

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΣΤΟ ΠΑΙΔΙ

ΒΑΪΟΥ ΑΠ. ΖΑΜΠΕΘΑΝΗ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ Μ.Σ.Ρ₅

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΒΟΛΟΣ 2000

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

**ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΣΤΟ ΠΑΙΔΙ**

ΒΑΙΟΥ ΑΠ.ΖΑΜΠΕΘΑΝΗ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ Μ.Σ.Ρs

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΒΟΛΟΣ 2000

Εξεταστική Επιτροπή

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

- Καραπέτσας Αργύρης, Επιβλέπων
Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
- Αλεξόπουλος Δημήτριος
Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών
- Σακκής Δημήτριος
Επικ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Τετραμελής

- Αναγνωστόπουλος Βασίλειος
Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
- Νέστορος Ιωάννης
Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης
- Μαρμαρινός Ιωάννης
Επικ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών
- Τριανταφυλλίδης Τριαντάφυλλος
Επικ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι ανάγκες και η συμπεριφορά του ανθρώπου υπήρξαν αντικείμενο μελέτης και προβληματισμού στην εξελικτική πορεία της ανθρωπότητας. Στις ιδέες των Ιώνων φιλοσόφων, στην τραγική ποίηση, στη λατινική λογοτεχνία, στο έργο των Πατέρων της Εκκλησίας, στη βυζαντινή και δυτική γραμματεία οι προβληματισμοί εκείνοι αποκρυσταλλώνονται. Κατά το 18ο και 19ο αιώνα οι προβληματισμοί αυτοί εντείνονται και συστηματοποιούνται στα έργα που αφορούν στην ανατροφή, στις ανάγκες και στις ικανότητες του παιδιού. Ιδιαίτερα σήμερα, που ο άνθρωπος αποτελεί αντικείμενο μελέτης πολλών επιστημών, η παιδική ηλικία έχει σημαντική θέση στις μελέτες αυτές.

Αρκετά νωρίς επισημάνθηκαν οι ιδιαιτερότητες της παιδικής ηλικίας, αλλά η ανατροφή του παιδιού γίνεται αντικείμενο ευρύτερου προβληματισμού από την εποχή του Rousseau, όταν το 1762 τυπώνεται ο «Αιμίλιος». Από τις αρχές του 20ου αιώνα η Ellen Key με το βιβλίο της «Ο αιώνας του Παιδιού» συνέβαλε στη διαμόρφωση της Ψυχολογίας του Παιδιού (Ξηροτύρης, 1979). Συγχρόνως, ο Binet με τις μελέτες του στον τομέα της κατανόησης της συμπεριφοράς του παιδιού προχώρησε σημαντικά και προσδιόρισε το νοητικό δυναμικό του παιδιού με τη χρήση ειδικών κριτηρίων, των tests (Myklebust, 1971).

Η συστηματική μελέτη της συμπεριφοράς και των ικανοτήτων του παιδιού άρχισε με τον Preyer, από τα τέλη του 19ου αιώνα και συνεχίστηκε με τους Binet, Stern, Claparède, Decroly, Dewey, Thorndike, Montessori (Ξηροτύρης 1979), Piaget, Bruner, Bakker και Rourke (Spreen, Risser & Edgell, 1995). Δημοσίευσαν μελέτες συστηματικών παρατηρήσεων και μακροχρόνιες έρευνες με αντικείμενο τις πτυχές της εξελικτικής πορείας του παιδιού. Η παιδική ηλικία βρέθηκε στα όρια της ερευνητικής εμβέλειας πολλών και σημαντικών επιστημόνων, Piaget (1952a, 1973), Luria (1973, 1978), Bruner (1968), Bakker (1972) και Rourke (1975, 1981, 1982) οι οποίοι κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα έδωσαν με τις έρευνες και τις επιστημονικές θέσεις τους νέα διάσταση στην παιδική ηλικία, τις ικανότητες και τις δυσλειτουργίες που παρατηρούνται και αναζήτησαν την αιτιοπαθογένεια των διαταραχών (Bakker, 1972, 1984. Rourke, 1975, 1982).

Οι έρευνες και οι μελέτες τους υπήρξαν αφορμή για νέες επιστημονικές προσεγγίσεις και αναζήτηση νέων οριζόντων που διευρύνονται και εμπλουτίζονται με τη συμβολή και άλλων επιστημονικών κλάδων, όπως της Νευρολογίας και της Παιδονευρολογίας (Benson & Denckla, 1969. Dekaban, 1970) της Ψυχοφυσιολογίας (Tobias, Kihlstrom, & Schacter, 1992), της Ψυχολογίας (Ayres, 1972) της Νευροψυχολογίας (Καραπέτσας, 1988) κ. ά. Σημαντική θέση έχει και η εξέλιξη της τεχνολογίας, η οποία, με τη συμμετοχή και της Πληροφορικής, προσφέρει νέες δυνατότητες, τόσο στη διάγνωση όσο και στη θεραπεία αποκλίσεων και δυσλειτουργιών (Besner & Coltheart, 1979. Coles, 1989).

Η μελέτη αυτή αποτελεί το απόσταγμα των προβληματισμών που συσσωρεύτηκαν από τη μακροχρόνια θητεία μου στην εκπαίδευση (Ζαμπεθάνης, 1996, 1997), τη συστηματική εργασία μου με μαθητές (Ζαμπεθάνης & Καραπέτσας, 1998) στους οποίους είχε διαγνωσθεί «μαθησιακή δυσκολία» σε μία ή περισσότερες ακαδημαϊκές περιοχές, καθώς και από το σχεδιασμό ειδικού υλικού για μαθητές που εμφάνιζαν διαταραχές κυρίως στα μαθηματικά (Karapetsas, Zabethanis & Mitsiou, 1999). Ο σχεδιασμός και η παραγωγή του υλικού πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Εργαστηρίου Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Μετairieμακά θέματα, όπως είναι το θέμα της διατριβής μου, απαιτούν πολύπλευρη προσέγγιση του αντικειμένου και οριοθετούν επίσης πολύπλευρη επιστημονική συνεργασία. Η εργασία ολοκληρώθηκε με την καθοδήγηση, συνεργασία και βοήθεια πολλών ανθρώπων, πανεπιστημιακών δασκάλων και συνεργατών που είχα την τιμή και χαρά να συναντήσω στη διάρκεια αυτής της διαδρομής.

Ο επιβλέπων Καθηγητής κ. Αργύρης Καραπέτσας υπήρξε πολύτιμος συμπαραστάτης και βοηθός σε όλες τις φάσεις της εργασίας και ιδιαίτερα σε στιγμές κρίσιμων επιλογών. Αισθάνομαι την ανάγκη να τον ευχαριστήσω θερμά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση του θέματος, την ένθερμη παρώθησή του για πρωτοποριακές προσεγγίσεις, τόσο στο διαγνωστικό πλαίσιο όσο και στο πλαίσιο θεραπευτικής αντιμετώπισης, τη στήριξή του κατά τη φάση των πρώτων εφαρμογών του Κριτηρίου Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικο-

κινητικής Ανίχνευσης Αριθμών, τις επικοινωνιακές παρατηρήσεις του, το αδιάπτωτο ενδιαφέρον του και τη φιλική στάση του σε όλα τα στάδια της διατριβής.

Ευχαριστώ, επίσης, τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δημήτριο Αλεξόπουλο, μέλος της συμβουλευτικής επιτροπής, για την πρόθυμη και αμέριστη συνεργασία του, τη θετική στάση του κατά τη διάρκειά της, τις εύστοχες επισημάνσεις του, τη φιλική προσέγγιση και αντιμετώπιση και τη σημαντική βοήθεια που μου πρόσφερε για την ολοκλήρωση της εργασίας.

Σε πρώιμες φάσεις αυτής της μελέτης αλλά και κατά τη φάση της συγγραφής πολύτιμη ήταν η βοήθεια του Επίκουρου Καθηγητή κ. Δημητρίου Σακκή, επίσης μέλους της τριμελούς επιτροπής, τον οποίο και ευχαριστώ, επειδή με καθοδήγησε με τις πολύτιμες κρίσεις του, τις οξυδερκείς επισημάνσεις του, τη φιλική διάθεσή του και το ειλικρινές ενδιαφέρον του.

Τον Καθηγητή κ. Βασίλειο Αναγνωστόπουλο, μέλος της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, ευχαριστώ θερμά, επειδή με συμβούλευσε και με βοήθησε αρκετά νωρίς να προσεγγίσω τον τομέα στον οποίο σήμερα εργάζομαι, όπως επίσης και για την προθυμία του να συμμετέχει στην επιτροπή.

Ευχαριστώ, επίσης, τον Καθηγητή κ. Ιωάννη Νέστορος, μέλος της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, για την πρόθυμη και εγκάρδια συμμετοχή του σε αυτή.

Τον κ. Ιωάννη Μαρμαρινό, Επίκουρο Καθηγητή, επίσης μέλος της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, ευχαριστώ θερμά για τις παραινέσεις, τις οδηγίες και την ειλικρινή διάθεση του για τη συμμετοχή του στην επιτροπή.

Επίσης, ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Τριαντάφυλλο Τριανταφυλλίδη για το ειλικρινές ενδιαφέρον κατά την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής, όπως επίσης και για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Ο κ. Δημήτριος Καλοχριστιανάκης, γιατρός, ειδικός επιστήμονας σε θέση Λέκτορα, μου πρόσφερε σημαντική βοήθεια στο σχεδιασμό και στη διαμόρφωση του πρωτοκόλλου της νευροφυσιολογικής εξέτασης, στην αξιολόγηση των δεδομένων αυτών των εξετάσεων και σε ιδιαίτερες φάσεις της συγγραφής. Για τους λόγους αυτούς του εκφράζω θερμές ευχαριστίες.

Τον κ. Κυριαζή Βαΐτση, φυσικό, παρασκευαστή του Εργαστηρίου Νευροψυχολογίας, επίσης

ευχαριστώ. Υπήρξε πολύτιμος συνεργάτης, πρόσφερε σημαντικές υπηρεσίες στην εξέταση των παιδιών, την ηλεκτρονική μορφοποίηση των πινάκων, την ηλεκτρονική επεξεργασία στοιχείων καθώς και σε κρίσιμες στιγμές της επεξεργασίας του κειμένου.

Η κ. Φιλομήλα Μουγογιάννη, φιλόλογος, εργάστηκε με πολλή επιμέλεια και προθυμία στη διόρθωση των δοκιμίων και την ευχαριστώ για την εγκάρδια προσφορά της.

Ακόμη αισθάνομαι την ηθική υποχρέωση να ευχαριστήσω την κ. Γεωργία Γεωργαλά, στατιστικολόγο που με βοήθησε στον έλεγχο των στατιστικών στοιχείων και πινάκων.

Τέλος, η πραγματοποίηση αυτής διατριβής οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην κατανόηση και υπομονή των αγαπημένων μου προσώπων, της συζύγου μου Σοφίας και των παιδιών μου Βάσιας και Απόστολου- Μάριου, τους οποίους ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου.

Στην ιερή μνήμη των γονιών μου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	III
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	13
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	20
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	21
1.1 ΦΥΛΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ	21
1.2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ	25
1.2.2 ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΤΟΥ PIAGET ΣΤΟΝ LURIA	27
1.2.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	34
1.3 ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ	48
1.3.1 ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ	48
1.3.2 ΟΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ	54
1.3.3 ΑΝΑΡΙΘΜΗΣΙΑ	59
1.3.4 ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ GERSTMANN	66
1.3.5 ΔΥΣΑΡΙΘΜΗΣΙΑ	68
1.3.6 ΤΟ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ GERSTMANN	76
1.3.7 ΔΥΣΛΕΞΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ	79
1.4 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ	82
1.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	82
1.4.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ	86
1.4.3 ΤΟ P300	90
1.5 ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΣΤΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟ-ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΡΙΘΜΩΝ	93
2. ΣΚΟΠΟΣ – ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	99

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	103
3.1 ΔΕΙΓΜΑ	103
3.2 ΜΕΣΑ	107
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	116
3.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	125
3.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	145
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	147
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	183
5.1 ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΛΩΝ	190
5.2 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΤΑΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ	194
5.3 ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ	197
5.4 Η ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΥΣΚΟΛΙΩΝ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ	201
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	205
6.1 Η ΥΠΟΕΠΙΔΟΣΗ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ	205
6.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΚΑΙ Η ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΕΠΙΔΟΣΗΣ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ	211
6.3 Η ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΟΗΘΕΙΑΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ	215
6.4 Η ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ ΤΟΥ ΠΑΙΔΙΟΥ	219
7. ΠΕΡΙΛΗΨΗ	221
8. ABSTRACT	225
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	229
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	247
10.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	247
10.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΣΤΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ	

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1	106
Κριτήριο αξιολόγησης της προσοχής και της οπτικο-κινητικής αντίχνευσης.....	106
Πίνακας 2	111
Δοκιμασία 1 ^η : Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ως ενιαία σειρά.....	111
Πίνακας 3	112
Δοκιμασία 2 ^η : Διαγραφή του διαφορετικού ψηφίου ως ενιαία σειρά.....	112
Πίνακας 4	113
Δοκιμασία 3 ^η : Κύκλωση του αριθμού 111 και του μεγαλύτερου σε αξία αριθμού.....	113
Πίνακας 5	113
Πίνακας 5	114
Δοκιμασία 4 ^η : Οριζόντια κύκλωση του αριθμού 111	114
Πίνακας 6	115
Δοκιμασία 5 ^η : Κάθετη κύκλωση του αριθμού 111	115
Πίνακας 7	131
Δοκιμασία 1 ^η : Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ανά σειρά.....	131
Πίνακας 8	132
Δοκιμασία 1 ^η : Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ανά ζεύγη.....	132
Πίνακας 9	133
Δοκιμασία 1 ^η : Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ανά ζεύγη για κάθε σειρά.....	133
Πίνακας 10	133
Πίνακας 10	134
Δοκιμασία 2 ^η : Διαγραφή του διαφορετικού ψηφίου ανά σειρά.....	134

Πίνακας 11	135
Δοκιμασία 4 ^η : Οριζόντια κύκλωση των απολύτως τριψήφιων αριθμών	135
Πίνακας 12	136
Δοκιμασία 5 ^η : Κάθετη κύκλωση των απολύτως τριψήφιων αριθμών	136
Πίνακας 13	137
Δοκιμασία 1 ^η : Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ως ενιαία σειρά και ανά σειρά	137
Πίνακας 14	137
Δοκιμασία 1 ^η : Διαγραφή των ομοίων ανά ζεύγη ως ενιαία σειρά και ανά σειρά	137
Πίνακας 15	138
Δοκιμασία 2 ^η : Διαγραφή του διαφορετικού ψηφίου ως ενιαία σειρά	138
Πίνακας 16	138
Δοκιμασία 2 ^η : Διαγραφή του διαφορετικού ψηφίου ανά σειρά	138
Πίνακας 17	139
Δοκιμασία 4 ^η : Οριζόντια κύκλωση των τριψήφιων αριθμών	139
Πίνακας 18	139
Δοκιμασία 4 ^η : Οριζόντια κύκλωση των απολύτως τριψήφιων αριθμών	139
Πίνακας 19	140
Δοκιμασία 5 ^η : Κάθετη κύκλωση των τριψήφιων αριθμών	140
Πίνακας 20	140
Δοκιμασία 5 ^η : Κάθετη κύκλωση των απόλυτα τριψήφιων αριθμών	140
Πίνακας 21	141
1 ^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς	141
Πίνακας 22	141
2 ^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς	141
Πίνακας 23	142

3 ^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς	142
Πίνακας 24	144
4 ^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς	144
Πίνακας 25	144
5 ^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς	144
Πίνακας 26	154
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1 ^η δοκιμασία ανά σχολείο	154
Πίνακας 27	154
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1 ^η δοκιμασία ανά τάξη	154
Πίνακας 28	155
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1 ^η δοκιμασία ανά φύλο	155
Πίνακας 29	155
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1 ^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα	155
Πίνακας 30	156
Σχετικές και απόλυτες τιμές στη 2 ^η δοκιμασία ανά σχολείο	156
Πίνακας 31	156
Σχετικές και απόλυτες τιμές στη 2 ^η δοκιμασία ανά τάξη	156
Πίνακας 32	157
Σχετικές και απόλυτες τιμές στη 2 ^η δοκιμασία ανά φύλο	157
Πίνακας 33	157
Σχετικές και απόλυτες τιμές στη 2 ^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα	157
Πίνακας 34	158
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3 ^η δοκιμασία ανά σχολείο	158
Πίνακας 35	158
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3 ^η δοκιμασία ανά τάξη	158

Πίνακας 36	158
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3 ^η δοκιμασία ανά φύλο	158
Πίνακας 37	159
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3 ^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα	159
Πίνακας 38	159
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4 ^η δοκιμασία ανά σχολείο	159
Πίνακας 39	160
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4 ^η δοκιμασία ανά τάξη	160
Πίνακας 40	160
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4 ^η δοκιμασία ανά φύλο	160
Πίνακας 41	161
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4 ^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα	161
Πίνακας 42	162
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5 ^η δοκιμασία ανά σχολείο	162
Πίνακας 43	162
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5 ^η δοκιμασία ανά τάξη	162
Πίνακας 44	163
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5 ^η δοκιμασία ανά φύλο	163
Πίνακας 45	163
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5 ^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα	163
Πίνακας 46	165
Συνάφεια επιδόσεων Pearson μεταξύ των πέντε δοκιμασιών	165
Πίνακας 47	165
Εξίσωση Παλινδρόμησης και Ανάλυση των επιδόσεων στην 1 ^η και 2 ^η δοκιμασία	165
Πίνακας 48	167

Σύγκριση των Μ.Ο των πέντε δοκιμασιών μεταξύ των δύο φύλων	167
Πίνακας 49	167
Έλεγχος ανεξαρτησίας ανά δοκιμασία μεταξύ των επιδόσεων και του φύλου με το κριτήριο χ^2	167
Πίνακας 50	168
Πολυμετάβλητη Ανάλυση της Διακύμανσης της επίδρασης του φύλου στην επίδοση ως προς τις πέντε δοκιμασίες	168
Πίνακας 51	168
Ανάλυσης της Διακύμανσης των Μ.Ο. της επίδοσης στις πέντε δοκιμασίες μεταξύ των φύλων	168
Πίνακας 52	170
Έλεγχος ανεξαρτησίας ανά τάξη μεταξύ των επιδόσεων στις 5 δοκιμασίες με το κριτήριο χ^2	170
Πίνακας 53	170
Πολυμετάβλητη Ανάλυση της Διακύμανσης ως προς την επίδραση της τάξης στην επίδοση ως προς τις πέντε δοκιμασίες.	170
Πίνακας 54	170
Ανάλυση της Διακύμανσης των Μ.Ο. των δοκιμασιών ανά τάξη.....	170
Πίνακας 55	171
Πολλαπλές συγκρίσεις με τη μέθοδο του Tukey του Μ.Ο. των δοκιμασιών ανά τάξη.....	171
Πίνακας 56	173
Έλεγχος ανεξαρτησίας ανά δοκιμασία μεταξύ των επιδόσεων και της ηλικίας με το κριτήριο χ^2	173
Πίνακας 57	173
Πολυμετάβλητη Ανάλυσης της Διακύμανσης ως προς την επίδραση της ηλικίας στην επίδοση	

και στις πέντε δοκιμασίες.....	173
Πίνακας 58	174
Ανάλυσης της Διακύμανσης ως προς την επίδραση της ηλικίας σε κάθε δοκιμασία	174
Πίνακας 59	175
Σύγκριση με τη διαδικασία των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey των ηλικιακών ομάδων ανά ζεύγη για κάθε δοκιμασία.....	175
Πίνακας 60	176
Στατιστικά στοιχεία των μαθητών με χαμηλές και υψηλές επιδόσεις ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης.....	176
Πίνακας 61	177
Σύγκριση των μαθητών με χαμηλές και υψηλές επιδόσεις ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης, με το κριτήριο Mann-Whitney	177
Πίνακας 62	177
Στατιστικά στοιχεία των μαθητών με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης.....	177
Πίνακας 63	178
Σύγκριση των μαθητών με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης, με το κριτήριο Mann-Whitney	178
Πίνακας 64	178
Σύγκριση του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης μεταξύ των δύο φύλων.....	178
Πίνακας 65	179
Σύγκριση μεταξύ των δύο φύλων ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης αντίδρασης, με το κριτήριο Mann-Whitney	179
Πίνακας 66	180
Συσχέτιση του Μ.Ο των επιδόσεων στις δοκιμασίες 2 έως 5 και του λανθάνοντα χρόνου	

αντίδρασης του P 300.....	180
Πίνακας 67	180
Στοιχεία εξίσωσης παλινδρόμησης του Μ.Ο. των επιδόσεων στις δοκιμασίες 2 έως 5 και του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης του P300.....	180

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1	29
Τμήμα του εγκεφαλικού φλοιού βρέφους	29
Εικόνα 2	123
Τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε εξέταση προκλητών δυναμικών	123
Διάγραμμα 1	166
Επιδόσεις ανά δοκιμασία και φύλο	166
Διάγραμμα 2	169
Επιδόσεις ανά δοκιμασία και τάξη	169
Διάγραμμα 3	172
Επιδόσεις μαθητών ανά δοκιμασία και ηλικιακή ομάδα	172
Διάγραμμα 4	181
Συσχετίσεις των τιμών του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης, κατά την εξέταση του P300, των τριών ομάδων με την επίδοση στην 1 ^η δοκιμασία	181
Διάγραμμα 5	182
Συσχετίσεις των τιμών του ύψους, κατά την εξέταση του P300, των τριών ομάδων με την επίδοση στην 1 ^η δοκιμασία	182

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΦΥΛΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Οι λειτουργίες που συνδέονται με αριθμούς και έχουν αφηρημένη υπόσταση εμφανίστηκαν σχετικά αργά στην ανθρώπινη ιστορία. Οι μαρτυρίες που υπάρχουν και αφορούν τη μέτρηση ανάγονται 50.000 χρόνια πριν και συμπίπτουν με την εμφάνιση του ανθρώπου του Neanderthal (Boyer & Merzbach, 1989). Οι ρίζες αυτής της λειτουργίας είναι δυνατό να αναζητηθούν στη γεωμετρία, επειδή φαίνεται πως έχουν διαστηματικό / χωρικό (spatial) χαρακτήρα (Luria, 1980). Η αριθμητική, ως συσχετισμός ποσοτήτων, είναι αρκετά παλαιά και εξελίχθηκε βαθμιαία (Boyer & Merzbach, 1989. Hughes, 1995. Smith, 1958. Struik, 1987) κατά τη φυλογενετική διαδικασία.

Ως προς τη φυλογενετική διαδικασία, δηλαδή την εξελικτική πορεία της ανθρώπινης ύπαρξης από την εμφάνισή της μέχρι σήμερα, πολύ σημαντικά δεδομένα έχουν αποκτηθεί από μελέτες που αφορούν την πρώιμη φυλογένεια του εγκεφάλου (early phylogeny of the brain) και εστιάστηκαν σε μια λεπτομερή εσωτερική μελέτη του κρανίου του ανθρώπου στα διαδοχικά στάδια της προϊστορίας του. Όπως περιέγραψε το 1973 ο Kochetkov (Luria, 1980) στο βιβλίο του «Παλαιονευρολογία» (Paleoneurology) «ο όγκος των μετωπικών λοβών που ήταν πολύ μικρός στους ανθρωποειδείς, άρχισε να αναπτύσσεται συγκριτικά στις τελευταίες περιόδους και έφθασε σε αξιόλογο μέγεθος στο σύγχρονο άνθρωπο» (Luria, 1980, p.259).

Έχει διαπιστωθεί από τις εργασίες των Marianne LeMay και Norman Geschwind (Thompson, 1993), πως υπάρχουν μορφολογικές ασυμμετρίες ανάμεσα στις προσδιορισμένες γλωσσικές περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου και τις αντίστοιχες του δεξιού. Ο κροταφικός λοβός και η αύλακα του Sylvius αφήνουν μια καθαρή αναγνωρίσιμη πτυχή στην εσωτερική επιφάνεια του κρανίου, η οποία είναι διαφορετική στα δύο ημισφαίρια εξαιτίας της

εκτεταμένης γλωσσικής περιοχής του αριστερού ημισφαιρίου. Η ίδια εκτεταμένη περιοχή παρατηρήθηκε και στο κρανίο του ανθρώπου του Neanderthal. Αυτό το εύρημα και οι τελετές ταφής των νεκρών συστήνουν την ύπαρξη θρησκείας, η οποία προαπαιτεί τη γλωσσική λειτουργία. Το πλέον αξιοσημείωτο είναι πως και το κρανίο του ανθρώπου του Πεκίνου, που είναι τουλάχιστο 300.000 ετών, εμφανίζει την ίδια μεγέθυνση στη γλωσσική περιοχή του αριστερού ημισφαιρίου (Changeux & Connes, 1992. Thompson, 1993), δυστυχώς, όμως, δεν υπάρχουν άλλα στοιχεία που να αποδεικνύουν την ύπαρξη γλωσσικής λειτουργίας. Ο τετραπλασιασμός του μεγέθους του ανθρώπινου εγκεφάλου σε 3.000.000 έτη προέκυψε ως δυναμική φυσική εξέλιξή του (Thompson, 1993).

Η μαθηματική σκέψη προϋποθέτει ικανότητες που είναι άμεσα συνδεδεμένες με την οργάνωση του εγκεφάλου. Ο Homo erectus φαίνεται πως διέθετε σε κάποιο βαθμό αυτές τις ικανότητες και οδηγήθηκε στην παραγωγή πέτρινων εργαλείων και στην τιθάσευση της φωτιάς πριν από 400.000 έτη περίπου, επειδή όχι μόνο τα εργαλεία αλλά και η πρόβλεψη των χειρωνακτικών εργασιών απαιτούν ικανότητες αναπαράστασης και λογικού συλλογισμού (Changeux & Connes, 1992).

Οι αρχαιότερες γραπτές μαρτυρίες που υπάρχουν και αναφέρονται στον εντοπισμό λειτουργιών στον εγκέφαλο (Walsh, 1994) περιέχονται στον Πάπυρο Edwin Smith Surgical ο οποίος είναι του 17ου αιώνα π.Χ. και ανάγεται στην περίοδο από το 3000 ως το 2500 π.Χ. Από τις 48 περιπτώσεις που περιλαμβάνει οι 13 έχουν ενδιαφέρον για τις νευροεπιστήμες (Wilkins, 1965). Το περιεχόμενο του Παπύρου δημιούργησε την αίσθηση στους μελετητές πως διέθεταν αρκετά στοιχεία για τον εντοπισμό των λειτουργιών στο φλοιό του εγκεφάλου (Walsh, 1994).

Δεν είναι ακραία η άποψη πως η μαθηματική δραστηριότητα συμπορεύεται με την εξέλιξη του πολιτισμού και επισημαίνει ταυτοχρόνως την αναγκαιότητα να χρησιμοποιεί ο άνθρωπος μαθηματικές έννοιες και σχέσεις στη ζωή του. Κάτω από ορισμένες συνθήκες η

πρόοδος του εξαρτάται από την ικανότητά του να χρησιμοποιεί τις μαθηματικές σχέσεις (Luria, 1978) που επινόησε, άλλωστε τα μαθηματικά που χρησιμοποιεί είναι δημιούργημα του εγκεφάλου του (Changeux & Connes, 1992). Η προϊστορία των μαθηματικών έχει την αφετηρία της στην παλαιολιθική εποχή (Luria, 1980. Smith, 1958. Struik, 1987) και διαρκεί μέχρι το Θαλή το 600 π. Χ. περίπου (Smith, 1958). Εκείνη τη χρονική στιγμή σημειώνεται η απομάκρυνση των μαθηματικών από την πρακτική κατεύθυνση και στοιχειοθετείται η απόκτηση θεωρητικής πορείας και δομής. Στη νεολιθική εποχή χρησιμοποιήθηκαν για τις συσχετίσεις ποσοτήτων οι εγκοπές σε οστά, οι κόμβοι σε σχοινιά και τα μέλη του σώματος. Οι ίδιες διαδικασίες παρατηρήθηκαν στους πρωτόγονους πολιτισμούς που διασώζονται (Hooper, 1951. Hughes, 1995. Popp, 1978. Saxe, 1981, 1985. Struik, 1987). Τα στοιχεία των μελετών αυτών είναι πολύτιμα για τη διαχρονική διερεύνηση της μαθηματικής σκέψης.

Ο άνθρωπος, από τη στιγμή που αισθάνθηκε την ανάγκη να αριθμήσει (Boyer & Merzbach, 1989) και να υπολογίσει για πρακτικούς λόγους, οδηγήθηκε βαθμιαία και στη σύλληψη αρχικά της γραπτής / συμβολικής αναπαράστασης (Eves, 1981. Hooper, 1951) και αργότερα του αφηρημένου αριθμού, που θεωρείται σταθμός στην εξέλιξή του (Luria, 1980). Η περίοδος της σύλληψη του αφηρημένου αριθμού (Hooper, 1951. Hughes, 1995. Saxe, 1981, 1982, 1985) από τον προϊστορικό άνθρωπο, αντιστοιχεί, ίσως, στο οντογενετικό στάδιο των τυπικών λειτουργιών.

Σημαντικά στοιχεία για την περίπλοκη οντογενετική διαδικασία σχηματισμού της ιδέας του αριθμού και των αριθμητικών λειτουργιών παρουσίασε ο Piaget (Luria, 1980). «Τα συμπεράσματα έχουν δείξει πως στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του παιδιού η ιδέα του αριθμού και των αριθμητικών λειτουργιών βασίζονται σε οπτική δράση και απαιτείται ο χειρισμός των στοιχείων του υπολογισμού σε εξωτερικό διαστηματικό χώρο» (Luria, 1980, p.182). Η ιδέα της διατήρησης αλλά και της συμπερίληψης (Piaget, 1952a, 1973), όπως αυτές προσδιορίστηκαν από το ερευνητικό έργο του Piaget αποτελούν σημαντική βάση στην

οντογενετική προσέγγιση της μαθηματικής ικανότητας, έστω και αν αντιμετωπίστηκαν με επιφυλάξεις από αρκετούς ερευνητές (Bryant, 1974. Donaldson, 1978. Gelman & Gallistel, 1978) επειδή από τα ερευνητικά δεδομένα τους προέκυψαν διαφορετικά συμπεράσματα.

Ακολουθώντας την άποψη πως το άτομο κατά την εξέλιξή του επαναλαμβάνει την ανάπτυξη της ομάδας και ειδικότερα, η οντογένεση (Luria, 1980) συγκεκριαλιώνει τη φυλογένεση (Lacatos, 1987), μετά τη συνοπτική προσέγγιση της φυλογενετικής διαδικασίας, προχωρούμε στη νευροψυχολογική προσέγγιση της μαθηματικής ικανότητας κατά την οντογενετική εξέλιξη.

1.2 ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΟΝΤΟΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΣΤΗ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

1.2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ

Ο άνθρωπος από πολύ νωρίς στρέφει το ενδιαφέρον του στην ύπαρξή του, επειδή όσα παρατηρούσε γύρω του τον εντυπωσίαζαν και τον προβληματίζαν συγχρόνως. Αρχικά οι αρχαίοι Αιγύπτιοι και αργότερα οι Έλληνες ερευνούν τον άνθρωπο και τα γνωρίσματά του. Η αναζήτηση αυτή δεν ήταν ευχερής πάντοτε και ευνοήθηκε σε ελάχιστες περιπτώσεις. Συνεχίζεται, όμως, μέχρι και σήμερα με διαφορετικά μέσα και διαφορετικές προϋποθέσεις. Σημαντικές θεωρούνται οι παρατηρήσεις του Ιπποκράτη και του Γαληνού για το ρόλο των εγκεφαλικών βλαβών στην πρόκληση διαταραχών στην ετερόπλευρη κινητικότητα. Ο Γαληνός διεύρυνε τη γνώση για τον ανθρώπινο οργανισμό με τη θεωρία που διαμόρφωσε για τα νεύρα και τις κινήσεις. Οι χριστιανοί δεν αποδέχθηκαν ως έδρα των διανοητικών ικανοτήτων τις εγκεφαλικές κοιλίες και οι ιδέες τους επικράτησαν για χίλια χρόνια (Καραπέτσας, 1988). Από το Λεονάρντο ντα Βίντσι περίπου στο 1505 μ.Χ. επιχειρήθηκε η μελέτη των εγκεφαλικών κοιλιών (Καραπέτσας, 1988). Επί τρεις αιώνες οι επιστημονικές μελέτες συνεχίζονται και ο Broca το 1861 προσδιορίζει την κινητική ομιλία στον αριστερό οπίσθιο μετωπικό λοβό που αποτελεί μέγιστη συμβολή στην επιστήμη της νευροψυχολογίας. Ο προσδιορισμός της σχέσης μεταξύ αρθρωτικής ομιλίας και αριστερού ημισφαιρίου έδειξε με σαφή τρόπο τη σχέση εγκεφάλου και συμπεριφοράς (Καραπέτσας, 1988. Kolb & Whishaw, 1996. Luria, 1980).

Σημαντική επίσης θεωρείται και η προσφορά του Golgi στη μελέτη των νευρώνων και στη διαδικασία χρωματισμού τους. Ο νευρολόγος Wernicke (Καραπέτσας, 1988. Kolb & Whishaw, 1996) παρατηρεί πως η κατανόηση της ομιλίας συντελείται στον οπίσθιο κροταφικό λοβό. Ενώ, αυτά τα δεδομένα αφορούν τη γλωσσική ικανότητα δημοσιοποιούνται και οι

πρώτες παρατηρήσεις που αφορούν τη μαθηματική ικανότητα και τις διαταραχές της (Καραπέτσας, 1988. Rourke & Conway, 1977). Με τον όρο ικανότητα εννοείται η ευχέρεια δημιουργικής αξιοποίησης αποκτημένων εμπειριών κατά την αντιμετώπιση απρόβλεπτων καταστάσεων. Και με τον όρο δυσλειτουργία εννοείται η αδυναμία αφενός κατανόησης ερεθισμάτων και αφετέρου η αναποτελεσματική αξιοποίηση προηγούμενης εμπειρίας. Ενώ με τον όρο Νευροψυχολογία ορίζεται η επιστήμη «η οποία μελετά τη σχέση των λειτουργιών του εγκεφάλου και της συμπεριφοράς» (Kolb & Whishaw, 1996, p. 3).

Στα γραπτά του Descartes (1596-1650) ο εγκέφαλος περιγράφεται ως όργανο σκέψης και συμπεριφοράς (Rourke & Conway, 1997) και προσδιορίζονται οι λειτουργίες της νόησης στην επίφυση. Αργότερα οι Gall και Spurzheim (Καραπέτσας, 1988. Levin, Goldstein & Spiers, 1993. Rourke & Conway, 1997) έθεσαν ως δεδομένη την ύπαρξη ενός κέντρου υπολογισμών στον εγκέφαλο το οποίο προσδιόρισαν στο φρενολογικό άτλαντα. Βασίστηκαν στη μελέτη περιπτώσεων (case study) μαθηματικών, παιδιών θαυμάτων, ατόμων με άνοια ή νοητική υστέρηση και συμπέραναν πως το όργανο, που επιτρέπει στον άνθρωπο να χρησιμοποιεί τα μαθηματικά, βρίσκεται σε μια κυρτότητα που αντανακλά (Rourke & Conway, 1997) μια καλά αναπτυγμένη φλοιώδη έλικα (Levin et al., 1993). Αυτοί οι ερευνητές θεώρησαν πως η κροταφική περιοχή του κρανίου πάνω και πίσω από τα μάτια έτεινε ως προεξοχή στους μαθηματικούς και στους ιδιοφυείς στα μαθηματικά. Από αυτή την παρατήρηση οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως εκεί βρίσκεται το όργανο των υπολογισμών (Rourke & Conway, 1997). Είναι δεδομένο πως η εξωτερική επιφάνεια του κρανίου δεν αντανακλά την εσωτερική επιφάνεια, πολύ δε περισσότερο δεν αντανακλά τον εγκέφαλο. Η επιστημονική κοινότητα εγκαταλείπει βαθμιαία τη φρενολογία και οδηγείται συστηματικά σε άλλες μεθοδολογίες συμπεριλαμβανομένων των κλινικο-ανατομικών συσχετίσεων και της αναπτυξιολογίας (Piaget, 1952a. Lashley, 1950).

1.2.2 ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΤΟΥ PIAGET ΣΤΟΝ LURIA

Ο Piaget μελέτησε τη γνωστική ανάπτυξη του παιδιού και την εξέλιξή του περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο ερευνητή, ενώ ο Luria μελέτησε τις νευροψυχολογικές συσχετίσεις (neuropsychological relationships) των εγκεφαλικών δυσλειτουργιών (Gaddes & Edgell, 1993), όσο ελάχιστοι ερευνητές. Οι δύο ερευνητικές μελέτες προσφέρονται για σύγκριση, αν και φαίνεται πως είναι εντελώς διαφορετικές και προέκυψαν από διαφορετικές προσεγγίσεις. Η σύγκριση των προσεγγίσεων, ίσως, αποδειχθεί αρκετά χρήσιμη στην εξέταση του επιπέδου της μαθηματικής ικανότητας του παιδιού. Ο Piaget, σύμφωνα με τις βασικές σπουδές του, ήταν βιολόγος (Phillips, 1975). Ο τομέας της βιολογίας, που μελετούσε την ανάπτυξη του ανθρώπινου εγκεφάλου και τη σχέση του με τη μάθηση, άρχισε την περίοδο εκείνη να βρίσκει απαντήσεις σε πολλά ερωτήματα. Μάλιστα, μέχρι το 1950 ο Lashley ομολογούσε πως ήταν αδύνατο να βρει κάποια διαφορά στην εγκεφαλική δομή που επιφέρει συνέπειες στη μάθηση (Lashley, 1950). Την περίοδο αυτή εμφανίζεται η ιστολογική απόδειξη (histological evidence), που αποκαλύπτει την έντονη αλλαγή που συντελείται στην εγκεφαλική δομή, η οποία συνδέεται με την ανάπτυξη του ατόμου και την εμπειρία, όπως προκύπτει από το έργο του Conel, 1939-1963 (Pribram, 1971).

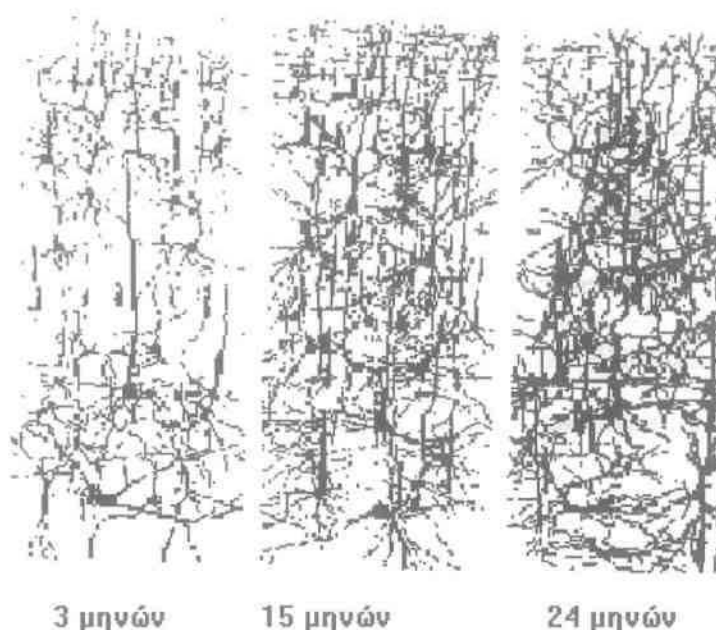
Ο ολικός αριθμός των νευρώνων (neurons) του κεντρικού νευρικού συστήματος / ΚΝΣ (central nervous system / CNS) είναι σχεδόν πλήρης κατά τη γέννηση και συνεχίζει να αυξάνεται μόνο για μια πολύ σύντομη περίοδο μετά από αυτή. Η εργασία του Conel (Εικόνα 1) έδειξε μια έντονη ανάπτυξη των δενδριτών, οι οποίοι αυξάνουν σε μήκος, και συμπλοκότητα (Willis & Widerstrom, 1986) στις ηλικίες των 3, 15 και 24 μηνών μετά τη γέννηση (Gaddes & Edgell, 1993).

Η ολική δομή αλλά και η μορφολογία του εγκεφάλου έχει σχεδόν ωριμάσει με τη γέννηση και το βάρος του εγκεφάλου αυξάνει κατά τη νεογνική ηλικία και συνεχίζει μέχρι και

την ενηλικίωση, οπότε και κορυφώνεται μεταξύ των 18-30 ετών (Dekaban & Sadowsky, 1978). Κατά τη γέννηση του νεογνού ο εγκέφαλος αποτελεί το 12% του βάρους του σώματος του και κατά την ηλικία των είκοσι ετών μόνο το 2,5% (Jacobson, 1978). Η προγεννητική ανάπτυξη του εγκεφάλου αρχίζει την 20η ημέρα της κύησης (Καραπέτσας, 1988) προχωρά βαθμιαία και σημειώνεται ανάπτυξη με ταχείς ρυθμούς κατά την 24η με 25η εβδομάδα (Dooling et al., 1983) και, ειδικότερα, πριν από τον πολλαπλασιασμό των αυλακών (sulci) και των ελίκων (gyri), ενώ η διαφορά στα ημισφαίρια προσδιορίζεται κατά την 31η περίπου εβδομάδα της κύησης. Η διαφοροποίηση των λειτουργιών των ημισφαιρίων για εξειδικεύσεις και ικανότητες συντελείται αργότερα (Βλάχος, 1998).

Η ανάπτυξη των δενδριτών και των συνάψεων, που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο (Καραπέτσας, 1988), σημειώνεται κατά το πρώτο έτος μετά τη γέννηση και συνοδεύεται από συσσώρευση μυελίνης γύρω από τους νευράξονες των νευρώνων. Η μυελίνωση (myelination) διευκολύνει τη μεταφορά των νευρικών ωθήσεων (Ritchie, 1984) μέσα στους νευράξονες αυξάνοντας την ταχύτητα μετάδοσης των νευρικών σημάτων. Η μυελίνη συγκροτείται από λιπίδια και πρωτεΐνες και οι διατροφικές ελλείψεις στην πρώτη μεταγεννητική περίοδο συνδέονται με αρνητική επανασύνδεση των θηκών της μυελίνης. Η διαδικασία με την οποία προχωρεί η μυελίνωση είναι επιλεκτική, επειδή αρχίζει από τις νευρικές οδούς που είναι σημαντικές για την επιβίωση (Reinis & Goldman, 1980). Επίσης, υποστηρίζεται η θέση ότι η οντογενετική διαδικασία της μυελίνωσης ακολουθεί την φυλογενετική και επομένως τα πιο παλαιά συστήματα οργάνων και νευρών μυελινούνται ενωρίτερα. Η διαδικασία της μυελίνωσης ολοκληρώνεται το δεύτερο έτος (Fuerst & Rourke, 1995) αν και κάποια συστήματα μυελινούνται πολλά χρόνια αργότερα (Luria, 1980). Η πρόιμη συναγωγή και επισήμανση συμπερασμάτων ή αιτιωδών σχέσεων ανάμεσα στην πρόιμη μυελίνωση των νευραξόνων και την εμφάνιση νευρολογικής λειτουργίας πρέπει να αποφεύγεται. Η εξέλιξη της μυελίνωσης συνδέεται με την αλληλεπίδραση αρκετών διαδικασιών και δυνάμεων,

συνυπολογίζοντας τη λειτουργία, τη δομή και το περιβάλλον (Gilles, Shankle & Dooling, 1983).



Εικόνα 1
Τμήμα του εγκεφαλικού φλοιού βρέφους.

Είναι φανερό πως τα μνημονικά αποτυπώματα των νευρικών ίχνών που συνοδεύουν τη μάθηση, και συντελούνται κατά τη συναλλαγή του ατόμου με το περιβάλλον του, δεν έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση του νευρικού κυτταρικού σώματος, αλλά αυτά είναι το αποτέλεσμα άλλων παραγόντων (1) της νευρικής ανάπτυξης, (2) της αύξησης της νευρογλοίας των μη νευρικών ιστών που υποστηρίζουν τους νευρώνες (3) των βιοχημικών αλλαγών στις συνάψεις ή ανάμεσα στους νευρώνες που διαμορφώνουν κάποιο βαθμό μονιμότητας (Pribram, 1971).

Ανεξάρτητα από τις ψυχολογικές αιτιολογήσεις που υπάρχουν για τα «νευρικά ίχνη» (Gaddes & Edgell, 1993), η ερευνητική εργασία του Piaget περιλαμβάνει εκατοντάδες παραδείγματα γνωστικών αλλαγών, που παρατηρούνται κατά την ανάπτυξη του ατόμου. Ανάλογα με τις ικανότητές του το άτομο εκδηλώνει, από αντιληπτική αφέλεια μέχρι λογική αφαίρεση και από απλότητα σκέψης μέχρι διανοητική πολυπλοκότητα (Piaget & Inhelder,

1971), με παράλληλη ανάπτυξη του νευρικού συστήματος. Ο Piaget επισήμανε το ρόλο των σταδίων ανάπτυξης, επειδή παρατήρησε σημαντικές αλλαγές σε συγκεκριμένες ηλικίες (Piaget, 1952a, 1952b). Ειδικότερα, παρατήρησε μια προοδευτική μείωση των λαθών στο έργο της αντιγραφής ενός σχήματος από διάφορες θέσεις στις ηλικίες των 5, 7 και 11 ετών. Μελετώντας την ανάπτυξη της σκέψης του παιδιού ως προς τους αριθμούς, ο ίδιος ερευνητής ενδιαφέρθηκε ιδιαίτερα για την έννοια της διατήρησης του αριθμού και της ποσότητας. Στο ερευνητικό έργο του βρήκε πως το βρέφος στους πρώτους μήνες ανακαλύπτει τη μονιμότητα των παρατηρουμένων αντικειμένων που είναι έξω από το αντιληπτικό του πεδίο. Ενώ, η συνειδητοποίηση της αριθμητικής σκέψης εμφανίζεται περίπου μεταξύ των 4 και 7 ετών (Gaddes & Edgell, 1993).

Η γνωστική διαδικασία, σύμφωνα με τον Piaget, αναμένεται να αναπτυχθεί πριν από την εμφάνιση της ικανότητας της αριθμητικής αιτιολόγησης. Ένας αριθμός πρέπει να είναι έξυπνος (intelligible), μόνο όταν μπορεί να παραμένει ταυτόσημος με τον εαυτό του ανεξάρτητα από τη διανομή στο χώρο των μονάδων από τις οποίες συγκροτείται (Piaget, 1952a, 1952b). Αρχικά ένα παιδί αντιλαμβάνεται τις ποσότητες αισθητηριακά σε ένα λογικο-αισθητικό περιβάλλον. Στην ηλικία των 4 ή 5 ετών τα περισσότερα παιδιά δεν έχουν καμιά ιδέα σχετικά με τη διατήρηση της ποσότητας, ανεξάρτητα από τις αλλαγές ως προς το σχήμα, σύμφωνα πάντα με τα πορίσματα του Piaget. Ένα παιδί αυτής της ηλικίας, στη θέα δύο δοχείων με το ίδιο σχήμα και μέγεθος που περιέχουν την ίδια ποσότητα υγρού, θεωρεί πως το περιεχόμενο και των δύο είναι ίδιο, επειδή αυτό βλέπει. Στην περίπτωση που το ένα από τα δύο δοχεία είναι πιο λεπτό και ψηλό το παιδί θεωρεί πως περιέχει περισσότερο υγρό αυτό, που είναι λεπτό και ψηλό. Αυτή η συμπεριφορά του παιδιού ερμηνεύεται και από τις παρατηρήσεις του Luria (1980) για τον τρόπο συγκρότησης των μαθηματικών εννοιών, στις διαταραχές των εσωτερικών ημι-χωρικών συνθέσεων (Luria, 1973). Χρησιμοποιεί μάλιστα μία ανάλογη διαγνωστική εξέταση για τη μελέτη της αισθησιοκινητικής δομής αντιθετικής κατεύθυνσης.

Από την ηλικία των 6 ετών περίπου παρατηρείται αλλαγή. Το παιδί αρχίζει να αντιδρά λιγότερο αισθητηριακά και περισσότερο αντιληπτικά / ιδεατά, βιώνει μια άλυτη διαμάχη σύγκρουσης μεταξύ των όσων βλέπει και των όσων σκέφτεται (Gaddes & Edgell, 1993). Από την ηλικία των 7 ετών τα περισσότερα παιδιά αντιλαμβάνονται πως οι ποσότητες των υγρών είναι αμετάβλητες ανεξάρτητα από τον αριθμό και τη φύση των αλλαγών που υφίστανται (Piaget, 1952a).

Από την άλλη πλευρά ο Luria, που πραγματοποίησε κλινικούς πειραματισμούς με ενήλικες οι οποίοι έφεραν εγκεφαλικά τραύματα, αξιοποίησε τα πορίσματα από το ερευνητικό έργο του Piaget αλλά και Ρώσων ερευνητών, για τη σύνθεση της θεωρίας του οντογενετικού σχηματισμού της ιδέας του αριθμού και των αριθμητικών πράξεων. Αυτός αναγνώρισε την οπτική, χωρική και τελικά αντιληπτική όψη των αριθμητικών διαδικασιών κατά τη φάση της ανάπτυξης του παιδιού. Επέμενε, όμως, πως σε τελικό στάδιο η θεωρία των αριθμών και των αριθμητικών πράξεων διατηρεί τα χωρικά / διαστηματικά της στοιχεία (Luria, 1980).

Αν ένα παιδί υποφέρει από εγκεφαλική αγενεσία, σε σημείο του εγκεφάλου που θεωρείται αρχικά υπεύθυνο για τη χωρική / διαστηματική αντίληψη και τα χωρικά / διαστηματικά σχήματα, τότε μπορεί να είναι ανίκανο να εντοπίσει με το βλέμμα του ή να φανταστεί σημεία σε ασύμμετρα διαστήματα, όταν αυτά διαδραματίζουν ουσιώδη ρόλο σε ακριβείς υπολογισμούς (Luria, 1980). Στον τραυματισμένο ενήλικα με εγκεφαλικές βλάβες που εντοπίζονται στο κροταφο-βρεγματο-ινιακό σύστημα (temporo-parieto-occipi systems), οι αριθμητικές λειτουργίες καθίστανται δύσκολες ή και αδύνατες, ως αποτέλεσμα απώλειας του χωρικού συντονισμού. Χαρακτηριστικά ευρήματα από τις κλινικές μελέτες του Luria (1973, 1980) επισημαίνουν την ύπαρξη των διαφορετικών εκδοχών της ίδιας νευροψυχολογικής διεργασίας. Ειδικότερα, η ύπαρξη ήπιων κακώσεων των μεσαίων ζωνών προκαλεί ανωμαλίες στη μνήμη, χωρίς στοιχεία σύγχυσης ή διαταραχής του προσανατολισμού. Αυτές οι ανωμαλίες είναι δυνατό να εντοπισθούν μόνο: με δοκιμασίες συγκρότησης περίπλοκων σειρών, με

σηματισμό απλών τύπων αισθησιοκινητικής δομής αντιθετικής κατεύθυνσης, που προκύπτει από ένα καθορισμένο σύνολο (fixed set), με διαταραχή των εσωτερικών ημι-χωρικών / ημι-διαστηματικών συνθέσεων και με την ύπαρξη διαταραχών στις μαθηματικές λειτουργίες (Luria, 1973).

Οι αριθμητικές λειτουργίες, που στα πρώτα στάδια της μάθησης είναι ασυνάρτητες, ως προς τον χαρακτήρα τους (Luria, 1980), μετατρέπονται σε ενέργειες στηριζόμενες σε εσωτερικά χωρικά σχήματα γνωστά, ως πίνακες, και εξαρτώνται πάντοτε από την αρτιότητα των ταυτόχρονων συνθέσεων με μία παρόμοια δομή, ως προς τις εξωτερικές χωρικές λειτουργίες. Οι πολυψήφιοι αριθμοί εμφανίζουν κυλινδρική δομή και η αξία κάθε ψηφίου καθορίζεται από τη θέση του στο σύνολο των άλλων ψηφίων, καθώς και από τις εσωτερικές διεργασίες διευθέτησης των στηλών που είναι απαραίτητες για την κατανόηση του αριθμού. Επίσης, η κυλινδρική δομή εμφανίζεται σε τελευταία ανάλυση, στις πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης (Luria, 1980).

Σε σχετικά εντοπισμένες περιπτώσεις οι διαταραχές αυτές εκδηλώνονται μόνο σε σύνθετες λειτουργίες (αφαίρεση διψήφιου από διψήφιο ή αφαίρεση μονοψήφιου από διψήφιο). Σε περιπτώσεις περισσότερο γενικευμένων κακώσεων οι διαταραχές αυτές έχουν συνολικό χαρακτήρα και οι ασθενείς αδυνατούν να πραγματοποιήσουν ακόμη και στοιχειώδεις μαθηματικές πράξεις. Ο προσθετικός χαρακτήρας της πράξης, το βασικό πρόβλημα και το γενικό σχέδιο της επίλυσής τους διατηρούνται αδιατάρακτα και μόνον το εκτελεστικό τμήμα του υπολογισμού που απαιτεί αρτιότητα της διαφοροποιημένης ημι-χωρικής οργάνωσης της ενέργειας έχει χαθεί (Luria, 1973).

Η μελέτη της μαθηματικής σκέψης, που διαμορφώνεται κατά τη διάρκεια της οντογένεσης, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του ατόμου, αναζητά μεταξύ των άλλων και την αφετηρία της πρώτης γνώσης (Flavell, 1985. Gelman, 1978) των μεγεθών και ποσοτήτων, αλλά και τα στάδια αυτής της εξέλιξης. Αυτές οι πληροφορίες είναι χρήσιμες σε

ευρεία ομάδα επιστημόνων τόσο για πραγματοποίηση διαγνωστικών πράξεων, όσο και για το σχεδιασμό θεραπευτικών προγραμμάτων και το χρονικό προσδιορισμό των θεραπευτικών παρεμβάσεων.

1.2.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Οι έρευνες έχουν δείξει πως τα βρέφη έχουν αντίληψη της πολυαριθμίας (numerosity) ενός συνόλου που συγκροτείται από ένα, δύο ή τρία στοιχεία (Antell & Keating, 1983. Starkey & Cooper, 1980). Επομένως, μπορούν να διακρίνουν ανάμεσα σε δύο διατάξεις με διαφορετικό αριθμό αντικειμένων (Flavell, 1985). Ο Piaget διευκόλυνε αρκετά τη μελέτη της εξέλιξης της μαθηματικής σκέψης με τον προσδιορισμό των περιόδων ανάπτυξης και τον καθορισμό των επιτευγμάτων του παιδιού σε κάθε περίοδο, έστω και αν ο ίδιος μελέτησε την εξέλιξη τη μαθηματικής σκέψης του παιδιού λιγότερο από οποιαδήποτε άλλη δεξιότητα.

Η πρώτη εξελικτική περίοδος είναι η αισθησιοκινητική (sensori-motor), συμπίπτει με την εμφάνιση αισθησιοκινητικών γνωστικών σχημάτων (Hughes, 1995) και καλύπτει περίπου το διάστημα από τη γέννηση μέχρι και 2 ετών, χωρίς τα όρια των ηλικιών να θεωρούνται αυστηρά προκαθορισμένα. Στην περίοδο αυτή ο Piaget διακρίνει 6 στάδια κατά τα οποία, από τις αυθόρμητες κινήσεις και τα ανακλαστικά διαμορφώνονται έξεις, καθώς ο μηχανισμός του συνειρμού επιτρέπει να αθροίζονται οι δημιουργούμενες συνήθειες κατά συσσωρευτικό τρόπο (Piaget, 1952a). Στην ηλικία των 6 μηνών το νεογνό δεν αναζητά αντικείμενα που είναι κρυμμένα, επειδή φαίνεται να μην αναγνωρίζει το πλήθος αντικειμένων που υπάρχει ανεξάρτητα από τις πράξεις του (Donaldson, 1978. Flavell, 1963). Ο συνδυασμός μέσων και σκοπών που χρησιμοποιείται αργότερα από το βρέφος στην επίλυση προβλημάτων έχει «πραξιακό» χαρακτήρα. Προοδευτικά, αποκτά την ικανότητα να δημιουργεί νοητικές εικόνες που αντιπροσωπεύουν αντικείμενα και καταστάσεις με παράλληλη ενσωμάτωση και του αποτελέσματος των μετασχηματισμών (Starkey, Spelke & Gelman, 1983). Η διανοητική λειτουργία μετατρέπεται βαθμιαία από αντιληπτική σε παραστατική.

Υπάρχουν αρκετά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τα επιτεύγματα της βρεφικής ηλικίας τα

οποία μπορούμε να εντοπίσουμε και κατά τη διάρκεια της φυλογενετικής εξέλιξης. Τα παιδιά, όμως, δεν εξελίσσονται με τον ίδιο ρυθμό (Liebeck, 1990) ούτε και κατορθώνουν τα ίδια επιτεύγματα. Αλλά ούτε και η ψυχοβιολογική εξέλιξη του ατόμου προχωρεί με τους ίδιους ρυθμούς (Willis & Widerstrom, 1986). Οι αναπτυξιακές αλλαγές και τα στάδια ανάπτυξης που προτείνει ο Piaget είναι δυνατό να παρατηρηθούν και μέσα από τη διαδικασία της μυελίνωσης. Άλλωστε, η ωρίμανση των ειδικών περιοχών του εγκεφάλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποδείξει φυσικούς ανατομικούς και λειτουργικούς αναπτυξιακούς δείκτες (Fuerst & Rourke, 1995).

Το περίβλημα της μυελίνης δεν είναι απαραίτητο για την αγωγιμότητα ενεργών δυναμικών από τους νευρώνες, επειδή οι νευρώνες και πριν από την μυελίνωση (myelination) παρουσιάζουν αγωγιμότητα. Όμως, η αγωγιμότητα αυτή χαρακτηρίζεται από βραδύ ρυθμό μεταβίβασης των ενεργών δυναμικών και επιρρέπεια στην κόπωση. Οι αλλαγές που προκύπτουν από την ολοκλήρωση της μυελογενετικής διαδικασίας αντανακλούν λειτουργική ωριμότητα (Willis & Widerstrom, 1986). Ο Fleching το 1901 (Willis & Widerstrom, 1986) επισήμανε αποκλίσεις στην εκκίνηση ανάπτυξης της μυελίνης στα τρία φλοιώδη πεδία, τις οποίες επέκτειναν άλλοι ερευνητές (Lekours, 1975. Yakolev, 1962. Yakolev & Lekours 1967) και τελικά συμπέραναν πως η μυελίνωση ερμηνεύεται καλύτερα με όρους κύκλων μυελινογένεσης.

Αυτό το πλαίσιο ανάπτυξης υποστήριξε τη λειτουργική-δομική σχέση της μυελινογένεσης και ενίσχυσε το ρόλο της διέγερσης (Fuerst & Rourke, 1995) στη διαδικασία της μυελίνωσης. Στον άνθρωπο, το μεγαλύτερο μέρος της μυελίνωσης αρχίζει με τη γέννηση ή λίγο αργότερα, οι οδοί του κεντρικού συστήματος μυελινούνται με τη σειρά της φυλογενετικής τους ανάπτυξης και τα συστήματα των νεύρων μυελινούνται την ώρα που καθίστανται λειτουργικά (Fuerst & Rourke, 1995). Τα εσωτερικά ακουστικά ερεθίσματα που δέχεται το έμβρυο εκκινούν τη διαδικασία μυελίνωσης νωρίς κατά τη διάρκεια της εμβρυϊκής

περιόδου, η οποία συνεχίζεται μέχρι τη γέννηση. Τα συστήματα που δέχονται ερεθίσματα πόνου, απτικά ή οσφρητικά εκκινούν τη διαδικασία μυελίνωσης με τη γέννηση. Στα πρόωρα νεογνά η μυελίνωση είναι πιο έντονη και επισημαίνει το ρόλο των εξωτερικών ερεθισμάτων στην εκδήλωσή της. Στον 3ο μήνα της εμβρυϊκής ζωής αρχίζει η μυελίνωση στο περιφερειακό σύστημα των αισθησιοκινητικών οδών της σπονδυλικής στήλης, ενώ του αισθητηριακού συστήματος εκτείνεται στους 6 πρώτους μήνες μετά τη γέννηση (Willis & Widerstrom, 1986).

Οι υποφλοιώδεις περιοχές μυελινούνται σε διαφορετικές περιόδους. Ειδικότερα, η μυελίνωση των υποφλοιωδών οδών οπτικών ώσεων αρχίζει το 2ο περίπου μήνα της κύησης και ολοκληρώνεται περίπου τον 3ο μήνα της μεταγεννητικής περιόδου. Το κατώτερο έπαρμα (colliculus) του ακουστικού συστήματος μυελινούται τον 3ο μήνα της προγεννητικής περιόδου και ολοκληρώνεται περίπου τον 3ο μήνα της μεταγεννητικής περιόδου (Willis & Widerstrom, 1986). Η μυελίνωση των οδών αισθητηριακών ώσεων στο νεοφλοιό αρχίζει με τη γέννηση και στην περίπτωση του αισθητηριακού συστήματος λίγο μετά τη γέννηση και ολοκληρώνεται τον πρώτο χρόνο.

Η μυελίνωση των νευρικών οδών από και προς την παρεγκεφαλίδα ακολουθεί δύο διαφορετικούς τρόπους. Το σύστημα που υποτίθεται ότι ελέγχει τα κινητικά ανακλαστικά ολοκληρώνει τη μυελίνωση δύο μήνες περίπου μετά τη γέννηση, ενώ το υπόλοιπο ολοκληρώνει τη διαδικασία της μυελίνωσης μέχρι την ηλικία των 2 ετών. Η μυελίνωση των φλοιωδών και υποφλοιωδών οδών και των σύντομων νευρικών διασυνδέσεων δεν αρχίζει πριν από τον 4ο μήνα της μεταγεννητικής περιόδου και συνεχίζεται (Willis & Widerstrom, 1986).

Την αισθησιοκινητική περίοδο ακολουθεί η προ-εννοιολογική (pre-operational), η οποία εκτείνεται από 2 έως 7 ετών (Hughes, 1995), και έχει ως βασικά γνωρίσματα την εδραίωση της συμβολικής και της γλωσσικής λειτουργίας. Τα νήπια διακρίνουν αντιστοιχίες ανάμεσα σε συλλογές από αντικείμενα (Langer, 1980. Sinclair, Stambak, Lezin, Rayna & Verba, 1982. Starkey et al., 1983. Sugarman, 1983) και χρησιμοποιούν δεδομένα του παρελθόντος σε

μελλοντικούς σχεδιασμούς (Piaget, 1952b, 1955).

Αρχικά αναγνωρίζουν αντικείμενα, αλλά όχι και γεωμετρικά σχήματα. Βαθμιαία αντιλαμβάνονται πως το τετράγωνο είναι διαφορετικό συγκρινόμενο με το τρίγωνο. Μετά την ηλικία των 4 ετών αναγνωρίζουν απλά γεωμετρικά σχήματα. Αυτή η μορφή της διανοητικής λειτουργίας αποτελεί τη βάση της τυπικής σκέψης. Συνειδητά, το βρέφος μετακινεί αντικείμενο με τη βοήθεια ράβδου, ενεργεί ανάλογα και αργότερα μέχρι την ηλικία των 7 ετών, όταν χρησιμοποιεί διάφορα μέσα: γραμμές, λέξεις, σχήματα, σύμβολα και σημεία σε ανάλογες δραστηριότητες. Στην προεγνωσιολογική περίοδο το παιδί δεσμεύεται από την αντίληψή του, σύμφωνα με τον Piaget (1952a, 1955) και οι ενέργειές του είναι προλογικές, εγωκεντρικές. Ως προς αυτή τη θέση εκφράστηκαν αρκετές επιφυλάξεις από ερευνητές επειδή διαπίστωσαν διαφορετικά ευρήματα.

Με τη θέση του Piaget που προαναφέρθηκε έρχονται σε αντίθεση τα ερευνητικά δεδομένα των Shatz & Gelman (1973) και Gelman & Shatz (1977). Οι ερευνητές σε πειράματα περιγραφής ενός παιχνιδιού από νήπια 4 ετών: σε νήπια 2 ετών, σε συνομήλικους τους και σε ενήλικες, διαπίστωσαν προσαρμογή του λόγου τους ανάλογα με το συνομιλητή. Η άποψη, πως τα νήπια πιστεύουν ότι η δική τους θέση είναι ίδια με την άποψη του άλλου, αμφισβητήθηκε και από άλλα δεδομένα (Flavell, 1963). Στο πείραμα «Δείχνω το παιχνίδι» τα νήπια έως 3 ετών έδειχναν το παιχνίδι με τέτοιο τρόπο, ώστε ο ενήλικας να βλέπει την εμπρόσθια όψη. Σε πείραμα με νήπια 2 και 3 ετών και με αίτημα να δείξουν φωτογραφίες, τις έστρεφαν σχεδόν προς τον ενήλικα, ενώ η λευκή πλευρά ήταν στραμμένη προς το μέρος τους. Φαίνεται πως αντιλαμβάνονται την άποψη του άλλου και εκεί στηρίζεται η δυνατότητά τους να επικοινωνούν με τους συνομιλητές τους (Fodor, 1972). Η έννοια του αριθμού, σύμφωνα με τον Piaget, αποκτάται αργότερα. Παρόλα αυτά, τα νήπια γνωρίζουν αρκετά για τη φύση των αριθμών χρησιμοποιώντας κάποιο αλγόριθμο με τον οποίο συλλογίζονται τους αριθμούς και εντοπίζουν την αιτία της μη αναμενόμενης αλλαγής (Gelman, 1972).

Το νήπιο αδυνατεί να συνεξετάσει περισσότερα από ένα χαρακτηριστικά, επειδή επικεντρώνεται η προσοχή του (Piaget, 1952a), και εστιάζεται σε ένα στοιχείο εξαιτίας του οποίου παραμελεί άλλα ουσιώδη. Με τα πειράματα των συνεχών και ασυνεχών ποσοτήτων στο έργο διατήρησης της ποσότητας (Donaldson, 1978. Gelman, 1972) μελέτησε ο Piaget (1952a, 1955) την ικανότητα ενός παιδιού 6 ή 7 ετών να αντιμετωπίζει τον αριθμό ως σταθερά. Παρουσιάζονται στο παιδί δύο σύνολα με τον ίδιο αριθμό αντικειμένων και προκαλείται να απαντήσει στο ερώτημα αν είναι ίσα. Εφόσον το παιδί κρίνει πως τα δύο σύνολα είναι ίσα, παρακολουθεί το μετασχηματισμό του ενός συνόλου με επιμήκυνσή του στο χώρο και καλείται να απαντήσει ξανά στο ίδιο ερώτημα. Η επιμήκυνση του ενός συνόλου κατευθύνει τα παιδιά που είναι μικρότερα από 6 ή και 7 ετών να απαντήσουν πως το σύνολο που έχει επιμηκυνθεί έχει τα περισσότερα. Αυτή η συμπεριφορά ερμηνεύεται σε ικανοποιητικό βαθμό και από την άποψη του Luria (1980) ότι οι αριθμοί διατηρούν το χωρικό / διαστηματικό χαρακτήρα τους. Τα παιδιά, λοιπόν, αποδίδουν τη μεταβολή του αριθμού στη διαδικασία της μετατόπισης / επιμήκυνσης. Από τα δεδομένα των πειραμάτων του στο έργο της διατήρησης ο Piaget (1952a) οδηγήθηκε στο συμπέρασμα πως τα παιδιά δεν έχουν επαρκή ιδέα της έννοιας του αριθμού και τον θεωρούν ως διάσταση.

Αρκετοί από τους ερευνητές καταλόγισαν την αποτυχία των παιδιών στο έργο της διατήρησης, σε αιτίες που σχετίζονται με την κατανόηση των εννοιών που υπεισέρχονται περισσότερο, λιγότερο (Brain, 1959. Green & Laxon, 1970. Zimiles, 1963) και στα παραπλανητικά δεδομένα που διαμορφώνει ο ίδιος ο μετασχηματισμός (Gelman, 1969. Mehler & Bever, 1967. Wallach, Wall & Anderson, 1967). Όσοι μελέτησαν συστηματικά τα πειράματα του Piaget, και διατύπωσαν επιφυλάξεις ως προς τις διαδικασίες τους, επινόησαν δοκιμασίες απαλλαγμένες από άσχετες ενδείξεις και από τη χρήση εννοιών: ίδιο, περισσότερο, λιγότερο.

Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν την τεχνική του «μαγικού θεάματος», το οποίο κατά

κανόνα ανατρέπει τις προσδοκίες των θεατών (Charlesworth, 1964, 1969), αποφεύγοντας τη χρήση ποσοτικών εννοιών (Hughes, 1995). Ο ερευνητής λειτουργεί ως ταχυδακτυλουργός, δημιουργεί προσδοκία για συγκεκριμένο σύνολο και αλλάζει κρυφά το πλήθος των αντικειμένων και περιμένει να διαπιστώσουν οι εξεταζόμενοι / θεατές την αλλαγή και να την εκφράσουν. Η απλή μετακίνηση των αντικειμένων περνά απαρατήρητη ή θεωρείται τυχαίο γεγονός, επειδή ο αριθμός των αντικειμένων δεν αλλάζει. Η χρησιμοποίηση αντίστοιχης διαδικασίας θα μπορούσε να αποκαλύψει πιθανές ικανότητες των παιδιών να διακρίνουν πράξεις του ερευνητή που επηρεάζουν ή όχι τον αριθμό (Gelman, 1972).

Η Gelman (1972) σε πειράματα με νήπια, ηλικίας 3 έως 5 ετών, αξιολόγησε τον τρόπο με τον οποίο χειρίστηκαν τις μη αναμενόμενες προσθήσεις, αφαιρέσεις και μετατοπίσεις αντικειμένων και διατύπωσε διαφορετικές θέσεις σε σχέση με τις αντίστοιχες του Piaget. Στην πρώτη φάση έπαιξε για 15 λεπτά περίπου με κάθε νήπιο για να το γνωρίσει. Στη δεύτερη φάση δημιούργησε προσδοκίες για δύο διατάξεις με ποντικάκια-παιχνίδια και στην τρίτη φάση αξιολόγησε τον τρόπο με τον οποίο τα νήπια χειρίστηκαν τις μετατοπίσεις, προσθήσεις και αφαιρέσεις (Gelman & Gallistel 1978).

Στη δεύτερη και τρίτη φάση που διήρκεσαν περίπου 20' χρησιμοποιήθηκαν δυο λευκά πιάτα, το ένα είχε 3 ποντικάκια καλά στερεωμένα και το άλλο 2 και καλύπτονταν με αδιαφανή καλύμματα. Τα νήπια έπαιζαν και κέρδιζαν ένα δώρο, αν προσδιόριζαν σωστά το πιάτο με τα τρία ποντικάκια, αυτό που κερδίζει, ενώ το άλλο με τα δύο έχανε. Κατά την πρώτη φάση η ερευνήτρια αποκάλυπτε το περιεχόμενο των πιάτων αφαιρώντας τα καλύμματα, χωρίς να επισημάνει τις διαφορές μεταξύ των δύο διατάξεων. Απλώς προσδιόριζε αυτό που κερδίζει και εκείνο που χάνει. Το νήπιο άκουγε στη συνέχεια ερωτήσεις και οδηγίες (Gelman, 1972. Gelman & Gallistel, 1978), που σχετίζονταν με την κατανόηση της διαδικασίας, το περιεχόμενο των πιάτων και τις περιπτώσεις που κέρδιζε ή έχανε (Gelman, 1972).

Τα καλυμμένα πιάτα ανακατεύονταν και αν το νήπιο ξεσκέπαζε το πιάτο με τα τρία

ποντικάκια και το προσδιόριζε σωστά, κέρδιζε ένα δώρο. Αν ξεσκέπαζε το πιάτο με τα δυο ποντικάκια και το προσδιόριζε σωστά, η ερευνήτρια το σκέπαζε και χωρίς τα ανακατέψει ζητούσε να προσδιορίσει εκείνο που κέρδιζε. Κατά κανόνα τα νήπια έδειχναν το κουτί με τα τρία ποντικάκια. Ακολουθούσαν και άλλοι γύροι με κάλυψη και αποκάλυψη του πιάτου, που αποτελούσαν συγχρόνως δοκιμασία και κάθε νήπιο συμμετείχε σε 10 ή 11 δοκιμασίες. Κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών η ερευνήτρια ενθάρρυνε το νήπιο να σκεπάσει και να ανακατέψει τα πιάτα. Σε τρεις τυχαίες δοκιμασίες η ερευνήτρια ρωτούσε το νήπιο να εξηγήσει γιατί αυτό το πιάτο κέρδιζε ή έχανε (Gelman, 1969, 1972).

Κατά την τρίτη φάση η ερευνήτρια, χωρίς να προσελκύσει την προσοχή των νηπίων, αφαιρούσε το ένα ποντικάκι ή τα μετακινούσε και μαγνητοφωνούσε τις απαντήσεις τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα νήπια έχουν επαρκή έννοια της βασικής αριθμητικής των απόλυτων αριθμών, ανεξάρτητα από τους μετασχηματισμούς. Το μικρό πλήθος των αντικειμένων τους επιτρέπει μάλιστα τον προσδιορισμό του αριθμού, την αιτιολόγηση των μεταβολών και την επίκληση των πράξεων της πρόσθεσης και της αφαίρεσης (Shantz & Watson, 1970). Τα συμπεράσματα από την έρευνα φαινομενικά αντιτίθενται στα συμπεράσματα από το έργο της διατήρησης της ποσότητας του Piaget για τα παιδιά μέχρι 6 ή 7 ετών (Piaget, 1952a, 1955). Επίσης, υιοθετήθηκε η άποψη (Mehler & Bever, 1967), ότι η ικανότητα των νηπίων να χρησιμοποιούν αριθμούς, ορίζεται από κυρίαρχες στρατηγικές, που δεν υπονοούν και την κατοχή της δομής των αριθμών.

Με 60 νήπια τριών ηλικιακών ομάδων, ηλικίας 3 έως 5 ετών, εργάστηκε και ο Hughes (1995) για να μελετήσει την έννοια της πρόσθεσης και της αφαίρεσης. Κανένα από αυτά δεν είχε διδαχθεί πρόσθεση ή αφαίρεση με τυπική διαδικασία στο νηπιαγωγείο, ενώ μόνο τρία από αυτά πέτυχαν στο έργο της διατήρησης του Piaget. Η δοκιμασία περιλάμβανε δραστηριότητες: μέτρησης τούβλων που υπήρχαν σε ένα κουτί, αφαίρεσης τούβλων από το κουτί ή πρόσθεσης τούβλων. Το νήπιο άκουγε τις μεταβολές και τις παρακολουθούσε, αλλά δεν έβλεπε τα

αποτελέσματα των μεταβολών και για το λόγο αυτό έπρεπε κάθε φορά να υπολογίζει το αποτέλεσμα. Μετά την απάντηση ο ερευνητής άφηνε τα νήπια να την επαληθεύσουν. Σχεδόν όλα τα νήπια πέτυχαν στη δοκιμασία, όταν χειρίζονταν μικρούς αριθμούς. Η απόδοση πλησίαζε το 90%, όταν είχαν να προσθέσουν ένα τούβλο σε ένα ή να αφαιρέσουν ένα τούβλο από δύο ή από ένα, ενώ το ποσοστό κατέβαινε στο 75%, όταν είχαν να προσθέσουν και να αφαιρέσουν δύο τούβλα. Και από άλλες έρευνες επιβεβαιώνεται η ικανότητα των νηπίων να χειρίζονται με ευκολία μικρούς αριθμούς (Cowan, 1979. Gelman & Gallistel, 1978. Young & McPherson, 1976). Υπήρξαν περιπτώσεις νηπίων που ήταν ικανά να εκτελέσουν δύο νοερούς υπολογισμούς διαδοχικά (Hughes, 1995). Τη μαθηματική δεξιότητα των διαδοχικών νοερών υπολογισμών μελέτησε διεξοδικά ο Luria (1973) σε ενήλικες με εγκεφαλικά τραύματα με ανάλογα για την ηλικία τους αριθμητικά δεδομένα.

Η πρώτη μελέτη που εξετάζει το συμβολισμό ποσοτήτων από παιδιά 3 έως 7 ετών, που δεν έχουν διδαχτεί τους αριθμούς, πραγματοποιήθηκε από την Allardice (1977) η οποία τους ζήτησε να γράψουν μηνύματα που θα διάβαζε αργότερα ο «Σνούπι» (σκύλος-παιχνίδι). Στόχος ήταν η ανάδειξη αυθόρμητων συμβόλων για ποσότητες, προσθέσεις και αφαιρέσεις με σύμβολα που επινοούσαν τα υποκείμενα της έρευνας.

Τα στοιχεία αυτά αξιοποίησε ο Hughes, ο οποίος χρησιμοποίησε μικρά τούβλα και σε συνεργασία με την Jones (1981) ζητούσε από τα νήπια να σημειώσουν κάτι στο χαρτί για να δείξουν πόσα τούβλα ήταν μπροστά τους ή τι είχε γίνει στα τούβλα. Το δείγμα συγκροτήθηκε από παιδιά 3 ετών και 4 μηνών έως και 7 ετών και 9 μηνών. Τα παιδιά της προσχολικής ομάδας δεν είχαν δεχθεί τυπική εκπαίδευση, τα παιδιά της πρώτης τάξης είχαν αρχίσει με απλά αθροίσματα, το ίδιο συνέβαινε και με τα παιδιά της δευτέρας, ενώ τα παιδιά της τρίτης έλυναν προβλήματα. Η δοκιμασία προέβλεπε κάθε παιδί ατομικά να αναπαραστήσει τις ποσότητες ενός, δύο, τριών, τεσσάρων, πέντε και έξι τούβλων. Δινόταν μια ποσότητα τούβλων, χαρτί και μολύβι και ενθαρρυνόταν κάθε παιδί και νήπιο να παραστήσει στο χαρτί πόσα τούβλα ήταν

στο τραπέζι (Hughes, 1995. Jones, 1981). Τα παιδιά της πρώτης σχολικής ηλικίας χρησιμοποίησαν εικονογραφικές και συμβολικές απαντήσεις, ενώ τα νήπια χρησιμοποιούσαν εικονικές και ιδιοσυγκρασιακές απαντήσεις. Σημαντικό ενδιαφέρον είχαν οι συμβολισμοί για το «τίποτε» και η ποικιλία που παρουσίασαν οι απαντήσεις των νηπίων (Hughes, 1995).

Ενώ, παρατηρούνται αυτά τα επιτεύγματα στο γνωστικό τομέα, από την άποψη του νευροβιολογικού υποστρώματος η μυελίνωση των αισθητηριακών οδών συνεχίζεται στο ακουστικό σύστημα μεταφοράς ώσεων και δεν ολοκληρώνεται πριν από την ηλικία των 5 ετών (Lecours, 1975). Η μυελίνωση των φλοιωδών και υποφλοιωδών οδών και των σύντομων νευρικών διασυνδέσεων δεν αρχίζει πριν από τον 4ο μήνα της μεταγεννητικής περιόδου και συνεχίζεται και μετά το μέσο της παιδικής ηλικίας. Ενώ, η μυελίνωση του μεσολοβίου (corpus callosum), της ισχυρής ομάδας των νευρών που συνδέουν τα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια αν και ολοκληρώνεται στα 6 έτη, συνεχίζεται με βραδείς ρυθμούς (Willis & Widerstrom, 1986).

Κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας και με την επίδραση του περιβάλλοντος το ένα ημισφαίριο επικρατεί. Η επικράτηση μονιμοποιείται μετά την πρώτη δεκαετία. Αυτή η άποψη ερμηνεύει και τη συμπεριφορά που εκδηλώνει ένα νήπιο 5 ετών με βλάβη στο επικρατούν ημισφαίριο που μπορεί να γίνει αριστερόχειρας και να μάθει να ομιλεί σωστά (Snell, 1995).

Η περίοδος ανάπτυξης των τυπικών λειτουργιών (concrete operational) αφορά σε παιδιά από 7 έως 11 ετών περίπου. Το παιδί αυτής της περιόδου οδηγείται σε λογικά συμπεράσματα παρατηρώντας όσα συμβαίνουν γύρω του, γνωρίζει τις αλλαγές, μπορεί να τις αντιστρέψει και να οδηγηθεί στην αφετηρία. Ειδικότερα, κατανοεί τα όσα συμβαίνουν κατά τη μετάγγιση του υγρού, ανεξάρτητα από το σχήμα του δοχείου. Σε μία έρευνα της Stallard (Hughes, 1995), μελετήθηκε η συμπεριφορά 60 παιδιών ηλικίας 6 ετών και 3 μηνών έως 10 ετών και 6 μηνών με τυχαία επιλογή, ενώ ζητήθηκε από τους δασκάλους να αξιολογήσουν την επίδοσή τους με κλίμακα αξιολόγησης τριών βαθμίδων. Χρησιμοποίησε ένα παιχνίδι «Πάντα», τουβλάκια και 15 κάρτες (Donaldson, 1978) στις οποίες υπήρχαν αριθμοί, προσθέσεις, αφαιρέσεις που είχαν

επίλυθεί και μία ισότητα ενός αριθμού.

Η δοκιμασία απαιτούσε να δείξουν τα παιδιά στο παιχνίδι «Πάντα» με τουβλάκια τι σημαίνουν οι κάρτες. Στην προσπάθειά τους τα παιδιά να εξηγήσουν το περιεχόμενο των καρτών χρησιμοποιούσαν τις μετακινήσεις ομάδων τούβλων και νέες λεκτικές περιγραφές. Αρκετά ενδιαφέρουσες ήταν οι απαντήσεις που αφορούσαν τις κάρτες που περιείχαν το μηδέν. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι τα περισσότερα παιδιά μαθαίνουν αυτά τα σύμβολα κάνοντας αθροίσματα και αισθάνονται σίγουρα μόνο, όταν έχουν να αντιμετωπίσουν ισότητες σε γνωστή μορφή. Το νόημα των ισοτήτων εκφράζεται με πολύ δυσκολία και η γνώση τους για τις ισότητες φαίνεται να είναι επιφανειακή. Σπάνια συναντάς παιδιά που έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν τις μαθηματικές σχέσεις σε καταστάσεις καθημερινής ζωής. Ο βαθμός των δυσκολιών που βίωσαν οι μαθητές ως προς το συγκεκριμένο έργο, αλλά και ως προς τα μαθηματικά του σχολείου γενικότερα είναι σημαντικός (Hughes, 1995). Άλλωστε σε παρόμοια συμπεράσματα οδηγήθηκαν με άλλη διαδικασία και άλλοι ερευνητές (Carragher, Carragher & Schliemann, 1985).

Οι διαφορές που παρατηρούνται στην επίλυση των προβλημάτων με βάση τους αλγόριθμους που μαθαίνονται στο σχολείο και τους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται σε οικείο περιβάλλον είναι ποικίλες και σημαντικές. Οι μαθητές κατά κανόνα χρησιμοποιούν διαφορετικό τρόπο στην επίλυση των προβλημάτων (Reed & Lave, 1981) από όσους δεν έχουν τη μαθητική ιδιότητα. Το βέβαιο είναι πως οι άτυποι τρόποι επίλυσης προβλημάτων, που χρησιμοποιούνται έξω από το σχολείο, έχουν ελάχιστη σχέση με τους αντίστοιχους του σχολείου. Τα παιδιά που είναι υποχρεωμένα να κάνουν υπολογισμούς έξω από το χώρο του σχολείου, χρησιμοποιούν άτυπες διαδικασίες που συχνά είναι εξαιρετικά αποτελεσματικές (Gay & Cole, 1976).

Σε έρευνα (Carragher et al., 1985) που έλαβαν μέρος 5 παιδιά ηλικίας από 9 έως και 15 ετών και με μέσο όρο ηλικίας 11,2 ετών, μελετήθηκε η συμπεριφορά τους κατά την επίλυση

προβλημάτων. Τα παιδιά είχαν φοιτήσει από την πρώτη μέχρι και την όγδοη τάξη σε σχολεία της Βραζιλίας. Η διαδικασία προέβλεπε αφενός άτυπη λύση προβλημάτων, σε πραγματικές συνθήκες εργασίας τους στους δρόμους και αφετέρου μια τυπική δοκιμασία με προβλήματα όμοια, όσων έλυσαν νοερά, σε συνθήκες σχολικής εργασίας. Ο πελάτης / ερευνητής άλλοτε έκανε αγορές και άλλοτε ζητούσε από το υποκείμενο της έρευνας να κάνει υπολογισμούς για ενδεχόμενες αγορές. Οι συνομιλίες του ερευνητή και του υποκειμένου μαγνητοφωνήθηκαν. Εκτός από τις απαντήσεις που έδιναν τα υποκείμενα της έρευνας αιτιολογούσαν και τον τρόπο υπολογισμού του αποτελέσματος.

Από τη μελέτη της άτυπης δοκιμασίας στο δρόμο και της τυπικής δοκιμασίας με χαρτί και μολύβι προέκυψαν αξιόλογα στοιχεία. Στην άτυπη δοκιμασία τα προβλήματα του πολλαπλασιασμού λύθηκαν με διαδοχικές προσθέσεις. Όταν, όμως, οι αριθμοί γίνονταν πιο δύσκολοι αναλύθηκαν σε μονάδες και δεκάδες και έτσι διευκολύνθηκε η εύρεση του αποτελέσματος. Στην τυπική δοκιμασία έγινε προσπάθεια να ακολουθήσουν τα παιδιά τις σχολικές μεθόδους, όμως, έκαναν πολλά λάθη, επειδή ενεργούσαν με σύγχυση ως προς τις διαδικασίες του πολλαπλασιασμού και της πρόσθεσης. Τέλος, η αναγραφή των αριθμών δεν αποτελεί σαφή ένδειξη πως τα παιδιά θα προσπαθήσουν να επαληθεύσουν το αποτέλεσμα. Είναι φανερό ότι τα καθημερινά προβλήματα λύνονται νοερά με αποτελεσματική στρατηγική και η χρήση συμβόλων έδειξε πως οι πράξεις είναι εντελώς «διαχωρισμένες από την πραγματικότητα» (Reed & Lave, 1981, p. 442).

Οι αλλαγές που παρατηρούνται στο γνωστικό τομέα δεν είναι οι μόνες. Σημειώνονται επίσης αλλαγές και σε επίπεδο νευροβιολογικής λειτουργίας. Η μυελίνωση του μεσολοβίου που συνδέει τα δύο ημισφαίρια συνεχίζεται και μετά την ηλικία των 6 ετών, μέχρι την ηλικία των 10 αλλά με βραδείς ρυθμούς (Willis & Widerstrom, 1986). Γενικά η ανάπτυξη του μυελού του κεντρικού νευρικού συστήματος βαίνει με σειρά και προχωρεί σε μία ακολουθία ανακεφαλαιώνοντας τη φυλογένεια (Fuerst & Rourk, 1995).

Το τελευταίο στάδιο της ανάπτυξης του παιδιού είναι γνωστό ως περίοδος των τυπικών λειτουργιών (formal operational). Το στάδιο αυτό αρχίζει στην ηλικία των 11 ετών ή και λίγο αργότερα. Χαρακτηριστικό γνώρισμά του είναι η εκδήλωση ώριμης λογικής σκέψης. Το παιδί μπορεί να συλλογίζεται, όχι μόνο με βάση τις εμπειρίες του από το φυσικό κόσμο, αλλά και στη βάση των υποθετικών προτάσεων. Μπορεί να συλλογίζεται με βάση τις πιθανότητες και τις υποθέσεις και να συνδέσει οποιοδήποτε αίτιο με το αποτέλεσμα. Χαρακτηριστικό αυτής της περιόδου θεωρείται η κατάκτηση σταθερού τρόπου συλλογισμού, ο οποίος διατηρείται και στην ενήλικη ζωή. Στο στάδιο αυτό οικοδομείται η παραγωγική σκέψη η οποία είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα της επιστήμης (Piaget, 1955, 1973). Ειδικότερα, χρησιμοποιεί τη συνεπαγωγή, τη διάζευξη, τη σύζευξη και το λογικά ασυμβίβαστο. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από την ικανότητα να συνθέσει για το ίδιο πρόβλημα ή φαινόμενο περισσότερες από μία λύσεις. Μπορεί να χειρισθεί προτάσεις ή υποθέσεις με λογικό τρόπο, ακόμα και αν αντιβαίνουν στην πραγματικότητα. Χειρίζεται σύμβολα με αφηρημένο περιεχόμενο και προβαίνει σε λογικές πράξεις. Οι τάξεις δεν είναι μόνο ομάδες πραγμάτων αλλά μπορούν να υποστούν επεξεργασία ως αφηρημένες οντότητες.

Η ικανότητα επίλυσης πρωτότυπων προβλημάτων απαιτεί διαφορετικές μαθηματικές ικανότητες από αυτές που απαιτούνται για την κατανόηση, τη συγκράτηση και τη διατήρηση γενικών γνώσεων. Μεταξύ των δύο αυτών επιπέδων δεν είναι δυνατό να υπάρχουν απολύτως διακριτά όρια. Το θέμα της δομής των μαθηματικών ικανοτήτων και πληροφοριών παραμένει ανοικτό σε ευρύτερη μελέτη, έστω και αν οι ερευνητές που μελέτησαν την πορεία που ακολουθεί ο επαγωγικός και ο παραγωγικός συλλογισμός, εντόπισαν γνωρίσματα χαρακτηριστικά της διανοητικής λειτουργίας ανθρώπου με μαθηματικές ικανότητες. Τα γνωρίσματα αυτά σχετίζονται με τις ικανότητες αφαίρεσης, αντίληψης του χώρου, παραγωγής, εκτέλεσης υπολογισμών, εφαρμογής γενικών αρχών, ανάλυσης της μαθηματικής δομής και ανασύνθεσης, συμπύκνωσης και μνήμης, φαντασίας, διαίσθησης και χρήσης συμβόλων

(Piaget, 1952a, 1973).

Η νευροβιολογική εξέλιξη συνεχίζεται με τη μυελίνωση κατά την περίοδο αυτή σε μερικές νευρικές ίνες του εγκεφάλου και του νωτιαίου μυελού και ολοκληρώνεται κατά την ήβη (Snell, 1995). Από τα επιτεύγματα της παιδικής ηλικίας σχηματίζεται αμυδρή η εικόνα των διαδοχικών αναπτυξιακών βαθμίδων που διανύθηκαν από το ανθρώπινο γένος κατά τη μακρόχρονη πορεία της φυλογενετικής εξέλιξης. Όλα τα παιδιά δεν ακολουθούν τον ίδιο ρυθμό εξέλιξης (Liebeck, 1990) και παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως προς τα επιτεύγματά τους. Το ίδιο ισχύει και ως προς τη ψυχοβιολογική εξέλιξή τους, που δεν προχωρεί με τους ίδιους ρυθμούς (Willis & Widerstrom, 1986). Μάλιστα κάποια παιδιά εμφανίζουν δυσκολίες στις σχολικές επιδόσεις τους που άλλοτε περιορίζονται στην ακαδημαϊκή περιοχή των μαθηματικών και άλλοτε συνυπάρχουν με δυσκολίες και σε άλλες ακαδημαϊκές περιοχές. Οι αναπτυξιακές αλλαγές και τα στάδια ανάπτυξης που προτείνει ο Piaget είναι δυνατό να παρατηρηθούν και από το πρίσμα της μυελογενετικής διαδικασίας. Άλλωστε, η ωρίμανση των ειδικών περιοχών του εγκεφάλου χρησιμοποιείται και ως αναπτυξιακός δείκτης (Fuerst & Rourke, 1995).

Η μυελίνη του κεντρικού νευρικού συστήματος είναι επιδεκτική βλαβών εξαιτίας, της μεγάλης ποσότητας μυελίνης που συγκρατείται από ένα ολιγοδενδροκύτταρο, της έλλειψης προστατευτικού κυτοπλάσματος στις εξώτερες επιφάνειες της θήκης και της ευθραυστότητας της λεπτής ολιγοδενδρογλοίας που μεταφέρει τα συστατικά τα οποία είναι απαραίτητα για τη διατήρηση και θρέψη. Οι βλάβες της μυελίνης προέρχονται από καταστροφή της μυελίνης (myelinoclasia) ή από συνθήκες κακής ανάπτυξης. Η καταστροφή της μυελίνης παρατηρείται συχνότερα στους ενήλικες, ενώ στα παιδιά οι βλάβες οφείλονται στις συνθήκες κακής ανάπτυξης. Ως προς τις συνέπειες αυτών των βλαβών υπάρχουν αντικρουόμενα στοιχεία κατά πόσο είναι συνδεδεμένες με την εξασθένηση της προσοχής και της ταχύτητας της διανοητικής επεξεργασίας πληροφοριών και ερεθισμάτων (Fuerst & Rourke, 1995). Σε κάποιες

περιπτώσεις υπάρχουν αλλαγές που εκδηλώνονται με μια γενική βραδύτητα στις διανοητικές διαδικασίες, η οποία και αποδίδεται σε υποπαραθυρεοειδισμό (hypoperfusion).

1.3 ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

1.3.1 ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

Η θέση των Gall και Spurheim για ύπαρξη κέντρου υπολογισμών στον εγκέφαλο προήλθε από τις παρατηρήσεις τους σε άτομα που είχαν είτε ιδιαίτερη μαθηματική ικανότητα είτε διαταραχή της μαθηματικής ικανότητας (Rourke & Conway, 1997). Οι αφασιολογιστές (aphasiologists) παρατήρησαν πως οι ασθενείς τους υπέφεραν από διαταραγμένη υπολογιστική ικανότητα, αλλά την απέδωσαν σε διάχυτη γλωσσική διαταραχή. Οι Lewandowsky και Stadelmann δημοσίευσαν το 1908 (Rourke & Conway, 1997) την πρώτη λεπτομερή μελέτη περιπτώσεως (case study), που αφορά σε διαταραχή της υπολογιστικής ικανότητας, ως αποτέλεσμα βλάβης του εγκεφάλου, σε ασθενή που είχε δεξιά ομόνυμη ημιανοψία. Οι συγγραφείς απέδωσαν τις δυσκολίες των νοητικών και γραπτών υπολογισμών σε διαταραχή της οπτικής αναπαράστασης και σε «κενά» στην ανάγνωση των αριθμών. Πρότειναν μάλιστα ένα τύπο αλεξίας των αριθμών κατά τον οποίο η μορφή και η σημασία των μεμονωμένων ψηφίων γίνονται αντιληπτές, αλλά είναι αδύνατη η σύνθεση των αριθμών και η κατανόησή της, όπως και η αναγνώριση αριθμητικών συνόλων, μολονότι διατηρείται η ικανότητα της εφαρμογής των απαραίτητων υπολογιστικών διαδικασιών. Η αποτυχία σχετιζόταν με την ανικανότητα εφαρμογής των κανόνων του συστήματος αρίθμησης (Levin et al., 1993. Rourke & Conway, 1997).

Οι παρατηρήσεις των ερευνητών ήταν αξιοσημείωτες, επειδή θεώρησαν τη διαταραχή της υπολογιστικής ικανότητας ανεξάρτητη οντότητα από την αφασία. Επίσης, η αλεξία και η αγραφία αριθμών θεωρήθηκε ως ανεξάρτητη οντότητα και όχι παραλλαγή της αλεξίας και της

αγραφίας λέξεων. Την απέδωσαν μάλιστα σε εγκεφαλική κάκωση διαφορετική της αφασίας και τοποθέτησαν το κέντρο των αριθμητικών πράξεων στην αριστερή ινιακή χώρα (Levin et al., 1993) και έδωσαν έμφαση στους οπτικούς παράγοντες.

Το 1919 ο Henschen δίνει τον ορισμό της διαταραχής της μαθηματικής ικανότητας και χρησιμοποιεί τον όρο *acalculia* (αναριθμησία). Με τον όρο αυτόν περιγράφει την επίκτητη νοσολογική οντότητα που χαρακτηρίζεται από διαταραχή της νοερής και γραπτής υπολογιστικής ικανότητας (Levin et al., 1993). Συμπέρανε την ύπαρξη ενός εγκεφαλικού υποστρώματος για τις αριθμητικές πράξεις εγγύτατα του κέντρου του λόγου και της μουσικής αντίληψης (Rourke & Copway, 1997), αλλά διαφοροποιημένου ανατομικά. Οι μελέτες περιπτώσεως ασθενών προσδιόρισαν και άλλες περιοχές του εγκεφάλου, που μετά από βλάβη τους, υπευθυνοποιούνται για διαταραχές στην υπολογιστική ικανότητα. Ειδικότερα, όταν η περιοχή Wernicke στο επικρατούν ημισφαίριο καταστραφεί, τότε το άτομο χάνει την ικανότητα εκτέλεσης μαθηματικών πράξεων και την κατανόηση της σχέσης του με το χώρο.

Ο ρόλος του προμετωπιαίου φλοιού θεωρείται σημαντικός, επειδή εμπλέκεται στην επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων (Guyton, 1992), όπως επίσης και στην εκδήλωση διαταραχών. Η φύση των αριθμητικών διαταραχών σε ασθενείς με κακώσεις στους μετωπιαίους λοβούς είναι πολύ εξειδικευμένη. Στις περιπτώσεις αυτές η ρητή έννοια των αριθμών και οι στοιχειώδεις αριθμητικές λειτουργίες παραμένουν ανέπαφες, όταν δεν υφίστανται πολύ σοβαρά μετωπιαία σύνδρομα. Ωστόσο, εξαιτίας κάποιων μεροληπτικών διαταραχών και της διακοπής της κανονικής ροής του συστήματος των λεκτικών συνειρμών, το περιεχόμενο των προβλημάτων φαίνεται αρκετά ασθενές, με αποτέλεσμα η εκτέλεση των απαραίτητων αριθμητικών λειτουργιών να εμποδίζεται σοβαρά και να εκδηλώνεται ένα ξέσπασμα σωστών ενώσεων και μεμονωμένων αποσπασματικών υπολογισμών, αλλά εντελώς άσχετων με τους όρους του προβλήματος (Luria, 1980).

Οι ασθενείς με μετωπιαία σύνδρομα δείχνουν, επίσης, ιδιαίτερα φανερές αδυναμίες

(Guyton , 1992), όταν εκτελούν συνεχείς αριθμητικές λειτουργίες, ιδιαίτερα, όταν μετρούν αντίστροφα από το 100 ανά 7 μονάδες. Η ίδια δοκιμασία έχει μία περισσότερο πολύπλοκη εκδοχή, την αντίστροφη μέτρηση από το 100 ανά 13 μονάδες. Οι ασθενείς συχνά εκτελούν τη δοκιμασία μόνο μερικώς, άσχετα από την απλούστευση της λειτουργίας του μετρήματος, όταν αρχικά αφαιρούσαν τις 4 μονάδες και στη συνέχεια τις υπόλοιπες 3. Υπήρχαν επιμέμοντα λάθη στις στήλες των δεκάδων λέγοντας 96 αντί 86. Οι ασθενείς με σοβαρό μετωπιαίο σύνδρομο εγκαταλείπουν τη δοκιμασία χρησιμοποιώντας ένα αδρανές στερεότυπο αντίδρασης (π.χ. 93-83-73-63...). Φαίνεται πως αγνοούν την κυλινδρική δομή των πολυψήφιων αριθμών και αδυνατούν να την χρησιμοποιήσουν (Luria, 1980). Ανάλογη δυσκολία συναντούν και οι μαθητές οι οποίοι εμφανίζουν σύγχυση ακολουθίας (Chinn & Ashcroft, 1995), όπως επίσης και οι μαθητές που παρουσιάζουν σύγχυση κατεύθυνσης, όταν αυτή δεν τους επιτρέπει να θυμούνται από ποιο αριθμό δανείζονται (Chinn & Ashcroft, 1995).

Στο πρόβλημα της αντίστροφης μέτρησης ο ασθενής οφείλει να χρησιμοποιεί το αποτέλεσμα της πρώτης πράξης, ως βάση για την επόμενη και να συνεχίζει, έως ότου το υπόλοιπο είναι λιγότερο του 7. Μεταβιβάζει το αποτέλεσμα στη στήλη των δεκάδων, απομνημονεύει τα κατακτημένα αποτελέσματα και διατηρεί στη μνήμη του τις οδηγίες για αρκετό χρόνο. Οι αριθμητικές λειτουργίες μπορεί να διαταραχθούν αισθητά σε ασθενείς με γενικευμένες εγκεφαλικές διαταραχές, είναι δυνατό να είναι πολύπλοκες, κυμαινόμενες σε ένταση και να αναδεικνύονται ιδιαίτερα σε στιγμές εξάντλησης. Αποτελέσματα αναλυτικής μελέτης στις διαταραχές του μετρήματος σε τοπικές βλάβες του εγκεφάλου έχουν δημοσιευθεί από τον Tsvetkova το 1972 (Luria, 1973). Στις έρευνες του Hécaen η ανικανότητα εκτέλεσης αριθμητικών πράξεων βρέθηκε να σχετίζεται περισσότερο με αμφίπλευρες κακώσεις ή με κακώσεις του κυρίαρχου ημισφαιρίου στο οπίσθιο τμήμα του (Rourke & Conway, 1997).

Όπως επανειλημμένως σημειώθηκε, οι ασθενείς με κάκωση του μετωπιαίου λοβού δεν δείχνουν σημάδια βασικής διαταραχής στην αριθμητική ικανότητα. Σημαντικές διαταραχές

εμφανίζονται, όταν οι δοκιμασίες επεκτείνονται πέρα από τα όρια των απλών και συνηθισμένων αριθμητικών λειτουργιών και χρησιμοποιούν σειρές διαδοχής, από αμοιβαία εξαρτώμενα στοιχεία που αποτελούν μία πολύπλοκη διανοητική δραστηριότητα. Αυτοί οι ασθενείς εμφανίζουν δυσκολία κατά την διάρκεια των νοητικών αριθμητικών λειτουργιών που σχετίζονται με το υπόλοιπο των στηλών ανά δεκάδες, ειδικά σε λειτουργίες που απαρτίζονται από αρκετά στάδια (Luria, 1973, 1980).

Σε περιπτώσεις που η δοκιμασία απαιτεί μία σειρά ενεργειών, όπως στις (31- 17) και (12 + 9 -6) αναμένεται ο εξεταζόμενος αρχικά να αφαιρέσει από το 30 το 17 και στη συνέχεια να προσθέσει το ένα 1 στο υπόλοιπο. Στη δεύτερη περίπτωση έχει να προσθέσει το 12 με το 9 και να συνεχίσει στην επόμενη πράξη 21-6. Είναι σαφές πως οι βαθμιαία δομημένες αριθμητικές λειτουργίες απαιτούν την απομνημόνευση των αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει για τις επόμενες πράξεις. Η διαδοχική τακτοποίηση της διανοητικής δραστηριότητας αναστατώνεται εμφανώς σε ασθενείς με κάκωση στο μετωπιαίο λοβό και αντικαθίσταται από αποσπασματική λειτουργία. Ο ασθενής συχνά απλοποιεί την προσφερόμενη εργασία, εκτελώντας τμήματα του προβλήματος ή μόνο ένα μέρος από τις απαραίτητες λειτουργίες. Ανωμαλίες στο μέτρημα των αριθμών γίνονται ιδιαίτερα εμφανείς, όταν οι ασθενείς με αυτή τη διαταραχή λύνουν προβλήματα που περιλαμβάνουν ένα διαδοχικό σύστημα λειτουργιών (Luria, 1973, 1980). Η διαταραχή της υπολογιστικής ικανότητας είναι δυνατό να μην είναι μονόπλευρο φαινόμενο αλλά να προκύπτει από διαφορετικούς μηχανισμούς οι οποίοι εμπλέκονται. Πηγή της διαταραχής της υπολογιστικής ικανότητας μπορεί να είναι μία ή περισσότερες διεργασίες που αφορούν τους υπολογισμούς ή μία γενικευμένη διαταραχή από την οποία η αδυναμία υπολογισμού φαίνεται ότι προκύπτει ως δευτερογενές σύμπτωμα (Rourke & Conway, 1997).

Σύμφωνα με το Pribram (1971), τμήμα του προμετωπιαίου φλοιού στις μεσαίες και κογχιαίες επιφάνειες του μετωπιαίου λοβού θεωρείται ως ένα μετωπιαίο επιχείλιο (frontal-

limbic) σύστημα, για το οποίο ο Nauta (1971) υποστηρίζει ότι ο προμετωπιαίος φλοιός είναι ο φλοιώδης ρυθμιστής του και το συνδέει με άλλους ειδικούς σχηματισμούς. Αποτελεί ένδειξη, αφενός της μεγάλης εισροής των μη ειδικών και αρκετά ετερογενών πληροφοριών μέσα στο φλοιό των μετωπιαίων λοβών και αφετέρου την πιθανότητα ο μετωπιαίος φλοιός να επηρεάσει τους μη ειδικούς σχηματισμούς σε διαφορετικά στάδια (Luria, 1973).

Το δεύτερο σημαντικό ανατομικό γνώρισμα του προμετωπιαίου φλοιού είναι η ύπαρξη πολλών φλοιο-φλοιωδών και συνδετικών οδών που τον συνδέουν με άλλα μέρη του φλοιού στις πίσω περιοχές του εγκεφάλου και με τις αντίστοιχες μπροστινές ζώνες του αντίθετου ημισφαιρίου. Μέσα από αυτές τις οδούς ο προμετωπιαίος φλοιός δέχεται πληροφορίες που ανήκουν προφανώς σε όλες τις αισθητηριακές διεργασίες. Τελικά, στον προμετωπιαίο φλοιό του ανθρώπου υπάρχουν ειδικευμένες φλοιώδεις περιοχές για τον έλεγχο της ενεργοποίησης του συστήματος λόγου ή την ενεργοποίηση μη ειδικών εγκεφαλικών δομών και για την ειδική σχέση του συστήματος της ομιλίας με τις διαδικασίες αυτές. Η ηλεκτρική διέγερση των μπροστινών ζωνών, του φλοιού, προκαλεί μία τυπική εικόνα του αντανακλαστικού του προσανατολισμού και δείχνει την ύπαρξη φυγόκεντρων επιρροών που δημιουργούνται από τις μπροστινές ζώνες του φλοιού. Ο φλοιός των πίσω ζωνών έχει πολύ λίγες τέτοιες συνδέσεις. Στις εμπρόσθιες ζώνες του φλοιού η προμετωπιαία περιοχή παίζει σημαντικό ρόλο, επειδή λαμβάνει υπόψη τις φυγόκεντρες επιρροές με ειδικές διατάξεις. Όλα τα στοιχεία που αναφέρθηκαν δείχνουν υψηλή μορφολογική συνθετότητα των μετωπιαίων λοβών (Καραπέτσας, 1999a), των συνδέσεών τους καθώς και τη φυλογενετική ανάπτυξή τους (Luria, 1980).

Ασθενείς με εκτεταμένες κακώσεις παρουσιάζουν διαταραχές μνήμης και εύκολα σχηματίζουν έναν απλό τύπο αισθησιοκινητικής δομής αντιθετικής παραίσθησης. Αυτός εμφανίζεται μετά από εντολή να αγγίξουν δύο ίσες μπάλες. Η οδηγία είναι να αγγίξουν τη μεγαλύτερη πολλές φορές με το ένα χέρι και τη μικρότερη με το άλλο το χέρι. Αυτή η

αντιθετική παραίσθηση είναι το αποτέλεσμα ενός καθορισμένου συνόλου (fixed set) δραστηριοτήτων που χάνεται, αν κάποιο εμπλεκόμενο συναίσθημα έρθει να επενεργήσει στον ασθενή (Luria, 1973). Οι διαταραχές των ημι-χωρικών συνθέσεων είναι φανερό πως διαδραματίζουν κάποιο ρόλο στην εκδήλωση διαταραχών των μαθηματικών λειτουργιών.

Οι επίκτητες διαταραχές της μαθηματικής ικανότητας προσδιορίζονται με το γενικό όρο αναριθμησία ο οποίος έχει επικρατήσει μεταξύ των ερευνητών της επιστημονικής κοινότητας (Keller & Sutton, 1991) που έχουν νευροψυχολογική κατεύθυνση. Οι διάφορες μορφές της ταξινομούνται από τους ερευνητές σε ειδικούς τύπους.

1.3.2 ΟΙ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Η πρώτη αναφορά που περιγράφει βαθμό δυσκολίας, αλλά και βαθμίδα εξέλιξης της μαθηματικής ικανότητας προέρχεται από την αρχαία Αίγυπτο, όπου σε ένα διάλογο το μέτρο με τα δάκτυλα χαρακτηρίζεται ως δύσκολη γνώση (Ifrah, 1985). Πολύ αργότερα, στα μέσα του 19^{ου} αιώνα (Levin et al., 1993), σε πολλές αναφορές, η διαταραγμένη υπολογιστική ικανότητα θεωρήθηκε, ως ένδειξη αφασίας και αυτή η άποψη γενικεύτηκε στις επικλήσεις των σχέσεων ανάμεσα στην αναπτυξιακή δυσαριθμησία και δυσλεξία (Rourke & Conway, 1997). Η αντίληψη αυτή θεώρησε την αριθμητική ικανότητα ως επίκτητη δεξιότητα που βασίζεται σε αντίστοιχες γλωσσικές και η αποδοχή της αναμφίβολα εμπόδισε την πρόοδο της έρευνας των αριθμητικών διαταραχών (Keller & Sutton, 1991) για σημαντικό χρονικό διάστημα.

Οι μελέτες του Broca το 1861 για την αφασία ανοίγουν το δρόμο για την ανάπτυξη της νευροψυχολογίας (Καραπέτσας, 1988) και την προσέγγιση των διαταραχών της μάθησης από νευρολογική άποψη. Ο Broca έδειξε πως βλάβη στην τρίτη μετωπιαία συσπείρωση του αριστερού ημισφαιρίου οδηγούσε στην κατάργηση του λόγου (Καραπέτσας, 1988. Rourke & Conway, 1997). Οι παρατηρήσεις στη συμπεριφορά ενηλίκων με εγκεφαλικές κακώσεις βοήθησαν τις προσπάθειες ερμηνείας της συμπεριφοράς των παιδιών με διαταραχές στη μάθηση, έστω και αν δεν υπάρχει πλήρης αντιστοιχία. Λίγο αργότερα, ο καθηγητής Berlin το 1887 (Μπάρδης, 1995. Πόρποδας, 1997) χρησιμοποίησε για πρώτη φορά τον όρο δυσλεξία (dyslexia) για τη διαταραχή που σχετίζεται με την αναγνωστική δεξιότητα. Για την περιγραφή των διαταραχών μάθησης χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι ορισμοί όπως: λεξική τύφλωση (word blindness), αναπτυξιακή αλεξία (developmental alexia), ελάχιστη εγκεφαλική δυσλειτουργία (minimal brain dysfunction), αναπτυξιακή αφασία (developmental aphasia), δυσγραφία (dysgrafia), δυσλεξία (dyslexia) και δυσαριθμησία (dyscalculia) (Καραπέτσας, 1999a). Η

εγκεφαλική κάκωση θεωρήθηκε αιτία των διαταραχών της μάθησης και μελετήθηκε από πολλούς συγγραφείς και υιοθετήθηκε ως όρος (Nelson, 1968. Stewart, 1983).

Για πολλά χρόνια οι συζητήσεις για τις μαθησιακές δυσκολίες (Rourke & Conway, 1997). ήταν κυρίως περιορισμένες σε απρόβλεπτες αναπτυξιακές δυσκολίες που εμφανίζονταν σε λειτουργίες της ανάγνωσης και της προφοράς. Μολονότι οι διαταραχές της υπολογιστικής ικανότητας έχουν μια μακρά ιστορία στη βιβλιογραφία της Νευρολογίας (Levin et al, 1993. Rourke & Conway, 1977) ως τις αρχές του αιώνα, το έργο που έγινε στο χώρο αφορούσε κυρίως την αναριθμησία (acalculia), ως επίκτητη διαταραχή (Gaddes & Edgell, 1991) και ως αποτέλεσμα εγκεφαλικής βλάβης. Η μελέτη της δυσαριθμίας, ως μια αναπτυξιακή διαταραχή και ειδικότερα ως έναν επιμέρους τύπο μαθησιακών δυσκολιών, έχει πιο πρόσφατη ιστορία. Παρά τη μεγάλη βιβλιογραφία για την ανάγνωση και τις άλλες διαταραχές, προκύπτει σχετικά μικρής έκτασης έρευνα στις διαταραχές της αριθμητικής (Hallahan, Kauffman & Lloyd, 1985. Keller & Sutton, 1991. Kosc, 1974. Rourke & Strang, 1978).

Η περιορισμένης έκτασης μελέτη του φαινομένου των μαθησιακών δυσκολιών των μαθηματικών οφείλεται, αφενός στην αντίληψη που επικρατούσε πως τα μαθηματικά στηρίζονται στη γλώσσα και η μαθηματική δεξιότητα είναι επίκτητη (Rourke & Conway, 1977) και αφετέρου στην κοινωνική αποδοχή που επιδεικνύεται για τις μαθησιακές δυσκολίες των μαθηματικών (Cohn, 1968) σε σχέση με άλλες μαθησιακές δυσκολίες.

Από τον Kirk καθιερώνεται το 1963 όρος μαθησιακές δυσκολίες (learning disabilities) και αφορά στις διαταραχές μάθησης που εμφανίζονται σε παιδιά, εφήβους και ενήλικες. Οι προσπάθειες προσδιορισμού των αιτιολογικών παραγόντων των διαταραχών μάθησης ανιχνεύονται στις αρχές του 20ου αιώνα και διατυπώνονται με μορφή θεωριών για ύπαρξη: νευρο-αναπτυξιακών διαταραχών, οπτικο-αντιληπτικών διαταραχών, ακουστικο-αντιληπτικών διαταραχών, διαταραχών της προσοχής και της μνήμης. Η άποψη του ενός αιτιολογικού παράγοντα εγκαταλείφθηκε, με την ανακοίνωση των πορισμάτων των νευροψυχολογικών

ερευνών που στηρίζονται στις μεθόδους της διχωτικής ακοής και των οπτικών πεδίων (Kimura, 1967. Witelson, 1977, 1983).

Επικράτησε και χρησιμοποιείται σήμερα ο όρος «μαθησιακές δυσκολίες» (Gaddes & Edgell, 1993. Rourke, 1975. Schain, 1972) που έχει διατυπωθεί αρκετές φορές και με διαφορετικό περιεχόμενο εξαιτίας της πολυπλοκότητας του θέματος και των διαφωνιών που αναφύονται ως προς το περιεχόμενό του. Στα εγχειρίδια ταξινόμησης των νοσολογικών οντοτήτων: D S M – IV (A.P.A., 1994) και I C D-10 (W.H.O., 1994) χρησιμοποιείται ο όρος «διαταραχές» (disorders) αντί του όρου «δυσκολίες» (disabilities) και διατυπώνεται αντίστοιχος ορισμός για κάθε ακαδημαϊκή περιοχή. Η «American Psychiatric Association» στο «Diagnostic Criteria From D S M – IV», ορίζει πως έχουμε «Διαταραχή των μαθηματικών» όταν: «Α. Η μαθηματική ικανότητα, μετρούμενη με ατομικά χορηγούμενες σταθμισμένες δοκιμασίες, είναι σημαντικά κάτω από το αναμενόμενο, δεδομένων της χρονολογικής ηλικίας του ατόμου, της νοημοσύνης που μετρήθηκε και της εκπαίδευσης που αντιστοιχεί στην ηλικία. Β. Η διαταραχή στο Κριτήριο Α. παρεμποδίζει σημαντικά τη σχολική επίδοση ή δραστηριότητες της καθημερινής ζωής που απαιτούν μαθηματική ικανότητα. Γ. Αν υπάρχει αισθητηριακό ελάττωμα οι δυσκολίες στη μαθηματική ικανότητα είναι μεγαλύτερες από αυτές που συνήθως το συνοδεύουν» (A.P.A., 1994 / Κωδικοποίηση 315.1). Κατά ανάλογο τρόπο ορίζονται οι μαθησιακές δυσκολίες και άλλων ακαδημαϊκών περιοχών.

Η World Health Organization (1994) στο εγχειρίδιο ICD-10 έχει ταξινομήσει τις μαθησιακές δυσκολίες κατά αντίστοιχο τρόπο με την Α.Ρ.Α. Από τον ορισμό προκύπτει: « Η ειδική διαταραχή των μαθηματικών ικανοτήτων περιλαμβάνει τη σαφή βλάβη των αριθμητικών ικανοτήτων, η οποία δεν ερμηνεύεται μεμονωμένα στη βάση της νοητικής υστέρησης ή της σχολικής ανεπάρκειας. Το έλλειμμα εμπλέκει τον έλεγχο των βασικών υπολογιστικών ικανοτήτων της πρόσθεσης, αφαίρεσης, πολλαπλασιασμού και διαίρεσης σε αντίθεση με τις περισσότερο θεωρητικές μαθηματικές ικανότητες που περιλαμβάνονται στην

άλγεβρα, τριγωνομετρία, γεωμετρία ή μαθηματική ανάλυση» (F 81.2). Αναγνωρίζεται, επίσης η ύπαρξη αναπτυξιακής αναριθμησίας (developmental acalculia), αναπτυξιακής αριθμητικής διαταραχής (developmental arithmetical disorder) και το αναπτυξιακό σύνδρομο του Gerstmann (developmental Gerstmann's syndrome). Συχνά οι όροι «μαθησιακή δυσκολία» και «ειδική μαθησιακή διαταραχή» χρησιμοποιούνται αδιαφοροποίητα, επειδή με τη διατύπωση αυτή εξυπηρετούνται κοινωνικές απαιτήσεις.

Οι όροι οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν παλαιότερα για να περιγράψουν τις μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά ήταν πολλοί και σε κάποιες περιπτώσεις είχαν αντιφατικό και λανθασμένο περιεχόμενο (Sharma, 1986). Οι διαφορετικοί όροι που είδαν το φως της δημοσιότητας είτε ειδικοί είτε γενικοί απηχούσαν τις διαφορετικές προσεγγίσεις των διαταραχών και την έλλειψη ενός κοινού πλαισίου ερμηνείας τους. Ειδικότερα, 38 όροι (Clements, 1966) έχουν επισημανθεί να αναφέρονται στη μειωμένη εγκεφαλική δυσλειτουργία. Οι όροι οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς είναι: μαθησιακές δυσκολίες των μαθηματικών, αριθμητικές διαταραχές, μαθηματικές δυσκολίες, ειδικές μαθηματικές δυσκολίες κ.ά. Αυτοί οι όροι ουσιαστικά λειτουργούν ως ομπρέλα για να καλύψουν μια ποικιλία διαταραχών για το περιεχόμενο και τα συμπτώματα των οποίων δεν υπάρχει πλήρης σύμπτωση απόψεων. Η αποδοχή των όρων αναριθμησία (acalculia) και δυσαριθμησία (dyscalculia) διευκόλυνε αρκετά τη μελέτη των διαταραχών της μαθηματικής ικανότητας και περιόρισε τον κίνδυνο σύγχυσης.

Ειδικότερα οι μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά εκδηλώνονται με ποικίλα συμπτώματα (Chinn & Ashcroft, 1995): *Σύγχυση κατεύθυνσης*: Τα παιδιά γράφουν τους αριθμούς αντίστροφα: ε αντί για 3, δείχνουν ανακολουθία στα «σημεία έναρξης», δε θυμούνται από ποιο αριθμό «δανείζονται», πώς κινούνται στις μεγάλες διαιρέσεις και πού γράφεται η απάντηση, το τελευταίο φαινόμενο χαρακτηρίζει και ενήλικες. *Σύγχυση ακολουθίας*: Δυσκολεύονται στη μέτρηση με αντιστοιχία ένα προς ένα, δυσκολεύονται στην

αντίστροφη μέτρηση, γράφουν αντίστροφα τους αριθμούς 18 αντί 81 ή 26 ως 61 (Sharma, 1986), δυσκολεύονται να θυμηθούν τα διαδοχικά βήματα στις μεγάλες διαιρέσεις, αδυνατούν να εντοπίσουν μία ακολουθία π.χ. 40, 41, 42, 43. *Οπτικές αντιληπτικές δυσκολίες* (Καραπέτσας, 1999a) : Σύγχυση συμβόλων (Hornsby, 1995) + αντί x, συνήθως στα χειρόγραφα, 6 αντί 9, 3 αντί 5 και 4 αντί 7. *Αδυναμία αίσθησης του χώρου* (Καραπέτσας, 1999a) : Η απώλεια της αίσθησης του χώρου αποκαλύπτεται, όταν ο μαθητής χάνει τη θέση του στη σελίδα και στον πίνακα και επιπλέον αδυνατεί να συσχετίσει τα δισδιάστατα σχέδια με το τρισδιάστατο σώμα που αντιπροσωπεύουν. Παρατηρείται πως πολλά παιδιά ονομάζουν τα στερεά σώματα με το όνομα αντίστοιχων επιπέδων σχημάτων. *Διαταραχή της βραχυπρόθεσμης μνήμης*: Προκαλούνται δυσκολίες στην επεξεργασία των αριθμών, αδυναμία εκτέλεσης βασικών πράξεων, εμπόδια στην έναρξη επίλυσης προβλημάτων, αδυναμία αξιοποίησης των βασικών οδηγιών, αδυναμία συντήρησης οπτικών και ακουστικών πληροφοριών. *Διαταραχή της μακροπρόθεσμης μνήμης*: Προκαλείται αναχαίτιση ικανοτήτων στο χώρο των μαθηματικών και αδυναμία στη χρήση στρατηγικών και αλγορίθμων. Οι μορφές των μαθησιακών δυσκολιών που αφορούν τα μαθηματικά και έχουν σαφές εννοιολογικό περιεχόμενο για το σύνολο σχεδόν της επιστημονικής κοινότητας είναι δύο η αναριθμησία και η δυσαριθμησία. Υπάρχει, επίσης, και ένα ειδικό σύνδρομο για κάθε μία από αυτές τις μορφές. Αυτοί οι γενικοί όροι χρησιμοποιούνται κυρίως από όσους έχουν νευροψυχολογική προοπτική (Keller & Sutton, 1991).

1.3.3 ΑΝΑΡΙΘΜΗΣΙΑ

Ο όρος αναριθμησία καθιερώνεται από τον Henschen το 1919 (Levin et al., 1993) για να περιγράψει διαταραχές της υπολογιστικής ικανότητας που συνδέονται με βλάβες στον εγκέφαλο, επομένως αναφέρεται σε επίκτητη διαταραχή της μαθηματικής ικανότητας. Η αναριθμησία ορίστηκε (Novick & Arnold, 1988 p. 132) ως «επίκτητη αριθμητική διαταραχή, που είναι αποτέλεσμα εγκεφαλικής βλάβης, ενώ είχαν αποκτηθεί οι αριθμητικές ικανότητες». Στην Ελλάδα αρχικά χρησιμοποιήθηκε ο όρος αριθμασθένεια (Καλαντζής, 1985) που αργότερα αντικαταστάθηκε από τον όρο αναριθμησία. Παρόμοια περιγραφή της διαταραχής διατυπώνουν και οι Gaddes (1985) και Kosci (1974). Οι διαφοροποιήσεις που εμφανίζονται σε άλλους ορισμούς προσδιορίζουν τον επίκτητο χαρακτήρα της, αλλά την ονομάζουν δυσαριθμησία (Sharma & Loveless, 1986) ή αποτέλεσμα χειρουργικών επεμβάσεων (Benton, 1987). Στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε αρχικά ο όρος αριθμασθένεια (Καλαντζής, 1985) που αντικαταστάθηκε από τον όρο αναριθμησία. Το πρόβλημα της σχέσης εγκεφάλου και υπολογιστικής ικανότητας τέθηκε από τους Gall και Spurzheim το 1808 (Levin et al., 1993), που μελέτησαν παιδιά θαύματα, μαθηματικούς, αρρώστους με άνοια και νοητική υστέρηση. Με τον όρο αναριθμησία υποδηλώνεται η αδυναμία του ατόμου να εκτελέσει μαθηματικούς υπολογισμούς (Keller & Sutton, 1991) που οφείλεται στην απώλεια της ικανότητας για εσωτερικό χειρισμό μαθηματικών εννοιών (Gaddes, 1985. Kosci, 1974).

Οι μελετητές των αφασιών στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα διαπίστωσαν πως οι ασθενείς τους υπέφεραν από διαταραγμένη ικανότητα εκτέλεσης αριθμητικών πράξεων. Η λεπτομερής αναφορά για τις διαταραχές στον υπολογισμό από τους Lewandowsky και Stadelmann και η πρότασή τους (Levin et al., 1993) πως η διαταραχή των υπολογισμών είναι ξεχωριστή νοσολογική οντότητα από την αφασία, δίνει ώθηση στη μελέτη των διαταραχών της

μαθηματικής ικανότητας. Η αντίληψη που επικρατούσε πως η αγραφία και η αλεξία αριθμών ήταν παραλλαγή της αγραφίας και της αλεξίας των γλωσσικών ικανοτήτων υποχωρεί και επισημαίνεται πως η διαταραχή της αρίθμησης και των υπολογισμών οφείλεται σε ειδική εγκεφαλική κάκωση (Levin et al., 1993. Rourke & Conway, 1997).

Η αναριθμησία του Henschen αναγνωρίστηκε από άλλες διαταραχές που αφορούν την ανάγνωση και τη γραφή των αριθμών και τα δεδομένα προέκυψαν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που αφορούσαν 305 ασθενείς και 67 ασθενείς δικούς του. Διαπίστωσε πως ασθενείς μη-αφασικοί ή μέτρια αφασικοί είχαν ως κυρίαρχη διαταραχή αυτή της μαθηματικής ικανότητας. Πρότεινε την ύπαρξη υποστρώματος υπεύθυνου για τις αριθμητικές πράξεις και εγγύτατου στην οργάνωση του λόγου (Levin et al., 1993).

Η αναριθμησία διακρίνεται σε πρωτογενή και σε δευτερογενή. Η πρωτογενής φαίνεται να ταυτίζεται με την αναριθμησία που περιγράφεται με τους όρους αναριθμία ή αληθής αναριθμησία (Benton, 1987. Gaddes, 1985. Spiers, 1987). Εμφανίζεται με ελλείψεις στις βασικές μαθηματικές λειτουργίες και στην κατανόηση της έννοιας των αριθμών, αν και διατηρείται η οπτική ικανότητα της χωρικής / διαστηματικής αντίληψης (Novick & Arnold 1988). Η δευτερογενής εμφανίζεται με δύο διαφορετικούς τύπους. Ο πρώτος τύπος αφορά στην αναριθμησία με αλεξία ή και αγραφία αριθμών, δηλαδή την αφασική αναριθμησία. Εκδηλώνεται με διαταραχές στην προφορική και γραπτή παραγωγή αριθμών καθώς και στην κατανόησή τους, ενώ διατηρούνται οι υπολογιστικές ικανότητες (Benton, 1987. Novick & Arnold, 1988). Ο δεύτερος τύπος αφορά στην οπτική, διαστηματική / χωρική αντίληψη και εκδηλώνεται με περιορισμένες ικανότητες στη μαθηματική λειτουργία που αφορά στην ανάγνωση και γραφή των αριθμών και στην κατανόηση της χωρικής αξίας τους (Keller & Sutton, 1991).

Ο Berger (Levin et al., 1993) πρότεινε τη διάκριση της αναριθμησίας σε πρωτογενή και δευτερογενή. Σύμφωνα με την ταξινόμηση του Berger, η πρωτογενής αναριθμησία αποδίδεται

στις διαταραχές του πίσω αριστερού ημισφαιρίου που δεν εισβάλλει απαραίτητα στη γωνιαία έλικα, ενώ η δευτερογενής αναριθμησία προέρχεται από διάφορες κεντρικές διαταραχές ή από γενικευμένη βλάβη (Benton, 1987). Βάση των απόψεών του υπήρξε η παρατήρηση πως η βραχυπρόθεσμη μνήμη και η ικανότητα της εστιασμένης μνήμης είναι προϋποθέσεις απαραίτητες για την επίλυση αριθμητικών προβλημάτων. Τα βασικά νευροψυχολογικά χαρακτηριστικά των ασθενών στην πρωτογενή αναριθμησία ήταν ήπια και δεν μπορούσαν να συμβάλλουν σε μια πιο γενικευμένη διαταραχή, αν και μπορούσαν να συμβάλλουν σε άλλες ανεπάρκειες που δεν ήταν επίσης αρκετά σοβαρές. Υπήρχαν βέβαια δυσκολίες στην εξεύρεση λέξεων, παραφασικά σφάλματα και διακοπή της ικανότητας συλλογισμού σε συνδυασμό και με άλλες ανεπάρκειες. Ο τύπος της δευτερογενούς αναριθμησίας αποτελεί μια γενικευμένη διαταραχή της μνήμης, της έκφρασης, της γλώσσας και της νόησης. Είναι συνηθισμένος τύπος αναριθμησίας σε εκτεταμένες εγκεφαλικές βλάβες (Keller & Sutton, 1991. Levin et al., 1993. Rourke & Conway, 1997).

Ο Hécaen (1962, 1976) πρότεινε την ταξινόμηση των επίκτητων μορφών της διαταραχής της αρίθμησης με βάση τους μηχανισμούς που υπευθυνοποιούνται για την εκδήλωσή τους. Η ταξινόμησή του περιέχει τους ακόλουθους τύπους: αναριθμησία με αλεξία και αγραφία αριθμών, διαταραγμένη χωρική οργάνωση των αριθμών, διαταραχή της αρίθμησης. Η αναριθμησία που συνδέεται με αλεξία και αγραφία αριθμών ενδέχεται να συνοδεύεται και από άλλες μειονεξίες και διαταραχές. Η διαταραγμένη χωρική οργάνωση των αριθμών εμφανίζεται και με μορφή αντίστροφης τοποθέτησης των ψηφίων και διαταραχή στη διατήρηση της δεκαδικής θέσης των ψηφίων. Η διαταραχή αυτής της μορφής θεωρήθηκε (Hécaen, Angelergues & Houillier, 1961) ως αναριθμησία χωρικού τύπου. Ειδικότερα, παρατηρείται αδυναμία στην επίλυση προβλημάτων εξαιτίας της λανθασμένης θέσης των ψηφίων στο χώρο. Η διαταραχή της αρίθμησης αναφέρεται περισσότερο στην πρωτογενή αναριθμησία που ορίστηκε από τον Berger. Αυτή η αναριθμησία, ενώ δεν προσδιορίζει μία μεμονωμένη βλάβη,

αποκλείει άλλες γνωστές αιτίες αναριθμησίας. Υπάρχει, επιπλέον, μια ειδική αναριθμησία που συμβάλλει στο περίπλοκο πρόβλημα της άνοιας και σε αναπτυξιακή διαταραχή της αρίθμησης. Υπάρχουν, επίσης, περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν είναι δυνατή η ένταξη των διαταραχών σε έναν από τους τύπους που προαναφέρθηκαν (Levin et al., 1993. Rourke & Conway, 1997).

Η αναριθμησία η οποία προέρχεται από αγραφία και αλεξία αριθμών ονομάζεται και αφασική αναριθμησία. Η επιστημονική ομάδα του Hécaen (Hécaen et al., 1961) βρήκε πως η αφασική διαταραχή δεν είναι ούτε αναγκαία ούτε ικανή συνθήκη για την εμφάνιση της αναριθμησίας. Η σχέση ανάμεσα στην διαταραγμένη ανάγνωση και στην αλεξία για αριθμούς ερευνήθηκε συστηματικά από το Henschen που εντόπισε διαφοροποιήσεις σε ποσοστό μεγαλύτερο από το 50% των περιπτώσεων. Η διαφοροποίηση αυτή επιβεβαιώνεται και από άλλη επιστημονική ομάδα (Hécaen et al., 1961) του και με μεγαλύτερη συχνότητα αλεξίας των αριθμών από ότι στο υλικό του Henschen. Δεν υπάρχει, σαφής, εξήγηση για την ανομοιότητα μεταξύ των ευρημάτων. Οι βασικές νευροψυχολογικές συνιστώσες της αλεξίας των αριθμών που εντοπίστηκαν (Hécaen et al., 1961) ήταν αφασία σε ποσοστό 84% των ασθενών, λεκτική αλεξία σε ποσοστό 79% των ασθενών, ιδεοκινητική απραξία σε ποσοστό 36,5% των ασθενών, οπτικο-κατασκευαστική μειονεξία σε ποσοστό 68% και σε γενική σωματοαγνωσία σε ποσοστό 26%. Η τελευταία διαταραχή αφορά στην εκτίμηση του σώματος. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η αφασία δεν περιορίστηκε στον αλεξικό τύπο της αναριθμησίας. Ο Hécaen (1961) και οι συνεργάτες του χαρακτήρισαν την αφασική διαταραχή που συνδέεται με την αλεξία των αριθμών, ως γενική διαταραχή της λεκτικής λειτουργίας. Άλλοι ερευνητές εστίασαν την προσοχή τους στις αντιληπτικές διαταραχές των ασθενών. Η κλινική συσχέτιση θεμελίωσε την άποψη πως μια κάκωση του αριστερού ημισφαιρίου ή μια αμφίπλευρη εγκεφαλική βλάβη μπορεί να είναι υπεύθυνη για την αλεξία των αριθμών και την αγραφία. Έχει περιγραφεί η περίπτωση ασθενούς με βρεγματική βλάβη στο αριστερό ημισφαίριο ο οποίος για το γραπτό πρόβλημα «4+5» απάντησε: προφορικά, οκτώ, γραπτά 5 και όταν

κλήθηκε να επιλέξει απάντηση ανάμεσα από μια σειρά από απαντήσεις επέλεξε τη σωστή (Levin et al., 1993).

Σε ένα αριθμό μελετών εξετάζονται ικανότητες ή δυσλειτουργίες ως προς μια λειτουργία του τύπου της αφασίας και των απαιτήσεων κάθε έργου. Οι αφασικοί τύπου Wernicke ή Broca εξετάστηκαν ως προς την ικανότητα να μετατρέπουν αριθμούς γραμμένους ως λέξη και αριθμούς γραμμένους με ψηφία. Οι αφασικοί τύπου Broca είναι δυνατό να εμφανίσουν λάθη γραμματικά, ενώ του τύπου Wernicke λάθη εννοιολογικά ή σχετιζόμενα με τη λαθεμένη τοποθέτηση αριθμών (Levin et al., 1993).

Η αναριθμησία χωρικού τύπου περιλαμβάνει εσφαλμένη τακτοποίηση αριθμών ή εσφαλμένη εμφάνιση των προϊόντων του πολλαπλασιασμού. Οι περισσότεροι από τους ασθενείς παρουσίασαν οπτικο-κατασκευαστικές διαταραχές που συνοδεύονταν από σύγχυση κατεύθυνσης, διαταραχές στην κίνηση των οφθαλμών και χωρική αγνωσία. Αυτές οι συσχετίσεις ενισχύθηκαν από μελέτες που εντόπισαν λάθη στον πολλαπλασιασμό, ως αποτέλεσμα της δυσκολίας στην οριζόντια τοποθέτηση, σε κάθετη παράταξη και σε μεταφορά αριθμών ανεξάρτητα από την ικανότητα της γνώσης των αρχών του πολλαπλασιασμού (Levin et al., 1993).

Η ομάδα του Hécaen (Hécaen et al., 1961) έκανε μια λεπτομερή ανάλυση λαθών και πρότειναν μια τριμερή οργάνωση βασισμένοι στους ήδη γνωστούς νευροψυχολογικούς μηχανισμούς που χαρακτηρίζουν κάθε τύπο (Rourke & Conway, 1997). Η δουλειά του Hécaen (Hécaen et al., 1961) χρησιμεύει ως παράδειγμα της σύγχρονης νευρολογικής προσέγγισης κατά την οποία η υπολογιστική ικανότητα αναλύεται στις επιμέρους διαδικασίες της και οι ειδικοί τύποι αναριθμησίας σχετίζονται με τη φύση των λαθών που κάνουν οι ασθενείς. Έγινε μια προσπάθεια συστηματικής αλληλοσυσχέτισης των διάφορων τύπων αναριθμησίας σε συγκεκριμένες εγκεφαλικές περιοχές. Η ταξινόμηση των μορφών της αναριθμησίας σε τρεις τύπους που παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο συνεχίζει να έχει μια ισχυρή επίδραση

στη μελέτη των διαταραχών αρίθμησης και πολλοί ερευνητές χρησιμοποιούν ακόμη αυτό το σχήμα με πολύ μικρή τροποποίηση :

Πρώτος τύπος. Αναριθμησία που προέρχεται από αλεξία και αγραφία αριθμών κατά την οποία ο ασθενής είναι ανίκανος να διαβάσει ή να γράψει αριθμούς που απαιτούνται για πετυχημένους υπολογισμούς. Αν και αυτή η μορφή της αναριθμησίας αναφέρεται ως «αφασική αναριθμησία» δεν περιορίζεται μόνο σε αφασικούς ασθενείς. Επίσης, μπορεί να υπάρχει ανεξάρτητα από την ανικανότητα να διαβάσει κάποιος ή να γράψει γλωσσικό υλικό και σχετίστηκε κυρίως με τις οπίσθιες εγκεφαλικές κακώσεις του αριστερού ημισφαιρίου.

