης*

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΕ ΕΡΕΥΝΑ

Δέχομαι να λάβω μέρος στην παρούσα έρευνα. Η συμμετοχή μου περιλαμβάνει προφορικά τεστς, είναι εντελώς εθελοντική και τα δεδομένα από τις απαντήσεις μου είναι αυστηρά απόρρητα. Μπορώ να αποσυρθώ από τη έρευνα αυτή όποτε θελήσω χωρίς καμία επίπτωση.

Μου δόθηκε η ευκαιρία να κάνω, ό,τι ερωτήσεις είχα σχετικά με τη συμμετοχή μου στην παρούσα έρευνα. Δέχομαι να συμμετάσχω σύμφωνα με τους παραπάνω όρους.

Όνομα συμμετέχοντος/-ουσας

Ημερομηνία:

Όνομα εξετάστριας
Μαρία Καραθάνου

Ημερομηνία:

*Ανάλυση ανεξάρτητων δειγμάτων*

***Διαφορές ανάμεσα στις δυο ομάδες***

| Μεταβλητή | *t*(58) | *p* |
|---|---|---|
| Αντίστροφη Ανάκληση Θέσης Κύβων | | |
| Εύρος | 3.713 | **.003** |
| Σωστές προσπάθειες | 3.056 | **.003** |
| Αντίστροφη Ανάκληση Ψηφίων | | |
| Εύρος | 6.561 | **.000** |
| Σωστές προσπάθειες | 3.713 | **.000** |
| Ηλικία | -5.432 | **.000** |

***Πίνακας 3***

*Έργο Αντίστροφης Ανάκλησης Θέσης Κύβων*

| | Practice List | Response | Score |
|---|---|---|---|
| | | | ( 1 or 0 ) |
| P1 | 5 | | |
| P2 | 3 4 | | |
| P3 | 5 2 8 | | |

| Span | List | Response | Score |
|---|---|---|---|
| | | | ( 1 or 0 ) |
| 1 | 4 | | |
| | 6 | | |
| | 2 | | |
| | 7 | | |
| | 1 | | |
| | 9 | | |
| 2 | 2 8 | | |
| | 5 3 | | |
| | 4 6 | | |
| | 8 1 | | |
| | 9 2 | | |
| | 1 3 | | |
| 3 | 8 1 3 | | |
| | 6 3 7 | | |
| | 2 6 8 | | |
| | 1 8 2 | | |
| | 7 1 9 | | |
| | 4 6 2 | | |
| 4 | 2 8 1 4 | | |
| | 6 2 8 4 | | |
| | 9 6 2 4 | | |
| | 8 1 6 2 | | |
| | 6 3 5 9 | | |
| | 5 3 8 2 | | |

| Span | List | Response | Score |
|---|---|---|---|
| | | | ( 1 or 0 ) |
| 5 | 8 1 3 9 2 | | |
| | 3 5 8 26 | | |
| | 2 9 7 3 1 | | |
| | 4 6 3 1 9 | | |
| | 5 8 1 3 6 | | |
| | 7 1 3 6 2 | | |
| 6 | 5 2 1 7 9 3 | | |
| | 2 8 6 3 7 1 | | |
| | 4 6 3 7 1 9 | | |
| | 6 2 9 7 3 1 | | |
| | 3 5 8 2 6 9 | | |
| | 1 9 5 8 2 4 | | |
| 7 | 8 3 5 2 9 7 1 | | |
| | 7 9 2 6 3 5 8 | | |
| | 8 5 2 9 6 3 1 | | |
| | 9 6 2 8 1 4 7 | | |
| | 3 1 8 2 6 9 5 | | |
| | 5 3 7 1 9 6 4 | | |
| 8 | 6 2 9 1 8 3 7 5 | | |
| | 5 8 4 1 9 2 6 3 | | |
| | 1 7 9 2 6 3 8 5 | | |
| | 4 6 2 8 5 3 1 9 | | |
| | 3 1 9 2 8 6 4 5 | | |
| | 8 3 6 2 9 1 4 7 | | |
| 9 | 4 7 1 9 6 2 5 3 8 | | |
| | 7 3 5 8 6 2 9 4 1 | | |
| | 9 3 7 2 5 8 1 4 6 | | |
| | 4 6 2 8 1 9 7 3 5 | | |
| | 1 9 2 6 8 5 3 7 4 | | |
| | 6 4 1 3 8 2 9 5 7 | | |
| | | Trials Correct | |
| | | Span | |

