



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΙΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΕΓΚΕΦΑΛΟΣ ΚΑΙ ΝΟΥΣ»**

ΛΕΑΝΔΡΟΣ ΙΑΚΩΒΟΥ

**ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: κ. ΣΟΦΙΑ ΝΟΥΣΗ ΡΤΜSc
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ, ΑΤΕΙ ΦΥΣΙΚ/ΠΕΙΑΣ ΑΙΓΙΟΥ**

**ΑΙΓΙΟ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό, πριν προχωρήσω στην ανάλυση της διπλωματικής μου εργασίας, νιώθω την ανάγκη να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε κάποια άτομα όπου η συμβολή και η βοήθεια τους υπήρξε καθοριστική για την διεκπεραίωση και ολοκλήρωση της. Θεωρώ πολύ σημαντικό το κομμάτι αυτό, διότι χωρίς τη βοήθεια αυτών των ανθρώπων θα ήταν πολύ δύσκολη η ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Προς την εισηγήτριά μου κ. Σοφία Νούση, διδάσκουσα του Τμήματος Φυσιοθεραπείας του ΑΤΕΙ Αιγίου, εκφράζω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες για την πολύτιμη βοήθειά της και τη συνεργασία που μου παρείχε, με εκτίμηση, ευγνωμοσύνη και αγάπη. Αναγνωρίζω ότι χωρίς τη βοήθεια της, δεν θα ήταν δυνατό να επιτευχθεί ο στόχος μου, καθώς επίσης θεωρώ τη συμβολή της πολύ αξιόλογη και σημαντική.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για τη συμπαράσταση και την κατανόηση που μου έδειξαν μέχρι τη τελευταία στιγμή, γιατί χωρίς την αγάπη και τη στήριξή τους, δεν θα κατάφερα να βγάλω εις πέρας την εργασία αυτή.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	i
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	ii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	v

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1.1 Σκοπός της έρευνας.....	2
1.2 Μέθοδος της έρευνας.....	2
1.3 Σημασία της έρευνας.....	2
1.4 Parkinson (PD) και Alzheimer (AD).....	2

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Ανατομία εγκεφάλου.....	5
2.1.1 Διαίρεση εγκεφάλου.....	5
2.1.2 Εγκεφαλικά Ημισφαίρια.....	6
2.1.3 Παρεγκεφαλίδα.....	7
2.1.4 Θάλαμος.....	7
2.1.5 Τα λειτουργικά κέντρα του εγκεφάλου και οι λειτουργίες τους.....	8
2.2 Νους.....	11
2.2.1 Συνείδηση.....	11
2.2.2 Αντίληψη.....	12
2.2.3 Προσανατολισμός.....	13
2.2.4 Αντίληψη και Συνειδητοποίηση.....	13
2.2.5 Μνήμη.....	13
2.2.6 Κρίση.....	14
2.2.7 Σκέψη και αφηρημένη σκέψη.....	14
2.2.8 Λόγος.....	15
2.2.9 Γνωσία.....	15
2.2.10 Εκτελεστική λειτουργικότητα.....	15
2.3 Σύνδεση εγκεφάλου και νου.....	15
2.3.1 Βασικά Γάγγλια.....	16
2.3.2 Λυμπικό Σύστημα.....	17
2.4 Κινητική Εκμάθηση (Motor Learning).....	17
2.4.1 Κεντρικοί μηχανισμοί της κινητικής εκμάθησης.....	18
2.4.2 Τα στάδια της κινητικής εκμάθησης.....	19
2.5 Κινητικός Προγραμματισμός (Motor Planning).....	20
2.6 Κινητικός Έλεγχος.....	21
2.6.1 Η θεωρία του κινητικού ελέγχου και τα μοντέλα του στον εγκέφαλο.....	22
2.6.2 Περνώντας από την θεωρία στη πράξη.....	24
2.6.3 Οργάνωση της κίνησης.....	24
2.6.4 Οπτικός Φλοιός.....	26
2.7 Μη φυσιολογική Κινητική Εκμάθηση και μη φυσιολογικός Κινητικός Προγραμματισμός.....	26
2.7.1 Parkinson (PD).....	27
2.7.2 Alzheimer (AD).....	28
2.8 Αντίληψη του πόνου.....	29

2.8.1 Φλοιώδης αναδιοργάνωση.....	30
2.8.2 Φλοιώδης αναδιοργάνωση και χρόνιος πόνος.....	31
2.8.3 Θεραπεία του χρόνιου πόνου με παρεμβάσεις συμπεριφοράς.....	31
2.8.4 Χρόνιος πόνος χαμηλά στην πλάτη (οσφυαλγία): αποτελέσματα ανάλυσης θεραπείας μυαλού- σώματος.....	31
2.9 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	32
3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	34
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	37

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Συμπληρωματική κινητική περιοχή: **SMA**
Κύριος ή αρχικός κινητικός φλοιός: **M1**
Κύριος ή πρωτεύον σωματοαισθητικός φλοιός: **S1**
Δευτερεύων σωματοαισθητικός φλοιός: **SII**
Πρόσυμπληρωματική κινητική περιοχή: **Pro-SMA**
Πρόκινητικός φλοιός: **PMC**
Πρωτοταγής οπτικός φλοιός: **V1**
Εξωταινωτός φλοιός: **V2, V3, V4, V5**
Μεσοραχιαία περιοχή: **V6**
Οπτική περιοχή: **MT ή V5**
Parkinson: **PD**
Alzheimer: **AD**
Ηλεκτρομυοεγκεφαλογράφημα: **EMG**
Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα: **EEG**

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Ανατομία εγκεφάλου.....	6
Εικόνα 2.2 Λοβοί εγκεφάλου.....	8
Εικόνα 2.3 Σωματοαισθητικός φλοιός.....	9
Εικόνα 2.4 Αισθητικό και Κινητικό ανθρωπάριο.....	10
Εικόνα 2.5 Βασικά Γάγγλια.....	16
Εικόνα 2.6 Λυμπικό Σύστημα.....	17
Εικόνα 2.7 Εμφάνιση του κινητικού ελέγχου από την αλληλεπίδραση μεταξύ του ατόμου, της δραστηριότητας, και του περιβάλλοντος.....	22
Εικόνα 2.8 Αισθητικό και Κινητικό μονοπάτι.....	25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1.1 Σκοπός της έρευνας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία σκοπύει στην μελέτη του εγκεφάλου και των λειτουργιών του νου, καθώς και στη σύνδεσή τους έτσι ώστε να επέλθει η κίνηση. Πιο διεξοδικά, απαραίτητη είναι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το αισθητικό ερέθισμα διέρχεται μέσω των νωτιαίων και υπερνωτιαίων δομών, με στόχο να φτάσει στον εγκέφαλο και πως το ερέθισμα αυτό μετατρέπεται σε κινητικό, μέσω των λειτουργιών του νου.

1.2 Μέθοδος της έρευνας

Για την εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της συστηματικής ανασκόπησης. Έρευνες χρησιμοποιήθηκαν τόσο από τον γραπτό όσο και από τον ηλεκτρονικό τύπο και πιο συγκεκριμένα κατά την ηλεκτρονική αναζήτηση επιλέχθηκαν έρευνες από τις εξής βάσεις δεδομένων: Pubmed, Sciencedirect, Elsevier, Scholar καθώς και γνωστές ιστοσελίδες όπως το Google και Yahoo. Στην παρούσα ανασκόπηση θα παρουσιαστεί ένας αριθμός ερευνών με συγκεκριμένη μεθοδολογία και θα συζητηθούν τα αποτελέσματά τους. Συγκεκριμένα, θα αναφερθούν η ανατομία του εγκεφάλου και οι λειτουργίες του νου καθώς επίσης θα παρουσιαστεί και ο τρόπος σύνδεσης του εγκεφάλου με το νου. Ακόμη, θα γίνει αναφορά στην κινητική εκμάθηση αναλύοντας τους κεντρικούς μηχανισμούς και τα στάδια της. Στην συνέχεια, πραγματοποιείται εκτενής αναφορά στον κινητικό προγραμματισμό καθώς και στον κινητικό έλεγχο, συμπεριλαμβάνοντας τις θεωρίες και τα μοντέλα του κινητικού ελέγχου, τον τρόπο με τον οποίο το θεωρητικό κομμάτι του κινητικού ελέγχου περνά στην κλινική εφαρμογή, την οργάνωση της κίνησης καθώς και τη σπουδαιότητα του ρόλου της όρασης. Επιπλέον, παρατίθενται η μη φυσιολογική κινητική εκμάθηση και ο μη φυσιολογικός κινητικός προγραμματισμός σε κάποιες σπουδαίες ασθένειες, ενώ τέλος γίνεται αναφορά στο πως ο εγκέφαλος και ο νους αντιλαμβάνονται τον πόνο και το τι συμβαίνει στην φλοιώδη αναδιοργάνωση του εγκεφάλου.

1.3 Σημασία της έρευνας

Ο κινητικός έλεγχος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εκτέλεση και παραγωγή της κίνησης. Στους νευρολογικούς ασθενείς το πρώτο πράγμα που επηρεάζεται είναι ο κινητικός έλεγχος με αποτέλεσμα να γίνονται λιγότερο λειτουργικοί. Ως φυσικοθεραπευτές μπορούμε να βοηθήσουμε αυτούς τους ασθενείς χρησιμοποιώντας τον κινητικό έλεγχο ως πηγή για τις νέες κατευθύνσεις στην αποκατάσταση της κίνησης. Δηλαδή, ως φυσικοθεραπευτές θα πρέπει να πετύχουμε την αλληλεπίδραση μεταξύ του ατόμου, της δραστηριότητας και του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα να επέλθει η κινητική εκμάθηση, ο κινητικός προγραμματισμός και μετέπειτα η εκτέλεση της κίνησης. Ως εκ τούτου, ο ασθενής μας θα γίνει πιο ανεξάρτητος και λειτουργικός ενώ θα μπορεί να εκτελεί από μόνος του τις ανάγκες του.

1.4 Parkinson (PD) και Alzheimer (AD)

Αυτές οι δύο ασθένειες (PD και AD), έχουν άμεση σχέση τόσο με τον εγκέφαλο όσο και με τον νου. Στο PD υπάρχει μειωμένη αίσθηση της αντίληψης, μειωμένη κινητική εκμάθηση και μειωμένος κινητικός προγραμματισμός. Το γεγονός αυτό, αφενός οδηγεί τον ασθενή στην δυσκολία της κατανόησης, της εκμάθησης και του σχεδιασμού της κίνησης και αφετέρου στην εκτέλεσή της. Όσον αφορά το AD, συναντάμε διαταραχή των εγκεφαλικών κυττάρων που σχετίζονται με την μνήμη και ως εκ τούτου ο ασθενής οδηγείται σε σταδιακή επιδείνωση απώλειας της μνήμης. Σε προχωρημένο AD ο ασθενής δεν μπορεί να επικοινωνεί και να είναι

λειτουργικός. Και στις δύο ασθένειες κρίνεται απαραίτητη η άμεση παρέμβαση της φυσικοθεραπείας έτσι ώστε οι ασθενείς να είναι όσο το δυνατό πιο λειτουργικοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Ανατομία εγκεφάλου

Ο εγκέφαλος αποτελεί το σπουδαιότερο και μεγαλύτερο τμήμα του κεντρικού νευρικού συστήματος. Βρίσκεται εντός του εγκεφαλικού κρανίου και περιβάλλεται από τρεις προστατευτικούς υμένες, τις μήνιγγες (την σκληρά μήνιγγα, την χοριοειδή και την αραχνοειδή). Αποτελείται από δύο ημισφαίρια τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους από την επιμήκη σχισμή και το κάθε ένα υποδιαιρείται σε τέσσερις λοβούς. Από την κάτω επιφάνεια του εγκεφάλου εκφύονται οι εγκεφαλικές συζυγίες ή νεύρα και ξεκινά ο νωτιαίος μυελός. Στη βάση του εγκεφαλικού κρανίου βρίσκεται η κάτω επιφάνεια του εγκεφάλου που διαθέτει αντίστοιχα τρήματα για την δίοδο των εγκεφαλικών νεύρων και του νωτιαίου μυελού. Από τα τρήματα αυτά περνούν επίσης τα διάφορα αγγεία για την αιμάτωση του εγκεφάλου. Η άνω και οι πλάγιες επιφάνειες του εγκεφάλου αποτελούν τον εγκεφαλικό φλοιό και έρχονται σε σχέση με τον θόλο του κρανίου (Lippert 1993; Kahle et al 1985).

2.1.1 Διάρθρωση εγκεφάλου

Πρόσθιο εγκέφαλο:

Τελικό εγκέφαλο: Αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος και αποτελείται από τα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια, τους συνδέσμους των ημισφαιρίων και τις δύο πλάγιες κοιλίες του εγκεφάλου. Σε αυτόν ανήκουν ο μετωπιαίος λοβός που είναι για τον έλεγχο της κινητικότητας, όπου έχουμε τον πρόκινητικό φλοιό, την συμπληρωματική κινητική περιοχή (SMA) και τον κύριο κινητικό φλοιό (M1). Επίσης, ο βρεγματικός λοβός που είναι για την αισθητικότητα του αντίθετου ημιμορίου του σώματος και εκτίμηση του χώρου, όπου έχουμε τον κύριο σωματοαισθητικό φλοιό (SI) και τον δευτερεύον (SII) (Shumway-Cook & Woollacott 2001; Trinidad Herrero et al 2002; Fuller & Manfotd 2002). Εν συνεχεία από μπροστά προς τα πίσω, έχουμε τον κροταφικό λοβό που είναι για την μνήμη, το συναίσθημα και την κατανόηση του λόγου και τέλος, στον ινιακό λοβό έχουμε τον οπτικό φλοιό (Goodale & Milner 1992; Fuller & Manfotd 2002). Μια από τις λειτουργίες του τελικού εγκεφάλου είναι οι εκούσιες κινήσεις (Lippert 1993; Δεσπόπουλος & Silbernagl 1989; Kahle et al 1985) (εικόνα 2.1).

Διάμεσο εγκέφαλο ή διεγκέφαλο: Περιλαμβάνει τον οπτικό θάλαμο και αποτελείται από τον θάλαμο, τον υποθάλαμο, και την τρίτη κοιλία του εγκεφάλου. Συνδέει τον τελικό εγκέφαλο με το στέλεχος (Lippert 1993; Δεσπόπουλος & Silbernagl 1989; Kahle et al 1985; Trinidad Herrero et al 2002; Shumway-Cook & Woollacott 2001) (εικόνα 2.1).

Μέσο εγκέφαλο:

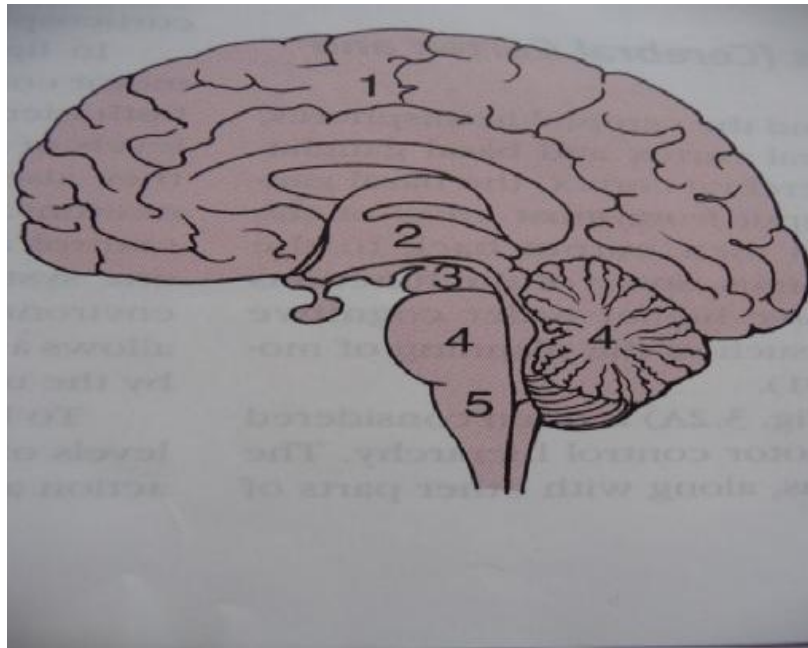
Μεσεγκέφαλο: Αποτελείται από το τετράδυμο πέταλο, τα δύο εγκεφαλικά σκέλη και τον υδραγωγό του Sylvius (Lippert 1993; Δεσπόπουλος & Silbernagl 1989; Kahle et al 1985; Shumway-Cook & Woollacott 2001) (εικόνα 2.1).

Ρομβοειδή εγκέφαλο:

Οπίσθιο εγκέφαλο: Αποτελείται από την γέφυρα και την παρεγκεφαλίδα και την τέταρτη κοιλία του εγκεφάλου. (Lippert 1993; Shumway-Cook & Woollacott 2001) (εικόνα 2.1).

Έσχατο εγκέφαλο: Αποτελείται από τον προμήκη μυελό και το κάτω τριτημόριο της τέταρτης κοιλίας. Ο προμήκης μυελός εμφανίζει σχήμα αποπεπλατυσμένου κώνου, όπου προς τα άνω συνδέεται με την γέφυρα και προς τα κάτω με τον νωτιαίο μυελό. Τέλος, ο μέσος εγκέφαλος (3), η γέφυρα (4) και ο προμήκης μυελός (5) αποτελούν το εγκεφαλικό στέλεχος (εικόνα 2.1), το οποίο περιέχει πυρήνες και περιλαμβάνει τον δικτυωτό σχηματισμό και τους πυρήνες των εγκεφαλικών νεύρων και συνδέει τον εγκέφαλο με τον νωτιαίο μυελό (Lippert 1993; Fuller & Manfotd 2002; Δεσπόπουλος & Silbernagl 1989; Kahle et al 1985;

Shumway-Cook & Woollacott 2001). Μέσω των κινητικών του κέντρων ελέγχει το σύστημα σωματικής στάσης, συντονίζει τα αντανακλαστικά στάσης και θέσης, των οποίων η λειτουργία τους συνίσταται στην διατήρηση της στάσης του σώματος και της ισορροπίας (Δεσπόπουλος & Silbernagl 1989) (εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1: Ανατομία εγκεφάλου
Πρόσθιος εγκέφαλος: Τελικός (1) και Διάμεσος ή Διεγκέφαλο (2),
Μέσος εγκέφαλος (3), Ρομβοειδή εγκέφαλο: Οπίσθιος (4) και Έσχατος (5)
(Τροποποιημένο από Shumway-Cook & Woollacott 2007)

2.1.2 Εγκεφαλικά Ημισφαίρια

Τα εγκεφαλικά ημισφαίρια είναι τα δυο τμήματα στα οποία χωρίζεται μορφολογικά αλλά και από άποψη λειτουργιών ο εγκέφαλος του ανθρώπου και αποτελούν την έδρα των ανώτερων νοητικών λειτουργιών. Κάθε εγκεφαλικό ημισφαίριο αποτελείται από τέσσερεις λοβούς (μετωπιαίο, κροταφικό, βρεγματικό, ινιακό) (εικόνα 2.2) και τα δύο ημισφαίρια συνδέονται με το μεσολόβιο, μια πυκνή δέσμη νευραξόνων που επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των δυο ημισφαιρίων. Τα δυο ημισφαίρια δεν έχουν συμμετρική λειτουργία, δηλαδή το καθένα φιλοξενεί τα κέντρα για διαφορετικές δεξιότητες και αντιληπτικές ικανότητες. Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπου διακοπεί η επικοινωνία μεταξύ τους, μπορούν να λειτουργήσουν και ανεξάρτητα. Επίσης, στην περίπτωση κάποιας βλάβης στο ένα ημισφαίριο, το άλλο μπορεί να αναπληρώσει μερικές από τις λειτουργίες του. Το κάθε ημισφαίριο ελέγχει την «χιαστί» αντίθετη πλευρά του σώματος· δηλαδή, το δεξί ημισφαίριο δέχεται ερεθίσματα από το αριστερό τμήμα του σώματος και ελέγχει τις κινήσεις αυτού του τμήματος. Το αντίστροφο ισχύει για το αριστερό ημισφαίριο (Lippert 1993; Fuller & Manfodt 2002).

Το αριστερό ημισφαίριο ελέγχει το δεξί ημιμόριο του σώματος αισθητικά και κινητικά, ενώ σε αυτό γίνονται κυρίως οι λεκτικές, αναλυτικές και λογικές νοητικές διεργασίες. Είναι υπεύθυνο για την αντίληψη του χρόνου, την ομιλία, τη γραφή, την αντίληψη του λόγου, τον συμβολισμό, τη λεκτική μνήμη και την αναλυτική σκέψη. Επίσης είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία, την επεξεργασία των ακουστικών ερεθισμάτων και της αφηρημένης πληροφορίας, την πρόκληση ελεγχόμενης συμπεριφοράς και τη δευτερογενή

ερμηνεία συμπεριφοράς. Σε αυτό εκτελούνται διαδικασίες σχετικές με τα μαθηματικά και τη γραμματική (Lippert 1993).

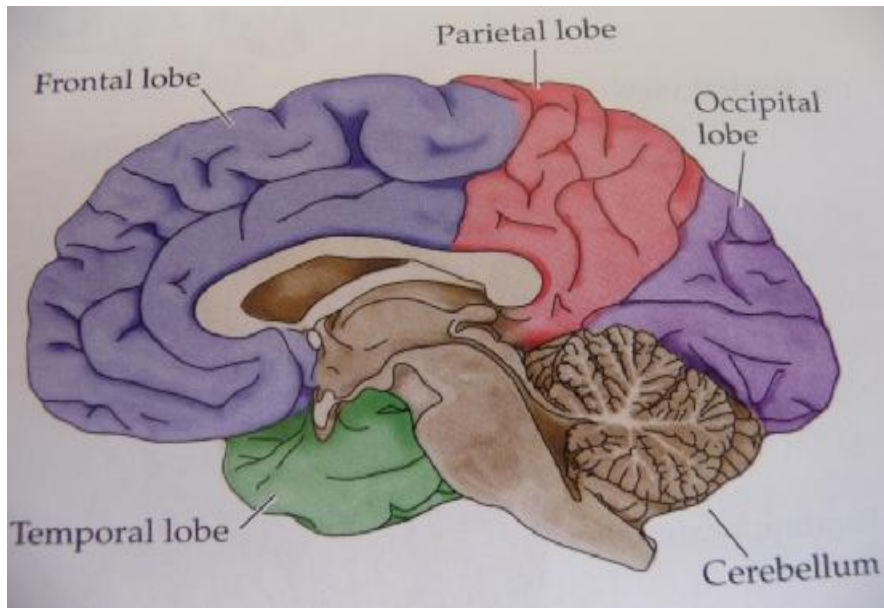
Το δεξί ημισφαίριο ελέγχει το αριστερό ημιμόριο του σώματος αισθητικά και κινητικά. Είναι υπεύθυνο για την οπτική αντίληψη του χώρου, την κατανόηση των μεταφορικών εννοιών και το χιούμορ, την συσχέτιση, την σύνθεση λεγομένων, την συναισθηματική φόρτιση και μελωδία λόγου. Επιπλέον είναι υπεύθυνο για την οπτική μνήμη, την επικοινωνία, τόσο με το τόνο φωνής όσο και με εκφράσεις του προσώπου, όπως και με την εξωλεκτική κινησιολογία («γλώσσα του σώματος»). Επίσης, για την προσοχή, τη διάκριση πολύπλοκων ακουστικών τόνων, την πρόκληση παρορμητικής συμπεριφοράς, τα αισθήματα, τις συγκινήσεις, τη δημιουργικότητα, τη φαντασία και την καλλιτεχνική έκφραση (Lippert 1993).

2.1.3 Παρεγκεφαλίδα

Βρίσκεται κάτω από τον τελικό εγκέφαλο, εκατέρωθεν από το εγκεφαλικό στέλεχος (εικόνα 2.1, 2.2). Η παρεγκεφαλίδα, λαμβάνει και ρυθμίζει τις κεντρομόλες πληροφορίες από το κάθε αισθητήριο σύστημα, τον κινητικό φλοιό, τις σωμαοαισθητηριακές πληροφορίες από τον νωτιαίο μυελό και ο ρόλος της είναι η απόδοση της κίνησης (Ghez 1991; Ito 1984; Alexander & Crutcher 1990; Cote & Crutcher 1991). Επίσης, συμβάλλει στον συντονισμό της κίνησης, του κινητικού φλοιού και των βασικών γαγγλίων (Shumway-Cook & Woollacott 2001). Ελέγχει τους μυς για να γίνονται εκλεπτυσμένες και ακριβείς κινήσεις. Η παρεγκεφαλίδα εκτελεί μερικές σπουδαίες λειτουργίες στον έλεγχο της κινητικότητας, τελειοποιεί και διορθώνει τα αντανακλαστικά σωματικής στάσης, συντονίζει την αλληλεπίδραση των συστημάτων στάσης και κίνησης. Επιπλέον, παίζει σπουδαίο ρόλο στην διόρθωση της εξέλιξης των αργών κινήσεων και διαβιβάζει τα προγράμματα των γρήγορων κινήσεων. Από φυσιολογική άποψη η παρεγκεφαλίδα μπορεί να διαιρεθεί σε τρία μέρη: την αρχαίο-παρεγκεφαλίδα, την παλαιό-παρεγκεφαλίδα και την νεό-παρεγκεφαλίδα. Τέλος, ο ρόλος της παρεγκεφαλίδας στην ολοκλήρωση και στον συντονισμό με άλλα κινητικά κέντρα και αισθητήρια όργανα, μπορεί να γίνει εμφανής στην συμπεριφορά ενός ατόμου (Δεσπόπουλος & Silbernagl 1989; Fuller & Manfotd 2002; Kahle et al 1985; Kandel et al 2000). Σύμφωνα με τους Lippert (1993) και Kahle et al (1985), η παρεγκεφαλίδα χρησιμεύει στην διατήρηση της ισορροπίας, στην ρύθμιση του μυϊκού τόνου καθώς και στον χρονικό συντονισμό και συγχρονισμό των κινήσεων.