Δεύτερος τύπος. Αναριθμησία χωρικής οργάνωσης των αριθμών. Εκδηλώνεται με διαταραχή της οργάνωσης των αριθμών σε στήλες, με αντιστροφές (6 αντί για 9) και με ανατροπές (12 αντί 21). Αυτός ο τύπος αναριθμησίας πιστεύεται ότι παράγεται από βλάβη ή δυσλειτουργία του οπίσθιου δεξιού ημισφαιρίου. Ο Hécaen και οι συνεργάτες του (1961) βρήκαν αυτόν τον τύπο αναριθμησίας να εντοπίζεται 12 φορές πιο συχνά σε κακώσεις του δεξιού έναντι του αριστερού ημισφαιρίου.

Τρίτος τύπος. Αφορά στην καθεαυτή διαταραχή της υπολογιστικής ικανότητας. Αυτή σύμφωνα με την κατάταξη διχοτομίας του Berger το 1926 (Levin et al., 1993) αντιστοιχεί στην πρωτογενή αναριθμησία. Αναφέρεται στην ανικανότητα εκτέλεσης αριθμητικών πράξεων παρά τις ανέπαφες οπτικο / χωρικές δεξιότητες και τη διατήρηση της ικανότητας γραφής και ανάγνωσης αριθμών. Η αναριθμία (anarithmetria) βρέθηκε να σχετίζεται περισσότερο με κακώσεις αμφίπλευρες ή εντοπισμένες στο οπίσθιο τμήμα του αριστερού ημισφαιρίου. Ωστόσο, ένα 20% περίπου αυτών των ασθενών είχαν κακώσεις του δεξιού ημισφαιρίου, ένα εύρημα που δίνει έμφαση στη δυσκολία της απόπειρας για αυστηρό εντοπισμό του κέντρου της υπολογιστικής ικανότητας χωρίς ταυτόχρονη αναφορά στον υπάρχοντα φαινότυπο.

Η έρευνα του Hécaen (1961) και των συνεργατών του είχε μεγάλη σημασία για τη μελέτη των σχέσεων εγκεφάλου συμπεριφοράς, ως προς την υπολογιστική ικανότητα. Το

σύστημα ταξινόμησής τους και οι κλινικο-παθολογικές συσχετίσεις οδήγησαν σε πολλές προτάσεις ελέγχου που στάθηκαν η βάση μελετών για τη σχέση μεταξύ αναριθμησίας και άλλων νευρολογικών και νευροψυχολογικών διαταραχών. Επιπλέον πολλές από τις βασικές συλλήψεις των Henschen, Berger και Hécaen έδειξαν σημαντικά στοιχεία στην αναγνώριση και ταξινόμηση των αναπτυξιακών υπολογιστικών διαταραχών. Για παράδειγμα έδειξαν ότι η διαταραγμένη αριθμητική επίδοση δεν είναι μονόπλευρο φαινόμενο αλλά μπορεί να προκύψει από τη διαταραχή αρκετά διαφορετικών μηχανισμών που εμπλέκονται (Levin et al., 1993. Rourke & Conway, 1997). Όλες αυτές οι ιδέες συνέβαλαν στη μελέτη των μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά είτε στο πλαίσιο των εμπειρικών δεδομένων είτε στο πλαίσιο της δημιουργίας αναλογιών. Αυτό το τελευταίο έχει μεγάλη σημασία για τα ευρήματα ερευνών που σχετίζονται με παιδιά.

1.3.4 ΤΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ GERSTMANN

Αυτό το πασίγνωστο σύνδρομο συνδέεται με δακτυλική αγνωσία, η οποία οφείλεται σε έλλειψη αισθητήριας αναγνώρισης, αποπροσανατολισμό του δεξιού-αριστερού, ανικανότητα εκτέλεσης αριθμητικών υπολογισμών, ως αποτέλεσμα εγκεφαλικής βλάβης, και κατακερματισμό της ικανότητας γραφής (Lezak, 1995. Rourke & Conway, 1997. Spreen et al., 1995). Ο Josef Gerstmann (Rourke & Conway, 1997) δημοσίευσε μια σειρά άρθρων που περιέγραφαν μια ομάδα τεσσάρων συμπτωμάτων / μειονεξιών που εμφανίζονταν μαζί ως σύνδρομο. Από τότε που προτάθηκε το σύμπτωμα κι έγινε η αρχική περιγραφή από τον Gerstmann το 1931, η συνύπαρξη και των τεσσάρων συμπτωμάτων αποδόθηκε σε εστιασμένη βλάβη ή ασθένεια στην περιοχή της γωνιώδους έλικας του κυρίαρχου ημισφαιρίου. Όσοι προσπάθησαν να αποδείξουν κλινικά την πρόταση του Gerstmann, διαπίστωσαν πως είναι σπάνιο σύμπτωμα και σε κάποιες περιπτώσεις, αν και υπήρχε η εγκεφαλική βλάβη δεν παρατηρήθηκαν τα συμπτώματα, που προσδιόρισε ο Gerstmann. Ειδικότερα σε μελέτη 23 ασθενών (Heimburger, DeMyer & Reitan, 1964) δε βρέθηκε πλήρης περίπτωση του συνδρόμου, όταν η βλάβη περιοριζόταν στη γωνιώδη έλικα και σε 3 από τις περιπτώσεις αυτές δεν υπήρχε εμπλοκή της γωνιώδους έλικας (Rourke & Conway, 1997). Επίσης, μερικοί ασθενείς με βλάβη στην αριστερή γωνιώδη έλικα δεν εμφάνισαν συμπτώματα του συνδρόμου. Αυτές οι κλινικο-ανατομικές μελέτες αποκαλύπτουν πως οι διαταραχές αυτές σχετίζονται περισσότερο μεταξύ τους από ότι με άλλες διαταραχές και ειδικότερα με ασθενή οπτική μνήμη, δυσλεξία και κατασκευαστική δυσπραξία (Benton, 1987). Προτάθηκε επίσης, πως το σύνδρομο Gerstmann είναι ένα τμήμα ενός ευρύτερου συνδρόμου της αριστερής γωνιώδους έλικας που περιλαμβάνει αλεξία, ήπια εύγλωττη αφασία και ήπια κατασκευαστική βλάβη.

Η κλινική εξέταση η οποία αφορά στη διάγνωση της δακτυλικής αγνωσίας και του

αποπροσανατολισμού του δεξιού-αριστερού είναι απλή. Η μέθοδος δακτυλικής αναγνώρισης η οποία παρέχεται στον ασθενή αφορά στην αρίθμηση των δακτύλων, από το ένα μέχρι το πέντε, αρχίζοντας με τον αντίχειρα. Ζητείται από τον εξεταζόμενο, αφού κλείσει τα μάτια να προσδιορίσει το δάκτυλο που άγγιξε ο εξεταστής, όπως επίσης και το χέρι στο οποίο ανήκει. Το κάθε δάκτυλο είναι συστηματικά καθορισμένο. Αν ο εξεταζόμενος δείξει σύγχυση στην αναγνώριση δακτύλων, ακολουθεί εξέταση με αντικείμενα τα οποία δείχνει με το αριστερό ή το δεξί χέρι. Ο προσδιορισμός της ακεραιότητας του κατευθυνόμενου προσανατολισμού επιτυγχάνεται με τον προσδιορισμό του αριστερού αυτιού με το δεξί χέρι. Οι υπόλοιπες διαταραχές εκτιμώνται με γραφή λέξεων και προτάσεων για να διαπιστωθεί η αγραφία και με χρήση απλών προβλημάτων και υπολογισμών για να διαπιστωθεί η διαταραχή της μαθηματικής ικανότητας (Sobota, Restum & Rivera, 1995). Ως προς τις διαταραχές των παιδιών, έχει αναγνωριστεί ένα παρόμοιο σύνδρομο το οποίο έχει ονομαστεί Αναπτυξιακό Σύνδρομο του Gerstmann (Benson & Geschwind, 1970).

1.3.5 ΔΥΣΑΡΙΘΜΗΣΙΑ

Το πρόβλημα μιας ειδικής μαθηματικής δυσκολίας, της δυσαριθμησίας χρειάζεται ιδιαίτερη αναφορά. Ο όρος υποδηλώνει τις αναπτυξιακές μαθησιακές δυσκολίες που συνδέονται με τα μαθηματικά. Η μικρή έρευνα που έχει γίνει δείχνει ότι υπάρχει σχετικά μικρός αριθμός παιδιών αυτής της κατηγορίας. Σε μία μελέτη με 1.200 παιδιά, ηλικίας 9-12 ετών, μόνο τα 18 βρέθηκαν να έχουν ειδικές μαθηματικές δυσκολίες. Ο Sutherland (1988) δηλώνει ότι σύμφωνα με τη μελέτη του λίγα μόνο παιδιά είχαν πρόβλημα μόνο με τους αριθμούς. Οι Miles και Miles (1992) πιστεύουν ότι οι μαθηματικές και γλωσσικές δυσκολίες είναι δυνατό να εμφανιστούν ταυτόχρονα.

Η δυσαριθμησία είναι αναπτυξιακή δυσχέρεια που σχετίζεται με την εκτέλεση αριθμητικών πράξεων. Ως προς την εκδήλωση της δυσαριθμησίας υπάρχουν τρεις βασικές υποθέσεις: των δυσλειτουργιών του δεξιού ημισφαιρίου, των δυσλειτουργιών των δύο ημισφαιρίων και των υποφλοιϊκών δυσλειτουργιών (Καραπέτσας, 1999b. Rourke & Conway, 1997). Τα μαθηματικά σχετίζονται με χωρικά στοιχεία, για το λόγο αυτό η ικανότητα ή η δυσλειτουργία σχετίζεται απόλυτα με τη λειτουργία του δεξιού ημισφαιρίου. Οι έρευνες έδειξαν πως τα παιδιά με μαθηματικές διαταραχές σημειώνουν χαμηλές επιδόσεις σε οπτικο-αντιληπτικές δοκιμασίες και σε οπτικο-χωρικές δραστηριότητες. Τα δεδομένα των πτωχών επιτεύξεων των οπτικο-χωρικών και οπτικο-αντιληπτικών δοκιμασιών σχετίζονται απόλυτα με τις δυσλειτουργίες του δεξιού ημισφαιρίου και προήλθαν από τη σύγκριση αποτελεσμάτων παιδιών με μαθησιακές δυσκολίες με παιδιά χωρίς μαθησιακές δυσκολίες (Rourke & Conway, 1997).

Άλλοι ερευνητές συντάσσονται με την άποψη πως βασικός αιτιολογικός παράγοντας για την εμφάνιση των μαθηματικών διαταραχών είναι οι δυσλειτουργίες που εμφανίζονται και στα

δύο ημισφαίρια. Οι μαθηματικές λειτουργίες είναι γνωστό πως απαιτούν την εμπλοκή και των δύο ημισφαιρίων, επειδή ενεργοποιούν μηχανισμούς που βρίσκονται και στα δύο ημισφαίρια. Αναλυτικότερα, από έρευνες έχει διαπιστωθεί πως το 84% των ασθενών με βλάβες κροταφικές-ινιακές του αριστερού ημισφαιρίου παρουσίασε αλεξία ή αγραφία αριθμών και το 89% των ασθενών με κροταφικές-ινιακές βλάβες του δεξιού ημισφαιρίου παρουσίασε χωρική αναριθμησία. Τα προβλήματα των μαθηματικών που έχουν χωρικά στοιχεία απαιτούν την ανάγνωση και γραφή αριθμών και την εμπλοκή και των δύο ημισφαιρίων. Τα παιδιά που εμφανίζουν διαταραχές ανάγνωσης και άρθρωσης, αποτελούν το δείγμα της δυσλειτουργίας και των δύο ημισφαιρίων για τους τύπους της δυσαριθμησίας, επειδή οι διαταραχές αυτές είναι υπευθυνότητας του αριστερού ημισφαιρίου (Rourke & Conway, 1997).

Στην τρίτη κατηγορία των δυσαριθμησιών εμπλέκεται η λειτουργία υποφλοιϊκών δομών. Τα δεδομένα προκύπτουν από τον ηλεκτρικό ερεθισμό του θαλάμου ο οποίος συμμετέχει στις μαθηματικές επιδόσεις. Τα ερεθίσματα σε αριστερές θαλαμικές περιοχές προκαλούν καλύτερες επιδόσεις στις δοκιμασίες προσανατολισμού και ταχύτερους αριθμητικούς υπολογισμούς. Τα ερεθίσματα στις δεξιές θαλαμικές περιοχές προκαλούν πολλά λάθη στους αριθμητικούς υπολογισμούς, μείωση στην ταχύτητα των υπολογισμών, δυσκολίες διάκρισης και κατανόησης. Φαίνεται πως ο θάλαμος παίζει σημαντικό ρόλο μαζί με τις άλλες δομές του εγκεφάλου στην εκδήλωση της μαθηματικής συμπεριφοράς (Rourke & Conway, 1997). Είναι δεδομένο πως η μαθηματική κατάκτηση και γνώση απαιτεί τη συμμετοχή πολλών νευροψυχολογικών μηχανισμών, γλωσσικών, γνωστικών, αντιληπτικών, μνημονικών κ.ά. Η δυσαριθμησία ως διαταραχή πρέπει να αποδοθεί στη δυσλειτουργία ενός ή και περισσότερων μηχανισμών.

Η αναπτυξιακή δυσαριθμησία παραμελήθηκε σχετικά, σε σύγκριση με την αναριθμησία των ενηλίκων ή τη δυσλεξία των παιδιών (Rourke & Conway, 1997). Αυτό είναι εμφανές, αν σκεφτεί κανείς ότι λείπουν ευρέως αποδεκτά κριτήρια για τον ορισμό της στην έρευνα ή για

την κλινική διάγνωσή της. Ο Kosci (1974) παρουσίασε μια από τις πιο εκτενείς προτάσεις γύρω από το πρόβλημα με έμφαση στους κληρονομικούς ή εκ γενετής παράγοντες που μπορούν να υπονομεύσουν την ακεραιότητα του νευρολογικού υπόβαθρου της υπολογιστικής ικανότητας. Βασισμένος σε αποδείξεις από έναν αριθμό νευρολογικών, νευροψυχολογικών και γενετικών μελετών, ο Kosci (1974) υποστήριξε ότι η αναπτυξιακή δυσαριθμησία είναι μια αντανάκλαση εγκεφαλικής δυσλειτουργίας και την όρισε ως εξής :

«Η αναπτυξιακή δυσαριθμησία είναι μια δομική διαταραχή των μαθηματικών ικανοτήτων που έχει την προέλευσή της σε γενετική ή εκ γενετής διαταραχή εκείνων των μερών του εγκεφάλου που είναι το άμεσο ανατομικο-φυσιολογικό υπόβαθρο της ωρίμανσης της μαθηματικής ικανότητας προσαρμοσμένη ανά ηλικία, χωρίς μια ταυτόχρονη διαταραχή των γενικών νοητικών λειτουργιών» (Kosci, 1974, p. 47). Ως προς το περιεχόμενό της έχουν διατυπωθεί διάφοροι ορισμοί που ελάχιστα διαφέρουν μεταξύ τους. Οι Novick & Arnold (1988, p. 132) ορίζουν την δυσαριθμησία «ως εξελικτική διαταραχή, που αφορά στην αποτυχία στην αριθμητική σύνθεση». Η δυσαριθμησία είναι διαταραχή που αναφέρεται στην παιδική ηλικία και εκδηλώνεται με δυσκολίες κατανόησης αριθμών, μέτρησης, υπολογισμού και επίλυσης λεκτικών προβλημάτων (Novick & Arnold, 1988).

Ο ορισμός του Kosci επικεντρώνεται σε τρία βασικά σημεία :

Εμπεριέχει μια ειδική διαταραχή των μαθηματικών ικανοτήτων, μέσα στα πλαίσια των γενικών νοητικών ικανοτήτων. Αυτό είναι το ίδιο σημείο που τονίζουν άλλοι συγγραφείς οι οποίοι επιχειρούν να ορίσουν τον όρο «μαθησιακή δυσκολία» και να τον διαχωρίσουν από τους ορισμούς της νοητικής υστέρησης ή άλλων νοητικών διαταραχών. Ορίζεται και αναγνωρίζεται σύμφωνα με τη σχέση της μαθηματικής ικανότητας του παιδιού και της αναμενόμενης για την ηλικία του. Μόνο με μια κατάλληλη ανάλυση των χαρακτηριστικών υπεροχής αλλά και υστέρησης του παιδιού μπορεί να διακριθεί μια σημαντική από μία «παθολογική» διαταραχή. Διακρίνεται από άλλες μορφές επίκτητης αναριθμησίας που

εμφανίζονται στην ενήλικη ζωή. Ο όρος «αναπτυξιακή δυσαριθμησία» διατηρείται για τις «δυσλειτουργίες που έχουν την πηγή τους σε κληρονομικές ή εκ γενετής διαταραχές των δυναμικών ανάπτυξης των εγκεφαλικών κέντρων που είναι το οργανικό υπόβαθρο των μαθηματικών ικανοτήτων» (Kosc, 1974, p. 48). Αυτή η κατηγοριοποίηση δείχνει ότι η κρίσιμη διαταραχή εξαρτάται περισσότερο από την αναπτυξιακή συνέχεια της σταδιακής απόκτησης ολοένα και περισσότερων νευρογνωστικών συστημάτων από την ίδια την υπολογιστική ικανότητα. Αυτή η άποψη βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση με την άποψη ότι η στατική διαταραχή της υπολογιστικής ικανότητας έχει το επίκεντρό της στον εγκέφαλο (Rourke & Conway, 1997).

Επιπλέον ο Kosc (1974) προσδιόρισε έξι επιμέρους τύπους της αναπτυξιακής δυσαριθμησίας. Τη *Φραστική / Λεκτική (Verbal)*, που εκδηλώνεται με ανικανότητα στην ονομασία μαθηματικών αθροισμάτων, αριθμών, όρων, συμβόλων και σχέσεων. Την *Πρακτογνωστική (Practognostic)*, που εκδηλώνεται με ανικανότητα απαρίθμησης, σύγκρισης, και χειρισμού μαθηματικών αντικειμένων ημισυγκεκριμένων ή πραγματικών. Τη *Λεξιλογική (Lexical)*, που εκδηλώνεται με διαταραχή ανάγνωσης μαθηματικών συμβόλων. Τη *Γραφική (Graphical)*, που εκδηλώνεται με δυσκολία γραφής μαθηματικών συμβόλων. Την *Ιδεογνωστική (Ideognostical)*, που εκδηλώνεται με διαταραχή της κατανόησης των μαθηματικών εννοιών και της εκτέλεσης υπολογισμών από μνήμης. Τη *Λειτουργική (Operational)*, που εκδηλώνεται με δυσκολία στην εκτέλεση των υπολογιστικών λειτουργιών. Οι τύποι της δυσαριθμησίας που όρισε ο Kosc ως *Φραστική / Λεκτική*, *Λεξιλογική* και *Γραφική* είναι παρόμοιοι με εκείνους που ανέφερε ο Hécaen (Hécaen et al., 1961) για ενήλικες με αλεξία και αγραφία στους αριθμούς, στους οποίους εμπλέκεται η λειτουργική ακεραιότητα των περιοχών που περιβάλλουν την αύλακα του Sylvius, ιδίως του αριστερού ημισφαιρίου.

Ο Kosc (1974) επίσης περιέγραψε τη λειτουργική δυσαριθμησία που είναι άμεση διαταραχή της ικανότητας να εκτελεί μαθηματικές πράξεις. Αυτό το είδος αντιστοιχεί στην

αναριθμία του Hécaen. Είναι, όμως, απίθανο τα ανατομικά συμπεράσματα από την αναριθμία ενηλίκων να είναι άμεσα εφαρμόσιμα στη λειτουργική δυσαριθμησία σε παιδιά. Πρότεινε, επίσης, την πρακτογνωστική κατά την οποία τα παιδιά είναι ανίκανα να τοποθετήσουν αντικείμενα με σειρά μεγέθους, να δείξουν το μεγαλύτερο και το μικρότερο ή να δείξουν σωστά πότε δύο αντικείμενα έχουν το ίδιο μέγεθος και να εκτιμήσουν ποσότητες. Η ιδεογνωστική δυσαριθμησία εκδηλώνεται με ικανότητα ανάγνωσης και γραφής αριθμών, αλλά με αδυναμία κατανόησης όσων έχουν γράψει. Το παιδί είναι ικανό να διαβάσει το ψηφίο 9, αλλά δεν μπορεί να καταλάβει ότι το 9 είναι το μισό του 18 ή ότι το 1 είναι μικρότερο από του 10.

Είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι η πρακτογνωστική διαταραχή μοιάζει αρκετά με τις γνωστικές διαταραχές που εντόπισε ο Piaget. Μια πιο πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι δύο αγόρια 9 ετών που δεν μπορούσαν να κάνουν βασικά πράγματα στα μαθηματικά έδειξαν ανωμαλίες σχετιζόμενες με το σύνδρομο του Gerstmann, δεν μπόρεσαν να προχωρήσουν στο συγκεκριμένο εκτελεστικό στάδιο γνωστικής ανάπτυξης. Πίστευαν ότι αλλάζοντας την οπτικο-χωρική διαμόρφωση μιας συνεχούς ή ασυνεχούς ποσότητας στην πραγματικότητα άλλαζαν την ποσότητά του (Rourke & Conway, 1997). Φαίνεται πιθανό η πρακτογνωστική και ιδεογνωστική μορφή της δυσαριθμησίας να αντανakλά θεμελιώδεις διαταραχές ή αποτυχία στην ανάπτυξη σημαντικών διαστάσεων σχηματισμού βασικών εννοιών ή μη λεκτικών λογικών ικανοτήτων. Νευροφυσιολογικές μελέτες παιδιών με αριθμητικές δυσκολίες έδωσαν ενδείξεις για την πιθανή πηγή / αιτία τέτοιας μη τυπικής γνωστικής ανάπτυξης.

Οι μελέτες οι οποίες αφορούν την έκταση του φαινομένου των μαθησιακών διαταραχών στα μαθηματικά δεν εμφανίζουν σύμπτωση των αριθμητικών δεδομένων (Keller & Sutton, 1991), όμως, συμφωνούν ότι η έκτασή του δεν είναι όση των διαταραχών της αναγνωστικής δεξιότητας και του γραπτού λόγου. Ο Kosc (1974) διαπίστωσε πως ένα ποσοστό 6.4% του δείγματος που απαρτίστηκε από μαθητές της Ε΄ τάξης στην Τσεχοσλοβακία εμφάνιζε έναν

ειδικό τύπο μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά. Σε μία περιγραφική μελέτη (Norman & Zigmond, 1980) των χαρακτηριστικών των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες σε κέντρα παιδικής απασχόλησης βρέθηκε το 8.1% των μαθητών με διαταραχές στα μαθηματικά και το 13.1% με διαταραχές στην αναγνωστική και τη μαθηματική δεξιότητα. Αλλά και από άλλα ερευνητικά δεδομένα προκύπτουν σημαντικά ποσοστά μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά (McLeod & Armstrong, 1982). Βέβαια αυτές οι διαταραχές δεν επιχειρείται να συνδεθούν με συγκεκριμένες δυσλειτουργίες απλά περιγράφουν την έκταση του προβλήματος.

Η κατανόηση των σχέσεων εγκεφάλου – συμπεριφοράς σε παιδιά που παρουσιάζουν δυσκολίες στον αριθμητικό και μαθηματικό λογισμό απαιτεί τουλάχιστον μια γενική εξοικείωση με κάποια θέματα γύρω από την εγκεφαλική ασυμμετρία (Rourke & Conway, 1997). Είναι γνωστό ότι το αριστερό και το δεξί εγκεφαλικό ημισφαίριο δεν είναι καθρέφτες το ένα του άλλου. Αυτό αφορά στη δομή όσο και τη λειτουργία τους. Κάθε ημισφαίριο έχει τις δικές του τάσεις με μια σχετικά ίση πλευρίωση των λειτουργιών που φαίνονται εμπειρικά. Η πιο γνωστή διαφορά ανάμεσα στα εγκεφαλικά ημισφαίρια είναι ότι το αριστερό είναι συνήθως κυρίαρχο στις γλωσσικές λειτουργίες, ενώ τα συστήματα του δεξιού ημισφαιρίου είναι συνήθως κυρίαρχα στην επεξεργασία μη λεκτικών ερεθισμάτων (Novick & Arnold, 1988). Τέτοιες διαφορές βρέθηκαν σε άσχετα μεταξύ τους υποκείμενα χρησιμοποιώντας μεθόδους, όπως η διχωτική ακοή και η παρουσίαση ταχυστοσκοπικών ερεθισμάτων και τα προκλητά δυναμικά (EPs). Επιπλέον, αυτές οι διημισφαιρικές διαφορές στη λειτουργία φαίνεται πως έχουν μια ανατομική βάση. Έχει αναφερθεί ότι το αριστερό ημισφαίριο τείνει να είναι βαρύτερο και μεγαλύτερο στους περισσότερους δεξιόχειρες με μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις στην περιοχή των μεσαίων γλωσσικών λειτουργιών (Rourke & Conway, 1997).

Αναλύσεις νευροφυσιολογικών μειονεξιών που προέρχονται από δεξιές έναντι αριστερών ημισφαιρικών κακώσεων οδήγησαν πρώιμα κάποιους ερευνητές να υποθέσουν ότι η κυτταρική οργάνωση του αριστερού ημισφαιρίου είναι πιο ενσωματωμένη από ότι του

δεξιού. Για παράδειγμα οπτικο-χωρικές διαταραχές συχνά προκύπτουν από κακώσεις που συμβαίνουν σε μια ευρεία περιοχή του δεξιού ημισφαιρίου, ενώ μειονεξίες που προέρχονται από βλάβη στο αριστερό ημισφαίριο τείνουν να συνδέονται με πιο ειδικές διαταραχές. Επιπλέον, υπάρχουν αποδείξεις ότι η συνολική λειτουργία του δεξιού ημισφαιρίου διαταράσσεται ευκολότερα ακόμη κι όταν συνδέεται με μικρότερες κακώσεις (Luria, 1980). Επιπλέον αποδείξεις ως προς αυτό έρχονται από την παρατήρηση ότι η απτική διαφοροποίηση διαταράσσεται πιο συχνά αμφοτερόπλευρα από δεξιές κακώσεις παρά από αριστερές που τείνουν περισσότερο να παράγουν μόνο ετερόπλευρες απτικές μειονεξίες. Αυτό το τελευταίο εύρημα έχει κάποια αξία κατά την ανάλυση της νευροφυσιολογικής εικόνας ενός συγκεκριμένου τύπου παιδιών με αριθμητικές μαθησιακές δυσκολίες.

Σημαντικές παρατηρήσεις ως προς αυτά έδωσαν οι Goldberg και Costa (1981) και Rourke (1982). Οι Costa και Goldberg ενσωμάτωσαν ανατομικά και συμπεριφορικά στοιχεία στη θεωρία τους για την εγκεφαλική ασυμμετρία τα οποία συντείνουν στο ότι το αριστερό ημισφαίριο είναι ειδικευμένο για την επεξεργασία συνηθισμένων συμπεριφορών, ενώ το δεξί είναι ειδικευμένο για περισσότερο διεκπεραιωτική ενσωμάτωση, για επεξεργασία πρωτοφανών ερεθισμάτων και έχει περισσότερο σχέση με περίπλοκες πληροφορίες. Ειδικότερα, έδειξαν ότι η δομή του αριστερού ημισφαιρίου χαρακτηρίζεται από την παρουσία τριών προεξέχοντων καλυπτρών στις κροταφικές, βρεγματικές και πίσω μετωπιαίες περιοχές και καθεμιά από αυτές φαίνεται πως παρεμβαίνει σε συνηθισμένες λειτουργίες. Κεντρική βλάβη σε μία από αυτές τις καλύπτρες τείνει να προκαλεί μάλλον ειδικές δυσλειτουργίες, ενώ οι άλλες περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου συνεχίζουν να λειτουργούν με ένα αξιοπρόσεκτα ανεξάρτητο τρόπο. Αυτό μπορεί να αντιτεθεί σε ότι συμβαίνει στο δεξί ημισφαίριο όπου το κυρίαρχο οργανωτικό χαρακτηριστικό γνώρισμα είναι η μεγάλη αναλογία λευκής ουσίας προς τη φαιά ουσία που εμφανίζεται ως κατάλληλη για την ενσωμάτωση σύνθετων πληροφοριών που προέρχονται από έναν αριθμό κινητικών αισθημάτων (Rourke &

Conway, 1997). Σύμφωνα με τους Goldberg και Costa αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα πως η επεξεργασία των πρωτοφανών ή / και περίπλοκων ερεθισμάτων αλλά και η γενική οργανωτική αρχή του δεξιού ημισφαιρίου το καθιστά επιρρεπές στη γενικευμένη δυσλειτουργία που προκύπτει από κάθε τύπο σημαντικής προσβολής της συνολικής του ακεραιότητάς του (Rourke & Conway, 1997).

Κάθε απόπειρα να συνδεθεί η αριθμητική και μαθηματική αδυναμία με την εγκεφαλική ασυμμετρία πρέπει απαραίτητα να λάβει υπόψη την ειδική φύση της ικανότητας που διερευνάται. Μολονότι το αριστερό ημισφαίριο φέρεται γενικά ότι παρεμβαίνει στο αριθμητικό συμβολικό σύστημα, το δεξί ημισφαίριο, αναμφίβολα παίζει ένα σημαντικό ρόλο στην μαθηματική απόδοση σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται προσαρμογή του μαθηματικού λογισμού, οπτικο-χωρική οργάνωση των στοιχείων του προβλήματος. Είναι πιθανόν ασφαλές να συμπεράνει κανείς ότι τα περισσότερα άτομα έχουν ανάγκη να ανασύρουν οπτικο-χωρικές ικανότητες κατά τη διάρκεια ασκήσεων περίπλοκων διαιρέσεων και πολλαπλασιασμών οι οποίες είναι απαραίτητες.

Στους ενήλικες, η μαθηματική επίδοση φαίνεται πως επηρεάζεται από τη συνένωση του οπίσθιου φλοιού, ενώ οι αριστερές κακώσεις οδηγούν σε απώλεια ή διαταραχή των βασικών αριθμητικών πράξεων ακόμη και της ιδέας του αριθμού. Οι δεξιές κακώσεις δημιουργούν μειονεξίες στις οπτικο-χωρικές οργανωτικές διαστάσεις των υπολογισμών και του μαθηματικού λογισμού, όπως η *μεταφορά κρατούμενων* και ο *δανεισμός*. Η κατάσταση σίγουρα καθίσταται περίπλοκη, από αναπτυξιακούς παράγοντες και αλληλεπιδράσεις. Στην ήδη περίπλοκη εικόνα των σχέσεων εγκεφάλου συμπεριφοράς έρχεται να προστεθεί η διάσταση μιας αναπτυξιακής ακολουθίας γεγονότων που μπορεί να διαταραχθεί σε πολλά και διαφορετικά σημεία ή στάδιά της (Rourke & Conway, 1997).

1.3.6 ΤΟ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟ ΣΥΝΔΡΟΜΟ GERSTMANN

Ο όρος Αναπτυξιακό Σύνδρομο του Gerstmann (Development Gerstmann Synrom / DSG) αφορά στην προσαρμογή των συμπτωμάτων του συνδρόμου στη μελέτη παιδιών που παρουσιάζουν όλες ή μερικές από αυτές τις διαταραχές (Benson & Geschwind 1970. Spreen et al., 1995).

Επιγραμματικά οι διαταραχές που αναφέρονται στο αναπτυξιακό σύνδρομο Gerstmann είναι:

Αμφίπλευρη δακτυλική αγνωσία (bilateral finger agnosia).

Σύγχυση δεξιού-αριστερού (right-left confusion).

Δυσγραφία (dysgrafia).

Δυσαριθμησία (dyscalculia).

Έχει επίσης προταθεί και ένα πέμπτο σύμπτωμα, η κατασκευαστική δυσπραξία που συχνά εμπεριέχεται στην ταξινόμησή του (Rourke & Conway, 1977). Δεν φαίνεται επίσης να συνδέεται το σύνδρομο αυτό με ορισμένο τύπο διαταραχής της μαθηματικής ικανότητας (Hartje, 1987). Σύμφωνα με τον Gerstmann η εμφάνιση αυτών των διαταραχών σχετίζεται με βλάβη ή ασθένεια στην περιοχή της γωνιώδους έλικας του κυρίαρχου ημισφαιρίου, συνήθως του αριστερού. Έρευνες, ωστόσο, αποκάλυψαν ότι εμφανίζεται είτε μια από αυτές τις διαταραχές είτε μικρές ομάδες μόνο δύο ή τριών από αυτές και όχι όλες μαζί.

Υποστηρίχτηκε, επίσης, ότι το σύνδρομο Gerstmann είναι ένα δημιούργημα προκατειλημμένων παρατηρήσεων και δεν πρέπει να θεωρείται ως ένα αληθινό κλινικό σύνδρομο. Ωστόσο, βλάβη ή δυσλειτουργία στη βρεγματική-ινιακή περιοχή του κυρίαρχου για τη γλώσσα ημισφαιρίου φαίνεται πως συνδέεται με τις διαταραχές συμπεριφοράς που περιέγραψε ο Gerstmann και η χρησιμότητά του ισχύει παρά το αμφίβολο κύρος του ως

διαγνωστική ολότητα (Gaddes, 1985). Πιο πρόσφατες αναφορές έδειξαν περιπτώσεις που συμφωνούν απόλυτα στα συμπτώματα του συνδρόμου και στην ανατομική του βάση. Μολονότι το σύνδρομο παραμένει ένα αίνιγμα, φαίνεται ότι έχει αξία από την άποψη των ευρημάτων και μπορεί στην πραγματικότητα να είναι μια πιο συχνή ένδειξη αναπτυξιακών δυσκολιών από ότι πιστευόταν παλαιότερα (Grigsby, Kemper & Hagerman, 1987. PeBenito, Fisch & Fisch, 1988). Σε μελέτες μιας ομάδας παιδιών (Grigsby et al., 1987) με σύνδρομο Εύθραυστου Χ (Fragile X), εντοπίστηκαν τρία ή περισσότερα από τα συμπτώματα του Gerstmann χωρίς καμιά ένδειξη αφασίας, καθώς και ένα αγόρι με σύμπτωμα εύθραυστου Χ που εμφάνισε και τα πέντε συμπτώματα του συνδρόμου. Κατέληξαν ότι το αναπτυξιακό σύνδρομο Gerstmann είναι μια κλινική οντότητα και ότι μια ποικιλία επιμέρους συμπτωμάτων ανά ομάδες αυτού του συνδρόμου είναι παρόμοια με εκείνα του συνδρόμου εύθραυστου Χ. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι αυτά τα συμπτώματα διαμορφώνουν μέρος του συνδρόμου των Εξωλεκτικών Μαθησιακών Δυσκολιών (Nonverbal Learning Disabilities) του οποίου τα νευροφυσιολογικά στοιχεία έχει αποδειχτεί ότι χαρακτηρίζουν πολλές μορφές παιδιατρικών νευρολογικών ασθενειών, διαταραχών ή δυσλειτουργιών (Rourke, 1995. Rourke, & Conway, 1997).

Η αξία παρουσίασης αυτού του συνδρόμου έγκειται, όχι τόσο στη δυσαριθμησία που είναι από τα βασικά του χαρακτηριστικά, αλλά επειδή συνιστά ένα από τα πρώτα παραδείγματα νευροψυχολογικής περιγραφής αριθμητικών μαθησιακών δυσκολιών. Τα παιδιά με σύνδρομο Gerstmann έχουν περισσότερες από μία ομοιότητες με τα χαρακτηριστικά των παιδιών με αριθμητικές δυσκολίες που μελέτησαν ο Rourke και οι συνεργάτες του. Αναφύονται, όμως, ενδιαφέροντα ερωτήματα που αφορούν την εξειδίκευση των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και τα οποία σχετίζονται με τις νευροψυχολογικές βάσεις του αριθμητικού και μαθηματικού λογισμού. Τελικά, η συγκρότηση ενός αναπτυξιακού μοντέλου εστιασμένων ανωμαλιών στα παιδιά δείχνει ότι η δυσλειτουργία στην αριθμητική / μαθηματική ικανότητα

μπορεί να προκύψει από μια σειρά διαφορετικών νευροψυχολογικών διαταραχών. Οι μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά συχνά συνυπάρχουν και με άλλες δυσκολίες ή συνοδεύουν και άλλες μαθησιακές δυσκολίες, όπως τη δυσλεξία (Critchley, 1970. Miles & Miles, 1992).

1.3.7 ΔΥΣΛΕΞΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Ο Critchley (1970) διατύπωσε την άποψη πως η αριθμητική βραδύτητα ίσως συνδέεται με την αναπτυξιακή δυσλεξία, αλλά όχι και απαραίτητα. Βαθμιαία άρχισε να αναπτύσσεται ενδιαφέρον γύρω από το πρόβλημα που έθεσε ο Critchley (1970). Αργότερα, διατυπώθηκε η θέση ότι όλο και περισσότεροι δυσλεκτικοί (Miles & Miles, 1992) εμφανίζουν κυμαινόμενου βαθμού μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά, οι οποίες, όμως, είναι δυνατό να ξεπεραστούν και επιπλέον να γίνουν οι ίδιοι αξιόλογοι μαθηματικοί. Η σχέση μαθηματικής ικανότητας και δυσλεξίας έχει ελάχιστα ερευνηθεί, όπως επισημάνθηκε από τους ερευνητές (Austin, 1982. Sharma, 1986. Miles & Miles, 1992). Τα περιοδικά που δημοσιεύουν θέματα σχετικά με τη δυσλεξία στις ΗΠΑ και στη Μεγάλη Βρετανία (Pumphrey & Reason, 1991) κάνουν μόνο απλές και τυχαίες αναφορές για τα μαθηματικά. Ωστόσο, υπάρχει υλικό αναφοράς που επισημαίνει το πρόβλημα.

Το κενό που υπήρχε στο χώρο αυτό το καλύφθηκε σε κάποιο βαθμό με το βιβλίο “Dyslexia and Mathematics” (Miles & Miles, 1992). Ακολούθησαν και άλλες δημοσιεύσεις που έδωσαν αρκετά στοιχεία και εστιάστηκαν σε αρκετές πλευρές του θέματος. Οι ορισμοί οι οποίοι αφορούσαν τη δυσλεξία μέχρι πρόσφατα δεν αναφέρονταν στις δυσκολίες πρόσκτησης των μαθηματικών δεξιοτήτων. Ειδικότερα επισημάνθηκε πως, όποιες δυσκολίες προκύπτουν από τη μαθηματική γνώση και αφορούν ανακρίβειες καταγραφής και υπολογισμών, αποδίδονται στις κατευθυντήριες δυσκολίες ή στις δυσκολίες των ακολουθιών που χαρακτηρίζουν τους μαθητές (Joffe, 1983).

Η γλώσσα των μαθηματικών είναι συχνά ελάχιστα κατανοητή από τους δυσλεκτικούς (Hornsby, 1995) και ειδικότερα μέχρι την ηλικία των 11 έως 12 ετών εξαιτίας των δυσκολιών που προκύπτουν με τα ονόματα και τους όρους (Chinn & Ashcroft 1995). Τα σύμβολα και η

γλώσσα των μαθηματικών δημιουργούν επιπλέον προβλήματα, όταν οι γλωσσικές ικανότητες είναι εντελώς εξασθενημένες. Η κατάσταση επιδεινώνεται, όταν το ίδιο σύμβολο έχει περισσότερες από μία έννοιες (Henderson, 1989) ή όταν έχει και άλλες έννοιες στην καθημερινή ζωή + : σημαίνει πρόσθεση, θετικό αριθμό, επιπλέον ποσότητα κ.ά.

Ο Steeves (1979) εξέτασε τα πολυαισθητικά (multisensory) μαθηματικά και άλλες ιδέες, προκειμένου να βοηθήσει τους δασκάλους να δουλέψουν με δυσλεκτικά παιδιά και υιοθέτησε τις διδακτικές αρχές που ο Orton είχε προτείνει για τη γλώσσα. Ο Joffe (1983) παρουσίασε μία εξαιρετική ολόπλευρη θεώρηση της σχέσης δυσλεξίας και μαθηματικών, περιγράφοντας παρατηρήσεις που συντείνουν σε μία σαφέστερη κατανόηση των δυσκολιών στα μαθηματικά και τόνισε ότι διέγνωσε μία αδυναμία στη βασική δεξιότητα της γενίκευσης.

Κάποιες φορές η συμβουλή που δίνεται από τους συγγραφείς είναι αντιφατική (Ashlock, Johnson, Wilson, & Jones, 1983), επειδή δηλώνεται αφενός ότι όλα τα παιδιά μαθαίνουν και επιτυγχάνουν να κατανοήσουν βασικά μία ιδέα με τον ίδιο τρόπο και αφετέρου η άποψη πως τα παιδιά με μαθησιακές δυσκολίες είναι ανίκανα να μαθαίνουν με τον τρόπο που μαθαίνουν τα περισσότερα παιδιά. Το υλικό που περιλαμβάνει ανασκόπηση της ιστορίας της δυσλεξίας και των μαθηματικών συγκεντρώθηκε, ταξινομήθηκε και αποτελεί συμβολή στη μελέτη των μαθηματικών διαταραχών που εμπλέκονται με τη δυσλεξία τους (Miles & Miles, 1992). Η δυσαριθμησία και η δυσλεξία συνυπάρχουν συχνά και σε τέτοιες περιπτώσεις η υπεύθυνη βλάβη συνήθως περιλαμβάνει τη γωνιώδη έλικα (Walton, 1996).

Μεταξύ των άλλων δυσκολιών που συναντούν οι δυσλεκτικοί συμπεριλαμβάνονται: δυσκολίες απομνημόνευσης, ως μέσο συσσώρευσης πληροφοριών στην μακροπρόθεσμη μνήμη, παρά τη βοήθεια που προσφέρει το σχολείο (Chinn & Ashcroft, 1995), αδυναμία εκμάθησης ωραρίων και πινάκων, αδυναμία διατύπωσης μαθηματικών προβλημάτων. Αυτό το υπόστρωμα των δυσκολιών τους επηρεάζει την επεξεργασία των προβλημάτων, επειδή δεν αντιλαμβάνονται τις λέξεις κλειδιά και τις μικρές λέξεις. Παρατηρούνται, επίσης, δυσκολίες

αποκωδικοποίησης στην κυρίως λεκτική επικοινωνία και διδασκαλία. Επιβαρύνονται, ιδιαίτερα, τα παιδιά με οπτικό κυρίως τύπο μάθησης (Cockcroft, 1982), τυπική βραδύτητα και συχνά λιγότερη πρακτική εξάσκηση. Οι αρχικές αποτυχίες στα μαθηματικά οδηγούν σε δυσκολία γενίκευσης και σχηματισμού εννοιών. Διαμορφώνεται μικρή αυτοεκτίμηση που επιφέρει μεγάλη αποτυχία. Η αποτυχία επισύρει μεγαλύτερο άγχος, που οδηγεί σε μεγαλύτερη αποτυχία και χαμηλότερη αυτοεκτίμηση, συντηρώντας αλληπάλληλες αρνητικές ψυχοπιεστικές συνθήκες (Chinn & Ashcroft, 1995).

Ο ορισμός της δυσλεξίας διευρύνθηκε και περιέλαβε εκτός από τις απλές δυσκολίες γλώσσας και τις αριθμητικές δυσκολίες, επειδή υπάρχει τώρα μεγαλύτερη συνειδητοποίηση ότι συχνά συνυπάρχουν (Chinn & Ashcroft, 1995). Τα μαθηματικά είναι γνωστική περιοχή με διαδοχικές αλληλο-συνδεόμενες γνώσεις στην οποία οι αρχικές δυσκολίες διογκώνονται καθώς οι νέες προστίθενται στις προηγούμενες. Είναι αποδεκτό ότι πολλοί δυσλεκτικοί έχουν δυσκολία σε κάποιες τουλάχιστον και όχι σε όλες τις πτυχές των μαθηματικών, ενώ άλλοι λύνουν με επιτυχία προβλήματα και δυσκολεύονται στην απομνημόνευση των βασικών δεδομένων.

Αν τα αρχικά προβλήματα μαθηματικών και δυσλεξίας δεν αντιμετωπισθούν εγκαίρως θα στερηθεί το παιδί από μία σειρά μαθηματικών εμπειριών. Οι μειονεξίες που θα συσσωρεύονται θα λειτουργήσουν ως χιονοστιβάδα από την οποία δεν θα μπορεί να απαλλαγεί (Chinn & Ashcroft, 1995).

Η διαταραχή της μαθηματικής ικανότητας από νευροψυχολογική άποψη μελετήθηκε συστηματικά από τον Luria που το κλινικό του έργο περιλάμβανε ενήλικες ασθενείς καθώς και τον Hécaen και τους συνεργάτες του. Συνεχίζεται με τον Rourke και τους συνεργάτες του που μελετά κυρίως παιδιά. Η πληρέστερη μελέτη των νευροψυχολογικών χαρακτηριστικών των παιδιών επιτεύχθηκε αποφασιστικά με την εξέλιξη της νέας τεχνολογίας και τη χρήση νέων τεχνικών αξιολόγησης.

1.4 Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

1.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εικόνα χρησιμοποιείται σήμερα με μεγαλύτερη συχνότητα από οποιαδήποτε άλλη εποχή, με στόχο να δώσει πληρότητα, ακρίβεια και σαφήνεια στο περιεχόμενο του λόγου. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις θετικές επιστήμες, επειδή τα απεικονιστικά δεδομένα δεν είναι μόνο ασύλληπτης ομορφιάς αλλά ταυτόχρονα και στοιχεία της καθημερινής πρακτικής. Οι χάρτες υπήρξαν το πρώτο δείγμα αξιόπιστης απεικονιστικής πληροφορίας και η τεχνική τους ανάγεται στην αρχαιότητα. Η χαρτογράφηση χρειάστηκε περισσότερους από 20 αιώνες για να εξελιχθεί. Η εξέλιξή της ήταν τόσο σημαντική, ώστε χρησιμοποιήθηκε ακόμη και για τη χαρτογράφηση του εγκεφάλου τα τελευταία χρόνια (Sams, Hietanen, Hari, Ilmoniemi & Lounasmaa, 1997).

Η σύγχρονη τεχνολογία (Nunez, Pilgreen, Westdorp, Law & Nelson, 1991) έχει διευκολύνει την ακριβέστερη διάγνωση των νοσολογικών οντοτήτων (Biersack, Bender, Ruhlmann, Schomburg & Grünwald, 1997) έχει βοηθήσει σημαντικά στην κατανόηση της λειτουργίας του εγκεφάλου και έχει επισημάνει τις περιοχές που ευθύνονται για την εκδήλωση επιθυμητών ή ανεπιθύμητων μορφών συμπεριφοράς. Οι τεχνικές οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα έχουν ως αφετηρία τη συλλογή και καταγραφή ηλεκτρικών δυναμικών από το κεντρικό νευρικό σύστημα. Αυτή η καταγραφή πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον ψυχίατρο Hans Berger και δημοσιεύθηκε το 1929. Είχε ως αντικείμενο το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα / ΗΕΓ του ανθρώπου. Προσπάθειες συλλογής και καταγραφής ηλεκτρικών δυναμικών είχαν αρχίσει νωρίτερα, από το τελευταίο τέταρτο του 19^{ου} αιώνα

χωρίς επιτυχία. Από την πρώτη εφαρμογή αυτής της τεχνικής στον άνθρωπο λίγα έχουν αλλάξει μέχρι σήμερα. Ο τρόπος λήψης και καταγραφής όπως και ο τρόπος ερμηνείας παραμένουν οι ίδιοι. Η τεχνολογία των καταγραφών εξελίσσεται και ακολουθεί την πορεία εξέλιξης των συσκευών (Καζής, 1984). Το 1932 γίνεται ανάλυση συχνοτήτων των ηλεκτροεγκεφαλογραφικών φαινομένων, οι πρώτες, όμως, «τοπογραφικές» μελέτες ανάγονται στο 1950. Οι δύο μεγάλοι σταθμοί στην εξέλιξη είναι τα έτη 1960 με τον ταχύ μετασχηματισμό του Fourier και την ανάλυση φάσης στο ηλεκτροεγκεφαλογραφικό σήμα και το 1970 με την τρισδιάστατη θεώρηση του ηλεκτρικού πεδίου του εγκεφάλου (Τριανταφύλλου, 1994).

Το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα (Harmony, Marosi, Becker, Rodríguez, Reyes & Fernández, 1995) υπήρξε η πρώτη τεχνική καταγραφής της βιοηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου με ηλεκτρόδια από το τριχωτό της κεφαλής. Οι εγκεφαλικοί ρυθμοί οι οποίοι καταγράφονται είναι η συνισταμένη της μετασυναπτικής δραστηριότητας των δενδριτών των ανώτερων στιβάδων του φλοιού (Καζής, 1989). Η τροποποίηση της μετασυναπτικής δραστηριότητας δημιουργεί βραδείες και παροξυντικές δραστηριότητες. Οι βραδείες δραστηριότητες επισημαίνουν βλάβες ή διαταραχές, όπως εγκεφαλικό οίδημα, ελαττωμένη αιμάτωση στην περιοχή, διαταραχή του μεταβολισμού κ.ά. Οι παροξυντικές δραστηριότητες αποτελούν το σταθερό εύρημα των επιληπτογόνων εστιών και η δραστηριότητα αυτή ονομάζεται «εκπολωτική απόκλιση». Η καταγραφή γίνεται με τη βοήθεια ειδικού μηχανήματος που ονομάζεται «ηλεκτροεγκεφαλογράφος» (Τριανταφύλλου, 1994).

Ο ηλεκτροεγκεφαλογράφος καταγράφει τη διαφορά δυναμικού που υπάρχει μεταξύ δύο σημείων στο τριχωτό της κεφαλής. Τα βασικά συμπληρωματικά μέρη του είναι τα ηλεκτρόδια με τα οποία γίνεται η ανίχνευση της διαφοράς δυναμικού, τα εξαρτήματα ενίσχυσης του σήματος, τα φίλτρα περιορισμού των ενδεχόμενων επιφορτίσεων τόσο από χαμηλές όσο και από υψηλές συχνότητες και τέλος τα εξαρτήματα έκδοσης των αποτελεσμάτων. Οι

καταγραφές αφορούν την εξέταση σε περίοδο ηρεμίας, την πολυγραφική εξέταση που καταγράφει και τη λειτουργία και άλλων οργάνων. Οι ειδικές τεχνικές που εφαρμόζονται αφορούν την καταγραφή από απόσταση, τον εντοπισμό βλάβης στο φλοιό, τον καθορισμό της επιληπτογόνου εστίας και τα προκλητά δυναμικά (Κάζης, 1989. Τριανταφύλλου, 1994).

Εκτός από την τεχνική των προκλητών δυναμικών (EPs) έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλες τεχνικές προκειμένου να μελετηθεί η λειτουργία του εγκεφάλου ή και οι δυσλειτουργίες του (Καραπέτσας, 1999a. Sams, et al., 1997). Οι τεχνικές αυτές αφορούν (Biersack, et al., 1997) την χαρτογράφηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου (Brain Electrical Activity Mapping / BEAM), την υπολογιστική τομογραφία (CT), τη μαγνητική συντονιστική τομογραφία (MRI) και την τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET).

Η χαρτογράφηση της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου, παρά τις αντιδράσεις που συνάντησε από όσους ήταν προσκολλημένοι στην παραδοσιακή ηλεκτροεγκεφαλογραφία, χρησιμοποιήθηκε στις κλινικές εφαρμογές. Από το 1988 ιδρύεται διεθνής οργανισμός για τον επιστημονικό συντονισμό των ερευνητικών δεδομένων και η χρήση της διευρύνεται. Η έγχρωμη εικόνα εισβάλλει πλέον στη Νευρολογία και την Ψυχιατρική. Σήμερα είναι κλάδος της Νευροφυσιολογίας (Erstein, 1988) με σημαντικές προοπτικές, τόσο για την αυτόματη ηλεκτροεγκεφαλογραφική δραστηριότητα όσο και για την προκλητή δραστηριότητα (Τριανταφύλλου, 1994).

Η υπολογιστική τομογραφία έχει ευρεία εφαρμογή στη διερεύνηση ενδοκρανιακών βλαβών. Η διαδικασία είναι ταχεία, ασφαλής και ακριβής και η δόση της ακτινοβολίας δεν υπερβαίνει τη δόση της ακτινοβολίας κατά την εξέταση ακτινογραφίας κρανίου. Η λειτουργία της βασίζεται στις ίδιες αρχές της Φυσικής που στηρίζεται και η ακτινογραφία, δηλαδή στη διάκριση των δομών με βάση την απορρόφηση της ενέργειας από τις ακτίνες Χ. Η ακτινογραφική λυχνία εκπέμπει λεπτή δέσμη ακτινοβολίας σε κάθε θέση που παίρνει, καθώς περνάει διαδοχικά και σαρώνει σε τόξο 180°. Οι ακτίνες που περνούν από την εξεταζόμενη

περιοχή συλλέγονται από ένα ειδικό ανιχνευτή, οδηγούνται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος αφού επεξεργαστεί την πληροφορία την παρουσιάζει ως ανακατασκευασμένη εικόνα σε οθόνη. Ο παρατηρητής παρακολουθεί την εικόνα της διατομής του εγκεφάλου ο οποίος φωτογραφίζεται για αναλυτικότερη μελέτη (Snell, 1995. Walton, 1996).

Η μαγνητική συντονιστική τομογραφία είναι τεχνική της απεικόνισης με τη χρήση μαγνητικού συντονισμού. Αξιοποιεί τις μαγνητικές ιδιότητες του πυρήνα του υδρογόνου, ο οποίος διεγείρεται από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η συχνότητα είναι της περιοχής των ραδιοκυμάτων και παράγεται από πηνίο το οποίο περιβάλλει την κεφαλή. Οι πυρήνες του υδρογόνου που έχουν διεγερθεί εκπέμπουν σήμα το οποίο ανιχνεύεται. Η μαγνητική τομογραφία είναι απολύτως ασφαλής, επειδή προσφέρει καλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ φαιάς και λευκής ουσίας και δίνει καλύτερες ανατομικές εικόνες (Snell, 1995. Walton, 1996).

Στην τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (Biersack, et al., 1997) λαμβάνονται εικόνες με τη χρήση ραδιοϊσοτόπων που εκπέμπουν ποζιτρόνια. Τα ισότοπα παράγονται σε έναν επιταχυντή και χρησιμοποιούνται στη σήμανση φυσιολογικών σκευασμάτων. Οι τεχνικές της υπολογιστικής τομογραφίας επιτρέπουν τη χαρτογράφηση του εγκεφάλου χωρίς να επιτυγχάνουν την ευκρίνεια της εικόνας άλλων τεχνικών. Επιτρέπουν επίσης την παρακολούθηση του μεταβολισμού των νευρομεταβιβαστών και άλλων μεταβολικών δραστηριοτήτων του εγκεφάλου. Μέχρι σήμερα αυτή η τεχνική παραμένει κυρίως στο χώρο της έρευνας (Walton, 1996).

1.4.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΤΩΝ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ

Η μεγάλη τελειοποίηση των ηλεκτροφυσιολογικών τεχνικών και των συσκευών ερεθισμού και καταγραφής και η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει ως αποτέλεσμα τη αυξανόμενη χρήση των τεχνικών καταγραφής των προκλητών δυναμικών στη νευρολογική διάγνωση. Τα προκλητά δυναμικά που καταγράφονται και αξιολογούνται σήμερα είναι οπτικά, στελεχειαία ακουστικά, σωματοαισθητικά, γνωσιακά ή συναρτημένα με βίωμα και φλοιώδη κινητικά. Η καταγραφή γίνεται με ηλεκτρόδια πάνω στην αντίστοιχη περιοχή με τη χορήγηση κατάλληλου ερεθίσματος. Το ερέθισμα προκαλεί αντίδραση περιορισμένης χρονικής διάρκειας (time-locked response) από το φλοιό και δεν είναι δυνατό να διαχωριστεί από τη συνήθη ηλεκτροεγκεφαλογραφική δραστηριότητα. Η χορήγηση επανειλημμένων ερεθισμάτων και η καταγραφή των αντιστοίχων απαντήσεων που πρόκειται να αναλυθούν (averaged) από ηλεκτρονικό υπολογιστή αναδεικνύει ενισχυμένο το προκλητό δυναμικό (Epstein & Boor, 1988).

Η συνήθης ηλεκτροεγκεφαλογραφική δραστηριότητα απορρίπτεται. Η καθυστέρηση που παρατηρείται σημαίνει και επιβράδυνση της μεταβίβασης στη συγκεκριμένη νευρική οδό. Η παρατήρηση αυτή έχει συνδεθεί με ένδειξη κεντρικής απομυελίνωσης. Η καθυστέρηση στην ταχύτητα αγωγής στη μία οπτική οδό είναι ενδεικτικό καθυστέρησης στο οπτικό νεύρο που αποτελεί ισχυρό εύρημα παλαιάς οπισθοβολβικής νευρίτιδας. Το εύρημα είναι ισχυρό και στην περίπτωση που ο εξεταζόμενος δεν το έχει αντιληφθεί. Οι κατιούσες κινητικές οδοί είναι δυνατό να ερεθιστούν ηλεκτρικά. Τα διαγνωστικά αποτελέσματα με μαγνητική τομογραφία έχουν διαπιστωθεί πως είναι αποτελεσματικότερα. Η ακοομετρία με προκλητό δυναμικό έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη στη διερεύνηση της βαρηκοΐας στα παιδιά (Τριανταφύλλου, 1994).

Το προκλητό δυναμικό αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου και αντανακλά την υποδοχή ενός ερεθίσματος (Epstein & Boor, 1988), την αναγνώριση και κυρίως την απάντηση στο ερέθισμα αυτό. Τα ερεθίσματα που χορηγούνται είναι οπτικά, ακουστικά και σωματοαισθητικά. Οι παράμετροι περιγραφής των προκλητών δυναμικών είναι δύο: «ο λανθάνων χρόνος» (latency) που μεσολαβεί από τη χορήγηση του ερεθίσματος μέχρι την καταγραφή της κορυφής του δυναμικού και το «ύψος» του δυναμικού (amplitude). Χαρακτηριστικό των προκλητών δυναμικών είναι το μέγεθος του σήματος τους που είναι μέχρι 100 φορές μικρότερο από το μέγεθος του ηλεκτροεγκεφαλογραφικού σήματος. Η ανάδειξη του σήματος επιτυγχάνεται σήμερα με την τεχνική της μεσοποίησης και έχει ευρεία εφαρμογή (Κάζης, 1984. Τριανταφύλλου, 1994).

Τα προκλητά δυναμικά διακρίνονται σε εξωγενή (Stimulus related potentials, SRPs) και ενδογενή (Endogenous related potentials, ERPs). Τα εξωγενή προκλητά δυναμικά είναι οπτικά, ακουστικά και σωματοαισθητικά. Τα χαρακτηριστικά των εξωγενών προκλητών δυναμικών αφορούν το βραχύ λανθάνοντα χρόνο, την εξάρτηση των παραμέτρων τους από τις φυσικές ιδιότητες του ερεθίσματος, την ανεξαρτησία της αντίδρασης από το επίπεδο συνειδήσεως, από την ψυχολογική κατάσταση του εξεταζόμενου και τη σταθερότητα των μετρήσεων. Τα ενδογενή προκλητά δυναμικά χαρακτηρίζονται από μεγάλο λανθάνοντα χρόνο, οι παράμετροί τους δεν εξαρτώνται από τις φυσικές ιδιότητες του ερεθίσματος (Greenham, 1998) παράγονται κατά τη διάκριση του ερεθίσματος «στόχου» από το ερέθισμα «μη - στόχος», η έκλυσή τους εξαρτάται από την εκλεκτική προσοχή, και είναι ανεξάρτητα από το είδος του ερεθίσματος.

Τα οπτικά προκλητά δυναμικά (Visual evoked potentials, VEPs) αποτελούνται από τρεις διαδοχικές κυματομορφές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικό μέσο λανθάνοντα χρόνο. Η πρώτη κυματομορφή έχει λανθάνοντα χρόνο 75 msec, η δεύτερη έχει 100 msec και η τρίτη 145 msec. Από όλες τις κυματομορφές αξιολογείται και χρησιμοποιείται η

κυματομορφή P100 (Κάζης, 1984. Τριανταφύλλου, 1994), ως διαγνωστική τεχνική νευροφυσιολογικής εξέτασης (Κολιόπουλος, 1995), επειδή εμφανίζει σταθερότητα. Είναι η κυματομορφή η οποία καταγράφεται σε χρόνο 100 msec μετά από ένα οπτικό ερέθισμα ελάχιστης διάρκειας. Σήμερα γίνεται ευρεία χρήση αυτής της τεχνικής στην κλινική νευρολογία. Τα όρια των φυσιολογικών τιμών προσδιορίζονται από ένα επαρκές δείγμα. Παθολογικό οπτικό προκλητό δυναμικό καταγράφεται σε αρκετές νόσους και παθολογικές καταστάσεις όπως αμφιβληστροειδοπάθειες, απομυελινωτικές νόσοι (Walton, 1996), κληρονομικές εκφυλιστικές παθήσεις, ισχαιμικές αμβλυωπίες κ.ά.

Τα στελεχειαία ακουστικά προκλητά δυναμικά (Brainstem auditory evoked potentials / BAEPs) είναι μια διαδοχή από κυματομορφές που καταγράφονται σε χρόνο 10 msec μετά από ένα στιγμιαίο ακουστικό ερέθισμα και αντανakλούν ηλεκτρική δραστηριότητα. Από τις κυματομορφές που καταγράφονται αξιολογούνται σταθερά τρεις και σημειώνονται με λατινική αρίθμηση: είναι τα επάρματα I, III, V (Κάζης, 1984). Τα στελεχειαία ακουστικά προκλητά δυναμικά αποτελούν την ασφαλέστερη μέθοδο αποκάλυψης διαταραχών της ακοής βρεφών. Στην αξιολόγησή τους αυτό που έχει τη μεγαλύτερη αξία είναι οι μεταξύ των επαρμάτων καθυστερήσεις. Επειδή οι τιμές αυτές είναι σταθερές και δε διαφέρουν από άτομο σε άτομο, κάθε καθυστέρηση προσανατολίζει τη διάγνωση. Στην Παιδιατρική έχουν ευρύτατη εφαρμογή, επειδή δεν απαιτείται η συνεργασία του εξεταζόμενου (Τριανταφύλλου, 1994. Γκούμας, 1998).

Τα σωματοαισθητικά προκλητά δυναμικά (Somatosensory evoked potentials, SEPs) είναι αποτέλεσμα του ηλεκτρικού ερεθισμού των νεύρων. Καταγράφονται σε διάφορες θέσεις στην πορεία του ερεθίσματος από το νεύρο μέχρι τον αισθητικό φλοιό. Ο χρόνος έκλυσης ποικίλλει από 25-40 msec και εξαρτάται από τη θέση που λαμβάνονται. Έχουν εφαρμογή σε ένα μεγάλο φάσμα παθήσεων και συντελούν στην αποκάλυψη τόσο περιφερικών όσο και κεντρικών βλαβών σε συνδυασμό και με άλλες τεχνικές (Τριανταφύλλου, 1994).

Τα προκλητά δυναμικά είναι γνωστό ότι δείχνουν περιορισμένες αλλαγές στη δραστηριότητα, και παράλληλα είναι δείκτες της γενικής λειτουργίας του εγκεφάλου. Μία σχέση ανάμεσα στις παραμέτρους του προκλητού δυναμικού (ύψος κύματος και χρόνος) και στις διαδικασίες της προσοχής (Greenham, 1998) έχει τώρα αποδειχθεί στη φυσιολογία. Κατά την ενεργοποίηση της προσοχής, ως κανόνας, υπάρχει μία αύξηση στο ύψος κύματος και μείωση στις χρονικές παραμέτρους των συνιστωσών του προκλητού δυναμικού που δείχνει περιορισμένη ισχυροποίηση των διαδικασιών ενεργοποίησης (Luria, 1980).

1.4.3 TO P300

Το P300 είναι μία μορφή νευροφυσιολογικής εξέτασης και αφορά σε διαδικασίες που σχετίζονται με την κατανόηση και την επεξεργασία του ερεθίσματος (Greenham, 1998. Lehmann, 1981). Ονομάστηκε από το P (positive) και 300 που είναι ο λανθάνων χρόνος αντίδρασης κατά τον οποίο καταγράφεται η μεγαλύτερη θετική κυματομορφή, μετά από το σύμπλεγμα των κυματομορφών N1- P2 -N2 (Greenham, 1998) στο χρονικό διάστημα από 250 έως 800 msec (Andreassi, 1995). Η μεγάλη τελειοποίηση των ηλεκτροφυσιολογικών τεχνικών, των συσκευών ερεθισμού και καταγραφής καθώς και της εισαγωγής των ηλεκτρονικών υπολογιστών είχε ως αποτέλεσμα την αυξανόμενη χρήση της καταγραφής των προκλητών δυναμικών στη διάγνωση (Walton, 1996) και στην έρευνα. Η αναγνώριση των κυματομορφών του P300, όπως άλλωστε και όλων των άλλων γνωσιακών προκλητών δυναμικών, επιτυγχάνεται συνηθέστερα με τη μέθοδο της αλγεβρικής άθροισης του μέσου όρου (averaging). Τα γνωσιακά προκλητά δυναμικά χρησιμοποιούνται ερευνητικά ολοένα και περισσότερο με σκοπό τη μελέτη των μηχανισμών που επηρεάζουν τη διάρκεια των διαδικασιών αξιολόγησης των ερεθισμάτων (Schwarz & Heinze, 1998).

Από τα γνωσιακά προκλητά δυναμικά (Τριανταφύλλου, 1994), χρησιμοποιείται περισσότερο το P300, το οποίο παράγεται όταν ο εξεταζόμενος καλείται να διακρίνει ανάμεσα σε δύο ερεθίσματα τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους κατά μία διάσταση. Χορηγείται μία σειρά από ηχητικά ερεθίσματα συνήθως συχνότητας 2000 Hz τα οποία αποτελούν τους «ήχους – στόχους» και τα οποία παρεμβάλλονται ψευδοτυχαία σε μια διαδοχή ηχητικών ερεθισμάτων, συνήθως συχνότητας 1000 Hz, που αποτελούν τους «ήχους-μη στόχους». Ο «ήχος-στόχος» προς τον «ήχο-μη στόχο» δίνεται με αναλογία 1 προς 4. Ο ρυθμός των ερεθισμάτων ήταν 0,9 Hz. Σε κάθε ημισφαίριο χορηγούνται χωριστά 200 ήχοι οι οποίοι αποτελούν και το ομόπλευρο

ερεθισμα (Κάζης, 1984). Η εξέταση απορρίπτεται όταν ο αριθμός των «ήχων-στόχων» που αναφέρει ότι άκουσε ο εξεταζόμενος έχει απόκλιση μεγαλύτερη του 20% των χορηγηθέντων «ήχων-στόχων». Στο ετερόπλευρο ημισφαίριο δε δίνεται κανένα είδος θορύβου και ρυθμίζεται το κάτω φίλτρο (Lff) στο 1 Hz και το επάνω (Hff) στα 30 KHz. Οι γενικές αρχές της τεχνικής αυτής στηρίζονται στη σύγχρονη λειτουργία τριών συστημάτων: του συστήματος διεγερτών, ενισχυτών και ηλεκτρονικών υπολογιστών (Κάζης, 1984).

