

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΙΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ
ΣΤΟΧΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ
ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ ΚΑΙ ΣΤΗ
ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ**

**ΜΙΧΑΗΛΟΥ ΜΑΡΙΑ
ΛΥΚΟΥ ΕΛΙΣΑΒΕΤ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:
ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

ΑΙΓΙΟ-2012

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2010- 2011, στο τμήμα Φυσικοθεραπείας (παράρτημα Αιγίου) του Ανωτάτου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πατρών.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους υπευθύνους καθηγητές του τμήματος κ^ο Κουτσογιάννη Κωνσταντίνο και κ^α Νούση Σοφία καθώς και την καθηγήτρια Αγγλικής Φιλολογίας κ^α Μαρινάκη Ελένη για την άριστη συνεργασία, τις επιστημονικές συμβουλές, αλλά κυρίως για την αμέριστη και πολύπλευρη συμπαράστασή τους, σε όλη τη διάρκεια της πτυχιακής μας εργασίας.

Επίσης, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς και θερμές μας ευχαριστίες σε όλα τα μέλη του τμήματος Φυσικοθεραπείας για την καταλυτική συμβολή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Τέλος, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την ηθική συμπαράσταση και την υπομονή τους όλο αυτό το διάστημα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Καθημερινά βομβαρδιζόμαστε από έναν ατελείωτο αριθμό πληροφοριών, οι οποίες προέρχονται από το εξωτερικό μας περιβάλλον. Αυτή η φυσιολογική, κατά κανόνα συσχέτιση ανθρώπου και περιβάλλοντος εξισορροπείται από την δράση τριών αισθητικών συστημάτων τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (οπτικό, αιθουσαίο και ιδιοδεκτικό). Έτσι δημιουργείται ένα σύστημα εισόδου, επεξεργασίας και εξόδου όλων των ερεθισμάτων μέσω πρωτογενούς ιδιοδεκτικής πληροφόρησης αλλά και μέσω δευτερογενούς εσωτερικής και εξωτερικής ανατροφοδότησης. Για αυτή την εργασία θα διερευνηθούν πεδία της οφθαλμολογίας, νευρολογίας και νευροανατομίας. Σκοπός είναι να απαντήσουμε σε ερωτήματα που αφορούν τα συστήματα του οφθαλμού, τα οπτικά και νευρικά μονοπάτια που ευθύνονται για την αρχική μας αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και τα ερεθίσματα που μετατρέπονται από τους οφθαλμούς σε αυτόματες στατικές αντιδράσεις. Επίσης, απόψεις της επιστημονικής κοινότητας φαίνεται να αντιπαρατίθενται αλλά και να συμφωνούν στην πλειοψηφία τους για τη σχέση κινούμενου οπτικού στόχου και την επίδρασή του στη στατική ισορροπία. Διερευνώνται επιπλέον κινήσεις που παράγονται όταν περνάει μπροστά μας ένας οπτικός στόχος, ο ρόλος που παίζει το χρώμα, το μέγεθος και η απόστασή του στόχου από τον παρατηρητή και η επίδραση των στατικών αντιδράσεων που δημιουργούνται ώστε να διατηρήσουμε την ισορροπία μας. Συνεπώς την επόμενη φορά που θα σταθούμε στην πλατφόρμα του μετρό περιμένοντας τον συρμό ας προσέξουμε τί κάνει το σώμα μας για να μας κρατήσει σταθερούς και ακίνητους στην ίδια όρθια θέση και εάν υπάρχει κάτι το οποίο μας κάνει να νοιώθουμε ότι δεν κινούμαστε αλλά στην πραγματικότητα πρόκειται και στατική κίνηση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	9
1.1. ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	10
1.2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	12
1.3. ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ	13
1.4. ΣΥΖΕΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΟΦΘΑΛΜΩΝ	16
1.5. ΣΑΚΚΑΔΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ	18
1.6. ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΣΑΚΚΑΔΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ	19
1.7. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	22
2.1. ΕΓΧΡΩΜΗ ΟΡΑΣΗ	23
2.1.1. ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ	25
2.1.2. ΑΠΟΧΡΩΣΕΙΣ	26
2.2. ΦΩΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	28
2.2.1. ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ	28
2.3. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

«ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ»	32
3.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ	
ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ	34
3.2. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	
ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ	35
3.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΕΝΙΚΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΩΝ	40
3.4 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	42
4.1. ΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	44
4.2. ΣΧΕΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	45
4.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ	
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	46
4.4. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑΣ	55
4.5. ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑΣ	55
4.6. ΠΡΟΚΛΙΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ	57
4.7. ΣΧΕΣΗ ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	
Ή ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ	58
4.8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	61
5.1. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	62
5.1.1. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ ΠΔΚ Ή ΤΟΥ ΑΣΤΡΑΓΑΛΟΥ	62
5.1.2. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΟΥ ΙΣΧΙΟΥ	64
5.1.3 ΑΝΑΣΤΑΛΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ Ή ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ	

ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ	65
5.1.4. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΟΥ ΣΚΑΛΟΠΑΤΙΟΥ	65
5.2. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ	
ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗ	
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΑΛΑΝΤΕΥΣΗΣ	66
5.2.1. ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΑΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ	
ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ	66
5.2.2. ΣΧΕΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ	
ΤΟ ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟ	68
5.2.3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ	
ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ (ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ)	69
5.3. ΣΧΕΣΗ ΗΛΙΚΙΑΣ – ΦΥΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ	
ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ	70
5.4. ΝΕΥΡΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ	73
5.5. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ	79
6.1. ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ	81
6.2. ΜΥΪΚΕΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΕΣ	82
6.3. ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ	
ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ	85
6.4. ΣΧΕΣΗ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΜΥΩΝ ΚΑΙ ΣΚΕΛΕΤΙΚΩΝ	
ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΩΝ ΜΥΩΝ	88
6.5. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ	88
6.5.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΥΧΕΝΑ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ	
ΟΡΑΣΗΣ	89
6.6. ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΟΡΜΟΥ	

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ	91
6.6.1. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΗΣ ΣΤΟΧΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ	92
6.6.2. ΝΕΥΡΙΚΗ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΣΤΟΧΟΥ	93
6.7. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	94
6.8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ	102
7.1. ΣΧΕΣΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΥΪΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	105
7.2. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ	106
7.2.1. ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΕΙΡΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΩΝ	106
7.3. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ	108
7.4. ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ	109
7.5. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	110
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	111
ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ	113
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	133

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΜΣΣ = Αυχενική Μοίρα Σπονδυλικής Στήλης

Ε.Σ.= Εγκεφαλικό Στέλεχος

ΚΑ = Κάτω Άκρα

ΚΒ = Κέντρο Βάρους

ΚΝΣ = Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

Σ.Σ. = Σπονδυλική Στήλη

ΠΔΚ = Ποδοκνημική

BOS = βάση στήριξης

Cog = Center of gravity

Com = Center of mass

Cop = Center of pressure

MCOP = μέσο κέντρο πίεσης

f MRI = λειτουργική μαγνητική τομογραφία

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος και συγκεκριμένα η δομή, η λειτουργία και η οργάνωση του νευρικού συστήματος, αποτελούν εδώ και αιώνες τον βασικότερο πόλο έλξης των επιστημόνων.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι η πολυπλοκότητα του εγκεφάλου κεντρίζει το ενδιαφέρον όχι μόνο της ιατρικής αλλά και της ψυχολογίας, της φιλοσοφίας ακόμα και της τέχνης. Πλειάδα ερευνητικών μελετών και ψυχοφυσιολογικών συμπερασμάτων φέρνουν στην επιφάνεια διαρκώς νέα στοιχεία για τις δυνατότητες του εγκεφάλου (Kandel & Wurtz, 2000).

Ο εγκέφαλος αντιπροσωπεύει εσωτερικά τον κόσμο. Ανιχνεύει στοιχεία του εξωτερικού κόσμου και αντιστοίχως ενημερώνει τον οργανισμό δια μέσου νευρωνικών μηχανισμών οι οποίοι μεταφέρουν τις απαραίτητες πληροφορίες. Οι αισθητικοί υποδοχείς είναι αυτοί που ανιχνεύουν, αναλύουν και εκτιμούν τη σημασία των φυσικών ερεθισμάτων τα οποία μεταφέρονται υπό μορφή νευρικών ώσεων. Αναπτύσσεται λοιπόν, μία αναλογική σχέση μεταξύ της ικανότητας αντίληψης και της δράσης των κινητικών συστημάτων. Τα κινητικά συστήματα, μεταφράζουν αυτές τις νευρικές ώσεις σε μυϊκή συστολή και κατ' επέκταση σε κίνηση. Επίσης, επιτρέπουν τη διατήρηση ικανοτήτων όπως η ισορροπία, η στάση και η ομιλία. Ωστόσο, η φυσιολογική παραγωγή κίνησης αλλά και η διατήρηση ισορροπίας εξαρτώνται από την ύπαρξη μιας συνεχόμενης ροής οπτικής, σωματοαισθητικής και στατικής πληροφόρησης του ανθρώπινου κινητικού συστήματος (Ghez & Krakauer, 2000).