*Έργο Αντίστροφης Ανάκλησης Ψηφίων*

| | Practice List | Response | Score |
|---|---|---|---|
| | | | ( 1 or 0 ) |
| P1 | 2 3 | | |
| P2 | 5 4 | | |
| P3 | 3 4 5 | | |
| P4 | 5 2 4 | | |

| Span | List | Response | Score |
|---|---|---|---|
| | | | ( 1 or 0 ) |
| 2 | 2 7 | | |
| | 5 9 | | |
| | 3 1 | | |
| | 9 7 | | |
| | 4 6 | | |
| | 8 4 | | |
| 3 | 8 1 4 | | |
| | 6 3 7 | | |
| | 4 6 2 | | |
| | 2 5 9 | | |
| | 7 3 5 | | |
| | 9 4 3 | | |
| 4 | 2 7 1 4 | | |
| | 5 2 7 3 | | |
| | 6 3 8 4 | | |
| | 1 5 4 9 | | |
| | 9 6 5 8 | | |
| | 8 1 6 2 | | |
| 5 | 2 1 4 9 8 | | |
| | 5 7 1 4 2 | | |
| | 2 7 4 6 3 | | |
| | 9 5 1 4 2 | | |
| | 3 5 8 2 6 | | |
| | 4 6 3 1 5 | | |

| Span | List | Response | Score |
|---|---|---|---|
| | | | ( 1 or 0 ) |
| 6 | 5 2 1 7 9 3 | | |
| | 2 7 6 3 8 5 | | |
| | 4 8 3 5 2 7 | | |
| | 8 5 2 9 1 3 | | |
| | 1 9 5 8 2 4 | | |
| | 6 1 3 9 5 2 | | |
| 7 | 8 3 5 2 9 4 1 | | |
| | 6 3 1 9 4 7 5 | | |
| | 5 8 7 2 4 9 3 | | |
| | 7 9 2 6 1 9 3 | | |
| | 8 5 2 4 9 3 6 | | |
| | 9 6 2 8 1 4 7 | | |
| 8 | 1 7 5 6 9 3 2 4 | | |
| | 9 2 8 1 7 4 6 3 | | |
| | 8 6 4 2 9 3 1 7 | | |
| | 6 1 3 7 2 9 4 8 | | |
| | 5 2 9 4 7 3 1 6 | | |
| | 3 8 4 1 5 2 7 9 | | |
| 9 | 7 1 6 3 8 4 2 9 5 | | |
| | 4 6 9 2 8 1 5 7 3 | | |
| | 9 5 7 3 6 8 4 2 1 | | |
| | 2 9 4 7 1 6 8 3 7 | | |
| | 8 3 9 4 7 1 5 2 6 | | |
| | 1 5 3 9 4 7 2 8 6 | | |
| | | Trials Correct | |
| | | Span | |

# Βιβλιογραφία


Abu-Rabia, S. (2001). Testing the interdependence hypothesis among native adult bilingual Russian-English students. Journal of Psycholinguistic Research, 30, 437–455.

Abutalebi, J., & Green, D. (2008). Control mechanisms in bilingual language production: Neural evidence from language switching studies. Language and Cognitive Processes, 23, 557–582.

Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? Psychological Bulletin, 131(1), 30.

Anderson DE, Serences JT, Vogel EK, Awh E. (2014). Induced alpha rhythms track the content and quality of visual working memory representations with high temporal precision. Journal of Neuroscience. 34, 7587–99.

Archibald, L. M.D., Levee, T., Olino, T. (2015). Attention allocation: Relationships to general working memory or specific language processing. Journal of Experimental Child Psychology, 139, 83–98.

Archibald, L. M.D. , Harder Griebeling., K., (2015). Rethinking the connection between working memory and language impairment. International Journal of Language & Communication Disorders, vol. 51, no. 3, 252–264.

Awh E, Jonides J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. Trends in Cognitive Sciences. 5, 119–26.

Awh E, Jonides J, Reuter-Lorenz PA. (1998). Rehearsal in spatial working memory. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 24, 780–90.

Baddeley, A. D., & Warrington, E. K. (1970). Amnesia and the distinction between long- and short-term memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 9, 176–189.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. In G. A. Bower (Ed.), Recent advances in learning and motivation., 8, 47–90. New York: Academic Press.