Σε κάθε εξέταση του υποκειμένου / ασθενούς πραγματοποιούνται δύο καταγραφές για να αποκλεισθεί το τυχαίο της καταγραφής. Οι αντιστάσεις των ηλεκτροδίων είναι μικρότερες από 5 KΩ και η μεταξύ τους διαφορά μικρότερη του 1,5 KΩ. Χρησιμοποιούνται 4 έως 16 ηλεκτρόδια καταγραφής τα οποία τοποθετούνται στο τριχωτό της κεφαλής του εξεταζόμενου. Οι θέσεις του ελάχιστου αριθμού ηλεκτροδίων που απαιτούνται έχουν την ακόλουθη διάταξη: η γείωση στο Fpz, τα δύο ενεργά ηλεκτρόδια ένα για κάθε ημισφαίριο του εγκεφάλου αριστερά στο A1 και δεξιά στο A2 και το ηλεκτρόδιο αναφοράς στο Cz. Οι εξεταζόμενοι ακούν τους ήχους με μορφή σταθερών τόνων. Η ακουστική στάθμη των εξεταζόμενων είναι συνήθως κάτω από 25 dB και η ένταση του ερεθίσματος είναι 65 dB πάνω από τον ουδό ακουστότητας. Το σύστημα περιλαμβάνει τον ερεθιστή, τους ενισχυτές σημάτων, τα φίλτρα αποκοπής συχνοτήτων, τα ηλεκτρόδια, το κατάλληλο λογισμικό για τη λήψη μετρήσεων και την επεξεργασία των δεδομένων. Ο χώρος στον οποίο λειτουργεί το μηχάνημα και γίνεται η καταγραφή είναι σκοτεινός και μονωμένος από εξωτερικούς θορύβους, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που καλύπτουν αυτές τις εξετάσεις (Γκούμας, 1998). Τα παράσιτα (artifacts) που εμφανίζονται από συσκευές, οθόνες, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και λαμπτήρες απορρίπτονται από το σύστημα καταγραφής με ειδικά φίλτρα. Με τη βοήθεια φίλτρων αποκόπτονται επίσης και σήματα ορισμένης ζώνης συχνοτήτων, που είναι γνωστά με το όνομα «παράσιτο των 50 Hz» ή «βιομηχανικό παράσιτο» ή «ρεύμα πόλης». Οι νευροφυσιολογικές καταγραφές αφορούν το γνωσιακό προκλητό δυναμικό P300 που είναι συνδεδεμένο με βίωμα

(ERP). Χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία (Greenham, 1998. Τριανταφύλλου, 1994):

1. Έχει σχετικά μεγάλο λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης (μεγαλύτερο από 100 msec).
2. Ο λανθάνων χρόνος και το ύψος είναι ανεξάρτητα από τις φυσικές ιδιότητες του ερεθίσματος.
3. Παράγεται, όταν ο εξεταζόμενος καλείται να διακρίνει το ερέθισμα (στόχος) από άλλα ερεθίσματα (μη στόχοι).
4. Η εκλεκτική προσοχή είναι αυτή η οποία προσδιορίζει την έλκυση του εξεταζόμενου προς το ερέθισμα (στόχος).
5. Το ερέθισμα είναι διαφορετικός ήχος σε μία αλληλουχία ήχων ή και έλλειψη, όταν η έλλειψη του διαφορετικού ήχου είναι πληροφορία.

Από τα δεδομένα των εξετάσεων αξιολογείται η παράμετρος του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης. Επειδή ορισμένες φορές είναι δικόρυφο, έδωσε αφορμή για τη διατύπωση της άποψης πως είναι σύμπλεγμα κυματομορφών. Είναι πιθανό να εκφράζει τη δραστηριότητα περισσότερων από μιας περιοχών και να αντιπροσωπεύει μία πολυεστιακή λειτουργική διαδικασία. Τα παθολογικά ευρήματα του P300 αφορούν την Ψυχιατρική και τη Νευροψυχολογία, επειδή έχει χρησιμοποιηθεί στην ανίχνευση της δυσλεξίας. Οι παθολογικές τιμές του P300 εκφράζουν απλά τη βραδύτητα στη συνειδητή ελεγχόμενη επεξεργασία της πληροφορίας και ενδεχόμενα και τη διαταραχή της άμεσης μνήμης.

Οι διαγνωστικές που βασίζονται στη σύγχρονη τεχνολογία προκειμένου να επισημάνουν ικανότητες, αδυναμίες, δυσλειτουργίες ή και διαταραχές είναι δυνατό να συνδυαστούν και με άλλες διαγνωστικές τεχνικές.

1.5 ΤΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΣΤΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟ-ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΡΙΘΜΩΝ

Ιστορικό

Το Κριτήριο Αξιολόγησης σχεδιάστηκε για τις ανάγκες του Εργαστηρίου Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας που άρχισε να λειτουργεί το ακαδημαϊκό έτος 1995-1996. Καλύπτει ανάγκες παιδιών με μαθησιακές δυσκολίες από επτά έως δεκαπέντε ετών. Το υλικό αυτό σχεδιάστηκε και χορηγήθηκε αρχικά δοκιμαστικά και αργότερα συστηματικά. Το Πρώτο μέρος περιλαμβάνει δύο σειρές. Η Πρώτη Σειρά απαρτίζεται από κεφαλαία γράμματα και η Δεύτερη Σειρά από πεζά. Σε κάθε σειρά υπάρχουν δώδεκα διαφορετικές εκδόσεις, όσες και οι γραμματοσειρές που χρησιμοποιούνται. Η πρώτη έκδοση αφορά στη γραμματοσειρά 26. Οι άλλες εκδόσεις αφορούν τις γραμματοσειρές 24, 22...έως και 8. Το υλικό καλύπτει τις ανάγκες των μαθητών όλων των τάξεων του Δημοτικού Σχολείου και του Γυμνασίου.

Αποτελείται από μία σελίδα στην οποία υπάρχουν τυπωμένα όλα τα γράμματα (Hayes, 1994) του ελληνικού Αλφάβητου. Συνολικά υπάρχουν από είκοσι έως εξακόσιοι χαρακτήρες ανά φύλλο και κάθε γράμμα επαναλαμβάνεται με διαφορετικό ρυθμό. Ο αριθμός των χαρακτήρων που έχει τυπωθεί σε κάθε φύλλο εξαρτάται από τη γραμματοσειρά που χρησιμοποιήθηκε. Οι δοκιμασίες αποσκοπούν στην εκπαίδευση των μαθητών στον προσανατολισμό στο χώρο, στη διάκριση των μορφών και, στην άσκηση της προσοχής (Καραπέτσας 1988). Σε κάθε έκδοση σχεδιάστηκαν δέκα διαφορετικές ασκήσεις. Το υλικό εφαρμόστηκε πειραματικά από το Σεπτέμβριο του 1995 μέχρι το Φεβρουάριο του 1996 σε

δώδεκα μαθητές ηλικίας 10 έως 12 χρόνων. Στην πορεία προέκυψε η παραγωγή και εφαρμογή νέων ασκήσεων και η παραγωγή ανάλογου υλικού για τα μαθηματικά (Καραπέτσας, Ζαμπεθάνης, Μήτσιου, 1999).

Για τις ανάγκες των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά και διαταραχή της προσοχής, σχεδιάστηκε ειδικό υλικό που ικανοποιούσε τις βασικές προϋποθέσεις που ορίστηκαν. Ειδικότερα, να απαρτίζεται μόνο από μαθηματικά σύμβολα, να καλύπτει τις ανάγκες δύο ηλικιακών ομάδων, να περιέχει δραστηριότητες μαθηματικής αξιολόγησης και ασκήσεις αντιμετώπισης των διαταραχών της μαθηματικής λειτουργίας και της προσοχής. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκαν δύο σειρές υλικού. Η Πρώτη Σειρά περιλαμβάνει υλικό που απευθύνεται σε παιδιά ηλικίας από πέντε έως οκτώ ετών και η Δεύτερη Σειρά σε παιδιά και εφήβους ηλικίας από εννιά έως δεκαπέντε ετών. Το υλικό της Πρώτης Σειράς περιλαμβάνει ασκήσεις με βασικά γεωμετρικά σχήματα και της Δεύτερης Σειράς δοκιμασίες με τα δέκα ινδοαραβικά ψηφία. Το υλικό που σχεδιάστηκε για τα νήπια έχει τη δυνατότητα να επισημαίνει πρώιμα την πιθανότητα εμφάνισης μαθησιακών δυσκολιών. Η Δεύτερη Σειρά περιλαμβάνει εννέα εκδόσεις και σε κάθε έκδοση χρησιμοποιούνται μόνο δύο ψηφία. Χρησιμοποιείται πάντοτε το ψηφίο 0 και ένα από τα υπόλοιπα εννέα ψηφία. Σε κάθε φύλλο είναι τυπωμένοι 399 χαρακτήρες σε 19 στίχους και ο κάθε στίχος περιλαμβάνει 21 χαρακτήρες. Σε κάθε έκδοση έχουν σχεδιαστεί εξήντα διαφορετικές δοκιμασίες. Κάθε δοκιμασία περιλαμβάνει μία τουλάχιστο δραστηριότητα. Η κάθε δραστηριότητα απαιτεί την κατοχή και χρησιμοποίηση τουλάχιστον τριών μονάδων πληροφοριών για την εκπλήρωσή της. Οι περισσότερες δοκιμασίες χρησιμοποιούνται για τη λειτουργική αποκατάσταση των δυσλειτουργιών της μάθησης (Καραπέτσας, 1988).

Η πρώτη έκδοση της Δεύτερης Σειράς απαρτίζεται από τα ψηφία του δυαδικού (βλ. Πίνακα 1) συστήματος αρίθμησης (0, 1) και χρησιμοποιήθηκε από τον Ιανουάριο μέχρι και το Δεκέμβριο του 1996 πειραματικά σε 27 μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες. Τα αποτελέσματα

της πρώτης εφαρμογής κρίθηκαν ικανοποιητικά. Από τον Ιανουάριο μέχρι και το Μάιο του 1997 χορηγήθηκε σε 102 (βλ. Α΄ Παράρτημα) παιδιά ηλικίας από εννέα έως δώδεκα ετών, που προέρχονται από τη Θεσσαλία, τη Φθιώτιδα και τη Φωκίδα. Από το Σεπτέμβριο του 1997 χρησιμοποιείται στο Εργαστήριο Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Ε. Ν. Π. Θ.) ως μέσο διερεύνησης της μαθηματικής συμπεριφοράς των μαθητών και ονομάζεται *Κριτήριο Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικοκινητικής Ανίχνευσης Αριθμών*. Χορηγείται σε προγράμματα αντιμετώπισης και θεραπείας των μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά και των διαταραχών της προσοχής σε παιδιά σχολικής ηλικίας.

Το θεωρητικό πλαίσιο του Κριτηρίου

Το Κριτήριο είναι μη γλωσσικό και απαρτίζεται από ψηφία τα οποία χρησιμοποιούνται για τη γραφή των αριθμών και είναι στα παιδιά γνωστά από νωρίς, ίσως και πριν από τη φοίτησή τους στο σχολείο (Flavell, 1985. Gelman, 1978. Hughes, 1995). Οι δοκιμασίες που συνθέτουν το Κριτήριο προϋποθέτουν την κατοχή βασικών δεξιοτήτων (Αλεξόπουλος, 1999) που είναι κτήμα των περισσότερων παιδιών, αλλά δεν χρησιμοποιούνται πάντοτε με επιτυχία (Carragher et al., 1985). Οι δεξιότητες αναφέρονται (Hayes, 1994): α) στη θέση και κίνηση (προσανατολισμός) στο χώρο: *προηγούμενος, επόμενος, οριζόντια, κάθετα, οριζόντιος, κάθετος*, β) στην ομοιότητα (ταυτότητα) ή τη διαφορά: *όμοιος /-ο, διαφορετικός /-ό , μεγαλύτερος, μικρότερος*, γ) στη διαδικασία (τρόπο) επισήμανση : *να υπογραμμίσεις, να κυκλώσεις, να επισημάνεις*, δ) στην αναγνώριση και οργάνωση των αριθμών: *κύκλωσε τον αριθμό 111, υπογράμμισε τον αριθμό 111*, ε) στα ανοικτά- κλειστά προβλήματα παραγωγής πολυψήφιων αριθμών: *να κυκλώσεις το μεγαλύτερο αριθμό σε αξία*, στ) στην ικανότητα εστίασης και μεταβολής της ελεγχόμενης προσοχής και, στ) στη βραχυπρόθεσμη και

μακροπρόθεσμη μνήμη. Οι μαθησιακές δυσκολίες εκδηλώνονται συνήθως με διαταραχή σε αυτές τις δεξιότητες. Ειδικότερα, εκδηλώνονται με σύγχυση στην κατεύθυνση (Chinn & Ashcroft, 1993), έλλειψη κατανόησης και αδυναμία εφαρμογής μαθηματικών εννοιών (Kosc, 1974), οπτικο-αντιληπτικές δυσκολίες (Chinn & Ashcroft, 1993. Καραπέτσας, 1999), ελλείμματα στη βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη μνήμη (Luria, 1973) και προβλήματα στις ακολουθίες (Sharma, 1986).

Οι απλές ακολουθίες: «ανεβαίνω από το 0 ως το δέκα», «κατεβαίνω από το 10 ως το 0» με χρήση της αριθμογραμμής ή και χωρίς αυτή εμπεριέχουν στοιχεία κίνησης και θέσης στο χώρο (προσανατολισμού) και στις πρώτες τάξεις οι ασκήσεις αυτές καλύπτουν σημαντικό τμήμα των διδακτικών στόχων. Ο Luria (1980) χρησιμοποίησε στις έρευνές από τα συστήματα αρίθμησης το ρωμαϊκό και ινδοαραβικό για διαγνωστικούς σκοπούς, καθώς και ακολουθίες με συγκεκριμένους βαθμούς δυσκολίας, αλλά και ο Hécaen (1961) χρησιμοποίησε το ινδοαραβικό. Η νοερή και η γραπτή αρίθμηση, η πράξη της πρόσθεσης και της αφαίρεσης στηρίζονται κατά κύριο λόγο στη θέση και κίνηση (προσανατολισμό) στο χώρο, στην κυλινδρική μορφή των αριθμών, αλλά και στη βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη μνήμη.

Οι ηλικιακές ομάδες χορήγησης

Το Κριτήριο έχει χορηγηθεί σε μαθητές που καλύπτουν το φάσμα των ηλικιών από εννέα έως δεκατριών ετών. Πρόκειται να χορηγηθεί σε μαθητές ηλικίας μέχρι δεκαπέντε ετών. Οι μαθητές της Δ' τάξης που είναι εννέα ετών και άνω αποτελούν και το κατώφλι των ηλικιακών ομάδων στις οποίες είναι δυνατό να χορηγηθεί το Κριτήριο.

Τα στοιχεία του Κριτηρίου και η έρευνα

Τα θέματα τα οποία αφορούν τη μορφή και το περιεχόμενο του Κριτηρίου, τη

διαδικασία χορήγησης των δοκιμασιών του, την αξιολόγηση των δεδομένων του και τη βαθμονόμηση των δοκιμασιών, προς αποφυγή επικαλύψεων και άσκοπων επαναλήψεων παρουσιάζονται αναλυτικά στη *Μεθοδολογία* και τα υπόλοιπα θα παρουσιαστούν στα κεφάλαια της *Συζήτησης* και των *Συμπερασμάτων - Παιδαγωγικών Παρεμβάσεων*.

2. ΣΚΟΠΟΣ – ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Η παράθεση των βιβλιογραφικών δεδομένων στην έκταση που έλαβε επιτρέπει την επισήμανση και το σχολιασμό αρκετών σημαντικών σημείων. Από τη μία πλευρά οι μαθηματικές έννοιες και οι δεξιότητες θεωρούνται αναπόσπαστα συστατικά της ζωής μας (Keller & Sutton, 1991) που επιπλέον, φαίνεται πως εξελίσσονται σύμφωνα με το ρυθμό της ζωής μας (Luria, 1978) και τις ανάγκες της. Η αξία τους (Hadamard, 1954) για τη ζωή του ανθρώπου επισημαίνεται και από τη διαπίστωση ότι από τη βρεφική ηλικία παρουσιάζονται ποσοτικές δεξιότητες (Gelman, 1972, 1978). Ειδικά, τα βρέφη 6 έως 9 μηνών έχουν σχετική ιδέα του αριθμού (Flavell, 1985), στο βαθμό που μπορούν να διακρίνουν το πλήθος των αντικειμένων μεταξύ δύο μικρών ομάδων. Αργότερα, στη νηπιακή ηλικία χρησιμοποιούν με αυξανόμενο ρυθμό αριθμητικές έννοιες και αριθμητικά μεγέθη ανάλογα με το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον στο οποίο ζουν. Το δεύτερο σημείο αυτής της πλευράς αφορά στο ρυθμό με τον οποίο πολλαπλασιάζονται οι απαιτήσεις ένταξης αριθμητικών μεγεθών και συμβόλων στη ζωή μας.

Οι καθημερινές δραστηριότητες των παιδιών και των ενηλίκων απαιτούν στα πλαίσια της εργασίας και της ζωής τους ολοένα και περισσότερες μαθηματικές δεξιότητες και γνώσεις. Και ο ρόλος των μαθηματικών διαμόρφωσε και διαμορφώνει δυναμικό χαρακτήρα (Crombie, 1979. Γουδέλη, 1977. Eves, 1981. Neugebauer, 1957). Επισημαίνονται μόνο δύο χαρακτηριστικά φαινόμενα: Αφενός το πλήθος των αριθμών που χρησιμοποιεί ένας ενήλικας στις συναλλαγές του, τους οποίους συχνά χρησιμοποιεί από μνήμης και αφετέρου τον αριθμό του τηλεφώνου που υποχρεούται να μαθαίνει αρκετά νωρίς ένα νήπιο προκειμένου να επικοινωνεί με τους γονείς ή συγγενικά πρόσωπα. Για το λόγο αυτό τα τελευταία χρόνια δίνεται έμφαση (Cockcroft, 1982) στα πλαίσια της εκπαίδευσης στους μηχανισμούς ανασυγκρότησης στη διδασκαλία των μαθηματικών (Keller & Sutton, 1991). Παράλληλα, αυξάνουν οι φωνές που ζητούν την ενδυνάμωση των κύκλων των μαθημάτων που περιλαμβάνουν τα μαθηματικά στα αναλυτικά προγράμματα. Η εμφάνιση των

μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά είναι ένα πρόβλημα που δεν μπορεί να αγνοηθεί, έστω και αν δεν έχει την ένταση και τη συχνότητα των μαθησιακών δυσκολιών της αναγνωστικής δεξιότητας και του γραπτού λόγου και συγκεντρώνει παράλληλα κοινωνική αποδοχή.

Από την άλλη πλευρά οι έρευνες που αφορούν στη μελέτη των μαθησιακών διαταραχών στα μαθηματικά έχουν μακρά πορεία, επειδή από την εποχή της φρενολογίας επιχειρήθηκε από τους Gall και Spurzheim να επισημανθούν τα εγκεφαλικά πεδία (Levin et al., 1995) που είναι υπεύθυνα για την υπολογιστική ικανότητα. Μάλιστα, οι παρατηρήσεις του Broca (1824-1880) και του Wernicke ανοίγουν το δρόμο στη νευροψυχολογία, για τη μελέτη των δεξιοτήτων και των διαταραχών και τη συσχέτισή τους με συγκεκριμένα πεδία του εγκεφάλου (Rourke & Conway, 1997). Οι μελέτες του Piaget (1952a, 1952b), του Luria (1973, 1980) όπως, επίσης, του Hécaen (1962) και του Rourke (1975) προώθησαν σημαντικά τη μελέτη της μαθηματικής σκέψης και των δυσλειτουργιών της στα παιδιά και τους ενήλικες. Είναι αληθές, επίσης, πως τα πορίσματα που προέκυψαν από τη μελέτη της μαθηματικής συμπεριφοράς των ενηλίκων που έχουν τραύματα στον εγκέφαλο δεν είναι δυνατό να γενικευθούν στα παιδιά, επειδή είναι αδύνατο να ισχύσει πλήρως η αναλογική θεωρία. Υπάρχουν, όμως, αρκετά στοιχεία τα οποία αφενός παρουσιάζουν με ακρίβεια τη δομή της μαθηματικής ικανότητας και δυσλειτουργίας και αφετέρου προσανατολίζουν τις μελλοντικές νευροψυχολογικές και νευροφυσιολογικές έρευνες. Το δεύτερο σημείο αυτής της πλευράς αφορά στην έκταση των μελετών των μαθηματικών.

Οι μελέτες που αφορούν τις διαταραχές των μαθηματικών είναι μικρής έκτασης συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες άλλων ακαδημαϊκών περιοχών. Επιπλέον, οι έρευνες που αφορούν τη μελέτη των επίκτητων διαταραχών στα μαθηματικά, την αναριθμησία, σε σχέση με τις έρευνες που αφορούν την αναπτυξιακή διαταραχή της μαθηματικής ικανότητας, τη δυσαριθμησία, είναι πολύ περισσότερες (Rourke & Conway, 1997). Επομένως, οι μελέτες που αφορούν τις εξελικτικές διαταραχές των μαθηματικών είναι περιορισμένες και απαιτείται μία ώθηση προς αυτή την κατεύθυνση. Όπως προκύπτει και από τον ορισμό που έδωσε ο Kosc (1974) για τη

δυσαριθμησία η επισήμανση των διαταραχών προκύπτει από το σαφή προσδιορισμό των δυνατοτήτων και των επιτευγμάτων κάθε ηλικίας και στον τομέα αυτό δεν έχουν γίνει συστηματικές έρευνες.

Η ακαδημαϊκή συμπεριφορά του μαθητή φαίνεται πως έχει αρκετά σταθερά χαρακτηριστικά, τα οποία και προσδιορίζουν τη στάση του στο σχολείο και στη μάθηση γενικότερα. Άλλωστε, η συμπεριφορά δεν είναι τυχαία, αποτελεί την έκφραση της δραστηριότητας και συνεργασίας οργανικών και λειτουργικών συστημάτων. Τα όρια των γνωστικών διαφορών που παρατηρούνται μεταξύ των μαθητών πρέπει να αποδοθούν σε διαφορετική εγκεφαλική δομή και οργάνωση (Martin, 1986) και σε διαφορετικό τρόπο συνεργασίας αυτών των συστημάτων. Από όσα συνολικά έχουν αναφερθεί και από όσα επισημάνθηκαν διαμορφώνεται και διατυπώνεται η υπόθεσή μας.

Η βασική υπόθεσή μας είναι ότι δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της οργάνωσης του εγκεφάλου προσδιορίζουν και διαμορφώνουν τα σταθερά όρια των επιτεύξεων σε κάθε δραστηριότητα της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Αυτά τα δομικά και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της εγκεφαλικής οργάνωσης είναι δυνατό να επισημανθούν με τη βοήθεια των σύγχρονων νευροφυσιολογικών τεχνικών και ιδιαίτερα των γνωσιακών (Τριανταφύλλου, 1994), αλλά και με κριτήρια αξιολόγησης της μαθηματικής συμπεριφοράς. Ειδικότερα, η νευροφυσιολογική τεχνική του P300 και το Κριτήριο Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικο-κινητικής Ανίχνευσης Αριθμών είναι κατάλληλα μέσα και δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε ανάλογη έρευνα.

Η νευροφυσιολογική τεχνική του P300 κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της επιτρέπει την εμφάνιση αυθεντικής μαθηματικής λειτουργίας με την κωδικοποίηση των ήχων στόχων, τη διαφοροποίησή τους από τους ήχους μη-στόχους και το νοερό υπολογισμό τους. Επιπλέον, το Κριτήριο περιέχει δοκιμασίες πρωτότυπες που στοχεύουν στον προσδιορισμό των βασικών δομικών στοιχείων της μαθηματικής ικανότητας ή και της δυσλειτουργίας της.

Η βασική υπόθεση θα επαληθευθεί ή θα απορριφθεί κατά τη διαδικασία ελέγχου σύμφωνα με

τη Μεθοδολογία που περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο. Επιπλέον, τρεις επιμέρους υποθέσεις, υποβάλλουμε στη διαδικασία του ελέγχου, που είναι και θεμελιώδες στοιχείο της επιστήμης (Αλεξόπουλος, 1998a):

1. Η μαθηματική ικανότητα ή η δυσλειτουργία σχετίζεται με χαρακτηριστικά της οργάνωσης και της λειτουργίας του εγκεφάλου, τα οποία προσδιορίζονται από τη νευροφυσιολογική τεχνική του P300 και από το Κριτήριο.
2. Η εξέλιξη της μαθηματικής ικανότητας έχει προοδευτικό χαρακτήρα και σχετίζεται με την ηλικία και τη φοίτηση.
3. Οι διαφορές στη μαθηματική ικανότητα μεταξύ των φύλων καταγράφουν τάσεις.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΔΕΙΓΜΑ

Η έρευνα περιλάμβανε δύο φάσεις, σύμφωνα με τη μεθοδολογία που ακολουθείται διεθνώς σε ανάλογες περιπτώσεις (Αλεξόπουλος, 1998a. Javeau, 1996), την προπαρασκευαστική κατά την οποία μελετήθηκε ο τρόπος χορήγησης του Κριτηρίου ομαδικά και την κύρια η οποία κάλυψε όλο το δείγμα. Στην έρευνα της προπαρασκευαστικής φάσης, το δείγμα προήλθε από το 8^ο Δημοτικό Σχολείο Λαμίας με την τεχνική της απλής τυχαίας δειγματοληψίας (simple random sampling), χωρίς επανατοποθέτηση, για να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα του μαθητικού πληθυσμού (Javeau, 1996. Κατσίλης, 1997). Αρχικά κληρώθηκε το σχολείο που προαναφέρθηκε μεταξύ όλων των πολυθέσιων σχολείων του νομού Φθιώτιδας. Έλαβαν μέρος συνολικά 89 μαθητές, όλων των τμημάτων των τάξεων Δ', Ε' και Στ' και συγκεκριμένα 48 αγόρια και 41 κορίτσια. Η έρευνα της προπαρασκευαστικής φάσης διευκόλυνε αρκετά τη φάση διεξαγωγής της κύριας έρευνας. Κατά τη φάση αυτή οριστικοποιήθηκε το πρωτόκολλο χορήγησης των δοκιμασιών, για να διασφαλιστεί η εξωτερική εγκυρότητα της έρευνας, σύμφωνα με την περιγραφή που ακολουθεί στην ενότητα «*Διαδικασία-Τρόπος Εφαρμογής*».

Στη φάση της κύριας έρευνας το δείγμα προήλθε από τα δημοτικά σχολεία: 6^ο Βόλου του νομού Μαγνησίας, 6^ο και 14^ο Λαμίας, Μεγάλης Βρύσης του Δήμου Λαμιέων, και Μώλου Λοκρίδας, του νομού Φθιώτιδας. Τα δημοτικά σχολεία 6^ο Βόλου, 6^ο και 14^ο Λαμίας είναι αστικά, της Μεγάλης Βρύσης ημιαστικό και του Μώλου Λοκρίδας αγροτικό. Το 6^ο Δημοτικό Σχολείο Βόλου κληρώθηκε μεταξύ των δημοτικών σχολείων του νομού Μαγνησίας και τα υπόλοιπα σχολεία κληρώθηκαν μεταξύ των δημοτικών σχολείων του νομού Φθιώτιδας, χωρίς επανατοποθέτηση του 8^{ου} Δ. Σ. Λαμίας. Το δείγμα συγκροτήθηκε από 376 μαθητές, 188 αγόρια και 188 κορίτσια και είχε ως προς το φύλο και την τάξη τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: 58 αγόρια Δ', 58

κορίτσια Δ', 65 αγόρια Ε', 65 κορίτσια Ε', 65 αγόρια Στ' και 65 κορίτσια Στ'.

Προχωρήσαμε στην επιλογή του δείγματος, από το σύνολο των 481 μαθητών των τάξεων Δ', Ε' και Στ' που συμμετείχε στη χορήγηση όλων των δοκιμασιών, σε δύο φάσεις. Σε πρώτη φάση, αποκλείσαμε αυτούς που δεν κάλυπταν τις βασικές προϋποθέσεις που είχαμε θέσει: *δεν είχαν λάβει μέρος και στις πέντε δοκιμασίες, δεν γνώριζαν καλά Ελληνικά, είχαν επαναλάβει τάξη, και είχαν ηλικία που δεν αντιστοιχούσε στην ηλικία των μαθητών της τάξης φοίτησής τους.* Όλες τις βασικές προϋποθέσεις τις εκπλήρωναν μόνο 454 μαθητές, 236 αγόρια και 218 κορίτσια των τάξεων Δ', Ε', και Στ'. Η σύνθεση των ομάδων, όπως διαμορφώθηκε μετά τον αποκλεισμό των 37 μαθητών, έπασχε από έλλειψη ισαριθμίας μεταξύ των φύλων στις τάξεις Ε' και Στ' και μεταξύ όλων των τάξεων.

Η έλλειψη ισάριθμων ομάδων αντιμετωπίστηκε σε δεύτερη φάση. Παρατηρήσαμε κατά τη συλλογή των στοιχείων μία αξιοπρόσεκτη μείωση του αριθμού των μαθητών ανά τάξη, την οποία και επισημαίνουμε. Αυτή η αριθμητική μείωση περιορίζεται κάπως με την εγγραφή και φοίτηση αλλοδαπών και ομογενών μαθητών. Η τελική μείωση του αριθμού των μαθητών της Δ' τάξης ως προς τους μαθητές των τάξεων Ε' και Στ' προσεγγίζει το επίπεδο του 10-15%.

Κατά τη συγκρότηση των έξι ομάδων του τελικού δείγματος των 376 μαθητών λάβαμε υπόψη μας τη μείωση που προαναφέραμε. Συγκροτήσαμε ισάριθμες ομάδες κατά φύλο, ανάλογες κατά τάξη και συγκεκριμένα ως προς τις τάξεις Δ' και Ε', Δ' και Στ'. Τους μαθητές που συγκροτούσαν το υπεράριθμο τμήμα κάθε ομάδας τους αποκλείσαμε στη δεύτερη φάση.

Για τον αποκλεισμό των υπεραριθμών ακολουθήσαμε τη διαδικασία της τυχαίας επιλογής: *ανοίγαμε ένα πολυσέλιδο βιβλίο σε τυχαίο τμήμα του, εντοπίζαμε το πρώτο γράμμα της πρώτης λέξης της πρώτης σειράς της σελίδας που βρίσκεται δεξιά και, με βάση αυτό το γράμμα, διαγράφαμε από την κατάσταση των αγοριών της Ε' τάξης το επώνυμο του μαθητή που ήταν πρώτο στην κατάσταση και άρχιζε με αυτό το γράμμα. Σε περίπτωση που δεν υπήρχε μαθητής που το επώνυμό του να αρχίζει με το αυτό το γράμμα, εντοπίζαμε το δεύτερο γράμμα και ακολουθούσαμε την ίδια διαδικασία. Αν και*

πάλι δεν υπήρχε μαθητής, εντοπίζαμε το τρίτο γράμμα και ακολουθούσαμε την ίδια διαδικασία (Γεώργας, Παρασκευόπουλος, Μπεζεβέγκης, Γιαννίτσας, 1997). Χρησιμοποιώντας κάθε φορά διαφορετικό βιβλίο για κάθε ομάδα ανά φύλο και τάξη (Ε', Στ') διαγράψαμε και τα υπόλοιπα πλεονάζοντα τμήματα. Επιδιώξαμε την τυχαία δειγματοληψία, όσο αυτό ήταν δυνατό, για να αποκλείσουμε τον κίνδυνο δειγματοληπτικών σφαλμάτων (Κατσίλης, 1998), σύμφωνα πάντα με τις αρχές της δειγματοληψίας.

Από το σύνολο των 376 μαθητών κληρώσαμε το 10%, δηλαδή 38 μαθητές και 8 αναπληρωματικούς. Οι μαθητές αυτοί συγκρότησαν το δείγμα, το οποίο έλαβε μέρος στη νευροφυσιολογική εξέταση με την τεχνική των προκλητών δυναμικών, στο Εργαστήριο Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Ειδικότερα, μεταξύ των μαθητών που σημείωσαν τη μεγαλύτερη επίδοση στην πρώτη δοκιμασία, κληρώσαμε 19 μαθητές και 4 αναπληρωματικούς και, μεταξύ των μαθητών που απέτυχαν πλήρως στην πρώτη δοκιμασία, κληρώσαμε ακόμη 19 μαθητές και 4 αναπληρωματικούς.

Το δείγμα συμπληρώνουν ακόμη 17 μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες (Μ.Δ.). Τα δεδομένα από τη συμμετοχή τους στις δοκιμασίες του Κριτηρίου και από τη νευροφυσιολογική εξέταση του P300 αιτιολογούν την ερμηνεία και τη συνεξέτασή τους κατά την ανάλυση και μελέτη όλων των στατιστικών δεδομένων.

Με στόχο τον επαρκή προσδιορισμό λειτουργικών χαρακτηριστικών της οργάνωσης του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια νοερού υπολογισμού και την πληρέστερη κατανόηση αυτών των λειτουργικών χαρακτηριστικών, χορηγήσαμε επιλεγμένα ερεθίσματα. Αυτό αφορά τόσο το Κριτήριο Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικο-κινητικής Ανίχνευσης Αριθμών όσο και τα ερεθίσματα κατά την εξέταση με τεχνική του P300. Στη μελέτη των δεδομένων συμπεριλάβαμε και στοιχεία μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες.

Πίνακας 1
 Κριτήριο αξιολόγησης της προσοχής και της οπτικο-κινητικής αντίχνευσης

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

3.2 ΜΕΣΑ

Ως μέσο αξιολόγησης της μαθηματικής συμπεριφοράς των μαθητών χρησιμοποιήσαμε: *Το Κριτήριο Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικο-κινητικής Ανίχνευσης Αριθμών*, το οποίο χορηγούμε στο Εργαστήριο Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Ε. Ν. Π. Θ.) σε προγράμματα αντιμετώπισης και θεραπείας των μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά και σε διαταραχές της προσοχής σε παιδιά σχολικής ηλικίας. Απαρτίζεται από τα ψηφία του δυαδικού συστήματος αρίθμησης (0, 1), τα οποία κατανέμονται σε 19 σειρές και σε κάθε σειρά 21 ψηφία (βλ. Πίνακα 1).

Στο έντυπο του Κριτηρίου είναι κατανεμημένα με ορισμένη διάταξη τα 399 ψηφία. Με βάση αυτή τη διάταξη εφαρμόζονται δοκιμασίες παραγωγής πολυψήφιων αριθμών, εντοπισμού δεδομένων αριθμών, επισήμανσης όμοιων και διαφορετικών αριθμών (μονοψήφιων ή πολυψήφιων), επισήμανσης των μεγαλύτερων και μικρότερων αριθμών από δεδομένο αριθμό. Στα θεραπευτικά προγράμματα της αντιμετώπισης των μαθησιακών δυσκολιών και των διαταραχών της προσοχής χρησιμοποιούνται σχεδόν και οι 60 δοκιμασίες που έχουν σχεδιαστεί. Στις περιπτώσεις αξιολόγησης της μαθηματικής συμπεριφοράς των μαθητών αρκούν οι πέντε πρώτες για να επισημανθούν ικανότητες ή δυσλειτουργίες της μαθηματικής σκέψης

Οι πέντε πρώτες δοκιμασίες του Κριτηρίου περιλαμβάνουν τις ακόλουθες δραστηριότητες: «Να διαγράψεις τον αριθμό που είναι όμοιος με τον προηγούμενό του» (βλ. Πίνακα 2). «Να διαγράψεις τον αριθμό που είναι διαφορετικός από τον προηγούμενό του» (βλ. Πίνακα 3). «Να κυκλώσεις μία φορά τον αριθμό εκατόν έντεκα και να κυκλώσεις τον αριθμό που έχει τη μεγαλύτερη αξία και σχηματίζεται από το ίδιο ψηφίο» (βλ. Πίνακα 4). «Να κυκλώσεις τον αριθμό εκατόν έντεκα, όσες φορές τον αναγνωρίζεις να σχηματίζεται οριζόντια» (βλ. Πίνακα 5). «Να κυκλώσεις τον αριθμό εκατόν έντεκα, όσες φορές τον αναγνωρίζεις να σχηματίζεται κάθετα» (βλ.

Πίνακα 6). Από τις δοκιμασίες, η 1^η και η 2^η έχουν στοιχεία θέσης και κίνησης στο χώρο (προσανατολισμού), ομοιότητας ή διαφοράς, διαδικασίας, απαιτούν εστίαση της προσοχής, βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη μνήμη και την επιλογή μονοψήφιου ή πολυψήφιου αριθμού. Η 3^η έχει στοιχεία οργάνωσης και αναγνώρισης μαθηματικών εννοιών, διαδικασίας και των ανοικτών-κλειστών προβλημάτων και απαιτεί βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη μνήμη. Η 4^η και 5^η έχουν στοιχεία θέσης και κίνησης στο χώρο (προσανατολισμού), διαδικασίας, απαιτούν εστίαση της προσοχής, βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης μνήμη, σύμφωνα με την ανάλυση των μαθηματικών ικανοτήτων (Kosc, 1974. Luria, 1980). Κάθε μία δοκιμασία έχει σχεδιαστεί από την αρχή να είναι προοδευτικής δυσκολίας και να ενθαρρύνει αρκετά το μαθητή όπως απαιτείται στη χορήγηση των δοκιμασιών (Αλεξόπουλος, 1998a).

Η 1^η δοκιμασία απαιτεί την κατοχή τεσσάρων μονάδων πληροφοριών: διαγράφων, όμοιος, αριθμός, προηγούμενος. Η 2^η δοκιμασία απαιτεί την κατοχή τεσσάρων μονάδων πληροφοριών: διαγράφων, διαφορετικός, αριθμός, προηγούμενος. Η 3^η δοκιμασία απαιτεί την κατοχή δέκα μονάδων πληροφοριών: κυκλώνω, μία, φορά, αριθμός, 111, μεγαλύτερος, αξία, σχηματίζομαι, ίδιος, ψηφίο. Η 4^η δοκιμασία απαιτεί την κατοχή επτά μονάδων πληροφοριών: κυκλώνω, αριθμός, 111, φορές, αναγνωρίζω, σχηματίζομαι, οριζόντια. Η 5^η δοκιμασία απαιτεί την κατοχή επτά μονάδων πληροφοριών: κυκλώνω, ο αριθμός, 111, φορές, αναγνωρίζω, σχηματίζομαι, κάθετα. Είναι απαραίτητο να τονισθεί πως το πλήθος των πληροφοριών δεν επιφέρει απαραίτητα δυσκολίες τόσες όσες οι έννοιες που συγκροτούν την κάθε μονάδα πληροφορίας.

Οι νευροφυσιολογικές μετρήσεις στους 38 μαθητές πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με τη χρήση ενός δίαυλου συστήματος Η/Υ σύγχρονης τεχνολογίας (Σεπτέμβριος 1997) της Nicolet Biomedical (Bravo). Το σύστημα περιλαμβάνει τον ερεθιστή, τους ενισχυτές σημάτων, τα φίλτρα αποκοπής συχνοτήτων, τα ηλεκτρόδια, το κατάλληλο λογισμικό για τη λήψη μετρήσεων και την επεξεργασία των δεδομένων. Ο χώρος στον οποίο λειτουργεί το μηχάνημα και γίνεται η καταγραφή είναι σκοτεινός και

μονωμένος από εξωτερικούς θορύβους, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που καλύπτουν αυτές τις εξετάσεις (Γκούμας, 1998). Τα παράσιτα (artifacts) που εμφανίζονται από συσκευές, οθόνες, Η/Υ και λαμπτήρες απορρίπτονται από το σύστημα καταγραφής με ειδικά φίλτρα.

Με τη βοήθεια φίλτρων αποκόπτονται επίσης και σήματα ορισμένης ζώνης συχνοτήτων, που είναι γνωστά με το όνομα παράσιτο των 50 Hz ή βιομηχανικό παράσιτο ή ρεύμα πόλης. Οι νευροφυσιολογικές καταγραφές αφορούν στο γνωσιακό προκλητό δυναμικό P300. Το P300 είναι ενδογενές ή γνωσιακό ή προκλητό δυναμικό συνδεδεμένο με βίωμα. Χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα στοιχεία (Τριανταφύλλου, 1994):

1. Το μεγάλο λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης (μεγαλύτερο από 100 msec).
2. Από την ανεξαρτησία του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης και του ύψους από τις φυσικές ιδιότητες του ερεθίσματος.
3. Από την παραγωγή του, κατά τη διάκριση του ερεθίσματος (στόχος) από τα ερεθίσματα (μη στόχοι).
4. Από την εκλεκτική προσοχή που προσδιορίζει την έλκυση του εξεταζόμενου προς το ερέθισμα (στόχο).
5. Από τις διαφορές ή και την έλλειψη των ήχων σε μία αλληλουχία ήχων, όταν η έλλειψη του διαφορετικού ήχου είναι πληροφορία.

Αυτή η μορφή της εξέτασης αφορά σε διαδικασίες που σχετίζονται με την κατανόηση και επεξεργασία του ερεθίσματος και συναρτάται απόλυτα με το σχεδιασμό του ερευνητή. Η μεγάλη τελειοποίηση των ηλεκτροφυσιολογικών τεχνικών, των συσκευών ερεθισμού και καταγραφής καθώς και της εισαγωγής των ηλεκτρονικών υπολογιστών είχε ως αποτέλεσμα την αυξανόμενη χρήση της καταγραφής των προκλητών δυναμικών στη διάγνωση (Walton, 1996). Η αναγνώριση των κυματομορφών του P300, όπως άλλωστε και όλων των άλλων γνωσιακών προκλητών δυναμικών, επιτυγχάνεται συννηθέστερα με τη μέθοδο της αλγεβρικής άθροισης του μέσου όρου (averaging). Τα τελευταία χρόνια τα γνωσιακά προκλητά δυναμικά χρησιμοποιούνται ερευνητικά

όλο και περισσότερο με σκοπό τη μελέτη των μηχανισμών που αποτελούν τη βάση των ανώτερων φλοιικών λειτουργιών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήσαμε το δημοφιλέστερο από τα γνωσιακά προκλητά δυναμικά (Τριανταφύλλου, 1994), το P300, το οποίο παράγεται όταν ο εξεταζόμενος καλείται να διακρίνει ανάμεσα σε δύο ερεθίσματα τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους κατά μία διάσταση.

Στη μελέτη προτιμήθηκε η χρησιμοποίηση της νευροψυχολογικής τεχνικής του P300 και ο συνδυασμός των δεδομένων της με τα δεδομένα του Κριτηρίου Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικο-κινητικής Αναγνώρισης Αριθμών, επειδή κατά τη διάρκεια της εξέτασης λαμβάνει χώρα αυθεντική μαθηματική διεργασία με την κωδικοποίηση της παραμέτρου της διαφοράς του ήχου – στόχου από τον ήχο - μη στόχο κατά μία διάσταση και η νοερή καταμέτρησή τους. Ειδικότερα, τα δεδομένα του P300 αλλά και του Κριτηρίου στη φάση της επεξεργασίας των πληροφοριών ενσωματώνουν στις διεργασίες τους, εκτός από την κωδικοποίηση, την αναγνώριση, τη σύγκριση και την επιλογή κατά τη λήψη των αποφάσεων.

Πίνακας 2
 Δοκιμασία 1^η: Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ως ενιαία σειρά

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 3
 Δοκιμασία 2^η: Διαγραφή του διαφορετικού ψηφίου ως ενιαία σειρά

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	4	
1	1	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	4
1	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	4	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	0	0	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	4	0	0	4	1	0	4	1	1	0	0	
4	1	1	1	1	1	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	4	1	1	
0	0	0	4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	
0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 4

Δοκιμασία 3^η: Κύκλωση του αριθμού 111 και του μεγαλύτερου σε αξία αριθμού

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5
 Δοκιμασία 4^η: Οριζόντια κύκλωση του αριθμού 111

1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 6
 Δοκιμασία 5^η: Κάθετη κύκλωση του αριθμού 111

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΤΡΟΠΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στη χορήγηση των δοκιμασιών συμπεριλάβαμε όλους τους μαθητές των τμημάτων για παιδαγωγικούς και ψυχολογικούς λόγους, έστω και αν δεν κάλυπταν τις προϋποθέσεις που θέσαμε. Για το λόγο αυτό, στην πρώτη φάση συγκρότησης του δείγματος, αποκλείσαμε όσους δεν κάλυπταν τις βασικές προϋποθέσεις.

Για τη χορήγηση και των 5 δοκιμασιών απαιτήθηκαν 2 διδακτικές ώρες. Επιλέξαμε να κατανεύουμε το χρόνο αυτό σε 2 διαφορετικές ημέρες. Με την επιλογή αυτή εξασφάλισαμε την πρόθυμη συμμετοχή των διευθυντών των σχολικών μονάδων, των δασκάλων και των μαθητών και αποφύγαμε επιφυλάξεις, αντιρρήσεις, προφάσεις αναβολής στη χορήγηση των δοκιμασιών (Μαρκάκης, 1998). Αποφύγαμε, επίσης, την κόπωση των μαθητών και την αδιάφορη συμμετοχή τους, προϋποθέσεις πολύ σημαντικές για τα δεδομένα της έρευνας. Η κατανόηση των ψυχολογικών χαρακτηριστικών των υποκειμένων της έρευνας (Αστρινάκης, 1998) και των πολιτισμικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος είναι στοιχειώδες χρέος του ερευνητή και συμβάλλει στην επιτυχή εκπλήρωση των στόχων του. Τέλος, με τη στάση μας δεν εμποδίσαμε αισθητά τη λειτουργία των σχολείων, επειδή αποδεχθήκαμε τις ημέρες που πρότειναν οι διευθυντές τους.

Η πολύτιμη εμπειρία που αποκομίσαμε κατά την έρευνα της προπαρασκευαστικής φάσης μας επέτρεψε να συνδυάσουμε τα δεδομένα του πρωτοκόλλου με τις συνθήκες του σχολείου. Στην έρευνα της προπαρασκευαστικής φάσης οριστικοποιήσαμε τη σειρά χορήγησης των δοκιμασιών, τον απαιτούμενο χρόνο για τη χορήγηση της πρώτης σειράς, που τη συγκρότησαν η 1^η, 2^η και 3^η δοκιμασία και της δεύτερης σειράς που τη συγκρότησαν η 4^η και 5^η δοκιμασία, τις προϋποθέσεις προετοιμασίας των μαθητών, την προσέλκυση του ενδιαφέροντός τους και το πλαίσιο ενημέρωσης δασκάλων και γονέων, στις φάσεις της έρευνας που απαιτήθηκε. Στη συγκρότηση των δύο σειρών δοκιμασιών λάβαμε υπόψη μας τον παράγοντα επίδραση της εξέτασης (Αλεξόπουλος, 1998b) και επιδιώξαμε την προσέγγιση του. Διαπιστώσαμε πως ο απαιτούμενος χρόνος για την αξιολόγηση

των δεδομένων και την ποιοτική ανάλυση των στοιχείων ενός φύλλου της 1^{ης} δοκιμασίας, σε αρκετές περιπτώσεις, ήταν σημαντικής διάρκειας.

Η ημερομηνία χορήγησης των δοκιμασιών προσδιοριζόταν με τη συνεργασία του διευθυντή του σχολείου και του δασκάλου της τάξης. Στην ενημέρωση των δασκάλων τονίζαμε πως θα χορηγήσουμε στους μαθητές ένα Κριτήριο με δοκιμασίες που προσδιορίζουν στοιχεία του νοητικού δυναμικού των μαθητών και όχι του γνωστικού δυναμικού τους. Τονίσαμε εμφατικά πως δε μελετούμε την επίδοσή των μαθητών ούτε την απόδοσή τους στην τάξη.

Οι δοκιμασίες στο εργαστήριο χορηγούνται ατομικά και με σταθερή σειρά. Όταν η χορήγηση έχει θεραπευτικό στόχο, περιλαμβάνει μόνο μία σε κάθε συνεδρία. Όταν η χορήγηση στοχεύει στη μελέτη της μαθηματικής συμπεριφοράς των μαθητών, συμπεριλαμβάνονται κατά κανόνα οι τρεις πρώτες σε μια συνεδρία και οι δύο επόμενες στην επόμενη συνεδρία. Η διαδοχική χορήγηση των δοκιμασιών καλύπτεται σε περίπου 90 λεπτά. Μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά χρειάζονται περίπου 2 ώρες και 30 λεπτά και απαιτούνται τρεις συνεδρίες.

Στην πρώτη επαφή μας με τους μαθητές των τμημάτων επιδιώκαμε μία συζήτηση για λίγο χρόνο μαζί τους σε θέματα γνωστά και οικεία σε όλους. Αποσκοπούσαμε στην ενθάρρυνσή των μαθητών, στην εξοικείωση τους μαζί μας, στην εξοικείωση τους με τις έννοιες που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε, στην εξασφάλιση ενός ικανοποιητικού βαθμού ετοιμότητας για τη συμμετοχή τους στην έρευνα και σε σχέσεις εμπιστοσύνης. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιείται (Gelman, 1972) ως μέθοδος εξοικείωσης προκειμένου να εξασφαλισθεί ένας ικανοποιητικός βαθμός ετοιμότητας και συνεργασίας (Friedenberg, 1995).

Διαμορφώνεται το κατάλληλο κλίμα και διευκολύνεται ο διάλογος με τις ακόλουθες στερεότυπες ερωτήσεις, οι οποίες εμπλουτίζονται κατά περίπτωση και με βάση την ανταπόκριση των μαθητών. Έγραφαν όλοι οι μαθητές τις απαντήσεις στο πρόχειρο και ένας τη διάβαζε:

- Τι μέρα είναι σήμερα παιδιά;
- (Κάποιος μαθητής απαντούσε:) Τρίτη.

- Η προηγούμενη ποια μέρα ήταν;
- (Απαντούσε άλλος μαθητής:) Δευτέρα.
- Τι μήνα έχουμε;
- (Κάποιος άλλος μαθητής απαντούσε:) Μάρτιο.
- Ποιος ήταν ο προηγούμενος μήνας;
- (Ένας άλλος μαθητής απαντούσε:) Φεβρουάριος.
- Τι σημαίνει διαγράφο;
- (Κάποιος μαθητής απαντούσε:) Σβήνω.
- (Άλλος μαθητής απαντούσε:) Τραβάω γραμμή για να επισημαίνω ένα σύμβολο ή μήνυμα.

Οι ερωτήσεις συνεχίζονταν μέχρι να κατανοήσουν όλοι οι μαθητές, ότι «διαγράφο» σημαίνει πως με μία πλάγια γραμμή επισημαίνω ή ακυρώνω ένα σύμβολο.

- Τι σημαίνει μεγαλύτερη αξία ή καλύτερα από τους αριθμούς 1 και 11 ποιος έχει τη μεγαλύτερη αξία;
- (Κάποιος μαθητής απαντούσε:) Ο αριθμός 11.

Οι ερωτήσεις συνεχίζονται μέχρι να διαπιστωθεί ότι οι μαθητές, γνώριζαν πως «διαγράφο» σημαίνει με μία πλάγια γραμμή επισημαίνω ή ακυρώνω ένα σύμβολο ή μια λέξη. Από τη στιγμή που διαπιστώνεται πως ο μαθητής κατανοεί αυτά που του ζητούνται του δίνεται ένα έντυπο του Κριτηρίου και του υποδεικνύεται να γράψει όλα τα στοιχεία του.

Η διανομή των εντύπων στους μαθητές κατά τη διάρκεια των δυο φάσεων της έρευνας έγινε με ενιαία διαδικασία. Δίναμε σε έναν από τους μαθητές των πρώτων θρανίων μία δεσμίδα με 5-8 έντυπα και του λέγαμε: «Κράτησε το ένα και δώσε τα υπόλοιπα στο διπλανό συμμαθητή / -τριά σου». Όταν διαπιστώναμε πως όλοι οι μαθητές είχαν από ένα έντυπο του Κριτηρίου και ήταν έτοιμοι να εργαστούν στη δραστηριότητα της δοκιμασίας, τους ζητούσαμε να γράψουν το όνομά τους, το επώνυμό τους, την ημερομηνία, το σχολείο, την τάξη και τον αριθμό του τμήματός τους. Μετά τη

συμπλήρωση των στοιχείων από όλους τους προειδοποιούσαμε πως θα τους διαβάσουμε μία δραστηριότητα δύο φορές. Με την ολοκλήρωση της ακρόασης της δραστηριότητας για δεύτερη φορά έπρεπε να αρχίσουν να εργάζονται στο Κριτήριο, στηριζόμενοι σε όσα άκουσαν και κατανόησαν.

Σύμφωνα με το πρωτόκολλο *δεν επιτρέπονται ερωτήσεις από τους μαθητές, παρεμβάσεις, διευκρινίσεις και βοήθεια από τους δασκάλους προς τους μαθητές τους*. Στην 1^η δοκιμασία διαβάσαμε την ακόλουθη δραστηριότητα: *«Να διαγράψεις τον αριθμό που είναι όμοιος με τον προηγούμενό του»*. Όταν τελείωνε η εργασία στο Κριτήριο, με βάση το περιεχόμενο της δραστηριότητας, συγκεντρώναμε τα έντυπα, χωρίς οι μαθητές να σηκωθούν από τη θέση τους. Στην άνω δεξιά γωνία του Κριτηρίου σημειώναμε τον αριθμό, ο οποίος εμφάνιζε τη σειρά ολοκλήρωσης της εργασίας αυτής μεταξύ των μαθητών του τμήματος, όπως επίσης και τον κωδικό της δοκιμασίας. Με την παραλαβή και του τελευταίου Κριτηρίου τους πληροφορούσαμε: *«Από μία πρώτη ματιά φαίνεται πως τα πήγατε καλά. Πιστεύω να τα καταφέρετε το ίδιο καλά και στο επόμενο έντυπο που θα σας δώσω»*. Με τα λόγια αυτά επιδιώκαμε να ενισχύσουμε, με την τεχνική της θετικής ενίσχυσης (positive reinforcement), μια επιθυμητή συμπεριφορά και να αποφύγουμε μία ανεπιθύμητη (Παρασκευόπουλος, 1979).

Στη συνέχεια, δίναμε σε κάποιον άλλο μαθητή των πρώτων θρανίων μία ανάλογη δεσμίδα και του ζητούσαμε να τη μοιράσει με την ίδια διαδικασία που μοιράστηκε και η προηγούμενη. Τους ζητούσαμε, επίσης, να συμπληρώσουν όλα τα στοιχεία τους με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που έγινε και στην 1^η δοκιμασία. Περιμένοντας να ολοκληρώσουν οι μαθητές αυτή τη διαδικασία, ελέγχαμε αν όλοι έγραφαν όλα τα στοιχεία τους.

Πριν τους διαβάσουμε τη δραστηριότητα της 2^{ης} δοκιμασίας, τους διαβεβαιώναμε πως η εργασία με βάση τη δραστηριότητα απαιτούσε λιγότερο κόπο και χρόνο. Στη συνέχεια τους προειδοποιούσαμε πως θα τους διαβάσουμε τη δραστηριότητα δύο φορές και με το τέλος της ακρόασης για δεύτερη φορά έπρεπε να εργαστούν στο φύλλο τους στηριζόμενοι σε όσα άκουσαν

και κατανόησαν. Η δραστηριότητα ήταν: *«Να διαγράψεις τον αριθμό που είναι διαφορετικός από τον προηγούμενό του»*. Ίσχυαν για τη 2^η δοκιμασία οι ίδιες οδηγίες που ίσχυαν και για την 1^η, τόσο κατά τη συμπλήρωση όσο και κατά την παράδοση του Κριτηρίου. Συγκεντρώναμε τα έντυπα με τη σειρά που τέλειωναν οι μαθητές, γράφοντας κατά τον ίδιο τρόπο τον αριθμό της σειράς ολοκλήρωσής τους και τον κωδικό της δοκιμασίας. Με την παράδοση και του τελευταίου Κριτηρίου μοιράζαμε το τρίτο στη σειρά, διαβεβαιώνοντάς τους πως αυτό απαιτούσε ακόμη λιγότερο χρόνο για τη συμπλήρωσή του και ήταν το τελευταίο στο οποίο θα εργάζονταν εκείνη την ημέρα. Πρόθεσή μας ήταν να προλάβουμε την εκδήλωση δυσφορίας και τη διαμόρφωση αρνητικού συναισθήματος εκ μέρους των μαθητών. Η διανομή του Κριτηρίου γινόταν με συγκεκριμένο τρόπο. Τους ζητούσαμε να ενεργήσουν όπως προηγουμένως, γράφοντας τα στοιχεία τους και τους προετοιμάζαμε για την 3^η δοκιμασία.

Ακολούθως τους προειδοποιούσαμε πως θα ακούσουν αυτή τη φορά δύο δραστηριότητες δύο φορές. Με την εκφώνηση της δεύτερης δραστηριότητας για δεύτερη φορά έπρεπε να εργαστούν στο Κριτήριό τους. Η δραστηριότητα ήταν: *«Να κυκλώσεις μία φορά τον αριθμό εκατόν έντεκα και να κυκλώσεις τον αριθμό που έχει τη μεγαλύτερη αξία και σχηματίζεται από το ίδιο ψηφίο»*. Η συμπλήρωση του Κριτηρίου από τους μαθητές, η παραλαβή και η καταγραφή της σειράς γινόταν με ομοιόμορφο πάντοτε τρόπο. Τελειώνοντας, απευθυνόμενοι στους μαθητές, τους εκφράζαμε τις ευχαριστίες μας λέγοντας: *«Θέλω να σας ευχαριστήσω θερμά για τον κόπο που κάνατε συμπληρώνοντας αυτά τα έντυπα. Θα επισκεφθώ το σχολείο σας άλλη μία φορά και θα σας δώσω δύο ακόμη έντυπα, τα οποία θα είναι πιο εύκολα από αυτά στα οποία εργαστήκατε. Για να εκπληρώσετε τα αιτήματα θα χρειαστείτε λιγότερο χρόνο»*.

Πριν από τη δεύτερη επίσκεψή μας επικοινωνούσαμε με τους διευθυντές των σχολικών μονάδων και ορίζαμε την ημέρα χορήγησης των δοκιμασιών. Επισκεπτόμενοι τα τμήματα οι μαθητές ήταν αρκετά εκδηλωτικοί και ευδιάθετοι απέναντί μας. Διαθέταμε λίγο χρόνο να συζητήσουμε μαζί τους και τους προετοιμάζαμε για τη χορήγηση του Κριτηρίου και τη

συμπλήρωση των υπολοίπων δοκιμασιών. Στη διανομή των εντύπων, στη συμπλήρωση των στοιχείων των μαθητών και στη συγκέντρωσή τους ακολουθήσαμε τον τρόπο που είχαμε ακολουθήσει και κατά τη χορήγηση των τριών προηγούμενων δοκιμασιών.

Για τη χορήγηση της 4^{ης} δοκιμασίας, τους προειδοποιούσαμε πως θα τους υπαγορεύσουμε μία δραστηριότητα δύο φορές και με το τέλος της δεύτερης ακρόασης έπρεπε να εργαστούν σύμφωνα με αυτά που άκουσαν και κατανόησαν. Η δραστηριότητα ήταν: *«Να κυκλώσεις τον αριθμό εκατόν έντεκα, όσες φορές τον αναγνωρίζεις να σχηματίζεται οριζόντια»*. Η συμπλήρωση των στοιχείων των μαθητών, η εκπλήρωση του αιτήματος του Κριτηρίου, η παραλαβή του και η συμπλήρωση των υπόλοιπων στοιχείων, δηλαδή της σειράς παράδοσης και του κωδικού της δοκιμασίας, γινόταν με τη συνήθη διαδικασία. Με την παραλαβή και του τελευταίου Κριτηρίου, παραδίναμε σε κάποιο μαθητή μία δεσμίδα εντύπων την οποία μοίραζε με τον τρόπο που γνώριζε.

Πριν από τη συμπλήρωση της 5^{ης} δοκιμασίας, τους προειδοποιούσαμε πως θα τους υπαγορεύσουμε την τελευταία δραστηριότητα δύο φορές και με το τέλος της ακρόασης για δεύτερη φορά έπρεπε να εργαστούν σύμφωνα με αυτό που θα ακούσουν και θα κατανοήσουν. Η δραστηριότητα ήταν: *«Να κυκλώσεις τον αριθμό εκατόν έντεκα, όσες φορές τον αναγνωρίζεις να σχηματίζεται κάθετα»*. Η διαδικασία συμπλήρωσης και παραλαβής ήταν δεδομένη. Με την παραλαβή και του τελευταίου Κριτηρίου απευθυνόμαστε προς τους μαθητές λέγοντας: *«Σας ευχαριστώ για τη συνεργασία και την προθυμία με την οποία συμμετείχατε στη διαδικασία αυτή. Θα επισκεφτώ το σχολείο σας άλλη μία φορά, για να συνεργαστώ με μερικούς από σας με βάση την απόδοσή σας στις δοκιμασίες»*. Πριν αποχωρήσουμε από το σχολείο, ευχαριστούσαμε από το προσωπικό του σχολείου όσους συνεργάστηκαν μαζί μας και τους ενημερώναμε για την τρίτη επίσκεψή μας.

Όταν επιλέξαμε τους 38 μαθητές με τη διαδικασία που περιγράφεται στην ενότητα *«Δείγμα»*, επικοινωνήσαμε με τους διευθυντές των σχολείων και τους ζητήσαμε να ειδοποιήσουν τους γονείς των μαθητών να παραβρίσκονται στο χώρο του σχολείου συγκεκριμένη ώρα και ημέρα,

διαφορετική, όμως, για κάθε σχολείο, για να συνεργαστούμε μαζί τους. Σε συνεργασία με τους διευθυντές των σχολείων και εκτιμώντας τις ιδιαιτερότητες κάθε περιοχής ορίζαμε ως ώρα συνεργασίας με τους γονείς την ώρα μεταφοράς των μαθητών στο σχολείο ή την ώρα αποχώρησης των μαθητών από το σχολείο. Στις ώρες αυτές οι γονείς, αν και είχαν περιορισμένο διαθέσιμο χρόνο, έδειξαν προθυμία να συνεργαστούν μαζί μας. Τους εξηγήσαμε τις δοκιμασίες της κύριας φάσης της έρευνας που συμμετείχαν όλοι οι μαθητές του σχολείου, όπως επίσης και για τη νευροφυσιολογική εξέταση περιορισμένου αριθμού μαθητών που θα επακολουθήσει στο Εργαστήριο Νευροψυχολογίας. Σε αυτή την περιορισμένη ομάδα των μαθητών περιλαμβάνονται και τα παιδιά τους.

Αρχικά τονίζαμε πως η συμμετοχή των μαθητών σε αυτή την εξέταση είναι προαιρετική. Όσοι μαθητές λάβουν μέρος στη νευροψυχολογική εξέταση θα μετακινηθούν από την κατοικία τους στο Βόλο με δικό μας μεταφορικό μέσο, με δικές μας δαπάνες και με τη δυνατότητα ένας γονέας να ακολουθήσει, ως συνοδός των μαθητών. Αποφεύγαμε να χρησιμοποιούμε πολλούς όρους και να δημιουργούμε με το λόγο μας σύγχυση στους γονείς. Απαιτήθηκαν συνολικά 12 μετακινήσεις για τη μεταφορά των μαθητών.

Σε κάθε μετακίνηση συνοδεύαμε 3-4 μαθητές. Από όλους τους γονείς μόνο δύο δεν συγκατατέθηκαν στη συμμετοχή των παιδιών τους στη νευροφυσιολογική εξέταση. Δύο γονείς μας ζήτησαν να εξετάσουμε και τα άλλα παιδιά τους. Δεν τους το αρνηθήκαμε, τους υποσχθήκαμε αυτή η εξέταση να γίνει μελλοντικά.

Από τη στιγμή που έφθαναν οι μαθητές στο Εργαστήριο, τους αφήναμε να ξεκουραστούν για 30' και τους ξεναγούσαμε στους χώρους του Εργαστηρίου. Ρωτούσαμε ποιος ήταν πρόθυμος να εξεταστεί πρώτος. Πάντοτε υπήρχε ένας τολμηρός ή μία τολμηρή για να γίνει η πρώτη εξέταση. Στη φάση της προετοιμασίας των υλικών και του συστήματος καταγραφής διευκολύναμε τους μαθητές και τους γονείς να παρακολουθούν τις διαδικασίες.

Οι 38 μαθητές του δείγματος εξετάστηκαν με την τεχνική των προκλητών δυναμικών και

συγκεκριμένα με την τεχνική του P300. Σε κάθε εξέταση του παιδιού πραγματοποιούσαμε δύο καταγραφές για να αποκλείσουμε το τυχαίο της καταγραφής. Οι αντιστάσεις των ηλεκτροδίων ήταν μικρότερες από 5 KΩ και η μεταξύ τους διαφορά μικρότερη του 1,5 KΩ. Χρησιμοποιούσαμε 4 ηλεκτρόδια καταγραφής τα οποία τοποθετούσαμε στο τριχωτό της κεφαλής του εξεταζόμενου (Εικόνα 1). Οι θέσεις των ηλεκτροδίων είχαν την ακόλουθη διάταξη: η γείωση στο Fpz, τα δύο ενεργά ηλεκτρόδια ένα για κάθε ημισφαίριο του εγκεφάλου αριστερά στο A1 και δεξιά στο A2 και το ηλεκτρόδιο αναφοράς στο Cz. Τα παιδιά άκουγαν ήχους με μορφή σταθερών τόνων. Η ακουστική στάθμη των μαθητών ήταν κάτω από 25 dB και η ένταση του ερεθίσματος ήταν 65 dB πάνω από τον ουδό ακουστότητας.

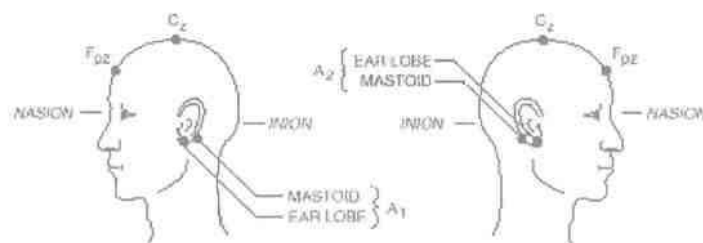


Figure 1: Common AEP Electrode Placement

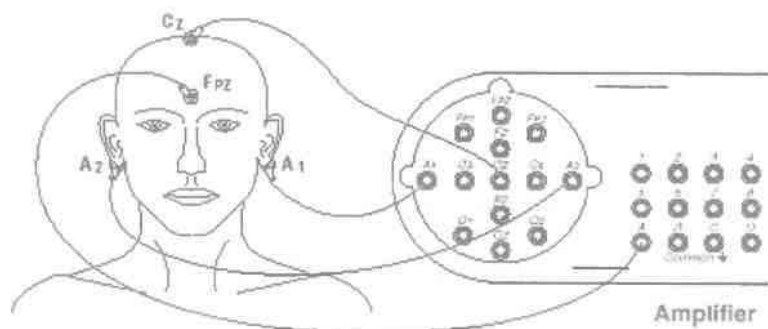


Figure 2: AEP Electrode Hookup

Εικόνα 2 Τοποθέτηση ηλεκτροδίων σε εξέταση προκλητών δυναμικών

Κάθε ημισφαίριο εξετάστηκε χωριστά με 150-200 ήχους και το ερέθισμα ήταν μονόπλευρο (Κάζης, 1984). Η συχνότητα των «ήχων-στόχων» ήταν 2000 Hz, των «ήχων-μη στόχων» 1000 Hz

και ο ρυθμός ερεθισμάτων ήταν 0,9 Hz. Στο ετερόπλευρο ημισφαίριο δε δίναμε κανένα θόρυβο και ρυθμίζαμε το κάτω (Lff) φίλτρο στο 1 Hz και το επάνω (Hff) στα 30 KHz. Ο εξεταζόμενος καλούνταν να διακρίνει και να μετρήσει τον ήχο-στόχο ανάμεσα σε ένα σύνολο ακουστικών ερεθισμάτων. Η εξέταση απορριπτόταν όταν ο αριθμός των ήχων-στόχων που ανέφερε ότι άκουσε ο εξεταζόμενος είχε απόκλιση μεγαλύτερη του 20% των χορηγηθέντων ήχων-στόχων. Ο ήχος-στόχος προς τον ήχο-μη στόχο δίνεται με αναλογία 1 προς 4. Οι γενικές αρχές της τεχνικής αυτής στηρίζονται στη σύγχρονη λειτουργία τριών συστημάτων: του συστήματος διεγερτών, ενισχυτών και ηλεκτρονικών υπολογιστών (Κάζης, 1984).