Η οπτική πληροφορία δημιουργεί ένα περιβάλλον προϊδιοδεκτικότητας που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι η αντίληψη και η ικανότητα του εγκεφάλου να ενεργοποιείται, να συντονίζεται, να

επεξεργάζεται και να παράγει τις συνθήκες τόσο για στάση όσο και για κίνηση (Gibson, 1979 βλ. Wade & Jones, 1997).

Η σταθερότητα και κατ' επέκταση η ισορροπία είναι πρωτεύοντα χαρακτηριστικά στοιχεία του ανθρωπίνου συστήματος, τα οποία ελέγχονται και καθορίζονται από ποικίλες παραμέτρους. Ανατομικά ο άνθρωπος στέκεται ενάντια στη βαρύτητα επειδή τον υποβαστάζει ένα σύστημα οστών (μέσα σε αυτά και η δομή της σπονδυλικής στήλης). Επίσης, οι μύες που λαμβάνουν έλεγχο μέσα από κινητικά κυκλώματα παίζουν καθοριστικό ρόλο όχι μόνο στην επίτευξη αλλά και στη διατήρηση της ισορροπίας και της στάσης (Shumway- Cook & Woollacott , 2007). Επομένως ο έλεγχος της στάσης, έχει να κάνει με την ενσωμάτωση πολλών, διαφορετικών νευρωνικών συστημάτων.

Για να υπάρχει σταθερότητα, το κέντρο βάρους του σώματος πρέπει να διατηρηθεί μέσα στη βάση στήριξης. Μόλις αυτό μετακινηθεί εκτός της βάσης στήριξης, τότε το σώμα θα πέσει κάτω. Άρα διακρίνουμε δύο είδη ισορροπίας, τη στατική και τη δυναμική. Η στατική ισορροπία είναι η ικανότητα διατήρησης της θέσης ενάντια στη βαρύτητα, ενώ η δυναμική ισορροπία είναι η ικανότητα διατήρησης ισορροπίας ενάντια σε εξωτερικούς παράγοντες που τείνουν να τη διαταράξουν (Jones, 2000).

Καθημερινά ο ανθρώπινος οργανισμός δέχεται πληροφορίες από το εξωτερικό περιβάλλον στο οποίο δρα και κινείται. Η φύση και η ποιότητα της εκάστοτε πληροφορίας μελετήθηκε από τον Wolpert (1990) (βλ. Wade & Jones, 1997), ο οποίος επισήμανε το πόσο σημαντικό είναι το περιβάλλον στη δράση των υποδεκτικών συστημάτων (οπτικό, ιδιοδεκτικό και αισθητικοκινητικό). Από τα συστήματα αυτά το οπτικό είναι εκείνο το οποίο ευθύνεται για μια πλειάδα άλλων ενεργειών όπως είναι ο έλεγχος της στάσης και της ισορροπίας σε στατικές και δυναμικές καταστάσεις.

Αξίζει βέβαια να σημειωθεί, ότι κάθε άνθρωπος παρουσιάζει διαφορετική ευαισθησία στο οπτικό ερέθισμα καθώς επίσης και ότι το οπτικό σύστημα προσαρμόζεται ανάλογα με την ποιότητα του ερεθίσματος αυτού (Wade & Jones, 1997).

Παρακολουθώντας έναν οπτικό στόχο ο οποίος κινείται, αμέσως ενεργοποιούνται διαφορετικές περιοχές του αμφιβληστροειδή καθώς και ανώτερα κινητικά κυκλώματα για τη διατήρηση της ισορροπίας (Tessier-Lavigne, 2000; Lennie, 2000). Έτσι, από τη μια δημιουργείται ο έλεγχος της στάσης από τον τρόπο που προσπίπτει το φως στο κέντρο ή την περιφέρεια του αμφιβληστροειδή και από την άλλη αμέσως το σώμα ακούσια προσαρμόζεται ώστε να παραχθεί στατική σταθερότητα και κατ' επέκταση να διατηρηθεί η ισορροπία (Slobounov et al., 2006).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το οπτικό σύστημα είναι πηγή απαραίτητης πληροφορίας για το στατικό έλεγχο, αλλά νέες μελέτες έδειξαν ότι ταυτόχρονα είναι και δείκτης προσανατολισμού στο χώρο (Wade & Jones, 1997). Γνωρίζοντας λοιπόν τα χαρακτηριστικά ενός περιβάλλοντος επιλέγεται ο καλύτερος δυνατός συνδυασμός προπαρασκευαστικών στατικών αντιδράσεων για την αποφυγή της μετατόπισης του κέντρου βάρους (Di Giulio et al., 2009). Ωστόσο, σε ένα περιβάλλοντα χώρο ο οποίος κινείται άλλοτε σε προσθοπίσθια κατεύθυνση και άλλοτε σε οριζόντια, η σχέση οπτικών και στατικών πληροφοριών αλλάζει. Σε έναν κινούμενο οπτικό στόχο δηλαδή, βρέθηκε ότι άλλα άτομα παρουσίασαν στατικό λίκνισμα στην επερχόμενη διατάραξη και άλλα όχι (Di Giulio et al., 2009).