2.1.4 Θάλαμος

Ο θάλαμος αποτελείται από ένα σύμπλεγμα πυρήνων και είναι ένα από τα κεντρικά όργανα ελέγχου. Βρίσκεται και αποτελεί τον διάμεσο εγκέφαλο. Αποτελείται από τέσσερα μέρη, τον επιθάλαμο, τον ραχιαίο θάλαμο (κύριο μέρος), τον υποθάλαμο και την υποθαλαμιαία χώρα (βάση του διάμεσου εγκέφαλου) (Kahle et al 1985; Trinidad Herrero et al 2002). Ο θάλαμος συνδέεται με την παρεγκεφαλίδα, την ωχρά σφαίρα, το ραβδωτό σώμα, τον υποθάλαμο και επίσης με τον φλοιό του εγκεφάλου (Kahle et al 1985; Percheron 1996). Οι πυρήνες του θαλάμου υποδιαιρούνται σε δύο ομάδες, τον παλαιοθάλαμο και το στελεχοθάλαμο. Κάθε πυρήνας συνδέεται με διαφορετική περιοχή του φλοιού, ενώ οι πυρήνες του στελεχοθαλάμου δεν έχουν καμία σύνδεση με τον φλοιό αλλά συνδέονται με το στέλεχος του εγκεφάλου και τον διάμεσο εγκέφαλο. Ο θάλαμος είναι η πιο σημαντική επεξεργασία στο κέντρο του εγκεφάλου και λαμβάνει πληροφορίες από το οπτικό σύστημα, το σωματοαισθητικό φλοιό, τα αισθητικά συστήματα, τα βασικά γάγγλια, την παρεγκεφαλίδα και άλλα συστήματα του εγκεφάλου (Shumway-Cook & Woollacott 2001).



Εικόνα 2.2: Λοβοί εγκεφάλου

Temporal lobe= Κροταφικός λοβός, Frontal lobe= Μετωπιαίος λοβός, Parietal lobe= Βρεγματικός λοβός, Occipital lobe= Ινιακός λοβός, Cerebellum= Παρεγκεφαλίδα
(Τροποποιημένο από Purves 2008)

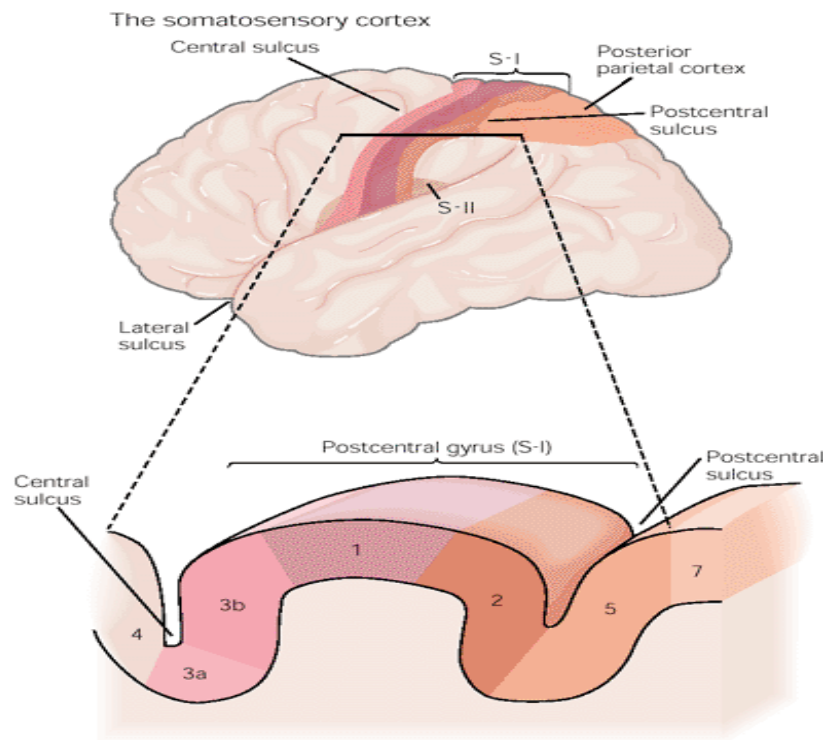
2.1.5 Τα λειτουργικά κέντρα του εγκεφάλου και οι λειτουργίες τους

Υπάρχουν ορισμένα τμήματα του εγκεφάλου που εκτελούν μια ιδιαίτερη λειτουργία. Ένας καθαρά ανατομικός διαχωρισμός αναφέρει ότι η πρόσθια περιοχή του εγκεφάλου έχει σχέση με την κινητικότητα και η οπίσθια περιοχή με την αισθητικότητα (Lippert 1993). Όμως, μέχρι στιγμής είναι αδύνατο να υπάρχει σαφής λειτουργικός διαχωρισμός μεταξύ των περιοχών του εγκεφάλου. Παρόλα αυτά, τα λειτουργικά κέντρα του εγκεφάλου είναι ο σωματοαισθητικός φλοιός, ο κινητικός φλοιός και τέλος ο συμπληρωματικός και προκινητικός φλοιός (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

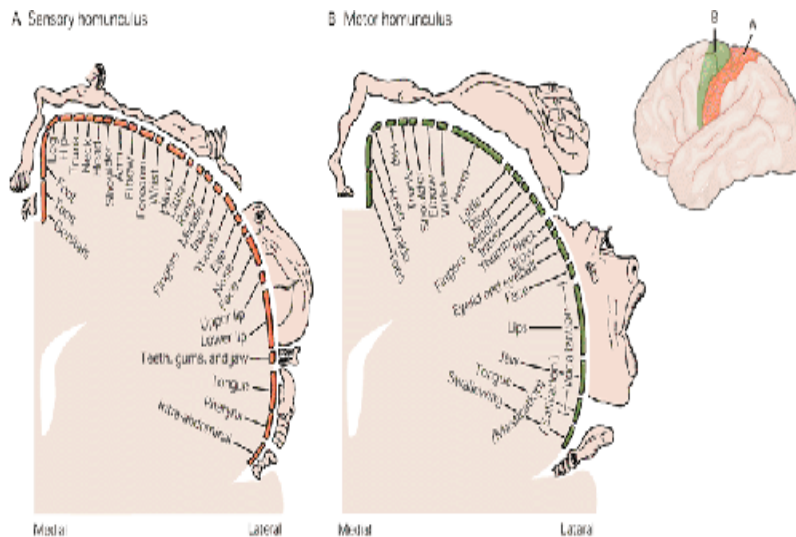
Ο σωματοαισθητικός φλοιός βρίσκεται στον βρεγματικό λοβό και είναι μια βασική περιοχή προώθησης όλων των σωματοαισθητικών ερεθισμάτων. Διαιρείται σε δύο βασικούς φλοιούς: τον πρωτεύον σωματοαισθητικό φλοιό (SI) (που καλείται επίσης Brodmann 1, 2, 3a, 3b) και τον δευτερεύον σωματοαισθητικό φλοιό (SII) (εικόνα 2.3). Στην περιοχή SI αρχίζουμε να βλέπουμε τη διαδικασία του χιασμού γιατί υπάρχει η κιναισθητική και η πληροφόρηση για την αφή από την αντίθετη μεριά του σώματος. Αυτό σημαίνει ότι οι υποδοχείς των αρθρώσεων, οι μυϊκές ατράκτοι και η δερματική πληροφορία τώρα ολοκληρώνονται για να μας πληροφορήσουν την κίνηση σε μια δεδομένη περιοχή του σώματος. Η πληροφόρηση αυτή εναποτίθεται στο αισθητικό ανθρωπάριο προκειμένου να αντανakλά την αισθητική πληροφόρηση από συγκεκριμένες περιοχές. Για παράδειγμα, ο λάρυγγας, το στόμα και τα χέρια φαίνεται να καταλαμβάνουν μεγάλη περιοχή, γιατί χρειαζόμαστε πιο λεπτομερή πληροφόρηση για να στηρίξουμε τις κινήσεις που εκτελούνται από τα μέρη αυτά (εικόνα 2.4). Αυτή είναι μια διαδικασία που είναι βασική για τον συντονισμό των κινήσεων στον χώρο (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Ο σωματοαισθητικός φλοιός προωθεί την εισερχόμενη πληροφορία προκειμένου να αυξήσει την ευαισθησία, ούτως ώστε μέσω της αφής να μπορούμε να αναγνωρίζουμε και να διακρίνουμε ευκολότερα διαφορετικά αντικείμενα (Shumway-Cook & Woollacott 2007). Πράγματι, ο σωματοαισθητικός φλοιός είναι πολύ ευαίσθητος, έτσι ώστε να μπορεί να αντιλαμβάνεται την ενεργοποίηση ενός απλού απτικού υποδοχέα στο χέρι όταν θέλουμε να

αναγνωρίσουμε τα διάφορα αντικείμενα (Gardner & Kandel 2000). Επίσης, υπάρχουν ειδικά κύτταρα μέσα στον φλοιό που ανταποκρίνονται καλύτερα σε κινούμενα ερεθίσματα και που ευαισθητοποιούνται αμέσως (Shumway-Cook & Woollacott 2007). Επιπρόσθετα, ο σωματοαισθητικός φλοιός έχει εισερχόμενες συνδέσεις με τον θάλαμο, με τους πυρήνες του νωτιαίου δεματίου και με την σπονδυλική στήλη και έτσι έχει την ικανότητα να ρυθμίζει την εισερχόμενη αισθητική πληροφορία που εισέρχεται μέσω αυτών των δομών (Shumway-Cook & Woollacott 2007).



Εικόνα 2.3: Σωματοαισθητικός φλοιός
Ο πρωτεύον σωματοαισθητικός φλοιός (SI) (που καλείται επίσης Brodmann 1, 2, 3a, 3b) και ο δευτερεύον σωματοαισθητικός φλοιός (SII)
(Τροποποιημένο από Kandel 2000)



Εικόνα 2.4: Αισθητικό και Κινητικό ανθρωπάριο

Στα αριστερά μας βλέπουμε τον (Α) σωματοαισθητικό φλοιό με το αισθητικό ανθρωπάριο και στα δεξιά μας τον (Β) κινητικό φλοιό με το κινητικό ανθρωπάριο (Τροποποιημένο από Kandel 2000)

Ο κινητικός φλοιός (εικόνα 2.4B) βρίσκεται στον μετωπιαίο λοβό και αποτελείται από έναν αριθμό περιοχών που εκτελούν διαφορετικές επεξεργασίες, συμπεριλαμβανομένου του πρωτογενούς κινητικού φλοιού, της συμπληρωματικής κινητικής περιοχής (SMA) και του προκινητικού φλοιού. Οι περιοχές αυτές έρχονται σε αλληλεπίδραση με περιοχές της αισθητικής προώθησης στον βρεγματικό λοβό, καθώς επίσης και με τα βασικά γάγγλια και με περιοχές της παρεγκεφαλίδας, για να αναγνωρίσουν πού θέλουμε να κινηθούμε, να σχεδιάσουν την κίνηση και τελικά να εκτελέσουμε τις δραστηριότητες μας (Krakauer & Ghazizadeh 2000).

Και οι τρεις αυτές περιοχές έχουν τους δικούς τους σωματοτοπογραφικούς χάρτες του σώματος, έτσι ώστε όταν ερεθίζονται κάποιες περιοχές, να συσπώνται οι αντίστοιχοι μύες και να κινούνται τα αντίστοιχα μέρη του σώματος. Ο πρωτογενής κινητικός φλοιός (περιοχή 4 του Brodmann) (εικόνα 2.3) περιέχει έναν ιδιαίτερο πολύπλοκο χάρτη του σώματος (Shumway-Cook & Woollacott 2007). Συχνά υπάρχει ενεργοποίηση μεμονωμένων κινητικών νευρώνων, σε αντίθεση με τον ερεθισμό των νευρώνων στην προκινητική και συμπληρωματική κινητική περιοχή (περιοχή 6 του Brodmann) που ενεργοποιεί συνήθως πολλούς μύες σε πολλές αρθρώσεις, παρέχοντας συντονισμένες δραστηριότητες (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Τα ερεθίσματα στις κινητικές περιοχές έρχονται από τα βασικά γάγγλια, την παρεγκεφαλίδα και από αισθητικές περιοχές, συμπεριλαμβανομένων της περιφέρειας (μέσω του θαλάμου), του πρωτεύοντος σωματοαισθητικού φλοιού και των αισθητικών περιοχών σύνδεσης στον βρεγματικό λοβό. Είναι ενδιαφέρον ότι οι νευρώνες του πρωτογενούς κινητικού φλοιού λαμβάνουν αισθητικά ερεθίσματα από τους δικούς τους μυς, καθώς και από το δέρμα. Έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι αυτή η διαφλοιώδης οδός, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με την νωτιαία αντανακλαστική οδό για να δώσει επιπλέον δύναμη στους μυς, όταν συναντάται ένα απρόσμενο εμπόδιο κατά την κίνηση. Έχει επίσης διατυπωθεί η υπόθεση ότι η οδός αυτή αποτελεί μία σημαντική ιδιοδεκτική οδό που λειτουργεί κατά τον στατικό έλεγχο (Krakauer & Ghazizadeh 2000).

Για να διευκρινηθεί η συγκεκριμένη λειτουργία του κινητικού φλοιού στον έλεγχο της κίνησης, ο Evarts (1968) μέσα από πειράματα του, βρήκε ότι η συχνότητα πυροδότησης των φλοιονωτιαίων νευρώνων κωδικοποιεί (α) τη δύναμη που χρησιμοποιείται για να κινηθεί ένα μέλος και (β) σε μερικές περιπτώσεις κωδικοποιεί τη συχνότητα αλλαγής της δύναμης. Έτσι, τόσο η ακριβής δύναμη όσο και η ταχύτητα της κίνησης ελέγχονται από τον πρωτογενή φλοιό (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Όσον αφορά τον συμπληρωματικό και πρόκινητικό φλοιό, ο Roland et al (1980) μέσα από πειράματά του, συμπέρανε ότι η συμπληρωματική περιοχή είναι ενεργή, όταν σχεδιάζεται μια αλληλουχία απλών βαλλιστικών κινήσεων. Έτσι, συμμετέχει στη συγκέντρωση του κινητικού προγραμματισμού ή διαμορφώνει μια κινητική εκτέλεση (Roland et al 1980). Επιπλέον, όσον αφορά τον προκινητικό φλοιό, μια πρώτη άποψη υποστηρίζει ότι, είτε εκτελεί είτε βοηθά στην εκτέλεση της κίνησης (Freund & Hummelsheim 1984; Humphrey 1979) και μια δεύτερη άποψη θεωρεί τον προκινητικό φλοιό ως την υψηλότερη περιοχή που οδηγεί ή κατευθύνει άλλες εκτελεστικές περιοχές ως προς τις οποίες η μετακίνηση πρόκειται να εκτελεσθεί (Fulton 1949; Wise 1984).

2.2 Νους

Σύμφωνα με μελέτες, η συνείδηση, η αντίληψη, η αντίληψη και συνειδητοποίηση, η μνήμη, ο προσανατολισμός, η κρίση, η σκέψη και αφηρημένη σκέψη, ο λόγος, η γνωσία, η εκτελεστική λειτουργικότητα, καθώς και η νοημοσύνη αποτελούν τις βασικές λειτουργίες του νου (Grossberg 1999; 2007).

Η νοημοσύνη είναι αυτή που καθορίζει την καθημερινή ικανότητα του ατόμου να ενεργεί σκόπιμα, να σκέπτεται λογικά και να αντιμετωπίζει σωστά και αποτελεσματικά τα προβλήματα και τις απαιτήσεις της ζωής. Το επίπεδο της νοημοσύνης, προσδιορίζεται από την κατάσταση των γνωστικών λειτουργιών, ιδιαίτερα της μνήμης και του επιπέδου των αποκτηθέντων γνώσεων και πληροφοριών, της κρίσης και της ικανότητας για την διαμόρφωση και χρήση αφηρημένων εννοιών. Το νοητικό επίπεδο του ανθρώπου εξαρτάται από τρεις βασικούς παράγοντες: α) τη δυνατότητα μάθησης και απόκτησης γνώσεων και πληροφοριών, β) τη δυνατότητα να χειρίζεται τις γνώσεις και τις εμπειρίες που έχει αποκτήσει και γ) τη δυνατότητα να κάνει εκτελεστικό γνωσιακό έλεγχο (Λογοθέτης 2004). Ποσοτικές γενετικές μελέτες, έχουν καθορίσει ότι υπάρχουν πρόσθετες γενετικές συνεισφορές στις διαφορετικές πτυχές της γνωστικής δυνατότητας, ειδικά στην γενική νοημοσύνη και πώς αλλάζουν κατά την διάρκεια της ζωής. Υπάρχουν επίσης στοιχεία ότι η αποδοτικότητα του εγκεφάλου συσχετίζεται θετικά με την νοημοσύνη (Deary et al 2010).

2.2.1 Συνείδηση

Συνείδηση είναι η λειτουργία που είναι υπεύθυνη για τη διατήρηση της εγρήγορσης. Η ακεραιότητα της λειτουργίας αυτής είναι απαραίτητη για τη διατήρηση και επιτέλεση όλων των άλλων ψυχικών λειτουργιών. Μέσω της συνείδησης το άτομο έχει επίγνωση για την ύπαρξή του και για τον έξω κόσμο μέσα στις δυνατότητες, όπου του παρέχουν οι αισθητικοί και οι αισθητηριακοί μηχανισμοί του (Λογοθέτης 2004). Η εγρήγορση είναι πρωτόγονη λειτουργία του εγκεφαλικού στελέχους που συγχρονίζεται από το σύστημα του ανιόντος ενεργοποιού δικτυωτού μηχανισμού, στον οποίο διοχετεύονται τα ερεθίσματα από τους αισθητικούς αποδέκτες μέσω των αισθητικών κεντρομόλων οδών. Ο δικτυωτός αυτός μηχανισμός αποτελεί δίκτυο πυρήνων και ινών στην γέφυρα και στον μεσεγκέφαλο μέχρι και τον υποθάλαμο και θάλαμο, από όπου μέσω ενδιάμεσων θαλαμικών πυρήνων ακτινοβολεί διάχυτα στον εγκεφαλικό φλοιό (Rees et al 2002; Λογοθέτης 2004). Ως εκ τούτου, ο θάλαμος ενεργεί σαν «διακόπτης» για το φλοιϊκό σκέλος της συνείδησης, που αποτελεί το σύστημα επίγνωσης αυτού και του έξω κόσμου, με το οποίο επιτυγχάνεται η επικοινωνία και η

ενημέρωση για το τι συμβαίνει γύρω μας. Μία διάχυτη βλάβη του εγκεφαλικού φλοιού από ανοξία μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχή της επίγνωσης με διατήρηση της εγρήγορσης, ενώ μία βλάβη του δικτυωτού σχηματισμού στο στέλεχος οδηγεί σε διαταραχή τόσο της επίγνωσης, όσο και της εγρήγορσης που ίσως να οδηγήσει μέχρι και σε κώμα (Λογοθέτης 2004).

Για την πλήρη κατανόηση της συνείδησης, απαιτείται να εξακριβώσουμε τους μηχανισμούς του εγκεφάλου από τον οποίο η συνείδηση προβάλλεται με την εμπειρία (Rees et al 2002; Λογοθέτης 2004). Ποιοί είναι όμως αυτοί οι μηχανισμοί και ποιά χρησιμότητα έχουν για την επιτυχή προσαρμογή προς το περιβάλλον; Το ART (Adaptive Resonance Theory, Προσαρμοστική Συντονιστική Θεωρία), έχει ως βάση την λειτουργική σύνδεση μεταξύ των μηχανισμών της συνείδησης, μάθησης-γνώσης, προσδοκίας, προσοχής, συντονισμού και συγχρονισμού (Grossberg 2007). Η σύνδεση του εγκεφάλου με αυτούς τους μηχανισμούς, παίζει ρόλο στην συμπεριφορά ιδιαίτερα της αυτόνομης προσαρμογής μέσα σε αληθινό χρόνο με αύξηση της ταχύτητας αντίδρασης, με αποτέλεσμα τα δεδομένα του εγκεφάλου να εξασφαλίσουν την υποστήριξη αυτών των προαντιδράσεων (Grossberg 2007). Οι αισθητικές ώσεις στον εγκέφαλο βοηθούν στην μάθηση της αίσθησης και της γνωσιακής περιγραφής ή απεικόνισης. Διάφοροι ψυχολόγοι και νευρολόγοι βασίζονται στην ανταπόκριση του ART, παρουσιάζοντας έτσι την έγκαιρη οπτασία, την οπτική ή αντικειμενική αναγνώριση (Fries et al 2001; Grossberg 1999), την σωματοαισθητική αντίληψη (Steinmetz et al 2000; Grossberg 1999), το άκουσμα, την μεταβλητή ακουστική, καθώς και τη γνωσιακή ή συναισθηματική αλληλεπίδραση (Grossberg 1999). Αξίζει να σημειωθεί πως, ο ART μηχανισμός δίνει την εντύπωση ότι λειτουργούν όλα τα επίπεδα του οπτικού συστήματος (κροταφική περιοχή), και ότι ο εγκεφαλικός φλοιός αναγνωρίζει αυτούς τους μηχανισμούς (συνείδησης, μάθησης-γνώσης, προσδοκίας, προσοχής, συντονισμού και συγχρονισμού). Για την υλοποίηση του ART βρέθηκε πως ο εγκεφαλικός φλοιός έχει όλους τους αισθητήρες και το γνωσιακό φλοιό (Grossberg 1999).

2.2.2 Αντίληψη

Οι αντίληψεις στον αισθητηριακό φλοιό (SI και SII) (Shumway-Cook & Woollacott 2000), γίνονται αισθητές μέσω της διέγερσης στους υποδοχείς, οι οποίοι είναι ευαίσθητοι στα διάφορα είδη ερεθισμάτων. Οι πιο πολλές αισθήσεις ταυτοποιούνται με ένα ιδιαίτερο είδος ερεθίσματος. Σημαντικές επιπρόσθετες πληροφορίες για την αντίληψη μπορούν να αποκτηθούν μελετώντας τους αισθητικούς υποδοχείς και τα ερεθίσματα στα οποία αυτοί ανταποκρίνονται, καθώς επίσης και τα μεγάλα αισθητικά μονοπάτια τα οποία μεταφέρουν πληροφορίες από αυτούς τους υποδοχείς προς τον εγκεφαλικό φλοιό (Kandel et al 2000). Συγκεκριμένα, για του περιφερικού τύπου αισθητικό ερέθισμα οι νευρώνες στο αισθητικό σύστημα, οι περιφερικοί υποδοχείς και τα κεντρικά κύτταρα του εγκεφάλου κρυπτογραφούν μερικές σημαντικές ιδιότητες των αισθήσεων, όπως για παράδειγμα την αντίληψη και τον εντοπισμό του αισθητικού ερεθίσματος αλλά και την ένταση εφαρμογής του ερεθίσματος. Συγκεκριμένοι υποδοχείς και πρότυπα νευρικής δραστηριότητας, χρησιμοποιούν ένα διαφορετικό αισθητικό ερέθισμα για την κρυπτογράφηση πληροφοριών. Δηλαδή, όπως η γεύση βασίζεται σε έναν ιδιαίτερο υποδοχέα, έτσι και ο ήχος βασίζεται σε ένα άλλο μέρος του πρότυπου κώδικα (Kandel et al 2000). Η αναγνώριση πολύπλοκων αισθητικών ερεθισμάτων συμβάλλει σημαντικά στην αίσθηση της αντίληψης, όπου πολύπλοκα αισθητικά νευρωνικά κυκλώματα συνεργάζονται για την αντίληψη (Kandel et al 2000).