Baddeley, A. D. (1986). Working memory. Oxford: Oxford University Press

Baddeley A. (1986). "Working Memory". New York: Oxford Univ. Press.

Baddeley, A. D., Papagno, C. & Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. Journal of Memory and Language. 27(5), 586-595.

Baddeley, A., (2003), Working memory and language: an overview. Journal of Communication Disorders, 36, 189–208.

Baddeley, A. D. (2003). Working memory and language: An overview. Journal of Communication Disorders. 36 (3), 189-208.

Baddeley, A. D., Gathercole, S. E., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. Psychological Review. 105, 158-173.

Barrouillet, P., & Camos, V. (2001). Developmental increase in working memory span: Resource sharing or temporal decay? Journal of Memory and Language, 45, 1-20.

Barrouillet, P., Bemardin, S., & Camos, V. (2004). Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. Journal of Experimental Psychology: General, 133, 83-100.

Barrouillet, P., Bemardin, S., Portrat, S., Vergauwe, E., & Camos, V. (2007). Time and cognitive load in working memory. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 33, 570-585.

Barrouillet, P., Gavens, N., Vergauwe, E., Gaillard, V., & Camos, V. (2009). Working memory span development: A time-based resourcesharing model account. Developmental Psychology, 45, 477-490.

Barrouillet, P., Portrat, S., & Camos, V. (2011). On the law relating processing to storage in working memory. Psychological Review, 118, 175-192.

Barrouillet, P., De Paepe, A., & Langerock, N. (2012). Time causes forgetting from working memory. Psychonomic Bulletin & Review, 19, 87-92.

Bayliss, D. M., Jarrold, C., Gunn, D. M., & Baddeley, A. D. (2003). The complexities of complex span: Explaining individual differences in working memory in children and adults. Journal of Experimental Psychology: General, 132, 71-92.

Bayliss, D. M., Jarrold, C., Baddeley, A. D., Gunn, D. M., & Leigh, E. (2005).Mapping the developmental constraints on working memory span performance. Developmental Psychology, 41, 579-597.

Bayliss, D. M., & Jarrold, C. (2015). How Quickly They Forget: The Relationship Between Forgetting and Working Memory Performance Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 41, 163-177.

Birdsong, D. (2006). Age and second language acquisition and processing: A selective overview. Language Learning. 56(1), 9-49.

Braver TS, Gray JR, Burgess GC. (2008). Explaining the many varieties of working memory variation: dual mechanisms of cognitive control. In Variation in Working Memory, ed. ARA Conway, C Jarrold, MJ Kane, A Miyake, JN Towse, 76–106.

Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 10, 12–21.

Bunting, M. (2006). Proactive interference and item similarity in working memory. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 32, 183-196.

Castel, A. D., Pratt, J., & Craik, F. I. (2003). The role of spatial working memory in

inhibition of return: evidence from divided attention tasks. Perception and Psychophysics. 65(6), 970–981.

Cheung, H. (1996). Nonword span as a unique predictor of second language vocabulary learning. Developmental Psychology, 32, 867–873.

Chow, M., Conway, A. R. A. (2015). The scope and control of attention: Sources of variance in working memory capacity. A.R.A. Mem Cogn. 43, 325.

Constantinidis C, Franowicz MN,Goldman-Rakic PS. (2001). The sensory nature of mnemonic representation in the primate prefrontal cortex. Nature Neuroscience. 4, 311–16.

Conway, A.R.A., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O., & Engle, R.W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and users guide. Psychonomic Bulletin and Review, 12(5), 769–786.

Conway, A. R. A., Jarrold, C., Kane, M. J., Miyake, A., & Towse, J. N. (Eds.). (2007).Variation in working memory. Oxford: New York, NY.

Cowan N. 1995. Attention and Memory: An Integrated Framework. New York: Oxford Univ. Press

Cowan, N., Saults, J. S., & Nugent, L. D. (1997). The role of absolute and relative amounts of time in forgetting within immediate memory: The case of tone-pitch comparisons. Psychonomic Bulletin & Review. 4, 393-397.

Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control, 62–101.

Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A.R.A. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. Cognitive Psychology, 51(1), 42–100.

Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A. R.A. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. Cognitive Psychology, 51(1), 42–100.

Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19(4), 450–466.