Ο Horak (2004) έδειξε ότι η διαταραχή που χρησιμοποιείται για την πρόκληση στατικών αντιδράσεων αποτελείται από παραμέτρους τις οποίες όταν το άτομο γνωρίζει μειώνει το στατικό του λίκνισμα, ενώ όταν δεν τις γνωρίζει οι στατικές του αντιδράσεις είναι αυξημένες και πιο έντονες. Μιλώντας για παραμέτρους, σε μελέτες *in vitro*, οι οποίες χρησιμοποιούν

στοιχεία του εξωτερικού περιβάλλοντος σε μια προσπάθεια να μοιάζουν οι συνθήκες του εργαστηρίου με τη βιολογική κίνηση, βρέθηκε ότι το χρώμα και το μέγεθος του κινούμενου στόχου, η απόσταση από τον παρατηρητή, η ταχύτητα, η συχνότητα και η διάρκεια ταλάντευσης ή κίνησης αλλά και το υλικό του στόχου αλλάζουν το στατικό έλεγχο (Greffou et al., 2008; Uchiyama & Demura, 2008; Slobounov et al., 2006; Wade & Jones, 1997; Bonnetblanc et al., 2004; Freitas Júnior & Barela, 2004; Ko et al., 2001). Επίσης, παράμετροι από τις οποίες εξαρτώνται οι προσαρμογές είναι το είδος της κίνησης, η κατεύθυνση του στόχου και η αρχική θέση του παρατηρητή (το επίπεδο σταθερότητας όταν αυτός έρχεται σε επαφή με τον οπτικό στόχο).

Ο ρυθμός όλων των προαναφερθέντων αντιδράσεων εξαρτάται από το επίπεδο ανατροφοδότησης. Σύμφωνα με τον ανατροφοδοτικό μηχανισμό που ενεργοποιείται όταν το άτομο βρίσκεται σε διαφορετικά περιβάλλοντα, εμφανίζονται και οι ανάλογες στατικές προσαρμογές. Η ανατροφοδότηση είναι σημαντική και διαφορετική όταν τα μάτια είναι ανοιχτά, όταν είναι κλειστά ή όταν υπάρχει συνδυασμός τους. Οι εγκεφαλικές λειτουργίες αλλάζουν όταν αλλάζει και η ανατροφοδότηση. Παρόμοια, η υψηλού επιπέδου εγκεφαλικές λειτουργίες, όπως είναι η προσδοκία, μπορούν να αλλάξουν το στατικό έλεγχο (Guerraz et al., 2000, 2001 βλ. Day & Guerraz, 2007).

Φαίνεται ότι η γνώση των ιδιοτήτων του οπτικού στόχου παράγει μικρές στατικές προσαρμογές. Αντίθετα, η πρώτη επαφή με ένα άγνωστο οπτικό περιβάλλον δημιουργεί μεγαλύτερη μετατόπιση του κέντρου βάρους (Bonnetblanc et al., 2004). Επίσης, σε έρευνα των Day & Guerraz (2007) η ανατροφοδότηση τύπου feedforward αρμόζει περισσότερο σε αιθουσαία ερεθίσματα. Από την άλλη, η ανατροφοδότηση τύπου feedback είναι αυτή που μεταφέρει την οπτική πληροφορία. Τέλος, η χρονική διάρκεια μεταξύ των ερεθισμάτων και του είδους ανατροφοδότησης πριν ή μετά από αυτά είναι σημαντική για το μέγεθος των στατικών αντιδράσεων.

Συνεπώς, η συνεισφορά του οπτικού συστήματος στον προσανατολισμό στο χώρο, όταν το οπτικό σκηνικό κινείται σταθερά σε σχέση με το σταθερό άτομο, δίνει αρκετές πληροφορίες σχετικά με τις διεργασίες του εγκεφάλου που αφορούν την αντίληψη του οπτικού ερεθίσματος και την προσαρμοστική συμπεριφορά του ατόμου (Wei et al., 2010). Αντίθετα, όταν οι αισθητικές συνθήκες μεταβάλλονται τα ερεθίσματα επεξεργάζονται εκ νέου ταχύτερα, ώστε να διατηρηθεί η όρθια στάση (Horak et al., 1996 βλ. Freitas Júnior & Barela, 2004).