Κάθε αισθητήριο σχηματισμός διαμορφώνεται από ένα ξεχωριστό σύστημα νευρώνων, και είναι σημαντικό να ξέρουμε πώς συνεισφέρει κάθε περιεχόμενο ενός αισθητήριου συστήματος στην αντίληψη. Τα αισθητήρια μονοπάτια περιλαμβάνουν τους νευρώνες, οι οποίοι συνδέουν τους υποδοχείς στην περιφέρεια με τον νωτιαίο μυελό, το εγκεφαλικό στέλεχος, τον θάλαμο και τον εγκεφαλικό φλοιό. Ένα άγγιγμα στο χέρι γίνεται

αντιληπτό όταν ένας υποδοχέας επαφής προκαλεί πολλές κεντρομόλες ώσεις ώστε να αποδεσμεύσουν τις δυνατότητες δράσης, ως εκ τούτου με αυτό τον τρόπο ξεκινά μια αναπαραγόμενη αντίδραση στον πυρήνα της ραχιαίας στήλης του θαλάμου και μετά σε διάφορες περιοχές στον φλοιό του εγκεφάλου (Kandel et al 2000; Purves 2008). Μια ψευδαίσθηση ή ακόμα και μία ελαφρώς αιχμηρή αίσθηση στο χέρι, μπορεί να προκληθεί από την ηλεκτρική διέγερση της περιοχής του φλοιού η οποία αντιπροσωπεύει το χέρι (Kandel et al 2000; Purves 2008). Σε όλη την πορεία του κάθε αισθητήριου συστήματος από τους περιφερικούς υποδοχείς μέχρι τον εγκεφαλικό φλοιό, οι πληροφορίες για τα σωματικά ερεθίσματα τυπώνονται σε στάδια σύμφωνα με τους κανόνες προγραμματισμού, οι οποίοι αντανακλούν στις λειτουργικές ιδιότητες των νευρώνων και στις ενδοδιασυνδέσεις τους σε κάθε στάδιο (Kandel et al 2000).

Η αίσθηση της αντίληψης σχετίζεται με το οπτικό ερέθισμα, την επιβολής αισθητικότητα και ιδιοδεκτικότητα. Για παράδειγμα, για την πλήρη κατανόηση του οπτικού συστήματος, τα φωτόνια μετατρέπονται σε φωτούποδοχείς μέσα στον αμφιβληστροειδή μέσω ηλεκτρικής δραστηριοποίησης και ο αμφιβληστροειδής δρά σε παράλληλα μονοπάτια. Από το κεντρικό μονοπάτι γίνεται η αδρή περιγραφή (αίσθημα επιβολής αισθητικότητας και ιδιοδεκτικότητας), όπου έχουμε την αντίληψη και την επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών σε κυτταρικό επίπεδο, κατά μήκος των παράλληλων μονοπατιών (Kandel et al 2000).

Μια μεγάλη επιτυχία των νευρολόγων επιστημόνων είναι ο επακριβής καθορισμός της επίγνωσης, το πώς δηλαδή η πληροφορία μπορεί να φθάσει στον φλοιό μέσω των παράλληλων κεντρομόλων οδών, όπου είναι το «όριο», μαζί με μια μορφή συνειδητής αντίληψης. Πραγματικά η προσδοκία οδηγεί στην επίγνωση, όπου είναι η πορεία της κατανόησης μέσα στην βιολογική βάση της προσοχής και της τελικής συνείδησης (Kandel et al 2000).

2.2.3 Προσανατολισμός

Είναι η ψυχική λειτουργία με την οποία το άτομο έχει σαφή γνώση του χώρου, χρόνου και των στοιχείων της ταυτότητας του, καθώς και των γύρω του προσώπων. Για την ύπαρξη του φυσιολογικού προσανατολισμού, πρέπει να είναι ακέραια η συνείδηση, η αντίληψη, η προσοχή, η μνήμη και ακόμα και το συναίσθημα (Λογοθέτης 2004). Η δυνατότητα ενός φλοιώδους νευρώνα να ανιχνευθεί ο προσανατολισμός μιας άκρης ή της κατεύθυνση της κίνησης προκύπτει από τη χωρική ρύθμιση των νευρώνων εισαγωγής της στον εγκέφαλο (Gardner & Kandel 2000).

2.2.4 Αντίληψη και Συνειδητοποίηση

Η λειτουργία της αντίληψης κατά κάποιο τρόπο προηγείται της λειτουργία της συνείδησης. Αποτελεί μια ψυχοαισθητηριακή λειτουργία όπου γίνεται η μετατροπή των αισθητικών ερεθισμάτων σε πληροφορίες με ψυχολογικό χαρακτήρα. Είναι με άλλα λόγια, η επίγνωση ενός αισθήματος από ερεθίσματα που προέρχονται από αισθητικούς αποδέχτες (αντίληψη) και η αναγνώριση της σημασίας του αισθήματος με την αναφορά του σε όμοιες παλιές εμπειρίες, αφού γίνει η κατάλληλη μνημονική ανάκλαση (συνειδητοποίηση). Έτσι τελικά τα αισθήματα, αφού πάρουν και την ανάλογη συναισθηματική επένδυση ανάλογα με το περιεχόμενό τους, γίνονται συνηδεδιτά βιώματα. Με την αντίληψη και την συνειδητοποίηση το άτομο έχει κάθε στιγμή πραγματική ενημέρωση για ό,τι γίνεται μέσα του και στο περιβάλλον του (Λογοθέτης 2004; Marcel 1983).

2.2.5 Μνήμη

Η μνήμη αποτελεί τη πιο βασική γνωστική λειτουργία και ουσιαστικά το πιο βασικό μέρος της νοημοσύνης. Δίνει την ικανότητα μάθησης και απόκτησης γνώσεων και εμπειριών που

αποθηκεύτηκαν στο παρελθόν. Όταν προσλαμβάνεται μια νέα πληροφορία, χρειάζεται κάποιος χρόνος για την καταχώρηση της, καθώς επενεργούν διάφορες διεργασίες, είτε θετικά ευνοώντας την απομνημόνευση της πληροφορίας, είτε αρνητικά με αποτέλεσμα η πληροφορία να ξεχαστεί. Ως εκ τούτου, έχουμε δύο συστήματα μνήμης, το σύστημα πρόσφατης μνήμης και το σύστημα απώτερης μνήμης. Στην κλινική πράξη συναντάμε μία ακόμη κατηγορία, το σύστημα της άμεσης μνήμης (Λογοθέτης 2004; Purves 2008).

Η άμεση μνήμη (immediate memory) αναφέρεται στην ικανότητα συγκράτησης μίας μικρής πληροφορίας και ανάκληση της με πλήρη ακρίβεια σε χρόνο όχι μεγαλύτερο των λίγων δευτερολέπτων (Λογοθέτης 2004; Cowan & Nelson 1988; 2009; Purves 2008).

Η πρόσφατη μνήμη (working memory) αναφέρεται στην εγχάραξη και συγκράτηση των πληροφοριών για σύντομο χρονικό διάστημα, που επιτρέπει όμως την ενίσχυση των πληροφοριών για μακρότερη διατήρηση. Η ανάκληση των πληροφοριών μπορεί να είναι από λίγα λεπτά μέχρι και λίγες ώρες ή μέρες (ή και εβδομάδες με αποτέλεσμα να οδηγηθούμε σε απώτερη πρόσφατη μνήμη) (Λογοθέτης 2004; Cowan & Nelson 1988; Purves 2008).

Η απώτερη μνήμη (long-term memory) είναι το σύστημα που επιτρέπει την μόνιμη αποθήκευση πληροφοριών κι εμπειριών που προέρχονται ουσιαστικά από την αποθήκη της πρόσφατης μνήμης. Η μακρόχρονη αυτή μνήμη είναι σε διαρκή επανεπεξεργασία σε ολόκληρη την ζωή, όπου μπορεί να ενισχυθεί, να βελτιωθεί, να τροποποιηθεί, να συμπληρωθεί, και να ανακλήθει στο μέλλον. Υποδιαιρείται σε: α) συνειδητή μνήμη όπου είναι η ικανότητα του ατόμου να θυμάται γεγονότα και πληροφορίες και να μπορεί να τα ανακαλεί. Αυτή διακρίνεται στην επεισοδιακή μνήμη που αφορά την ανάκληση γεγονότων και εμπειριών και είναι το κατεξοχήν σύστημα που προσβάλλεται νωρίτερα σε εκφυλιστικές άνοιες όπως η αμνησία, το Alzheimer, Parkinson, Huntington (Gabrieli 1998) και στην σημασιολογική μνήμη που αποτελεί το υπόστρωμα από τη σχολική μόρφωση και γενικά αναφέρεται σε γενικές γνώσεις, ιστορικά γεγονότα, γενικές αρχές, σημασίες λέξεων. Η σημασιολογική μνήμη είναι πιο ανθεκτική από την επεισοδιακή. Επίσης, β) μη συνειδητή μνήμη που αναφέρεται στην απομνημόνευση κινητικών και αντιληπτικών ικανοτήτων, π.χ. μίας δεξιοτεχνίας (Λογοθέτης 2004; Purves 2008).

Το ανατομικό υπόστρωμα της μνήμης περιλαμβάνει το εν τω βάθει τμήμα (ιπποκάμπειο σχηματισμό και υποθαλαμικό-διεγκεφαλικές περιοχές) και δύο επιπολής τμήματα, που περιλαμβάνουν τις οπίσθιες συνειρμικές περιοχές (κροταφοβρεγματικά) και την πρόσθια μετωπιαία περιοχή. Οι μνημονικές εγχαραξίες σχηματίζονται στις εν τω βάθει περιοχές κυρίως στον ιπποκάμπειο σχηματισμό και κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται στις κροταφοβρεγματικές περιοχές, από όπου και ανακλούνται με μετωπιαία μεσολάβηση (Λογοθέτης 2004; Stern et al 1996; Nyberg et al 1996).

2.2.6 Κρίση

Είναι η ικανότητα σύγκρισης και κατανόησης των σχέσεων ανάμεσα σε ιδέες, γεγονότα και αντικείμενα, η ικανότητα διαχωρισμού ανάμεσα στο ουσιαώδες και επουσιώδες και η ικανότητα για λήψη σωστών αποφάσεων με βάση την πείρα που αποκτήθηκε. Ο μετωπιαίος λοβός ευθύνεται και μεσολαβεί, κατά κύριο λόγο, για την λειτουργία της κρίσης (Λογοθέτης 2004).

2.2.7 Σκέψη και αφηρημένη σκέψη

Σκέψη είναι η λειτουργία με την οποία γίνεται δυνατός ο συνδυασμός των ιδεών και η παραγωγή νέων ιδεών, με την συνεργασία της κρίσης, της μνήμης, και άλλων γνωστικών λειτουργιών. Γενικά η σκέψη αποτελεί μια σύνθετη διεργασία όπου για τα επιμέρους τμήματά της ευθύνεται ο βρεγματοϊνιακός και κροταφικός λοβός και για την σύνθεση του συνόλου ο μετωπιαίος λοβός. Το ιδεάτο περιεχόμενο της σκέψης το εκφράζουμε με λόγο. Στην σκέψη διακρίνουμε τον τρόπο παραγωγής, το περιεχόμενο και την πορεία (ειρμός). Η παραγωγή της

σκέψης, φυσιολογικά έχει συνειδητό έλεγχο και κατευθύνεται από την κρίση και την λογική και έτσι ταυτίζεται με την πραγματικότητα και γίνεται ρεαλιστική. Αφηρημένη σκέψη αφορά την ικανότητα του ατόμου να χειρίζεται και να διαχωρίζει έννοιες με αφηρημένο περιεχόμενο (Λογοθέτης 2004).

Η σκέψη με την ωρίμανση του ατόμου περνά διάφορα στάδια εξέλιξης. Στην νηπιακή ηλικία η σκέψη στερείται κοινωνικού χαρακτήρα και ξεφεύγει από την πραγματικότητα. Στην συνέχεια αναπτύσσεται η συγκεκριμένη σκέψη χωρίς γενίκευση των ιδεών ή εμβάθυνση των εννοιών, αλλά που δεν ξεφεύγει από την πραγματικότητα και τη διακρίνει η λογική. Με την ανάπτυξη του ατόμου αναπτύσσεται η αφηρημένη σκέψη όπου το άτομο μπορεί να συνθέτει, να διαφοροποιεί, να κρίνει και να λύνει τα προβλήματά του με ορθολογικό τρόπο και να ενεργεί ανάλογα (Λογοθέτης 2004).

2.2.8 Λόγος

Η ικανότητα προφορικού και γραπτού λόγου καθώς και η κατανόηση του λόγου είναι ανώτερες φλοιϊκές λειτουργίες και περιλαμβάνουν ιδεατό, κινητικό και αισθητηριακό μέρος, τα οποία αντιπροσωπεύονται σε καθορισμένα τμήματα του εγκεφάλου (Λογοθέτης 2004). Η μετωπικός φλοιός ο οποίος περιλαμβάνει τη κινητική συμπληρωματική περιοχή και την πρόσθια έλικα του προσαγωγίου (επίσης γνωστή ως περιοχή Brodmann 24), διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην έναρξη και διατήρηση του λόγου (Dronkers et al 2000).

2.2.9 Γνωσία

Γνωσία είναι η ικανότητα αναγνώρισης αντικειμένων, προσώπων, ήχων και γενικά αναγνώρισης της σημασίας των αισθητικών και αισθητηριακών ερεθισμάτων (οπτικών, ακουστικών, απτικών). Η ακουστική, η οπτική, η απτική, η στερεογνωσία, η γνωσία χώρου, η οπτικοχωρική καθώς και η σωματογνωσία αποτελούν τις κατηγορίες της γνωσίας. Οι λειτουργίες αυτές γίνονται στα αντιληπτά και αισθητικά φλοιϊκά κέντρα πρόσληψης και στις παρακείμενες φλοιϊκές συνειρμικές περιοχές με υποφλοιώδεις συνδέσεις (Λογοθέτης 2004). Ο George Berkeley και ο David Hume υποστήριξαν ότι όλη η γνώση λαμβάνεται μέσω της αισθητηρίου εμπειρίας, από αυτό που βλέπουμε, ακούμε, αισθάνομαστε, δοκιμάζουμε και μυριζόμαστε (Gardner & Martin 2000).

2.2.10 Εκτελεστική λειτουργικότητα

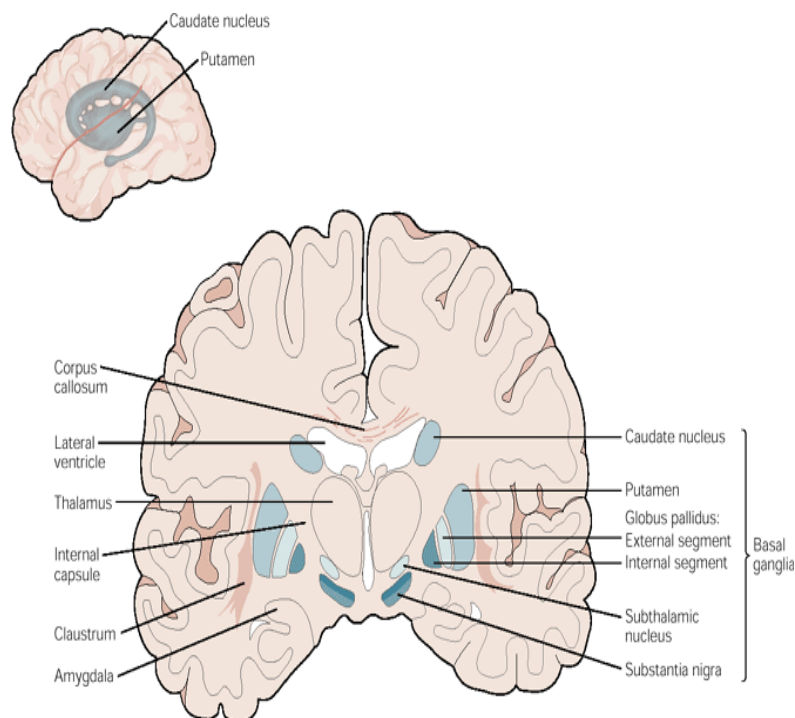
Η σύνθετη αυτή ικανότητα, στην οποία υπεισέρχονται κυρίως η βούληση, η μνήμη, η κρίση και η σκέψη, αφορά στο σχεδιασμό, την οργάνωση και εκτέλεση ενός προγράμματος, τον σχεδιασμό της διαδοχής μίας δραστηριότητας και γενικά την διαμόρφωση της σκέψης και κρίσης γύρω από εκτελεστικές δραστηριότητες. Η ικανότητα αυτή αποτελεί κυρίως λειτουργία του μετωπιαίου λοβού (Λογοθέτης 2004). Οι περιοχές του εγκεφάλου που σχετίζονται με τον εκτελεστικό έλεγχο κατά την διάρκεια εκτέλεσης της κίνησης, φαίνεται να ενεργοποιούνται περισσότερο όταν υπάρχει κάποιος στόχος κατά την εκτέλεση. Αυτό βέβαια είναι μια λειτουργία του κροταφοβρεγματικού λοβού (Saxe et al 2006).

2.3 Σύνδεση εγκεφάλου και νου

Όπως φαίνεται παρακάτω υπάρχει κάποιος τρόπος σύνδεσης μεταξύ τους. Πολύ βασικό ρόλο παίζουν τα βασικά γάγγλια και το λυμπικό σύστημα, τα οποία μεσολαβούν για να γίνει επιχτή η σύνδεση μεταξύ εγκεφάλου και μυαλού. Πιο κάτω θα δούμε πώς λειτουργούν αυτοί οι μηχανισμοί και ποιό είναι το αποτέλεσμα τους.

2.3.1 Βασικά Γάγγλια

Τα βασικά γάγγλια (ή βασικοί πυρήνες) βρίσκονται κάτω από τον εγκεφαλικό φλοιό στην βάση των ημισφαιρίων. Είναι μια ομάδα από πυρήνες στην βάση του εγκεφάλου που συνδέονται με τον εγκεφαλικό φλοιό, το θάλαμο και το εγκεφαλικό στέλεχος (Shumway-Cook & Woollacott 2001). Αποτελούνται από το ραβδωτό σώμα (το κέλυφος του φακοειδούς πυρήνα, το κερκοφόρο πυρήνα και την ωχρά σφαίρα), τον υποθαλαμικό πυρήνα και τη μέλαινα ουσία (εικόνα 2.5) (Shumway-Cook & Woollacott 2001; Fuller & Manfotd 2002). Κυρίαρχο ρόλο παίζουν στην οργάνωση της κίνησης και έχουν ιδιαίτερα μεγάλη σημασία για την έναρξη, τον συντονισμό και τον έλεγχο των κινήσεων (Shumway-Cook & Woollacott 2001; Kandel et al 2000), καθώς και για τις συναισθηματικές, συνειρμικές και γνωστικές λειτουργίες (Trinidad Herrero et al 2002; Alexander et al 1986; Brown et al 1999; Knowlton et al 1996; Nakano 2000; Rolls 1994; Salinas et al 2000; Schultz et al 1997). Δέχονται πληροφορίες από τον φλοιό και όχι από τον νωτιαίο μυελό (Alexander & Crutcher 1990; Cote & Crutcher 1991; Kandel et al 2000), και στη συνέχεια μέσω του εγκεφαλικού στελέχους και του θαλάμου επιστρέφουν σχεδόν όλα τα εκπεμπόμενα σήματα στην κύρια κινητική και συμπληρωματική κινητική περιοχή του φλοιού, όπου αργότερα οι περιοχές αυτές αναλαμβάνουν την επεξεργασία της εκούσιας κίνησης (Shumway-Cook & Woollacott 2001; Kandel et al 2000; Trinidad Herrero et al 2002). Όταν υπάρχει πρόβλημα στα βασικά γάγγλια παρουσιάζεται δυσκίνησια, ακίνησια, βραδυκίνησια (Parkinson), τρόμος (ακούσια κίνηση) και αλλαγή του μυϊκού τόνου (Huntington) (Alexander & Crutcher 1990; Cote & Crutcher 1991; Kandel et al 2000; Trinidad Herrero et al 2002).

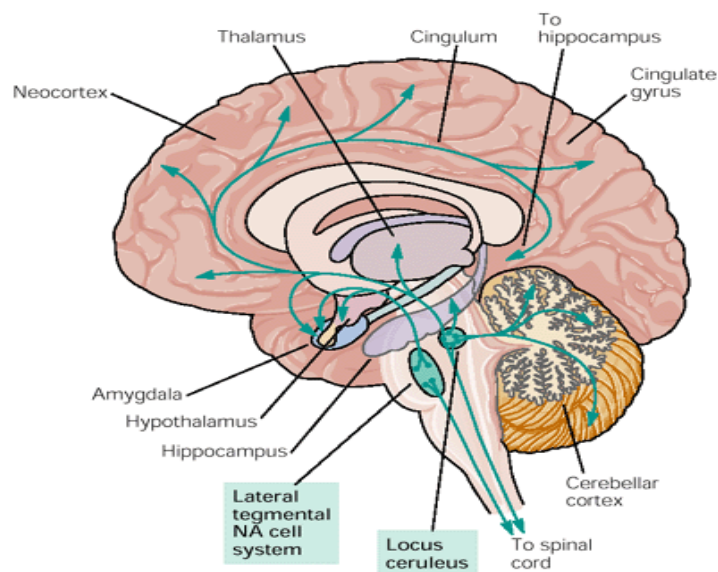


Εικόνα 2.5: Βασικά Γάγγλια

Caudate Nucleus= Κερκοφόρος πυρήνας, Putamen= Κέλυφος του Φακοειδούς, Globus Pallidus= Ωχρά σφαίρα, Subthalamic Nucleus= Υποθαλαμικός πυρήνας, Substantia Nigra= Μέλαινα ουσία (Τροποποιημένο από Kandel 2000)

2.3.2 Λυμπικό Σύστημα

Το Λυμπικό σύστημα αποτελείται από την αμυγδαλή, τον υποθάλαμο και τον ιππόκαμπο (εικόνα 2.6). Έξι νευρωνικά συστήματα στο εγκεφαλικό στέλεχος διαφοροποιούν τις αισθητικές, τις κινητικές λειτουργίες και τα συστήματα διέγερσης. Τα ντοπαμινεργικά μονοπάτια που συνδέουν το μεσεγκέφαλο με το λυμπικό σύστημα (εικόνα 2.6) και το φλοιό, είναι ιδιαίτερα σημαντικά επειδή συμμετέχουν στην ενίσχυση της συμπεριφοράς μέσα από το συναίσθημα και επομένως συμβάλλουν στην απόφαση για εκτέλεση της κινητικής συμπεριφοράς (Kandel et al 2000). Οι ενεργητικές κινητικές απαντήσεις εξαρτώνται από τα υποφλοιώδη μέρη του νευρικού συστήματος, που είναι ειδικές συνδέσεις μεταξύ των αμυγδάλων του εγκεφάλου, του υποθαλάμου, και του προμήκη μυελού και που τελικά, αυτές οι απαντήσεις προετοιμάζουν το σώμα για δράση (Kandel et al 2000).