Della Salla, S., Gray, C., Baddeley, A., & Wilson, L. (1997). The Visual Patterns Test: A new test of short-term visual recall. Feltham, Suffolk: Thames Valley Test Company.

D'Esposito, M. & Postle, B. R. (2015). The Cognitive Neuroscience of Working Memory. Annual Review of Psychology. 66, 115–42.

Dijkstra, T. (2005). Bilingual visual word recognition and lexical access. In J. F. Kroll & A. M.

B. De Groot (Eds.), Handbook of bilingualism: Psycholinguistic approaches (pp. 179–201). New York, NY: Oxford University Press.

Duncan J. (2001). An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex. Nature Reviews Neuroscience. 2, 820–29.

Emrich SM, Riggall AC, Larocque JJ, Postle BR. (2013). Distributed patterns of activity in sensory cortex reflect the precision of multiple items maintained in visual short-term memory. Journal of Neuroscience. 33, 6516–23.

Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control, 102-134.

Engle, R. W., Tuholski, S. W,, Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. Journal of Experimental Psychology: General, 128, 309-331.

Engle RW (2002). Working memory capacity as executive attention. Current Directions in Psychological Science. 11, 19–23.

Ester EF, Anderson DE, Serences JT, Awh E. (2013). A neural measure of precision in visual working memory. Journal of Cognitive Neuroscience. 25, 754–61.

Ester, E. F., Anderson, D. E., Serences, J. T., & Awh, E. (2013). A neural measure of precision in visual working memory. Journal of Cognitive Neuroscience, 25(5), 754–761.

French, L. M. (2006). Phonological working memory and second language acquisition; A developmental study of Francophone children learning English in Quebec. Lewiston, NY: The Edwin Mellen Press.

Fukuda, K., Vogel, E., Mayr, U., & Awh, E. (2010). Quantity, not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity. Psychonomic Bulletin & Review, 17(5), 673–679.

Funahashi, S., Bruce, C.J., Goldman-Rakic, P.S. (1989). Mnemonic coding of visual space in the monkey's dorsolateral prefrontal cortex. Journal of Neurophysiology. 61, 331–49.

Fuster JM, Alexander GE. (1971). Neuron activity related to short-term memory. Science. 173, 652–54.

Fuster JM. (2008). "The Prefrontal Cortex. Oxford". UK: Elsevier.

Gardener, H., (1983). "*Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*". New York: Basic Books.

Gathercole, S. & Baddeley, A. D. (1990). Phonological memory deficits in language

disordered children: Is there a causal connection? Journal of Memory and Language. 29, 336-360.

Gathercole, S., Willis, C., Emslie, H., & Baddeley, A. (1992). Phonological memory and vocabulary development during the early school years: a longitudinal study. Developmental Psychology. 28, 887-898.

Goldman-Rakic PS. 1995. Cellular basis of working memory. Neuron. 14, 477–85

Green, D. W. (1998). Mental control of the bilingual lexico-semantic system. Bilingualism: Language and Cognition, 1, 67.

Greenwald, A. G. (2003). On doing two things at once: III. Confirmation of perfect timesharing when simultaneous tasks are ideomotor compatible. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 29, 859–868.

Grogan, A., Green, D. W., Ali, N., Crinion, J. T., Price, C. J. (2009). Structural Correlates of Semantic and Phonemic Fluency Ability in First and Second Languages. Cerebral Cortex, 19, 690–2698.

Hamidi M, Tononi G, Postle BR. (2008). Evaluating frontal and parietal contributions to spatial working memory with repetitive transcranial magnetic stimulation. Brain Res. 1230, 202–10.

Hamidi M, Tononi G, Postle BR. (2009). Evaluating the role of prefrontal and parietal cortices in memory guided response with repetitive transcranial magnetic stimulation. Neuropsychologia 47, 295–302.

Han X, Berg AC, Oh H, Samaras D, Leung HC. (2013). Multi-voxel pattern analysis of selective representation of visual working memory in ventral temporal and occipital regions. NeuroImage. 73, 8–15.

Harrison SA, Tong F. (2009). Decoding reveals the contents of visual working memory in early visual areas. Nature. 458, 632–35.

Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior*. New York: Wiley.

Heinke, D., & Humphreys, G. W. (2003). Attention, spatial representation and visual neglect: simulating emergent attentional processes in the selective attention for identification model (SAIM). Psychological Review. 110, 29–87.