Επιπροσθέτως, κάθε άτομο είναι ικανό να επιλέξει οποιαδήποτε στρατηγική για να ισορροπήσει (ΠΔΚ – ισχίο – ανασταλτική στρατηγική), σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του μυοσκελετικού και μορφολογικού του συστήματος (Greffou et al., 2008; Ko et al., 2001).

Έχει παρατηρηθεί λοιπόν, ότι ένα οπτικό ερέθισμα είναι ικανό να ενεργοποιήσει συγκεκριμένους μύες, οι οποίοι έχουν σταθεροποιητικό ρόλο. Η ενεργοποίηση αυτή, που ονομάζεται προσαρμογή, άλλοτε είναι μεγαλύτερη και άλλοτε μικρότερη, με αποτέλεσμα το στατικό λίκνισμα να είναι αντίστοιχα μεγαλύτερο ή μικρότερο. Η καταγραφή της μυϊκής προσαρμογής γίνεται τόσο με ηλεκτρομυογράφημα όσο και με το αποτέλεσμα των δυνάμεων πίεσης του πέλματος στην πλατφόρμας ισορροπίας (ιδιοδεκτική πληροφόρηση). Συγκεκριμένα, ηλεκτρομυογραφικές μελέτες στους μύες του κάτω άκρου, της σπονδυλικής στήλης και του αυχένα (γαστροκνήμιος, μεγάλος γλουτιαίος, πρόσθιος κνημιαίος, ορθωτήρας του κορμού κ.α.), έδειξαν ότι κάποιοι έχουν την ιδιότητα να μην να συσπώνται για τη διατήρηση της ισορροπίας, αλλά και να ενεργοποιούνται πολύ πριν εφαρμοστεί το ερέθισμα το οποίο θα διαταράξει την παρούσα ισορροπιστική κατάσταση (Shumway- Cook & Woollacott, 2007). Ενδιαφέρον είναι ότι οι μυϊκές ομάδες δρουν με ένα ξεχωριστό αγωνιστικό τρόπο κάθε φορά διαχωρίζοντας την κίνηση του άνω και κάτω τμήματος του σώματος ανάλογα με τη συχνότητα ταλάντευσης (Kasai &

Kawai, 1994). Έτσι οι μύες αυτοί με την έκκληση προπαρασκευαστικών στατικών αντιδράσεων προετοιμάζουν το σώμα για την επερχόμενη διατάραξη της ισορροπίας του (Di Giulio et al., 2009· Ko et al., 2001).

Παράδοξη άποψη αποτελεί το ότι η ισορροπία σύμφωνα με Di Giulio et al. (2009), δεν έχει άμεση σχέση με την πληροφόρηση από το μυοσκελετικό σύστημα (συστολή μυών). Το στατικό λίκνισμα είναι αυτό που ευθύνεται για τις μεταβολές στο μήκος των μυών και κατ' επέκταση για την μεταβολή και μετατόπιση του κέντρου βάρους. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν έχει αναφερθεί από άλλους ερευνητές.

Πέρα όμως από την ενεργοποίηση των στατικών μυών για τη διατήρηση της ισορροπίας ένα οπτικό ερέθισμα προκαλεί πιο άμεσες αντιδράσεις στο ΚΝΣ. Διεγείρονται περιοχές που έχουν σχέση με την οπτική ροή, τη στάση και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Slobounov et al., 2004). Σε εργαστηριακές συνθήκες η εγκεφαλική δραστηριότητα ανιχνεύεται με τη χρήση f MRI και άλλων νευρονικών ανιχνευτών με σκοπό τον εντοπισμό των μέγιστων στατικών αντιδράσεων (Slobounov et al., 2006; Greffou et al., 2008).

Μέσα σε αυτές τις περιοχές σημαντικό ρόλο έχει και η παρεγκεφαλίδα, για τη δράση της οποίας απαιτείται συνεχής οπτική ανατροφοδότηση σχετικά με το κινούμενο αντικείμενο (Ghez & Thach, 2000). Έτσι γεννάται το ερώτημα: σε περίπτωση ύπαρξης κινούμενου στόχου, ποιο είναι το σχέδιο δράσης της παρεγκεφαλίδας και πώς αυτή συνδέει την οπτική πληροφορία, την κίνηση των οφθαλμών και την επίτευξη στατικού ελέγχου και ισορροπίας.