Εικόνα 2.6: Λυμπικό Σύστημα
Amygdala= Αμυγδαλή, Hypothalamus= Υποθάλαμος, Hippocampus= Ιππόκαμπος
(Τροποποιημένο από Kandel 2000)

2.4 Κινητική Εκμάθηση (Motor Learning)

Ως κινητική εκμάθηση έχει περιγραφεί μια σειρά διαδικασιών συνοδευόμενες από πράξεις ή εμπειρίες που οδηγούν σε αλλαγές προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια δραστηριότητα (Schmidt & Lee 2005; Hikosaka et al 2002). Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να συμπεριλάβει τόσο την απόκτηση όσο και την επανάκτηση της κίνησης. Αναφέρεται στην εκμάθηση νέων στρατηγικών μεθόδων τόσο για την αίσθηση όσο και για την κίνηση. Έτσι, η κινητική εκμάθηση μέσα από την αντίληψη, την συνείδηση, τη γνώση και τη δραστηριότητα, βοηθά το άτομο να τροποποιήσει αλλά και να προσαρμόσει την κινητική δραστηριότητα ανάλογα με το περιβάλλον μέσα στο οποίο εκτελεί την δραστηριότητα (Shumway-Cook & Woollacott 2001; 2007). Η διαδικασία όμως της κινητικής εκμάθησης, στηρίζεται σε νέες στρατηγικές αντίληψης και δράσης και πηγάζει από την αλληλεπίδραση του ατόμου με την δραστηριότητα και το περιβάλλον (Newell 1991). Ομοίως, η ανάκτηση της λειτουργίας εμπλέκει την αναδιοργάνωση των συστημάτων της αντίληψης και της δράσης, σε σχέση με τις συγκεκριμένες δραστηριότητες και το περιβάλλον (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Σημαντική φαίνεται να είναι η συσχέτιση της μάθησης με την μνήμη. Στην πραγματικότητα η μάθηση μπορεί να συμβεί σε όλα τα μέρη του εγκεφάλου. Η μάθηση και η αποθήκευσή της στη μνήμη, φαίνεται να εμπλέκουν τόσο την παράλληλη όσο και την

ιεραρχική διαδικασία μέσα στο Κ.Ν.Σ. Ακόμη και για τις δραστηριότητες απλής μάθησης χρησιμοποιούνται πολλά κανάλια παράλληλης πληροφόρησης και η πληροφόρηση μπορεί να αποθηκευτεί σε πολλές διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου. Φαίνεται ότι οι μηχανισμοί που υπόκεινται στη μάθηση και στη μνήμη είναι οι ίδιοι, ανεξαρτήτως αν η μάθηση γίνεται σε σχετικά απλά ή πολύπλοκα κυκλώματα, ενσωματώνοντας έτσι πολλά από τα τμήματα της ιεραρχίας του Κ.Ν.Σ. (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

2.4.1 Κεντρικοί μηχανισμοί της κινητικής εκμάθησης

Η Κινητική Εκμάθηση σχετίζεται με δύο «κυκλώματα» (Hikosaka et al 2002) και επιτυγχάνεται μέσω της επαναλαμβανόμενης άσκησης (Albouy et al 2006; Doyon et al 1996; Grafton et al 1998; Robertson & Pascual-Leone 2004; Schlaug et al 1994), η οποία προκαλεί την πλαστικότητα του εγκεφάλου (Doyon et al 2009), που αυτό σημαίνει σταδιακή βελτίωση (Karni et al 1998). Το πρώτο κύκλωμα, είναι οι μετωπιαίοι-βρεγματικοί φλοιοί με τα βασικά γάγγλια και το δεύτερο είναι οι μετωπιαίοι-βρεγματικοί φλοιοί με την παρεγκεφαλίδα (Hikosaka et al 2002; Doyon et al 2009), όπου πιο συχνά, η παρεγκεφαλίδα ενεργοποιείται στα αρχικά στάδια της εκμάθησης (Doyon et al 1996; Jenkins et al 1994). Μια σύνθετη ικανότητα όπως, οι κινήσεις της γλώσσας και η δακτυλογράφηση, αποτελούνται από μια σταθερή ακολουθία κινήσεων (Rosenbaum et al 1983; Willingham 1998). Έχει προταθεί πως, κατά την κινητική εκμάθηση, τόσο στις απλές όσο και στις διαδοχικές κινήσεις σημαντικό ρόλο έχει η αισθητικοκινητική περιοχή (Tanji 1996; Doyon et al 2009; Miyachi et al 2006; Luft & Buitrago 2005), η πρόσυμπληρωματική κινητική περιοχή (pro-SMA), η συμπληρωματική κινητική περιοχή (SMA) (Tanji 1996; Doyon et al 2009; Miyachi et al 2006), ο προκινητικός φλοιός (PMC), οι ανώτεροι βρεγματικοί φλοιοί, ο θάλαμος (Doyon et al 2009; Miyachi et al 2006), ο ιππόκαμπος (Doyon et al 2009), τα βασικά γάγγλια (Miyachi et al 2006; Luft & Buitrago 2005) και οι μεσολόβιες περιοχές του προσαγωγίου (Miyachi et al 2006). Επίσης, οι Shima & Tanji (2000), πρότειναν ότι η προ-συμπληρωματική κινητική και συμπληρωματική κινητική περιοχή λειτουργούν μαζί σε διαδοχικές κινήσεις (Tanji 2001). Τι μπορεί όμως να συμβαίνει μέσα στον εγκέφαλο; Μέσω πειραμάτων οι Hikosaka et al (1995), έδειξαν ότι η συμπληρωματική περιοχή είναι η πιο κρίσιμη για την εκμάθηση των νέων διαδοχικών κινήσεων. Πολλοί νευρώνες στην προ-συμπληρωματική περιοχή ενεργοποιούνται κατά την διάρκεια της εκμάθησης των νέων κινήσεων (Nakamura et al 1998). Επίσης, ο προκινητικός και ο αρχικός κινητικός φλοιός (M1) εμπλέκονται στην εκμάθηση των νέων πληροφοριών- ακολουθιών (Procyk et al 2000). Επιπλέον, λειτουργικές και δομικές αλλαγές εμφανίζονται στον αρχικό κινητικό φλοιό (M1) κατά την διάρκεια της απλής εκμάθησης (Hikosaka et al 2002).

Σύμφωνα με αυτές τις παρατηρήσεις, οι λειτουργικές νευροαπεικονιστικές μελέτες, αποκάλυψαν εκείνη την ικανότητα εκμάθησης που έχει ο εγκέφαλος να συνδέεται με την ενεργοποίηση πολλών περιοχών του, όπως του μετωπιαίου και βρεγματικού φλοιού. Οι Sakai et al (1998) και οι Hikosaka et al (2002), έδειξαν ότι υπάρχει μια μετάβαση της ενεργοποίησης από τις μετωπιαίες στις βρεγματικές περιοχές. Με την χρήση λειτουργικής μαγνητικής απεικόνισης, έδειξαν ότι ο πλαγιοπίσθιος προ-μετωπιαίος φλοιός και η προ-συμπληρωματική κινητική περιοχή, ενεργοποιήθηκαν κατά την διάρκεια των πρώτων σταδίων εκμάθησης, ενώ περισσότερες βρεγματικές περιοχές, ενδοβρεγματικές αύλακες και η διάμεση επιφάνεια του βρεγματικού λοβού ενεργοποιήθηκαν στα προχωρημένα στάδια εκμάθησης. Οι Toni et al (1998) και οι Petersen et al (1998), επίσης ανέφεραν δυναμικές αλλαγές στην φλοιώδη ενεργοποίηση κατά την διάρκεια της εκμάθησης, όταν μέτρησαν τις κινήσεις των δάχτυλων των ασθενών τους κατά τη διάρκεια της δακτυλογράφησης.

Η εκμάθηση του κινητικού προτύπου σχετίζεται με την ενεργοποίηση του προ-μετωπιαίου φλοιού και της προ-συμπληρωματικής κινητικής περιοχής, αλλά του μή αισθητικοκινητικού φλοιού (Honda et al 1998). Οι μελέτες έδειξαν ότι διαφορετικές περιοχές

του εγκεφάλου ελέγχουν διαφορετικές πτυχές της μάθησης (Hikosaka et al 2002). Με την συνεχή εξάσκηση, η ακρίβεια της κίνησης αποκτάται νωρίτερα από την ταχύτητα (Hikosaka et al 1995). Επιπλέον, σύμφωνα με κάποιες άλλες μελέτες έχει φανεί ότι το ραβδωτό σώμα, διαδραματίζει ένα κρίσιμο ρόλο στον κινητικό προγραμματισμό (Doyon et al 1996; Grafton et al 1995; Jenkins et al 1994; Jueptner et al 1997; Rauch et al 1995; Schlaug et al 1994; Seitz et al 1990; Afifi 2003; DeLong & Wichmann 2007), στην εκμάθηση, και στην εκτέλεση μιας καινούργιας κινητικής ικανότητας μαζί με τα βασικά γάγγλια (Afifi 2003; DeLong & Wichmann 2007) και επίσης είναι ενεργά κατά την διάρκεια της διαδοχικής εκμάθησης (Doyon et al 1996; Grafton et al 1995; Rauch et al 1995; Rauch et al 1997).

Ο κερκοφόρος πυρήνας, και ο υποθαλαμικός πυρήνας αποτελούν τους εισαγωγικούς πυρήνες δεδομένου ότι λαμβάνουν σημαντικές κεντρομόλες συνδέσεις από τον εγκεφαλικό φλοιό, τον μέσο εγκέφαλο και το θάλαμο, ενώ το εσωτερικό τμήμα της ωχράς σφαίρας, της μέλαινας ουσίας και του δικτυωτού σχηματισμού διαμορφώνει τους πυρήνες παραγωγής που στέλνουν τις πληροφορίες στις μετωπικές φλοιώδεις περιοχές μέσω των θαλαμικών πυρήνων (Afifi 2003; DeLong & Wichmann 2007).

Η εκτέλεση, είτε παρατηρείται κατά την διάρκεια των συνεδριών εξάσκησης είτε κατά την διάρκεια διατήρησης και μεταφοράς των δραστηριοτήτων, είναι το αποτέλεσμα μιας πολύπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ πολλών μεταβλητών, μια εκ των οποίων είναι το επίπεδο της μάθησης. Μερικές άλλες μεταβλητές που μπορεί να επηρεάσουν την εκτέλεση αναφέρονται στην κόπωση, το άγχος και το κίνητρο. Έτσι λοιπόν η εκτέλεση, ανεξαρτήτως του πότε μετριέται, δεν είναι κατανάγκη ένα μέτρο απόλυτης μάθησης. Αυτό συμβαίνει γιατί αλλαγές στην εκτέλεση αντανακλούν όχι μόνο σε αλλαγές στην μάθηση, αλλά και σε αλλαγές σε άλλες μεταβλητές (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Τέλος, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι πολλοί νευρολογικοί μηχανισμοί του εγκεφάλου ενεργοποιούνται κατά την κινητική εκμάθηση, με σκοπό να πραγματοποιηθεί μια δραστηριότητα (Hikosaka et al 2002) και να προκληθεί- παραχθεί η πλαστικότητα του εγκεφάλου σε όλες τις περιοχές του (Doyon et al 2009). Έτσι, αποκτάται και αποθηκεύεται αποτελεσματικά μια δεξιότητα, όπου τα βασικά γάγγλια (Hikosaka et al 2002; Afifi 2003; DeLong & Wichmann 2007) και η παρεγκεφαλίδα διαδραματίζουν τους πιο κρίσιμους ρόλους (Hikosaka et al 2002).

2.4.2 Τα στάδια της κινητικής εκμάθησης

Όπως προαναφέρθηκε πιο πάνω και σύμφωνα με τον Hikosaka et al (2002), η κινητική εκμάθηση είναι μια σειρά διαδικασιών, συνοδευόμενες από πράξεις ή εμπειρίες που οδηγούν σε αλλαγές προκειμένου να πραγματοποιηθεί μια δραστηριότητα. Εξαρτάται από την αλληλεπίδραση τόσο του περιβάλλοντος, όσο και από την συγκεκριμένη κινητική δραστηριότητα. Ενώ ο κινητικός έλεγχος εστιάζεται στην κατανόηση του ελέγχου της κίνησης που έχει ήδη αποκτηθεί, η κινητική εκμάθηση εστιάζεται στην κατανόηση της απόκτησης και της τροποποίησης της κίνησης.

Ως εκ τούτου, σύμφωνα με τους Fitts και Posner (1967) η κινητική εκμάθηση περιλαμβάνει τρία στάδια:

Πρώτο στάδιο: Συνειδησιακό στάδιο (Cognitive stage). Απαιτεί υψηλό επίπεδο συνείδησης και προσοχής από τον ασθενή ο οποίος καλείται:

- Να συγκεντρωθεί και να κατανοήσει την κινητική δραστηριότητα.
- Να αναπτύξει στρατηγικές που θα χρησιμοποιήσει κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας.
- Να καθορίσει πώς θα αξιολογήσει τη συγκεκριμένη κινητική δραστηριότητα.

Δεύτερο στάδιο: στάδιο Συσχέτισης (Associative stage). Μέχρι εδώ ο ασθενής έχει διαλέξει και έχει αποκτήσει ένα συγκεκριμένο τρόπο προκειμένου να εκτελέσει μια συγκεκριμένη

κινητική δραστηριότητα. Στο στάδιο αυτό αρχίζει να την βελτιώνει παρά να προσπαθεί να βρεί εναλλακτικές στρατηγικές (Schmidt & Lee 2005). Δηλαδή, εδώ ο ασθενής προσπαθεί:

- Να αναδιοργανώσει την κίνησή του κομμάτι κομμάτι προκειμένου να βρεί την καλύτερη αντισταθμιστική τεχνική.

Τρίτο στάδιο: Αυτόνομο στάδιο (Autonomous stage). Η κινητική δραστηριότητα πραγματοποιείται ως μια αυτοματοποιημένη κίνηση.

- Απαιτείται λιγότερη προσοχή από τον ασθενή κατά την εκτέλεση της δραστηριότητας.
- Ο ασθενής μπορεί να στρέφει την προσοχή του σε άλλα γενικά πράγματα.

2.5 Κινητικός Προγραμματισμός (Motor Planning)

Ο κινητικός προγραμματισμός σχεδιάζεται για έναν δεδομένο κινητικό στόχο και έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες για να γίνει κατανοητός αυτός ο μηχανισμός (Sakaguchi & Ikeda 2007). Είναι καλά γνωστό ότι οι σύνθετες κινήσεις πρέπει να προγραμματιστούν προτού εκτελεστούν. Το πώς όμως, γίνεται αυτή η προετοιμασία της κίνησης, είναι ακόμα ένα θέμα συζήτησης. Ο κινητικός προγραμματισμός «υπαγορεύει» τα σχετικά μήκη και ακαμψίες των μυών, οι τιμές των οποίων καθορίζουν την θέση του άκρου (Polit & Bizzi 1978; Feldman 1986; Hogan et al 1987). Μέσω έρευνας, έχει φανεί ότι μια αύξηση στην πολυπλοκότητα της συνέχειας της κίνησης, με την προσθήκη περισσότερων στοιχείων, αυξάνει το χρόνο που απαιτείται για να αρχίσει η εκτέλεση (Fischman 1984; Henry & Rogers 1960; Klapp & Wyatt 1976; Klapp et al 1973; 1978; Rosenbaum et al 1983; 1984; Sternberg et al 1978). Επιπλέον, οι Hulstijn και Van Galen (1983; 1988) και Van Mier & Hulstijn (1993) διαπίστωσαν ότι αυτή η επίδραση από την πολυπλοκότητα στο χρόνο αντίδρασης εξαρτήθηκε ιδιαίτερα από την εμπειρία που υπήρχε στις κινήσεις αυτές.

Οι μετωπικές και βρεγματικές περιοχές λειτουργούν μαζί για πολλές πτυχές του κινητικού προγραμματισμού. Οι περιοχές του μετωπιαίου λοβού περιλαμβάνονται σε πολύ υψηλότερου επιπέδου πτυχές του προγραμματισμού και της απόφασης της κίνησης (Miller & Cohen 2001; Wise 1985), ενώ η πρόσθια περιοχή του βρεγματικού λοβού είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία των σωματοαισθητηριακών πληροφοριών (Richard & Cui 2009). Ο οπίσθιος βρεγματικός φλοιός έχει θεωρηθεί σημαντικός για τη προσοχή, την συνειδητοποίηση, και αισθητηριακή ολοκλήρωση (Critchley 1953; Ungerleider & Mishkin 1982; Colby & Goldberg 1999). Τα τελευταία χρόνια, διάφορες μελέτες προτείνουν ότι, ο οπίσθιος βρεγματικός φλοιός εμπλέκεται σε αυτές τις αισθητήριες λειτουργίες, και επίσης έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ σημαντικός και για την κίνηση (Mountcastle et al 1975; Andersen 1987; Andersen & Buneo 2002; Gold & Shadlen 2007; Rizzolatti et al 1997; Kalaska et al 1997; Johnson et al 1996; Burnod et al 1999; Lacquaniti et al 1995; Graziano & Gross 1998; Desmurget et al 2009; Rushworth et al 2001), ενώ ο πρόσθιος μετωπιαίος λοβός περιλαμβάνει τα κυκλώματα αυτών των μηχανισμών- διαδικασιών (Andersen et al 1990; Goldman-Rakic 1988).

Ένα ενδεικτικό παράδειγμα του γνωστικού επιπέδου, είναι ότι οι στόχοι για τις οπτικά καθοδηγημένες κινήσεις κωδικοποιούνται κυρίως μέσω του οπτικού συντονισμού παρά του συντονισμού των μυών στη βρεγματική περιοχή (Richard & Cui 2009). Οι τέσσερις ρόλοι του οπίσθιου βρεγματικού φλοιού και των σχετικών μετωπικών περιοχών στους αισθητικοκινητικούς μετασχηματισμούς σχετικά με τη δράση περιλαμβάνουν τον προγραμματισμό της κίνησης, την απόφαση για εκτέλεση, τον σχηματισμό των εσωτερικών προτύπων, και τον συντονισμό της κίνησης (Richard & Cui 2009). Ο οπίσθιος βρεγματικός φλοιός περιέχει και ενώνει κατά ένα μεγάλο μέρος δύο περιοχές, τις περιοχές Brodmann V και VI ή Von Economo's περιοχές PF και PG (Richard & Cui 2009). Σαν χαρακτηριστικό της ένωσης των δύο περιοχών (λειτουργία του οπίσθιου βρεγματικού φλοιού), θεωρείται ότι

λαμβάνει κεντρομόλες πληροφορίες, για να διαμορφώσουν ένα πλάνο και έπειτα τις στέλνει στις μετωπιαίες κινητικές περιοχές για να καθοδηγηθεί και να παραχθεί η κίνηση (Richard & Cui 2009). Επιπλέον, ο οπίσθιος βρεγματικός φλοιός εμπλέκεται ενεργά στον προγραμματισμό της κίνησης (Mountcastle et al 1975; Gnatd & Andersen 1988) και έχει βρεθεί ότι οι περιοχές του κωδικοποιούν τα διάφορα είδη κινήσεων, που συνδέονται με τα διάφορα μέλη του σώματος. Η περιοχή V αντιπροσωπεύει τις πληροφορίες για την κίνηση των άκρων (Lacquaniti et al 1995; Kalaska et al 1997), ενώ η πρόσθια βρεγματική περιοχή είναι για τον έλεγχο της κίνησης (Sakata et al 1997; Baumann et al 2009) και συνδέεται με το πρόκινητικό φλοιό (PMv) (Tanne-Gariepy et al 2002) για τον έλεγχο των κινήσεων (Rizzolatti et al 1988). Ένα επιπρόσθετο στοιχείο έρχεται από τον Marsden (1980), που ανέφερε ότι, και τα βασικά γάγγλια, και συγκεκριμένα ο κερκοφόρος πυρήνας και το ραβδωτό σώμα λαμβάνουν κεντρομόλες πληροφορίες, όπου το ραβδωτό σώμα τις επεξεργάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην μπορούν συχνά να εισάγονται στη συνειδητοποίηση. Στην συνέχεια συνδέονται με την ωχρά σφαίρα και τον εγκεφαλικό φλοιό, παίζοντας έτσι σημαντικό ρόλο στον προγραμματισμό και στον έλεγχο της κίνησης (Marsden 1980).

Ο ρόλος της όρασης στον κινητικό προγραμματισμό, είναι μια προϋπόθεση για την εκτέλεση των ακριβών κινήσεων, γιατί η προσοχή στρέφεται στο κινούμενο άκρο και όχι στο στόχο. Έτσι, η οπτική παρακολούθηση του κινούμενου άκρου ενισχύει την ακρίβεια του στόχου, και μέσω του προγραμματισμού των κινήσεων η εστίαση γίνεται στην κίνηση, και όχι στο στόχο. Ο βαθμός στον οποίο μια τέτοια στρατηγική επηρεάζει αρνητικά τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων απαιτεί μια μελλοντική εξέταση (Steenbergen et al (forthcoming)).

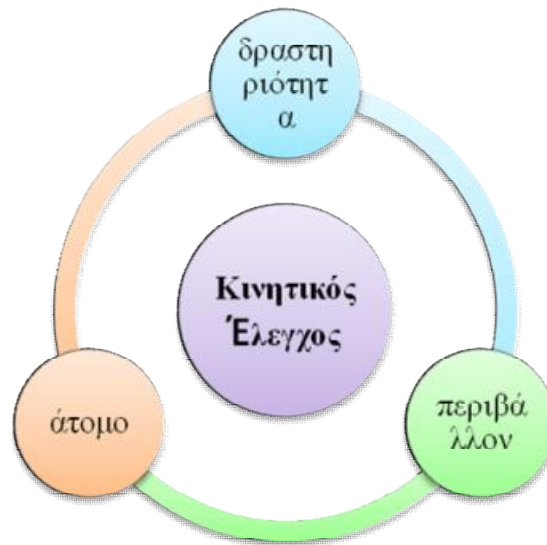
Ο αρχικός στόχος από τις προσπάθειες αποκατάστασης, όπως η φυσικοθεραπεία και η επαγγελματική θεραπεία, είναι να αυξηθεί η αρμονία της κίνησης, να αποτραπεί η παραμόρφωση και να επέλθει η σταθερότητα (Steenbergen & Gordon 2006). Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο κινητικός προγραμματισμός βελτιώνεται με την εντατική εξάσκηση (Duff & Gordon 2003).

2.6 Κινητικός Έλεγχος

Η κινητική εκμάθηση και ο κινητικός προγραμματισμός συνδέονται μεταξύ τους μέσω του κινητικού ελέγχου, που ως κινητικό έλεγχο ορίζουμε τη μελέτη της φύσης και την αιτία της κίνησης. Λέγοντας κινητικό έλεγχο ορίζονται δύο έννοιες. Αρχικά πραγματεύεται η σταθεροποίηση του σώματος στον χώρο, την εφαρμογή δηλαδή του κινητικού ελέγχου σε σχέση με τον έλεγχο της στάσης και της ισορροπίας. Κατά δεύτερο, πραγματεύεται η κίνηση του σώματος στον χώρο, την εφαρμογή δηλαδή του κινητικού ελέγχου σε σχέση με την κίνηση. Άρα ο όρος κινητικός έλεγχος συμπεριλαμβάνει τον έλεγχο τόσο της κίνησης όσο και της στάσης (Shumway-Cook & Woollacott 2007). Ο όρος κινητικός έλεγχος από μόνος του είναι κάπως παραπλανητικός καθώς η κίνηση αρχίζει από την αλληλεπίδραση πολλαπλών διαδικασιών, συμπεριλαμβανομένου της αντίληψης, της δράσης, και της γνώσης. Η αντίληψη είναι ουσιαστική για την δράση, όπως και η δράση είναι ουσιαστική για την αντίληψη. Οι δραστηριότητες εκτελούνται υπό την επίδραση του περιβάλλοντος καθώς τα αισθητικο-αντίληπτικά συστήματα παρέχουν πληροφορίες για το σώμα και το περιβάλλον και είναι πλήρως ολοκληρωμένα όσον αφορά την ικανότητα να δρουν αποτελεσματικά μέσα στο περιβάλλον (Bernstein 1967). Μέσα από αυτό, για τη κατανόηση του κινητικού ελέγχου απαιτείται η μελέτη της αντίληψης (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Επιπρόσθετα, δεδομένου ότι η κίνηση εκτελείται όταν υπάρχει σκοπός, οι γνωστικές διαδικασίες είναι ουσιαστικές για τον κινητικό έλεγχο. Λέγοντας γνωστικές διαδικασίες εννοούμε τη προσοχή, το κίνητρο και τις συναισθηματικές πλευρές του κινητικού ελέγχου

που υπόκεινται στον καθορισμό του σκοπού ή των στόχων. Ο κινητικός έλεγχος περιλαμβάνει τα συστήματα αντίληψης και δράσης, τα οποία είναι οργανωμένα ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένοι στόχοι και σκοποί. Έτσι, η μελέτη του κινητικού ελέγχου πρέπει να συμπεριλάβει τη μελέτη των γνωστικών διαδικασιών, οι οποίες σχετίζονται με τον έλεγχο της αντίληψης και της δράσης (Shumway-Cook & Woollacott 2007). Επίσης, ο κινητικός έλεγχος εστιάζει στην αλληλεπίδραση του ατόμου, των δραστηριοτήτων του και των επιδράσεων του περιβάλλοντος (εικόνα 2.7). Στην πιο κάτω εικόνα απεικονίζεται αυτή η ιδέα, ότι δηλαδή η κίνηση πηγάζει από την αλληλεπίδραση των τριών αυτών παραγόντων (Shumway-Cook & Woollacott 2007).



Εικόνα 2.7: Εμφάνιση του κινητικού ελέγχου από την αλληλεπίδραση μεταξύ του ατόμου, της δραστηριότητας, και του περιβάλλοντος (Τροποποιημένο από Shumway-Cook & Woollacott 2007)

2.6.1 Η θεωρία του κινητικού ελέγχου και τα μοντέλα του στον εγκέφαλο

Όπως έχουμε προαναφέρει πιο πάνω, η θεωρία του κινητικού ελέγχου σχετίζεται με τη φύση και την αιτία της κίνησης. Αυτή η θεωρία βασίζεται σε μοντέλα λειτουργίας του εγκεφάλου. Το κάθε μοντέλο ξεχωριστά αναπαριστά μια πιο απλοποιημένη έκδοση του αληθινού πράγματος. Όσο καλύτερο είναι, τόσο καλύτερη είναι και η πρόβλεψη για το πως θα αντιδράσει αυτό σε μια συγκεκριμένη κατάσταση. Ο εγκέφαλος είναι τόσο πολύπλοκος και το μοντέλο λειτουργίας του εγκεφάλου χρειάζεται για να μπορεί να αναπαραστήσει και ως ένα βαθμό να απλοποιήσει τις πολύπλοκες ιδέες. Ένα μοντέλο της εγκεφαλικής λειτουργίας που σχετίζεται με τον κινητικό έλεγχο είναι μια απλοποιημένη αναπαράσταση της δομής και της λειτουργίας του εγκεφάλου, όπως αυτή σχετίζεται με τον συντονισμό της κίνησης. Συνεπώς, οι θεωρίες του κινητικού ελέγχου και τα μοντέλα της εγκεφαλικής λειτουργίας φαίνεται να συνδέονται μεταξύ τους (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Υπάρχουν πολύ περισσότερες από μια θεωρίες για τον κινητικό έλεγχο. Οι διαφορετικές θεωρίες για τον κινητικό έλεγχο αντανακλούν διαφορετικές απόψεις σχετικά με τον τρόπο τον οποίο ο εγκέφαλος ελέγχει την κίνηση. Για παράδειγμα, κάποιες θεωρίες τονίζουν περιφερικές επιρροές, ενώ άλλες μπορεί να τονίζουν το ρόλο της πληροφορίας από το περιβάλλον για τον έλεγχο της κινητικής συμπεριφοράς. Έτσι, οι θεωρίες του κινητικού ελέγχου είναι κάτι παραπάνω από μια απλή προσέγγιση στο πρόβλημα της εξήγησης της δραστηριότητας (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Είναι ασαφές όμως, κατά πόσο τα φυσιολογικά μοντέλα εγκεφαλικής λειτουργίας (Αντανακλαστικό, Ιεραρχικό, Συστηματικό) είναι προαπαιτούμενα για την λειτουργική συμπεριφορά. Εν συνεχεία, δίνονται κάποια στοιχεία για την καλύτερη κατανόηση των εγκεφαλικών μοντέλων του κινητικού ελέγχου.