3.4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η αξιολόγηση των δοκιμασιών απαιτεί σημαντικό χρόνο. Ειδικότερα, ο χρόνος εξαρτάται από τον τύπο της απάντησης που δίνει ο εξεταζόμενος και τον αριθμό των σφαλμάτων. Σε αρκετές περιπτώσεις η αξιολόγηση των δεδομένων και η ποιοτική ανάλυση των στοιχείων ενός φύλλου της πρώτης δοκιμασίας απαιτούσε περίπου 35-40'. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούσαμε στο Εργαστήριο κλείδες διόρθωσης με θερμοδιαφάνειες, οι οποίες διευκόλυναν σημαντικά την αξιολόγηση των δεδομένων και περιορίζαν τον κίνδυνο του ανθρώπινου λάθους. Ειδικότερα, για τις ανάγκες του Εργαστηρίου κατασκευάστηκαν 4 διαφορετικές κλείδες (βλ. Πίνακες 2, 7, 8 και 9) για την 1^η δοκιμασία που είναι εξαιρετικά χρήσιμες και ασφαλείς, επειδή μειώνουν τον απαιτούμενο χρόνο διόρθωσης σε 20 - 30' και εκμηδενίζουν τον κίνδυνο λάθους. Κατασκευάστηκαν από 2 κλείδες διόρθωσης για τη 2^η (βλ. Πίνακες 3 και 10), 4^η (βλ. Πίνακες 5 και 11) και 5^η (βλ. Πίνακες 6 και 12) δοκιμασία. Η τρίτη δοκιμασία δεν επιδέχεται την κατασκευή κλείδας, επειδή υπάρχουν αρκετές τεχνικές δυσκολίες και απαιτούνται σύμπλοκες εκτιμήσεις κατά την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων. Η ποικιλία των απαντήσεων δεν είναι δυνατό να καλυφθεί με κλείδες διόρθωσης. Για τη διόρθωση των Κριτηρίων της έρευνας κατασκευάσαμε αντίστοιχες διάτρητες κλείδες, που αποδείχτηκαν εξαιρετικά ασφαλείς.

Οι τρόποι εργασίας των μαθητών και οι απαντήσεις που διαμορφώνουν θεωρούνται σωστοί εφόσον υπαγορεύονται από έναν αλγόριθμο και ακολουθείται μία συνεπής στρατηγική. Αυτό βέβαια ισχύει, όταν η στρατηγική ή ο αλγόριθμος εξυπηρετεί το περιεχόμενο της δραστηριότητας. Όποιος στην πρώτη δοκιμασία ακολουθεί τον πρώτο τύπο απάντησης εργάζεται με 399 ψηφία. Αυτός που χρησιμοποιεί τον τέταρτο τύπο απάντησης και εργάζεται με 21 ψηφία χωρισμένα σε διψήφια τμήματα και επιδεικνύει περιορισμένη μαθηματική δεξιότητα. Οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες αδυνατούν να εφαρμόσουν έναν από τους τέσσερις τρόπους εργασίας στη

δραστηριότητα της 1^{ης} δοκιμασίας. Όσοι, παρακολούθησαν θεραπευτικό πρόγραμμα αντιμετώπισης των δυσκολιών και είχαν υπερβεί σε ικανοποιητικό βαθμό τις δυσκολίες, στην νέα χορήγηση του Κριτηρίου, μετά από 6 μήνες ακολούθησαν τον τέταρτο τύπο απάντησης και σε σπάνιες περιπτώσεις τον τρίτο. Οι τύποι απάντησης συγκροτούν τη βαθμίδα της μαθηματικής ικανότητας των μαθητών. Απαιτείται, όμως, μελέτη τουλάχιστο ενός-δύο ετών ακόμη για να προσδιοριστούν με ακρίβεια τα χαρακτηριστικά των παιδιών σε κάθε επίπεδο.

Κάθε μία από τις μορφές απάντησης που θεωρείται σωστή σε κάθε δοκιμασία βαθμολογείται με 20. Επομένως, αυτός ο οποίος συμμετέχει και στις πέντε δοκιμασίες, εφόσον δεν κάνει λάθος, συγκεντρώνει βαθμολογία 100. Στην 1^η δοκιμασία και για τους δύο πρώτους τύπους απάντησης η βαθμονόμηση δέχεται διαφορετικό αριθμό λαθών ανά βαθμό. Ο μαθητής που δεν έχει λάθος βαθμολογείται με 20, όποιος έχει από 1-2 λάθη με 19, όποιος 3-5 με 18 κ.ο.κ. Τα διαστήματα της βαθμολογίας ακολουθούν αριθμητική πρόοδο (βλ. Πίνακα 13). Ακολουθείται αυτή η διαδικασία, επειδή καταγράφει με ακριβέστερο τρόπο τη μαθηματική συμπεριφορά των μαθητών. Στην πρώτη δοκιμασία και για τους δύο τελευταίους τύπους της απάντησης η βαθμονόμηση ακολουθεί διαφορετικά διαστήματα ανά βαθμό. Ο μαθητής που δεν έχει λάθος βαθμολογείται με 20, όποιος έχει από 1-2 λάθη με 19, όποιος έχει 3-5 λάθη με 18 κ.ο.κ. Τα διαστήματα της βαθμολογίας ακολουθούν αριθμητική πρόοδο μέχρι και το βαθμό 9 (βλ. Πίνακα 14).

Στη 2^η δοκιμασία και για τον πρώτο τύπο της απάντησης η βαθμονόμηση ακολουθεί εναλλασσόμενα διαστήματα ανά βαθμό και σταθερό διάστημα ανά δύο μονάδες. Ο μαθητής χωρίς λάθος βαθμολογείται με 20, όποιος έχει από 1-3 λάθη με 19, όποιος έχει 4-7 λάθη με 18 κ.ο.κ. Τα διαστήματα της βαθμολογίας ακολουθούν ισοδιαστηματική σχέση ανά δύο μονάδες (βλ. Πίνακα 15). Στη 2^η δοκιμασία και για το δεύτερο τύπο της απάντησης η βαθμονόμηση ακολουθεί σταθερά διαστήματα ανά βαθμό. Ο μαθητής που δεν έχει λάθος βαθμολογείται με 20, όποιος έχει από 1-3 λάθη με 19, όποιος έχει 4-6 λάθη με 18 κ.ο.κ. Τα διαστήματα της βαθμολογίας ακολουθούν ισοδιαστηματική σχέση (βλ. Πίνακα 16).

Στην 4^η δοκιμασία και για τον πρώτο τύπο της απάντησης η βαθμονόμηση ακολουθεί σταθερά διαστήματα ανά δύο βαθμούς. Ο μαθητής που δεν έχει λάθος βαθμολογείται με 20, όποιος έχει από 1-3 λάθη με 19, όποιος έχει 4-7 λάθη με 18 κ.ο.κ. Τα διαστήματα της βαθμολογίας ακολουθούν ισοδιαστηματική σχέση ανά δύο μονάδες (βλ. Πίνακα 17). Στην 4^η δοκιμασία και για το δεύτερο τύπο της απάντησης η βαθμονόμηση ακολουθεί ιδιόρρυθμη τακτική. Ο μαθητής που δεν έχει λάθος βαθμολογείται με 20, όποιος έχει από 1 λάθος με 19, όποιος έχει 2 λάθη με 17 κ.ο.κ. Τα διαστήματα της βαθμολογίας ακολουθούν ισοδιαστηματική σχέση (βλ. Πίνακα 18).

Στην 5^η δοκιμασία και για τον πρώτο τύπο της απάντησης η βαθμονόμηση ακολουθεί σταθερά διαστήματα ανά δύο βαθμούς. Ο μαθητής που δεν έχει λάθος βαθμολογείται με 20, όποιος έχει από 1-2 λάθη με 19, όποιος έχει 3-4 λάθη με 18 κ.ο.κ. Τα διαστήματα της βαθμολογίας ακολουθούν ισοδιαστηματική πορεία ανά διαστήματα (βλ. Πίνακα 19). Στην 5^η δοκιμασία και για το δεύτερο τύπο της απάντησης η βαθμονόμηση ακολουθεί σταθερή πορεία. Ο μαθητής που δεν έχει λάθος βαθμολογείται με 20, όποιος έχει από 1 λάθος με 19, όποιος έχει 2 λάθη με 18 κ.ο.κ. Τα διαστήματα της βαθμολογίας ακολουθούν ισοδιαστηματική πορεία (βλ. Πίνακα 19).

Η μελέτη των στοιχείων της προπαρασκευαστικής φάσης, όπως επίσης και των στοιχείων από τη χορήγηση στο Εργαστήριο Νευροψυχολογίας, επέτρεψε τη διαμόρφωση ενός ασφαλούς τρόπου μελέτης και αξιολόγησης των δεδομένων. Όπως προαναφέραμε, διαπιστώσαμε πως ο απαιτούμενος χρόνος για την αξιολόγηση των δεδομένων και την ποιοτική ανάλυση ενός Κριτηρίου της πρώτης δοκιμασίας ήταν σημαντικής διάρκειας. Σε κάποιες περιπτώσεις, εξαιτίας του τρόπου με τον οποίο εργάζονταν οι μαθητές, απαιτήθηκαν 35'- 40'. Για το λόγο αυτό και με βάση τα στοιχεία του πρωτοκόλλου, μελετήσαμε και κατασκευάσαμε διάτρητες κλείδες διόρθωσης των δοκιμασιών που έχουν ως βάση το περιεχόμενο των θερμοδιαφανειών.

Για να διευκολυνθεί η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων, προχωρήσαμε σε σύνταξη πινάκων μετατροπής των λαθών σε βαθμούς, διαδικασία που εφαρμόζεται για την καλύτερη αξιοποίηση των δεδομένων (Javeau, 1996), όπως φαίνεται στους Πίνακες 13, 14, 15, 16, 17, 18 και

19. Ως πρότυπο βαθμολόγησης χρησιμοποιήσαμε το αθροιστικό (Αλεξόπουλος, 1998a). Επίσης, χρησιμοποιήσαμε και πίνακες κωδικοποίησης των χαρακτηριστικών των απαντήσεων, όπως φαίνεται στους Πίνακες 21, 22, 23, 24 και 25.

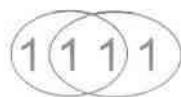
Ως προς την 1^η δοκιμασία, υπήρχαν τέσσερις τύποι ορθής απάντησης: Στον πρώτο τύπο απάντησης τα ψηφία όλα, από το πρώτο ως το τελευταίο, θεωρήθηκαν ενιαία σειρά. (βλ. Πίνακες 2, 13 και 21). Στο δεύτερο τύπο απάντησης, τα ψηφία κάθε στίχου θεωρήθηκαν ως ενιαία σειρά (βλ. Πίνακες 7, 13 και 21). Στον τρίτο τύπο απάντησης, τα ψηφία θεωρήθηκαν ως ενιαία σειρά διψήφια τμημάτων, από το πρώτο ως το τελευταίο ψηφίο (βλ. Πίνακες 8, 14 και 21). Στον τέταρτο τύπο απάντησης, τα ψηφία κάθε στίχου θεωρήθηκαν ως ενιαία σειρά διψήφια τμημάτων (βλ. Πίνακες 9, 14 και 21). Ο τρίτος και ο τέταρτος τύπος απάντησης μοιάζει πολύ με τις οδηγίες που δίνονται στον υπολογιστή κατά το διαχωρισμό των πακέτων των δεδομένων (Javeau, 1996) και ονομάζονται «οδηγίες διαδρόμου» (format instructions).

Ως προς τη 2^η δοκιμασία, υπήρχαν δύο τύποι ορθής απάντησης: Στον πρώτο τύπο απάντησης, τα ψηφία όλα, από το πρώτο ως το τελευταίο, θεωρήθηκαν ενιαία σειρά (βλ. Πίνακες 3, 15 και 22). Στο δεύτερο τύπο απάντησης, τα ψηφία κάθε στίχου θεωρήθηκαν ως ενιαία σειρά (βλ. Πίνακες 10, 16 και 22).

Ως προς την 3^η δοκιμασία, υπήρχαν τρεις τύποι ορθής απάντησης: Στον πρώτο τύπο απάντησης, κυκλώνεται το πρώτο τριψήφιο τμήμα του πρώτου στίχου και το 18ψήφιο τμήμα του δέκατου πέμπτου στίχου (βλ. Πίνακες 3 και 23). Στο δεύτερο τύπο απάντησης, κυκλώνεται το πρώτο τριψήφιο τμήμα του πρώτου στίχου και το 21ψήφιο τμήμα που σχηματίζεται από το δέκατο έβδομο και δέκατο όγδοο στίχο (βλ. Πίνακα 23). Στον τρίτο τύπο απάντησης, κυκλώνεται ο πρώτος κατά σειρά τέλειος τριψήφιος και ο μεγαλύτερος αριθμός (βλ. Πίνακα 23).

Ως προς την 4^η δοκιμασία, υπήρχαν τρεις τύποι ορθής απάντησης: Στον πρώτο τύπο απάντησης, κυκλώνεται ο τριψήφιος αριθμός εκατόν έντεκα, εξήντα εννιά φορές (βλ. Πίνακες 5, 17 και 24). Στο δεύτερο τύπο απάντησης, κυκλώνεται δεκατέσσερις φορές ο τριψήφιος αριθμός

εκατόν έντεκα, όσες φορές υπάρχει ως ανεξάρτητος τριψήφιος και όχι ως τμήμα άλλου πολυψήφιου (βλ. Πίνακες 11, 18 και 24). Στον τρίτο τύπο απάντησης, κυκλώνεται ο αριθμός εκατόν έντεκα, περισσότερες από εξήντα εννιά φορές, επειδή σε έναν τετραψήφιο αριθμό π. χ. στον αριθμό 1111, οι μαθητές κυκλώνουν τον αριθμό εκατόν έντεκα δύο φορές:



Ός προς την 5^η δοκιμασία, υπήρχαν τρεις διαφορετικοί τύποι ορθής απάντησης: Στον πρώτο τύπο απάντησης, κυκλώνεται ο τριψήφιος αριθμός εκατόν έντεκα, σαράντα πέντε φορές (βλ. Πίνακες 6, 19 και 25). Στο δεύτερο τύπο απάντησης, κυκλώνεται δεκαοκτώ φορές ο αριθμός εκατόν έντεκα, όσες φορές υπάρχει ως ανεξάρτητος και όχι ως τμήμα άλλου πολυψήφιου αριθμού (βλ. Πίνακες 12, 20 και 25). Στον τρίτο τύπο απάντησης, κυκλώνεται ο τριψήφιος αριθμός εκατόν έντεκα περισσότερες από σαράντα πέντε φορές, επειδή σε έναν τετραψήφιο αριθμό κυκλώνουν τον αριθμό εκατόν έντεκα δύο φορές.

Τα δεδομένα των πέντε δοκιμασιών αξιολογήθηκαν ανά τάξη, ανά ηλικιακή ομάδα, ανά φύλο και ανά δοκιμασία. Επίσης, συσχετίστηκαν με τα δεδομένα 17 μαθητών που είχαν μαθησιακές δυσκολίες και είχαν υποστεί τις δοκιμασίες του Κριτηρίου.

Όπως προαναφέρθηκε, κατά την εξέταση του P300 και σύμφωνα με το σχεδιασμό, ο εξεταζόμενος καλείται να διακρίνει και να μετρήσει νοερά μία σειρά από ερεθίσματα συχνότητας 2000 Hz στόχους, τα οποία παρεμβάλλονται τυχαία ανάμεσα σε μία διαδοχή ερεθισμάτων μη-στόχων. Τους μη-στόχους οφείλει να τους αγνοήσει. Μετά από κάθε ερέθισμα μεσοποιείται η καταγραφή ανεξάρτητα αν είναι ήχοι-στόχοι ή ήχοι μη-στόχο και, με το τέλος της διαδικασίας καταγραφής, προσδιορίζονται οι κυματομορφές που αφορούν τους ήχους-στόχους και τους ήχους μη-στόχους. Η μεγαλύτερη θετική κυματομορφή, η οποία εμφανίζεται στο χρονικό διάστημα μεταξύ των 250 και 600 msec, ονομάζεται P300 και παράγεται όταν ένα γεγονός υποβάλλεται σε συνειδητό έλεγχο.

Η επεξεργασία των δεδομένων του P300 των δύο ομάδων αφορά στην αξιολόγηση των παραμέτρων, του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης (latency) και του ύψους (amplitude) του δυναμικού στο υψηλότερο σημείο του επάρματος των ήχων-στόχων μετά τα 250 msec. Συσχετίσαμε τα δεδομένα αυτά προς τα δεδομένα της ομάδας των 17 μαθητών που είναι σε θεραπευτικό πρόγραμμα του Εργαστηρίου και έχουν διαγνωσθεί μαθησιακές δυσκολίες Μ.Δ.

Πίνακας 7
 Δοκιμασία 1^η: Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ανά σειρά

1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	1	4	4	0	0	1		
1	4	4	4	0	0	0	1	4	4	0	0	0	1	4	4	0	0	0	0	1		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	1		
1	4	4	0	0	0	1	4	4	0	0	0	1	4	4	0	0	0	1	4	4		
1	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	0	0	0		
1	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	
1	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	
1	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	
1	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	
1	4	4	4	4	4	0	0	0	1	0	0	1	4	0	1	4	4	0	0	0	0	
1	4	4	4	4	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	
0	0	0	1	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4
0	0	0	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4
1	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 8
 Δοκιμασία 1^η: Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ανά ζεύγη

1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	1	4	1	0	0	1
4	1	4	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	0	1
4	1	4	0	0	0	1	4	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	1	4	1
4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4	0	0	0
1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
4	1	4	1	4	1	4	1	4	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0
1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4
1	4	1	4	1	4	0	0	0	1	0	0	1	4	0	1	4	1	0	0	0
1	4	1	4	1	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	1	4	1
0	0	0	1	4	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
0	0	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
4	1	4	1	4	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 9

Δοκιμασία 1^η: Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ανά ζεύγη για κάθε σειρά

1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	1	4	1	0	0	1
1	4	1	4	0	0	0	1	4	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	0	1	
1	4	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	1	4	1
1	4	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4	0	0	0
1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0
1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
1	4	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4
1	4	1	4	1	4	0	0	0	1	0	0	1	4	0	1	4	1	0	0	0
1	4	1	4	1	4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	1	4	1
0	0	0	1	4	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
0	0	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1
1	4	1	4	1	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 10
 Δοκιμασία 2^η: Διαγραφή του διαφορετικού ψηφίου ανά σειρά

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	4	
1	1	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	4
1	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	4	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	4	0	0	4	1	0	4	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	0	0	4	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	4	1	1	
0	0	0	4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	
0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 11

Δοκιμασία 4^η: Οριζόντια κύκλωση των απολύτως τριψήφιων αριθμών

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Πίνακας 12
 Δοκιμασία 5^η: Κάθετη κύκλωση των απολύτως τριψήφιων αριθμών

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 13

Δοκιμασία 1^η: Διαγραφή των όμοιων ψηφίων ως ενιαία σειρά και ανά σειρά

ΒΑΘΜΟΙ	ΛΑΘΗ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ
20	0	
19	1-2	2
18	3-5	3
17	6-9	4
16	10-14	5
15	15-20	6
14	21-27	7
13	28-35	8
12	36-44	9
11	45-54	10
10	55-65	11
9	66-77	12
8	78-90	13
7	91-104	14
6	105-119	15
5	120-135	16
4	136-152	17
3	153-170	18
2	171-189	19
1	190-209	20
0	210	

Πίνακας 14

Δοκιμασία 1^η: Διαγραφή των ομοίων ανά ζεύγη ως ενιαία σειρά και ανά σειρά

ΒΑΘΜΟΙ	ΛΑΘΗ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ
20	0	
19	1-2	2
18	3-5	3
17	6-9	4
16	10-14	5
15	15-20	6
14	21-27	7
13	28-35	8
12	36-44	9
11	45-54	10
10	55-65	11
9	66-77	12
8	78-89	12
7	90-101	12
6	102-113	11
5	114-124	11
4	125-135	11
3	136-146	11
2	147-157	11
1	158-168	11
0	169	

Πίνακας 15
 Δοκιμασία 2^η: Διαγραφή του διαφορετικού ψηφίου ως ενιαία σειρά

ΒΑΘΜΟΙ	ΛΑΘΗ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ
20	0	
19	1-3	3
18	4-7	4
17	8-10	3
16	11-14	4
15	15-17	3
14	18-21	4
13	22-24	3
12	25-28	4
11	29-31	3
10	32-35	4
9	36-38	3
8	39-42	3
7	43-45	2
6	46-49	4
5	50-53	4
4	54-56	3
3	57-60	4
2	61-63	3
1	64-67	4
0	68-	

Πίνακας 16
 Δοκιμασία 2^η: Διαγραφή του διαφορετικού ψηφίου ανά σειρά

ΒΑΘΜΟΙ	ΛΑΘΗ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ
20	0	
19	1-3	3
18	4-6	3
17	7-9	3
16	10-12	3
15	13-15	3
14	16-18	3
13	19-21	3
12	22-24	3
11	25-27	3
10	28-30	3
9	31-33	3
8	34-36	3
7	37-39	3
6	40-42	3
5	43-45	3
4	46-48	3
3	49-51	3
2	52-54	3
1	55-57	3
0	58	

Πίνακας 17
 Δοκιμασία 4^η: Οριζόντια κύκλωση των τριψηφίων αριθμών

ΒΑΘΜΟΙ	ΛΑΘΗ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ
20	0	
19	1-3	3
18	4-7	4
17	8-10	3
16	11-14	4
15	15-17	3
14	18-21	4
13	22-24	3
12	25-28	4
11	29-31	3
10	32-35	4
9	36-38	3
8	39-42	3
7	43-45	2
6	46-49	4
5	50-52	3
4	53-55	3
3	56-59	4
2	60-62	3
1	63-66	4
0	67-69	3

Πίνακας 18
 Δοκιμασία 4^η: Οριζόντια κύκλωση των απολύτως τριψηφίων αριθμών

ΒΑΘΜΟΙ	ΛΑΘΗ
20	0
19	1
-	-
17	2
16	3
-	-
14	4
13	5
-	-
11	6
10	7
-	-
8	8
7	9
-	-
5	10
4	11
-	-
2	12
1	13
0	14

Πίνακας 19
 Δοκιμασία 5^η: Κάθετη κύκλωση των τριψηφίων αριθμών

ΒΑΘΜΟΙ	ΛΑΘΗ	ΔΙΑΣΤΗΜΑ
20	0	
19	1-2	2
18	3-4	2
17	5-6	2
16	7-9	3
15	10-11	2
14	12-13	2
13	14-15	2
12	16-17	2
11	18-20	3
10	21-22	2
9	23-24	2
8	25-26	2
7	27-28	2
6	29-31	3
5	32-33	2
4	34-35	2
3	36-37	2
2	38-39	2
1	40-42	3
0	43-45	3

Πίνακας 20
 Δοκιμασία 5^η: Κάθετη κύκλωση των απόλυτα τριψηφίων αριθμών

ΒΑΘΜΟΙ	ΛΑΘΗ
20	0
19	1
18	2
17	3
16	4
15	5
14	6
13	7
12	8
11	9
10	10
9	11
8	12
7	13
6	14
5	15
4	16
3	17
2	18
1	-
0	-

Πίνακας 21
1^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς

Κωδικός	Συμπεριφορά μαθητών
1001	Δεν κατανοεί τη δραστηριότητα και διαγράφει τυχαία
1200	Θεωρεί τα ψηφία από το πρώτο ως το τελευταίο ως ενιαία σειρά
1400	Θεωρεί πως η κάθε σειρά είναι αυτοτελής
1600	Χωρίζει όλα τα ψηφία σε διψήφια τμήματα και τα συνεξετάζει ανά ζεύγη
1700	Διαγράφει ακριβώς τα αντίθετα
1800	Χωρίζει τα ψηφία κάθε σειράς σε διψήφια τμήματα και τα συνεξετάζει ανά ζεύγη
1900	Το σύστημα διαγραφής των ψηφίων είναι ασταθές, άλλοτε τα διαγράφει ανά ζεύγη, άλλοτε ανά σειρά και άλλοτε ως ενιαία ομάδα

Πίνακας 22
2^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς

Κωδικός	Συμπεριφορά μαθητών
2000	Στερεότυπη αντίδραση
2001	Δεν κατανοεί τη δραστηριότητα και διαγράφει τυχαία
2200	Θεωρεί τα ψηφία από το πρώτο ως το τελευταίο ως ενιαία σειρά
2400	Θεωρεί πως η κάθε σειρά είναι αυτοτελής
2500	Διαγράφει το πρώτο και τον τελευταίο συγχρόνως
2700	Διαγράφει ακριβώς το αντίθετο

Πίνακας 23
3^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς

Κωδικός	Συμπεριφορά μαθητών	Μονάδες
300	Κυκλώνει τον πρώτο τέλειο 3ψήφιο	8
304	Κυκλώνει τον πρώτο τέλειο 3ψήφιο και τον αμέσως μεγαλύτερο τυχαίο	12
306	Κυκλώνει τον πρώτο τυχαίο 3ψήφιο	6
315	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο κι ένα 15ψήφιο	15
318	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο και το Β' σωστό	18
340	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο κι έναν 4ψήφιο	10
3000	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο και το μεγαλύτερο	20
3001	Δεν κατανοεί τη δραστηριότητα και κυκλώνει αδιάκριτα	0
3003	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο και το Β' σωστά	15
3004	Κυκλώνει τον πρώτο τέλειο 3ψήφιο κι έναν τυχαίο 4ψήφιο	14
3006	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο κι έναν 6ψήφιο	15
3008	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο κι έναν 8ψήφιο	15
3009	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο κι έναν 9ψήφιο	16
3010	Ξέχασε τη Β' δραστηριότητα	10
3011	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο κι έναν 10-12ψήφιο	16
3018	Ξέχασε τη Α' δραστηριότητα	10
3033	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο μερικές φορές	3
3034	Κυκλώνει τον 3ψήφιο κι έναν 4ψήφιο αριθμό	10
3040	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο κι έναν 4ψήφιο	14
3110	Δεν κατάλαβε τη Β' δραστηριότητα	5

3113	Κυκλώνει τον πρώτο 11ψήφιος πολλές φορές και το Β' τέλειο 3ψήφιο	13
3200	Κυκλώνει τον πρώτο τέλειο 3ψήφιο και το μεγαλύτερο	20
3218	Κυκλώνει τον πρώτο σωστά και το μεγαλύτερο αριθμό δύο ή περισσότερες φορές	13
3220	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο και το μεγαλύτερο σε δύο σειρές	20
3300	Κυκλώνει τον μικρότερο και το μεγαλύτερο, ξεχνά τη Β' δραστηριότητα	10
3303	Κυκλώνει μερικές φορές τον 3ψήφιο και το μεγαλύτερο αριθμό σωστά	13
3308	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο μερικές φορές και το δεύτερο 8ψήφιο	9
3309	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο μερικές φορές και το δεύτερο 9ψήφιο	9
3312	Κυκλώνει τον 3ψήφιο πολλές φορές κι έναν 12ψήφιο	11
3315	Κυκλώνει μερικές φορές τον 3ψήφιο κι έναν 15ψήφιο	12
3318	Κυκλώνει τον μερικές φορές τον 3ψήφιο και το δεύτερο σε δύο σειρές	13
3333	Κυκλώνει τον 3ψήφιο αριθμό πολλές φορές	5
3334	Κυκλώνει τον πρώτο πολλές φορές και το δεύτερο 4ψήφιο μία	9
3403	Κυκλώνει πρώτα τον 4ψήφιο και κατόπιν τον 3ψήφιο	10
3418	Ξέχασε το Β' μέρος του Β' αιτήματος	15
3434	Κυκλώνει πολλές φορές τον 3ψήφιο και τον 4ψήφιο αριθμό	7
3444	Κυκλώνει μια φορά τον 3ψήφιο και πολλές φορές τον 4ψήφιο αριθμό	12
3618	Κυκλώνει τον πρώτο τυχαίο 3ψήφιο και το δεύτερο σωστά	16
3610	Κυκλώνει τον πρώτο τυχαίο 3ψήφιο και το δεύτερο 10-12ψήφιο	13
3636	Κυκλώνει πολλές φορές τον 3ψήφιο και τον 6ψήφιο	7
3666	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο μία φορά και τον 6ψήφιο πολλές φορές	9
3710	Κυκλώνει τον πρώτο τέλειο 3ψήφιο κι ένα 10ψήφιο	17
3712	Κυκλώνει τον πρώτο τέλειο 3ψήφιο κι ένα 12ψήφιο	18

3789	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο μία φορά και τους πολυψήφιους πολλές φορές	14
3890	Κυκλώνει τον πρώτο 3ψήφιο και τους άλλους πολλές φορές	13
3939	Κυκλώνει πολλές φορές τον 3ψήφιο και τον 9ψήφιο	8

Πίνακας 24
4^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς

Κωδικός	Συμπεριφορά μαθητών
400	Κυκλώνει τον αριθμό 111, όταν απαρτίζεται από τρία ακριβώς ψηφία οριζόντια
4000	Στερεότυπη αντίδραση
4001	Δεν κατανοεί τη δραστηριότητα και διαγράφει τυχαία
4069	Κυκλώνει τον αριθμό όσες φορές τον αναγνωρίζει να σχηματίζει μία ακολουθία ψηφίων οριζόντια
4900	Κάνει λαθεμένο προσανατολισμό

Πίνακας 25
5^η Δοκιμασία: Κωδικοποίηση μαθηματικής συμπεριφοράς

Κωδικός	Συμπεριφορά μαθητών
500	Κυκλώνει τον αριθμό 111 μόνο όταν απαρτίζεται από τρία ακριβώς ψηφία κάθετα
5000	Στερεότυπη αντίδραση
5001	Δεν κατανοεί τη δραστηριότητα και διαγράφει τυχαία
5045	Κυκλώνει τον αριθμό 111 όσες φορές τον αναγνωρίζει να σχηματίζει μία ακολουθία ψηφίων κάθετα
5900	Κάνει λαθεμένο προσανατολισμό

3.5 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Τα δεδομένα του δείγματος α) των 376 μαθητών που συμμετείχαν στις πέντε δοκιμασίες του Κριτηρίου, β) των 38 μαθητών που συμμετείχαν στην εξέταση με την τεχνική του P300, καθώς και γ) των 17 μαθητών που τους είχε γίνει διάγνωση μαθησιακών δυσκολιών τα επεξεργαστήκαμε, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα S.P.S.S.(Statistical Package for the Social Science) v.8.0 for windows. Οι διαδικασίες που ακολουθήσαμε (Δαμιανού & Κούτρας, 1991. Ferguson & Takane, 1989. Μπόρα-Σέντα & Μωυσιάδης, 1992) ήταν αφενός ποιοτική προσέγγιση (Μακράκης, 1997) των δεδομένων ανά δοκιμασία και αφετέρου ποσοτική ανάλυση των στατιστικών δεδομένων (Κατσίλης, 1997. Αλεξόπουλος, 1998a) κατά φύλο, ηλικία, τάξη, σχολείο και δοκιμασία.

Με βάση τα στατιστικά δεδομένα (Shapiro & Gross, 1981. Wonnacott & Wonnacot, 1990) προχωρήσαμε στη συσχέτιση των επιδόσεων των μαθητών σε κάθε δοκιμασία, με τη διαδικασία της παλινδρομικής ανάλυσης, που είναι από τις πιο ισχυρές στατιστικές τεχνικές (Ferguson & Takane, 1989. Κατσίλης, 1997. Μακράκης, 1997), βρήκαμε τη γραμμική εξίσωση της παλινδρόμησης, που μας δίνει τη δυνατότητα να προβλέψουμε την τιμή της δοκιμασίας 1 γνωρίζοντας την τιμή της δοκιμασίας 2.

Επίσης, συσχέτισαμε τον μέσο όρο της επίδοσης των 38 μαθητών στις 5 δοκιμασίες με τα δεδομένα της νευροφυσιολογικής εξέτασής τους με την τεχνική του P300. Από τα αποτελέσματα προκύπτει η δυνατότητα να προσδιορίζουμε την τιμή του μέσου όρου των δοκιμασιών, όταν γνωρίζουμε τα δεδομένα της εξέτασης του P300 και αντίστροφα. Τα αποτελέσματα συσχέτισης αφορούν το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης.

Το επόμενο βήμα μας ήταν η συνεξέταση των μεταβλητών δοκιμασία και φύλο, δοκιμασία και τάξη, καθώς και των μεταβλητών δοκιμασία και ηλικία. Για τον έλεγχο της ανεξαρτησίας ανάμεσα στις δοκιμασίες και το φύλο, στις δοκιμασίες και την τάξη, καθώς και στις δοκιμασίες και την ηλικία χρησιμοποιήσαμε (Shapiro & Gross, 1981. Wonnacott & Wonnacot, 1990) το κριτήριο

Η ύπαρξη περισσότερων της μίας δοκιμασιών μας οδήγησε στη χρησιμοποίηση της διαδικασίας της Πολυμετάβλητης Ανάλυσης της Διακύμανσης (MANOVA), που θεωρείται η πιο αξιόπιστη για τον γενικό έλεγχο της επίδρασης μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών για περισσότερες από μία εξαρτημένες.

Για να ελέγξουμε περαιτέρω τις επιδόσεις ανάμεσα στα δύο φύλα, στις τάξεις και στις ηλικιακές ομάδες για κάθε δοκιμασία χωριστά, χρησιμοποιήσαμε (Ferguson & Takane, 1989. Μακράκης, 1997) τη διαδικασία της Ανάλυσης της Διακύμανσης (ANOVA). Ενώ, για τον έλεγχο των επιδόσεων των μαθητών ανά ζεύγη τάξεων και ανά ζεύγη ηλικιακών ομάδων σε κάθε δοκιμασία, χρησιμοποιήσαμε τη διαδικασία πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, που μας δίνει τη δυνατότητα να εξετάσουμε της επιδόσεις των μαθητών σε όλα τα δυνατά ζεύγη τάξεων και ηλικιακών ομάδων (Παπαϊωάννου, 1982. MacRae, 1996).

Στη συνέχεια μελετήσαμε τα δεδομένα της νευροφυσιολογικής εξέτασης του προκλητού δυναμικού P300: α) των 38 μαθητών του δείγματος προς τους 17 μαθητές του Εργαστηρίου που έχουν διαγνωσμένες μαθησιακές δυσκολίες (Ferguson & Μεγαλοκονόμου, 1987), β) των 19 μαθητών που παρουσιάζουν την υψηλότερη επίδοση προς τους 19 μαθητές με την ελάχιστη επίδοση στην πρώτη δοκιμασία και γ) των δύο φύλων μεταξύ τους. Μελετήσαμε δύο παραμέτρους του P300, την παράμετρο του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης που καταγράφεται κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του ακουστικού ερεθίσματος και του ύψους που σημειώνει αυτό.

Επειδή τα δεδομένα που σχετίζονται με το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης P300 δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή χρησιμοποιούμε το παραμετρικό κριτήριο Mann - Whitney (Παπαϊωάννου, 1982) για τη σύγκριση των μέσων όρων, ενώ για τα δεδομένα που σχετίζονται με το ύψος του δυναμικού χρησιμοποιήσαμε το παραμετρικό κριτήριο t-test, αφού φαίνεται να ακολουθούν τη συμμετρική κατανομή. Τα δεδομένα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στο κεφάλαιο «Αποτελέσματα».

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η λεπτομερής προσέγγιση των δεδομένων μας δίνει πλήρη εικόνα της μαθηματικής συμπεριφοράς των μαθητών, κατά τη διάρκεια της εργασίας τους στις δοκιμασίες, όπως, επίσης, και των νευροφυσιολογικών χαρακτηριστικών που εμφανίζουν κατά τη διάρκεια της εξέτασης με την τεχνική του P300.

Το 13.6% (Κωδικός 1001) των μαθητών που εργάζεται στην 1^η δοκιμασία (βλ. Πίνακες 26, 27, 28 και 29) διαγράφει τυχαία και αποκαλύπτει πως δεν κατανόησε τη δραστηριότητα. Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται από το 13.8% των αγοριών και το 13.3% των κοριτσιών, από το 12.9% των μαθητών της Δ' τάξης, το 20.% της Ε' τάξης και το 7.7% των μαθητών της Στ' τάξης. Το 17% (Κωδικός 1200) των μαθητών χρησιμοποιεί τον πρώτο τύπο απάντησης, εργάζεται αλάνθαστα και θεωρεί το σύνολο των 399 ψηφίων, από το πρώτο ως το τελευταίο, ως ακολουθία. Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται από το 16.5% των αγοριών και το 17.6% των κοριτσιών, από το 8.6% των μαθητών της Δ' τάξης, το 14.6% της Ε' τάξης και το 26.9% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 10.1% (Κωδικός 1400) των μαθητών χρησιμοποιεί το δεύτερο τύπο απάντησης. Εργάζεται αλάνθαστα και θεωρεί το σύνολο των ψηφίων κάθε σειράς ως μία ακολουθία. Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται από ισάριθμο πλήθος αγοριών και κοριτσιών, από το 6.9% των μαθητών της Δ' τάξης, το 13.1% των μαθητών της Ε' τάξης και το 10% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 9.3% (Κωδικοί 1600 και 1800) των μαθητών εργάζεται στην 1^η δοκιμασία χρησιμοποιώντας μια άλλη στρατηγική: χωρίζει την ακολουθία σε διψήφια τμήματα και τα συνεξετάζει. Ειδικότερα, το 2.4% του συνόλου των μαθητών χρησιμοποιεί τον τρίτο τύπο απάντησης, εργάζεται αλάνθαστα και θεωρεί τα ψηφία, από το πρώτο ως το τελευταίο, ως ενιαία σειρά και τα συνεξετάζει ανά ζεύγη.

Το 6.9% (Κωδικός 1800) των μαθητών χρησιμοποιεί τον τέταρτο τύπο απάντησης. Θεωρεί τα ψηφία κάθε σειράς ως ακολουθία και τα συνεξετάζει ανά ζεύγη. Ο αριθμός των κοριτσιών και στις

δύο περιπτώσεις είναι διπλάσιος ή σχεδόν διπλάσιος από τον αριθμό των αγοριών και ειδικότερα 3.2% προς 1.6% στην πρώτη περίπτωση και 9% προς 4.8% στη δεύτερη περίπτωση. Τα κορίτσια φαίνονται να χρησιμοποιούν περισσότερο ένα είδος αναλυτικής σκέψης με κατάτμηση των δεδομένων.

Το 26.1% (Κωδικός 1002 - 1199) των μαθητών, χρησιμοποιώντας τον πρώτο τύπο απάντησης, έχει από 1 έως 209 λάθη. Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται από ισάριθμο πλήθος αγοριών και κοριτσιών, από το 35.3% των μαθητών της Δ' τάξης, το 23.8% των μαθητών της Ε' τάξης και το 20.8% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 8.2% (Κωδικός 1201 - 1399) των μαθητών, χρησιμοποιώντας το δεύτερο τύπο απάντησης, έχει από 1 έως και 209 λάθη. Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται από το 9.6% των αγοριών και το 6.9% των κοριτσιών, από το 11.2% των μαθητών της Δ' τάξης, το 3.8% των μαθητών της Ε' τάξης και το 10% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 6.9% (Κωδικός 1401 - 1599) των μαθητών, χρησιμοποιώντας τον τρίτο τύπο απάντησης, έχει από 1 έως 169 λάθη. Το 7.4% των μαθητών, χρησιμοποιώντας τον τέταρτο τύπο απάντησης, έχει από 1 έως 169 λάθη. Υπάρχουν και άλλες μορφές μαθηματικής συμπεριφοράς που εκδηλώνονται σε μικρό ποσοστό και δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Τα δεδομένα από την εργασία των μαθητών στη 2^η δοκιμασία (βλ. Πίνακες 30, 31, 32 και 33) περιέχουν τους δύο τύπους των απαντήσεων που χρησιμοποίησαν οι μαθητές, όπως επίσης και τα στοιχεία από τη στερεότυπη αντίδρασή τους, αντίδραση «αδράνειας» ή «μετείκασμα».

Ένα μικρό ποσοστό 1.1% (Κωδικός 2000) των μαθητών κατά την εργασία τους στη 2^η δοκιμασία χρησιμοποίησε τη δραστηριότητα της 1^{ης} δοκιμασίας. Εργάστηκε χωρίς να έχει κατανοήσει τη δραστηριότητα που ακούστηκε δύο φορές. Σε 0.8% (Κωδικός 2700) ανέρχεται και ο αριθμός των μαθητών που διαγράφουν το πρώτο και το τελευταίο ψηφίο συγχρόνως.

Το 14.6% (Κωδικός 2001) δεν κατανοεί τη δραστηριότητα της 2^{ης} δοκιμασίας και διαγράφει τυχαία. Η συμπεριφορά εκδηλώνεται από το 18.1% των αγοριών και το 11.2% των κοριτσιών, από

το 23.3% των μαθητών της Δ' τάξης, το 14.6% των μαθητών της Ε' τάξης και το 6.9% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 10.9% (Κωδικός 2200) των μαθητών χρησιμοποιεί αλάνθαστα τον πρώτο τύπο απάντησης της 2^{ης} δοκιμασίας και θεωρεί τα ψηφία, από το πρώτο ως το τελευταίο ως ακολουθία. Η συμπεριφορά εκδηλώνεται από το 11.7% των αγοριών και το 10.1% των κοριτσιών, από το 2.6% των μαθητών της Δ' τάξης, το 9.2% των μαθητών της Ε' τάξης και το 20% της Στ' τάξης.

Το 6.1% (Κωδικός 2400) των μαθητών χρησιμοποιεί αλάνθαστα το δεύτερο τύπο απάντησης της 2^{ης} δοκιμασίας. Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται από το 5.9% των αγοριών και το 6.4% των κοριτσιών, από το 7.8% των μαθητών της Δ' τάξης, το 6.2% των μαθητών της Ε' τάξης και το 4.6% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 33% (Κωδικός 2002 - 2199) των μαθητών, χρησιμοποιώντας τον πρώτο τύπο απάντησης, έχει από 1 έως 68 λάθη. Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται από το 29.8% των αγοριών και το 36.2% των κοριτσιών, από το 29.3% των μαθητών της Δ' τάξης, το 30% των μαθητών της Ε' τάξης, και το 39.2% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 33% (Κωδικός 2201 - 2399) των μαθητών, χρησιμοποιώντας το δεύτερο τύπο απάντησης, έχει από 1 έως 58 λάθη. Η συμπεριφορά αυτή εκδηλώνεται από το 32.4% των αγοριών και το 33.5% των κοριτσιών, από το 32.8% των μαθητών της Δ' τάξης, το 36.9% των μαθητών της Ε' τάξης, και το 29.2% των μαθητών της Στ' τάξης.

Η 3^η δοκιμασία παρουσίασε το μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας σε σχέση με τις άλλες, όπως, επίσης, και το μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας κατά τη διόρθωση και την αξιολόγηση των δεδομένων (βλ. Πίνακες 34, 35, 36 και 37). Το 18.6% (Κωδικός 3000) κυκλώνει τον αριθμό 111 και τον αναγνωρίζει στο πρώτο τριψήφιο τμήμα που παρατηρεί. Επίσης, κυκλώνει και το μεγαλύτερο αριθμό που σχηματίζεται από το ίδιο ψηφίο. Η συμπεριφορά χαρακτηρίζει το 16.5% των αγοριών και το 20.7% των κοριτσιών, το 5.2% των μαθητών της Δ' τάξης, το 13.8% των μαθητών της Ε' τάξης και το 35.4% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 4% (Κωδικός 3200) των μαθητών κυκλώνει τον αριθμό 111, όταν τον συναντά ως τέλειο τριψήφιο, όπως, επίσης, και το μεγαλύτερο αριθμό που αποτελείται από το ίδιο ψηφίο. Η συμπεριφορά αυτή χαρακτηρίζει το 4.3% των αγοριών και το 3.7% των κοριτσιών, το 2.6% των μαθητών της Δ', το 4.6% της Ε' και το 4.6% των μαθητών της Στ' τάξεως.

Το μισό περίπου ποσοστό, 1.9% (Κωδικός 3220) των μαθητών χρησιμοποιεί μια άλλη στρατηγική, η οποία διαμορφώθηκε από τον τύπο των απαντήσεων στις δύο προηγούμενες δοκιμασίες. Αναγνωρίζει το πρώτο τριψήφιο τμήμα και ως μεγαλύτερο αναγνωρίζει αυτόν που έχει τη μεγαλύτερη αξία αλλά σχηματίζεται σε δύο σειρές.

Το συνολικό ποσοστό των μαθητών που εργάζεται σωστά και χρησιμοποιεί κάποιον από τους αποδεκτούς τύπους απάντησης ανέρχεται σε 24.5% (Κωδικοί 3000, 3200 και 3220). Η συμπεριφορά αυτή χαρακτηρίζει τα αγόρια και τα κορίτσια στο ίδιο ακριβώς ποσοστό, τους μαθητές της Δ' τάξης σε ποσοστό 7.8%, τους μαθητές της Ε' τάξης σε ποσοστό 20.2% και τους μαθητές της Στ' τάξης σε ποσοστό 44.6%.

Ως προς την 4^η δοκιμασία (βλ. Πίνακες 38, 39, 40 και 41), το 67.8% (Κωδικός 4069) των μαθητών χρησιμοποιεί τον πρώτο τύπο απάντησης, αναγνωρίζει τον αριθμό 111 και τον κυκλώνει 69 φορές αλάνθαστα. Η συμπεριφορά αυτή χαρακτηρίζει το 67.6% των αγοριών και το 68.1% των κοριτσιών, το 59.5% των μαθητών της Δ' τάξης, το 65.4% των μαθητών της Ε' τάξης και το 77.7% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 6.6% (Κωδικός 400) των μαθητών χρησιμοποιεί το δεύτερο τύπο της απάντησης και κυκλώνει τον αριθμό 111, όπου τον εντοπίζει να απαρτίζεται από τρία ακριβώς ψηφία. Τη συμπεριφορά αυτή την εκδηλώνει το 5.9% των αγοριών και το 7.4% των κοριτσιών, το 6.9% των μαθητών της Δ' τάξης, το 10% της Ε' τάξης και το 3.1% της Στ' τάξης.

Το 21.8% (Κωδικοί 0 – 399 και 4001 - 4068) εμφανίζει από 1 έως 69 λάθη. Με λάθη βαρύνεται το 22.8% των αγοριών και το 20.7% των κοριτσιών, το 30.1% των μαθητών της Δ' τάξης, το 21.6% των μαθητών της Ε' τάξης και το 14.6% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το 2.6% (Κωδικοί 4070 – 4899 και 4900 -) των μαθητών χρησιμοποιεί τον τρίτο τύπο απάντησης, επειδή έχει δημιουργική σκέψη και την αποδεικνύει με την κύκλωση των ίδιων ψηφίων, όσες φορές είναι αυτό δυνατό. Ειδικότερα στον αριθμό 1111, ο μαθητής που ακολουθεί αυτή τη διαδικασία κυκλώνει τον αριθμό 111 δύο φορές. Αυτή τη μορφή συμπεριφοράς την εκδηλώνουν αγόρια και κορίτσια στον ίδιο βαθμό, το 0.9% των μαθητών της Δ' τάξης, το 3.1% των μαθητών της Ε' τάξης και το 3.8% των μαθητών της Στ' τάξης.

Ως προς την 5^η δοκιμασία (βλ. Πίνακες 42, 43, 44 και 45), το ποσοστό των μαθητών που εργάζεται αλάνθαστα και χρησιμοποιεί τον πρώτο και δεύτερο τύπο της σωστής απάντησης ανέρχεται σε 31.9% (Κωδικοί 500 και 5045). Συμπεριλαμβάνουμε και τους δύο τύπους απάντησης στο ποσοστό που προαναφέρθηκε, επειδή ο δεύτερος τύπος χρησιμοποιείται από μικρό ποσοστό μαθητών 0.5%. Η συμπεριφορά αυτή χαρακτηρίζει το 32.4% των αγοριών και το 31.4% των κοριτσιών, το 24.1% των μαθητών της Δ' τάξης, το 29.2% των μαθητών της Ε' τάξης και το 41.5% των μαθητών της Στ' τάξης.

Τον τρίτο τύπο απάντησης χρησιμοποιεί το 7.4% (Κωδικοί 5046 – 5899 και 5900 -) των μαθητών. Η συμπεριφορά χαρακτηρίζει το 8.6% των αγοριών και το 6.4% των κοριτσιών, το 3.4% των μαθητών της Δ' τάξης, το 5.3% των μαθητών της Ε' τάξης και το 13.0% των μαθητών της Στ' τάξης.

Το ποσοστό των λαθών αυτών που χρησιμοποιούν τον τύπο απάντησης του κωδικού 500 ανέρχεται στο 0.5%. Το ποσοστό των λαθών εκείνων που χρησιμοποιούν τον τύπο απάντησης του κωδικού 5045 ανέρχεται στο 58.5% και τα λάθη κυμαίνονται από 1 έως 45. Η συμπεριφορά αυτή χαρακτηρίζει το 58% των αγοριών και το 59% των κοριτσιών, το 69.8% των μαθητών της Δ' τάξης, το 63.1% των μαθητών της Ε' τάξης και το 43.8% των μαθητών της Στ' τάξης.

Με βάση τα στατιστικά δεδομένα των επιδόσεων που προαναφέραμε, προχωρήσαμε σε πληρέστερη προσέγγιση της μαθηματικής συμπεριφοράς των μαθητών και παράλληλα αναλύσαμε πληρέστερα τα δεδομένα, όπως φαίνεται από τους πίνακες και τα σχετικά διαγράμματα.

Η πρώτη στατιστική ανάλυση των δεδομένων περιελάμβανε τη συνάφεια των επιδόσεων. Συσχετίσαμε τις επιδόσεις των μαθητών μεταξύ τους, για να βρούμε με βάση αυτές τις επιδόσεις, ποιές δοκιμασίες συνδέονται με την πλέον ισχυρή συσχέτιση (βλ. Πίνακα 46).

Από τη μελέτη των δεδομένων της παραμέτρου του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης κατά την εξέταση, με την τεχνική του P300, των μαθητών των δύο ισάριθμων ομάδων, προκύπτουν τα ακόλουθα στοιχεία με βάση τις επιδόσεις τους: 1) οι μαθητές με την ελάχιστη επίδοση στην 1^η δοκιμασία προς τους μαθητές με τη μέγιστη επίδοση έχουν: α) μέσο όρο 335.79 msec προς 307.35 msec και β) τυπική απόκλιση 30.44 msec προς 24.86 msec 2) από την εφαρμογή του κριτηρίου του Mann-Whitney προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά (βλ. Πίνακα 52). Αντίθετα, από τη μελέτη του ύψους δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων (βλ. Πίνακα 57). Από τη μελέτη των δεδομένων των παραμέτρων του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης και του ύψους ως προς το φύλο, δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των φύλων (βλ. Πίνακα 53, 58).

Από τη μελέτη των δεδομένων της παραμέτρου του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης κατά την εξέταση με την τεχνική του P300 των μαθητών των δύο ομάδων, αφενός της ομάδας των 17 μαθητών με Μ. Δ., αφετέρου της ομάδας των 38 μαθητών του δείγματος, προκύπτουν τα ακόλουθα στοιχεία: 1) οι 17 μαθητές με Μ.Δ. προς τους 38 μαθητές έχουν: α) μέσο όρο 403.88 msec προς 321.57 msec και β) τυπική απόκλιση 108.54 msec προς 30.96 msec 2) από την εφαρμογή του κριτηρίου του Mann-Whitney προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά (βλ. Πίνακα 54). Αντίθετα, από τη μελέτη του ύψους, δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων (βλ. Πίνακα 56).

Από τη μελέτη των δεδομένων της παραμέτρου του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης κατά την εξέταση με την τεχνική του P300 των μαθητών των δύο ομάδων, αφενός της ομάδας των 17 μαθητών με τις Μ. Δ. και με ελάχιστη επίδοση στην 1^η δοκιμασία και αφετέρου της ομάδας των 19 μαθητών του δείγματος, επίσης με ελάχιστη επίδοση στην 1^η δοκιμασία, προκύπτουν τα ακόλουθα

στοιχεία: 1) οι 17 μαθητές με Μ.Δ. προς τους 19 μαθητές έχουν: α) μέσο όρο 403.88 msec προς 335.79 msec και β) τυπική απόκλιση 108.54 msec προς 30.44 msec 2) από την εφαρμογή του κριτηρίου του Mann-Whitney προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά (βλ. Πίνακα 56). Αντίθετα, από τη μελέτη του ύψους, δεν παρατηρείται στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων, φαινόμενο που έχει παρατηρηθεί και σε όλες τις προηγούμενες συσχετίσεις (βλ. Πίνακα 61).

Μία συνοπτική εικόνα για τη συμπεριφορά των ηλικιακών ομάδων ως προς την επίδοσή τους στις πέντε δοκιμασίες σχηματίζεται από το Διάγραμμα 2 και πλήρεις εικόνες διαμορφώνονται από τους σχετικούς Πίνακες 29, 33, 37, 41 και 45. Οι μαθητές κάθε ηλικιακής ομάδας στην 3^η δοκιμασία φαίνεται να σημειώνουν καλύτερη επίδοση από τους μαθητές της προηγούμενης. Στην 1^η δοκιμασία όλες οι ηλικιακές ομάδες σημειώνουν καλύτερες επιδόσεις από τις προηγούμενες, με εξαίρεση την έκτη που σημειώνει μια εμφανή κάμψη. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στην 4^η δοκιμασία, μόνο που εμφανίζουν ανεπαίσθητη κάμψη οι επιδόσεις της τρίτης, της πέμπτης και της έκτης ηλικιακής ομάδας. Κάμψη εμφανίζουν στην 5^η δοκιμασία δύο ηλικιακές ομάδες, η δεύτερη και η τέταρτη. Στη 2^η δοκιμασία φαίνεται η δεύτερη ηλικιακή ομάδα να υστερεί έναντι της πρώτης, η τέταρτη έναντι της τρίτης και η έκτη έναντι της πέμπτης. Η πρώτη εκτίμηση ίσως θεωρήσει αυτή τη συμπεριφορά παράδοξη, όμως, δεν είναι, επειδή συσχετίζεται απόλυτα με δύο παράγοντες: τον τύπο της απάντησης που επιλέγουν και τη σύνθεση των τάξεων στη δεύτερη ηλικιακή ομάδα.

Πίνακας 26
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1^η δοκιμασία ανά σχολείο

Σχολείο	1001		1200		1400		1600		1700		1800		Άθροισμα %	Άθροισμα
14ο Λαμίας	7.6%	8	23.8%	25	11.4%	12	1.0%	1	1.0%	1	2.9%	3	48%	50
6ο Βόλου	9.4%	10	18.9%	20	11.3%	12	3.8%	4	0.0%	0	6.6%	7	50%	53
6ο Λαμίας	21.8%	19	13.8%	12	10.3%	9	2.3%	2	1.1%	1	10.3%	9	60%	52
Μεγάλης Βρύσης	16.7%	6	13.9%	5	2.8%	1	5.6%	2	0.0%	0	11.1%	4	50%	18
Μώλου	19.0%	8	4.8%	2	9.5%	4	0.0%		0.0%	0	7.1%	3	40%	17
Άθροισμα	13.6%	51	17.0%	64	10.1%	38	2.4%	9	0.5%	2	6.9%	26	51%	190

Σχολείο	1900		1002-1199		1201-1399		1401-1599		1701-1799		Άθροισμα %	Άθροισμα
14ο Λαμίας	1.0%	1	28.6%	30	15.2%	16	1.0%	1	6.7%	7	52%	55
6ο Βόλου	0.0%	0	28.3%	30	9.4%	10	8.5%	9	3.8%	4	50%	53
6ο Λαμίας	2.3%	2	17.2%	15	4.6%	4	11.5%	10	4.6%	4	40%	35
Μεγάλης Βρύσης	0.0%	0	36.1%	13	0.0%		5.6%	2	8.3%	3	50%	18
Μώλου	0.0%	0	23.8%	10	2.4%	1	9.5%	4	23.8%	10	60%	25
Άθροισμα	0.8%	3	26.1%	98	8.2%	31	6.9%	26	7.4%	28	49%	186

Πίνακας 27
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1^η δοκιμασία ανά τάξη

Τάξη	1001		1200		1400		1600		1700		1800		Άθροισμα %	Άθροισμα
Δ	12.9%	15	8.6%	10	6.9%	8	0.0%		1.7%	2	3.4%	4	33.6%	39
Ε	20.0%	26	14.6%	19	13.1%	17	4.6%	6	0.0%	0	6.9%	9	59.2%	77
ΣΤ	7.7%	10	26.9%	35	10.0%	13	2.3%	3	0.0%	0	10.0%	13	56.9%	74
Άθροισμα	13.6%	51	17.0%	64	10.1%	38	2.4%	9	0.5%	2	6.9%	26	50.5%	190

Τάξη	1900		1002-1199		1201-1399		1401-1599		1701-1799		Άθροισμα %	Άθροισμα
Δ	0.0%	0	35.3%	41	11.2%	13	7.8%	9	12.1%	14	66.4%	77
Ε	2.3%	3	23.1%	30	3.8%	5	6.2%	8	5.4%	7	40.8%	53
ΣΤ	0.0%	0	20.8%	27	10.0%	13	6.9%	9	5.4%	7	43.1%	56
ό Άθροισμα	0.8%	3	26.1%	98	8.2%	31	6.9%	26	7.4%	28	49.5%	186

Πίνακας 28
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	1001		1200		1400		1600		1637		1700		1800		Άθροισμα %	Άθροισμα
Αγόρι	13.8%	26	16.5%	31	10.1%	19	1.6%	3	0.0%		0.0%		4.8%	9	47%	88
Κορίτσι	13.3%	25	17.6%	33	10.1%	19	3.2%	6	0.5%	1	0.5%	1	9.0%	17	54%	102
Άθροισμα	13.6%	51	17.0%	64	10.1%	38	2.4%	9	0.3%	1	0.3%	1	6.9%	26	51%	190

Φύλο	1900		1002-1199		1201- 399		1401-1599		1701-1799		Άθροισμα %	Άθροισμα
Αγόρι	1.6%	3	26.1%	49	9.6%	18	8.0%	15	8.0%	15	53.2%	100
Κορίτσι	0.0%	0	26.1%	49	6.9%	13	5.9%	11	6.9%	13	46%	86
Άθροισμα	0.8%	3	26.1%	98	8.2%	31	6.9%	26	7.4%	28	49.5%	186

Πίνακας 29
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	1001		1200		1400		1600		1637		1700		1800		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	13.0%	7	5.6%	3	5.6%	3	0.0%		1.9%	1	0.0%		5.6%	3	31.5%	17
09.06.01-10.00.00	14.1%	9	10.9%	7	9.4%	6	1.6%	1	0.0%		1.6%	1	1.6%	1	39.1%	25
10.00.01-10.06.00	19.2%	14	16.4%	12	15.1%	11	2.7%	2	0.0%		0.0%		8.2%	6	61.6%	45
10.06.01-11.00.00	17.0%	9	13.2%	7	11.3%	6	5.7%	3	0.0%		0.0%		3.8%	2	50.9%	27
11.00.01-11.06.00	8.6%	5	27.6%	16	10.3%	6	0.0%		0.0%		0.0%		8.6%	5	55.2%	32
11.06.01-12.00.00	9.5%	7	25.7%	19	8.1%	6	4.1%	3	0.0%		0.0%		12.2%	9	59.5%	44
Άθροισμα	13.6%	51	17.0%	64	10.1%	38	2.4%	9	0.3%	1	0.3%	1	6.9%	26	50.5%	190

Ηλικία	1900		1002-1199		1201-1399		1401-1599		1701-1799		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	0.0%	0	38.9%	21	9.3%	5	11.1%	6	9.3%	5	68.5%	37
09.06.01-10.00.00	0.0%	0	29.7%	19	12.5%	8	4.7%	3	14.1%	9	60.9%	39
10.00.01-10.06.00	1.4%	1	20.5%	15	5.5%	4	5.5%	4	5.5%	4	38.4%	28
10.06.01-11.00.00	3.8%	2	30.2%	16	1.9%	1	7.5%	4	5.7%	3	49.1%	26
11.00.01-11.06.00	0.0%	0	19.0%	11	10.3%	6	8.6%	5	6.9%	4	44.8%	26
11.06.01-12.00.00	0.0%	0	21.6%	16	9.5%	7	5.4%	4	4.1%	3	40.5%	30
Άθροισμα	0.8%	3	26.1%	98	8.2%	31	6.9%	26	7.4%	28	49.5%	186

Πίνακας 30
Σχετικές και απόλυτες τιμές στη 2^η δοκιμασία ανά σχολείο

Σχολείο	2000	2001	2200	2400	Άθροισμα %	Άθροισμα				
14ο Λαμίας	1.0%	1	17.1%	18	11.4%	12	6.7%	7	36%	38
6ο Βόλου	0.9%	1	11.3%	12	11.3%	12	3.8%	4	27%	29
6ο Λαμίας	0.0%	0	6.9%	6	10.3%	9	10.3%	9	28%	24
Μεγάλης Βρύσης	2.8%	1	30.6%	11	11.1%	4	2.8%	1	47%	17
Μώλου	2.4%	1	19.0%	8	9.5%	4	4.8%	2	36%	15
Άθροισμα	1.1%	4	14.6%	55	10.9%	41	6.1%	23	33%	123

Σχολείο	2700	2002-2199	2201-2399	2401-2499	Άθροισμα %	Άθροισμα				
14ο Λαμίας	1.0%	1	26.7%	28	36.2%	38	0.0%		64%	67
6ο Βόλου	0.0%	0	40.6%	43	32.1%	34	0.0%		73%	77
6ο Λαμίας	2.3%	2	37.9%	33	29.9%	26	2.3%	2	72%	63
Μεγάλης Βρύσης	0.0%	0	27.8%	10	25.0%	9	0.0%		53%	19
Μώλου	0.0%	0	23.8%	10	40.5%	17	0.0%		64%	27
Άθροισμα	0.8%	3	33.0%	124	33.0%	124	0.5%	2	67%	253

Πίνακας 31
Σχετικές και απόλυτες τιμές στη 2^η δοκιμασία ανά τάξη

Τάξη	2000	2001	2200	2400	Άθροισμα %	Άθροισμα				
Δ	2.6%	3	23.3%	27	2.6%	3	7.8%	9	36.2%	42
Ε	0.8%	1	14.6%	19	9.2%	12	6.2%	8	30.8%	40
ΣΤ	0.0%	0	6.9%	9	20.0%	26	4.6%	6	31.5%	41
Άθροισμα	1.1%	4	14.6%	55	10.9%	41	6.1%	23	32.7%	123

Τάξη	2700	2002-2199	2201-2399	2401-2499	Άθροισμα %	Άθροισμα				
Δ	1.7%	2	29.3%	34	32.8%	38	0.0%		63.8%	74
Ε	0.8%	1	30.0%	39	36.9%	48	1.5%	2	69.2%	90
ΣΤ	0.0%	0	39.2%	51	29.2%	38	0.0%		68.5%	89
Άθροισμα	0.8%	3	33.0%	124	33.0%	124	0.5%	2	67.3%	253

Πίνακας 32
Σχετικές και απόλυτες τιμές στη 2^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	2000		2001		2200		2400		Άθροισμα%	Άθροισμα
Αγόρι	1.1%	2	18.1%	34	11.7%	22	5.9%	11	36.7%	69
Κορίτσι	1.1%	2	11.2%	21	10.1%	19	6.4%	12	28.7%	54
Άθροισμα	1.1%	4	14.6%	55	10.9%	41	6.1%	23	32.7%	123

Φύλο	2700		2002-2199		2201-2399		2401-2499		Άθροισμα%	Άθροισμα
Αγόρι	0.5%	1	29.8%	56	32.4%	61	0.5%	1	63.3%	119
Κορίτσι	1.1%	2	36.2%	68	33.5%	63	0.5%	1	71.3%	134
Άθροισμα	0.8%	3	33.0%	124	33.0%	124	0.5%	2	67.3%	253

Πίνακας 33
Σχετικές και απόλυτες τιμές στη 2^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	2000		2001		2200		2400		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	5.6%	3	16.7%	9	3.7%	2	7.4%	4	33.3%	18
09.06.01-10.00.00	0.0%	0	28.1%	18	1.6%	1	7.8%	5	37.5%	24
10.00.01-10.06.00	1.4%	1	15.1%	11	11.0%	8	8.2%	6	35.6%	26
10.06.01-11.00.00	0.0%	0	15.1%	8	7.5%	4	3.8%	2	26.4%	14
11.00.01-11.06.00	0.0%	0	3.4%	2	20.7%	12	5.2%	3	29.3%	17
11.06.01-12.00.00	0.0%	0	9.5%	7	18.9%	14	4.1%	3	32.4%	24
Άθροισμα	1.1%	4	14.6%	55	10.9%	41	6.1%	23	32.7%	123

Ηλικία	2700		2002-2199		2201-2399		2401-2499		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	1.9%	1	37.0%	20	27.8%	15	0.0%		66.7%	36
09.06.01-10.00.00	0.0%	0	23.4%	15	39.1%	25	0.0%		62.5%	40
10.00.01-10.06.00	1.4%	1	27.4%	20	34.2%	25	1.4%	1	64.4%	47
10.06.01-11.00.00	1.9%	1	34.0%	18	37.7%	20	0.0%		73.6%	39
11.00.01-11.06.00	0.0%	0	32.8%	19	36.2%	21	1.7%	1	70.7%	41
11.06.01-12.00.00	0.0%	0	43.2%	32	24.3%	18	0.0%		67.6%	50
Άθροισμα	0.8%	3	33.0%	##	33.0%	124	0.5%	2	67.3%	253

Πίνακας 34
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3^η δοκιμασία ανά σχολείο

Σχολείο	3000	3001	3200	3220	3010	3018	Υπόλοιπα	Άθροισμα %	Άθροισμα							
14ο Λαμίας	22.9%	24	0.0%	2.9%	3	1.0%	1	65.7%	69	100.0%	105					
6ο Βόλου	16.0%	17	0.0%	4.7%	5	2.8%	3	61.3%	65	100.0%	106					
6ο Λαμίας	20.7%	18	2.3%	2	3.4%	3	2.3%	2	12.6%	11	0.0%	58.6%	51	100.0%	87	
Μεγάλης Βρύσης	5.6%	2	2.8%	1	0.0%		2.8%	1	5.6%	2	0.0%	83.3%	30	100.0%	36	
Μώλου	21.4%	9	0.0%		9.5%	4	0.0%		14.3%	6	0.0%	54.8%	23	100.0%	42	
Άθροισμα	18.6%	70	0.8%	3	4.0%	15	1.9%	7	10.6%	40	0.8%	3	63.3%	238	100.0%	376

Πίνακας 35
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3^η δοκιμασία ανά τάξη

Τάξη	3000	3001	3200	3220	3010	3018	Υπόλοιπα	Άθροισμα %	Άθροισμα							
Δ	5.2%	6	0.9%	1	2.6%	3	0.0%	8.6%	10	0.9%	1	81.9%	95	100.0%	116	
Ε	13.8%	18	0.8%	1	4.6%	6	0.8%	1	7.7%	10	0.8%	1	71.5%	93	100.0%	130
ΣΤ	35.4%	46	0.8%	1	4.6%	6	4.6%	6	15.4%	20	0.8%	1	38.5%	50	100.0%	130
Άθροισμα	18.6%	70	0.8%	3	4.0%	15	1.9%	7	10.6%	40	0.8%	3	63.3%	238	100.0%	376

Πίνακας 36
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	3000	3001	3200	3220	3010	3018	Υπόλοιπα	Άθροισμα %	Άθροισμα							
Αγόρι	16.5%	31	0.5%	1	4.3%	8	3.7%	7	10.1%	19	0.5%	1	64.4%	121	100.0%	188
Κορίτσι	20.7%	39	1.1%	2	3.7%	7	0.0%		11.2%	21	1.1%	2	62.2%	117	100.0%	188
Άθροισμα	18.6%	70	0.8%	3	4.0%	15	1.9%	7	10.6%	40	0.8%	3	63.3%	238	100.0%	376