Η ανακάλυψη ότι η παρεγκεφαλίδα είναι υπεύθυνη για γνωστικές λειτουργίες παρακίνησε πολλούς ερευνητές να την εξετάσουν λεπτομερέστερα. Ωστόσο το ενδιαφέρον της παρούσας μελέτης εστιάζεται στον ρόλο που αυτή έχει στον στατικό έλεγχο και τη διατήρηση στατικής ισορροπίας (Horak, 1994 βλ. Slobounov et al., 2005). Ένα από τα ερωτήματα που εν συνεχεία θα αναπτυχθούν, είναι η ανακάλυψη του πώς λειτουργεί η

παρεγκεφαλίδα στην διαδικασία αντίληψης της κίνησης, πώς λειτουργεί στην διαφοροποιημένη κίνηση των οφθαλμών και τέλος πώς αντιδρά υπό συνθήκες όπου απαιτείται απόλυτη σταθερότητα.

Συνοψίζοντας λοιπόν, ο άνθρωπος είναι μία πολύ υψηλή δομή η οποία ανακαλύπτεται σταδιακά. Το αποτέλεσμα της κινητικής του λειτουργίας, οφείλεται σε νευρωνικά μονοπάτια του εγκεφάλου. Αντίστοιχα, το αποτέλεσμα της στατικής του ικανότητας, αποτελεί ένα μόνο κομμάτι του πάζλ, που συναρμολογείται σε συνεργασία με την ανακάλυψη του εξωτερικού κόσμου. Κάθε ανθρώπινη οντότητα, βλέπει, αντιλαμβάνεται, προσέχει, αισθάνεται, κινείται, συμπεριφέρεται και δρα σύμφωνα με τα εξωτερικά ερεθίσματα. Ένα από αυτά είναι και το οπτικό, το οποίο μεταφέρεται στον οφθαλμό και σαν την μνήμη μιας κάμερας, αποθηκεύει και εντυπώνει τις ιδέες του ορατού κόσμου.

Σκοπός λοιπόν της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί μέσω μελέτης ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, το αν υπάρχει μία ή περισσότερες διαδικασίες που επιβεβαιώνουν τη λειτουργία επεξεργασίας των οπτικών ερεθισμάτων από τον εγκέφαλο καθώς και το πώς αλλάζει το οπτικό ερέθισμα τη στάση και τη δράση των σταθεροποιών μυών και κατ' επέκταση τον στατικό έλεγχο. Σε δευτερεύον επίπεδο σκοπός είναι να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με τις στατικές αντιδράσεις που αυθόρμητα εκλύονται από τις διαφορετικές συνθήκες του περιβάλλοντος όταν υπάρχει ανατροφοδοτικός μηχανισμός και όταν δεν υπάρχει. Τέλος σκοπό αποτελεί η ανάλυση του ρόλου της επιστήμης της ψυχολογίας στον στατικό έλεγχο. Αυτά και άλλα συναφή ερωτήματα θα γίνουν αντικείμενα προς τεκμηρίωση σε αυτή την εργασία. Ερωτήματα που έχουν απασχολήσει κατά καιρούς πολλούς, αλλά λίγοι είναι εκείνοι που τόλμησαν να ξεπεράσουν τα “κλισέ” της φυσιολογίας, και να διεισδύσουν σε βαθύτερα μονοπάτια των νευροεπιστημών

ώστε να ανακαλύψουν άγνωστες μέχρι στιγμής έννοιες, μηχανισμούς, σχέσεις και αντιδράσεις του οπτικού με το στατικό σύστημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

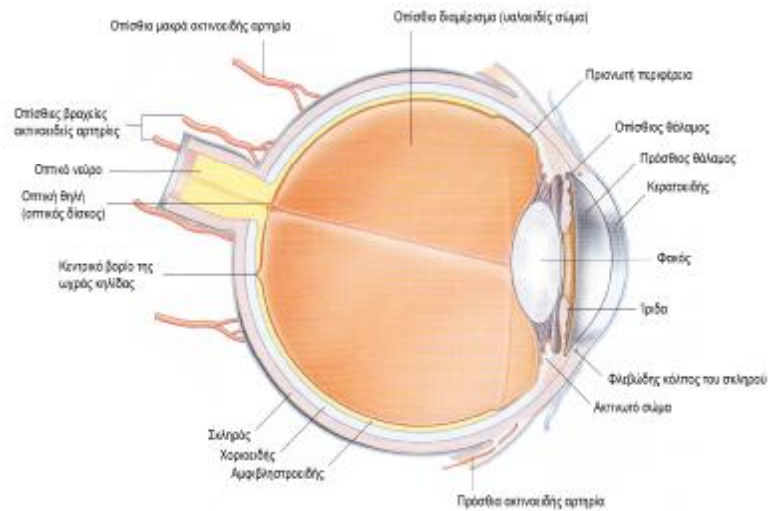
Το οπτικό σύστημα παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τον περιβάλλοντα χώρο συμπεριλαμβανομένης και της κατεύθυνσης, της ταχύτητας, του μεγέθους και του χρώματος των αντικειμένων. Επίσης, παρέχει πληροφόρηση για τις κινήσεις του σώματος που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο οποιασδήποτε ενέργειας (Freitas Júnior & Barela, 2004; Kandel & Wurtz, 2000).