Hernandez, A. E., & Meschyan, G. (2006). Executive function is necessary to enhance lexical processing in a less proficient L2: Evidence from fMRI during picture naming. Bilingualism: Language and Cognition, 9, 177–188.

Hitch, G. J., Towse, J. N., & Hutton, U. (2001). What limits children's working memory span? Theoretical accounts and applications for scholastic development. Journal of Experimental Psychology: General. 130, 184–198.

Itti, L., & Koch, C. (2001). Computational modeling of visual attention. Nature Reviews Neuroscience, 2, 1994–2003.

Jarrold, C & Bayliss, D. M. (2007). Variation in working memory due to typical and atypical development. in ARA Conway, C Jarrold, MJ Kane, M & JN A Towse (eds), Variation in working memory. Oxford University Press. 134 - 161. Kane, A. Miyake, & J. N. Towse (Eds.), Variation in working memory. 134-161. New York, NY: Oxford University Press.

Jarrold, C., Tam, H., Baddeley, A. D., Harvey, C. E. (2011). How Does Processing Affect Storage in Working Memory Tasks? Evidence for Both Domain-General and Domain-Specific Effects. Journal of Experimental Psychology: American Psychological Association Learning, Memory, and Cognition, Vol. 37, No. 3, 688–705.

Juffs, A. (2004). Presentation, processing and working memory in a second language. Transactions of the Philological Society Volume. 102(2), 199-225.

Juffs, A., & Harrington, M. (2011). Aspects of working memory in L2 learning. Language Teaching, 44, 137–166.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2000). Working-memory capacity, proactive interference, and divided attention: Limits on long-term memory retrieval. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 26, 336-358.

Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (2001). A controlled-Attention view of working-memory capacity. Journal of Experimental Psychology: General, 130, 169-183.

Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S.W., Wilhelm, O., Payne, T.W., & Engle, R.W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. Journal of Experimental Psychology: General, 133(2), 189–217.

Kane, M. J., Conway, A. R. A., Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2007). Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake, & J. N. Towse (Eds.), Variation in working memory, 21-46.

Keppel, G., & Underwood, B. J. (1962). Proactive-inhibition in short-term retention of single items. Journal of Verbal teaming and Verbal Behavior, 1, 153-161.

Kim, K. H. S., Relkin, N. R., Lee, K. M., & Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. Nature, 388, 171–174.

Klein, R. M. (1988). Inhibitory tagging system facilitates visual search. Nature. 334, 430–431.

Klein, D., Milner, B., Zatorre, R., Meyer, E., & Evans, A. (1995). The neural substrates underlying word generation: A bilingual functional-imaging study. Proceedings of the National Academy of Science, 92, 2899–2903.

Klein, R. M., Castel, A., & Pratt, J. (2006). The eVect of memory load on the time

course of inhibition of return. Psychonomic Bulletin & Review. 13(2), 294–299.

Kovacs, A. M., Mehler, J. (2009). Cognitive gains in 7-month-old bilingual infants. PNAS, vol. 106, no. 16, 6556–6560.

Kubota K, Niki H. (1971). Prefrontal cortical unit activity and delayed alternation performance in monkeys. Journal of Neurophysiology. 34, 337–47.

Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity? Intelligence, 14(4), 389–433.

Lee SH, Kravitz DJ, Baker CI. (2013). Goal-dependent dissociation of visual and prefrontal cortices during working memory. Nature Neuroscience. 16, 997–99.

Lewandowsky, S., Duncan, M., & Brown, G. D. A. (2004). Time does not cause forgetting in short-term serial recall. Psychonomic Bulletin & Review, 11, 771–790.

Lewandowsky, S., Geiger, S. M., Morrell, D. B., & Oberauer, K. (2010). Turning simple span into complex span : Time for decay or interference from distractors? Journal of Experimental Psychology: teaming, Memory, and Cognition, 36, 958–978.

Linck, J. A., & Weiss, D. J. (2011). Working memory predicts the acquisition of explicit L2 knowledge. In C. Sanz & R. P. Leow (Eds.), Implicit and explicit language learning: Conditions, processes, and knowledge in SLA and bilingualism (pp. 101–114). Washington, DC: Georgetown University Press.

Linck, J. A., Osthus, P., Koeth, J. T., & Bunting, M. F. (2013). Working memory and second language comprehension and production: A meta-analysis. Psychonomic Bulletin & Review, 4, 861–883.