Πίνακας 37
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	3000		3001		3200		3220		3010		3018		Υ		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	5.6%	3	0.0%		1.9%	1	0.0%		9.3%	5	1.9%	1	81.5%	44	100.0%	54
09.06.01-10.00.00	9.4%	6	1.6%	1	3.1%	2	0.0%		7.8%	5	0.0%		78.1%	50	100.0%	64
10.00.01-10.06.00	13.7%	10	0.0%		4.1%	3	1.4%	1	8.2%	6	1.4%	1	71.2%	52	100.0%	73
10.06.01-11.00.00	9.4%	5	1.9%	1	5.7%	3	0.0%		5.7%	3	0.0%		77.4%	41	100.0%	53
11.00.01-11.06.00	32.8%	19	1.7%	1	1.7%	1	5.2%	3	20.7%	12	1.7%	1	36.2%	21	100.0%	58
11.06.01-12.00.00	36.5%	27	0.0%		6.8%	5	4.1%	3	12.2%	9	0.0%		40.5%	30	100.0%	74
Άθροισμα	18.6%	70	0.8%	3	4.0%	15	1.9%	7	10.6%	40	0.8%	3	63.3%	238	100.0%	376

Πίνακας 38
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4^η δοκιμασία ανά σχολείο

Σχολείο	400		4000		4069		4900		Άθροισμα %	Άθροισμα
14ο Λαμίας	12.4%	13	0.0%		62.9%	66	0.0%		75%	79
6ο Βόλου	3.8%	4	0.0%		70.8%	75	0.0%		75%	79
6ο Λαμίας	6.9%	6	0.0%		66.7%	58	1.1%	1	75%	65
Μεγάλης Βρύσης	2.8%	1	2.8%	1	72.2%	26	5.6%	2	83%	30
Μώλου	2.4%	1	0.0%		71.4%	30	0.0%		74%	31
Άθροισμα	6.6%	25	0.3%	1	67.8%	255	0.8%	3	76%	284

Σχολείο	0-399		4001-4068		4070-4899		4901-		Άθροισμα %	Άθροισμα
14ο Λαμίας	0.0%		23.8%	25	1.0%	1	0.0%		25%	26
6ο Βόλου	0.9%	1	17.9%	19	0.0%		6.6%	7	25%	27
6ο Λαμίας	3.4%	3	20.7%	18	1.1%	1	0.0%		25%	22
Μεγάλης Βρύσης	2.8%	1	13.9%	5	0.0%		0.0%		17%	6
Μώλου	0.0%		23.8%	10	0.0%		2.4%	1	26%	11
Άθροισμα	1.3%	5	20.5%	77	0.5%	2	2.1%	8	24%	92

Πίνακας 39
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4^η δοκιμασία ανά τάξη

Τάξη	400		4000		4069		4900		Άθροισμα %	Άθροισμα
Δ	6.9%	8	0.9%	1	59.5%	69	1.7%	2	69.0%	80
Ε	10.0%	13	0.0%		65.4%	85	0.0%		75.4%	98
ΣΤ	3.1%	4	0.0%		77.7%	101	0.8%	1	81.5%	106
Άθροισμα	6.6%	25	0.3%	1	67.8%	255	0.8%	3	75.5%	284

Τάξη	0-399		4001-4068		4070-4899		4901-		Άθροισμα %	Άθροισμα
Δ	1.7%	2	28.4%	33	0.9%	1	0.0%		31.0%	36
Ε	0.8%	1	20.8%	27	0.8%	1	2.3%	3	24.6%	32
ΣΤ	1.5%	2	13.1%	17	0.0%		3.8%	5	18.5%	24
Άθροισμα	1.3%	5	20.5%	77	0.5%	2	2.1%	8	24.5%	92

Πίνακας 40
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	400		4000		4069		4900		Άθροισμα %	Άθροισμα
Αγόρι	5.9%	11	0.5%	1	67.6%	127	0.5%	1	74.5%	140
Κορίτσι	7.4%	14	0.0%		68.1%	128	1.1%	2	76.6%	144
Άθροισμα	6.6%	25	0.3%	1	67.8%	255	0.8%	3	75.5%	284

Φύλο	0-399		4001-4068		4070-4899		4901-		Άθροισμα %	Άθροισμα
Αγόρι	2.1%	4	20.7%	39	0.0%		2.7%	5	23.4%	44
Κορίτσι	0.5%	1	20.2%	38	1.1%	2	1.6%	3	24.5%	92
Άθροισμα	1.3%	5	20.5%	77	0.5%	2	2.1%	8	0.0%	0

Πίνακας 41
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	400		4000		4069		4900		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	7.4%	4	0.0%		51.9%	28	1.9%	1	61.1%	33
09.06.01-10.00.00	6.3%	4	1.6%	1	67.2%	43	1.6%	1	76.6%	49
10.00.01-10.06.00	8.2%	6	0.0%		64.4%	47	0.0%		72.6%	53
10.06.01-11.00.00	13.2%	7	0.0%		66.0%	35	0.0%		79.2%	42
11.00.01-11.06.00	0.0%		0.0%		82.8%	48	0.0%		82.8%	48
11.06.01-12.00.00	5.4%	4	0.0%		73.0%	54	1.4%	1	79.7%	59
Άθροισμα	6.6%	25	0.3%	1	67.8%	255	0.8%	3	75.5%	284

Ηλικία	0-399		4001-4068		4070-4399		4901-		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	0.0%		37.0%	20	1.9%	1	0.0%		38.9%	21
09.06.01-10.00.00	3.1%	2	20.3%	13	0.0%		0.0%		23.4%	15
10.00.01-10.06.00	1.4%	1	21.9%	16	1.4%	1	2.7%	2	27.4%	20
10.06.01-11.00.00	0.0%		18.9%	10	0.0%		1.9%	1	20.8%	11
11.00.01-11.06.00	0.0%		13.8%	8	0.0%		3.4%	2	17.2%	10
11.06.01-12.00.00	2.7%	2	13.5%	10	0.0%		4.1%	3	20.3%	15
Άθροισμα	1.3%	5	20.5%	77	0.5%	2	2.1%	8	24.5%	92

Πίνακας 42
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5^η δοκιμασία ανά σχολείο

Σχολείο	499		500		5000		5001		Άθροισμα %	Άθροισμα
14ο Λαμίας	1.9%	2	1.9%	2	0.0%		0.0%		4%	4
6ο Βόλου	0.0%		0.0%		1.9%	2	0.0%		2%	2
6ο Λαμίας	0.0%		0.0%		2.3%	2	1.1%	1	3%	3
Μεγάλης Βρύσης	0.0%		0.0%		2.8%	1	0.0%		3%	1
Μώλου	0.0%		0.0%		0.0%		0.0%		0%	0
Άθροισμα	0.5%	2	0.5%	2	1.3%	5	0.3%	1	3%	10

Σχολείο	5045		5002-5044		5046-5899		5900-		Άθροισμα %	Άθροισμα
14ο Λαμίας	37.1%	39	51.4%	54	6.7%	7	1.0%	1	96%	101
6ο Βόλου	25.5%	27	55.7%	59	2.8%	3	14.2%	15	98%	104
6ο Λαμίας	31.0%	27	64.4%	56	1.1%	1	0.0%		97%	84
Μεγάλης Βρύσης	33.3%	12	63.9%	23	0.0%		0.0%		97%	35
Μώλου	31.0%	13	66.7%	28	0.0%		2.4%	1	100%	42
Άθροισμα	31.4%	118	58.5%	220	2.9%	11	4.5%	17	97%	366

Πίνακας 43
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5^η δοκιμασία ανά τάξη

Τάξη	499		500		5000		5001		Άθροισμα %	Άθροισμα
Δ	0.0%		0.0%		1.7%	2	0.9%	1	2.6%	3
Ε	1.5%	2	1.5%	2	0.8%	1	0.0%		3.8%	5
ΣΤ	0.0%		0.0%		1.5%	2	0.0%		1.5%	2
Άθροισμα	0.5%	2	0.5%	2	1.3%	5	0.3%	1	2.7%	10

Τάξη	5045		5002-5044		5046-5899		5900-		Άθροισμα %	Άθροισμα
Δ	24.1%	28	69.8%	81	3.4%	4	0.0%		97.4%	113
Ε	27.7%	36	63.1%	82	3.8%	5	1.5%	2	96.2%	125
ΣΤ	41.5%	54	43.8%	57	1.5%	2	11.5%	15	98.5%	128
Άθροισμα	31.4%	118	58.5%	220	2.9%	11	4.5%	17	97.3%	366

Πίνακας 44
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5^η δοκιμασία ανά φύλο

Φυλο	499	500	5000	5001	Άθροισμα %	Άθροισμα
Αγόρι	0.0%	0.5%	1.1%	0.0%	1.6%	3
Κορίτσι	1.1%	0.5%	1.6%	0.5%	3.7%	7
Άθροισμα	0.5%	0.5%	1.3%	0.3%	2.7%	10

Φύλο	5045	5002-5044	5046-5899	5900-	Άθροισμα %	Άθροισμα
Αγόρι	31.9%	58.0%	4.3%	4.3%	96.3%	181
Κορίτσι	30.9%	59.0%	1.6%	4.8%	97.3%	366
Άθροισμα	31.4%	58.5%	2.9%	4.5%	0.0%	0

Πίνακας 45
Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	499		500		5000		5001		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	0.0%		0.0%		0.0%		1.9%	1	1.9%	1
09.06.01-10.00.00	0.0%		0.0%		3.1%	2	0.0%		3.1%	2
10.00.01-10.06.00	2.7%	2	0.0%		0.0%		0.0%		2.7%	2
10.06.01-11.00.00	0.0%		3.8%	2	1.9%	1	0.0%		5.7%	3
11.00.01-11.06.00	0.0%		0.0%		1.7%	1	0.0%		1.7%	1
11.06.01-12.00.00	0.0%		0.0%		1.4%	1	0.0%		1.4%	1
Άθροισμα	0.5%	2	0.5%	2	1.3%	5	0.3%	1	2.7%	10

Ηλικία	5045		5002-5044		5046-5899		5900-		Άθροισμα	
09.00.01-09.06.00	24.1%	13	70.4%	38	3.7%	2	0.0%		98.1%	53
09.06.01-10.00.00	25.0%	16	68.8%	44	3.1%	2	0.0%		96.9%	62
10.00.01-10.06.00	30.1%	22	61.6%	45	4.1%	3	1.4%	1	97.3%	71
10.06.01-11.00.00	22.6%	12	64.2%	34	3.8%	2	3.8%	2	94.3%	50
11.00.01-11.06.00	34.5%	20	51.7%	30	1.7%	1	10.3%	6	98.3%	57
11.06.01-12.00.00	47.3%	35	39.2%	29	1.4%	1	10.8%	8	98.6%	73
Άθροισμα	31.4%	118	58.5%	##	2.9%	11	4.5%	17	97.3%	366

Συστηματική ερμηνεία όλων αυτών των αποτελεσμάτων, των δεδομένων και των πτυχών της μαθηματικής συμπεριφοράς, θα εκτεθεί στο κεφάλαιο «Συζήτηση».

Πίνακας 46
Συνάφεια Pearson μεταξύ των επιδόσεων στις πέντε δοκιμασίες

	Δοκιμασία 1 ^η	Δοκιμασία 2 ^η	Δοκιμασία 3 ^η	Δοκιμασία 4 ^η	Δοκιμασία 5 ^η
Δοκιμασία 1 ^η	1.00	.636	.154	.194	.253
		.000	.003	.000	.000
Δοκιμασία 2 ^η	.636	1.00	.192	.151	.150
	.000		.000	.003	.004
Δοκιμασία 3 ^η	.154	.192	1.00	.157	.218
	.003	.000		.002	.000
Δοκιμασία 4 ^η	.194	.151	.157	1.00	.337
	.000	.003	.002		.000
Δοκιμασία 5 ^η	.253	.150	.218	.337	1.00
	.000	.004	.000	.000	

Με βάση τα στατιστικά δεδομένα, προχωρήσαμε σε συσχέτιση των επιδόσεων των μαθητών μεταξύ των πέντε δοκιμασιών. Από τα αποτελέσματα της συσχέτισης των δοκιμασιών 1 και 2 βρήκαμε πως συνδέονται με ισχυρή συνάφεια ($r=0.636$, $p=0.01$ - βλ. Πίνακα 46), η οποία δε φαίνεται να υπάρχει μεταξύ των άλλων δοκιμασιών.

Πίνακας 47
Εξίσωση Παλινδρόμησης και Ανάλυσης των επιδόσεων στην 1^η και 2^η δοκιμασία

Μοντέλο	Μη τυποποιημένοι συντελεστές		Τυποποιημένοι συντελεστές	T
	B	Τυπικό σφάλμα	Βήτα	
(σταθερά)	5.128	.65		7.78 *
Δοκιμασία 2 ^η	.652	.04	.636	15.94 *

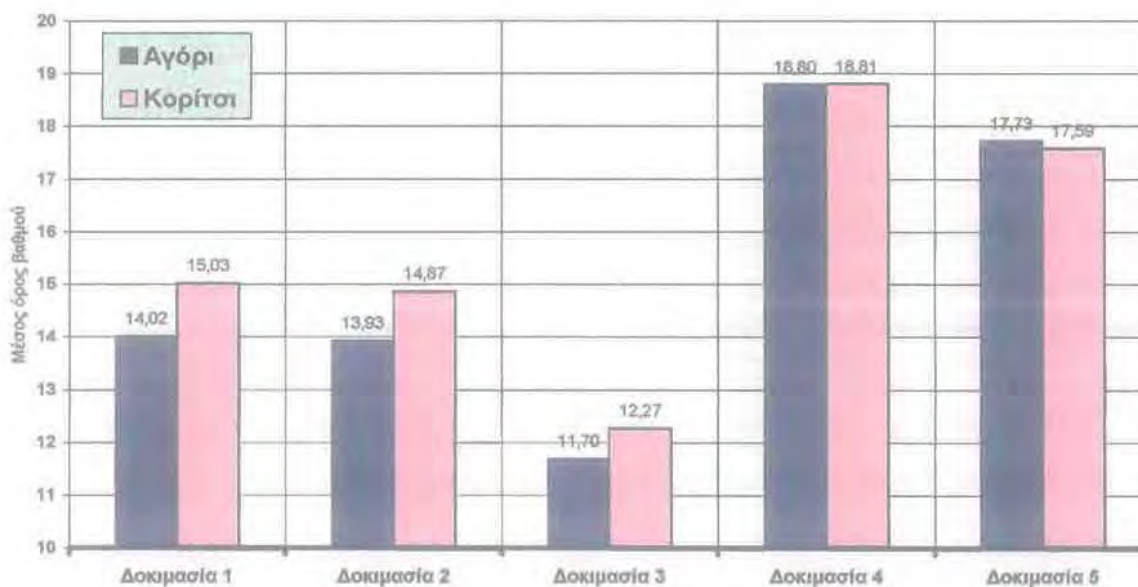
Εξάρτημένη μεταβλητή: Δοκιμασία 1, * $p < 0.0005$

Η πολυπλοκότητα των ερευνητικών προβλημάτων απαιτεί συχνά μια πολυπαραγοντική και

πολυμετάβλητη στατιστική επεξεργασία. Η παλινδρομική ανάλυση είναι από τις πιο ισχυρές στατιστικές τεχνικές (Ferguson & Takane, 1989. Κατσίλης, 1997. Μακράκης, 1997).

Η εξίσωση παλινδρόμησης, σύμφωνα με τα στοιχεία που μας παρέχει, μας επιτρέπει να προβλέψουμε την τιμή της 1^{ης} δοκιμασίας, γνωρίζοντας την τιμή της 1^{ης} δοκιμασίας σε ποσοστό 40%, όπως φαίνεται από το συντελεστή προσαρμογής $R^2 = 0.405$. Ο συντελεστής συνάφειας (Κατσίλης, 1997) για τις δοκιμασίες 1 και 2 είναι $\eta^2 = 0.468$ και μας δείχνει ότι το ποσοστό της διακύμανσης της δοκιμασίας 1 που οφείλεται στη δοκιμασία 2 είναι περίπου 47%. Ειδικότερα έχουμε:

Δοκιμασία 1 = δοκιμασία 2 * 0.652 + 5.128 (βλ. Πίνακα 47).



Διάγραμμα 1
Επιδόσεις ανά δοκιμασία και φύλο

Η μεγαλύτερη διαφορά των μέσων όρων των επιδόσεων των δύο φύλων παρατηρείται στην 1^η δοκιμασία, ενώ η μικρότερη στην 4^η δοκιμασία (βλ. Διάγραμμα 1).

Πίνακας 48
Σύγκριση των Μ.Ο των πέντε δοκιμασιών μεταξύ των δύο φύλων

	Φύλο	N	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Τυπικό Σφάλμα Μετρήσεως
Δοκιμασία 1 ^η	Αγόρι	188	14.02	7.52	0.55
	Κορίτσι	188	15.03	7.20	0.53
Δοκιμασία 2 ^η	Αγόρι	188	13.93	7.59	0.55
	Κορίτσι	188	14.87	6.75	0.49
Δοκιμασία 3 ^η	Αγόρι	188	11.70	6.06	0.44
	Κορίτσι	188	12.27	6.01	0.44
Δοκιμασία 4 ^η	Αγόρι	188	18.80	3.68	0.27
	Κορίτσι	188	18.81	3.74	0.27
Δοκιμασία 5 ^η	Αγόρι	188	17.73	3.75	0.27
	Κορίτσι	188	17.59	4.04	0.29

Με βάση τον Πίνακα 48 οι διαφορές των μέσων τιμών ανάμεσα στα δύο φύλα είναι μικρές και, συγκεκριμένα, μικρότερες από μία μονάδα για όλες τις δοκιμασίες εκτός από την πρώτη (Διαφορά μέσων τιμών = 1.01).

Πίνακας 49

Έλεγχος ανεξαρτησίας ανά δοκιμασία μεταξύ των επιδόσεων και του φύλου με το κριτήριο χ^2 .

	Τιμή του χ^2	Βαθμοί ελευθερίας	Επίπεδο σημαντικότητας
Δοκιμασία 1	2.18	2	0.336
Δοκιμασία 2	4.54	2	0.103
Δοκιμασία 3	0.68	2	0.711
Δοκιμασία 4	0.25	2	0.882
Δοκιμασία 5	0.36	2	0.836

Με το κριτήριο χ^2 ελέγξαμε την ανεξαρτησία ανάμεσα στην επίδοση των πέντε δοκιμασιών και στο φύλο. Το κριτήριο δεν έδειξε κανένα στατιστικώς σημαντικό αποτέλεσμα και αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούμε να απορρίψουμε την υπόθεση της ανεξαρτησίας για καμιά από τις δοκιμασίες (βλ. Πίνακα 49).

Πίνακας 50

Πολυμετάβλητη Ανάλυση της Διακύμανσης της επίδρασης του φύλου στην επίδοση ως προς τις πέντε δοκιμασίες.

Εξαρτημένες μεταβλητές	F	Βαθμοί ελευθερίας	η^2
Δοκιμασίες 1 ^η – 5 ^η	0.65	375	0.009

$p < 0.662$

Η ύπαρξη περισσότερων από μίας δοκιμασιών μας οδήγησε στη χρησιμοποίηση της Πολυμετάβλητης Ανάλυσης της Διακύμανσης (MANOVA), για τον έλεγχο της επίδρασης του φύλου στην επίδοση των δοκιμασιών, επειδή θεωρείται η πιο αξιόπιστη για τον γενικό έλεγχο της επίδρασης μιας ή περισσότερων ανεξάρτητων μεταβλητών σε μία ή περισσότερες εξαρτημένες. Τα αποτελέσματα τα οποία έδωσε δεν είναι στατιστικώς σημαντικά ($F=0.65$, $p=0.662$ - βλ. Πίνακα 50). Δηλαδή, δεν φαίνεται να υπάρχει επίδραση του φύλου πάνω στην επίδοση των πέντε δοκιμασιών. Η τιμή του $\eta^2=0.009$ (βλ. Πίνακα 50) μας δείχνει πως μόνο το 0.9% της μεταβλητότητας στη διακύμανση των επιδόσεων οφείλεται στο φύλο.

Πίνακας 51

Ανάλυσης της Διακύμανσης των Μ.Ο. της επίδοσης στις πέντε δοκιμασίες μεταξύ των φύλων

Εξαρτημένη μεταβλητή	F	Βαθμοί ελευθερίας	Επίπεδο σημαντικότητας	η^2
Δοκιμασία 1 ^η	1.77	375	0.184	0.005
Δοκιμασία 2 ^η	1.60	375	0.207	0.004
Δοκιμασία 3 ^η	0.85	375	0.357	0.002
Δοκιμασία 4 ^η	0.00	375	0.978	0.0005
Δοκιμασία 5 ^η	0.13	375	0.722	0.0005

Ένας περαιτέρω έλεγχος με τη διαδικασία της Ανάλυσης της Διακύμανσης (ANOVA) (Ferguson & Takane, 1989. Μακράκης, 1997), προκειμένου να συγκριθούν οι επιδόσεις ανάμεσα

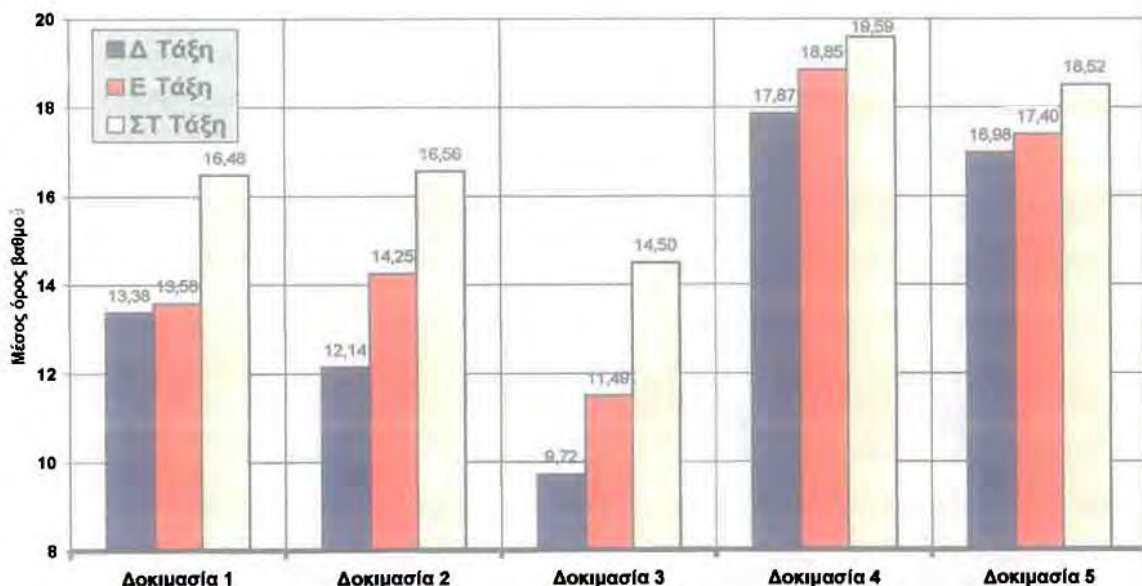
στα δύο φύλα για κάθε δοκιμασία χωριστά (βλ. Διάγραμμα 1), έδειξε ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα αγόρια και τα κορίτσια για καμία από τις πέντε δοκιμασίες.

Συγκεκριμένα η ανάλυση έδωσε τα ακόλουθα στοιχεία για κάθε δοκιμασία: για την 1^η ($F=1.77$, $p=0.184$, $\eta^2=0.005$), τη 2^η ($F=1.60$, $p=0.207$, $\eta^2=0.004$), την 3^η ($F=0.85$, $p=0.357$, $\eta^2=0.002$), την 4^η ($F=0.00$, $p=0.978$, $\eta^2=0.0005$) και την 5^η δοκιμασία ($F=0.13$, $p=0.722$, $\eta^2=0.0005$) (βλ. Πίνακα 51).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα θεωρούνται στατιστικώς σημαντικά όταν:

1) Στην διαδικασία της Πολυμετάβλητης Ανάλυσης της Διακύμανσης, το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 0.05.

2) Στον έλεγχο με τη διαδικασία Ανάλυση της Διακύμανσης για κάθε δοκιμασία χωριστά, το επίπεδο σημαντικότητας είναι μικρότερο του 0.01. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο Bonferroni = 0.05 / αριθμό εξαρτημένων μεταβλητών.



Διάγραμμα 2
Επιδόσεις ανά δοκιμασία και τάξη

Πίνακας 52

Έλεγχος ανεξαρτησίας ανά τάξη μεταξύ των επιδόσεων στις 5 δοκιμασίες με το κριτήριο χ^2 .

	Τιμή του χ^2	Βαθμοί ελευθερίας	Επίπεδο σημαντικότητας
Δοκιμασία 1 ^η	34.82	4	0.0005
Δοκιμασία 2 ^η	22.89	4	0.0005
Δοκιμασία 3 ^η	50.81	4	0.0005
Δοκιμασία 4 ^η	12.95	4	0.012
Δοκιμασία 5 ^η	25.27	4	0.0005

Με το κριτήριο χ^2 ελέγξαμε την ανεξαρτησία ανάμεσα στην επίδοση των πέντε δοκιμασιών και στην τάξη. Το κριτήριο έδωσε στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα για όλες τις δοκιμασίες. Συγκεκριμένα η ανάλυση έδωσε τα ακόλουθα στοιχεία για κάθε δοκιμασία: για την 1^η ($\chi^2=34.82$, $p=0.000$), τη 2^η ($\chi^2=22.89$, $p=0.000$), την 3^η ($\chi^2=50.81$, $p=0.000$), την 4^η ($\chi^2=12.95$, $p=0.012$) και την 5^η δοκιμασία ($\chi^2=25.27$, $p=0.000$) (βλ. Πίνακα 52). Αυτό σημαίνει πως η επίδοση στις δοκιμασίες δεν είναι ανεξάρτητη από την τάξη φοίτησης του μαθητή.

Πίνακας 53

Πολυμετάβλητη Ανάλυση της Διακύμανσης ως προς την επίδραση της τάξης στην επίδοση ως προς τις πέντε δοκιμασίες.

Εξαρτημένες μεταβλητές	F	Βαθμοί ελευθερίας	η^2
Δοκιμασίες 1 ^η – 5 ^η	6.90	750	0.085

$p < 0.0005$

Πίνακας 54

Ανάλυση της Διακύμανσης των Μ.Ο. των δοκιμασιών ανά τάξη.

Εξαρτημένη μεταβλητή	F	Βαθμοί ελευθερίας	η^2
Δοκιμασία 1 ^η	7.25	375	0.037
Δοκιμασία 2 ^η	12.35	375	0.062
Δοκιμασία 3 ^η	22.17	375	0.106
Δοκιμασία 4 ^η	6.82	375	0.035
Δοκιμασία 5 ^η	5.30	375	0.028

$p < 0.005$

Η διαδικασία της Πολυμετάβλητης Ανάλυσης της Διακύμανσης έδειξε πως υπάρχουν διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών των τριών τάξεων ($F=6.90$, $p < 0.0005$ - βλ. Πίνακα 53). Ο έλεγχος έγινε σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05. Η τιμή του $\eta^2=0.085$ μας δείχνει πως το 8.5% της μεταβλητότητας στη διακύμανση της επίδοσης οφείλεται στην τάξη.

Χρησιμοποιήθηκε και η διαδικασία της Ανάλυσης της Διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της τάξης σε κάθε δοκιμασία χωριστά, που έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές και για τις πέντε δοκιμασίες. Συγκεκριμένα, η ανάλυση έδωσε τα ακόλουθα στοιχεία για κάθε δοκιμασία: για την 1^η ($F=7.25$, $p=0.001$, $\eta^2=0.037$), τη 2^η ($F=12.35$, $p < 0.0005$, $\eta^2=0.062$), την 3^η ($F=22.17$, $p < 0.0005$, $\eta^2=0.106$), την 4^η ($F=6.83$, $p=0.001$, $\eta^2=0.035$) και την 5^η δοκιμασία ($F=5.30$, $p=0.005$, $\eta^2=0.028$) (βλ. Πίνακα 54). Στην περίπτωση αυτή ο έλεγχος έγινε σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01, χρησιμοποιώντας το κριτήριο Bonferroni.

Πίνακας 55
Πολλαπλές συγκρίσεις με τη μέθοδο του Tukey του Μ.Ο. των δοκιμασιών ανά τάξη.

Εξαρτημένη μεταβλητή	Ζεύγος τάξεων	Διαφορά Μέσων τιμών	Επίπεδο σημαντικότητας
Δοκιμασία 1 ^η	$\Delta' - E'$	-0.21	0.973
	$E' - \Sigma\tau'$	-2.89	0.004
	$\Delta' - \Sigma\tau'$	3.10	0.002
Δοκιμασία 2 ^η	$\Delta' - E'$	-2.12	0.046
	$E' - \Sigma\tau'$	-2.31	0.021
	$\Delta' - \Sigma\tau'$	4.42	0.000
Δοκιμασία 3 ^η	$\Delta' - E'$	-1.78	0.040
	$E' - \Sigma\tau'$	-3.01	0.000
	$\Delta' - \Sigma\tau'$	4.78	0.000
Δοκιμασία 4 ^η	$\Delta' - E'$	-0.98	0.092
	$E' - \Sigma\tau'$	-0.75	0.226
	$\Delta' - \Sigma\tau'$	1.72	0.001
Δοκιμασία 5 ^η	$\Delta' - E'$	-0.42	0.662
	$E' - \Sigma\tau'$	-1.12	0.052
	$\Delta' - \Sigma\tau'$	1.53	0.005

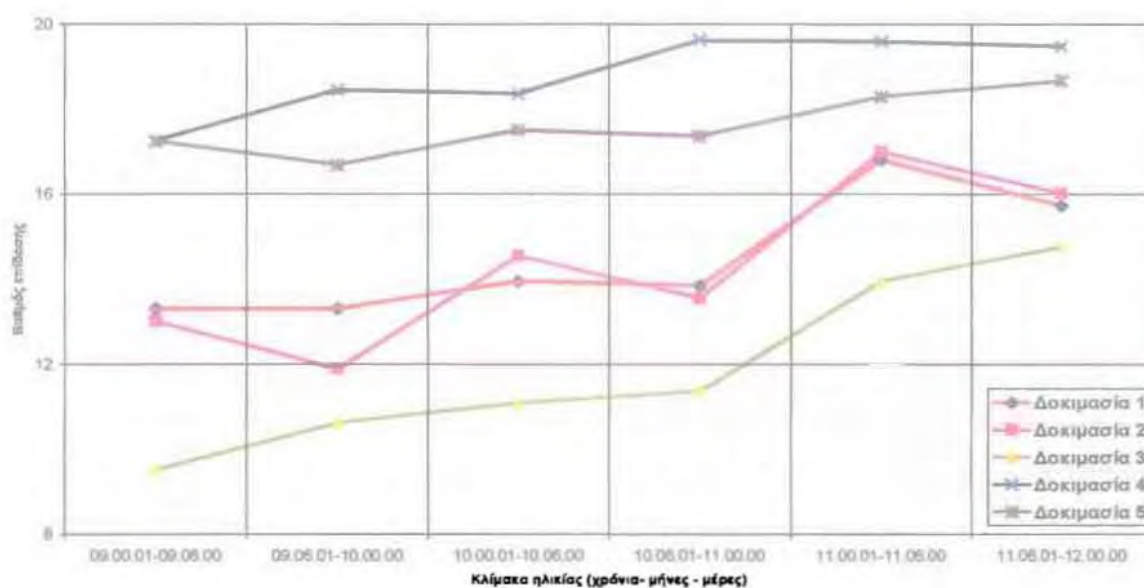
Για τη σύγκριση των επιδόσεων των παιδιών ανά ζεύγη τάξεων χρησιμοποιήθηκε το τεστ

πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, το οποίο, σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05, έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

Υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τάξεις Δ' και Ε' τάξη ως προς τη 2^η (Tukey=2.12, $p=0.046$) και την 3^η (Tukey=1.78, $p=0.040$) δοκιμασία.

Υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών των τάξεων Ε' και Στ' ως προς την 1^η (Tukey=2.89, $p=0.004$), 2^η (Tukey=2.31, $p=0.021$) και 3^η (Tukey=3.01, $p < 0.0005$) όχι, όμως, και ως προς την 4^η και 5^η δοκιμασία. Οι διαφορές στην 5^η δοκιμασία απορρίπτονται οριακά (Tukey=1.12, $p=0.052$).

Υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών των τάξεων Δ' και Στ' ως προς όλες τις δοκιμασίες. Συγκεκριμένα: για την 1^η (Tukey=3.10, $p=0.002$), για την 2^η (Tukey=4.42, $p < 0.0005$), για την 3^η (Tukey=4.78, $p < 0.0005$), για την 4^η (Tukey=1.72, $p=0.001$) και για την 5^η (Tukey=1.53, $p=0.005$) δοκιμασία (βλ. Πίνακα 55).



Διάγραμμα 3
Επιδόσεις μαθητών ανά δοκιμασία και ηλικιακή ομάδα

Στο Διάγραμμα 3 παρατηρούμε την πορεία των επιδόσεων για κάθε δοκιμασία σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα των μαθητών. Οι ηλικιακές ομάδες έχουν χωριστεί σε διαστήματα των 6 μηνών. Η πρώτη ομάδα αφορά στην ηλικιακή ομάδα 09.00.01-09.06.00 και η τελευταία την ομάδα 11.06.01-12.00.00.

Πίνακας 56

Έλεγχος ανεξαρτησίας ανά δοκιμασία μεταξύ των επιδόσεων και της ηλικίας με το κριτήριο χ^2 .

	Τιμή του χ^2	Βαθμοί ελευθερίας	Επίπεδο σημαντικότητας
Δοκιμασία 1 ^η	32.82	10	0.0005
Δοκιμασία 2 ^η	23.15	10	0.010
Δοκιμασία 3 ^η	50.69	10	0.0005
Δοκιμασία 4 ^η	20.19	10	0.028
Δοκιμασία 5 ^η	26.24	10	0.003

Με το κριτήριο χ^2 ελέγξαμε την ανεξαρτησία ανάμεσα στην επίδοση των πέντε δοκιμασιών και στην ηλικία. Το κριτήριο έδωσε στατιστικώς σημαντικές διαφορές για όλες τις δοκιμασίες. Συγκεκριμένα η ανάλυση έδωσε τα ακόλουθα στοιχεία για κάθε δοκιμασία: για την 1^η ($\chi^2=32.82$, $p=0.0005$), τη 2^η ($\chi^2=23.15$, $p=0.010$), την 3^η ($\chi^2=50.69$, $p=0.0005$), την 4^η ($\chi^2=20.19$, $p=0.028$) και την 5^η δοκιμασία ($\chi^2=26.24$, $p=0.003$) (βλ. Πίνακα 56). Αυτό σημαίνει πως η επίδοση στις δοκιμασίες δεν είναι ανεξάρτητη από την ηλικία του μαθητή.

Πίνακας 57

Πολυμετάβλητη Ανάλυση της Διακύμανσης ως προς την επίδραση της ηλικίας στην επίδοση και στις πέντε δοκιμασίες.

Εξαρτημένες μεταβλητές	F	Βαθμοί ελευθερίας	η^2
Δοκιμασίες 1 ^η – 5 ^η	2764.68	362	0.037

$p < 0.0005$

Η διαδικασία της Πολυμετάβλητης Ανάλυσης της Διακύμανσης έδειξε πως υπάρχουν διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών των έξι ηλικιακών ομάδων ($F=2764.68$, $p < 0.0005$ - βλ.

Πίνακα 57). Ο έλεγχος έγινε σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05. Η τιμή του $\eta^2=0.037$ (βλ. Πίνακα 57) μας δείχνει πως το 3.7% της μεταβλητότητας στη διακύμανση της επίδοσης οφείλεται στην ηλικία.

Πίνακας 58
Ανάλυσης της Διακύμανσης ως προς την επίδραση της ηλικίας σε κάθε δοκιμασία.

Εξαρτημένη μεταβλητή	F	Βαθμοί ελευθερίας	Επίπεδο σημαντικότητας	η^2
Δοκιμασία 1 ^η	2.20	366	0.054	0.030
Δοκιμασία 2 ^η	4.54	366	0.001	0.039
Δοκιμασία 3 ^η	7.72	366	0.000	0.097
Δοκιμασία 4 ^η	3.30	366	0.006	0.044
Δοκιμασία 5 ^η	2.29	366	0.045	0.031

Χρησιμοποιήθηκε και η διαδικασία της Ανάλυσης της Διακύμανσης για τον έλεγχο της επίδρασης της ηλικίας σε κάθε δοκιμασία χωριστά, που έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές στην 2^η (F=4.54, p=0.001, $\eta^2=0.039$), την 3^η (F=7.72, p < 0.0005, $\eta^2=0.097$) και την 4^η (F=3.30, p=0.006, $\eta^2=0.044$) δοκιμασία (βλ. Πίνακα 58). Στην περίπτωση αυτή ο έλεγχος έγινε σε επίπεδο σημαντικότητας 0.01, χρησιμοποιώντας το κριτήριο Bonferroni.

Πίνακας 59

Σύγκριση με τη διαδικασία των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey των ηλικιακών ομάδων ανά ζεύγη για κάθε δοκιμασία.

Εξαρτημένη μεταβλητή	Ζεύγος ομάδων	Διαφορά μέσων τιμών	Επίπεδο σημαντικότητας
Δοκιμασία 1 ^η	1 – 2	0.51	0.999
	1 – 3	-0.34	1.000
	2 – 3	-0.85	0.985
	2 – 4	-0.22	1.000
	3 – 4	0.62	0.997
	3 – 5	-2.67	0.306
	4 – 5	3.29	0.176
	4 – 6	2.15	0.591
Δοκιμασία 2 ^η	1 – 2	1.40	0.894
	1 – 3	-1.37	0.895
	2 – 3	-2.77	0.201
	2 – 4	-1.35	0.912
	3 – 4	1.48	0.885
	3 – 5	-2.34	0.413
	4 – 5	-3.76	0.061
	4 – 6	-2.75	0.270
Δοκιμασία 3 ^η	1 – 2	-0.99	0.942
	1 – 3	-1.69	0.597
	2 – 3	-0.70	0.981
	2 – 4	-0.46	0.998
	3 – 4	0.25	1,000
	3 – 5	-2.62	0.108
	4 – 5	-2.87	0.103
	4 – 6	-3.74	0.006
Δοκιμασία 4 ^η	1 – 2	-0.91	0.742
	1 – 3	-0.76	0.853
	2 – 3	0.15	1.000
	2 – 4	-1.17	0.509
	3 – 4	-1.32	0.342
	3 – 5	-1.29	0.324
	4 – 5	0.00	1.000
	4 – 6	0.15	1.000
Δοκιμασία 5 ^η	1 – 2	0.56	0.972
	1 – 3	-0.24	0.999
	2 – 3	-0.80	0.846
	2 – 4	-0.53	0.979
	3 – 4	0.27	0.999
	3 – 5	-0.80	0.854
	4 – 5	-1.07	0.712
	4 – 6	-1.42	0.350

Για τον έλεγχο ανά ζεύγη των ηλικιακών ομάδων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Η μέθοδος έδειξε σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 ότι ανάμεσα στις ομάδες γειτονικών ηλικιών που μας ενδιαφέρουν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μόνο ως προς τα παιδιά της 4^{ης} και 6^{ης} ομάδας στην 3^η δοκιμασία (Tukey= -3.74, p=0.006 - βλ. Πίνακα 59).

Θα εξετάσουμε, στη συνέχεια, την επίδραση των επιδόσεων της 1^{ης} δοκιμασίας, την επίδραση του φύλου, καθώς και την επίδραση των μαθησιακών δυσκολιών στα αποτελέσματα των προκλητών δυναμικών που αφορούν το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης P 300 και το ύψος του δυναμικού. Οι μαθητές χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

1. Ανάλογα με τις επιδόσεις στην 1^η Δοκιμασία (χαμηλές – υψηλές)
2. Ανάλογα με το φύλο (αγόρι – κορίτσι)
3. Ανάλογα με το αν παρουσιάζουν ή όχι μαθησιακές δυσκολίες

Επειδή τα δεδομένα που σχετίζονται με το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης P 300 δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή χρησιμοποιήσαμε το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney για την σύγκριση των μέσων τιμών.

Πίνακας 60

Στατιστικά στοιχεία των μαθητών με χαμηλές και υψηλές επιδόσεις ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης

	Επίδοση 1 ^{ης} Δοκιμασίας	N	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Τυπικό σφάλμα μετρήσεως
Χρόνος Αντίδρασης	Χαμηλή	19	335.78	30.44	6.98
	Υψηλή	19	307.35	24.85	5.70

Με βάση τον Πίνακα 60 η διαφορά ανάμεσα στις μέσες τιμές των μαθητών με χαμηλές και

υψηλές επιδόσεις ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης είναι περίπου 28 μονάδες.

Πίνακας 61

Σύγκριση των μαθητών με χαμηλές και υψηλές επιδόσεις ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης, με το κριτήριο Mann-Whitney

Κριτήρια	Χρόνος αντίδρασης
Mann-Whitney U	85.00
Wilcoxon W	275.00
Z	-2.78
Ασυμπτ. επιπ. Σημ. (2-ουρών)	0.005

Μεταβλητή ομαδοποίησης: Δοκιμασία 1

Συγκεκριμένα, βρήκαμε ότι υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ($z=2.78$, $p=0.005$), ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης στην εξέταση του P 300, μεταξύ των μαθητών με υψηλή και χαμηλή επίδοση (βλ. Πίνακα 61).

Πίνακας 62

Στατιστικά στοιχεία των μαθητών με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης

		N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Τυπικό σφάλμα μετρήσεως
Χρόνος αντίδρασης	Φυσιολογικά παιδιά	38	321.57	30.96	5.02
	Μ.Δ	17	403.88	108.54	26.32

Με βάση τον Πίνακα 62 η διαφορά ανάμεσα στις μέσες τιμές των μαθητών με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης είναι περίπου 82 μονάδες.

Πίνακας 63

Σύγκριση των μαθητών με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης, με το κριτήριο Mann-Whitney

Κριτήρια	Χρόνος αντίδρασης
Mann-Whitney U	140.00
Wilcoxon W	881.00
Z	-3.33
Ασυμπτ.επιπ.σημ.(2-ουρών)	0.001

Μεταβλητή ομαδοποίησης: LD

Υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ($z=3.33$, $p=0.001$), ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης στην εξέταση του P 300, μεταξύ των μαθητών με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες (βλ. Πίνακα 63).

Πίνακας 64

Σύγκριση του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης μεταξύ των δύο φύλων.

	Φύλο	N	Μέσος Όρος	Διακύμανση	Τυπικό Σφάλμα
Χρόνος αντίδρασης	Αγόρι	34	346.81	71.23	12.21
	Κορίτσι	21	347.33	82.49	18.00

Με βάση τα στοιχεία (βλ. Πίνακας 64) η διαφορά ανάμεσα στις μέσες τιμές των μαθητών των δύο φύλων ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης είναι μικρότερη από μία μονάδα.

Πίνακας 65

Σύγκριση μεταξύ των δύο φύλων ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης αντίδρασης, με το κριτήριο Mann-Whitney

Κριτήρια	Χρόνος αντίδρασης
Mann-Whitney U	335.00
Wilcoxon W	566.00
Z	-.38
Ασυμπτ.επιπ.σημ.(2-ουρών)	.70

Μεταβλητή ομαδοποίησης: Φύλο

Δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ($z=0.38$, $p=0.703$) ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης στην εξέταση του P 300 μεταξύ των δύο φύλων (βλ. Πίνακα 65).

Στη συνέχεια, και επειδή τα δεδομένα που σχετίζονται με το ύψος του δυναμικού ακολουθούν την κανονική κατανομή, χρησιμοποιήσαμε το παραμετρικό κριτήριο t-test για την σύγκριση των μέσων τιμών των μεταβλητών.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, βρήκαμε ότι το ύψος του δυναμικού δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές με καμία από τις κατηγορίες των μαθητών που εξετάσαμε. Συγκεκριμένα:

Δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ($t=0.91$, $p=0.367$) των μαθητών με χαμηλές και υψηλές επιδόσεις.

Δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ($t=1.10$, $p=0.273$) των μαθητών με και χωρίς μαθησιακές δυσκολίες .

Δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά ($t=0.78$, $p=0.436$) μεταξύ των δύο φύλων.

Πίνακας 66
Συσχέτιση του Μ.Ο των επιδόσεων στις δοκιμασίες 2 έως 5 και του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης του P 300

Μ.Ο επιδόσεων	Χρόνος αντίδρασης
Συσχέτιση Pearson	-0.580
Επιπ. σημ. (2-ουρών)	0.000
N	38

Υπάρχει στατιστικώς ισχυρή αρνητική συσχέτιση ($r = 0.58$, $p < 0.0005$) μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών σε όλες τις δοκιμασίες ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης κατά την εξέταση του P 300. Αυτό σημαίνει ότι μαθητές με μεγαλύτερες επιδόσεις παρουσιάζουν μικρότερη τιμή στην εξέταση του P 300 ως προς την παράμετρο του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης και το αντίστροφο (βλ. Πίνακα 66).

Η διαδικασία της γραμμικής παλινδρόμησης έδειξε πως υπάρχει κάποια γραμμική σχέση ανάμεσα στον Μ.Ο. των επιδόσεων στις δοκιμασίες 2 έως 5 και του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης του P300 ($F=18.34$, $p < 0.0005$).

Πίνακας 67
Στοιχεία εξίσωσης παλινδρόμησης του Μ.Ο. των επιδόσεων στις δοκιμασίες 2 έως 5 και του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης του P300

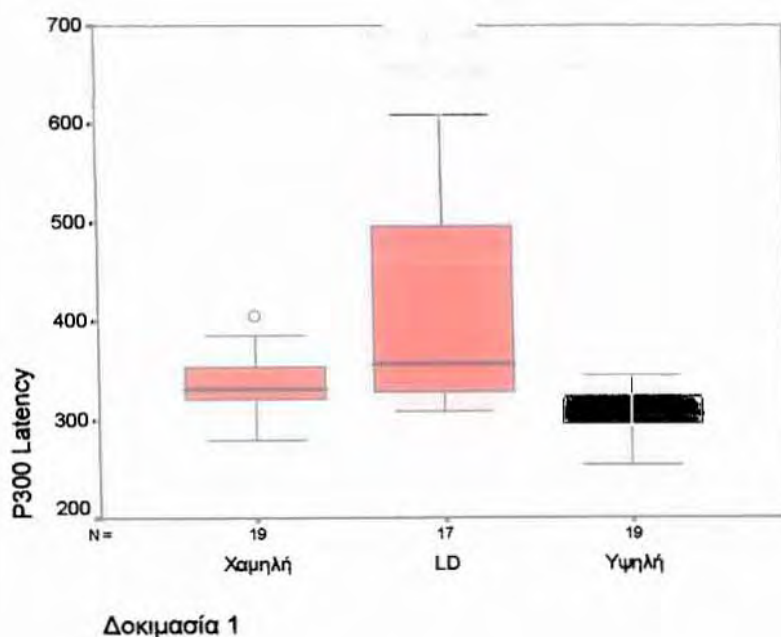
Μοντέλο	Μη τυποποιημένοι συντελεστές		Τυποποιημένοι συντελεστές	t
	B	Τυπικό σφάλμα	Βήτα	
(σταθερά)	151.956	20.93		7.25
Χρόνος αντίδρασης	-0.278	0.06	-0.581	-4.28

Εξαρτημένη μεταβλητή: Μ.Ο επιδόσεων των δοκιμασιών 2 έως 5, $p < 0.0005$

Από τα αποτελέσματα του ελέγχου παλινδρόμησης προκύπτουν οι συντελεστές με βάση τους οποίους διαμορφώνεται η εξίσωση παλινδρόμησης (βλ. Πίνακα 67). Η εξίσωση παλινδρόμησης,

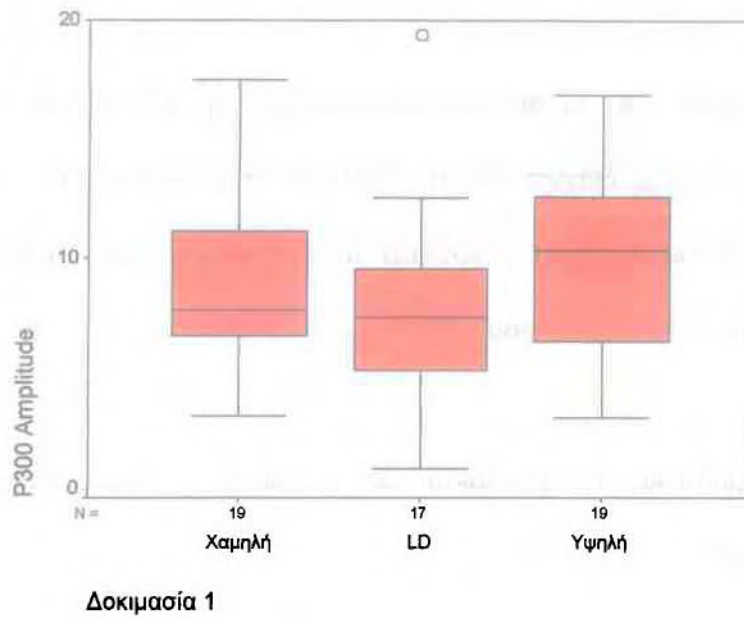
σύμφωνα με τα στοιχεία που μας παρέχει, μας επιτρέπει να προβλέψουμε την τιμή του Μ.Ο. των επιδόσεων για τις δοκιμασίες 2 έως 5, γνωρίζοντας την τιμή του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης σε ποσοστό 34%, όπως φαίνεται και από το συντελεστή προσαρμογής $R^2 = 0.338$. Ο συντελεστής συνάφειας είναι $\eta^2 = 0.995$ και μας δείχνει ότι το ποσοστό της διακύμανσης του Μ.Ο. των επιδόσεων των δοκιμασιών 2 έως 5, που εξαρτάται από την τιμή του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης, είναι σχεδόν 100%. Ειδικότερα έχουμε:

Τιμή του Μ.Ο. των επιδόσεων για τις δοκιμασίες 2 έως 5 = Τιμή λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης * (-0.278) + 151.956



Διάγραμμα 4

Συσχετίσεις των τιμών του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης, κατά την εξέταση του P300, των τριών ομάδων με την επίδοση στην 1^η δοκιμασία



Διάγραμμα 5
 Συσχετίσεις των τιμών του ύψους, κατά την εξέταση του P300, των τριών ομάδων με την επίδοση στην 1^η δοκιμασία

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι μαθητές προκειμένου να αντιμετωπίσουν απρόβλεπτες καταστάσεις χρησιμοποιούν στρατηγικές σχετιζόμενες με προηγούμενη εμπειρία, καταφεύγουν σε ένα από τα λανθάνοντα πρότυπα (Liebeck, 1990) με τα οποία εργάζονται συνήθως στο σχολείο ή εκτός σχολείου και οδηγούνται σε μεταβίβαση των μαθήσεων σε νέες καταστάσεις (learning transfer to new situation), όχι πάντοτε επιτυχώς (Bigge, 1982). Σε κάποιες περιπτώσεις τα άτυπα μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές εκτός σχολείου δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν στο σχολείο και τότε φαίνεται πως δυσλειτουργούν (Carragher et al., 1985). Άλλοτε πάλι εργάζονται με αλγορίθμους, δηλαδή με σύμβολα και διαδικασίες, που γνωρίζουν αρκετά καλά ή τους διαμορφώνουν τη στιγμή που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα. Γενικά, οι μαθητές εργάζονται καλύτερα, όταν έχουν να αντιμετωπίσουν έργα που εμφανίζονται με γνωστή κυρίως μορφή (Carragher et al., 1985)

Ο ένας στους επτά περίπου (13.6%) μαθητές που εργάστηκαν στην 1^η δοκιμασία (Κωδικός 1001) έκαμε περισσότερα από 210 λάθη. Η ερμηνεία η οποία μπορεί να δοθεί αφορά στις διαταραχές της βραχυπρόθεσμης μνήμης, επειδή οι περισσότεροι από αυτούς εμφάνισαν αδυναμία αξιοποίησης των βασικών οδηγιών και συντήρησης των οπτικών και ακουστικών πληροφοριών και αφετέρου διαταραχή στο σχηματισμό ενός αλγόριθμου, ο οποίος να τους επιτρέπει να εργαστούν (Flegg, 1984) στη δοκιμασία αυτή. Εμφανίστηκε, επίσης, αναχαίτιση των μαθηματικών ικανοτήτων τους που μπορεί να αποδοθεί στις διαταραχές της μακροπρόθεσμης μνήμης (Chinn & Ashcroft, 1995). Οι υπόλοιποι μαθητές με βάση τις οδηγίες που τους δόθηκαν οδηγήθηκαν στη διαμόρφωση δύο βασικών αλγορίθμων. Συχνά οι μαθητές εμφανίζουν λάθη των οποίων η αιτία είναι δυνατό να αναζητηθεί στην αδυναμία αποκωδικοποίησης των μηνυμάτων της λεκτικής επικοινωνίας (Cockcroft, 1982), χωρίς να είναι η μόνη δυσκολία τους.

Ο πρώτος αλγόριθμος περιλαμβάνει την εφαρμογή των συμβόλων και των διαδικασιών στο

σύνολο των ψηφίων που περιλαμβάνονται στο Κριτήριο το οποίο θεωρείται ως ακολουθία ψηφίων ή πολυψήφιος αριθμός, απαρτιζόμενος από 399 ψηφία, ενώ είναι εμφανής η συμβολή των προτύπων (contribution of models) στην παραγωγή του. Μάλιστα, χρησιμοποιούν αυτόν τον αλγόριθμο ένας στους δύο μαθητές περίπου (52.4%). Με βάση τον αλγόριθμο διαμορφώνονται δύο στρατηγικές οι οποίες αποκαλύπτουν και το δυναμικό των μαθητών. Οι μαθητές που ακολουθούν την πρώτη στρατηγική (Κωδικοί 1200 και 1002 - 1199) εργάζονται με το πλήθος των ψηφίων συνεξετάζοντας κάθε φορά το προηγούμενο με το επόμενο, ενώ οι μαθητές που ακολουθούν τη δεύτερη στρατηγική (Κωδικοί 1600 και 1401-1599) χωρίζουν τα ψηφία σε διψήφια τμήματα και τα συνεξετάζουν ανά δύο, ως ανεξάρτητα ζεύγη, αυτή η συμπεριφορά εκδηλώνεται κυρίως (Gattegno & Ξηροτύρης, 1963) στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία. Ειδικότερα, κατά την περίοδο αυτή το νήπιο και ο μαθητής προβαίνουν σε συγκρίσεις αντικειμένων ή μεγεθών κατά κανόνα ανά δύο και το αποτέλεσμα της σύγκρισης αποτελεί τη βάση για την επόμενη. Η ανά ζεύγη σύγκριση χρησιμοποιείται στις σειροθετήσεις. Είναι φανερό ότι οι μαθητές που ακολουθούν τη δεύτερη στρατηγική έχουν την ικανότητα να συλλάβουν μία εκτεταμένη ακολουθία αλλά αδυνατούν να εργαστούν με όλα τα ψηφία της.

Οι μαθητές οι οποίοι χρησιμοποίησαν τον πρώτο αλγόριθμο και την πρώτη στρατηγική αλάνθαστα (Κωδικός 1200) ή με ένα ή περισσότερα λάθη (Κωδικός 1002 - 1199) είναι περίπου τέσσερις στους δέκα μαθητές (43.1%). Ενώ, όσοι χρησιμοποίησαν τη δεύτερη στρατηγική χωρίς λάθη (Κωδικός 1600) ή με λάθη (Κωδικός 1401 - 1599) είναι περίπου ένας στους δέκα (9.3%). Οι μαθητές οι οποίοι χρησιμοποίησαν το δεύτερο αλγόριθμο θεώρησαν το σύνολο των ψηφίων της σειράς ως μία ακολουθία. Ως προς τη δοκιμασία αυτή χρησιμοποίησαν, επίσης, δύο στρατηγικές. Στην πρώτη στρατηγική συνεξετάζεται κάθε ψηφίο με το προηγούμενό του (Κωδικοί 1400 και 1201-1399), ενώ στη δεύτερη στρατηγική τα ψηφία κάθε σειράς χωρίζονται σε διψήφια τμήματα και εξετάζονται ως ανεξάρτητα ζεύγη ψηφίων (Κωδικοί 1800 και 1701-1799). Είναι δεδομένο πως

οι μαθητές δεν έχουν συναντήσει τόσο μεγάλη ακολουθία, με 399 ή με 21 ψηφία, και όμως τη συγκροτούν. Δικαιολογημένα τα μαθηματικά έχουν χαρακτηριστεί ως η «μελέτη των προτύπων» (Liebeck, 1990), επειδή έχουν υπόστρωμα δημιουργικής διάστασης (Bell, 1965. Bryant, 1974. Bunt, Jones & Bedient, 1976) που απελευθερώνει τα δεσμά της σκέψης.

Το πρότυπο αυτό, της δημιουργίας ή αντίληψης πολυψηφίων ακολουθιών το διαμόρφωσε ο μαθητής κατά τη διαδικασία της διαδοχικής μετάβασης από τις μονάδες στις δεκάδες, από τις δεκάδες στις εκατοντάδες και, με την ίδια διαδικασία, μέχρι τις εκατοντάδες εκατομμυρίων που συναντά σε προβλήματα των βιβλίων του. Το ίδιο πρότυπο ενισχύεται και από άλλες πηγές πληροφόρησης (Bruner, Goodnow & Austin, 1956), στα πλαίσια της καθημερινής ζωής, που συχνά εμφανίζει απαιτήσεις μαθηματικής σκέψης (Keller & Sutton, 1991). Κάτι ανάλογο συμβαίνει και στην 3^η δοκιμασία (βλ. Πίνακες 34, 35, 36 και 37), όπου δύο στους εκατό μαθητές (Κωδικός 3220) σκέπτονται (Hughes, 1995) ως μεγαλύτερο πολυψηφίο αριθμό αυτόν που εκτείνεται σε δύο σειρές.

Ως προς τη 2^η δοκιμασία παρατηρείται στερεότυπη αντίδραση (Luria, 1973, 1980) σε ένα μικρό ποσοστό μαθητών (1.1%), οι οποίοι εργάζονται με τα δεδομένα της 1^{ης} δοκιμασίας. Επίσης ένας στους επτά περίπου μαθητές (14.6%) μαθητές που εργάστηκαν στην 2^η δοκιμασία (Κωδικός 2001) έκαμε περισσότερα από 68 λάθη. Η ερμηνεία η οποία μπορεί να δοθεί για τη συμπεριφορά αυτών των δύο ομάδων αφορά σε διαταραχές της βραχυπρόθεσμης μνήμης, επειδή εκδηλώθηκε αδυναμία αξιοποίησης των βασικών οδηγιών και συντήρησης των οπτικών και ακουστικών πληροφοριών. Ένας μικρός αριθμός μαθητών δεν κατόρθωσε να σχηματίσει έναν αλγόριθμο κατάλληλο που να τους επιτρέπει να εργαστούν στη δοκιμασία αυτή. Εμφανίστηκε αναχαίτιση των μαθηματικών ικανοτήτων τους, η οποία είναι δυνατό να αποδοθεί στις διαταραχές της μακροπρόθεσμης μνήμης (Chinn & Ashcroft, 1995). Οι υπόλοιποι μαθητές, με βάση τις οδηγίες που τους δόθηκαν, οδηγήθηκαν στη διαμόρφωση δύο βασικών αλγορίθμων. Ο πρώτος αλγόριθμος περιλαμβάνει το σύνολο των ψηφίων της δοκιμασίας ως μία ακολουθία, απαρτιζόμενη από 399

ψηφία. Το ποσοστό των μαθητών που εργάστηκε στη 2^η δοκιμασία χρησιμοποιώντας τον πρώτο αλγόριθμο αλάνθαστα (Κωδικός 2200) ή με ένα ή περισσότερα λάθη (Κωδικός 2002 - 2199) θεωρεί τα ψηφία, από το πρώτο ως το τελευταίο, ως μία ακολουθία 399 ψηφίων. Το συνολικό ποσοστό των μαθητών που θεωρούν το σύνολο των ψηφίων, από το πρώτο ως το τελευταίο, ως ενιαία ακολουθία με 399 ψηφία στην 1^η και στη 2^η δοκιμασία παραμένει σταθερό (43.1% προς 43.9%). Αυτή η παρατήρηση ενισχύει την άποψη πως οι μαθητές στην αντιμετώπιση προβλημάτων ή απρόβλεπτων καταστάσεων χρησιμοποιούν σταθερές στρατηγικές και αλγόριθμους, που απαιτούν νοητικές δραστηριότητες αλληλοεπικοδομούμενων αποφάσεων (Bruner et al., 1956). Άλλοτε χρησιμοποιούν κατάλληλες και άλλοτε ακατάλληλες στρατηγικές, για το λόγο αυτό και η απόσβεση του λάθους ή της λαθεμένης στρατηγικής είναι επίπονη διαδικασία. Αυτό ενισχύεται και από την παρατήρηση ότι στην 1^η και στη 2^η δοκιμασία το ποσοστό των μαθητών που δεν κατόρθωσε να σκεφθεί και να εφαρμόσει έναν αποτελεσματικό αλγόριθμο διατηρείται σχεδόν παραπλήσιο (13.6% προς 14.6%). Το ποσοστό (33.0%) των παιδιών που εμφανίζει λάθη στον πρώτο αλγόριθμο της 1^{ης} δοκιμασίας (Κωδικοί 1002-1199 και 1401-1599) ως προς το ποσοστό (33.0%) των παιδιών που εμφανίζει λάθη στον πρώτο αλγόριθμο της 2^{ης} δοκιμασίας (Κωδικός 2002-2199) διατηρείται αμετάβλητο.

Οι μαθητές στην 3^η δοκιμασία έχουν να εργαστούν σε δύο διαφορετικές δραστηριότητες. Υπάρχουν τρεις αλγόριθμοι για την πρώτη δραστηριότητα και δύο αλγόριθμοι για τη δεύτερη και ο συνδυασμός αυτών των δύο δημιουργεί έξι αλγόριθμους. Το ποσοστό των παιδιών που αδυνατεί να διαμορφώσει έναν αλγόριθμο για κάθε δραστηριότητα είναι μικρό (0.8%) Διαμορφώθηκαν, όμως, πολλές στρατηγικές που δεν διευκολύνουν την αναλυτική ερμηνεία για το λόγο αυτό θα υπάρξει συνολική ερμηνεία της μαθηματικής συμπεριφοράς. Περίπου ένας στους τέσσερις μαθητές (24,5%) εργάζεται αλάνθαστα (Κωδικοί 3000,3200 και 3220), ενώ το 11.4% των μαθητών εργάζεται σωστά και ολοκληρώνει τη μία από τις δύο δραστηριότητες. Είναι φανερό, πως το πλήθος των

πληροφοριών, με βάση τις οποίες εργάζεται ένας μαθητής, είναι σημαντική παράμετρος αύξησης του αριθμού των λαθών. Το 63.8% των μαθητών εμφανίζει ποικίλες δυσκολίες, όπως, ελλιπή χρήση στρατηγικών μνήμης και αδυναμία εργασίας με διαφορετικές δραστηριότητες. Σύμφωνα με το Martin (1986) οι γνωστικές διαφορές μεταξύ των ατόμων είναι το αποτέλεσμα της διαφορετικής εγκεφαλικής δομής και οργάνωσης, που διαμορφώνει και τα όρια των επιτεύξεων. Η άποψη αυτή θα μελετηθεί εκτενέστερα σε σχετική ενότητα του κεφαλαίου.

Στην 4^η δοκιμασία υπάρχουν τρεις διαφορετικοί αλγόριθμοι. Οι επτά στους δέκα μαθητές περίπου (Κωδικός 4069) χρησιμοποιούν τον πρώτο αλγόριθμο και ανιχνεύουν τον αριθμό 111 αλάνθαστα και τον κυκλώνουν οριζόντια (βλ. Πίνακες 38, 39, 40 και 41) εξήντα εννιά φορές, ενώ δύο στους δέκα μαθητές (Κωδικός 4001 - 4068) χρησιμοποιούν τον ίδιο τύπο απάντησης κάνοντας λάθη. Ο αριθμός των μαθητών που χρησιμοποιεί αλάνθαστα την τεχνική της σάρωσης και αποτελεσματικές στρατηγικές μνήμης, ανεξάρτητα από τις παραμέτρους που αξιολογεί, ανέρχεται σε οκτώ στους δέκα (77%) περίπου (Κωδικοί 400, 4000, 4069, 4070 - 4899 και 4900 -). Ένας στους δέκα περίπου μαθητές (7.9%) δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει λανθάνοντα πρότυπα εργάζεται με το δεύτερο αλγόριθμο και εμφανίζει απουσία μεταγνωστικής συνείδησης (metacognitive awareness). Η κατηγορία αυτή των μαθητών επιβεβαιώνει την αντίληψη ότι τα πρωτότυπα προβλήματα απαιτούν διαφορετικούς χειρισμούς από αυτούς που απαιτούν τα γνωστά ή κοινά προβλήματα. Αυτούς τους χειρισμούς δεν μπορούν να τους πραγματοποιήσουν όλοι οι μαθητές. Στον αντίποδα βρίσκεται το 2.6% (Κωδικοί 4070 - 4899, 4901 -), των μαθητών που κυκλώνει τον αριθμό 111 όσο το δυνατό περισσότερες φορές τον ανιχνεύει χρησιμοποιώντας τον τρίτο αλγόριθμο. Ειδικότερα στον αριθμό 11111111, αυτός που χρησιμοποιεί τον πρώτο αλγόριθμο κυκλώνει τον αριθμό 111 δύο φορές, αυτός που χρησιμοποιεί το δεύτερο δεν κυκλώνει κανένα τριψήφιο τμήμα και αυτός που χρησιμοποιεί τον τρίτο αλγόριθμο τον κυκλώνει έξι φορές.

Στην 5^η δοκιμασία (βλ. Πίνακες 42, 43, 44 και 45) εννιά στους δέκα μαθητές (89.9%)

χρησιμοποιούν τον πρώτο αλγόριθμο και κυκλώνουν κάθετα τον αριθμό 111 σαράντα πέντε φορές αλάνθαστα (Κωδικός 5045), ή με ένα ή / και περισσότερα λάθη (Κωδικός 5002 - 5044). Ο συνολικός αριθμός των μαθητών είναι ελαφρά υψηλότερος από τον αντίστοιχο της 4^{ης} δοκιμασίας. Συγκρίνοντας το ποσοστό των μαθητών που εργάστηκε αλάνθαστα στην 4^η δοκιμασία (67,8%) με το αντίστοιχο της 5^{ης} (39.3%), παρατηρούμε πως μόνο οι μισοί περίπου μαθητές εκτελούν σωστά την ίδια δραστηριότητα κάθετα. Η διαφορά οφείλεται στη φύση της δοκιμασίας, επειδή ο μαθητής εργάζεται κατά κανόνα οριζόντια σε ένα πλήθος ασκήσεων και μόνο στις επιλύσεις των τεσσάρων πράξεων ακεραίων και δεκαδικών εργάζεται κάθετα. Η συστηματική μελέτη των λαθών της δοκιμασίας δείχνει αρκετά κοινά στοιχεία με τα λάθη του πολλαπλασιασμού και ειδικότερα κατά την τοποθέτηση των μερικών γινομένων σε στήλες. Ένας ελάχιστος αριθμός μαθητών (1.3%) εμφανίζει στη συμπεριφορά του ένα αδρανές στερεότυπο (Luigia, 1980) και εργάζεται με τα δεδομένα της 4^{ης} δοκιμασίας. Οι μαθητές (Κωδικός 5046 – 5899 και 5900 -) που χρησιμοποιούν τον τρίτο αλγόριθμο και κυκλώνουν τον αριθμό όσες φορές τον ανιχνεύουν σχεδόν τριπλασιάζονται (από 2.6% σε 7,4%) στην 5^η δοκιμασία. Στην εκδήλωση αυτή τη συμπεριφοράς συνέβαλε και ο προσανατολισμός των ψηφίων, η εφαρμογή της προηγούμενης μάθησης και η διαθέσιμη δημιουργική ικανότητα (Μαρμαρινός, 1978).