Αντανακλαστικό Μοντέλο: το σημαντικότερο στοιχείο του αντανακλαστικού μοντέλου είναι το αντανακλαστικό τόξο (ερέθισμα- απάντηση). Το αντανακλαστικό μονοπάτι αποτελείται από ερεθισμό του υποδοχέα, μεταβίβαση μέσω των προσαγωγών ινών στο κεντρικό νευρώνα και από εκεί μέσω απαγωγών ινών καταλήγει στο εκτελεστικό όργανο και μυ. Ο αντανακλαστικός έλεγχος της κίνησης αφορά νωτιαία, υπερωτιαία επίπεδα του κεντρικού νευρικού συστήματος και μακριά κυκλώματα νευρικών ινών. Η αισθητική επαναπληροφόρηση είναι το κλειδί για την ικανότητα της λειτουργικής κίνησης. Το αντανακλαστικό μοντέλο τροποποιείται από διάφορους ανασταλτικούς μηχανισμούς και δραστηριοποιείται ποικιλοτρόπος κατά την διάρκεια διαφόρων κινήσεων. Επιπλέον, επηρεάζεται από διάφορες νευρολογικές καταστάσεις (Horak 1991).

Ιεραρχικό Μοντέλο: Πολλοί ερευνητές συνέφεραν στην άποψη ότι το νευρικό σύστημα είναι οργανωμένο ιεραρχικά (Shumway & Woollcott 2000). Ο Hughlings Jackson (1977), ένας άγγλος ιατρός υποστήριξε ότι ο εγκέφαλος έχει ανώτερα, μεσαία και κατώτερα επίπεδα ελέγχου που αντιστηθούν σε ανώτερες περιοχές σύνδεσης, στον κινητικό φλοιό και στα νωτιαία επίπεδα της κινητικής λειτουργίας (Foerster 1977). Η ιεραρχική θεωρία του κινητικού ελέγχου, γενικά έχει οριστεί ως μια δομή οργάνωσης από πάνω προς τα κάτω (Horak 1991; Magnus 1925; 1926). Αυτό σημαίνει ότι κάθε διαδοχικό ανώτερο επίπεδο ασκεί έλεγχο στο επίπεδο που είναι κάτω από αυτό. Πρόκειται για μια αυστηρή κάθετη ιεραρχία όπου οι γραμμές ελέγχου δεν διασταυρώνονται και δεν υπάρχει ποτέ έλεγχος από κάτω προς τα πάνω (Magnus 1925; 1926). Επίσης, ο Magnus (1925; 1926), βρήκε ότι τα αντανακλαστικά ελέγχονται από τα κατώτερα επίπεδα της ιεραρχίας που αντιπροσωπεύουν, μόνο όταν υπάρχει βλάβη στα ανώτερα φλοιϊκά κέντρα. Αυτή η θεωρία του κινητικού ελέγχου, προκύπτει από τα αντανακλαστικά που είναι τοποθετημένα μέσα στην ιεραρχική οργάνωση των επιπέδων του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος (Weisz 1938). Οι Gesell & Amatruda (1947) και ο Gesell (1954), δυο πολύ καλοί ερευνητές μέσω πειραμάτων τους ανέφεραν ότι, αυτή η συμπεριφορά της ιεραρχίας των αντανακλαστικών του κινητικού ελέγχου, είναι μια φυσιολογική ανάπτυξη τόσο της κίνησης όσο και του Κ.Ν.Σ και αυτό το ονόμασαν νευροαναπτυξιακή θεωρία.

Τα ανώτερα κέντρα του ιεραρχικού μοντέλου προσδιορίζουν όλο και πιο πολύπλοκες λειτουργίες της κίνησης. Αυτή η ιεραρχία των κινητικών αντιπροσωπεύσεων εξαρτάται από μια παράλληλη ιεραρχία των αισθητικών εισροών. Μια πιο περίπλοκη αισθητική πληροφορία εξάγεται σε κάθε κέντρο από τον νωτιαίο μυελό προς τον κινητικό φλοιό. Οι αυτόματες συμπεριφορές περιλαμβάνουν τις ρυθμικές συμπεριφορές, όπως είναι η αναπνοή και το τρέξιμο, καθώς επίσης και τις αντανακλαστικές, όπως το αντανακλαστικό του τερακεφάλου ή του βήχα. Εξαιτίας των αντανακλαστικών και αυτόματων ρυθμικών κινήσεων, οι οποίες είναι στερεότυπες σε αντίθεση με τις εκούσιες κινήσεις, οι αντανακλαστικές και οι εκούσιες κινήσεις ελέγχονται από διαφορετικούς νευρικούς μηχανισμούς (Kandel et al 2000). Βασική αρχή είναι ότι τα κινητικά προγράμματα αποθηκεύονται κεντρικά, μέσα σε πολλαπλές κινητικές περιοχές του εγκεφάλου. Έτσι, η κινητική δραστηριότητα αρχίζει να ελέγχεται και να συντονίζεται από κεντρικούς μηχανισμούς οι οποίοι δρουν με ιεραρχική βάση. Επιπλέον, τα κινητικά προγράμματα αποθηκεύονται και σε άλλες περιοχές του κεντρικού νευρικού συστήματος και όχι μόνο στον εγκέφαλο.

Συστηματικό Μοντέλο: είναι ένα πολυσυστηματικό μοντέλο το οποίο αναλύει και επεξεργάζεται την πληροφορία συμβάλλοντας στην κατανόηση του κινητικού ελέγχου. Το μοντέλο αυτό είναι το ενακτήριο λάκτισμα για την ανάπτυξη της κινητικής εκμάθησης.

Μια σημαντική πλευρά πρόσφατης εργασίας, είναι η μελέτη για την σχέση μεταξύ του οφέλους στην κινητική λειτουργία και των αλλαγών στα μοντέλα εγκεφαλικής ενεργοποίησης που μπορεί να ελέγχουν την αποκατάσταση της λειτουργίας (Boyd et al 2007).

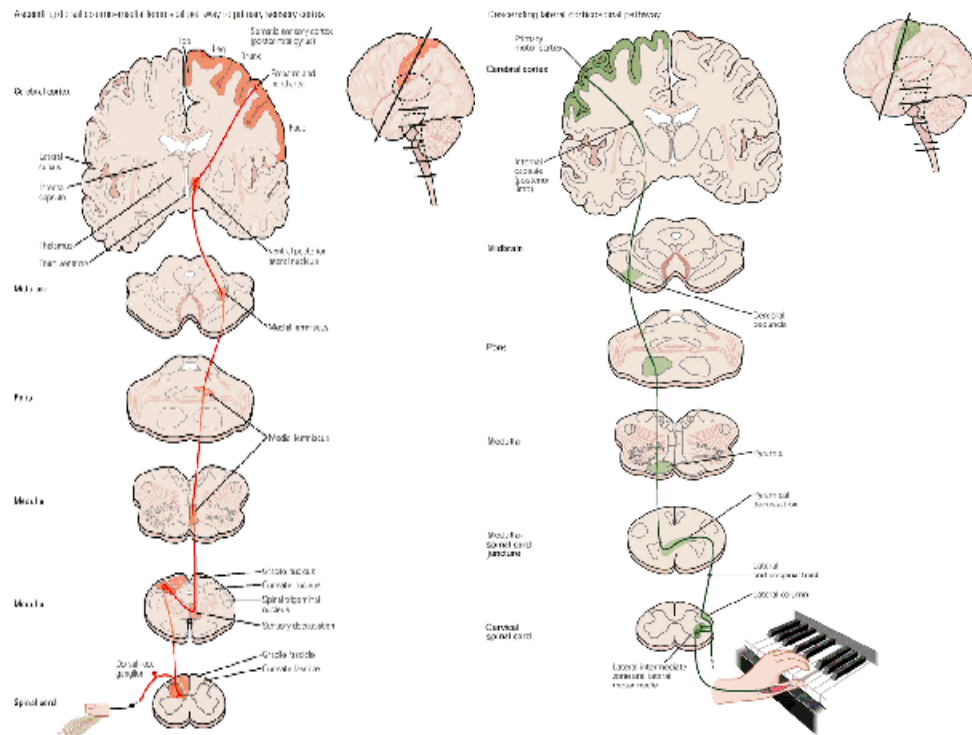
2.6.2 Περνώντας από την θεωρία στη πράξη

Ο κινητικός έλεγχος είναι μέρος της θεωρητικής βάσης για την κλινική εφαρμογή. Οι πράξεις των θεραπειών βασίζονται σε υποθέσεις που πηγάζουν από τις θεωρίες. Οι συγκεκριμένες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση και στη θεραπεία ασθενούς με διαταραχή του κινητικού ελέγχου καθορίζονται από τις υποκείμενες υποθέσεις σχετικά με τη φύση και την αιτία της κίνησης. Η θεωρία μπορεί να βοηθήσει τους θεραπευτές να ερμηνεύσουν την κινητική συμπεριφορά ή τις πράξεις των ασθενών που θεραπεύουν. Η θεωρία επιτρέπει στον θεραπευτή να προχωρήσει πέρα από τη συμπεριφορά ενός ασθενούς και να διευρύνει την εφαρμογή της σε ένα πολύ μεγαλύτερο αριθμό περιπτώσεων (Shepard 1991). Αυτή η κλινική εφαρμογή αγόμενη από υποθέσεις μετατρέπει το θεραπευτή σε ενεργό λυτή προβλημάτων (Rothstein & Echternach 1986). Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση αυτή για την επανεκπαίδευση του διαταραγμένου κινητικού ελέγχου, οι θεραπευτές καλούνται να γενικεύσουν πολλαπλές υποθέσεις σχετικές με το ερώτημα, κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποκτήσουν λειτουργική ανεξαρτησία. Κατά τη διάρκεια των συνεδριών, ο θεραπευτής θα ελέγξει διάφορες υποθέσεις, θα απορρίψει μερικές και θα γενικεύσει νέες επεξηγήσεις, περισσότερο συνεπείς με τα αποτελέσματά τους (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

Οι θεραπευτές εξετάζουν τα μοντέλα πάνω στα οποία βασίζεται μεγάλο μέρος της κλινικής εφαρμογής. Επίσης, αναγνωρίζουν τους περιορισμούς των παλιών θεωριών και τις επεκτεινόμενες δυνατότητες των νέων λύσεων που βασίζονται πάνω στα καινούργια μοντέλα του κινητικού ελέγχου και της επανάκτησης της λειτουργίας. Είναι σημαντικό να καταλάβουμε ότι όλα τα μοντέλα ενοποιούνται από την επιθυμία να γίνει κατανοητή η φύση και η αιτία της κίνησης (Shumway-Cook & Woollacott 2007).

2.6.3 Οργάνωση της κίνησης

Το κινητικό σύστημα του εγκεφάλου καθώς και του νωτιαίου μυελού, μας επιτρέπει την διατήρηση της ισορροπίας και της στάσης, την κίνηση του σώματος, των άκρων, των ματιών και την επικοινωνία μεταξύ του λόγου και της κίνησης (Ghez & Krakauer 2000). Σε αντίθεση με το αισθητικό σύστημα, το οποίο μεταφέρει την ενέργεια μέσω των νευρικών ώσεων, το κινητικό σύστημα παράγει την κίνηση από την μεταφορά των νευρικών ώσεων μέσω συστατικής δύναμης στους μύες. Μέσω των αντιληπτικών ερεθίσματος το αισθητικό σύστημα, ανιχνεύει, αναλύει και εκτιμά το φυσικό ερέθισμα, την ευκινησία της κίνησης καθώς και την επιδεξιότητα. Αυτά με την σειρά τους, αντανακλούν στο κινητικό σύστημα με στόχο να σχεδιάζονται, να συντονίζονται και να εκτελούνται οι κινήσεις. Όπως για παράδειγμα, η πιρουνέτα μιας μπαλαρίνας, η τεχνική των δακτύλων ενός πιανίστα και η συντονισμένη κίνηση των ματιών ενός αναγνώστη, απαιτούν άρτια ικανότητα κίνησης και όχι ρομποτικές-τυποποιημένες προσεγγίσεις (Ghez & Krakauer 2000). Το κινητικό σύστημα, εκτελεί με ευκολία κάθε μια από αυτές τις δεξιότητες, εκτελώντας αυτόματα το μεγαλύτερο κομμάτι της κίνησης (Ghez & Krakauer 2000) (εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8: Αισθητικό και Κινητικό μονοπάτι

Αριστερά βλέπουμε το αισθητικό σύστημα το οποίο μέσω των νευρικών ώσεων μεταφέρει την ενέργεια στον σωματοαισθητικό φλοιό και δεξιά το κινητικό σύστημα που παράγει την κίνηση από τον κινητικό φλοιό με την μεταφορά των νευρικών ώσεων μέσω συσταλτής δύναμης στους μύες (Τροποποιημένο από Kandel 2000)

Σύμφωνα με τους Ghez και Krakauer (2000) η ικανότητα του ανθρώπου να πραγματοποιεί κινήσεις, καθώς προετοιμάζει την εκτέλεση μιας άλλης λειτουργίας, όπως το να σκέφτεται κάτι καθώς κάνει μια εργασία ή το να μιλάει καθώς προχωράει, απαιτεί μεγάλη ικανότητα και δεξιότητα, κάτι το οποίο οδηγεί τον άνθρωπο στο να ξεχωρίζει από τα υπόλοιπα είδη. Μια εντυπωσιακή άποψη για την λειτουργία της κίνησης, είναι η άνεση με την οποία ο άνθρωπος πραγματοποιεί πολύπλοκες λειτουργίες, χωρίς να απαιτείται σκέψη για το ποια άρθρωση θα πρέπει να κινήσει ή ποιο μυ θα πρέπει να συσπάσει.

Η ποιότητα της φυσιολογικής κίνησης πραγματοποιείται αυτόματα και εξαρτάται από την συνεχή ροή των οπτικών, των σωματοαισθητικών καθώς και των ορθοστατικών πληροφοριών του κινητικού συστήματος. Η ποιότητα του φυσιολογικού κινητικού ελέγχου, χάνεται πολύ συχνά, όταν το κινητικό σύστημα σταματά να δέχεται αισθητικές πληροφορίες από την οπτική, σωματική αίσθηση καθώς και από τις εισροές του αιθουσαίου. Η όραση φαίνεται να είναι σημαντική καθώς οδηγεί την κίνηση και προάγει τις πληροφορίες της αντίληψης για την τοποθεσία και το σχήμα των αντικειμένων (στερεογνωσία). Οι τυφλοί θα πρέπει να ερευνησουν τον χώρο χρησιμοποιώντας την αφή και την κιναισθησία, ενώ βασίζονται περισσότερο στην μνήμη και ως εκ τούτου να θυμούνται την τοποθεσία των αντικειμένων, σε αντίθεση με τα άτομα που δεν είναι τυφλοί. Παρομοίως, οι κινήσεις γίνονται ανακριβείς και η ορθοστάτηση ασταθής όταν η σωματική αίσθηση χάνεται από τα άκρα. Επιπροσθέτως, η έλλειψη των εισροών του αιθουσαίου καταστρέφει την ικανότητα διατήρησης της ισορροπίας και του προσανατολισμού (Ghez & Krakauer 2000).

2.6.4 Οπτικός Φλοιός

Ο όρος οπτικός φλοιός αναφέρεται στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό (ταινιωτός φλοιός ή περιοχή V1) και στον εξωταινιωτό φλοιό, δηλαδή σε περιοχές όπως η V2, η V3, η V4 και η V5. Ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός αντιστοιχεί ανατομικά στην περιοχή Brodmann 17 (αλλιώς BA17) και ο εξωταινιωτός φλοιός αντιστοιχεί στις περιοχές Brodmann 18 και 19. Βρίσκεται στο οπίσθιο μέρος του ινιακού λοβού, γύρω και μέσα στην πληκτραία σχισμή. Είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων και αποτελεί το πρώτο, απλούστερο επίπεδο επεξεργασίας της οπτικής πληροφορίας στον εγκεφαλικό φλοιό. Είναι μία περιοχή έντονα εξειδικευμένη στην επεξεργασία πληροφορίας ακίνητων ή κινούμενων αντικειμένων, καθώς και στην αναγνώριση προτύπων (Goodale & Milner 1992).

Δέχεται πληροφορίες κυρίως από το έξω γονατώδες σώμα του θαλάμου. Η V1 μεταδίδει την πληροφορία μέσω των δύο κύριων μονοπατιών, το ραχιαίο και το κοιλιακό (Goodale & Milner 1992). Το ραχιαίο μονοπάτι ξεκινά στην V1, περνά από την V2, προχωρά στην μεσοραχιαία περιοχή (V6), την οπτική περιοχή MT (ή V5) και καταλήγει στο κάτω βρεγματικό λοβίδιο. Το ραχιαίο μονοπάτι (που αφορά την ερώτηση "που;") σχετίζεται με την κίνηση, την αναπαράσταση της θέσης των αντικειμένων και την κίνηση των ματιών και των χεριών ειδικά στην περίπτωση που η οπτική πληροφορία χρησιμοποιείται για σακκαδικές κινήσεις των ματιών (σακκαδικές είναι οι κινήσεις των ματιών, όπου επιτυγχάνεται η μέγιστη οπτική οξύτητα στον αμφιβληστροειδή, και κατόπιν η σταθεροποίηση των ματιών πάνω στην εικόνα που συνεισφέρει στην περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία της) ή για κινήσεις έκτασης του χεριού (Goodale & Milner 1992). Το κοιλιακό μονοπάτι ξεκινά στην V1, περνά από την V2, προχωρά στην V4 και καταλήγει στον κάτω κροταφικό λοβό. Το κοιλιακό μονοπάτι (που αφορά την ερώτηση "τι;") αφορά την αναγνώριση της μορφής και την αναπαράσταση των αντικειμένων. Σχετίζεται επίσης με τη μακρόχρονη μνήμη (Goodale & Milner 1992). Η διχοτόμηση των δύο μονοπατιών σε ραχιαίο/κοιλιακό (εναλλακτικά σε "που/τι" ή "δράση/αντίληψη") (Goodale & Milner 1992), προτάθηκε για πρώτη φορά από τους Ungerleider και Mishkin το (1982). Το πιο πιθανόν είναι ό,τι αποτελεί μία απλοποίηση της κατάστασης στον οπτικό φλοιό. Μια θεώρηση χωρίζει το ραχιαίο μονοπάτι σε δύο ξεχωριστά μονοπάτια, ένα που αφορά τον έλεγχο της κίνησης τη στιγμή που γίνεται και ένα που αφορά τον προγραμματισμό της κίνησης, την αντίληψη του χώρου και την αναγνώριση/κατανόηση της κίνησης (Rizzolatti & Matelli 2003).

Οι νευρώνες του οπτικού φλοιού πυροδοτούνται όταν εμφανίζονται οπτικά ερεθίσματα μέσα στο υποδεκτικό τους πεδίο. Το υποδεκτικό πεδίο ενός νευρώνα είναι η περιοχή του οπτικού πεδίου στην οποία αν εμφανιστεί το κατάλληλο ερέθισμα θα προκληθεί η πυροδότηση του νευρώνα. Οι νευρώνες είναι επιλεκτικοί ως προς το κατάλληλο οπτικό ερέθισμα. Για παράδειγμα, νευρώνες της περιοχής V1 μπορεί να πυροδοτούνται όταν εμφανιστεί μία γραμμή συγκεκριμένου προσανατολισμού στο οπτικό τους πεδίο. Επίσης, όσο η πληροφορία προχωρά προς τις εξωταινιώδεις περιοχές τα κατάλληλα ερεθίσματα γίνονται όλο και πιο περίπλοκα. Έτσι, ένας νευρώνας του κάτω κροταφικού λοβού μπορεί να πυροδοτηθεί μόνο όταν εμφανιστεί στο υποδεκτικό του πεδίο (Rizzolatti & Matelli 2003). Ο οπτικός φλοιός τροφοδοτείται με αίμα κυρίως από τον πληκτραίο κλάδο της οπίσθιας εγκεφαλικής αρτηρίας (Rizzolatti & Matelli 2003). Εν κατακλείδι, η όραση παίζει σημαντικό ρόλο και στην παραγωγή της κίνησης αλλά και στο κίνητρο.

2.7 Μη φυσιολογική Κινητική Εκμάθηση και μη φυσιολογικός Κινητικός Προγραμματισμός

Όταν το Κ.Ν.Σ προσβληθεί από κάποια νόσο, οδηγεί άμεσα την Κινητική Εκμάθηση και τον Κινητικό Προγραμματισμό σε ασθένειες. Πιο κάτω γίνεται μια μικρή αναφορά σε κάποιες από αυτές τις ασθένειες.

2.7.1 Parkinson (PD)

Τα βασικά γάγγλια και ο προμετωπιαίος φλοιός σχηματίζουν ένα δίκτυο το οποίο είναι απαραίτητο για τις κινήσεις σχεδιασμού, και για τις στοχοκατευθυνόμενες- αντιληπτικές ασκήσεις που συνδέονται με την κινητική εκμάθηση (Boyd & Winstein 2004; Boecker et al 1998; Dagher et al 2001; Owen et al 1998). Βλάβη, ιδιαίτερα στα βασικά γάγγλια, διαταράσσει την δυνατότητα επίδειξης ικανοτήτων, ακόμα και όταν το απαιτούμενο κινητικό αποτέλεσμα είναι στο ελάχιστο (Salmon 1995; Knowlton 1996; Harrington et al 1990; Bondi et al 1993). Στο Parkinson (PD) επικρατεί το καμπτικό πρότυπο και ο εκφυλισμός των βασικών γαγγλίων, σαν αποτέλεσμα της απώλειας της ραβδωτής ντοπαμίνης, προκαλεί μια εντυπωσιακή ποικιλία κινητικών δυσλειτουργιών, όπως: τρόμο, ακούσιες κινήσεις, πτωχή και βραδεία κινητικότητα, μεταβολές του μυικού τόνου και των γνωστικών διαδικασιών (Knowlton 1996; Carr & Shepherd 1998). Οι άνθρωποι με PD έχουν ένα βαθύ γνωστικό φάσμα αναπηριών, συμπεριλαμβανομένου των προβλημάτων κινητικού σχεδιασμού, των προβλημάτων ικανότητας κινητικής εκμάθησης και ασάφιας εκμάθησης ή εκμάθησης της συνήθειας (Knowlton 1996). Το σύνθημα είναι ότι οι πυρήνες των βασικών γαγγλίων (κερκοφόρος πυρήνας και το κέλυφος του φακοειδούς πυρήνα), μαζί με τον προμετωπιαίο φλοιό, συμμετέχουν στην εκμάθηση και επιλογή των κινήσεων (Dagher et al 2001; Dagher et al 1999; Harrington & Haaland 1991; Owen 1998; Cavada & Goldman-Rakic 1989).

Για να αναγνωρίσουν κατά πόσο το δίκτυο διακόπηκε ή διατηρήθηκε από το Parkinson, οι Dagher et al (2001) χρησιμοποίησαν $H_2^{15}O$ PET για να χαρτογραφήσουν την εγκεφαλική ενεργοποίηση σε ανθρώπους με Parkinson και σε υγιείς ανθρώπους. Σε μια μελέτη των Dagher et al (2001), χρησιμοποιήθηκε $H_2^{15}O$ σαν σήμα κατατεθέν, για να καταστεί δυνατή η μελέτη της ροής του αίματος στις διάφορες περιοχές του εγκεφάλου κατά την διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων σε ανθρώπους με Parkinson. Ζητήθηκε στους συμμετέχοντες να εκτελέσουν την άσκηση «Tower of London», μια γνωστική κινητική άσκηση η οποία απαιτεί από τους συμμετέχοντες να σχεδιάσουν προς τα εμπρός κινήσεις, σε μια προσπάθεια να αναδιευθετήσουν ένα πύργο από μπάλες. Σε μέλη και από την ομάδα του Parkinson και από την ομάδα που ήταν υγιείς, οι περιοχές του προμετωπιαίου φλοιού ήταν ενεργές. Παρόλα αυτά μόνο τα μέλη της υγιούς ομάδας έδειξαν ενεργοποίηση του κερκοφόρου πυρήνα των βασικών γαγγλίων. Σε αντίθεση, τα μέλη της ομάδας του Parkinson, έδειξαν ενεργοποίηση του ιππόκαμπου, μία εντελώς διαφορετική περιοχή του εγκεφάλου. Το πιο ενδιαφέρον ήταν ότι, δεν υπήρχαν διαφορές στις ικανότητες συμπεριφοράς των μελών των δύο ομάδων καθώς ολοκλήρωναν την άσκηση «Tower of London» (Dagher et al 2001). Για το ενδεχόμενο αποκατάστασης και καθημερινής λειτουργίας για τους ανθρώπους με PD, είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι, παρά την αντίστοιχη γνωστική εκτέλεση και την κινητική εκτέλεση στα μέλη της ομάδας PD και της υγιούς ομάδας, οι άνθρωποι με PD χρησιμοποίησαν ένα εντελώς διαφορετικό φλοιώδες δίκτυο (Dagher et al 2001). Αυτή η αλλαγή στο μοντέλο ενεργοποίησης του εγκεφάλου, δείχνει τον αξιοσημείωτο βαθμό της νευροπλαστικής ικανότητας των ανθρώπων με PD (Boyd et al 2007).