Logie, R. H., Zucco, G. M., & Baddeley, A. D. (1990). Interference with visual short-term memory. Acta Psychologica (Amst). 75(1), 55–74.

Makovski, T., Shim, W. M., & Jiang, Y. V. (2006). Interference from filled delays on visual change detection. Journal of Vision. 6, 1459–1470.

Mann, V. & Liberman, I. (1984). Phonological awareness and verbal short-term memory. Journal of Learning Disabilities. 17(10), 592–99.

Marian, V., & Spivey, M. (1999). Activation of Russian and English Cohorts during Bilingual Spoken Word Recognition. In M. Hahn & S. C. Stoness (Eds.), Proceedings of the twenty-first annual conference of the cognitive science society, 349–354.

Marian, V., Spivey, M., & Hirsch, J. (2003). Shared and separate systems in bilingual language processing: Converging evidence from eyetracking and brain imaging. Brain and Language, 86, 70–82.

Martin, K. I., & Ellis, N. C. (2012). The roles of phonological short-term memory and working memory in L2 grammar and vocabulary learning. Studies in Second Language Acquisition, 34, 379–413.

Psychological Research.

Masoura, E. V. & Gathercole, S. E. (1999). Phonological Short-term Memory and Foreign Language Learning. International Journal of Psychology. 34, 383–-388.

Masoura, E. V. & Gathercole, S. E. (2005). Phonological short-term memory skills and new word learning in young Greek children. Memory. 13, 422–429.

McElree B. (1998). Attended and non-attended states in working memory: accessing categorized structures. Journal of Memory and Language. 38, 225–52.

McElree B. (2006). Accessing recent events. Psychology of Learning and Motivation. 46, 155–200.

McLaughlin, B. & Nayak, N. (1989). Processing a new language: Does knowing other languages make a difference? Interlingual processes, 5–16.

Miller EK, Erickson CA, Desimone R. (1996). Neural mechanisms of visual working memory in prefrontal cortex of the macaque. Journal of Neuroscience. 16, 5154–67.

Milner, B. (1966). Amnesia following operation on the temporal lobes. In C. W. M.

Miyake, A. & Shah, P. (1999). Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control. Cambridge: Cambridge University Press.

Miyake, A., Naomi P. Friedman, Michael J. Emerson, Alexander H. Witzki, and Amy Howerter, Tor D. Wager. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex ‘‘Frontal Lobe’’ Tasks: A Latent Variable Analysis. Cognitive Psychology, 41, 49–100.

Naime, J. S. (1990). A feature model of immediate memory. Memory & Cognition, 18, 251–269.

Nelissen N, Stokes M, Nobre AC, Rushworth MF. (2013). Frontal and parietal cortical interactions with distributed visual representations during selective attention and action selection. Journal of Neuroscience. 33, 16443–58.

Oberauer, K., & Kliegl, R. (2001). Beyond resources: Formal models of complexity effects and age differences in working memory. European Journal of Cognitive Psychology. 13, 187–215.

Oberauer K. (2002). Access to information in working memory: exploring the focus of attention. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 28, 411–21.

Oberauer K. (2009). Design for a working memory. Psychology of Learning and Motivation. 51, 45–100.

Oberauer, K. (2009). Interference between storage and processing in working memory: Feature overwriting, not similarity-based competition. Memory & Cognition. 37, 346–357.

Oberauer, K., Farrell, S,, Jarrold, C., Pasiecznik, K., & Greaves, M. (2012). Interference

between maintenance and processing in working memory: The effect of item-distractor similarity in complex span. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 38, 665–685.

Oberauer K. (2013). The focus of attention in working memory—from metaphors to mechanisms. Frontiers in Human Neuroscience. 7, 673.

O'Brien, I., Segalowitz, N., Collentine, J., & Freed, B. (2006). Phonological memory and lexical, narrative and grammatical skills in second-language oral production by adult learners. Applied Psycholinguistics. 27(3), 377–402.

O'Brien, I., Segalowitz, N., Freed, B., & Collentine, J. (2007). Phonological memory predicts second language oral fluency gains in adults. Studies in Second Language Acquisition. 29(4), 557–581.

Osaka, M., & Osaka, N. (1992). Language-independent working memory as measured by Japanese and English reading span tests. Bulletin of the Psychonomic Society, 30, 287–289.

Papagno, C., Valentine, T., & Baddeley, A. D. (1991). Phonological short-term memory and foreign-language learning. Journal of Memory and Language, 30, 331–347.