Είναι αποδεδειγμένο και ανατομικά πλέον ότι ο οφθαλμός αποτελεί το πιο πολύπλοκο απ' όλα τα αισθητικά όργανα του σώματός μας. Η μοναδικότητά του αυτή οφείλεται σε έναν βιοχημικό μηχανισμό που χρησιμοποιεί για τη μεταφορά φωτεινά ερεθίσματα υπό μορφή νευρικών δυναμικών δράσης.

1.1. ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

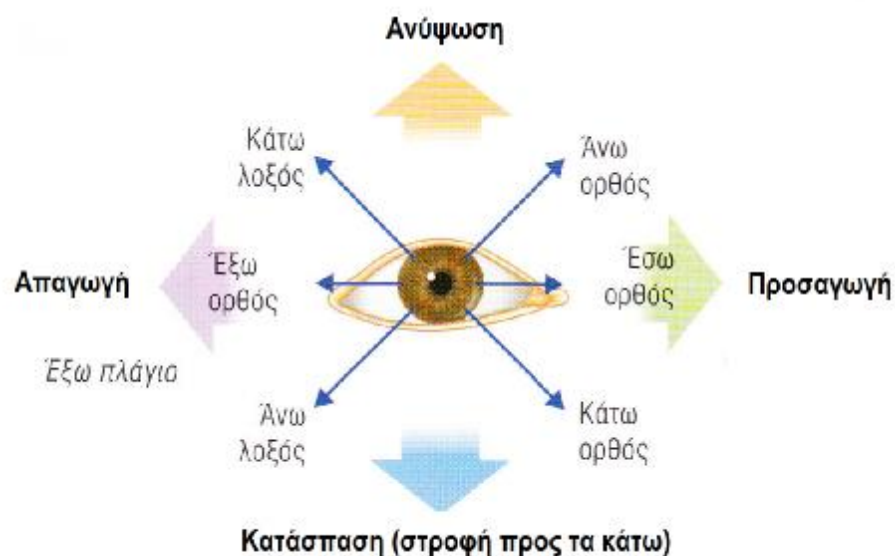
Ο οφθαλμός είναι σχηματισμένος από δυο αμφοτερόπλευρα μορφώματα τα οποία εντοπίζονται στο άνω ημιμόριο του προσώπου και λέγονται κόγχοι.

Εσωτερικά σε κάθε κόγχο περιέχεται ο βολβός του ματιού, το οπτικό νεύρο, οι εξωβολβικοί μύες, η δακρυϊκή συσκευή, ο λιπώδης ιστός, η περιτονία καθώς επίσης τα νεύρα και τα αγγεία αυτών των ανατομικών στοιχείων (Εικόνα 1).



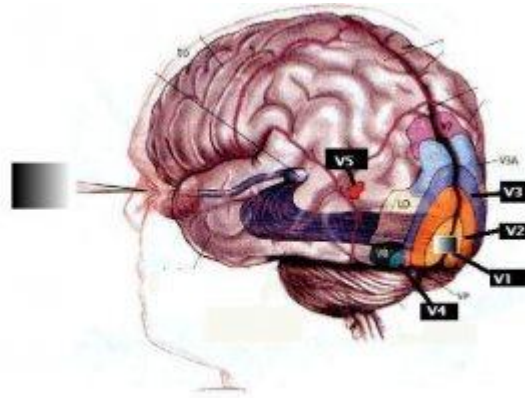
Εικόνα 1. Ανατομικά στοιχεία οφθαλμού
(Τροποποιημένο από Drake R. L., Vogl W. & Mitchell A. W. M., 2007)

Ανατομικά ο οφθαλμός αποτελείται τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά από στοιβάδες μυών οι οποίοι περικλείουν και νευρώνουν τόσο τα βλέφαρα (Πίνακας 1 στο παράρτημα), όσο και το εσωτερικό του βολβού ελέγχοντας τον φακό και την κόρη του ματιού (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Εξωβολβικοί μύες του οφθαλμού
(Τροποποιημένο από Drake R. L., Vogl W. & Mitchell A. W. M., 2007)

ενεργοποιούνται τα p κύτταρα ξεκινά ένα μονοπάτι όπου σημαντικό ρόλο παίζουν οι περιοχές V_1 και V_2 του εγκεφάλου εκβάλλοντας μέχρι την περιοχή V_4 και φτάνοντας στον κατώτερο κροταφικό λοβό (Εικόνα 4) όπου αντιπροσωπεύουν οπτικά στοιχεία σχετικά με το περίγραμμα μιας εικόνας, τον προσανατολισμό και την οξύτητά της (Uchiyama & Demura, 2008).