Μπορεί επίσης το επανορθωτικό μοντέλο να δείχνει μια λιγότερο αποτελεσματική χρήση της τοπικής εγκεφαλικής ενεργοποίησης για τον σχεδιασμό και την λύση του κινητικού προβλήματος. Ο ιππόκαμπος είναι απαραίτητος για την πραγματική μνήμη και τον σαφή σχεδιασμό, και δεν εμπλέκεται σε ασκήσεις που απαιτούν κινητικό σχεδιασμό, όπως την άσκηση «Tower of London». Αν ο ιππόκαμπος χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό, όπως δείχνουν οι Dagher et al (2001), τότε μπορεί να μην είναι διαθέσιμος για άλλες λειτουργίες.

Αυτές οι ανακαλύψεις μπορεί να είναι ακόμα πιο ενδιαφέρουσες σε μια παλιότερη εργασία της ίδιας ομάδας. Σε μια παρόμοια μελέτη με την ίδια άσκηση οι Owen et al (1998), ανακάλυψαν ότι μια ξεχωριστή ομάδα ανθρώπων με PD, έδειξε ελάχιστη δραστηριότητα στα βασικά γάγγλια χωρίς αντισταθμιστική ενεργοποίηση του ιππόκαμπου. Σε εκείνη την εργασία, μέλη της ομάδας PD είχαν πιο φτωχή απόδοση από τα μέλη της υγιούς ομάδας. Η

σοβαρότητα της ασθένειας εξηγεί τις διαφορές μεταξύ των δύο αυτών μελετών. Όταν η σοβαρότητα είναι μέτρια (Hoehn- Yahr Scale score των 2 ή 3), ένα δεύτερο επανορθωτικό αντισταθμιστικό δίκτυο μπορεί να ενεργοποιηθεί στους ανθρώπους με PD και η λειτουργική τους συμπεριφορά σταθεροποιείται (Dagher et al 2001). Σε αντίθεση όσο προχωρά το PD (Hoehn- Yahr Scale score των 3 ή 4), φαίνεται ότι η επανορθωτική στρατηγική αποτυγχάνει και στο επίπεδο του εγκεφάλου και στο επίπεδο της συμπεριφοράς (Owen et al 1998). Σε αυτό το παράδειγμα, τα νευροαντιληπτικά δεδομένα παρείχαν μια εξήγηση γιατί οι δύο ομάδες ανθρώπων με PD συμπεριφέρθηκαν διαφορετικά. Είναι ξεκάθαρο, ότι τα μέτρα συμπεριφοράς της σοβαρότητας της ασθένειας δεν μπόρεσαν να διευκρινισθούν ικανοποιητικά, μεταξύ των ανθρώπων που μπορούσαν να σχεδιάσουν και των άλλων που δεν μπορούσαν. Και οι δύο μελέτες (Dagher et al 2001; Owen et al 1998) είχαν ανθρώπους με Hoehn- Yahr Scale score 3.

Η διάκριση που μπορεί να γίνει, λαμβάνοντας υπόψιν τα νευροαντιληπτικά δεδομένα είναι σημαντική, καθώς επιτρέπει στους κλινικούς επιστήμονες να καθορίσουν, ποιος μπορεί να συνεχίσει να μαθαίνει, χρησιμοποιώντας τον forward (προς τα εμπρός) σχεδιασμό και ποιος όχι. Αυτά τα δεδομένα είναι εξαιρετικά χρήσιμα στους κλινικούς επιστήμονες, οι οποίοι διαμορφώνουν τις παρεμβάσεις αποκατάστασης, καθώς δείχνουν ποιο επίπεδο ανάρρωσης ή διατήρησης της λειτουργίας μπορεί να επιτευχθεί από τους ανθρώπους με PD (Boyd et al 2007).

2.7.2 Alzheimer (AD)

Το AD μπορεί να επηρεάσει διάφορους ανθρώπους με διαφορετικούς τρόπους, αλλά το πιο κοινό σύμπτωμα είναι η σταδιακή επιδείνωση απώλειας της μνήμης, όπου δύσκολα θυμάται νέες πληροφορίες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η διαταραχή των εγκεφαλικών κυττάρων αρχίζει συνήθως σε περιοχές που εμπλέκονται στην διαμόρφωση των νέων αναμνήσεων. Τα ακόλουθα είναι προειδοποιητικά σημάδια: α) απώλεια μνήμης που διαταράσσουν την καθημερινή ζωή, β) προκλήσεις στο σχεδιασμό ή την επίλυση προβλημάτων, γ) δύσκολα ολοκληρώνουν τα καθήκοντα στο σπίτι, στην εργασία, είτε στον ελεύθερο χρόνο, δ) σύγχυση με το χρόνο ή τον τόπο, ε) δυσκολία στην κατανόηση των οπτικών εικόνων και στις χωρικές σχέσεις, στ) προβλήματα με τις λέξεις στην ομιλία ή την γραφή, ζ) δυσκολία στην τοποθέτηση των πραγμάτων και στον εντοπισμό των βημάτων, η) δύσκολα αποφασίζουν, θ) αποσύρονται από την εργασία ή τις κοινωνικές δραστηριότητες, ι) αλλάζουν διάθεση και προσωπικότητα. Επίσης σε προχωρημένο Alzheimer, οι άνθρωποι χρειάζονται βοήθεια στο μπάνιο, στο ντύσιμο, στο φαγητό, και σε άλλες καθημερινές δραστηριότητες. Στο τελικό στάδιο της νόσου χάνουν την ικανότητά τους να επικοινωνούν, δεν μπορούν να αναγνωρίσουν τους αγαπημένους τους, καταλήγουν στο κρεβάτι και εξαρτώνται από φροντίδα. Η αδυναμία να κινηθεί γύρω στα τέλη του σταδίου μπορεί να κάνει το άτομο περισσότερο ευάλωτο σε λοιμώξεις του αναπνευστικού, συμπεριλαμβανομένης της πνευμονίας (λοιμώξη των πνευμόνων) (Alzheimer's & Dementia 2010).

Η άθικτη μη συνηδευτή μνήμη έχει επιβεβαιωθεί μέσω του fMRI, δείχνοντας ότι και η συμπεριφορά και η ενεργοποίηση του εγκεφάλου για αυτό το είδος της μνήμης, μπορεί να τροποποιηθεί σε ανθρώπους με Alzheimer. Για παράδειγμα, οι Lustig & Buckner (2004), χρησιμοποίησαν το fMRI για να δείξουν ότι οι άνθρωποι με αρχικού σταδίου άνοια, μπορούν να συνεχίσουν να ενεργοποιούν τον προμετωπιαίο φλοιό κανονικά. Παρόλο που αυτά τα δεδομένα είναι υποσχόμενα, καμία κλινική δοκιμή δεν έχει ακόμη ερευνηθεί, πώς αυτή η διατηρημένη λειτουργία μπορεί να τύχει εκμετάλλευσης για να ευεργετήσει τους ανθρώπους με AD, μέσω μιας θεραπευτικής παρέμβασης (Boyd et al 2007).

Η χρήση της νευροαντιληπτικής για να εξετάσει την αποκατάσταση σε AD, είναι περιορισμένη, όπως είναι και για τους ανθρώπους με Σ.Κ.Π. (Boyd et al 2007). Η διατήρηση της ικανότητας, για επιτέλεση ασκήσεων στη καθημερινή ζωή, έχει φανεί μέσω

παραδειγμάτων διατήρησης της μη συνηδεϊτής μνήμης στους ανθρώπους με AD (Lustig & Buckner 2004; Lustig et al 2003; Petrella et al 2005; Jonides et al 1998). Όλο και πιο πολύ, οι ερευνητές εκμεταλλεύονται την δυνατότητα της νευροαντιληπτικής, της ηλεκτροφυσιολογίας ή και των δύο, για να διακρίνουν ποιες θεραπείες διεγείρουν καλύτερα την θετική νευροπλαστική αλλαγή, σε συνδυασμό με την συμπεριφορά της ανάρρωσης. Στο μέλλον, είναι πιθανόν ότι αυτές οι προόδοι και θα επιταχυνθούν και θα διεγείρουν μια μεγάλη κατανόηση της σχέσης, μεταξύ της εγκεφαλικής λειτουργίας και των θεραπευτικών παρεμβάσεων. Αυτή η έρευνα τελικά, θα βοηθήσει στην πρόοδο της κλινικής εξάσκησης, και ως εκ τούτου θα δώσει στους επιστήμονες αποκατάστασης μια πιο σαφή άποψη. Δηλαδή, το πώς οι παρεμβάσεις διαμορφώνουν τα μοντέλα εγκεφαλικής δραστηριότητας και οδηγούν στην επαναφορά της λειτουργικής συμπεριφοράς (Boyd et al 2007).

2.8 Αντίληψη του πόνου

Σύμφωνα με τους Kandel et al (2000) ο πόνος είναι μια αντίληψη που χαρακτηρίζεται από μια δυσάρεστη αίσθηση, καθώς επίσης και με μια αισθητική εμπειρία η οποία είναι συνδεδεμένη με πραγματική ή δυναμική καταστροφή των ιστών. Αν και ο πόνος φαίνεται να είναι έμμεσος από το νευρικό σύστημα, μια διάκριση ανάμεσα στον πόνο και στους νευρικούς μηχανισμούς της αλγοϋποδοχής, η οποία είναι η αντίδραση σε μια αντιληπτή ή πραγματική ζημιά των ιστών, είναι σημαντική τόσο κλινικά όσο και πειραματικά. Ορισμένοι ιστοί έχουν ειδικευτεί ως υποδοχείς αίσθησης ή αλλιώς αλγοϋποδοχείς και ενεργοποιούνται όταν επιβλαβείς προσβολές εισέλθουν στους περιφερικούς ιστούς.

Η αλγοϋποδοχή παρόλα αυτά δεν οδηγεί απαραίτητα στην εμπειρία του πόνου. Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της αλγοϋποδοχής και της αντίληψης του πόνου, εξαιτίας του ότι η αντίληψη είναι μια γενική λειτουργία του εγκεφάλου και συνδέεται με την επεξεργασία των αισθητικών εισροών. Η φύση του πόνου είναι μεμονομένη και υποκειμενική και είναι ένας από τους παράγοντες όπου καθιστά τον πόνο δύσκολο να προσδιοριστεί και να αντιμετωπιστεί κλινικά. Δεν υπάρχουν «επώδυνα» ερεθίσματα, ωστόσο σε όλα τα άτομα καθοριστικό ρόλο για την αίσθηση του πόνου διαδραματίζει η αντίληψη. Ένα εμφανές παράδειγμα φαίνεται να είναι οι αθλητές, οι οποίοι συχνά δεν διακρίνουν τους τραυματισμούς τους μέχρις ότου να τελειώσει ο αγώνας (Kandel et al 2000).

Ο πόνος μπορεί να είναι είτε οξύς, είτε χρόνιος. Ο οξύς πόνος χαρακτηρίζεται από πολλά κλινικά περιστατικά και είναι η μέγιστη αιτία όπου οι ασθενείς οδηγούνται σε ιατρική περίθαλψη. Ο οξύς πόνος υποδιαιρείται σε δύο κατηγορίες, στην αλγοϋποδοχή και στην νευροπαθητική. Ο πόνος από τους αλγοϋποδοχείς είναι αποτέλεσμα της ενεργοποίησης των αλγοϋποδοχέων του δέρματος ή του μαλακού ιστού, ως αντίδραση στον τραυματισμό του ιστού όπου συχνά οδηγεί σε φλεγμονή. Σε αντίθεση, ο νευροπαθητικός πόνος προέρχεται από τον τραυματισμό των νευρών του περιφερικού ή του κεντρικού νευρικού συστήματος και συχνά έχει την αίσθηση καψίματος ή ηλεκτρισμού (Kandel et al 2000; Fitzpatrick 2008). Από την άλλη πλευρά, ο χρόνιος πόνος συνήθως εμφανίζεται χωρίς συγκεκριμένη αιτία και έχει δυσάρεστη αίσθηση για τους ασθενείς (Kandel et al 2000).

Σύμφωνα με τους Riedel et al (2001), μεταξύ του σημείου της ιστικής βλάβης και της αντίληψης του πόνου παρεμβάλλεται μια πολύπλοκη και πολυεπίπεδη σειρά ηλεκτροχημικών φαινομένων, γνωστών ως απάντηση στο βλαπτικό ερέθισμα. Η διαδικασία αυτή της πρόκλησης και της αντίληψης του πόνου καλείται αλγαισθησία. Η φυσιολογία της αλγαισθησίας περιλαμβάνει μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση των δομών του περιφερικού και του ΚΝΣ, που εκτείνεται από το δέρμα, τα σπλάχνα και τους μυοσκελετικούς ιστούς έως τον εγκεφαλικό φλοιό. Τα επώδυνα ερεθίσματα (μηχανικά, θερμικά, χημικά) διεγείρουν ειδικούς υποδοχείς, τους αλγοϋποδοχείς. Οι νευρικές ώσεις (ωθήσεις) προσάγονται με τους πρωτογενείς αισθητικούς νευρώνες στο νωτιαίο μυελό ή σε πυρήνες κρνιακών νευρών.

Η επεξεργασία του σήματος γίνεται στο νωτιαίο μυελό ή στο στέλεχος του εγκεφάλου, πριν από τη μεταβίβαση στις υπερωτιαίες δομές. Μετά από περαιτέρω επεξεργασία σε υπερωτιαίες δομές η πληροφορία προκαλεί συνειδητή αντίληψη του πόνου. Το αίσθημα του πόνου γίνεται αντιληπτό στο φλοιό του εγκεφάλου όπου καθένα από τα επίπεδα του ΚΝΣ διαθέτει τροποποιητικούς μηχανισμούς. Αυτό είναι το τέλος μιας εξαιρετικά πολύπλοκης διαδρομής, που αρχίζει από τους περιφερικούς αλγούποδοχείς, διατρέχει τους νευράξονες των περιφερικών νευρών και καταλήγει στο νωτιαίο μυελό. Συνεχίζει μέσα στο νωτιαίο μυελό και διαμέσου του έσχατου και του μέσου εγκεφάλου φτάνει στο θάλαμο. Από εκεί, διαμέσου των θαλαμοφλοιωδών συνδέσεων, η πληροφορία που έχει ήδη αναλυθεί φτάνει στο φλοιό, σε περιοχές που έχουν σχέση με τη συνείδηση και την αντίληψη του πόνου (Riedel et al 2001).

2.8.1 Φλοιώδης αναδιοργάνωση

Παραδείγματα ζωικών πειραμάτων, έδειξαν ότι μακράς διάρκειας ή και έντονος πόνος, όπως για παράδειγμα όταν υπάρχει μια φλεγμονή, οδηγεί σε ευαισθητοποίηση των νευρώνων του νωτιαίου μυελού (Woolf & Salter 2000), καθώς και σε μεταποιημένη αναπαράσταση της επώδυνης περιοχής στον θάλαμο του εγκεφάλου (Vos et al 2000) και στον φλοιό (Benoist et al 1999). Σε ασθενείς με χρόνια πόνο, παρατηρήθηκε επίσης υπερεπαναδραστηριοποίηση σε ερεθίσματα αφής ή σε επιβλαβή ερεθίσματα (Kleinböhl et al 1999 & Lorenz et al 1996). Αξιόλογο παράδειγμα αποτελούν τα επίπεδα της αίσθησης του πόνου, τα οποία βρέθηκαν να είναι αξιοσημείωτα χαμηλότερα σε ασθενείς με χρόνια πόνο στην πλάτη και επεισοδιακούς πονοκεφάλους, ενώ όσο ο πόνος γινόταν πιο χρόνιος αυτά τα επίπεδα οδηγούνταν όλο και πιο χαμηλά (Kleinböhl et al 1999). Αν και οι περιφερικοί, όπως και οι σπονδυλικοί και οι θαλαμικοί μηχανισμοί έχουν εμπλακεί σε κάποιες από αυτές τις αλλαγές της υποδοχής του πόνου, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και οι φλοιώδεις αλλαγές στις μεταποιήσεις της ευαισθητοποιημένης αλγούποδοχής.

Οι Flor et al (1997), έχουν αναφέρει αντιδράσεις σε επώδυνο και ανώδυνο απτικό ερέθισμα, όπως προσδιορίζεται σε μαγνητοεγκεφαλογραφία σε ασθενείς με χρόνια πόνο στην πλάτη. Ο ερεθισμός στην επηρεαζόμενη πλάτη οδήγησε σε ένα αξιοσημείωτα υψηλό μαγνητικό πεδίο σε λιγότερο από εκατό χιλιοστά του δευτερολέπτου και προκάλεσε υψηλότερα επίπεδα πόνου σε μετέπειτα χρόνο στους ασθενείς, σε σύγκριση με τις υγιείς ομάδες. Αυτή η υπερεπαναδραστηριοποίηση του σωματοαισθητήριου συστήματος αυξήθηκε με την χρονιότητα. Όταν η πηγή αυτής της αρχικής δραστηριότητας εντοπίστηκε, φάνηκε να προέρχεται από τον αρχικό σωματοαισθητήριο φλοιό. Η εντόπιση του πόνου της πλάτης ήταν περισσότερο κατώτερη και διάμεση στους ασθενείς, δηλώνοντας μια αλλαγή και εξάπλωση της προς τον φλοιό. Αυτά τα στοιχεία, δηλώνουν ότι ο χρόνιος πόνος οδηγεί σε μια εξάπλωση της ζώνης αναπαράστασης του στο φλοιό και σχετίζεται με τα δεδομένα της αλγούποδοχής, όπως επίσης και με τις εξαπλώσεις των φλοιωδών αναπαραστάσεων που έχουν καταγραφεί με άλλους τύπους ερεθισμάτων σχετικούς με την συμπεριφορά. Τα δεδομένα της αλγούποδοχής είναι καθοριστικής σημασίας για τον οργανισμό και ενδεχομένως να είναι χρήσιμα στην επαύξηση της αναπαράστασης τέτοιου είδους ερεθισμάτων, με σκοπό να προετοιμάσουν τον οργανισμό για μια φυσιολογική αντίδραση.

Το μέγεθος της εξάπλωσης στην περιοχή της πλάτης είναι συσχετιζόμενο με την χρονιότητα, υποδηλώνοντας ότι η αναδιοργάνωση η οποία σχετίζεται με τον πόνο αναπτύσσεται με την πάροδο του χρόνου. Με την χρήση fMRI οι Gracely et al (2002), ανέφεραν μια παρόμοια υπερεπαναδραστηριοποίηση σε επώδυνο ερεθισμό σε έναν αριθμό περιοχών του εγκεφάλου συμπεριλαμβανομένου του φλοιού (S1) σε ασθενείς με ινομυαλγία. Καλό θα ήταν να αναφερθεί, πως οι σωματοαισθητήριες αναμνήσεις πόνου μπορεί να είναι υποσυνείδητες. Οι υποσυνείδητες αναμνήσεις πόνου βασίζονται σε αλλαγές στον εγκέφαλο, οι οποίες δεν είναι διαθέσιμες με τη συνειδητή συναίσθηση, αλλά οδηγούν σε αλλαγές της

συμπεριφοράς, όπως είναι η υπεραλγησία και η αλλοδυνία (πόνος δηλαδή από ένα επιβλαβές ερέθισμα), τις οποίες ο ασθενής δεν αντιλαμβάνεται. Εξαιτίας του λόγου αυτού, είναι αδύνατο για τον ασθενή να αντιδράσει σε αυτές τις αναμνήσεις πόνου. Αυτό το είδος αναμνηστικού υπολλείμματος, μπορεί να οδηγήσει στην αντίληψη του πόνου κατά την απουσία περιφερικού ερεθισμού, αφού η εξάπλωση της αναπαραστατικής ζώνης σχετίζεται σε μεγάλη οξύτητα με την αντίληψη των απτικών δεδομένων (Katz & Melzack 1990; Merzenich et al 1984).

2.8.2 Φλοιώδης αναδιοργάνωση και χρόνιος πόνος

Ο Flor (2003), μελέτησε την λειτουργική αναδιοργάνωση στο σωματοαισθητήριο και στο κινητικό σύστημα, τόσο σε νευροπαθητικό όσο και σε μυοσκελετικό πόνο. Σε ασθενείς με χρόνιο πόνο χαμηλά στην οσφύ και ινομυαλγία το ποσοστό της αναδιοργάνωσης αυξάνοταν σύμφωνα με την χρονιότητα (Flor 2003). Σε πόνο στο άκρο «φάντασμα», καθώς και σε άλλους νευροπαθητικούς πόνους, η αναδιοργάνωση του φλοιού είναι αλληλένδετη με την ένταση του πόνου. Αυτές τις κεντρικές μεταβολές μπορούμε να τις δούμε ως “αναμνήσεις” πόνου που επηρεάζουν την επεξεργασία των επώδυνων αλλά και των ανώδυνων δεδομένων στο σωματοαισθητήριο σύστημα, καθώς επίσης και τις επιδράσεις στο κινητικό σύστημα. Η φλοιώδης πλαστικότητα που σχετίζεται με τον χρόνιο πόνο, μπορεί να τροποποιηθεί μέσω παρεμβάσεων συμπεριφοράς, οι οποίες παρέχουν πληροφορίες στις περιοχές του εγκεφάλου όπου καταλήφθηκαν από αναμνήσεις σωματοαισθητηρίου πόνου ή από φαρμακολογικούς παράγοντες που παρεμποδίζουν ή αναστρέφουν τη διαμόρφωση δυσπροσαρμοστικής ανάμνησης (Flor 2003).

2.8.3 Θεραπεία του χρόνιου πόνου με παρεμβάσεις συμπεριφοράς

Η μεταβολή των αναμνήσεων του σωματοαισθητηρίου πόνου μπορεί να είναι μια μέθοδος με επιρροή στη μείωση του μυοσκελετικού και του νευροπαθητικού πόνου. Αυτό μπορεί να κατορθωθεί με την μεταβολή των περιφερικών δεδομένων που εισέρχονται στον εγκέφαλο και την κρυπτογράφιση της ανάμνησης πόνου. Στη διαδικασία αυτή βοηθά η χρήση του ηλεκτρομυοεγκεφαλογραφήματος (EMG) ή βιοπληροφορίες θερμοκρασίας (Flor et al 1992; Sherman 1997), ή εφαρμόζοντας ένα πρωτόκολλο αισθητηρίου ερεθισμού που παρέχει σχετικά αισθητήρια δεδομένα στις αντίστοιχες περιοχές του εγκεφάλου. Θα είναι επίσης δυνατό να μεταβληθεί άμεσα η αντίδραση του εγκεφάλου στον πόνο, με την παροχή πληροφοριών για πιθανά στοιχεία σχετικά με ένα γεγονός ή ηλεκτροεγκεφαλικούς (EEG) ρυθμούς. Οι περισσότερες από αυτές τις μεθόδους δεν εξετάστηκαν ακόμα με συστηματικό τρόπο και οι επιδράσεις τους στην αναδιοργάνωση του φλοιού είναι ακόμη άγνωστες (Flor 2003).

2.8.4 Χρόνιος πόνος χαμηλά στην πλάτη (οσφυαλγία): αποτελέσματα ανάλυσης θεραπείας μυαλού- σώματος

Ο χρόνιος πόνος χαμηλά στην πλάτη ή αλλιώς οσφυαλγία, είναι η δεύτερη συχνότερη δικαιολογία για ιατρική επίσκεψη και η τρίτη για εισαγωγές σε νοσοκομεία. Ο χρόνιος πόνος μπορεί να προέρχεται από δραστηριότητες που σχετίζονται με την εργασία, όπως το σήκωμα, το σκύψιμο ή οι παρατεταμένες καθιστικές περιόδους ή περιόδους ορθοστασίας (Skovron 1992; Burton et al 1989). Επιπλέον, οι ψυχολογικοί παράγοντες φαίνεται να συνεισφέρουν σε κάποια παράπονα για τον πόνο στην πλάτη (Hasenbring et al 1994).

Ο έντονος πόνος χαμηλά στην πλάτη είναι συχνός λόγω ατυχημάτων ή τραυματισμών. Η οξύτητα του πόνου είναι συνήθως παράλληλη με το βαθμό βλάβης του ιστού (Pope et al 1991; Melzack 1983). Οι διαδικασίες του χρόνιου και της αποθεραπείας συχνά μειώνουν τον πόνο με ή χωρίς συμβατική θεραπεία. Ένας πόνος στην πλάτη λόγω τραυματισμού περιλαμβάνει λειτουργική ανικανότητα που διαρκεί λιγότερο από τρεις μήνες (Pope et al

1991). Αντιθέτως, ο χρόνιος πόνος χαμηλά στην πλάτη είναι επίμονος με διάρκεια συμπτωμάτων μεγαλύτερη από τρεις μήνες. Όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, ο χρόνιος πόνος είναι συνδεδεμένος με μια αρνητική συναισθηματική κατάσταση που εκφράζεται ως κατάθλιψη και αποτυχία στην αντιμετώπιση του προβλήματος (Berman & Singh 1997).