Peterson, L. R., & Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. Journal of Experimental Psychology, 58, 193–198.

Postle BR. (2006). Working memory as an emergent property of the mind and brain. Neuroscience. 139, 23–38.

Postle BR. (2011). What underlies the ability to guide action with spatial information that is no longer present in the environment? In Spatial Working Memory. 87–101.

Portrat, S., Camos, V., & Barrouillet, P. (2009). Working memory in children: A time-constrained functioning similar to adults. Journal of Experimental Child Psychology. 102, 368–374.

Pribram KH, Ahumada A, Hartog J, Roos L. (1964). A progress report on the neurological processes disturbed by frontal lesions in primates. In The Frontal Cortex and Behavior, 28–55. New York: McGraw-Hill.

Ricker, T. J., Cowan, N. (2010). Loss of Visual Working Memory Within Seconds: The Combined Use of Refreshable and Non-Refreshable Features. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, Vol. 36, No. 6, 1355–1368.

Ricker, T. J., & Cowan, N. (2010). Loss of visual working memory within seconds: The combined use of refreshable and non-refreshable features. Journal of Experimental Psychology: teaming, Memory, and Cognition, 36, 1355-1368.

Riggall A.C, Postle B.R. (2012). The relationship between working memory storage and

elevated activity as measured with functional magnetic resonance imaging. Journal of Neuroscience. 32, 12990–98.

Rissman J, Gazzaley A, D'Esposito M. (2004). Measuring functional connectivity during distinct stages of a cognitive task. NeuroImage. 23, 752–63.

Rodriguez-Fornells, A., Rotte, M. , Heinze, H-J., Noesselt, T. & Münte, T. F. (2002). Brain potential and functionalMRI evidence for how to handle two languages with one brain. Nature, 415, 1126-1129.

Romo R., Brody C.D., Hernández A., Lemus L. (1999). Neuronal correlates of parametric working memory in the prefrontal cortex. Nature. 399, 470–73.

Schumacher, E. H., et al. (2001), "Virtually perfect time sharing in dual-task performance: Uncorking the central cognitive bottleneck", Psychological Science, Vol. 121, 101-108.

Serences JT, Ester EF, Vogel EK, Awh E. (2009). Stimulus-specific delay activity in human primary visual cortex. Psychological Science. 20, 207–14.

Service, E. (1992). Phonology, working memory and foreign-language learning. Quarterly Journal of Experimental Psychology. 45A, 21-50.

Service, E., & Craik, F. (1993). Differences between young and older adults in learning a foreign vocabulary. Journal of Memory and Language. 32, 608-623.

Shallice, T., & Warrington, E. K. (1970). Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 22, 261–273.

Shallice, T. (1982). Specific Impairments of Planning. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 298, 199-209.

Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. Journal of Experimental Psychology: General, 125, 4–27.

Shah, P., & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. Journal of Experimental Psychology: General, 125, 4–27.

Shipstead, Z., Redick, T. S., Hicks, K. L., & Engle, R.W. (2012). The scope and control of attention as separate aspects of working memory. Memory, 20(6), 608–628.

Shore, D. I., & Klein, R. M. (2000). On the manifestations of memory in visual search. Spatial Vision. 14, 59–75.

Sreenivasan KK, Vytlacil J, D'Esposito M. (2014b). Distributed and dynamic storage of working memory stimulus information in extrastriate cortex. Journal of Cognitive Neuroscience. 26, 1141–53.

Speciale, G., Ellis, N. C., & Bywater, T. (2004). Phonological sequence learning and short-term store capacity determine second language vocabulary acquisition. Applied Psycholinguistics, 25, 293–321.

Towse, J. N. & Houston-Price, C. M. T. (2001). Combining representations in working memory: A brief report. British Journal of Developmental Psychology, 19, 319–324.

Thierry, G. & Wu, Y. J. (2007). Brain potentials reveal unconscious translation during foreign-language comprehension. PNAS, 104, 30, 12530–12535.

Tipper, S. P., Driver, J. & Weaver, B. (1991). Short report: Object-centred inhibition of return of visual attention. Human Experimental Psychology, 43, 289-298.

Tipper, S. P., Weaver, B., & Houghton, G. (1994). Behavioural goals determine inhibitory mechanisms of selective attention. Human Experimental Psychology, 47, 809-840.