Από όσα προαναφέρθηκαν, φαίνεται πως οι μαθητές, όταν αντιμετωπίζουν απρόβλεπτες καταστάσεις, χρησιμοποιούν λανθάνοντα πρότυπα συμπεριφοράς και μεταγνωστικά σχήματα, αξιοποιώντας την προηγούμενη μάθηση σε νέα δεδομένα. Οι διαφορές που παρατηρούμε, ως προς τον τρόπο εργασίας στις δοκιμασίες, έχουν νευροψυχολογική υφή και αποδίδονται στη διαφορετική δομή και οργάνωση του εγκεφάλου (Martin, 1986), η οποία διαμορφώνει και τα όρια των επιτεύξεων. Υπάρχουν τρία σημεία από τη συσχέτιση των δεδομένων της 1^{ης} και της 2^{ης} δοκιμασίας τα οποία είναι άξια προσοχής, επειδή ενισχύουν τη βασική υπόθεσή μας. Το πρώτο αναφέρεται στο ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποίησαν τον αλγόριθμο των 399 ψηφίων, το δεύτερο

αναφέρεται στο ποσοστό των μαθητών που αδυνατούν να αντιληφθούν και να υλοποιήσουν ένα αλγόριθμο και το τρίτο στο ποσοστό των μαθητών που εφαρμόζει έναν αλγόριθμο με συνέπεια, αλλά εμφανίζει ένα ή περισσότερα λάθη. Είναι φανερό ότι το σταθερό ποσοστό των μαθητών που εφαρμόζει τον αλγόριθμο των 399 ψηφίων σε δύο δοκιμασίες, το ποσοστό των μαθητών που αδυνατεί να σκεφθεί ένα αλγόριθμο για τις δύο πρώτες δοκιμασίες και το σταθερό ποσοστό των μαθητών που σκέπτονται έναν αλγόριθμο τον εφαρμόζουν αλλά κάνουν λάθη στηρίζει απόλυτα την άποψη πως οι ενέργειες και οι αντιδράσεις ενός μαθητή δεν είναι τυχαίες, αλλά στηρίζονται στα σταθερά όρια των επιτεύξεων που επιτρέπει η δομή και η οργάνωση του εγκεφάλου. Το ίδιο ζήτημα θα το μελετήσουμε στο ίδιο κεφάλαιο και σε σχετική ενότητα. Παρόμοιο συμπέρασμα μπορεί να εξαχθεί για τα δεδομένα της 4^{ης} και 5^{ης} δοκιμασίας στο βαθμό που είναι από τα χαρακτηριστικά τους συγκρίσιμα. Είναι φανερό πως οι μαθητές εργάζονται με βάση όσα γνωρίζουν και κατανοούν είτε είναι σωστά είτε όχι με συνεπή μέθοδο. Θεωρείται κεφαλαιώδους σημασίας για τους μαθητές η συγκρότηση μαθηματικής σκέψης (Anghileri, 1995) κατά τη διάρκεια των σπουδών τους και η ενίσχυση των διεργασιών της (Bruner, 1968) που θα τους επιτρέψει να την χρησιμοποιούν στις καθημερινές δραστηριότητές τους, αξιοποιώντας τη διαθέσιμη δημιουργικότητά τους (Μαρμαρινός, 1978).

5.1 ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΤΩΝ ΦΥΛΩΝ

Οι αποκλίσεις που παρατηρούνται στις επιδόσεις μεταξύ των φύλων έχουν ενδιαφέρον, επειδή παρουσιάζονται διακυμάνσεις που επηρεάζονται από τη δοκιμασία και τον τύπο της απάντησης. Τα αποτελέσματα της 1^{ης} δοκιμασίας παρουσιάζουν τα κορίτσια να έχουν υπεροχή στον πρώτο, τρίτο και τέταρτο τύπο απάντησης, ενώ στο δεύτερο τύπο απαντούν τα δύο φύλα σωστά στο ίδιο ποσοστό. Τα λάθη που παρουσιάζουν τα κορίτσια στο δεύτερο, τρίτο και τέταρτο τύπο απάντησης φαίνεται να τα αποφεύγουν τα αγόρια και να αποδίδουν καλύτερα. Ως προς την 1^η δοκιμασία τα κορίτσια υπερέχουν των αγοριών, αλλά η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικώς σημαντική (βλ. Πίνακα 28, Διάγραμμα 3).

Τα αποτελέσματα της 2^{ης} δοκιμασίας παρουσιάζουν τα κορίτσια να έχουν υπεροχή στο δεύτερο τύπο σωστής απάντησης, ενώ τα αγόρια στον πρώτο τύπο. Στα αποτελέσματα του πρώτου και δευτέρου τύπου απάντησης τα κορίτσια κάνουν περισσότερα λάθη από τα αγόρια. Το ποσοστό των αγοριών που διαγράφει τυχαία, χωρίς να κατανοεί τον αλγόριθμο εργασίας και εφαρμογής, είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ποσοστό των κοριτσιών. Η διαφορά που παρατηρείται μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στη 2^η δοκιμασία δεν είναι στατιστικώς σημαντική, αλλά καταγράφει την τάση (βλ. Πίνακα 32, Διάγραμμα 3).

Τα αποτελέσματα της 3^{ης} δοκιμασίας παρουσιάζουν τα κορίτσια να υπερέχουν ως προς τα αγόρια στις αλάνθαστες απαντήσεις στον πρώτο τύπο απάντησης, ενώ στους άλλους δύο τύπους απάντησης τα αγόρια υπερέχουν με μικρότερο ποσοστό. Τα κορίτσια υπερέχουν και στις άλλες απαντήσεις που δεν είναι πλήρεις. Η διαφορά που διαμορφώνεται, επίσης, δεν είναι στατιστικώς σημαντική και καταγράφει απλά την τάση (βλ. Πίνακα 36, Διάγραμμα 3).

Τα αποτελέσματα της 4^{ης} δοκιμασίας παρουσιάζουν τα κορίτσια να υπερέχουν από τα αγόρια

στον πρώτο και το δεύτερο τύπο απάντησης, ενώ εμφανίζουν το ίδιο ποσοστό στον τρίτο τύπο απάντησης. Η τελική θέση των κοριτσιών, όπως διαμορφώνεται, δείχνει μια ανεπαίσθητη υπεροχή τους (βλ. Πίνακα 40, Διάγραμμα 3). Τα αποτελέσματα της 5^{ης} δοκιμασίας δείχνουν μια υπεροχή των αγοριών ως προς τον πρώτο και τον τρίτο τύπο απάντησης. Είναι η μόνη δοκιμασία στην οποία δείχνουν υπεροχή τα αγόρια. Η διαφορά δεν είναι στατιστικώς σημαντική (βλ. Πίνακα 44, Διάγραμμα 3). Αν η διαφορά δεν είναι τυχαία, ίσως, ερμηνεύεται από την άποψη πως τα αγόρια κάνουν καλύτερη χωρική (spatial), διαστημική ανάλυση (Kolb & Whishaw, 1996), επειδή η δραστηριότητα αυτή απαιτούσε εργασία καθέτως. Οι διαφορές που παρατηρούνται στις επιδόσεις μεταξύ των φύλων έχουν επισημανθεί και από άλλους ερευνητές (Alexopoulos, 1995) και εξαρτώνται από τρεις στοιχειώδεις παράγοντες: την ηλικία, τη φύση της δοκιμασίας και τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται.

Ως προς τις επιδόσεις των φύλων κατά την εισδοχή των μαθητών στο σχολείο, έχει υιοθετεί η άποψη, πως τα αγόρια τείνουν να έχουν μια καθυστέρηση 6 μηνών περίπου σε σχέση με τα κορίτσια. Σε έρευνα του Εργαστηρίου Νευροψυχολογίας με δείγμα 6.644 νηπίων και προνηπίων βρήκαμε μια υπεροχή των αγοριών ως προς τον προσανατολισμό στο χώρο, ενώ στις προμαθηματικές έννοιες βρήκαμε τάση υπεροχής των κοριτσιών έναντι των αγοριών (Καραπέτσας κ. ά., 1998), η οποία φαίνεται να ερμηνεύεται από το επίπεδο των καλλίτερων γλωσσικών επιδόσεων των κοριτσιών .

Σε έρευνά μας με 257 μαθητές διαπιστώσαμε μεταξύ των μαθητών των Ε' και ΣΤ' τάξεων (Καραπέτσας, 1998 κ. ά.) αποκλίσεις στις επιδόσεις μεταξύ των δύο φύλων που δεν είναι στατιστικώς σημαντικές, καταγράφουν τάση. Τα αγόρια έχουν καλύτερες επιδόσεις, τόσο στην επιλογή της σωστής πράξης επίλυσης των προβλημάτων, όσο και στη σωστή εκτέλεση των πράξεων. Σε άλλη έρευνά μας με το ίδιο δείγμα, στην επίλυση λεκτικών προβλημάτων έδειξαν μια ελαφρά υπεροχή τα κορίτσια έναντι των αγοριών. Αυτή η υπεροχή μπορεί να ερμηνευτεί από την

ικανότητα των κοριτσιών να χρησιμοποιούν καλύτερα από τα αγόρια τη γλώσσα και να προβαίνουν σε καλύτερες αναλύσεις. Τα αγόρια, από τη δική τους πλευρά, μπορούν να εκτελούν καλύτερες χωρικές (spatial), διαστημικές αναλύσεις (Kolb & Whishaw, 1996).

Το φύλο είναι μία από τις πλέον εμφανείς πηγές ατομικών διαφορών (Alexopoulos, 1995) στη συμπεριφορά του ανθρώπου. Το ζήτημα που τίθεται αφορά στην πλήρη αιτιολόγηση των γνωστικών διαφορών που εμφανίζονται και την απόδοσή τους σε νευροβιολογικές και λειτουργικές διαφορές μεταξύ του εγκεφάλου (Kolb & Whishaw, 1996) των φύλων. Οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των φύλων στην εγκεφαλική οργάνωση υποστηρίζονται από ερευνητικές μαρτυρίες. Έχουν επισημανθεί τέσσερις αξιόπιστες διαφορές (Kolb & Whishaw, 1996). Τα κορίτσια έχουν καλλίτερη προφορική επίδοση από τα αγόρια. Στην ηλικία των 11 ετών τα φύλα απομακρύνονται μεταξύ τους. Η υπεροχή των κοριτσιών αυξάνεται μέχρι το λύκειο. Επιτυγχάνουν καλλίτερα αποτελέσματα στις προφορικές δοκιμασίες και στην παραγωγική γλώσσα (αναλογίες, κατανόηση, δημιουργική γραφή και ευφράδεια). Τα αγόρια έχουν καλλίτερη οπτικο-χωρική ικανότητα, ανάλυση και αντίληψη. Τα αγόρια έχουν καλλίτερη επίδοση στα μαθηματικά και η διαφορά αυξάνει υπέρ των αγοριών από 12 ετών (Benbow & Stanley, 1971). Τέλος τα αγόρια είναι πιο επιθετικά από τα κορίτσια. Ο Καραμπάτσος (1992), από μια άλλη θέση, υιοθετεί την άποψη πως τα αγόρια τείνουν να προσεγγίσουν την επίδοση των κοριτσιών. Σε έρευνά του ο Klauer το 1992 (Καραπέτσας, Ζαμπεθάνης, 1996) παρατήρησε πως τα κορίτσια έχουν μικρότερες επιδόσεις στα μαθηματικά από τα αγόρια και η κατάσταση επιδεινώνεται από την προκατάληψη σε βάρος των κοριτσιών. Φαίνεται πως και η ανατροφή επιδρά στη φύση κατά κάποιο τρόπο (Alexopoulos, 1995).

Ανεξάρτητα από τις όποιες διαφορές επισημαίνεται πως εκδηλώνονται μεταξύ των φύλων, οι διαφορές που καταγράψαμε από τα ερευνητικά δεδομένα μας επισημαίνουν την τάση της υπεροχής των κοριτσιών στις περισσότερες δοκιμασίες έναντι των αγοριών και την υστέρησή τους μόνο ως προς μία δοκιμασία. Αυτή η τάση δεν υποδηλώνει σαφή υπεροχή και επικράτηση, η απόδειξή της

είναι ακόμη ζητούμενο, επειδή οι διαφορές δεν είναι στατιστικώς σημαντικές. Η διαπίστωση αυτή συμφωνεί και με την τρίτη επιμέρους υπόθεσή μας, που δέχεται ότι οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των φύλων δεν είναι στατιστικώς σημαντικές και καταγράφουν τάσεις.

5.2 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΟΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΤΑΞΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΟΜΑΔΑ

Οι διαφορές που παρατηρούνται στις επιδόσεις των μαθητών των τάξεων Δ', Ε' και Στ', στις δοκιμασίες, είναι στατιστικώς σημαντικές μεταξύ των μαθητών των τάξεων Δ' και Ε' μόνο ως προς τη 2^η και την 3^η δοκιμασία. Ενώ, οι διαφορές στις δοκιμασίες, μεταξύ των μαθητών των Ε' και Στ' τάξεων είναι στατιστικώς σημαντικές για όλες τις δοκιμασίες. Κατά μείζονα λόγο αυτό ισχύει για τις επιδόσεις των μαθητών των Δ' και Στ' τάξεων και για όλες τις δοκιμασίες. Από το Διάγραμμα 1 φαίνεται και η προοδευτική βελτίωση της επίδοσης των μαθητών ανά τάξη. Και από άλλα ερευνητικά δεδομένα προκύπτει πως οι διαφορές στις επιδόσεις μεταξύ των μαθητών των Ε' και Στ' τάξεων είναι στατιστικώς σημαντικές (Ζαμπεθάνης & Καραπέτσας, 1998). Ειδικότερα, σε επίλυση τεσσάρων προβλημάτων 4 πράξεων οι διαφορές στις επιδόσεις μεταξύ των μαθητών των τάξεων Ε' και Στ' έδειξαν ότι είναι στατιστικώς σημαντικές για τις τρεις από τις τέσσερις πράξεις, όχι όμως και για την αφαίρεση, όπου η διαφορά δεν είναι στατιστικώς σημαντική.

Η συστηματική παρατήρηση των επιδόσεων, ως προς την ηλικιακή ομάδα παρουσιάζει ενδιαφέρον, επειδή τροποποιείται η συμπεριφορά των ηλικιακών ομάδων ανά δοκιμασία. Συστηματική βελτίωση της επίδοσης των ηλικιακών ομάδων έχουμε μόνο στην 3^η δοκιμασία. Αυτό οφείλεται στο βαθμό δυσκολίας που παρουσιάζει αυτή η δοκιμασία, στις νοητικές διεργασίες που συντελούνται και στον αριθμό των πληροφοριών που χρησιμοποιεί και επεξεργάζεται ο μαθητής. Το ίδιο εμφανίζει και η πρώτη δοκιμασία με μικρή απόκλιση στην τελευταία ηλικιακή ομάδα. Η 4^η δοκιμασία, εξαιτίας του χαμηλού επιπέδου δυσκολιών, παρουσιάζει μικρές αποκλίσεις. Το ίδιο ισχύει και για την 5^η δοκιμασία. Η δεύτερη ηλικιακή ομάδα εμφανίζει το παράδοξο να έχει μικρότερη επίδοση από την επίδοση της προηγούμενης ηλικιακής ομάδας. Αυτό το φαινόμενο οφείλεται στη σύνθεση των ομάδων από μαθητές των Δ' και Ε' τάξεων και από μαθητές των Ε' και

Στ' και στον τύπο των απαντήσεων. Παρόμοιο φαινόμενο παρατηρήσαμε και στην έρευνά μας με νήπια και προνήπια, στην οποία νήπια μεγαλύτερων ηλικιακών ομάδων παρουσίαζαν υποεπίδοση (Καραπέτσας, 1998) σε σύγκριση με νήπια μικρότερων ηλικιακών ομάδων.

Μετά το 11ο έτος της ηλικίας του ο μαθητής μεταβαίνει από το στάδιο των συγκεκριμένων λογικών πράξεων (concrete operation stage) στο στάδιο των τυπικών πράξεων (formal operation stage). Απομακρύνεται βαθμιαία από τα πράγματα, κάνει υποθέσεις και οδηγείται σε συμπεράσματα. Τα πράγματα είναι αναγκαία, όταν εξυπηρετούν τη διαδικασία της επαλήθευσης. Χρησιμοποιεί σύμβολα με αφηρημένο περιεχόμενο, εφαρμόζει γενικές αρχές, αναλύει τη μαθηματική δομή και έχει καλλίτερη αντίληψη του χώρου. Η σκέψη του περιλαμβάνει στη διαδικασία της έκφρασής της έννοιες, ενώ παράλληλα αποκτά και ευρύτητα και βάθος (Piaget, 1952a, 1952b).

Άλλος τρόπος επισήμανσης της βελτίωσης στη επίδοση των μαθητών ως προς την τάξη και την ηλικιακή ομάδα είναι η μελέτη της φθίνουσας πορείας των λαθών. Παρουσιάζεται, όπως φαίνεται και από τα σχετικά στοιχεία, συνεχής και προοδευτική βελτίωση της επίδοσης με τη μείωση των λαθών από τάξη σε τάξη (βλ. Πίνακες 27, 31, 35, 39 και 43, Διάγραμμα 1) και από ηλικιακή ομάδα σε ηλικιακή ομάδα (βλ. Πίνακες 29, 33, 37, 41 και 45, Διάγραμμα 2). Η διακύμανση των επιδόσεων των ηλικιακών ομάδων είναι για τα μαθηματικά στα όρια της αναμενόμενης συμπεριφοράς. Από έρευνες έχει διαπιστωθεί πως η μέση τιμή της επίδοσης ενός επτάχρονου βρίσκεται στα όρια ενός πεντάχρονου κι ενός εννιάχρονου. Ενώ, ενός εντεκάχρονου βρίσκεται στα όρια ενός επτάχρονου και ενός δεκαπεντάχρονου (Liebeck, 1995). Οι μεγάλες αποκλίσεις στις επιδόσεις των μαθητών έχουν διαπιστωθεί σε διεθνές επίπεδο (Triadafillidis, 1995) και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και συχνά οι χαμηλές επιδόσεις είναι κατώτερες από το αναμενόμενο. Αντίθετα, ένα νήπιο μπορεί να κάνει μέχρι δύο νοερούς υπολογισμούς, όσους και μεγαλύτερα παιδιά (Hughes, 1995).

Η εξέλιξη της μαθηματικής ικανότητας είναι δυνατό να μελετηθεί από δύο κατευθύνσεις τόσο από τη βελτίωση της επίδοσης, όσο και από τη μείωση των λαθών. Τα δεδομένα μας δείχνουν ότι η μαθηματική ικανότητα έχει προοδευτικό χαρακτήρα και εξελίσσεται με την ηλικία και την τάξη και επαληθεύουν τη δεύτερη επιμέρους υπόθεσή μας.

5.3 ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

Ως προς τα δεδομένα της εξέτασης, με την τεχνική του P300, των δύο ισοδύναμων μονάδων των 19 μαθητών που διαφέρουν μεταξύ τους στην επίδοση της 1^{ης} δοκιμασίας, η ομάδα που έχει την υψηλότερη επίδοση στην πρώτη δοκιμασία σημειώνει ως προς τη δεύτερη ομάδα στατιστικώς σημαντική διαφορά (βλ. Πίνακες 60, 61) μόνο ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης.

Από τα δεδομένα της εξέτασης των δύο ομάδων ως προς το φύλο με την τεχνική του P300, η διαφορά που προκύπτει ως προς το ύψος δεν είναι στατιστικώς σημαντική, όπως, δεν ήταν άλλωστε οι διαφορές μεταξύ των φύλων στατιστικώς σημαντικές σε όλες τις δοκιμασίες.

Ως προς τα δεδομένα των δύο ομάδων αφενός της ομάδας των 17 μαθητών με διάγνωση μαθησιακών δυσκολιών και της ομάδας των 38 μαθητών που σημείωσαν τη μεγαλύτερη ή την ελάχιστη επίδοση, οι διαφορές ως προς την παράμετρο του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης είναι, επίσης, στατιστικώς σημαντικές (βλ. Πίνακες 62, 63).

Οι στατιστικώς σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης μεταξύ των ομάδων αποκαλύπτουν και τις διαφορές που χαρακτηρίζουν αυτές τις ομάδες στο επίπεδο των ανώτερων πνευματικών λειτουργιών (Τριανταφύλλου, 1994) και του οργανικού υποστρώματος της συμπεριφοράς (Σαββάκη, 1989). Οι διαφορές που εμφανίζονται ως προς τις παραμέτρους του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης και του ύψους στοιχειοθετούν ειδικότερα δομικές - αρχιτεκτονικές και λειτουργικές διαφορές. Οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των ημισφαιρίων επισημαίνουν δομικές - αρχιτεκτονικές διαφορές ή και λειτουργικές βλάβες. Συγκεκριμένα, κάθε καθυστέρηση που παρατηρείται ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης υποδηλώνει την επιβράδυνση της μεταβίβασης του ερεθίσματος στη συγκεκριμένη

νευρωνική οδό. Αυτή η καθυστέρηση έχει βρεθεί να δίνει χρήσιμη ένδειξη για κεντρική απομυελίνωση (Walton, 1996). Έχει τεθεί, επίσης, η υπόθεση και είναι υπό μελέτη η πρόταση, πως η αργή ή η ανώμαλη μυελίνωση ενδέχεται να είναι σοβαρός παράγοντας μαθησιακών διαταραχών (Καραπέτσας, 1998).

Από τα δεδομένα της νευροφυσιολογικής εξέτασης του P300 των δύο φύλων προκύπτει ότι οι παράμετροι του χρόνου αντίδρασης και του ύψους παρουσιάζουν διαφορές που δεν είναι στατιστικώς σημαντικές και επαληθεύουν πλήρως την τρίτη επιμέρους υπόθεσή μας. Επίσης, οι διαφορές που παρατηρούνται ως προς το χρόνο αντίδρασης μεταξύ των μαθητών που έχουν υψηλές επιδόσεις και των μαθητών που έχουν χαμηλές είναι στατιστικώς σημαντικές. Φαίνεται, λοιπόν, πως μεταξύ των μαθητών που έχουν υψηλή επίδοση και των μαθητών που έχουν χαμηλή υπάρχει διαφορά στο επίπεδο οργάνωσης και λειτουργίας του εγκεφάλου και η διαφορά εκδηλώνεται στον χρόνο αντίδρασης. Ειδικότερα, οι μαθητές με υψηλές επιδόσεις εμφανίζουν μικρότερο μέσο όρο στο χρόνο αντίδρασης ενώ, οι μαθητές με χαμηλές επιδόσεις μεγαλύτερο. Από τα δεδομένα της ομάδας των 17 μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες και της ομάδας των 38 μαθητών που παρουσιάζουν υψηλή ή χαμηλή επίδοση η διαφορά ως προς το χρόνο αντίδρασης είναι στατιστικώς σημαντική με 80msec διαφορά στους Μ.Ο. των δύο ομάδων.

Τα δεδομένα αυτά επαληθεύουν πλήρως την πρώτη επιμέρους υπόθεσή μας, όπως επίσης και τη βασική μας υπόθεση. Είναι φανερό πως η μαθηματική ικανότητα και δυσλειτουργία εξαρτάται από νευροφυσιολογικά χαρακτηριστικά και ειδικότερα, τα όρια των επιτεύξεων της χαμηλής επίδοσης ή της υψηλής στις δοκιμασίες ($2^{\text{η}}$ έως και $5^{\text{η}}$) συνδέονται απόλυτα με το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης. Ειδικότερα, είναι δυνατό να προβλέψουμε σε ποσοστό 34% την τιμή του Μ.Ο. των δοκιμασιών 2 έως 5, όταν γνωρίζουμε την τιμή του λανθάνοντα χρόνου. Ο συντελεστής συνάφειας η^2 (Πίνακας 67) μας δείχνει πως το ποσοστό της διακύμανσης του Μ.Ο. των επιδόσεων στις δοκιμασίες ($2^{\text{η}}$ έως και $5^{\text{η}}$) εξαρτάται από την τιμή του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης σχεδόν

100%.

Το σημαντικότερο, ίσως, πόρισμα αυτής της μελέτης είναι η επισήμανση της αξιοπιστίας του Κριτηρίου Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικοκινητικής Ανίχνευσης Αριθμών, όπως αυτή προκύπτει από τη νευροφυσιολογική τεχνική του P300 και την ικανοποιητική συσχέτισή του με αυτό.

Από ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες και ειδικότερα από μία συγκριτική ανάλυση των διαφορών ανάμεσα σε ζεύγη ομοζυγωτικών και ετεροζυγωτικών διδύμων, με τη μέθοδο των Προκλητών Δυναμικών αποκαλύφθηκε η παρουσία υψηλού επιπέδου γονοτυπικών καθοριστικών παραγόντων στις αισθησιοκινητικές λειτουργίες του φλοιού, αλλά μόνο ένα πολύ χαμηλό επίπεδο γονοτυπικών καθοριστικών παραγόντων στις λειτουργίες των μετωπιαίων λοβών. Αυτό το σημαντικό στοιχείο δείχνει πειστικά ότι η μεταβλητότητα στο έργο των μετωπιαίων λοβών, με την περίπλοκη λειτουργική οργάνωση, συνδέεται πολύ στενότερα με εξωτερικούς παρά με γενετικά καθορισμένους παράγοντες, που αφορούν κυρτά φλοιώδη τμήματα των μετωπιαίων λοβών. Η σύγχρονη άποψη του κεντρικού νευρικού μηχανισμού αποδέχεται πως συγκροτείται από δύο αλληλοεπιδρούντα συστήματα, το ένα ασχολείται με την ανάλυση και τη σύνθεση των εξωδεκτικών ερεθισμάτων, ενώ το άλλο συνδέεται περισσότερο με την ανάλυση των εσωδεκτικών ερεθισμάτων και είναι υπεύθυνο για την ομαλοποίηση των εσωτερικών συνθηκών του οργανισμού. Από τα ανατομικά δεδομένα φαίνεται ο ρόλος των μετωπιαίων λοβών στην ομαλοποίηση της εκούσιας κίνησης και δράσης και στον προγραμματισμό των πιο άρτια οργανωμένων μορφών της ανθρώπινης δραστηριότητας (Luria, 1973, 1980).

Υπάρχει, επομένως, κάθε λόγος να υποθέτουμε ότι εμπλέκονται πολύ σε θέματα διδασκαλίας και οδηγούν σε μία αλλαγή στο μήκος κύματος και σε χρονικές παραμέτρους του Προκλητού Δυναμικού σε περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται με το χαρακτήρα της δοκιμασίας. Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας που σχετίζεται με συγκέντρωση προσοχής, παρατηρούνται αλλαγές στο

Προκλητό Δυναμικό στις πίσω ζώνες στο δεξί ημισφαίριο, και κατά τη διάρκεια της κινητικής (motor) προσοχής παρατηρούνται αλλαγές στις μπροστινές ζώνες του εγκεφάλου, ιδιαίτερα στο αριστερό ημισφαίριο. Με φυσιολογικές συνθήκες η εκούσια αντιληπτική δραστηριότητα χαρακτηρίζεται λοιπόν από την κατανομή των διαδικασιών τοπικής ενεργοποίησης ανάμεσα σε συστήματα σε διαφορετικά μέρη του εγκεφάλου, από την ενίσχυση της δια-ημισφαιρικής ασυμμετρίας της εγκεφαλικής ηλεκτρικής δραστηριότητας και από την κανονική ανάμιξη των μετωπιαίων ζωνών και στο αριστερό ημισφαίριο, ακριβώς όπως σε υγιείς ανθρώπους (Luria, 1980). Αυτά τα πορίσματα είναι πολύ σημαντικά για την εκπαιδευτική διαδικασία και πρέπει να αποτελέσουν τη βάση προβληματισμών στη διδακτική μεθοδολογία και στη διαμόρφωση κατάλληλης στάσης προς το μαθητή.

5.4 Η ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΥΣΚΟΛΙΩΝ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Η προσεκτική και η συστηματική παρατήρηση των λαθών των μαθητών μας δίνει μια καλή εικόνα των βασικών διαταραχών που παρουσιάζουν. Το ποσοστό των μαθητών που δεν αντιλαμβάνεται τον αλγόριθμο εργασίας (13.6%) και αδυνατεί να σχεδιάσει στρατηγική προκειμένου να εργαστεί στην 1^η δοκιμασία αποτελεσματικά, έχει σοβαρές δυσκολίες αφενός να αντιμετωπίσει το περιεχόμενο ενός προβλήματος και αφετέρου να οργανώσει τη διαδικασία επίλυσής του. Η διαγραφή χωρίς επίγνωση αποτελεί τη σαφέστερη έκφραση της σύγχυσης που βιώνει ο μαθητής αντιμετωπίζοντας το πλήθος των ψηφίων της δοκιμασίας, όπως επίσης και των δυσκολιών που συναντά κάθε φορά που αντιμετωπίζει νέα προβλήματα. Ένα μικρό ποσοστό (1%) χρησιμοποιεί ένα ασταθές σύστημα διαγραφής, δείχνει δυσλειτουργία της βραχυπρόθεσμης μνήμης, επειδή εναλλάσσει τις στρατηγικές εργασίας και κάθε φορά που διακόπτεται η εργασία του ή η ροή της σκέψης του φαίνεται πως τροποποιείται ο αλγόριθμος και η στρατηγική. Δείχνει ότι γνωρίζει το σχεδιασμό των στρατηγικών, αλλά η μνημονική λειτουργία δεν του επιτρέπει συνεπή εφαρμογή. Σχεδόν ένας στους δύο μαθητές (48.6%) κατανοεί τον αλγόριθμο σχεδιάζει αξιόπιστη στρατηγική, αλλά αδυνατεί να εστιάσει την προσοχή του με συνεπή σάρωση σε όλη την έκταση του Κριτηρίου. Αυτή η ομάδα των μαθητών δεν συγκρατεί τις λεπτομέρειες. Κατά τη διάρκεια της εργασίας εκτελεί σάρωση, η οποία είναι πλημμελής, και δεν καλύπτει τις μικρές αλλαγές ή τις φάσεις ταχύτατων αλλαγών.

Το ποσοστό των μαθητών που δεν κατανοεί τον αλγόριθμο εργασίας και αδυνατεί να σχεδιάσει στρατηγική για τη δραστηριότητα της 2^{ης} δοκιμασίας είναι ελάχιστα μεγαλύτερο από το αντίστοιχο της 1^{ης}. Είναι φανερό πως βιώνει σημαντικές δυσκολίες τόσο στο επίπεδο κατανόησης του προβλήματος όσο και στο επίπεδο σχεδιασμού του τρόπου επίλυσης. Το σύστημα διαγραφής που ακολουθεί αποκαλύπτει την αδυναμία του να συνειδητοποιήσει τις ενέργειές του. Ένα μικρό

ποσοστό (περίπου 2%) των μαθητών εμφανίζει αδρανές στερεότυπο αντίδρασης και εργάζεται στη 2^η δοκιμασία χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο και τις στρατηγικές της 1^{ης} ή διαγράφει ακριβώς τον αντίθετο, ή δύο διαδοχικά ψηφία κ.ά. Στη συμπεριφορά των μαθητών αυτών λειτούργησε μια μορφή «μετεικάσματος». Ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών στην ίδια δοκιμασία, οι δύο στους τρεις, γνωρίζουν τον αλγόριθμο και σχεδιάζουν μία αποτελεσματική στρατηγική, αλλά αδυνατούν να εστιάσουν την προσοχή τους, να παρακολουθήσουν τις μεταβολές και να τις επισημάνουν. Το αυξημένο ποσοστό των μαθητών που έκαναν λάθη σχετίζεται με την έννοια «διαφορετικός» που χρησιμοποιήθηκε, αλλά και τη φύση της δοκιμασίας που απαιτεί συνεξέταση ζευγών στοιχείων με ταχεία εναλλαγή.

Ένα ελάχιστο ποσοστό μαθητών (0.8%) δεν κατανοεί τον αλγόριθμο που πρέπει να χρησιμοποιήσει στη δραστηριότητα της 3^{ης} δοκιμασίας και ενεργεί με σύγχυση. Ένας στους δέκα μαθητές (10.6%) εργάζεται σωστά μόνο ως προς το πρώτο μέρος της δραστηριότητας, επειδή δείχνει δυσκολία να θυμηθεί όλες τις πληροφορίες και δραστηριότητες. Δραστηριότητες και πληροφορίες που θεωρούμε ότι είναι στα όρια των ικανοτήτων (Triadafillidis, 1995) των παιδιών συχνά είναι έξω από τα όριά τους. Είναι προφανές πως υπήρξαν μαθητές των τάξεων Δ' Ε' και Στ' οι οποίοι μεταξύ των ψηφίων δεν αναγνώρισαν ούτε μία φορά τον αριθμό 111. Οι διαταραχές στη βραχυπρόθεσμη μνήμη δεν τους επιτρέπουν να συγκρατήσουν όλες τις πληροφορίες με τις οποίες πρόκειται να εργαστούν και ένα σημαντικό ποσοστό των μαθητών κάνει λάθη ή παραλείψεις. Τρεις στους τέσσερις μαθητές κάνουν λάθη ή παραλείψεις. Το ύψος του ποσοστού οφείλεται στην αδυναμία σημαντικού αριθμού μαθητών να εργαστούν με δυο δραστηριότητες ταυτόχρονα. Αυτή η αδυναμία υποχωρεί με την τάξη και την ηλικία.

Ένα ελάχιστο ποσοστό μαθητών (1.1%) εργάζεται στην 4^η δοκιμασία εκδηλώνει συμπεριφορά αδράνειας και ενεργεί όπως ακριβώς στην προηγούμενη δοκιμασία ή χρησιμοποιεί λαθεμένο προσανατολισμό και δεν κυκλώνει οριζόντια τον αριθμό 111. Από τους μαθητές που

αντιλαμβάνονται τον αλγόριθμο και σχεδιάζουν μία αποτελεσματική στρατηγική περίπου ένας στους πέντε έχει λάθη, έστω και αν η δραστηριότητα ήταν προσιτή. Τα λάθη σχετίζονται και με την ικανότητα διατήρησης του κώδικα εργασίας στη μνήμη, με την ικανότητα της σάρωσης και την ικανότητα οπτικο - κινητικής ανίχνευσης των αριθμών.

Οι έξι στους δέκα μαθητές κατανοούν τον τρόπο εργασίας στην 5^η δοκιμασία, αλλά εμφανίζουν λάθη τα οποία σχετίζονται τόσο με την ικανότητα διατήρησης του αλγόριθμου εργασίας στη μνήμη όσο με την ικανότητα της σάρωσης και της οπτικο-κινητικής ανίχνευσης αριθμών και με τον προσανατολισμό στο χώρο. Αυτές είναι μερικές από τις δεξιότητες που απαιτούνται για την αντιμετώπιση προβλημάτων πολλαπλασιασμού και ειδικότερα κατά την επίλυσή του και τη γραφή κάθετα των μερικών γινομένων σε άθροισμα.

Τα μαθηματικά είναι ουσιαστικά δραστηριότητες των προτύπων και των συσχετίσεων, της ανάδειξης έξυπνων ιδεών, συλλογισμών και πλέγμα αλληλοεξαρτώμενων εννοιών (Lewis, 1996). Μέσα από αυτό το πλαίσιο μπορούμε να δούμε τις μαθηματικές έννοιες και τα προβλήματα, όπως επίσης και τη φύση των λαθών στη μαθηματική σκέψη και εκπλήρωση.

Ένα ευρύ πεδίο μαθηματικών γνώσεων και για ευρύτατο φάσμα ηλικιών έχει γίνει αντικείμενο μελέτης τα τελευταία πενήντα χρόνια. Έχουν επισημανθεί αρκετές πλευρές της μαθηματικής ικανότητας αλλά και των διαταραχών της από πολλούς ερευνητές, Piaget (1965), Gelman (1972). Επίσης, υπάρχουν σήμερα περιθώρια αξιοποίησης της σύγχρονης τεχνολογίας (Karapetsas at al., 1999) στη μελέτη της μαθηματικής ικανότητας και διαταραχής με αρκετά αισιόδοξα μηνύματα και καλές προοπτικές.

Από όσα συνολικά έχουν εκτεθεί είναι φανερό πως τα όρια των επιτεύξεων σε κάθε εκπαιδευτική διαδικασία προσδιορίζονται από παράγοντες που εκφράζουν δομικά και λειτουργικά συστήματα του εγκεφάλου. Στην προκειμένη περίπτωση η επιτυχία στις δοκιμασίες (2^η έως και 5^η) συνδέεται με το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης της νευροφυσιολογικής εξέτασης του P300 με

ισχυρή αρνητική συσχέτιση. Αυτά τα στοιχεία επαληθεύουν τη βασική υπόθεσή μας. Επίσης, επαληθεύθηκαν απολύτως και οι επιμέρους υποθέσεις.

Ανακεφαλαιώνοντας επισημαίνουμε τη συσχέτιση των νευροφυσιολογικών χαρακτηριστικών με τη μαθηματική ικανότητα και τη δυσλειτουργία, που παρατηρήσαμε στα δεδομένα του P300 και του Κριτηρίου. Επαληθεύεται η πρώτη επιμέρους υπόθεσή μας, επειδή το Κριτήριο συγκροτείται από μαθηματικά σύμβολα και χρησιμοποιεί βασικές δομικές μαθηματικές σχέσεις και δίνει στοιχεία συσχετιζόμενα με τη νευροφυσιολογική εξέταση. Από τα δεδομένα των επιδόσεων ανά τάξη και ηλικία στην κάθε δοκιμασία αλλά και από τη φθίνουσα πορεία των λαθών επαληθεύθηκε και η δεύτερη επιμέρους υπόθεσή μας. Οι διαφορές στην επίδοση που παρατηρούνται μεταξύ των φύλων δεν είναι στατιστικώς σημαντικές και επαληθεύουν τη τρίτη επιμέρους υπόθεσή μας.

Είναι σαφές πως υπάρχουν αρκετά περιθώρια, η σύγχρονη τεχνολογία που εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς να αξιοποιηθεί περισσότερο και να δώσει απαντήσεις σε όλα ζητήματα που αναφέρονται στους εμπλεκόμενους μηχανισμούς κατά την εκδήλωση της μαθηματικής συμπεριφοράς των μαθητών. Υπάρχει, επίσης, η προσδοκία από τα πορίσματα των ερευνών να προκύψει πληρέστερη κατανόηση της συμπεριφοράς των μαθητών. Σταθερός στόχος των ερευνών είναι η ακριβής και ασφαλής περιγραφή των ορίων των ικανοτήτων αλλά και των δυσλειτουργιών των μαθητών. Επιβάλλεται, αφενός η αποενοχοποίηση όσων στιγματίζονται για τις δυσκολίες και τις ανεπάρκειές τους και αφετέρου η συστηματική στήριξη και υποβοήθησή τους με παιδαγωγικές (Αναγνωστόπουλος, 1987) παρεμβάσεις και ειδικά προγράμματα επανεκπαίδευσης και αντιμετώπισης για να προφυλαχθούν από μελλοντικούς αποκλεισμούς και κινδύνους. Η συστηματική στήριξη και αρωγή στο παιδί είναι στήριξη και αρωγή στην κοινωνία των επομένων ετών.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

6.1 Η ΥΠΟΕΠΙΔΟΣΗ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Η μελέτη αυτή στόχευε μεταξύ των άλλων στη διερεύνηση της συμπεριφοράς των μαθητών κατά τη διαδικασία αντιμετώπισης απροσδόκητων καταστάσεων προβληματισμού και του τρόπου αντίδρασης σε συνδυασμό με τα στοιχεία της νευροφυσιολογικής εξέτασης του P300, που αποτελούν την έκφραση του οργανικού και λειτουργικού υποστρώματός τους. Αποσκοπούσε επίσης, στην επισήμανση των αλγορίθμων εργασίας και των εναλλακτικών στρατηγικών κατά τη φάση αντιμετώπισης δυσκολιών, των λανθανόντων προτύπων και την επίδραση των παραμέτρων φύλο, ηλικιακή ομάδα και τάξη σε όσα προαναφέρθηκαν.

Στις περίπτωση που ο άνθρωπος βρεθεί αντιμετώπος με μία απροσδόκητη κατάσταση, έχει τη δυνατότητα να καταφεύγει σε αναλύσεις των ερεθισμάτων, να συστηματοποιεί τη διαδικασία των αναγνώρισεων και να προβαίνει στην επιλογή της αντίδρασής του. Το οπτικό υλικό που έχει στη διάθεσή του, όπως επίσης και το ερέθισμα που δέχεται, περνά από μία πολύπλοκη διεργασία, η οποία συντελείται στο κεντρικό οπτικό σύστημα και εξελίσσεται σε συνθετική αναδόμηση μιας εικόνας. Ειδικότερα, η οπτική μνήμη, η οποία έχει αποθηκευμένες πληροφορίες, πρέπει σε συνδυασμό με την οπτική αντίληψη, την τρέχουσα εικόνα-πληροφορία, να προχωρήσει σε μια εσωτερική αναπαράσταση. Η αναπαράσταση, σε συνδυασμό και με άλλες λειτουργίες οι οποίες εμπλέκονται και με άλλα νευρικά συστήματα, θα διαμορφώσει την απάντηση (Σαββάκη, 1989). Στις απροσδόκητες καταστάσεις αποκαλύπτονται οι στρατηγικές οργάνωσης και δράσης και η διάσταση (Μαρμαρινός, 1978) της δημιουργικής σκέψης.

Με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν επιχειρείται προσέγγιση τριών διαφορετικών πτυχών. Η πρώτη πτυχή αφορά στο ρόλο του Κριτηρίου Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικο-κινητικής Ανίχνευσης Αριθμών στην εκπαιδευτική διαδικασία

και το ενδεχόμενο αξιοποίησής του, η δεύτερη τη φύση των δυσκολιών στα μαθηματικά και η τρίτη τους φορείς και τις διαδικασίες αντιμετώπισης.

Είναι σαφές ότι οι μαθητές αγνοούσαν το περιεχόμενο του Κριτηρίου Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικο-κινητικής Ανίχνευσης Αριθμών. Η πρώτη επαφή με το Κριτήριο τους δημιούργησε μια μικρή έκπληξη και αρχικά απορούσαν για το περιεχόμενό του. Ήταν αδύνατο να φανταστούν από τη δομή και το πλήθος των συμβόλων κάποια άσκηση ή εργασία. Οι μαθητές στο Κριτήριο αναγνωρίζουν τα σύμβολα που πρωτόμαθαν στην προσχολική ηλικία ή και σε κάποιες ακραίες καταστάσεις στην πρώτη σχολική ηλικία (Hughes, 1995). Οι πληροφορίες αυτές είναι αποθηκευμένες στην οπτική μνήμη και οι έννοιες *αριθμός, όμοιος, διαφορετικός, προηγούμενος, επόμενος, κυκλώνω, διαγράφω, αξία και μεγαλύτερος* ανακαλούνται κάποιες φορές με διαφορετικό βαθμό συχνότητας για να χρησιμοποιηθούν σε προβλήματα. Με τα δεδομένα της κωδικοποίησης προβαίνουν σε σύγκριση και στο τέλος προχωρούν στην επιλογή της λήψης των αποφάσεων. Δύο ήταν οι βασικοί φραγμοί κατά την εργασία τους: η κωδικοποίηση των σχέσεων που συνδέει το πλήθος των ψηφίων με βάση τη δραστηριότητα των δοκιμασιών του Κριτηρίου και το ίδιο το πλήθος των 399 ψηφίων.

Η κωδικοποίηση απαιτεί την κατανόηση και τη διαμόρφωση ενός σταθερού προτύπου εργασίας, δηλαδή ενός αλγόριθμου, ο οποίος με τη βοήθεια στρατηγικής οδηγεί συγχρόνως και στη διαδικασία της εκπλήρωσης. Αυτό το σταθερό πρότυπο αδυνατεί να το κατανοήσει και να το κατασκευάσει ένας στους έξι μαθητές των τριών ανώτερων τάξεων του Δημοτικού σχολείου, όταν πρόκειται να εργαστεί με βάση τις δραστηριότητες της 1^{ης} και της 2^{ης} δοκιμασίας. Από το σύνολο των μαθητών, ο ένας στους δύο κατανοεί τη σχέση, καταρτίζει ένα αλγόριθμο, και εφαρμόζει μια ικανοποιητική στρατηγική αλλά με λάθη. Αυτή η παρατήρηση αφορά στη συμπεριφορά των μαθητών στην 1^η δοκιμασία. Στην 2^η δοκιμασία το ποσοστό ανεβαίνει και εκδηλώνουν αντίστοιχη συμπεριφορά περίπου επτά στους δέκα μαθητές. Πρέπει να επισημανθεί πως, κατά τη διάρκεια της

εργασίας, οι μαθητές εργάζονται χωρίς βοήθεια, στηριζόμενοι μόνο στις δικές τους δυνάμεις.

Το ποσοστό των μαθητών που μπορεί να διαμορφώσει ένα πρότυπο κωδικοποίησης για την 3^η δοκιμασία είναι περίπου ένας στους τέσσερις. Οι μαθητές που χρησιμοποιούν τον απόλυτα σωστό τρόπο είναι ένας στους πέντε. Οι υπόλοιποι μαθητές δεν ανταποκρίνονται πλήρως στις απαιτήσεις της δοκιμασίας, συναντούν σημαντικές δυσκολίες. Τα περισσότερα λάθη των μαθητών συνδέονται: 1) με τον αριθμό των πληροφοριών που μπορούν να χρησιμοποιούν κατά τη διάρκεια της εργασία τους, 2) με το χρονικό διάστημα που μπορούν να τις διατηρήσουν και 3) με την εργαζόμενη μνήμη.

Το υψηλό ποσοστό επιτυχίας στην 4^η δοκιμασία οφείλεται στη φύση της δραστηριότητας. Όμως, ένας στους πέντε μαθητές περίπου αδυνατεί να εφαρμόσει με συνέπεια τη στρατηγική που κατάρτισε οι ίδιος και αδυνατεί να εντοπίσει όλα τα τριψήφια τμήματα που παριστάνουν τον αριθμό 111. Ικανοποιητικός είναι ο αριθμός των μαθητών (2.6%), που εφαρμόζει τον τύπο της δημιουργικής απάντησης, εντοπίζοντας σχέσεις και διαμορφώνοντας κωδικοποίηση που υπερβαίνει τα συνήθη ή και ενδεχόμενα πρότυπα λειτουργικού ρόλου των αριθμών στο σχολείο.

Το τμήμα των μαθητών που εργάζεται σχεδιάζοντας ικανοποιητική και εφαρμόζοντας αποτελεσματική κωδικοποίηση στην 5η δοκιμασία είναι δύο στους πέντε. Οι τρεις στους πέντε, αν και έχουν σχεδιάσει μία συνεπή στρατηγική, αδυνατούν να την εκπληρώσουν. Το ποσοστό των μαθητών που εφαρμόζει τον τρίτο τύπο απάντησης, τον τύπο της δημιουργικής απάντησης, φθάνει σχεδόν το 7.5%. Οι μαθητές, που υπερβαίνουν το πρόβλημα του προσανατολισμού στο χώρο και εργάζονται με βάση την κωδικοποίηση σωστά, είναι σχεδόν τριπλάσιοι από τους αντίστοιχους, της 4^{ης} δοκιμασίας.

Η επιλογή των τύπων απάντησης ενισχύει την άποψη πως δεν ευθύνεται για τα λάθη μόνο η στρατηγική δράσης, αλλά και η ικανότητα των μαθητών να εργάζονται έχοντας ως σημείο αναφοράς τα πράγματα. Κάποιοι από τους μαθητές μπορούν να εργάζονται αποτελεσματικά χωρίς

να έχουν γραπτές οδηγίες, άλλοι πάλι δυσκολεύονται. Οι γραπτές οδηγίες εργασίας λειτουργούν σε ορισμένες περιπτώσεις επικουρικά, όχι όμως πάντοτε.

Οι τρόποι εργασίας των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες είναι χαρακτηριστικοί και έχουν ενδιαφέρον. Από δέκα μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες που παρακολούθησαν θεραπευτικό πρόγραμμα, με βάση δραστηριότητες του Κριτηρίου, οι επτά απομακρύνθηκαν από το στάδιο της χρησιμοποίησης αναποτελεσματικών στρατηγικών διαγραφής των ψηφίων στην 1^η δοκιμασία υιοθετώντας τον τέταρτο τύπο απάντησης (βλ. Πίνακα 9). Οι τρεις χρησιμοποίησαν ένα πιο αρχαϊκό ενδιάμεσο πρότυπο, διέγραφαν το τελευταίο ψηφίο κάθε σειράς όμοιων αριθμών αλλά και το πρώτο διαφορετικό, με αυτό τον τρόπο επισήμαιναν πως ακολουθούσαν σωστά βήματα.

Εύλογα, προκύπτουν ερωτήματα σχετικά με την ικανότητα όλων των μαθητών να εφαρμόσουν κανόνες, αλγόριθμους, στρατηγικές εργασίας και οδηγίες που τίθενται από εκπαιδευτικούς και γονείς. Όπως επίσης και για τα όρια της ικανότητας των μαθητών να κατασκευάζουν αλγόριθμους και λειτουργικά πρότυπα και να τα εφαρμόζουν με συνέπεια. Τα όρια των ικανοτήτων των μαθητών φαίνεται πως είναι σημαντικά και ευρύτερα από όσο δείχνουν, πρέπει, όμως, να έχουμε υπόψη μας και τις ατομικές διαφορές. Υπάρχουν παιδιά δεκάχρονα που είναι ικανά να δημιουργήσουν κανόνες, να κωδικοποιήσουν δεδομένα και να κατασκευάσουν αλγόριθμο εργασίας, όπως επίσης υπάρχουν δωδεκάχρονα παιδιά, που όχι μόνο αδυνατούν να καταρτίσουν πρότυπα κωδικοποίησης, αλλά αδυνατούν να εργαστούν στη βάση ενός δεδομένου αλγόριθμου. Η απόσταση που χωρίζει τις δύο ομάδες είναι σημαντική και είναι εμφανής η υποεπίδοση των μαθητών της δεύτερης ομάδας.

Κατά την έρευνα της προπαρασκευαστικής φάσης, όσο και στη φάση της κύριας έρευνας, μελετήσαμε τις αντιδράσεις στερεοτυπίας και ερμηνείας των εντολών και παραγγελμάτων. Δίναμε σε ένα από τους μαθητές των πρώτων θρανίων μία δεσμίδα εντύπων με την οδηγία: «Κράτησε το πρώτο και δώσε τα υπόλοιπα στο διπλανό σου, χωρίς να μετακινηθείς από τη θέση σου». Οι

μαθητές, ανεξάρτητα από την οδηγία που λάβαιναν, χρησιμοποιούσαν μια μορφή στερεότυπης αντίδρασης που περισσότερο σχετίζεται με μαθημένες μορφές συμπεριφοράς και λιγότερο με εφαρμογή των οδηγιών. Στα 29 τμήματα που επισκεφθήκαμε, δε βρέθηκε έστω ένας μαθητής να εφαρμόσει την οδηγία. Στη διανομή της δεύτερης δεσμίδας επαναλαμβάναμε την οδηγία. Οι μαθητές έχοντας τα έντυπα στα χέρια τους άφηναν κατά κανόνα ένα στη θέση τους στο τραπεζοθρανίο και συνέχιζαν να τα διανέμουν, όπως καθημερινά τα τετράδιά τους. Κάποιοι κρατούσαν τη δεσμίδα και έδιναν στο διπλανό τους ένα – ένα φύλο για να το προωθήσει στα γειτονικά τραπεζοθρανία.

Ο αριθμός των μαθητών που παρακολούθησε την οδηγία και κατανόησε αυτό που περιμέναμε περιορίστηκε σε δύο μόνο μαθητές. Στη διανομή των επόμενων δεσμίδων ο αριθμός των μαθητών αυξήθηκε. Αυτό το φαινόμενο μας προκαλεί εντύπωση και θεωρούμε πως είναι αξιολογήσιμο σε κάθε περίπτωση διδακτικού σχεδιασμού και επικοινωνίας με τους μαθητές.

Οι οδηγίες και οι κανόνες είναι συνήθεις παιδαγωγικές πρακτικές για την αντιμετώπιση τόσο μεθοδολογικών και διδακτικών προβλημάτων όσο και παιδαγωγικών. Οι υπομνήσεις των κανόνων που εκφράζονται κατά την ώρα της εργασίας των μαθητών, έχουν τη μορφή της συστηματικής χειραγώγησης και δημιουργούν σε ορισμένες περιπτώσεις μηχανισμούς κινητοποίησης και αυτοελέγχου. Χαρακτηριστικές είναι δύο περιπτώσεις υπόμνησης οδηγιών κατά την ώρα της εκπλήρωσης του αιτήματος της 1^{ης} δοκιμασίας. Δύο δάσκαλοι διαφορετικών τμημάτων επιχείρησαν να δώσουν εξηγήσεις στους μαθητές τους και τους απέτρεψα. Στο διάλειμμα τους εξήγησα πως για τη χορήγηση του Κριτηρίου προβλέπεται ενιαία διαδικασία για όλους τους μαθητές. Προσπάθησαν να με πείσουν πως, όταν οι μαθητές αδυνατούν να κατανοήσουν αυτό που ζητήσαμε, πρέπει να τους το επαναλαμβάνουμε.

Αυτό φανερώνει συχνή παρεμβατικότητα και συνεχή έλεγχο των μαθητών με αλλεπάλληλες διορθώσεις. Ο μαθητής δε μαθαίνει στις περιπτώσεις αυτές από τα λάθη του, επειδή λείπει μια

επαρκής συνειδητοποίησή τους. Σε αυτό ευθύνονται οι μηχανισμοί άκαιρης παρέμβασης των δασκάλων και ελαχιστοποίησης της ευθύνης των μαθητών. Έχει καταδειχθεί και γίνεται καθημερινά αντιληπτό, από όσους εμπλέκονται στις διαδικασίες αγωγής και εκπαίδευσης, πως οι οδηγίες και οι κανόνες δεν έχουν την αναμενόμενη αποτελεσματικότητα, δε διαμορφώνουν σταθερή συμπεριφορά και γενικά δεν είναι τελεσφόρος διαδικασία. Με παρόμοιους χειρισμούς οι μαθητές είναι συνεχώς κατευθυνόμενοι, δεν αναπτύσσουν πρωτοβουλία και δεν αναλαμβάνουν ευθύνη. Αυτό δεν είναι μόνο διδακτικό πρόβλημα είναι και πρόβλημα ουσίας της αγωγής.

Τα δεδομένα της νευροψυχολογικής εξέτασης που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια οδηγούν σε συμπεράσματα και προτάσεις που έχουν διδακτική και παιδαγωγική αξία. Ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών αδυνατεί να εργαστεί με βάση τις πληροφορίες που δέχεται, επειδή αυτές τις πληροφορίες δεν έχει τη δυνατότητα να τις μετασχηματίσει σε ένα πρότυπο εργασίας ή σε έναν σταθερό κώδικα δράσης και μάλιστα σε ικανοποιητικό χρόνο. Το ποσοστό των μαθητών που συναντά τη δυσκολία αυτής της μορφής ποικίλλει. Μπορεί να κυμανθεί από 17 μέχρι και 75%. Αυτό το μεγάλο ποσοστό μαθητών δεν επιτρέπει μακροχρόνιους σχεδιασμούς και ανατρέπει προγράμματα και προγραμματισμό σε επίπεδο τάξης εξαιτίας του τρόπου που χειρίζεται τις οδηγίες. Πρέπει να δίνονται συχνά και γραπτές οδηγίες, επειδή ένας αριθμός μαθητών αδυνατεί να εργαστεί χωρίς γραπτές οδηγίες. Σε κάποιες περιπτώσεις οι τρόπος της χορήγησης των οδηγιών πρέπει να εναλλάσσονται. Βασική προϋπόθεση αποτελεσματικής εργασίας στην τάξη είναι η αναγνώριση του γνωστικού δυναμικού των μαθητών κατά την έναρξη του διδακτικού έτους και η διαμόρφωση της εργασίας με βάση τα στοιχεία του.

6. 2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΚΑΙ Η ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΕΠΙΔΟΣΗΣ ΣΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Πριν από οποιαδήποτε μορφή διδασκαλίας πρέπει να καταγραφεί και να τεκμηριωθεί, έστω και εμπειρικά, το γνωστικό υπόστρωμα των μαθητών, η γνωστική προίκα που κατέχουν. Αν χρειαστεί, για να διαμορφωθεί μία πληρέστερη εικόνα, πρέπει να επαναληφθεί αυτή η διαδικασία σε εύλογο χρονικό διάστημα. Ο τρόπος και η διαδικασία με την οποία θα επιτευχθεί είναι στη διακριτική ευχέρεια του εκπαιδευτικού. Είναι απαραίτητο να εφαρμόζεται από το νηπιαγωγείο μέχρι και το γυμνάσιο. Στο λύκειο λειτουργούν άλλοι παράγοντες διαμόρφωσης των γνωστικών στόχων των μαθητών και των γνωστικών επιτεύξεων.

Οποιοσδήποτε σχεδιασμός, βραχυπρόθεσμος ή μεσοπρόθεσμος, πρέπει να λαμβάνει σοβαρά υπόψη του τα δεδομένα της καταγραφής του γνωστικού δυναμικού των παιδιών και των μαθητών, επειδή υπάρχουν νήπια που αναγνωρίζουν και ονομάζουν διψήφιους ή και τριψήφιους αριθμούς και μαθητές της Β΄ τάξης του Δημοτικού που αδυνατούν να χρησιμοποιήσουν την ακολουθία της πρώτης δεκάδας ή να αναγνωρίσουν ένα μονοψήφιο αριθμό γραμμένο με μαθηματικό σύμβολο.

Ένας ικανός αριθμός μαθητών κατανοεί τον τρόπο εργασίας και μπορεί να διαμορφώσει κώδικες εργασίας, όμως, κατά την εκτέλεση και τη διαδικασία εφαρμογής τους, οδηγείται σε λάθος αποτέλεσμα ή σε ημιτελή εκπλήρωση. Οι μαθητές στις τέλειες, τις ημιτελείς αλλά και τις λαθεμένες εκπληρώσεις ακολουθούν στρατηγικές. Το πρόβλημα πλέον σχετίζεται με τον τρόπο που θα μάθουν να χρησιμοποιούν στρατηγικές που οδηγούν στη σωστή και αποτελεσματική λύση των προβλημάτων.

Οι δύο ομάδες των μαθητών, η ομάδα που αδυνατεί να κατανοήσει μηχανισμούς κατασκευής κωδίκων για να αρχίσει να εργάζεται και η ομάδα των μαθητών που γνωρίζει αυτούς τους μηχανισμούς αλλά αδυνατεί να ολοκληρώσει ό,τι αρχίζει, έχουν τις ίδιες ανάγκες και τις ίδιες

αδυναμίες. Κατά την εργασία τους εμπλέκονται μηχανισμοί βίωσης αναξιοσύνης και δημιουργίας κλίματος αυτομομφής μετά από ένα σημαντικό αριθμό συσσωρευμένων αποτυχιών. Δευτερογενώς το παιδί βιώνει συναισθήματα αποτυχίας. Η συσσώρευση των συναισθημάτων αποτυχίας έρχεται να παγιώσει την πίστη της αδυναμίας ή και της ανικανότητας του ακόμη. Τίθεται το ζήτημα της ανατροπής και στη συνέχεια της αντιστροφής του αρνητικού συναισθήματος του παιδιού.

Επειδή είναι δύσκολο ένα παιδί να επιχειρήσει να μάθει να μαθαίνει και να εργάζεται με διαδικασίες και με υλικό που έχει αποτύχει, πρέπει να χρησιμοποιηθεί υλικό που να μη θυμίζει προηγούμενες αποτυχημένες απόπειρες. Το Κριτήριο είναι κατάλληλο για το ρόλο αυτό, επειδή είναι δυνατό να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν άπειρες ασκήσεις που να καλύπτουν δεξιότητες από το νηπιαγωγείο μέχρι και το γυμνάσιο. Ειδικότερα, με βάση το Κριτήριο στο Εργαστήριο εφαρμόζονται δοκιμαστικά ασκήσεις σε νήπια που απευθύνονται στις αισθήσεις και κατά κύριο λόγο στην αφή, δοκιμάζεται ένα πολυαισθητηριακό υλικό.

Οι ασκήσεις που έχουν στόχο την αντιμετώπιση μαθησιακών δυσκολιών στις τρεις μικρότερες τάξεις του δημοτικού διαμορφώθηκαν πρόσφατα και χρησιμοποιήθηκαν πειραματικά μέχρι το τέλος του 1999. Τώρα εφαρμόζονται πλήρως για όλα τα ζεύγη των ψηφίων (0,1. 0,2. 0,3...0,9). Το ζεύγος (0,1) αποτελεί την πρώτη έκδοση της Δεύτερης Σειράς και το ζεύγος (0,9) την ένατη έκδοση της ίδιας σειράς. Τα ψηφία είναι γραμμένα με γραμματοσειρά 26 και είναι αρκετά ευδιάκριτα για τα παιδιά. Οι ασκήσεις είναι δυνατό να αφορούν αρκετές δραστηριότητες. Τη διαδικασία: να κυκλώσεις, να υπογραμμίσεις, να διαγράψεις. Την αναγνώριση αριθμών ή την εμπέδωση ή την επανάληψη: να κυκλώσεις τον αριθμό που μάθαμε, τον αριθμό που μάθαμε σήμερα, τον αριθμό που είναι γραμμένος στον πίνακα. Την κατεύθυνση: να υπογραμμίσεις τους τρεις πρώτους αριθμούς αρχίζοντας από τον πρώτο, να υπογραμμίσεις τους τρεις πρώτους αρχίζοντας από το τέλος. Την κατεύθυνση: να διαγράψεις τον πρώτο τον τρίτο και τον πέμπτο, ξεκινώντας από την αρχή. Υπάρχουν και άλλες ασκήσεις οι οποίες κινούνται στο ίδιο πνεύμα και

κινητοποιούν τα παιδιά.

Χρησιμοποιώντας μικρότερη γραμματοσειρά διαμορφώσαμε και τις δραστηριότητες οι οποίες αφορούν τους μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού και όλες τις τάξεις του γυμνασίου. Οι ασκήσεις ουσιαστικά χρησιμοποιούν ως βάση τους τις δραστηριότητες της προηγούμενης παραγράφου που εμπλουτίζονται με ποικίλες ασκήσεις: Αναγνώρισης: να υπογραμμίσεις τους αριθμούς της σειράς που είναι όμοιοι με τον πρώτο αριθμό της ίδιας σειράς, να υπογραμμίσεις τους αριθμούς που είναι διαφορετικοί από τον πρώτο. Κατεύθυνσης: να κυκλώσεις τον αριθμό 0 στην πρώτη σειρά ξεκινώντας από το πρώτο ψηφίο, να κυκλώσεις τον αριθμό 1 στην πρώτη στήλη. Κυκλικής ροής: να διαγράψεις το μικρότερο διψήφιο, το μεγαλύτερο διψήφιο.

Οι ασκήσεις αυτές είναι δυνατό να χορηγούνται ατομικά ή και ομαδικά στο σχολείο με μορφή παιγνιώδους δραστηριότητας και η αντιμετώπιση των μαθητών πρέπει να είναι ανάλογη. Οι μαθητές θεωρούν αυτή την ενασχόλησή τους με τις ασκήσεις «παιχνίδι» και την αντιμετωπίζουν χωρίς ιδιαίτερη φόρτιση. Ο τρόπος παρουσίασης των δραστηριοτήτων είναι σημαντικός παράγοντας για να καταστεί το παιδί συνεργάσιμο και να αποδεχθεί τις ασκήσεις αβίαστα. Σημαντικό στοιχείο είναι να αισθάνεται το παιδί τον εαυτό του βελτιωμένο σε σχέση με το πρόσφατο παρελθόν και να μη βιώνει διαρκή αποτυχία.

Στα θέματα της σχολικής αποτυχίας και των μαθησιακών δυσκολιών, ουσιώδες σημείο για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους κρίνεται η αποτροπή των άμεσων και των αψότερων συναισθηματικών και κοινωνικών επιπτώσεων και επιπλοκών. Το παιδί αδυνατεί να διατηρήσει ένα στοιχειώδες επίπεδο αυτοεκτίμησης, γενικότερη επάρκεια και στόχους για τη μελλοντική του εξέλιξη, αν στο σχολείο περιθωριοποιηθεί ή αν δεν αισθάνεται το ίδιο σημεία βελτίωσής του στην τάξη. Αυτή η πλευρά δεν πρέπει να παραβλέπεται από τους ειδικούς, τους εκπαιδευτικούς και τους γονείς, ανεξάρτητα από τη στρατηγική που θα επιλεγεί για την αντιμετώπιση των δυσκολιών.

Τα μαθηματικά είναι η μόνη ακαδημαϊκή περιοχή η οποία βαρύνεται με άγχος. Είναι

επιβεβλημένο να εντοπισθούν οι συναισθηματικές καταστάσεις που φορτίζουν τους μηχανισμούς της φοβίας και του άγχους, όπως, επίσης και οι γνωστικές διαδικασίες που την τροφοδοτούν. Απαιτείται ακόμη μία προσεκτική διατύπωση και διαμόρφωση του προγράμματος και της διδακτικής μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται. Αυτά ως ζητήματα τα έχουν προσεγγίσει αρκετοί ερευνητές. Αναμένεται να επηρεάσουν μελλοντικά και τους θεσμούς που ασχολούνται με τη σύνταξη, κατάρτιση και δοκιμαστική εφαρμογή και μελέτη αναλυτικών προγραμμάτων. Ως προς τα μαθηματικά, ο διαθέσιμος διδακτικός χρόνος τουλάχιστο στη χώρα μας (Σακκής, 1997) ήταν και είναι από τη σύσταση της πολιτείας περιορισμένος. Η αξιολόγησή του έφερε το μάθημα αυτό τουλάχιστο τέταρτο στη σειρά των μαθημάτων (Σακκής, 1997) του αναλυτικού προγράμματος.

Η επανεκπαίδευση (διορθωτική αγωγή) των μαθητών στα μαθηματικά είναι ο πλέον ενδεδειγμένος τρόπος για να μην παγιωθούν δυσάρεστα και αρνητικά συναισθήματα. Δεν πρέπει για κανένα λόγο τα παιδιά που δυσλειτουργούν να μείνουν χωρίς βοήθεια και υποστήριξη. Όπως σε κάθε επανεκπαίδευση, έτσι και στα μαθηματικά, δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν διδακτικές προσεγγίσεις και μέσα τα οποία σε προηγούμενη φάση είχαν αποτύχει. Αν δεν υπάρχει άλλη δυνατότητα, αυτά τα μέσα, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί και έχουν αποτύχει, πρέπει να εμπλουτισθούν με άλλα, για να αποφευχθεί μία νέα αποτυχία. Οι μαθητές που αποτυγχάνουν ή δυσλειτουργούν χρειάζονται βοήθεια. Το Κριτήριο είναι πρόκληση για αντιμετώπιση των μαθησιακών δυσκολιών σε νέα βάση.

6.3 Η ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΒΟΗΘΕΙΑΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ

Είναι βέβαιο πως οι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες στα μαθηματικά έχουν παρακολουθήσει τα μαθήματα του σχολείου και έχουν διδαχθεί όσα δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν. Αυτή η σκέψη πρέπει να αποτελεί τη βάση για οποιοδήποτε σχεδιασμό προγράμματος αποκατάστασης. Η βοήθεια που προσφέρεται στο παιδί από το σχολείο πρέπει να εκδηλώνεται με τα ακόλουθα βήματα: 1) Επέμβαση μόλις φανούν οι πρώτες δυσκολίες στο παιδί, 2) Αξιολόγηση των δυσκολιών του, 3) Σχεδιασμός κατάλληλου προγράμματος, 4) Προσαρμογή των Τμημάτων Ενισχυτικής Διδασκαλίας και των Ειδικών Τάξεων στις ανάγκες των μαθητών αυτών, 5) Συνεργασία με τους γονείς για τη διαμόρφωση ενός κοινού πλαισίου αντιμετώπισης και εκτίμηση του απαιτούμενου χρόνου εφαρμογής ενός προγράμματος.