Στο παρελθόν η θεραπευτική συνταγή για τον πόνο στην πλάτη ήταν η ξεκούραση στο κρεβάτι. Αντιθέτως, πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι τα προγράμματα ασκήσεων που δεν είναι επίπονα ανακουφίζουν και μειώνουν την ένταση του πόνου (Twomey & Taylor 1995; Wheeler & Hanley 1995; Timm 1994; Risch et al 1993; Gundewall et al 1993). Μία κινητική θεραπεία, όπως η Tai Chi ή Gi Gong οι οποίες επικεντρώνονται στην αργή δόνηση δύναμης και ρυθμού, έχει αποδειχθεί να είναι μια αποτελεσματική θεραπεία χρόνιου πόνου (Rowker 1995). Μπορεί επίσης να μειώσει τον φόβο του πόνου που έχει να κάνει με την κίνηση, καθώς ένας καθιστικός τρόπος ζωής δεν είναι σύμφωνος με την ανάρρωση (Berman & Singh 1997).

Αρνητικές εμπειρίες ζωής όπως και αγχωτικά γεγονότα, έχουν αναγνωριστεί ως παράγοντες που επηρεάζουν την οσφυαλγία. Μαθαίνοντας στρατηγικές αντιμετώπισης, όπως οι χαλαρωτικές ασκήσεις και οι τεχνικές επίλυσης προβλημάτων οι οποίες επιτρέπουν στον ασθενή να επανακτήσει τον έλεγχο στη ζωή του, είναι ένα σημαντικό συστατικό οποιασδήποτε θεραπείας μυαλού-σώματος (Turner & Jensen 1993; Croft et al 1995; Weickgenant et al 1993; Leino & Magni 1993).

Η νοητική θεραπεία έχει μειώσει την ένταση της αντίληψης του πόνου σε ασθενείς με χρόνια οσφυαλγία (Leavitt et al 1971; Naidoo & Pillay 1994). Η γνώση λοιπόν παίζει ένα σημαντικό ρόλο στο πώς οι ασθενείς να αντιμετωπίζουν τον πόνο. Οι ασθενείς θα πρέπει να γνωρίζουν ότι αφορά το πόνο τους, καθώς και τα βήματα με τα οποία μπορούν να βελτιώσουν την κατάσταση του χρόνιου πόνου τους (Deyo & Diehl 1986). Προηγούμενες μελέτες έδειξαν ότι η βελτίωση μπορεί να επέλθει, όταν οι ασθενείς με χρόνια οσφυαλγία τυγχάνουν θετικών προσεγγίσεων, οι οποίες τους επιτρέπουν να συμμετέχουν δραστήρια στον έλεγχο του πόνου που αντιμετωπίζουν (Berman & Singh 1997).

Μεθόδοι πολύπλευρων θεραπειών φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικές στην αντιμετώπιση του χρόνιου πόνου από ότι οι απλές θεραπείες. Μια συνδυασμένη προσέγγιση που χρησιμοποιεί διανοητική θεραπεία και θεραπεία συμπεριφοράς, συμπεριλαμβανομένου των τεχνικών χαλαρωτικής αντίδρασης, της κίνησης ως οδηγία άσκησης και τις φυσιολογικές θεραπείες, μπορούν να βοηθήσουν τους ασθενείς έτσι ώστε να αρχίζουν να ελέγχουν τον πόνο, να επανέλθουν σε ένα πιο άρτιο λειτουργικό τρόπο ζωής και να βελτιώσουν την αρνητική διάθεση που σχετίζεται γενικά με το σύνδρομο του χρόνιου πόνου (Hasenbring et al 1994; Snook 1982; Wheeler & Hanley 1995; Risch et al 1993; Turner & Jensen 1993; Croft et al 1995; Weickgenant et al 1993; Symonds et al 1995; Rosomoff & Rosamoff 1990; Bendix et al 1995).

2.9 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Σύμφωνα με τους Sakagushi & Ikeda (2007) ο κινητικός προγραμματισμός σχεδιάζεται για έναν δεδομένο κινητικό στόχο καθώς επίσης και οι σύνθετες κινήσεις πρέπει να προγραμματιστούν προτού εκτελεστούν. Παρόλα αυτά η αρθρογραφία εμφανίζεται ελλιπής όσο αναφορά το τρόπο με τον οποίο γίνεται η προετοιμασία αυτής της κίνησης (Fischman 1984; Henry & Rogers 1960; Klapp & Wyatt 1976; Klapp et al 1973; 1978; Rosenbaum et al 1983; 1984; Sternberg et al 1978). Επιπλέον, ο ρόλος της όρασης στον κινητικό προγραμματισμό φαίνεται να είναι αξιόλογος καθώς είναι μία προϋπόθεση για την εκτέλεση των ακριβών κινήσεων εξαιτίας του ότι η προσοχή στρέφεται στο κινούμενο άκρο και όχι στο στόχο. Με βάση αυτή τη θεωρία, δημιουργείται μία στρατηγική σύμφωνα με την οποία η οπτική παρακολούθηση του κινούμενου άκρου ενισχύει την ακρίβεια του στόχου, και μέσω

του προγραμματισμού των κινήσεων η εστίαση γίνεται στην κίνηση, και όχι στο στόχο. Μελλοντικές έρευνες απαιτούνται έτσι ώστε να εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο μία τέτοια στρατηγική επηρεάζει αρνητικά τον προγραμματισμό των δραστηριοτήτων (Steenbergen et al (fourthcoming)). Ακόμη, παρόλο που οι ερευνητές αναφέρουν πως υπάρχουν αρκετές θεωρίες και διαφορετικές απόψεις για τον κινητικό έλεγχο, δεν γίνεται λεπτομερής αναφορά στα άρθρα για το τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος ελέγχει την κίνηση (Shumway-Cook & Woollacott 2007). Οι θεωρίες του κινητικού ελέγχου είναι κάτι παραπάνω από μια απλή προσέγγιση στο πρόβλημα της εξήγησης της δραστηριότητας (Shumway-Cook & Woollacott 2007). Παραμένει ακόμα όμως αδιευκρίνιστο, κατά πόσο το Αντανακλαστικό, το Ιεραρχικό και το Συστηματικό μοντέλο εγκεφαλικής λειτουργίας, είναι προαπαιτούμενα για την λειτουργική συμπεριφορά.

Σε περίπτωση προσβολής του κεντρικού νευρικού συστήματος από κάποια νόσο, η κινητική εκμάθηση και ο κινητικός προγραμματισμός οδηγούνται σε ασθένειες. Ύστερα από μία μελέτη για το Parkinson των Dagher et al (2001) που ήδη έχει αναφερθεί σχολαστικά, το επανορθωτικό μοντέλο δείχνει μία λιγότερο αποτελεσματική χρήση της τοπικής εγκεφαλικής ενεργοποίησης για τον σχεδιασμό και την λύση του κινητικού προβλήματος. Ο ιππόκαμπος είναι απαραίτητος για την πραγματική μνήμη και τον σαφή σχεδιασμό, και δεν εμπλέκεται σε ασκήσεις που απαιτούν κινητικό σχεδιασμό, όπως στην άσκηση «Tower of London». Όμως παραμένει ασαφές αν ο ιππόκαμπος μπορεί να είναι διαθέσιμος για άλλες λειτουργίες, όταν παράλληλα χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό όπως υποστηρίζουν οι Dagher et al (2001).

Όλο και περισσότεροι είναι οι ερευνητές οι οποίοι εκμεταλλεύονται την δυνατότητα της νευροαντιληπτικής, της ηλεκτροφυσιολογίας ή και των δύο σε ασθενείς με Alzheimer, για να διακρίνουν ποιες θεραπείες διεγείρουν καλύτερα την θετική νευροπλαστική αλλαγή, σε συνδυασμό με την συμπεριφορά της ανάρρωσης. Στο μέλλον, είναι πιθανόν ότι αυτές οι πρόοδοι και θα επιταχυνθούν και θα διεγείρουν μία μεγάλη κατανόηση της σχέσης, μεταξύ της εγκεφαλικής λειτουργίας και των θεραπευτικών παρεμβάσεων. Περισσότερη μελέτη δηλώνεται από τους Boyd et al (2007) με σκοπό να βοηθηθεί η πρόοδος της κλινικής εξέτασης και να δοθεί στους επιστήμονες αποκατάστασης μία πιο σαφής άποψη.

Τέλος, κατά τη θεραπεία του χρόνιου πόνου με παρεμβάσεις συμπεριφοράς οι Flor et al (1992) και ο Sherman (1997), χρησιμοποίησαν για τη μεταβολή των αναμνήσεων του σωματοαισθητήριου πόνου, την μεταβολή των περιφερικών δεδομένων που εισέρχονται στον εγκέφαλο και την κρυπτογράφηση της ανάμνησης πόνου. Στη διαδικασία αυτή βοηθούν η χρήση EMG ή οι βιοπληροφορίες θερμοκρασίας, το πρωτόκολλο αισθητήριου ερεθισμού, καθώς επίσης για την αντίδραση του εγκεφάλου στον πόνο, χρησιμοποιείται η παροχή πληροφοριών για πιθανά στοιχεία σχετικά με ένα γεγονός ή EEG ρυθμούς. Ο Flor (2003) πρότεινε ότι θα πρέπει να εξεταστούν αυτές οι μέθοδοι και με συστηματικό τρόπο καθώς οι επιδράσεις τους στην αναδιοργάνωση του φλοιού παραμένουν ακόμα άγνωστες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την εκτέλεση μιας κίνησης, αξιόλογο ρόλο διαδραματίζουν τόσο ο εγκέφαλος όσο και ο νους, οι οποίοι όταν λαμβάνουν ένα ερέθισμα, το επεξεργάζονται, με στόχο την τελική κινητική απάντηση. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η γνώση της ανατομίας και ιδιαίτερα η κατανόηση των λειτουργιών του εγκεφάλου και των λειτουργικών του κέντρων. Πιο αναλυτικά, συναντάμε τον σωματοαισθητικό φλοιό ο οποίος προωθεί την εισερχόμενη πληροφορία, προκειμένου να αυξήσει την ευαισθησία, ούτως ώστε μέσω της αφής να μπορούμε να αναγνωρίζουμε και να διακρίνουμε ευκολότερα διαφορετικά αντικείμενα. Εν συνεχεία, συναντάμε τον κινητικό φλοιό ο οποίος ελέγχει την κίνηση και βοηθά στην εκτέλεσή της. Σύμφωνα με μελέτες, εξίσου σημαντικό ρόλο παίζουν οι λειτουργίες του νου και ιδιαίτερα η συνείδηση, η αντίληψη, η μνήμη και ο προσανατολισμός.

Όπως φαίνεται από την ανασκόπηση βιβλιογραφίας, ο νους σχετίζεται με τον εγκέφαλο μέσω κάποιου τρόπου σύνδεσης. Στην σύνδεση αυτή, απαραίτητος είναι ο ρόλος των βασικών γαγγλιών και του λυμπικού συστήματος. Τα βασικά γάγγλια αποτελούν σπουδαίο παράγοντα για την οργάνωση της κίνησης και έχουν ιδιαίτερα μεγάλη σημασία για την έναρξη, τον συντονισμό και τον έλεγχο των κινήσεων, καθώς και για τις συναισθηματικές, συνειρμικές και γνωστικές λειτουργίες. Το λυμπικό σύστημα συμμετέχει στην ενίσχυση της συμπεριφοράς μέσα από το συναίσθημα το οποίο προκαλεί το κίνητρο και επομένως συμβάλλει στην απόφαση για εκτέλεση της κινητικής συμπεριφοράς, καθώς επίσης προετοιμάζει το σώμα για δράση. Δηλαδή, ως φυσικοθεραπευτές μέσω της κινητικής εκπαίδευσης χρησιμοποιούμε τον νου για να επηρεάσουμε τον εγκέφαλο και κατ'επέκταση το κινητικό πρότυπο.

Για την πραγματοποίηση μιας δραστηριότητας απαιτείται μια σειρά διαδικασιών, οι οποίες συνοδεύονται από πράξεις ή εμπειρίες, αποτελώντας έτσι την κινητική εκμάθηση. Η εκμάθηση αφορά στρατηγικές μεθόδους τόσο της αίσθησης όσο και της κίνησης, ενώ μέσω της αντίληψης, της συνείδησης, της γνώσης και της δραστηριότητας το άτομο τροποποιεί και προσαρμόζει την κινητική δραστηριότητα ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται.

Για την διεκπεραίωση σύνθετων κινήσεων, απαραίτητος φαίνεται να είναι ο κινητικός προγραμματισμός. Ο ρόλος του κινητικού προγραμματισμού είναι η προετοιμασία της κίνησης, ενώ στην προετοιμασία αυτή, σημαντικός φαίνεται να είναι και ο ρόλος της όρασης εξαιτίας του ότι η οπτική παρακολούθηση είναι μια προϋπόθεση για την εκτέλεση των ακριβών κινήσεων. Στόχος της φυσικοθεραπείας είναι να βελτιώσει τον κινητικό προγραμματισμό μέσω της εξάσκησης, και ως εκ τούτου να αυξηθεί η αρμονία της κίνησης, να αποτραπεί η παραμόρφωση και να επέλθει η σταθερότητα.

Στην σύνδεση μεταξύ της κινητικής εκμάθησης και του κινητικού προγραμματισμού, αξιόλογο παράγοντα φαίνεται να έχει ο κινητικός έλεγχος, ο οποίος είναι υπεύθυνος τόσο για τον έλεγχο της κίνησης όσο και για τον έλεγχο της στάσης. Σύμφωνα με μελέτες, ο στόχος του κινητικού ελέγχου είναι η εστίαση στην αλληλεπίδραση του ατόμου, των δραστηριοτήτων του και των επιδράσεων του περιβάλλοντος. Στο σημείο αυτό, κυρίαρχο ρόλο παίζει η αντίληψη. Σύμφωνα με την αρθρογραφία, η θεωρία και τα μοντέλα του κινητικού ελέγχου χρησιμοποιούνται και βοηθούν τους θεραπευτές κατά την κλινική τους πράξη. Η ποιότητα της φυσιολογικής κίνησης εξαρτάται από την συνεχή ροή των οπτικών, των σωματοαισθητικών καθώς και των ορθοστατικών πληροφοριών του κινητικού συστήματος. Η όραση φαίνεται να είναι σημαντική καθώς οδηγεί την κίνηση και προάγει τις πληροφορίες της αντίληψης. Οι κινήσεις γίνονται ανακριβείς και η ορθοστάτηση ασταθής όταν η σωματική αίσθηση χάνεται από τα άκρα. Επιπροσθέτως, η έλλειψη των εισροών του αιθουσαίου καταστρέφει την ικανότητα διατήρησης της ισορροπίας και του προσανατολισμού. Όταν το Κ.Ν.Σ προσβληθεί από κάποια νόσο, οδηγεί άμεσα την Κινητική

Εκμάθηση και τον Κινητικό Προγραμματισμό, άρα και τον κινητικό έλεγχο σε ασθένειες, όπως το Parkinson (PD), το Alzheimer (AD) και άλλες ασθένειες.

Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί η αντίληψη κατέχει σπουδαία θέση τόσο στον κινητικό έλεγχο, όσο και στην αντίληψη του πόνου. Επιπλέον, στόχος του φυσικοθεραπευτή μέσω του προγράμματος αποκατάστασης είναι να επηρεάσει τον κινητικό έλεγχο και την αίσθηση του πόνου, έτσι ώστε να επέλθει η φλοιώδης αναδιοργάνωση και ως εκ τούτου η βελτίωση του ασθενή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Afifi AK (2003). **The basal ganglia: a neural network with more than motor function.** *Semin Pediatr Neurol* 10: 3–10.
2. Albouy G, Ruby P, Phillips C, LuxenA, Peigneux P & Maquet P (2006). **Implicit oculomotor sequence learning in humans: time course of offline processing.** *Brain Res* 1090: 163–171.
3. Alexander GE, DeLong MR & Strick PL (1986). **Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex.** *Annu Rev Neurosci* 9: 357–381.
4. Alzheimer's & Dementia (2010). **Alzheimer's disease facts and figures.** Alzheimer's Association Corresponding author: Katie Maslow/ Alzheimer's & Dementia 6: 158–194.
5. Andersen R.A (1987). **The role of the inferior parietal lobule in spatial perception and visual-motor integration.** In *The Handbook of Physiology. Section I: The Nervous System, Volume V. Higher Functions of the Brain Part 2*, F. Plum, V.B. Mountcastle, and S.R. Geiger, eds. (Bethesda, MD: American Physiological Society) 483–518.
6. Andersen R.A. & Buneo C.A (2002). **Intentional maps in posterior parietal cortex.** *Annu. Rev. Neuroscience* 25: 189– 220.
7. Andersen R.A., Asanuma C., Essick G. & Siegel R.M (1990). **Corticocortical connections of anatomically and physiologically defined subdivisions within the inferior parietal lobule.** *J. Comp. Neurology.* 296: 65–113.
8. Anne Shumway- Cook, Marjore H. Woollacott (2001). **Motor Control theory and practical applications, Second Edition,** Lippincott Williams & Wilkins, 13-14, 52, 53, 64-65, 67, 83, 86-89.
9. Baumann M.A., Fluet M.-C. & Scherberger H (2009). **Context-specific grasp movement representation in the anterior intraparietal area.** *J. Neuroscience* 29: 6436–6448.
10. Bendix AF, Bendix T & Ostefeld S (1995). **Active treatment programs for patients with chronic low back pain: a prospective, randomized, observer-blind study.** *Eur Spine J* 4 (3): 148-152.
11. Benoist JM, Gautron M & Guilbaud G (1999). **Experimental model of trigeminal pain in the rat by constriction of one infraorbital nerve: changes in neuronal activities in the somatosensory cortices corresponding to the infraorbital nerve.** *Exp Brain Res* 126: 383-398.
12. Berman B.M. & B.B. Singh (1997). **Chronic low back pain: an outcome analysis of a mind-body Intervention.** *Complementary Therapies in Medicine* 5: 29-35.
13. Bernstein N (1967). **The coordination and regulation of movement.** London: Pergamon.
14. Boecker H, Dagher A, Ceballos-Baumann AO & et al (1998). **Role of the human rostral supplementary motor area and the basal ganglia in motor sequence control: investigations with H2 15O PET.** *J Neurophysiol* 79: 1070–1080.
15. Bondi MW, Kaszniak AW, Bayles K & Vance KT (1993). **The contributions of frontal system dysfunction to memory and perceptual abilities in Parkinson's disease.** *Neuropsychology* 7: 89 –102.
16. Boyd LA & Winstein CJ (2004). **Providing explicit information disrupts implicit motor learning after basal ganglia stroke.** *Learn Mem* 11: 388–396.
17. Boyd LA, Vidoni ED & Daly JJ (2007). **Answering the call: The influence of neuroimaging and electrophysiological evidence on rehabilitation.** *Physical Therapy* 87: 684–703.

18. Brown J, Bullock D & Grossberg S (1999). **How the basal ganglia use parallel excitatory and inhibitory learning pathways to selectively respond to unexpected rewarding cues.** *J Neuroscience* 19: 10502–10511.
19. Burnod Y., Baraduc P., Battaglia-Mayer A., Guigon E., Koehlin E., Ferraina S., Lacquaniti F. & Caminiti R (1999). **Parieto-frontal coding of reaching: an integrated framework.** *Exp. Brain Res* 129: 325–346.
20. Burton AK, Tillotson KD & Troup JD (1989). **Prediction of low back trouble frequency in a working population.** *Spine* 14 (9): 939-946.
21. Carr Janet & Roberta Shepherd (1998). **Νευρολογική αποκατάσταση-βελτιστοποίηση των κινητικών επιδόσεων.** Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου. Επιμέλεια ελληνικής έκδοσης Κατσουλάκης Κωνσταντίνος Δ., 2004; 374, 409.
22. Cavada C & Goldman-Rakic PS (1989). **Posterior parietal cortex in rhesus monkey, II: evidence for segregated corticocortical networks linking sensory and limbic areas with the frontal lobe.** *J Comp Neurol* 287: 422–445.
23. Colby C.L. & Goldberg M.E (1999). **Space and attention in parietal cortex.** *Annu. Rev. Neuroscience* 22: 319–349.
24. Cote L & Crutcher MD (1991). The basal ganglia. In: Kandel E, Schwartz JH, Jessell TM. **Principles of Neural Science. 3th Edition,** New York: Elsevier 647-659.
25. Cowan & Nelson (1988). **Evolving Conceptions of Memory Storage, Selective Attention, and Their Mutual Constraints Within the Human Information-Processing System.** *Psychological Bulletin*, September 104 (2): 163–191.
26. Cracely RH, Petzke F, Wolf JM & Clauw DJ (2002). **Fuctional magnetic resonance imaging evidence of augmented pain processing in fibromyalgia.** *Arthritis Rheum* 46; 1333-1343.
27. Critchley M (1953). **The Parietal Lobe** (London: Arnold).
28. Croft PR, Papageorgiou AC, Fery S & et al (1995). **Psychologic distress and low back pain evidence from a prospective study in the general population.** *Spine* 20: 2731-2737.
29. Dagher A, Owen AM, Boecker H & Brooks DJ (1999). **Mapping the network for planning: a correlational PET activation study with the Tower of London task.** *Brain* 122: 1973–1987.
30. Dagher A, Owen AM, Boecker H & Brooks DJ (2001). **The role of the striatum and hippocampus in planning: a PET activation study in Parkinson’s disease.** *Brain* 124: 1020–1032.
31. Deary Ian J., Lars Penke & Wendy Johnson (2010). **The neuroscience of human intelligence differences.** *Nat Rev Neuroscience* Mar; 11 (3): 201-211. Epub 2010 Feb 10.
32. DeLong MR & Wichmann T (2007). **Circuits and circuit disorders of the basal ganglia.** *Arch Neurol* 64: 20–4.
33. Desmurget M., Reilly K.T., Richard N., Szathmari A., Mottolese C. & Sirigu A (2009). **Movement intention after parietal cortex stimulation in humans.** *Science* 324: 811–813.
34. Deyo RA & Diehl AK (1986). **Patient satisfaction with medical care for low back pain.** *Spine* 11 (1): 28-30.
35. Doyon J, Owen AM, Petrides M, Sziklas V & Evans AC (1996). **Functional anatomy of visuomotor skill learning in human subjects examined with positron emission tomography.** *Eur J Neuroscience* 8: 637–648.
36. Doyon Julien, Pierre Bellec, Rhonda Amsel, Virginia Penhune, Oury Monchi, Julie Carrier, Stephane Lehericy & Habib Benali (2009). **Contributions of the basal**

- ganglia and functionally related brain structures to motor learning.** Behavioural Brain Research 199: 61–75.
37. Dronkers Nina F., Steven Pinker & Antonio Damasio (2000). Language and the Aphasias. In: **Principles of Neural Science, Fourth Edition**, Kandel E, Schwartz JH, Jessell TM, McGraw-Hill, 2000; 1182.
 38. Duff SV & Gordon AM (2003). **Learning of grasp control in children with hemiplegic cerebral palsy.** Dev Med Child Neurology 45: 746–757.
 39. Evarts EV (1968). **Relation of pyramidal tract activity to force exerted during voluntary movement.** J Neurophysiology 31: 14-27.
 40. Feldman A G (1986). **Once more upon the equilibrium-point hypothesis (lambda model) for motor control'.** Journal of Motor Behavior, 18: 17-54.
 41. Fischman M.G (1984). **Programming time as a function of number of movement parts and changes in movement direction.** Journal of Motor Behavior 16: 405- 423.
 42. Fitts PM & Posner MI (1967). **Human performance.** Belmont, CA: Brooks/ Cole.
 43. Fitzpatrick David (2008). In: Purves Dale, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony- Samuel LaMantia, James O. McNamara, Leonard E. White, 2008. **Neuroscience Fourth Edition**, Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts U.S.A. Unit II, Sensation and Sensory Processing, Chapter 10-Pain: 231, 245.
 44. Flor H, Braun C, Elbert T & Birbaumer N (1997). **Extensive reorganization of primary somatosensory cortex in chronic back pain patients.** Neurosci Lett 224: 5-8.
 45. Flor H, Fydrich T & Turk DC (1992). **Efficacy of multidisciplinary pain treatment centers: a meta-analytic review.** Pain 49: 221-230.
 46. Flor Herta (2003). **Cortical reorganisation and chronic pain: implications for rehabilitation.** J Rehabilitation Med 42: 66-72.
 47. Foerster O (1977). **The motor cortex in man in the light of Hughlings Jackson's Doctrines.** In: Payton OD, Hirt S, Newman R, eds. Scientific bases for neurophysiologic approaches to therapeutic exercises. Philadelphia: FA Davis 13-18.
 48. Freund H.J & Hummelsheim H (1984). **Premotor cortex in man: evidence for innervation of proximal limb muscles.** Exp. Brain Res. 53: 479-482.
 49. Fries, P., Reynolds, J. H., Rorie, A. E. & Desimone, R (2001). **Modulation of oscillatory neuronal synchronization by selective visual attention.** Science 291: 1560-1563.
 50. Fuller Geraint & Mark Manfotd (2002). **Νευρολογία.** Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου Α.Ε.: 2.
 51. Fulton J.F (1949). **Physiology of the Nervous System**, Oxford University Press, New York.
 52. Gabrieli J.D.E (1998). **Cognitive neuroscience of human memory.** Annu. Rev. Psychol. 49: 87-115.
 53. Gardner EP, Kandel ER. Touch in: Kandel ER, Schwartz JH & Jessel TM (2000). **Principles of neural science. 4th edition**, New York: Mc- Graw- Hill 2000; 451-471.
 54. Gardner Esther P & Martin John H (2000). Coding of Sensory Information. In: **Principles of Neural Science, Fourth Edition**, Kandel E, Schwartz JH, Jessell TM, McGraw-Hill 2000; 411.
 55. Gesell A & Amatruda CS (1947). **Developmental diagnosis. 2nd ed.** New York: Paul B. Hoeber.
 56. Gesell A (1954). **Behaviour patterns of fetal-infant and child.** In: Hooker D, Kare C, eds. Genetics and inheritance of neuropsychiatric patterns. Res Publ Assoc Res Nerv Ment Dis 33: 114-126.