Tokowicz, N., Michael, E. B., & Kroll, J. F. (2004). The roles of study abroad experience and working-memory capacity in the types of errors made during translation. Bilingualism: Language and Cognition, 7, 255–272.

Theeuwes J, Olivers CN, Chizk CL. (2005). Remembering a location makes the eyes curve away. Psychol. Sci. 16, 196–99.

Towse, J. N., Hitch, G. J., & Hutton, U. (1998). A reevaluation of working memory capacity in children. Journal of Memory and Language, 39, 195-217.

Towse, J. N., Hitch, G. J., & Hutton, U. (2002). On the nature of the relationship between processing activity and item retention in children. Journal of Experimental Child Psychology, 82, 156-184.

Towse, J. N., & Houston-Price, C. M. T. (2001). Combining representations in working memory: A brief report. British Journal of Developmental Psychology, 19, 319-324.

Unsworth, N. (2010). Interference control, working memory capacity, and cognitive abilities: A latent variable analysis. Intelligence, 38, 255-267.

Unsworth, N., Brewer, G. A., & Spillers, G. J. (2011). Variation in working memory capacity and forgetting over both the short and the long term: An application o f the population dilution model. Journal of Cognitive Psychology, 23, 243-255.

Unsworth, N., & Engle, R.W. (2006a). A temporal-contextual retrieval account of complex span : An analysis of errors. Journal of Memory and Language, 54(3), 346–362.

Unsworth, N. & Engle, R. W. (2007). On the Division of Short-Term and Working Memory: An Examination of Simple and Complex Span and Their Relation to Higher Order Abilities. Psychological Bulletin by the American Psychological Association, 133, 6, 1038–1066.

Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2014). Working memory and fluid

intelligence: Capacity, attention control, and secondary memory retrieval. Cognitive Psychology, 71, 1–26.

Vandierendonck, A., Kemps, E., Fastame, M. C., Szmalec, A. (2004). Working memory components of the Corsi blocks task. British Journal of Psychology, 95, 57–79.

Vivas, A. B., Humphreys, G. W., & Fuentes, L. J. (2003). Inhibitory processing following damage to the parietal lobe. Neuropsychologia, 41, 1531–1540.

Vivas, A. B., Humphreys, G. W., & Fuentes, L. J. (2006). Abnormal inhibition of return: a review and new data on patients with parietal lobe damage. Cognitive Neuropsychology. 23, 1049–1064.

Vivas, A. B., Humphreys, G. W., & Fuentes, L. J. (2008). Object-based inhibition of return in patients with posterior parietal damage. Neuropsychology. 22(2), 169–176.

Vivas, B., Liaromati, I., Masoura, E., & Chatzikallia, K., (2010). Re-examining the contribution of visuospatial working memory to inhibition of return.

Wallis JD, Anderson KC, Miller EK. (2001). Single neurons in prefrontal cortex encode abstract rules. Nature. 411, 953–56.

Warden MR, Miller EK. (2010). Task-dependent changes in short-term memory in the prefrontal cortex. Journal of Neuroscience. 30, 15801–10.

Watanabe, Y., & Bergsleithner, J. M. (2006). A systematic research synthesis of L2 WM measurements. In Z. Madden-Wood & K. Oeki (Eds.), Proceedings 2006: Selected papers from the tenth college-wide conference for students in languages, linguistics, and literature, 47–60.

Whitty & O. L. Zangwill, Amnesia, 109–133. London: Butterworth.

Wilhelm, O., Hildebrandt, A., Oberauer, K. (2013). What is working memory capacity, and how can we measure it? Frontiers in Psychology, 4, 433.

Williams, J. N. (2011). Working memory and SLA. In S. M. Gass & A. Mackey (Eds.), The handbook of second language acquisition, 427–441. New York, NY: Routledge.

Woodman, G. F., Vogel, E. K., & Luck, S. J. (2001). Visual search remains efficient when visual working memory is full. Psychological Science. 12, 219–224.

Xu, Y., & Chun, M.M. (2005). Dissociable neural mechanisms supporting visual short-term memory for objects. Nature, 440(7080), 91–95.

Yuill, N., Oakhill, A., & Parkin, A. (1989). Working memory, comprehension ability and the resolution of text anomaly. British Journal of Psychology. 80(3), 351-61.

Zhang, W., & Luck, S. J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. Nature, 453(7192), 233–235.