Η επίδοση στις πέντε δοκιμασίες και η μαθηματική συμπεριφορά του μαθητή μας δίνει τα όρια των δυνατοτήτων αλλά και των δυσλειτουργιών της μαθηματικής σκέψης. Ο μαθητής που δυσλειτουργεί ουσιαστικά αδυνατεί να χρησιμοποιήσει βασικές έννοιες: να δημιουργήσει τάξεις, να κάνει νοερές ταξινομήσεις, να χρησιμοποιήσει ομοιότητες και διαφορές, να κάνει αναγνωρίσεις, να εντοπίζει σχέσεις, να προβαίνει σε συσχετίσεις, να δημιουργεί αλγόριθμους και να εκπονεί στρατηγικές, να χρησιμοποιήσει επαρκώς λανθάνοντα πρότυπα συμπεριφοράς, να δημιουργεί ακολουθίες, να εκφωνεί ακολουθίες από μνήμης, να διαβάζει ακολουθίες. Αυτές είναι μερικές από τις βασικές αδυναμίες εκπλήρωσης των μαθητών, μερικές από τις δυσλειτουργίες που εμφανίζουν.

Το είδος της βοήθειας που χρειάζεται ο μαθητής το διαμορφώνουν οι ελλείψεις του σε βασικές δεξιότητες. Η διατύπωση και διαμόρφωση κατάλληλου προγράμματος υπόκειται στον περιορισμό της αντιμετώπισης των ελλείψεων σε βασικές δεξιότητες κατά προτεραιότητα. Οι γνωστικές ελλείψεις χωρίς ιδιαίτερη επιμονή καλύπτονται βαθμιαία καθώς προχωρεί η κάλυψη των

βασικών δεξιοτήτων. Το πρόγραμμα καταρτίζεται από ειδικό, ο οποίος έχει και την εποπτεία της εφαρμογής του ή και της αναπροσαρμογής του.

Η εμμονή για κάλυψη αποκλειστικά και μόνο των γνωστικών αδυναμιών και δυσλειτουργιών είναι δυνατό να μην έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα ή να το φέρει με αρκετή καθυστέρηση. Συνήθως αυτό είναι το κρίσιμο λάθος. Το άγχος των γονιών και η ανησυχία τους για τις αδυναμίες του δημιουργούν στο παιδί συχνά επιπλοκές. Απαιτείται ιδιαίτερα προσεκτικός χειρισμός ως προς αυτό το σημείο.

Η συνεχής παρουσία του γονιού και του εκπαιδευτικού δίπλα στο παιδί κατά τη διάρκεια της εργασίας και η συστηματική παρέμβασή τους συχνά οδηγεί στην περάτωση της εργασίας του έγκαιρα. Δημιουργεί την αίσθηση πως ο μαθητής με λίγη βοήθεια ανταποκρίνεται στα καθήκοντά του. Η πραγματικότητα είναι διαφορετική. Ο μαθητής ποτέ δεν έχει αντιληφθεί τα πραγματικά όρια των δυνάμεών του και των αδυναμιών του. Όταν προσπαθήσει να λύσει ένα πρόβλημα χρειάζεται συνεχώς την παρουσία ενός τρίτου προσώπου. Ο μαθητής είναι ανάγκη να μάθει βαθμιαία να εργάζεται μόνος του και να μειώνει παράλληλα και την εξάρτησή του από άλλα πρόσωπα.

Τη βοήθεια των μαθητών αυτών μπορούμε να την προωθήσουμε μέσα από τις ακόλουθες εναλλακτικές λύσεις: Φοίτηση στην τάξη εγγραφής, σε Τμήματα Ενισχυτικής Διδασκαλίας και Ειδική Τάξη (Μπάρδης, 1997). Η φοίτηση ενός μαθητή στην τάξη εγγραφής έχει αρκετά πλεονεκτήματα τα οποία δεν μπορούμε να παραβλέψουμε. Ο μαθητής βρίσκεται στο φυσικό του περιβάλλον, στους συμμαθητές του και δεν απομονώνεται κοινωνικά. Συμμετέχει σε όλες τις δραστηριότητες του σχολείου από τις οποίες μπορεί να εισπράξει ικανοποίηση. Η επιτυχία της προσέγγισης των μαθησιακών δυσκολιών με χειρισμούς αυτού του τύπου εξαρτάται από τη διάθεση του εκπαιδευτικού της τάξης και του προγράμματος που έχει καταρτισθεί για το λόγο αυτό. Η συμβολή της οικογένειας στην επιτυχία ενός προγράμματος είναι σημαντική. Χωρίς συστηματική αλλαγή στον τρόπο προσέγγισης του παιδιού δεν υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης.

Τα τμήματα Ενισχυτικής Διδασκαλίας είναι ένας νέος θεσμός. Εφαρμόστηκε αρχικά στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και στη συνέχεια στην Πρωτοβάθμια. Ξεκίνησε άτυπα και στη συνέχεια ορίστηκαν οι προϋποθέσεις εφαρμογής του. Έχει ως προορισμό του να προσφέρει βοήθεια σε μαθητές που παρουσιάζουν μαθησιακές δυσκολίες. Τα προγράμματα είναι εξατομικευμένα και εξειδικευμένα και έχουν προορισμό να εφαρμόζονται για όσο χρονικό διάστημα έχει ανάγκη ο μαθητής. Ο μαθητής με μαθησιακές δυσκολίες διατηρεί την επαφή με την τάξη του, είναι μέλος της, συμμετέχει στις περισσότερες από τις δραστηριότητές της. Παρακολουθεί μαθήματα στο τμήμα ενισχυτικής διδασκαλίας για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται, ανάλογα με τις δυσκολίες του, την τάξη και την εξέλιξή του. Η παρουσία του στα τμήματα αυτά περιορίζεται σε λίγες ώρες την εβδομάδα. Ο αριθμός των ωρών φοίτησης εξαρτάται από το μάθημα που παρακολουθεί. Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του θεσμού δεν έχει ξεκινήσει μέχρι σήμερα.

Η ειδική τάξη είναι ένα θεσμός στον οποίο ένας μαθητής με μαθησιακές δυσκολίες παρακολουθεί μαθήματα για μία ή και δύο ώρες την ημέρα. Με σωστή καθοδήγηση του δασκάλου προς την κατεύθυνση της ενεργοποίησης, είναι δυνατόν να αντιμετωπισθούν τα μαθησιακά προβλήματα αποτελεσματικά. Ο μαθητής συνεχίζει να συμμετέχει στις δραστηριότητες της τάξης του για τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Η διάρκεια της παραμονής του μαθητή σε αυτή εξαρτάται από τη φύση και την έκταση των δυσκολιών του.

Οι δυσκολίες των μαθητών δεν είναι μόνο γνωστικές είναι και δυσκολίες που εντοπίζονται στις σχέσεις με τους άλλους και το περιβάλλον ευρύτερα (Νέστορος & Βαλλιανάτου, 1996). Όποια διαδικασία για παροχή βοήθειας στο μαθητή επιλεγεί, πρέπει να κατανοεί την ατομικότητά του, να λαμβάνει υπόψη της τις συναισθηματικές εμπλοκές που έχει βιώσει και να κατατείνει στην εφαρμογή της αρχής ενσωμάτωσης του παιδιού στην κοινωνική ομάδα. Με βάση όσα στοιχεία έχουν εκτεθεί είναι σαφές πως ασκήσεις του Κριτηρίου είναι δυνατό να δοθούν και στις τρεις

μορφές εναλλακτικής φοίτησης του μαθητή στο σχολείο. Τα κρίσιμα σημεία είναι η επιλογή των κατάλληλων δραστηριοτήτων για την ηλικία, το γνωστικό επίπεδο και το βαθμό δυσκολιών που βιώνει ο μαθητής και ο τρόπος ανταπόκρισής του στη βοήθεια που του προσφέρεται και δέχεται.

6.4 Η ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΔΥΣΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ ΤΟΥ ΠΑΙΔΙΟΥ

Τα αποτελέσματα από την εξέταση με την τεχνική των προκλητών δυναμικών δίνουν μια επαρκή εικόνα των δυνατοτήτων των παιδιών της κάθε ομάδας. Τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές που έχουν διαγνωσμένες μαθησιακές δυσκολίες είναι αντικειμενικά και είναι ανεξάρτητα από τη θέληση του μαθητή. Η ενδεχόμενη ενοχοποίησή του με αφορμή και αιτία την υποεπίδοσή του είναι άδικη και αψυχολόγητη. Συχνά τα παιδιά θέλουν να μάθουν, θέλουν να έχουν καλή επίδοση αλλά δεν το κατορθώνουν.

Η πληροφόρηση των γονέων για τις ικανότητες ή τις διαταραχές και δυσλειτουργίες του παιδιού τους έχει αξία από τη στιγμή που θα διαμορφώσει για το παιδί ένα διαφορετικό πλαίσιο αντιμετώπισής του, μία συνθήκη κατανόησης των δυσκολιών του και όχι συνθήκες εγκατάλειψης και παραίτησης. Οι υπαινιγμοί ή οι μομφές για τις δυσκολίες του και ο χαρακτηρισμός του με βάση αυτές είναι ανεπίτρεπτη και επικίνδυνη συμπεριφορά (Νέστορος & Βαλλιανάτου, 1996). Δε βοηθούν το παιδί και το φορτίζουν με πικρία και απογοήτευση.

Οι ατομικές διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των παιδιών οφείλονται και στο διαφορετικό λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης που χρειάζεται κάθε μαθητής από τη στιγμή που θα δεχθεί ένα ακουστικό ερέθισμα μέχρι να το επεξεργαστεί. Σε κάποιες περιπτώσεις αυτές οι διαφορές είναι τόσο μεγάλες, σε σημείο που ένας μαθητής να χρειάζεται υπερδιπλάσιο χρόνο για να επεξεργαστεί μία πληροφορία από έναν άλλο μαθητή. Αυτή η μορφή συμπεριφοράς εκδηλώνεται στα πλαίσια της τάξης και συχνά εμποδίζει όχι μόνο την ανάπτυξη της τάξης αλλά και την εξέλιξη του μαθήματος. Όμως, δικαιώματα στη μάθηση έχει και ο μαθητής που έχει μαθησιακές δυσκολίες.

Η φοίτηση των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες σε ειδικές τάξεις βελτιώνει το χρόνο συμμετοχής τους στη σχολική εργασία κατά τη διάρκεια της παραμονής τους σε αυτή, από 55% που παρατηρείται στην τάξη φοίτησής του σε 79%. Αυτή η ευκαιρία βελτιώνει τις συνθήκες ενεργού συμμετοχής του μαθητή στη σχολική εργασία αλλά του περιορίζει το χρόνο συνύπαρξης με τους συμμαθητές του. Όταν λαμβάνονται αποφάσεις σε τόσο κρίσιμα θέματα όσο αυτό που προαναφέρθηκε, αυτές κρίνονται και καθορίζονται από το συμφέρον του μαθητή.

Η εκπαίδευση είναι επιβεβλημένο να χαρακτηρίζεται από θυσίες που έχουν μόνο μία επιδίωξη. Την επιδίωξη η ζωή των μαθητών να βελτιώνεται και να αποκτά τη μεγαλύτερη δυνατή αναγνώριση και να πραγματώνεται σε κλίμα ελπίδας και αισιοδοξίας. Θα αισθανόμαστε ευτυχία αν με τη μελέτη προσθέσαμε, έστω και ελάχιστα, στη διαμόρφωση αυτού του κλίματος. Η ζωή, ως φαινόμενο, είναι μοναδικό και ανεπανάληπτο και είναι κρίμα να υποτιμηθεί και να υποβαθμιστεί από ατυχείς ή άστοχους χειρισμούς.

7.ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σχέση του ανθρώπου με τις εκτιμήσεις μεγεθών και ποσοτήτων είναι τόσο παλαιά όσο και οι ανθρώπινες κοινωνίες. Η μέτρηση ως φαινόμενο συμπίπτει με την εμφάνιση του ανθρώπου του Neanderthal, εξελίσσεται βαθμιαία και φαίνεται να έχει διαστηματικό χαρακτήρα. Η σύλληψη του αφηρημένου αριθμού και η συμβολική αναπαράστασή του από τον άνθρωπο αποτελούν σταθμό στην εξελικτική πορεία του. Από τις αρχές του 18ου αιώνα έγινε προσπάθεια να προσδιοριστούν οι περιοχές του εγκεφάλου στις οποίες εδράζεται η μαθηματική ικανότητα. Ο Piaget και ο Luria με τις επιστημονικές εργασίες τους υπήρξαν πρωτοπόροι στη μελέτη των μαθηματικών ικανοτήτων. Ο Piaget προσδιόρισε τα όρια των επιτευγμάτων της παιδικής ηλικίας και ο Luria μελέτη σε τραυματίες ενήλικες τις περιοχές του εγκεφάλου οι οποίες μετά από τραυματισμό δυσλειτουργούν και προκαλούν διαταραχές στην υπολογιστική ικανότητα.

Από τις αρχές του 20ου αιώνα οι επίκτητες διαταραχές στα μαθηματικά θεωρούνται ανεξάρτητη νοσολογική οντότητα και καλύπτονται από τον όρο *acalculia*. Οι κλινικές παρατηρήσεις του Luria διευκόλυναν και προσανατόλισαν σημαντικά τη νευροψυχολογία των μαθηματικών ικανοτήτων και διαταραχών. Σημαντικό θεωρείται, επίσης, το έργο του Hécaen και των συνεργατών, οι οποίοι μελέτησαν τις επίκτητες διαταραχές της υπολογιστικής ικανότητας. Οι διαταραχές της μαθηματικής ικανότητας αποδόθηκαν στο παρελθόν με διάφορους όρους, οι οποίοι συχνά έπαιρναν διαφορετικό εννοιολογικό περιεχόμενο και προκαλούσαν σύγχυση.

Σήμερα δύο ορισμοί είναι αποδεκτοί από όσους έχουν νευροψυχολογική προοπτική, η αναριθμησία που αποδίδεται στις επίκτητες διαταραχές της μαθηματικής ικανότητας και η δυσαριθμησία η οποία αφορά στις αναπτυξιακές διαταραχές. Σημαντική θεωρείται, επίσης, η συμβολή των Gerstmann, Kosc και Rourke στη μελέτη των διαταραχών της μαθηματικής ικανότητας. Το ερευνητικό έργο του Rourke αφορά στη μελέτη των διαταραχών της αρίθμησης της

παιδικής ηλικίας. Από το 1970 γίνεται προσπάθεια να μελετηθούν οι διαταραχές της μαθηματικής ικανότητας και να συσχετισθούν με τη δυσλεξία. Σημαντικό είναι επίσης το ερευνητικό έργο του Piaget που κινητοποίησε την επιστημονική κοινότητα για επαλήθευση των πορισμάτων του και διεύρυνση των ερευνητικών πλαισίων. Πολλές από τις θέσεις αμφισβητήθηκαν με διάφορα ερευνητικά έργα, χωρίς να κλονίσουν την αξία του έργου του.

Η αξία των μαθηματικών και ο ρόλος τους στην καθημερινή ζωή δημιούργησαν μία έντονη κινητοποίηση τα τελευταία έτη με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι έρευνες που αφορούν τη μαθηματική σκέψη και οι δημοσιεύσεις διεθνώς και στην προσπάθεια αυτή συμμετέχουν πλέον και οι ενώσεις των μαθηματικών. Οι έρευνες αναφέρονται μεταξύ των άλλων και στη μελέτη των δυσκολιών που εμφανίζουν οι μαθητές και προσεγγίζουν την εξέλιξη της μαθηματικής σκέψης των παιδιών σε διάφορα στάδια ανάπτυξής της (Gelman, 1969).

Έχουν επινοηθεί και χρησιμοποιούνται αρκετά κριτήρια αξιολόγησης των μαθηματικών ικανοτήτων είτε αυτοτελή είτε ως τμήμα κριτηρίου προσδιορισμού του δείκτη ευφυΐας. Το Κριτήριο Αξιολόγησης της Εστίασης και Μεταβολής της Ελεγχόμενης Προσοχής και Οπτικο-κινητικής Ανίχνευσης Αριθμών σχεδιάστηκε και συστήθηκε για τη μελέτη της μαθηματικής συμπεριφοράς των παιδιών και την αντιμετώπιση και θεραπεία μαθησιακών δυσκολιών στα μαθηματικά, όπως επίσης και των διαταραχών της προσοχής. Η χρήση του έχει κριθεί μέχρι σήμερα ικανοποιητική.

Η σύγχρονη τεχνολογία με τη βοήθεια και της πληροφορικής εξυπηρετεί αποτελεσματικά τη μελέτη των νευροφυσιολογικών χαρακτηριστικών του ανθρώπου. Ειδικότερα, η μελέτη των προκλητών δυναμικών έχει ενταχθεί στις τεχνικές μελέτης της ανθρώπινης συμπεριφοράς και μάλιστα με τη διαδικασία των ελεγχόμενων ερεθισμάτων. Από τα προκλητά δυναμικά αυτά που αφορούν το χώρο της εκπαίδευσης είναι τα γνωσιακά προκλητά δυναμικά.

Στην έρευνά μας μελετήσαμε τη συμπεριφορά 376 μαθητών των Δ', Ε' και Στ' τάξεων

δημοτικών σχολείων των νομών Φθιώτιδας και Μαγνησίας που επιλέξαμε με κλήρωση. Χρησιμοποιήσαμε πέντε από τις δοκιμασίες του Κριτηρίου τις οποίες χορηγήσαμε σε δύο διαφορετικές ημέρες. Από τους μαθητές που είχαν την υψηλότερη επίδοση επιλέξαμε 19 και από τους μαθητές που είχαν την ελάχιστη επίσης 19, με διαδικασία κλήρωσης. Τους μαθητές τους εξετάσαμε στο Εργαστήριο Νευροψυχολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με την τεχνική του P300, που είναι γνωσιακή τεχνική των προκλητών δυναμικών. Τα δεδομένα τους τα συσχετίσαμε με τα δεδομένα 17 μαθητών με διαγνωσμένες μαθησιακές δυσκολίες (Μ.Δ.).

Από την ανάλυση των στατιστικών στοιχείων προέκυψε πως οι διαφορές στις επιδόσεις των φύλων καταγράφουν τάση χωρίς να είναι στατιστικά σημαντικές. Οι διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των ηλικιακών ομάδων ως προς την επίδοση είναι φυσιολογικές και εμπεριέχουν την τάση: η τάξη και η διαφορά της ηλικίας να συνδέονται με τη βελτίωση της επίδοσης, συμπεριφορά που θεωρείται αναμενόμενη. Η μελέτη των παραμέτρων των προκλητών δυναμικών έδειξε πως μεταξύ της ομάδας των μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες και της ομάδας χωρίς μαθησιακές δυσκολίες υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το λανθάνοντα χρόνο αντίδρασης όχι, όμως, και ως προς το ύψος του P300.

Στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε, επίσης, μεταξύ της ομάδας που είχε τη μεγαλύτερη επίδοση στις δοκιμασίες και της ομάδας με τη μικρότερη επίδοση στις δοκιμασίες, ως προς την παράμετρο του λανθάνοντα χρόνου αντίδρασης. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των φύλων δεν είναι στατιστικά σημαντικές και ως προς τις δύο παραμέτρους.

Ελπίζουμε τα συμπεράσματά μας να αποτελέσουν τη βάση και για άλλες έρευνες με την ίδια ή και διαφορετική μεθοδολογία, για να φωτιστούν και άλλες πτυχές της μαθηματικής συμπεριφοράς των μαθητών και όχι μόνο.

8. ABSTRACT

The relation of man with measurements of proportions and quantities is so old as are human societies. Measurement, as a phenomenon coincides with the appearance of the Neanderthal man, it develops gradually and seems to have periodical nature. The conception of the abstract number and its symbolic representation from man are a turning point in his evolution. From the beginning of the 18th century scientists have been trying to define the areas of the brain where the mathematical ability lies. Due to their scientific studies, Piaget and Luria were the pioneers in the study of mathematical abilities. Piaget defined the scope of achievement of childhood and Luria studied in injured adults the areas of the brain that malfunction after injury or cause disorders in the computational ability.

From the beginning of the 20th century acquired disorders in maths are considered an independent nosologic object and are termed acalculia. Luria's clinical observations facilitated and oriented considerably the neuropsychology of mathematical abilities and disorders. Hécaen and his associates studied the acquired disorders of computational ability. Their work is also considered prominent. The disorders of mathematical ability were named in the past with different terms, which often received a different semantic content and caused confusion.

Today two definitions are acceptable from those who have neuropsychological perspective, acalculia that is attributed to acquired disorders of mathematical ability and dyscalculia that concerns developmental disorders. The contribution of Gerstmann, Kosc and Rourke in the study of the disorders of mathematical ability is also considered significant. Rourke's research concerns the studying of the disorders of counting in childhood. Since 1970 scientists have been trying to investigate the disorders of mathematical ability and associate them with dyslexia. Piaget's work is also prominent. It mobilized the scientific society to confirm his findings and broaden the

researching framework. Many of his views were disputed with different studies that did not undermine the value of his work.

The worthiness of mathematics and their role in every day life created a mobilization the last years that resulted in the increase of researches that touch the mathematical thinking and the international publications. The associations of mathematicians participate in this attempt. The researches also pertain to the studying of difficulties that students exhibit and approach the progress of mathematical thought of children at different stages of its development (Gelman, 1969).

Several criteria of assessment of mathematical abilities have been invented and used either autotelic or as a section of a criterion of determination of IQ. The Criterion of Assessment of Focusing and Alteration of Controlled Attention and Visuokinetic Detection of Numbers was designed and proposed for the studying of the children's mathematical behaviour and the confrontation and treatment of learning disabilities in maths, as well as the disorders of attention. Its use has been viewed up to now as satisfactory.

Modern technology, which is aided by the information science, serves efficiently the studying of man's neurophysiological characteristics. Specifically, the studying of evoked potentials has been placed among the techniques of studying human behaviour and especially among the process of controlled stimuli. From the evoked potentials those that touch the field of education are the cognitive evoked potentials.

In our research we studied the behaviour of 376 students of the Fourth, Fifth and Sixth grades of primary schools of Fthiotida and Magnesia that we selected choosing by lot. We used five of the trials of the Criterion that we provided in two different days. We chose 19 of the students that had the highest achievement score and 19 of those that had the lowest achievement score, by drawing lots. We examined the students at the laboratory of Neuropsychology of the University of Thessaly with the P300 technique, which is a cognitive technique of evoked potentials. We correlated the

data with the data of 17 students with diagnosed learning disabilities (L. D.)

From the analysis of the statistical data it was concluded that the differences in the achievement scores between the two sexes record a tendency which is not statistically important. The differences that are observed between the age groups regarding achievement are normal and bear the tendency: the grade and the age difference are linked with the improvement of achievement, a behaviour that is considered predictable. The parameters of evoked potentials revealed that between the group with learning disabilities and the group without learning disabilities there are statistically major differences in the latency of reaction but not in the P300 amplitude.

A statistically major difference was also observed between the group with the highest achievement score in the trials and the group with the lowest achievement score in the trials, regarding the parameter of the latency of reaction. The differences seen between the two groups are not statistically important regarding the two parameters.

We hope that our findings will provide the basis for more research with the same or different methodology, so that other sides of the students' mathematical behaviour, and many others, will be illuminated.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexopoulos, D. S. (1995). Sex differences and I.Q. *Personality and Individual Differences*, 29, 4, 445-450.
- Αλεξόπουλος, Δ. (1998). *Ψυχομετρία, Σχεδιασμός τεστ και ανάλυση ερωτήσεων*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Αλεξόπουλος, Δ. (1998). Μεθοδολογικά προβλήματα έρευνας στην ψυχολογία των ατομικών διαφορών. *Ψυχολογία*, 5(2), 103-112.
- Αλεξόπουλος, Δ. (1999). Εγκυρότητα Εννοιολογικής Κατασκευής του Ομαδικού Τεστ Νοημοσύνης ΑΗ4 της Heim. *Επιστημονική Επετηρίδα της Φιλοσοφικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης* (σ. 153-167).
- Allardice, B. (1977). The development of written of representations for some mathematical concepts. *Journal of Children's Mathematical Behavior*, 1, 4, 135-148.
- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic Criteria from DSM-IV* (3ed ed.). Washington, DC: Author.
- Αναγνωστόπουλος, Β. (1987). *Θέματα Παιδικής Λογοτεχνίας: Α' Ανιχνεύσεις*. Αθήνα: Εκδόσεις Καστανιώτη.
- Antell, S. E., & Keating, D. (1983). Perception of numerical invariance by neonates. In: *Child Development*, 54, 695-701.
- Andreassi, J. L. (1995). *Psychophysiology: Human behavior and physiological response* (3rd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Anghileri, J. (1995). Focus on Thinking. Στο: J. Anghileri (Ed.) *Children's Mathematical Thinking in the Primary years*. New York: Cassell.
- Ashlock, R, Johnson, M, Wilson, J., & Jones, W. (1983). *Guiding Each Child's Learning of*

Mathematics. Columbus, OH: Merrill.

Αστρινάκης, Α.(1998). Μικροκοινωνιολογική και Ανθρωπολογική Επιτόπια Εθνογραφική Έρευνα.

Στο: *Μέθοδοι στην Κοινωνιολογική Έρευνα*. (Επ.), Παπαγεωργίου Γιώτα. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Austin, J. D. (1982). Children with Learning Disabilities in Mathematics. *School Science and Mathematics*, 201-208.

Ayres, A. J. (1972). *Sensory integration and learning disorders*. Los Angeles: Western Psychological services.

Bakker, D. J. (1972). *Temporal order in disturbed reading*. Rotterdam: Rotterdam University Press.

Bakker, D. J.(1973). Hemispheric specialization and stages in the learning -to-read process. *Bulletin of the Orton Society*, 23, 15-27.

Bakker, D. J. (1984). The brain as a dependent variable. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 4, 1-16.

Bell, E. T. (1965). *Men of Mathematics* (7th ed.). New York: Simon and Schuster.

Benson, D. F., & Denckla, M. B. (1969). Verbal Paraphasia as a source of calculation disturbance. *Archives of Neurology*, 21, 96-102.

Benson, D. F., & Geschwind, N. (1970). Developmental Gerstmann syndrome. *Neurology*, 20, 293-298.

Benton, A . L. (1987). Mathematical disability and the Gerstmann syndrom. Στο: G. Deloche & X. Seron (Eds.), *Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective* (pp.111-120). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Besner, D., & Coltheart, M, (1979). Ideographic and Alphabetic processing in skilled reading of English. *Neuropsychologia*, 17, 467-472.

Biersack, H. J., Bender, H., Ruhlmann, J., Schomburg, A., & Grunwald, F.(1997). FDG-PET in Clinical Oncology: Review and Evaluation OF results of a Private Clinical PET Center. Στο: L.

- M., Freeman (Ed.), *Nuclear Medicine Annual* (pp.1-24). Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers.
- Bigge, M. L. (1982). *Learning theories for teachers*. New York: Harper & Row Publishers Inc.
- Βλάχος, Φ. (1998). *Αριστεροχειρία μύθοι και πραγματικότητα*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Boyer, C., B., & Merzebach, U., C. (1989). *A History of Mathematics* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Brain, M. D. S. (1959). The ontogeny of certain logical operation: Piaget's formulation examined by non-verbal methods. *Psychological Monographs*, 73, 5, No. 475.
- Bruner, J. (1968). The course of cognition growth. Στο: N. S. Endler, L. R. Boulter, & H. Osser (Eds.), *Contemporary Issues in Developmental Psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). *A study of thinking*. New York: Wiley.
- Bryant, P. (1974). *Perception and Understanding in Young Children: An Experimental Approach*. London: Methuen.
- Bunt, L. N., Jones, P. S., & Bedient, J. D. (1976). *The Historical Roots of Elementary Mathematics*. Englewood, N.J.: Prentice Hall.
- Carraher, T., Carraher, D., & Schliemann (1985). Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Development Psychology*, 3, 21-29.
- Changeux, J-P., & Connes, A. (1992). *Matière à pensée*. Paris: Editions Odile Jacob.
- Charlesworth, W. R. (1964). Instigation and maintenance of curiosity behavior as a function of surprise versus novel and familiar stimuli. *Child Development*, 35, 1169-1186.
- Charlesworth, W. R. (1969). Surprise and cognitive development. Στο: D. Elkind & J. H. Flavell, *Studies in cognitive development: essays in honor of Jean Piaget*. New York: Oxford University Press.

- Chinn, S. J., & Ashcroft, J. R. (1995). *Mathematics for Dyslexics: A Teaching Handbook*. London: Whurr Publishers Ltd.
- Chon, R. (1968). Developmental dyscalculia. *Pediatric Clinics of North America*, 15, 145-153.
- Cockcroft, W. H. (1982). *Mathematics Counts*. London: HMSO.
- Coles, M. G. H. (1989). Modern mind-brain reading: Psychophysiology, physiology and cognition. *Psychophysiology*, 26, 251-269.
- Cowan, R. (1979). Performance in number conservation tasks as a function of the number of items. *British Journal of Psychology*, 70, 77-81.
- Clements, S. D. (Project Director), (1966). *Minimal brain dysfunction in children*, (National Institute of Neurological Diseases and Blindness Monograph No 3). Washington, DC: U.S. Department of Health Education and Welfare.
- Critchley, M. (1970). *The dyslexic child*. London: William Heinemann.
- Crombie, A. (1979). *Augustine to Calileo. Science in the Middle Ages (Vol. I)*. London: Heinemann Educational Books.
- Γεώργας, Δ., Παρασκευόπουλος, Ι., Μπεζεβέγκης, Η., & Γιαννίτσας, Ν. (1997). *Ελληνικό WISC-III: Wechsler Κλίμακες Νοημοσύνης για Παιδιά David Wechsler, Οδηγός Εξεταστή*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Γκούμας, Π. (1998). *Μαθήματα Ωτορινολαρυγγολογίας*. Πάτρα: Tyrotrama.
- Γουδέλη, Μ. (1977). *Ψυχική Υγιεινή του Παιδιού (Μέρ. Β')*. Πράξη. Αθήνα: Συγγραφέας.
- Dekaban, A. S. (1970). *Neurology of Early Childhood*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Dekaban, A. S., & Sadowsky, D. (1978). Changes in brain weights during the span human life: Relation of brain weights to body heights and body weights. *Annals of Neurology*, 4, 345-356.
- Dooling, E. C., Chi, J. G., & Gilles, F. H. (1983). Telencephalic development: Changing gyral patterns. Στο F. H. Gilles, A. Leviton, & E. C. Dooling (Eds.), *The developing human brain*:

- Growth and epidemiologic neuropathology* (pp.94-104). Boston:Wright.
- Donaldson, M. (1978). *Children's Minds*. London: Fontana.
- Δαμιανού, Χ., & Κούτρας, Μ. (1991). *Εισαγωγή στη Στατιστική (Μέρος Ι)*. Αθήνα: Εκδόσεις Αίθρα.
- English, L., & Halford, G. (1995). *Education. Models and Processes*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Epstein, C., & Boor, D. (1988). Principles of signal analysis and averaging. *Neurologic Clinics*, 6, 649-656.
- Epstein, C., (1988). The use of BEAPs in the evaluation of the central nervous system. *Neurologic Clinics*, 6, 771-790.
- Eves, H. (1981). *Great moments in Mathematics (after 1650)*. Washington, DC :Mathematical Association of America.
- Eves, H. (1983). *An Introduction to the History of Mathematics*. Philadelphia : Saunder.
- Ferguson, G., & Takane, Y. (1989). *Statistical Analysis in Psychology and Education* (6th Eds). New York: McGraw Hill International Editions.
- Flavell, J. (1963). *The Developmental Psychology of Jean Piaget*. Princeton, NJ: Van Nostrad.
- Flavell, J. (1985). *Cognitive development* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentic Hall.
- Flegg, G. (1984). *Numbers: Their History and Meaning*. Harmondsworth: Penguin.
- Fodor, J. A. (1972). Some reflections on L. S. Vygotsky's "Thought and language". *Cognition*, 1, 83-95.
- Fuerst, K. B., & Rourke, B.P. (1995). White Matter Physiology and Pathology. Στο: B.P.Rourke (Ed.), *Syndrome of Nonverbal Learning Disabilities*. New York: Guilford Press.
- Friedenberg, L. (1995). *Psychological Testing: Design, Analysis and Use*. Boston: Allyn and Bacon.
- Gaddes, W. H. (1985). *Learning disabilities and brain function: A neuropsychological approach*

(2nd ed.). New York: Springer-Verlag.

Gaddes, W., & Edgell, D. (1993). *Learning Disabilities and Brain Function: A Neuropsychological Approach (3rd ed.)*. New York.

Gattegno, C., & Ξηροτύρης, Η. (1963). *Τα μαθηματικά με τους χρωματιστούς. Οδηγός δασκάλου και μαθητή*. Αθήναι: Συγγραφέας.

Gay, J., & Cole, M. (1976). *The New Mathematics and an Old Culture: A study of Learning among the Kpelle of Liberia*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Gelman, R. (1969). Conservation acquisition: a problem of learning to attend to relevant attributes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 7, 77-87.

Gelman, R. (1972). Logical Capacity of very Young Children: Number in Variance Rules. *Child Development*, 43, 75-90.

Gelman, R. (1978). Cognitive development. *Annual Review of Psychology*, 29, 297-332.

Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The Child's understanding of Number*. Cambridge Mass.: Harvard University Press.

Gelman, R., & Shatz, M. (1977). Appropriate speech adjustment: The Operation of conversational constraints on talk to two-years-old. Στο: M. Lewis, & L.A. Rosenblum (Eds.). *Interaction, conversation and the development of language*. New York: Wiley.

Gilles, F. H., Shankle, W., & Dooling, E. C. (1983). Myelinated tracts: Growth patterns. Στο : F. H. Gilles, A. Leviton, & E.C. Dooling (Eds.), *The developing human brain: Growth and epidemiologic neuropathology* (pp.118-183). Boston: Wright.

Green, R. T., & Laxon, V. J. (1970). The conservation of number, mother, water and a fried egg chez l'enfant. *Acta Psychologica*, 32, 1-20.

Greenham, S. L. (1998). Attention- Deficit Hyperactivity Disorder and Event-Related Potentials: Evidence for Deficits in Allocating Attentional Resources to Relevant Stimuli. *Child*

Neuropsychology,4(1), 67-80.

- Grigsby, J.P., Kemper, M. B., & Hagerman, R.J. (1987). Developmental Gerstmann syndrome without aphasia in Fragile X syndrome. *Neuropsychologia*, 25, 881-891.
- Goldberg, E., & Costa, L. D. (1981). Hemisphere differences in the acquisition and use of descriptive systems. *Brain and Language*, 14, 144-173.
- Guyton, A. (1992). *Ιατρική Φυσιολογία, τόμος Γ.* Αθήνα: Επιστημονικές Εκδόσεις «Γρηγόριος Παρισιάνος».
- Hadamard, J. (1954). *An essay on Psychology of invention in the Mathematics field*. New York: Dover.
- Hallaham, D. P., Kauffman, J. M., & Lloyd, J. W. (1985). *Introduction to learning disabilities* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Harmony, T., Marosi, E., Becker, J., Rodríguez, M., Reyes, A. Fernández, T., Silva, J., Bernal, J. (1995). Longitudinal quantitative EEG study of children with different performances on a reading-writing test. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*,95, 426-433.
- Hartje, W. (1987). The effect of spatial disorders on arithmetical skills. Στο: G. Deloche & X.Seron (Eds.), *Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective* (pp.121-135). Hillsdale, NJ:Erlbaum.
- Hayes, N. (1994). *Foundation of Psychology: An Introductory Text*. London: Routledge.
- Hécaen, H. (1962). Clinical symptomatology in right and left hemispheric lesions. Στο:Inter-hemispheric Relations and Cerebral Dominance, V. B. Mountcastle (ed.). Baltimore: John Hopkins Press (pp.215-243).
- Hécaen, H. (1976). Acquired aphasia in children and the ontogenesis of hemispheric functional specialization. *Brain Language*, 3, 114-134.
- Hécaen, H. Angelergues, R., & Houillier, S. (1961). Les varieties cliniques des acalculies au cours

- des lesions retrorolandiques: approche statistique du probleme. *Revue Neurology*, 105, 85-103.
- Heimburger, R. F., DeMyer, W.C., & Reitan, R. M. (1964). Implications of Gerstmann's syndrom. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 27, 52-57.
- Henderson, A. (1989). *Maths and Dyslexics*. Llandudno: St Davis's College.
- Hooper, A. (1951). *The River Mathematics*. Edinburgh and London: Oliver and Boyd.
- Hornsby, B. (1995). *Overcoming Dyslexia*. London: Vermilion.
- Hughes, M. (1995). *Children and Number. Difficulties in Learning Mathematics*. Oxford: Blackweel.
- Ifrah, G. (1985). *From One to Zero, a universal history of numbers*. New York: Viking-Penguin.
- Jacobson, M. (1978). *Developmental Neurobiology* (2nd ed.). New York: Plenum Press.
- Jean, G. (1991). *Γραφή η μνήμη των ανθρώπων*. Αθήνα: Ανακαλύψεις Δελθηανάση, Αρχαιολογία.
- Javeau, C. (1996). *Η έρευνα με ερωτηματολόγιο*. Κ. Τζαννόνε-Τζώρτζη (Μετ.). Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Joffe, L. (1983). School mathematics and dyslexia ...a matter of verbal labeling, generalization, horses and carts. *Cambridge Journal of Education*, (13)3, 22-27.
- Jones, M. (1981). *Children's written representation of number of arithmetical operations*. Unpublished MA thesis, University of Edinburgh.
- Καζής, Α. (1984). *Κλινική Νευροφυσιολογία: Ηλεκτροεγκεφαλογραφία ηλεκτρονευρομυογραφία*. Θεσσαλονίκη: Συγγραφέας.
- Καζής, Α. (1989). *Κλινική Νευροφυσιολογία: Ηλεκτροεγκεφαλογραφία ηλεκτρονευρομυογραφία*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press. Α. Ε.
- Καλαντζής, Κ.(1985). *Διαταραχές του λόγου στην παιδική ηλικία (3η Εκ.)*. Αθήνα: Καραβίας-Ρουσσόπουλος.
- Καραμπάτσος, Α.(1992). *Η ηλικία έναρξης της υποχρεωτικής Εκπαίδευσης ως παράγοντας σχολικής επιτυχίας*. Αθήνα: Διδακτορική Διατριβή.

- Καραπέτσας, Α. (1988). *Νευροψυχολογία του Αναπτυσσόμενου Ανθρώπου*. Αθήνα: Σμυρνιωτάκης.
- Καραπέτσας, Α. (1989). *Η γλώσσα του Παιδιού: Ανάπτυξη- Παθολογία- Διάγνωση- Θεραπεία*. Αθήνα: Σμυρνιωτάκης.
- Καραπέτσας, Α. (1999). *Νευροψυχολογία των μαθησιακών δυσκολιών II*. Βόλος: Συγγραφέας.
- Καραπέτσας, Α. (1999). Διερεύνηση των προμετωπιαίων λοβών στην οργάνωση της αυτορρύθμισης και του αυτελέγχου της κινητικής πρωτοβουλίας στα παιδιά. *Ψυχολογία*, 6(1), 13-19.
- Καραπέτσας, Α., & Ζαμπεθάνης, Β. (1995). *Νευροψυχολογία των μαθηματικών ικανοτήτων και της γλώσσας*. Ανακοίνωση που παρουσιάστηκε στο Επιστημονικό Συμπόσιο «Η Βιοψυχολογία ως κλάδος των νευροεπιστημών: Συμβολή στη μελέτη του εγκεφάλου και των ψυχικών διαταραχών». Ρέθυμνο Κρήτης.
- Karapetsas, A., Zabethanis, V., & Mitsiou, G. (1999). Auditory and Visual Evoked Potential. Στο: 5th European Conference on Psychological Assessment. University of Patras, Greece.
- Καραπέτσας, Α., Ζαμπεθάνης, Β., & Μήτσιου Γ. (1999). *Μελέτες στάθμισης μέσω του P300*. Ανακοίνωση στο Θ' Διεθνές Παιδαγωγικό Συνέδριο «Συνεχιζόμενη Εκπαίδευση και Διαβίου Μάθηση: Διεθνής Εμπειρία και Ελληνική Προοπτική». Βόλος.
- Κατσιλής, Ι. (1997). *Περιγραφική Στατιστική Εφαρμοσμένη Στις Κοινωνικές Επιστήμες*. Αθήνα: GUTENBERG.
- Κατσιλής, Ι. (1998). Το Μέγεθος του Δείγματος στις Κοινωνικές Έρευνες. Στο: *Μέθοδοι στην Κοινωνιολογική Έρευνα*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Keller, C. E., & Sutton, J. P. (1991). Specific mathematics disorders. Στο Obrzut, J.E. & Hynd, G. W.(Eds.), *Neuropsychological foundations of learning disabilities* (pp. 549-571).
- Kimoura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain dichotic listening. *Cortex*, 3, 163-178.
- Kirk, S. A., & Bateman, B. (1962). Diagnosis and remediation of learning disabilities. *Exceptional*

Children, 29, 73-78.

- Kosc, L. (1974). Developmental Dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7, 164-177.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (1996). *Fundamentals of Human Neuropsychology* (4th ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Κολιόπουλος, Ι. (1995). *Οφθαλμολογία*. Αθήνα: Επιστημονικές Εκδόσεις «Γρηγόριος Παρισιάνος».
- Lacatos, I. (1987). Proofs and Refutations. *The logic of Mathematics discovery* (7th ed.). London: Cambridge University Press.
- Langer, J. (1980). *The Origins of Logic*. New York :Academic Press.
- Lashley, K. S. (1950). In search of the engram. Στο: Society of Experimental Biology Symposium No 4: *Physiological Mechanisms in Animal Behavior*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lecours, A. R. (1975). Myelogenetic correlates of the development of speech and language. Στο: E. H. Lenneberg & E. Lenneberg (Eds.), *Foundations of Language Development*, Vol. 1. New York: Academic Press.
- Lehmann, D. (1981). Spatial analysis of evoked and spontaneous EEG potential fields. Στο: N. Yamaguchi, & K. Fujisawa (Eds.), *Recent Advances in EEG and EMG Data Processing* (pp.117-132). Amsterdam: Elsevier.
- Levin, H. S., Goldstein, F. C., & Spiers, P.A. (1993). Acaculia .Στο: K. M. Heilman & E. Valenstein (Eds.), *Clinical Neuropsychology* (3rd ed., pp. 91-122). New York: Oxford University Press.
- Lewis, A. (1996). *Discovering Mathematics*. London: Hodder & Stoughton.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Liebeck, P. (1990). *How Children Learn Mathematics*. A Guide for Parents and Teachers. London: Penguin Books.

- Luria, A. (1973). *The working Brain*. Harmondsworth: Penguin Books.
- Luria, A. (1978). *Cognitive Development Its Cultural and Social Foundation* (3rd ed.). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Luria, A. (1980). *Higher Cortical Functions in Man* (2nd Eds). New York: Basic Books, Inc., Publishers.
- Μακράκης, Β. (1997). *Ανάλυση Δεδομένων στην Επιστημονική Έρευνα με τη χρήση του SPSS: Από τη θεωρία στην πράξη*. Αθήνα: Gutenberg.
- Μακράκης, Β. (1998). Απομυθοποιώντας το Μεθοδολογικό Μονισμό. Στο: Μέθοδοι στην Κοινωνιολογική Έρευνα. Παπαγεωργίου Γιώτα (Επ.). Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Μαρμαρινός, Ι. (1978). Δημιουργικότητα και Κοινωνικοοικονομικών Επίπεδων. Αθήνα: Διδακτορική Διατριβή.
- Martin, L. (1986). Assessing Current Theories of Cerebral Organization. In S. J. Ceci (Ed.) *Handbook of Cognitive, Social, and Neuropsychological Aspects of Learning Disabilities*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- McLeod, T. M., & Armstrong, S.W. (1982). Learning Disabilities in mathematics-skill deficitw and remedial approaches at the intermediate and secondary level. *Learning Disabilities Quarterly*, 5, 305-311.
- Mehler, J., & Bever, T. G. (1967). Cognitive capacity of very young children. *Science*, 158, 141-142.
- Miles, T. R., & Miles, E.(Eds.) (1992). *Dyslexia and Mathematics*. London: Routledge.
- Μπάρδης, Π. (1995). *Μαθησιακές Δυσκολίες. Θεωρητική και πρακτική προσέγγιση του προβλήματος*. Καρδίτσα: Συγγραφέας.
- Myklebust, H. R. (1971). Childhood aphasia: an evolving concept. Στο: Travis, L. E. (Ed.), *Handbook of speech pathology and audiology* (pp.1181-1202). New York: Appleton-Century-

Crofts.

- Μπόρα-Σέντα, Ε., & Μωυσιάδης, Χ. (1992). *Εφαρμοσμένη Στατιστική* (Β' Έκ.). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη.
- Nauta, W. J. H. (1971). The problem of the frontal lobe. *Journal of Psychiatric research*, 8, 167-187.
- Nelson, K. B. (1968). Continuum of Reproductive Casualty. Στο: R. Mackeith, & M. Bax (Eds.), *Studies in Infancy Clinics in Development Medicine No 27*. London: William Heinemann.
- Νεστορος, Ι., & Βαλλιανάτου, Ν. (1996). *Συνθετική Ψυχοθεραπεία με στοιχεία ψυχοπαθολογίας* (Εκ. Β'). Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Neugebauer, O. (1957). *The Exact Sciences in Antiquity*. New York: Harper.
- Novick, B. Z., & Arnold, M. M. (1988). *Fundamentals of clinical child neuropsychology*. Philadelphia, PA: Grune & Stratton.
- Norman, C. A., & Zigmond, N. (1980). Characteristics of children labeled and served as learning disabled in school systems affiliated with Child Service Demonstration Centers. *Journal of Learning Disabilities*, 13, 542-547.
- Nunez, P., Pilgreen, K., Westdorp, A., Law, S., & Nelson, A. (1991). A visual study of surface potentials and Laplacians due to distributed neocortical sources: Computer simulations and evoked potentials. *Brain Topography*, 4, 151-168.
- Ξηροτύρης, Η. (1979). *Ιστορία της ψυχολογίας: Σύγχρονες Κατευθύνσεις*. (Τόμ. Β', 1860-1970). Αθήνα: Συγγραφέας.
- Παπαϊωάννου, Τ. (1982). *Εισαγωγή στις Πιθανότητες και τη Στατιστική*. Ιωάννινα: Συγγραφέας.
- Παρασκευόπουλος, Ι. (1979). *Κλινική Ψυχολογία*. Αθήνα: Συγγραφέας.
- PeBenito, R., Fisch, C. B., & Fisch, M. L. (1988). Developmental Gerstmann's syndrome. *Archives of Neurology*, 45, 997-982.

- Peterson, I. (1988). *The mathematical tourist*. New York: W. H. Freeman and Co.
- Petsche, H., Eltinger, S.C., & Filz, O. (1993). Brain electrical mechanisms of bilingual speech management: an initial investigation. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 86, 385-394.
- Piaget, J. (1952a). *The Child's Conception of Number*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1952b). *The origins of intelligence in children*. New York: International University Press.
- Piaget, J. (1955). *The Language and Thought of the Child*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piaget, J. (1973). Comments on Mathematical Education. In: Howson, A.G. (Ed.), *Developments in Mathematical Education: Proceeding of the Second International Congress on Mathematical Education*. Cambridge: Cambridge University Press .
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1971). *Mental imagery in the child*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Phillips, J. L. (1975). *The origins of Intellect: Piaget's Theory*, (2nd ed.). San Francisco: W.H. Freeman.
- Popp, W. (1978). *History of Mathematics*. Milton Keynes: Open University Press.
- Πόρποδας, Κ. (1997). *Δυσλεξία. Η Ειδική Διαταραχή στη Μάθηση του Γραπτού Λόγου. Ψυχολογική Θεώρηση*. Αθήνα: Συγγραφέας.
- Pribram, K. H. (1964). Neurological notes on the art of educating. Στο: Hilgard, E. R. (Ed.), *Sixty-third Yearbook, National Society for the study of Education*. Chicago: University of Chicago Press, Part. I, (pp .78-110).
- Pribram, K. H. (1971). *Languages of the brain*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Pumphrey, P. D., & Reason, R. (1991). *Specific Learning Difficulties (Dyslexia): Challenges and Responses*. Windsor: NFER-Nelson.
- Reed, H. J., & Lave, J. (1981). Arithmetic as a tool for investigating relations between culture and cognition. Στο: R. W. Casson, *Language, Culture and Cognition: Anthropological Respectives*.

New York: MacMilan.

Reinis, S., & Goldman, J. M. (1980). *The Development of the Brain: Biological and Functional Perspectives*. Springfield, IL: Charles C Thomas.

Ritchie, J. M. (1984). Physiologic basis of conduction in myelinated nerve fibers. Στο: P. Morell, (Ed.), *Myelin* (2nd ed. pp. 117-195). New York: Plenum Press.

Rourke, B. P. (1975). Brain-behaviour relationships in children with Learning Disabilities: A research program. *American Psychologist*, 30, 911-920.

Rourke, B. P. (1981). Neuropsychological assessment of children with learning disabilities. Στο: Fliskov, S. B., & Bool, T. J. (Eds.), *Handbook of clinical neuropsychology*. New York: Wiley-Interscience.

Rourke, B. P. (1982). Central processing in children: Toward a developmental neuropsychological model. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 4(1), 1-18.

Rourke, B. P. (Ed.), (1995). *Syndrome of nonverbal learning disabilities: Neurodevelopmental manifestations*. New York: Guilford Press.

Rourke, B. P., & Conway, J. A. (1997). Disabilities of Arithmetic and Mathematical Reasoning: Perspectives from Neurology and Neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities*, 30, 1, 34-46.

Rourke, B. P., & Strang, J. D. (1978). Neuropsychological significance of variations in patterns of academic performance: Verbal and visual-spatial abilities. *Journal of Pediatric Psychology*, 3, 212-225.

Σαββάκη, Ε. (1989). *Οι παράλληλοι εαυτοί μας και το δεξί βουβό ημισφαίριο*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Σακκής, Δ. (1997). *Η Εκπαίδευση στις νοτιοδυτικές Κυκλάδες κατά την Α' Οθωνική περίοδο (1833-1843)*. Αθήνα: Σύλλογος προς Διάδοσιν Ωφελίμων Βιβλίων.

- Sams, M., Hietanen, J. K., Hari, R., Ilmoniemi, R. J., Lounasmaa, O.V., (1997). Face –Specific Responses from the Human Inferior Occipito-Temporal Cortex. *Neuroscience*, 77(1), 49-55.
- Saxe, G. B. (1979). Children's Counting: The Early Formation of Numerical Symbols. *New Directions for Child Developmental*, 3, 73-84.
- Saxe, G. B. (1981). Body Parts us numerical: A developmental analysis of numeration among the Oksapmin of Papua New Guinea. *Child Development*, 52, 306-316.
- Saxe, G. B. (1982). Developing forms arithmetical thought among the Oksapmin of Papua New Guinea. *Developmental psychology*, 18(4), 583-594.
- Saxe, G. B. (1985). Effects of schooling on arithmetical understanding: Studies with Oksapmin Children in Papua New Guinea. *Journal of Educational Psychology*, 77(5), 503-513.
- Schain, R.J. (1972). *Neurology of childhood learning Disorders*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Schwarz, W., & Heinze, H-J. (1998). On the interaction of numerical and size information in digit comparison : A behavioural and event-related potential study. *Neuropsychologia*, 36(11). 1167-1179.
- Shantz, C. U., & Watson, J. S. (1970). Assessment of spatial egocentrism through expectancy violation. *Psychonomic Science*, 18, 93-94.
- Shapiro, S. S., & Gross, J. A. (1981). Textbooks and monographs (Vol.) 38. *Statistical Modeling Techniques*. New York: Dekker.
- Sharma, M. C. (1986). Dyscalculia and other learning problems in arithmetic: a historical prospective. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 8, 7-45.
- Sharma, M. C., & Loveless, E. J. (1986). The work of Dr. Ladislav Kosc on dyscalculia. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 8, 47-119.
- Shatz, M., & Gelman, R. (1973). The Relationship between cognitive processes and the development of communication skills: Modification in the speech of young children as a

function of listener. *Monographs of the society for research in child development*, 38, (2) No.152.

Sinclair, H., Stambak, M., Lezin, I., Rayana, S., & Verba, M. (1982). *Les Bebs et les Choses*. Paris: Presses Universitaires de France.

Smith, D. (1958). *History of Mathematics (Vol. I)*. New York: Dover Publications, Inc.

Snell, R. (1995). *Κλινική Νευροανατομική*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας.

Sobota, W., Restum, W., & Rivera, E. (1995). A case Report of Gerstmann's Syndrom Without Aphasia. *The International Journal of Clinical Neuropsychology*, VII, 3, 157-164.

Spiers, P. A. (1987). Acalculia revisited: Current issues. Στο G. Doloche, & X. Seron (Eds.), *Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective* (pp.1-25). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Spreen, O., Risser, A., & Edgell, D. (1995). *Developmental Neuropsychology*. New York: Oxford University Press.

Starkey, P. & Cooper, R. G. jr. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, 210, 1033-1035.

Starkey, P., Spelke, E.S., & Gelman, R. (1983). Detection of intermodal numerical correspondences by human infants. *Science*, 222, 179-181.

Steeves, J. (1979). Multisensory maths: an instructional approach to help the LD child. *Focus on Learning Disabilities in mathematics*, 1(2), 51-62.

Stewart, M. A. (1983). Severe Perinatal Hazards. Στο: M. Rutter (Ed.), *Developmental Neuropsychiatry* (pp. 15-31). New York: Guilford.

Struik, D. J. (1987). *A Concise History of Mathematics*. New York: Dover.

Sugarman, S. (1983). *Children's Early Thought: Developments in classification*. New York: Cambridge University Press.

- Sutherland, P. (1988). Dyscalculia. Sum cause for concern? *Times Educational Supplement*, 18 March, 1988.
- Thompson, R. F. (1993). *The Brain : A Neuroscience Primer*, (2nd ed.). New York: W. H. Freeman & Company.
- Tobias, B. A., Kihlstrom, J. F., & Schacter, D. L. (1992). Emotional and implicit memory .Στο: S-A. Christianson (Ed.), *Handbook of Emotional and Memory*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Triadafillidis, T. (1995). Circumventing Visual Limitations in Teaching the Geometry of Shapes. *Educational Studies in Mathematics*, 29, 225-235.
- Τριανταφύλλου, Ν. (1994). *Χαρτογράφηση Ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος και προκλητών δυναμικών*. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδη.
- Wallash, L., Wall, A. J., Anderson, L. (1967). Number conservation: the role reversibility, addition-subtraction and misleading perceptual cues. *Child Development*, 38, 425-442.
- Walsh, K. (1994). *Neuropsychology: a clinical approach*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Walton, L. (1996). *Νευρολογία* (6η εκδ.), Θ. Παπαπετρόπουλος (Μετ.). Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας.
- Willis, W. G. & Widestrom, A. H. (1986). *Neuropsychological Development*. Στο: J.E. Obrzut, & G.W. Hynd, (Eds.), *Child neuropsychology :Theory and Research(Vol.1)*. San Diego: Academic Press Inc .
- Wilkins, R. F. (1965). *Neurosurgical classic*. New York: Johnson Reprint Corporation.
- Witelson, S. F. (1977). Early hemisphere specialization and interhemisphere plasticity: An empirical and theoretical review. Στο: Segalowitz, S. J., & Gruber, F. A. (Eds.), *Language development and neurological theory* (pp. 213-287). New York: Academic Press.
- Witelson, S. F. (1983). bumps on the brain: Right-left anatomic asymmetry as a key to functional lateralization. Στο: Segalowitz, S. J.(Ed.), *Language function and brain organization* (pp. 117-

- 144).New York: Academic Press.
- Wonnacott, T., & Wonnacott, R. (1990). *Introductory Statistics*. New York: John Wiley & Sons.
- World Health Organisation.(1994). *Pocket Guide to the ICD-10 Classification of Mental and Behavioural Disorders*. Edinburgh: Churchill Livingston.
- Yakolev, P. I. (1962). Morphological criteria of growth and maturation of the nervous system in man. *Association for Research in Nervous and Mental Diseases*, 39,3.
- Yakolev, P. I., & Lecours, A. R. (1967). The myelogenetic cycles of regional maturation of the brain. Στο: A. Minkowski (Ed.), *Regional development of the brain in early life* (pp.3-69). Oxford: Blacwell Scientific.
- Young, A. W., & McPherson, J. (1976). Ways of making number judgments and children's understanding of quantity relation. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 328-332.
- Zimiles, H. A. (1963). Notes on Piaget's conception of conservation. *Child Development*, 34, 691-695.
- Ζαμπεθάνης, Β. (1996). Προσεγγίσεις της μαθηματικής ικανότητας του παιδιού. Στο: Α. Καραπέτσας (Πρόεδρος), *Η μαθηματική συμπεριφορά του παιδιού: Ανάπτυξη, οργάνωση, παθολογία*. Συμπόσιο του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ψυχολογικής Έρευνας της ΕΛΨΕ. Πάτρα.
- Ζαμπεθάνης, Β. (1997). Η φύση της μαθηματικής ικανότητας και των διαταραχών της. Στο: Α. Καραπέτσας (Πρόεδρος), *Νευροψυχολογία της παιδικής*. Συμπόσιο του 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Ψυχολογικής Έρευνας της ΕΛΨΕ. Αθήνα.
- Ζαμπεθάνης, Β., & Καραπέτσας, Α. (1998). Ποιοτική προσέγγιση των διαφορών κατά φύλο και ηλικία. Στο: *Ελληνική Παιδαγωγική και Εκπαιδευτική Έρευνα, Πρακτικά του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου*. Αθήνα: Ατραπός.

10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

10.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

ΟΡΓΑΝΙΚΟ-ΤΗΤΑ	Σχολεία	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Σύνολο
1 / Θ	16	43	36	32	23	22	22	178
2 / Θ	29	132	99	111	99	120	136	697
3 / Θ	9	54	51	64	60	82	65	376
4 / Θ	3	53	39	43	46	48	39	268
5 / Θ	3	42	39	27	28	36	25	197
6 / Θ	26	436	497	469	425	461	481	2769
8 / Θ	4	88	90	96	86	99	117	576
9 / Θ	1	25	29	13	18	26	26	137
10 / Θ	5	163	177	160	155	179	181	1,015
11 / Θ	1	28	20	28	18	24	24	142
12 / Θ	28	1070	918	978	1003	1080	1081	6130
Σύνολο	125	2134	1995	2021	1961	2177	2197	12485

ΟΡΓΑΝΙΚΟ-ΤΗΤΑ	Σύνολο	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Σύνολο
1 / Θ	29							
2 / Θ	24							
3 / Θ	9							
4 / Θ	0							
5 / Θ	0							
6 / Θ	22							
7 / Θ	3							
8 / Θ	4							
9 / Θ	5							
10 / Θ	1							
11 / Θ	0							
12 / Θ	12							
13 / Θ	1							
14 / Θ	3							
15 / Θ	0							
Σύνολο	109	1525	1436	1444	1331	1540	1668	8944
Αγόρια	4685							
Κορίτσια	4259							

10.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΕΣΤΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΑΡΙΘΜΩΝ

Πίνακας 1

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1η δοκιμασία ανά τάξη

Τάξη	1001		1200		1400		1600		1800		1002-1199	
Δ	12.5%	4	3.1%	1	0.0%		3.1%	1	6.3%	2	40.6%	13
Ε	22.9%	8	14.3%	5	17.1%	6	2.9%	1	5.7%	2	20.0%	7
ΣΤ	5.7%	2	28.6%	10	11.4%	4	0.0%		8.6%	3	17.1%	6
Άθροισμα	13.7%	14	15.7%	16	9.8%	10	2.0%	2	6.9%	7	25.5%	26

Τάξη	1201-1399		1401-1599		1701-1799		Άθροισμα	
Δ	9.4%	3	15.6%	5	9.4%	3	100.0%	32
Ε	8.6%	3	5.7%	2	2.9%	1	100.0%	35
ΣΤ	14.3%	5	8.6%	3	5.7%	2	100.0%	35
Άθροισμα	10.8%	11	9.8%	10	5.9%	6	100.0%	102

Πίνακας 2

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 2^η δοκιμασία ανά τάξη

Τάξη	2000		2001		2200		2400		2700	
Δ	3.1%	1	15.6%	5	3.1%	1	6.3%	2	3.1%	1
Ε	0.0%		11.4%	4	17.1%	6	8.6%	3	0.0%	
ΣΤ	0.0%		0.0%		17.1%	6	8.6%	3	0.0%	
Άθροισμα	1.0%	1	8.8%	9	12.7%	13	7.8%	8	1.0%	1

Τάξη	2002-2199		2201-2399		2401-2499		Άθροισμα	
Δ	37.5%	12	28.1%	9	3.1%	1	100.0%	32
Ε	31.4%	11	31.4%	11	0.0%		100.0%	35
ΣΤ	34.3%	12	40.0%	14	0.0%		100.0%	35
Άθροισμα	34.3%	35	33.3%	34	1.0%	1	100.0%	102

Πίνακας 5

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5^η δοκιμασία ανά τάξη

Τάξη	5000		5045		5002-5044		5900-		Άθροισμα	
Δ	0.0%		28.1%	9	71.9%	23	0.0%		100.0%	32
Ε	0.0%		45.7%	16	54.3%	19	0.0%		100.0%	35
ΣΤ	2.9%	1	31.4%	11	51.4%	18	14.3%	5	100.0%	35
Άθροισμα	1.0%	1	35.3%	36	58.8%	60	4.9%	5	100.0%	102

Πίνακας 6

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	1001		1200		1400		1600		1800		1002-1199	
Αγόρι	11.5%	6	17.3%	9	7.7%	4	0.0%		3.8%	2	26.9%	14
Κορίτσι	16.0%	8	14.0%	7	12.0%	6	4.0%	2	10.0%	5	24.0%	12
Άθροισμα	13.7%	14	15.7%	16	9.8%	10	2.0%	2	6.9%	7	25.5%	26

Φύλο	1201-1399		1401-1599		1701-1799		Άθροισμα	
Αγόρι	15.4%	8	11.5%	6	5.8%	3	100.0%	52
Κορίτσι	6.0%	3	8.0%	4	6.0%	3	100.0%	50
Άθροισμα	10.8%	11	9.8%	10	5.9%	6	100.0%	102

Πίνακας 7

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 2^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	2000		2001		2200		2400		2700	
Αγόρι	0.0%		5.8%	3	13.5%	7	5.8%	3	1.9%	1
Κορίτσι	2.0%	1	12.0%	6	12.0%	6	10.0%	5	0.0%	
Άθροισμα	1.0%	1	8.8%	9	12.7%	13	7.8%	8	1.0%	1

Φύλο	2002-2199		2201-2399		2401-2499		Άθροισμα	
Αγόρι	36.5%	19	34.6%	18	1.9%	1	100.0%	52
Κορίτσι	32.0%	16	32.0%	16	0.0%		100.0%	50
Άθροισμα	34.3%	35	33.3%	34	1.0%	1	100.0%	102

Πίνακας 8

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	3000		3200		3220		Υπόλοιπα		Άθροισμα	
Αγόρι	11.5%	6	3.8%	2	5.8%	3	78.8%	41	100.0%	52
Κορίτσι	26.0%	13	4.0%	2	0.0%		90.0%	45	100.0%	50
Άθροισμα	18.6%	19	3.9%	4	2.9%	3	74.5%	76	100.0%	102

Πίνακας 9

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	400		4069		4900		4001-4068		4070-4899		4901-		Άθροισμα	
Αγόρι	7.7%	4	69.2%	36	0.0%		19.2%	10	0.0%		3.8%	2	100.0%	52
Κορίτσι	2.0%	1	72.0%	36	2.0%	1	18.0%	9	4.0%	2	2.0%	1	100.0%	50
Άθροισμα	4.9%	5	70.6%	72	1.0%	1	18.6%	19	2.0%	2	2.9%	3	100.0%	102

Πίνακας 10

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5^η δοκιμασία ανά φύλο

Φύλο	5000		5045		5002-5044		5900-		Άθροισμα	
Αγόρι	0.0%		38.5%	20	55.8%	29	5.8%	3	100.0%	52
Κορίτσι	2.0%	1	32.0%	16	62.0%	31	4.0%	2	100.0%	50
Άθροισμα	1.0%	1	35.3%	36	58.8%	60	4.9%	5	100.0%	102

Πίνακας 11

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 1^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	1001		1200		1400		1600		1800		1002-1199	
10.00.01-10.06.00	21.1%	8	13.2%	5	15.8%	6	2.6%	1	5.3%	2	26.3%	10
10.06.01-11.00.00	6.1%	2	30.3%	10	9.1%	3	0.0%		9.1%	3	15.2%	5
11.00.01-11.06.00	13.3%	4	3.3%	1	0.0%		3.3%	1	6.7%	2	36.7%	11
11.06.01-12.00.00	0.0%		0.0%		100.0%	1	0.0%		0.0%		0.0%	
Άθροισμα	13.7%	14	15.7%	16	9.8%	10	2.0%	2	6.9%	7	25.5%	26

Ηλικία	1201-1399		1401-1599		1701-1799		Άθροισμα	
10.00.01-10.06.00	7.9%	3	5.3%	2	2.6%	1	100.0%	38
10.06.01-11.00.00	15.2%	5	9.1%	3	6.1%	2	100.0%	33
11.00.01-11.06.00	10.0%	3	16.7%	5	10.0%	3	100.0%	30
11.06.01-12.00.00	0.0%		0.0%		0.0%		100.0%	1
Άθροισμα	10.8%	11	9.8%	10	5.9%	6	100.0%	102

Πίνακας 12

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 2^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	2000		2001		2200		2400		2700	
10.00.01-10.06.00	0.0%		13.2%	5	15.8%	6	7.9%	3	2.6%	1
10.06.01-11.00.00	0.0%		0.0%		18.2%	6	9.1%	3	0.0%	
11.00.01-11.06.00	3.3%	1	13.3%	4	3.3%	1	6.7%	2	0.0%	
11.06.01-12.00.00	0.0%		0.0%		0.0%		0.0%		0.0%	
Άθροισμα	1.0%	1	8.8%	9	12.7%	13	7.8%	8	1.0%	1

Ηλικία	2002-2199		2201-2399		2401-2499		Άθροισμα	
10.00.01-10.06.00	31.6%	12	28.9%	11	0.0%		100.0%	38
10.06.01-11.00.00	33.3%	11	39.4%	13	0.0%		100.0%	33
11.00.01-11.06.00	40.0%	12	30.0%	9	3.3%	1	100.0%	30
11.06.01-12.00.00	0.0%		100.0%	1	0.0%		100.0%	1
Άθροισμα	34.3%	35	33.3%	34	1.0%	1	100.0%	102

Πίνακας 13

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 3^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	3000		3200		3220		Υπόλοιπα		Άθροισμα	
10.00.01-10.06.00	10.5%	4	5.3%	2	2.6%	1	81.6%	31	100.0%	38
10.06.01-11.00.00	39.4%	13	3.0%	1	6.1%	2	51.5%	17	100.0%	33
11.00.01-11.06.00	6.7%	2	3.3%	1	0.0%		90.0%	27	100.0%	30
11.06.01-12.00.00	0.0%		0.0%		0.0%		100.0%	1	100.0%	1
Άθροισμα	18.6%	19	3.9%	4	2.9%	3	74.5%	76	100.0%	102

Πίνακας 14

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 4^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	400		4069		4900		4001-4068		4070-4899		4901-		Άθροισμα	
10.00.01-10.06.00	5.3%	2	73.7%	28	0.0%		15.8%	6	2.6%	1	2.6%	1	100.0%	38
10.06.01-11.00.00	0.0%		84.8%	28	0.0%		9.1%	3	0.0%		6.1%	2	100.0%	33
11.00.01-11.06.00	10.0%	3	50.0%	15	3.3%	1	33.3%	10	3.3%	1	0.0%		100.0%	30
11.06.01-12.00.00	0.0%		100.0%	1	0.0%		0.0%		0.0%		0.0%		100.0%	1
Άθροισμα	4.9%	5	70.6%	72	1.0%	1	18.6%	19	2.0%	2	2.9%	3	100.0%	102

Πίνακας 15

Σχετικές και απόλυτες τιμές στην 5^η δοκιμασία ανά ηλικιακή ομάδα

Ηλικία	5000		5045		5002-5044		5900-		Άθροισμα	
10.00.01-10.06.00	0.0%		42.1%	16	57.9%	22	0.0%		100.0%	38
10.06.01-11.00.00	3.0%	1	33.3%	11		17		4		33
11.00.01-11.06.00	0.0%		30.0%	9	70.0%	21	0.0%		100.0%	30
11.06.01-12.00.00	0.0%		0.0%		0.0%		100.0%	1	100.0%	1
Άθροισμα	1.0%	1	35.3%	36	58.8%	60	4.9%	5	100.0%	102