57. Ghez Claude & Krakauer John (2000). In: **Principles of Neural Science, Fourth Edition**, Kandel E, Schwartz JH, Jessell TM, McGraw-Hill 2000; 653- 654.
58. Gnatd J.W. & Andersen R.A (1988). **Memory related motor planning activity in posterior parietal cortex of macaque**. Exp. Brain Res 70: 216–220.
59. Gold J.I. & Shadlen M.N (2007). **The neural basis of decision making**. Annu. Rev. Neuroscience 30: 535–574.
60. Goldman-Rakic P.S (1988). **Parallel distributed networks in primate association cortex**. Annu. Rev. Neuroscience 11: 137–156.
61. Goodale Melvyn A. & Milner A. David (1992). **Separate pathways for perception and action**. Trends in Neuroscience 15: 20–25.
62. Grafton ST, Hazeltine E & Ivry R (1995). **Functional mapping of sequence learning in normal humans**. J Cogn Neuroscience 7: 497–510.
63. Grafton ST, Hazeltine E & Ivry RB (1998). **Abstract and effector-specific representations of motor sequences identified with PET**. J Neuroscience 18: 9420–9428.
64. Graziano M.S. & Gross C.G (1998). **Spatial maps for the control of movement**. Curr. Opin. Neurobiology 8: 195–201.
65. Grossberg Stephen (1999). **The Link between Brain Learning, Attention, and Consciousness**. Consciousness and Cognition 8 (1): 1–44.
66. Grossberg Stephen (2007). **Consciousness CLEARs the mind**. Neural Networks 20 (9): 1040–1053.
67. Gundewall R, Iljeqvist M & Hansson T (1993). **Primary prevention of back symptoms and absence from work: a prospective randomized study among hospital employees**. Spine 18 (5): 587-594.
68. Hanneke Van Mier, Wouter Hulstijn & Steven E. Petersen (1993). **Changes in motor planning during the acquisition of movement patterns in a continuous task**. Acta Psychologica 82: 291-312. North-Holland.
69. Harrington DL & Haaland KY (1991). **Sequencing in Parkinson's disease: abnormalities in programming and controlling movement**. Brain 114: 99–115.
70. Hasenbring M, Marienfeld G, Kuhlendahl D & Soyka D (1994). **Risk factors of chronicity in lumbar disc patients. A prospective investigation of biologic, psychologic, and social predictors of therapy outcome**. Spine 19 (24): 2759-2765.
71. Henry F.M. & D.E. Rogers (1960). **Increased response latency for complicated movements and a 'memory drum' theory of neuromotor reaction**. Research Quarterly 31: 448-458.
72. Hikosaka O, Nakamura K, Sakai K & Nakahara H (2002). **Central mechanisms of motor skill learning**. Curr Opin Neurobiol 12: 217–222.
73. Hikosaka O, Rand MK, Miyachi S & Miyashita K (1995). **Learning of sequential movements in the monkey — process of learning and retention of memory**. J Neurophysiology 74: 1652-1661.
74. Hikosaka Okihide, Kae Nakamura, Katsuyuki Sakai & Hiroyuki Nakahara (2002). **Central mechanisms of motor skill learning**. Current Opinion in Neurobiology 12: 217–222.
75. Hogan N, Bizzi E, Mussa-Ivaldi F & Flash T (1987). **Controlling multijoint motor behaviour'**. Exercise and Sports Science Reviews, 15: 153-190.
76. Honda M, Deiber M-P, Ibanez V, Pascual-Leone A, Zhuang P & Hallett M (1998). **Dynamic cortical involvement in implicit and explicit motor sequence learning A PET study**. Brain 121: 2159-2173.

77. Horak F (1991). Assumptions **underlying motor control for neurologic rehabilitation**, in: **Contemporary Management of Motor Control Problems**, Proceedings, 11 Step Conference, Foundation for Physical Therapy, New York.
78. Hulstijn W & G.P. Van Galen (1983). **Programming in handwriting: Reaction time and movement time as a function of sequence length**. *Acta Psychologica* 54: 23-49.
79. Hulstijn W. & G.P. Van Galen (1988). **'Levels of motor programming in writing familiar and unfamiliar symbols'**. In: A.M. Volley and J.R. Beech (eds.), *Cognition and action in skilled behavior* 65-85. Amsterdam: North-Holland.
80. Humphrey D.R. (1979). **On the cortical control of visually directed reaching: contributions by nonprecentral motor areas**. In R.E. Talbot and D.R. Humphrey (Eds.), *Posture and Movement*, Raven Press, New York 51-112.
81. Jenkins IH, Brooks DJ, Nixon PD, Frackowiak RS & Passingham RE (1994). **Motor sequence learning: a study with positron emission tomography**. *J Neuroscience* 14: 3775–3790.
82. Johnson P.B., Ferraina S., Bianchi L. & Caminiti R (1996). **Cortical networks for visual reaching: physiological and anatomical organization of frontal and parietal lobe arm regions**. *Cerebral Cortex* 6: 102–119.
83. Jonides J, Schumacher EH, Smith EE & et al (1998). **The role of parietal cortex in verbal working memory**. *J Neuroscience* 18: 5026–5034.
84. Jueptner M, Frith CD, Brooks DJ, Frackowiak RS & Passingham RE (1997). **Anatomy of motor learning. II. Subcortical structures and learning by trial and error**. *J Neurophysiol* 77: 1325–1337.
85. Kahle W, Leonhardt H & Platzer W (1985). **Εγχειρίδιο ανατομικής του ανθρώπου με έγχρωμο άτλαντα. Τόμος 3**, Νευρικό Σύστημα και αισθητήρια όργανα. Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας. Στέλεχος του Εγκεφάλου και Εγκεφαλικά Νεύρα: 8, 92, 94, 142, 158, 160, 166, 194, 250, 268.
86. Kalaska J.F., Scott S.H., Cisek P. & Sergio L.E (1997). **Cortical control of reaching movements**. *Curr. Opin. Neurobiol.* 7: 849–859.
87. Kandel E, Schwartz JH & Jessell TM (2000). **Principles of Neural Science, Fourth Edition**, McGraw-Hill, 407-408, 438-439, 472-473, 832-835, 853-867, 871-872.
88. Karni A, Meyer G, Rey-Hipolito C, Jezard P, Adams MM, Turner R & et al (1998). **The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex**. *Proc Natl Acad Sci USA* 95: 861–868.
89. Katz J & Melzack R (1990). **Pain 'memories' in phantom limbs: review and clinical observations**. *Pain* 43: 319-336.
90. Klapp S.T. & E.P. Wyatt (1976). **Motor programming within a sequence of responses**. *Journal of Motor Behavior* 8: 19-26.
91. Klapp S.T., J.-E. McRae & W. Long (1978). **Response programming vs. alternative interpretations of the 'dit-dab' reaction time effect**. *Bulletin of the Psychonomic Society* 11: 5-6.
92. Klapp ST., W.G. Anderson & R.W. Berrian (1973). **Implicit speech in reading, reconsidered**. *Journal of Experimental Psychology* 100: 386-374.
93. Kleinböhl D, Hölzl R, Möltner A, Rommel C, Weber C & Osswald PM (1999). **Psychophysical measures of sensitization to tonic heat discriminate chronic pain patients**. *Pain* 81: 35-43.
94. Knowlton BJ, Mangels JA & Squire LR (1996). **A neostriatal habit learning system in humans**. *Science* 273: 1399–1402.
95. Knowlton BJ, Mangels JA & Squire LR (1996). **A neostriatal habit learning system in humans**. *Science* 273: 1399–1402.

96. Krakauer J & Ghez C (2000). Voluntary movement. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessel TM. **Principles of neural science. 4th edition**, New York: Mc- Graw- Hill 2000; 756-779.
97. Lacquaniti F., Guigon E., Bianchi L., Ferraina S. & Caminiti R (1995). **Representing spatial information for limb movement: role of area 5 in the monkey**. Cerebral Cortex 5: 391–409.
98. Leavitt SS, Johnston TI & Beyer RD (1971). **The process of recovery: patterns in industrial back injury**. Ind Med Surg 40 (9): 7-14.
99. Leino P & Magni G (1993). **Depressive and distress symptoms as predictors of low back pain, neck-shoulder pain, and other musculoskeletal morbidity: a ten-year follow-up of metal industry employees**. Pain 53 (1): 89-94.
100. Lippert Herbert (1993). **Ανατομική, 5^η έκδοση**. Επιστημονικές εκδόσεις Γρηγόριος Παρισιάνος: 438-451.
101. Lorenz J, Grasedyck K & Bromm B (1996). **Middle and long latency somatosensory evoked potentials after painful laser stimulation in patients with fibromyalgia syndrome**. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 100: 165-168.
102. Luft AR & Buitrago MM (2005). **Stages of motor skill learning**. Mol Neurobiology 32: 205–216.
103. Lustig C & Buckner RL (2004). **Preserved neural correlates of priming in old age and dementia**. Neuron 42: 865–875.
104. Lustig C, Snyder AZ, Bhakta M & et al (2003). **Functional deactivations: change with age and dementia of the Alzheimer type**. Proc Natl Acad Sci U S A. 100: 14504–14509.
105. Magnus R (1925). **Animal posture (Croonian lecture)**. Proc R Soc London 98: 339.
106. Magnus R (1926). **Some results of studies in the physiology of posture**. Lancet 2: 531-585.
107. Marcel Anthony J (1983). **Conscious and Unconscious Perception: An Approach to the Relations between Phenomenal Experience and Perceptual Processes**. Cognitive Psychology 15: 238-300.
108. Marsden C. D (1980). Trends Neuroscience 3: 284-287.
109. Melzack R (1983). **Pain measurement and assessment**. New York: Raven Press.
110. Merzenich MM, Nelson RJ, Stryker MP, Cynader MS, Shoppman A & Zook JM (1984). **Somatosensory cortical map changes following digit amputations in adult monkeys**. J Comp Neurol 224: 591-605.
111. Miller, E.K. & Cohen, J.D (2001). **An integrative theory of prefrontal cortex function**. Annu. Rev. Neuroscience 24: 167–202.
112. Miyachi S, Lu X, Imanishi M, Sawada K, Nambu A, Takada M & et al (2006). **Somatotopically arranged inputs from putamen and subthalamic nucleus to primary motor cortex**. Neurosci Res 56: 300–308.
113. Mountcastle V.B., Lynch J.C., Georgopoulos A., Sakata H. & Acuna C (1975). **Posterior parietal association cortex of monkey – command function for operations within extrapersonal space**. J. Neurophysiology 38: 871–908.
114. Naidoo P & Pillay YG (1994). **Correlations among general stress, family environment, psychological distress, and pain experience**. Percept Mot Skills 78(3 pt 2): 1291-1296.
115. Nakamura K, Sakai K & Hikosaka O (1998). **Neuronal activity in medial frontal cortex during learning of sequential procedures**. J Neurophysiol 80: 2671-2687.
116. Nakano K (2000). **Neural circuits and topographical organization of the basal ganglia and related regions**. Brain Dev 22: S5-S16.
117. Newell KM (1991). **Motor skill acquisition**. Annu Rev Psychol 42: 213-237.

118. Nyberg L, Mcintosh AR, Houle S, Nilsson LG & Tulving E (1996). **Activation of medial temporal structures during episodic memory retrieval.** Nature 380: 715-717.
119. Owen AM (1998). **Memory: dissociating multiple memory processes.** Curr Biol 8: R850–R852.
120. Owen AM, Doyon J, Dagher A & et al (1998). **Abnormal basal ganglia outflow in Parkinson's disease identified with PET: implications for higher cortical functions.** Brain 121: 949–965.
121. Percheron G, François C, Talbi B, Yelnik J & Fénelon G (1996). **The primate motor thalamus.** Brain Res Rev 22: 93–181.
122. Petersen SE, Van Mier H, Fiez JA & Raichle ME (1998). **The effects of practice on the functional anatomy of task performance.** Proc Natl Acad Sci USA95: 853-860.
123. Petrella JR, Townsend BA, Jha AP & et al (2005). **Increasing memory load modulates regional brain activity in older adults as measured by fMRI.** J Neuropsychiatry Clin Neuroscience 17: 75–83.
124. Polit A & Bizzi E (1978). **Processes controlling arm movements in monkeys',** Science, 201, September 29: 1235-37.
125. Pope MH, Anderson GB & Frymoyer JW (1991). **Occupational low back pain.** St Louis, MO: Mosby.
126. Procyk E, Tanaka YL & Joseph JP (2000). **Anterior cingulate activity during routine and non routine sequential behaviors in macaques.** Nat Neurosci 3: 502-508.
127. Purves Dale, George J. Augustine, David Fitzpatrick, William C. Hall, Anthony-Samuel LaMantia, James O. McNamara, Leonard E. White, 2008. **Neuroscience Fourth Edition,** Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts U.S.A. 207-209, 791-794.
128. Rauch SL, Savage CR, Brown HD, Curran T, Alpert NM, Kendrick A & et al (1995). **A PET investigation of implicit and explicit sequence learning.** Hum Brain Mapp 3: 271–286.
129. Rauch SL, Whalen PJ, Savage CR, Curran T, Kendrick A, Brown HD & et al (1997). **Striatal recruitment during an implicit sequence learning task as measured by functional magnetic resonance imaging.** Hum Brain Mapp 5: 124–132.
130. Rees Geraint, Gabriel Kreiman & Christof Koch (2002). **Neural correlates of consciousness in humans.** Nature reviews neuroscience 3: 261-270.
131. Richard A. Andersen & He Cui (2009). **Intention, Action Planning, and Decision Making in Parietal- Frontal Circuits.** Neuron 63, September 10, Elsevier Inc.
132. Riedel W & G. Neeck (2001). **Nociception, pain, and antinociception: current concepts.** Z Rheumatol 60: 404–415.
133. Risch SV, Norvell NK, Pollock MI & et al (1993). **Lumbar strengthening in chronic low back pain patients. Physiologic and psychological benefits.** Spine 18 (2): 232-238.
134. Rizzolatti G., Camarda R., Fogassi L., Gentilucci M., Luppino G. & Matelli M (1988). **Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. II. Area F5 and the control of distal movements.** Exp. Brain Res 71: 491–507.
135. Rizzolatti G., Fogassi L. & Gallese V (1997). **Parietal cortex: from sight to action.** Curr. Opin. Neurobiology 7: 562–567.
136. Rizzolatti Giacomo & Matelli Massimo (2003). **Two different streams form the dorsal visual system: anatomy and functions.** Experimental Brain Research 153: 146–157.

137. Robertson EM & Pascual-Leone A (2004). Press DZ. **Awareness modifies the skilllearning benefits of sleep.** *Curr Biol* 14: 208–212.
138. Roland PE, Larsen B, Lassen NA & Skinhof E (1980). **Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movement in man.** *J Neurophysiology* 43: 118-136.
139. Rolls ET (1994). **Neurophysiology and cognitive functions of the striatum.** *Rev Neurol* 150: 648–660.
140. Rosenbaum D.A., A.W. Inhoff & A.M. Gordon (1984). **Choosing between movement sequences: A hierarchical editor model.** *Journal of Experimental Psychology: General* 113: 372-393.
141. Rosenbaum D.A., S.B. Kenny & M.A. Derr (1983). **Hierarchical control of rapid movement sequences.** *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 9: 86-102.
142. Rosenbaum DA, Kenny SB & Derr MA (1983). **Hierarchical control of rapid movement sequences.** *J Exp Psychol Human Percept* 9: 86-102.
143. Rosomoff HI & Rosamoff RS (1990). **Comprehensive multidisciplinary pain center approach to the treatment of low back pain.** *Neurosurg Clin N Am* 2 (4): 877-890.
144. Rothstein JM & Echterhach JL (1986). **Hypothesis- oriented algorithm for clinicians: a method for evaluation and treatment planning.** *Phys Ther* 66: 1388-1394.
145. Rushworth M.F.S., Ellison A. & Walsh V (2001). **Complementary localization and lateralization of orienting and motor attention.** *Nat. Neuroscience* 4: 656–661.
146. Sakaguchi Yutaka & Shiro Ikeda (2007). **Motor planning and sparse motor command representation.** *Neurocomputing* 70: 1748–1752.
147. Sakai K, Hikosaka O, Miyauchi S, Takino R, Sasaki Y & Pütz B (1998). **Transition of brain activation from frontal to parietal areas in visuo-motor sequence learning.** *J Neuroscience* 18: 1827-1840.
148. Sakata H., Taira M., Kusunokia M., Murataa A. & Tanakaa Y (1997). **The parietal association cortex in depth perception and visual control of hand action.** *Trends Neuroscience* 20: 350–357.
149. Salinas E, Opris I, Zainos A, Hernandez A & Romo R (2000). **Motor and non motor roles of the cortico basal ganglia circuitry.** In: Miller R, Wickens J (eds) *Brain dynamics and the striatal complex. Conceptual advances in brain research*, Harwood Academic 1: 237–255.
150. Salmon DP & Butters N (1995). **Neurobiology of skill and habit learning.** *Curr Opin Neurobiol* 5: 184 –190.
151. Saxe Rebecca, Laura E Schulz & Yuhong V Jiang (2006). **Reading Minds versus Following Rules: Dissociating Theory of Mind and Executive Control in the Brain.** *Social Neuroscience* 1 (3-4): 284-298.
152. Schlaug G, Knorr U & Seitz R (1994). **Inter-subject variability of cerebral activations in acquiring amotor skill: a study with positron emission tomography.** *Exp Brain Res* 98: 523–534.
153. Schmidt RA & Lee TD (2005). **Motor Control and Learning: a behavioral emphasis.** Champaign, IL: Human Kinetics.
154. Schultz W, Dayan P & Montague PR (1997). **A neural substrate of prediction and reward.** *Science* 275: 1593–1599.
155. Seitz RJ, Roland E, Bohm C, Greitz T & Stone-Elander S (1990). **Motor learning in man: a positron emission tomographic study.** *Neuroreport* 1: 57–60.

156. Shepard K (1991). **Theory: criteria importance and impact.** In: **Contemporary management of motor control problems: proceedings of the II Step.** Alexandria, VA: American Physical Therapy Association 5-10.
157. Sherman RA & Devor M (1997). **Phantom pain as an expression of referred and neuropathic pain. Phantom pain.** New York: Plenum Press 33-57.
158. Shima K & Tanji J (2000). **Neuronal activity in the supplementary and presupplementary motor areas for temporal organization of multiple movements.** *J Neurophysiol* 84: 2148-2160.
159. Shumway-Cook Anne & Woollacott Marjore H. (2007). **Motor Control, Translating research into clinical practice.** 3th edition, Lippincott Williams & Wilkins 4, 5, 8, 9, 22, 23, 32, 85, 59, 71, 72, 73.
160. Skovron ML (1992). **Epidemiology of low back pain.** *Baillière's Clinical Rheumatology* 6 (3): 559-573.
161. Snook SH (1982). **Low back pain in industry.** In: White AA, Gordon SL, eds. *Symposium on idiopathic low back pain.* St Louis, MO: Mosby 23-28.
162. Steenbergen B, Verrel J & Gordon AM (Forthcoming). **Motor planning in Cerebral Palsy.** *Dis Rehab.*
163. Steenbergen Bert & Andrew M Gordon (2006). **Activity limitation in hemiplegic cerebral palsy: evidence for disorders in motor planning.** *Developmental Medicine & Child Neurology* 48: 780–783.
164. Steinmetz (2002). P. N. et al. **Attention modulates synchronized neuronal firing in primate somatosensory cortex.** *Nature* 404: 187–190. A particularly clear demonstration of how selective attention modulates synchronous neuronal firing.
165. Stern CE, Corkin S, Gonzalez RG, Guimaraes AR, Baker JR & et al (1996). **The hippocampus participates in novel picture encoding: evidence from functional magnetic resonance imaging.** *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 8660-8665.
166. Sternberg S., S. Monsell R.L. Knoll & C.E. Wright (1978). **'The latency and duration of rapid movement sequences: Comparisons of speech and typewriting'**. In: G. Stelmach (ed.), *Information processing in motor control and learning,* New York: Academic Press 117- 152.
167. Symonds TL, Burton AK & Tillotson KM (1995). **Absence resulting from low back trouble can be reduced by psychosocial intervention at the work place.** *Spine* 20 (24): 2738-2745.
168. Tanji J (1996). **New concepts of the supplementary motor area.** *Curr Opin Neurobiol* 6: 782-787.
169. Tanji J (2001). **Sequential organization of multiple movements: involvement of cortical motor areas.** *Annu Rev Neuroscience* 24: 631-651.
170. Tanne-Gariepy J., Boussaoud D. & Rouiller E.M (2002). **Parietal inputs to dorsal versus ventral premotor areas in the macaque monkey: evidence for largely segregated visuomotor pathways.** *Exp. Brain Res* 145: 91–103.
171. Timm KE (1994). **A randomized-control study of active and passive treatments for chronic low back pain following 15 laminectomy.** *J Orthop Sports Phys Ther* 20 (6): 276-286.
172. Toni I, Krams M, Turner R & Passingham RE (1998). **The time course of changes during motor sequence learning: a whole-brain fMRI study.** *Neuroimage* 8: 50-61.
173. Trinidad- Herrero Maria, Carlos Barcia & Juana Mari Navarro (2002). **Functional anatomy of thalamus and basal ganglia.** *Child's Nerv Syst* 18: 386–404.
174. Turner JA & Jensen MP (1993). **Efficacy of cognitive therapy for chronic low back pain.** *Pain* 52 (2): 169-177.

175. Twomey L & Taylor J (1995). **Exercise and spinal manipulation in the treatment of low back pain.** Spine 20 (5): 615-619.
176. Ungerleider L.G. & Mishkin M (1982). **In Analysis of Visual Behavior**, D.J. Ingle, M.A. Goodale and R.J.W. Mansfield, eds. (Cambridge: MIT) 549-586.
177. Van Mier H. & W. Hulstijn (1993). **The effects of motor complexity and practice on initiation time in writing and drawing.** Acta Psychologica (in press).
178. Vos BP, Benoist JM, Gautron M & Guilbaud G (2000). **Changes in neuronal activities in the two ventral posterior medial thalamic nuclei in an experimental model of trigeminal pain in the rat by constriction of one infraorbital nerve.** Somatosens Mot Res 17: 109-122.
179. Weickgenant AL, Slater MA, Patterson TL & et al (1993). **Coping activities in chronic low back pain: relationships with depression.** Pain 53 (1): 95-103.
180. Weisz Stephan (1938). **Studies in equilibrium reaction.** J Nerv Ment Dis 88: 150-162.
181. Wheeler AH & Hanley EN (1995). **Jr. Nonoperative treatment for low back pain. Rest to restoration.** Spine 20 (3): 375-378.
182. Willingham DB (1998): **A neuropsychological theory of motor skill learning.** Psychol Rev 105: 558-584.
183. Wise S.P (1984). **The nonprimary motor cortex and its role in the cerebral control of movement.** In G. Edelman, W. Gall and W. Cowan (Eds.). Dynamic Aspects of Neocortical Function, Wiley, New York 525-555.
184. Wise S.P (1985). **The Primate premotor cortex: past, present, and preparatory.** Annu. Rev. Neuroscience 8: 1-19.
185. Woolf CJ & Salter MW (2000). **Neuronal plasticity: increasing the gain in pain.** Science 288: 1765-1769.
186. Αγαμέμνων Δεσπόπουλος & Stefan Silbernagl (1989). **Εγχειρίδιο φυσιολογίας με έγχρωμο άτλαντα.** Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας. Ανατομία του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος: 272, 284, 286.
187. Λογοθέτης Ι. (2004). Η εξέταση των ψυχοδιανοητικών λειτουργιών, Λογοθέτης Ι και Μυλωνάς Ι, **Νευρολογία Λογοθέτη 4^η έκδοση**, University studio press 205- 206, 208, 213- 214, 216, 217, 220, 221, 222.