Εικόνα 4. Περιοχές του εγκεφάλου που ενεργοποιούνται από τον αμφιβληστροειδή μέσω δυο οπτικών μονοπατιών

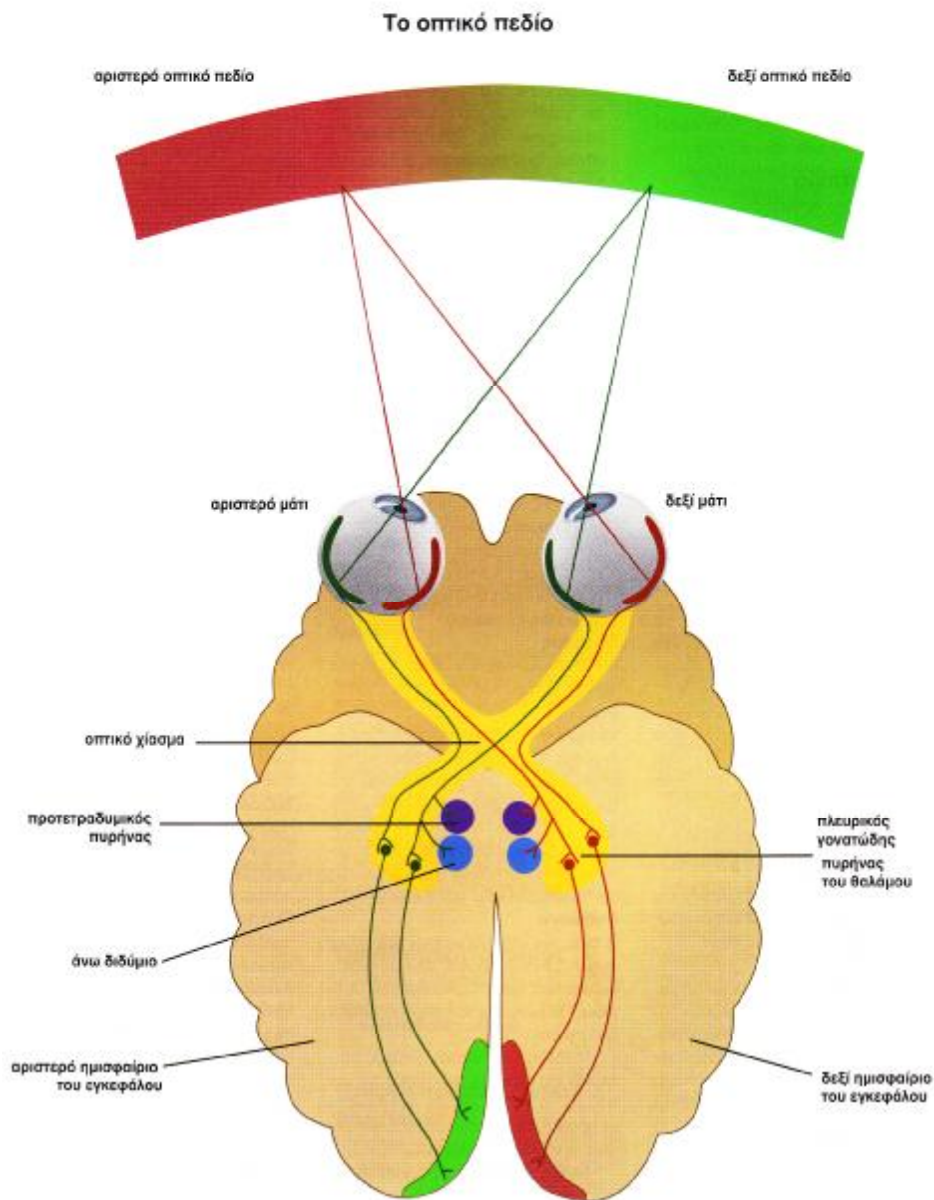
(Τροποποιημένο από <http://psychologiein.sciblogs.net/2008/09/24/occipital/>)

Πρόκειται για ένα οπτικό μονοπάτι το οποίο ενεργοποιεί τους μύες έντονα ώστε να γίνονται ορατά ακίνητα αντικείμενα με λεπτομέρεια. Κατά την ενεργοποίηση των m κυττάρων ενεργοποιείται και πάλι η περιοχή V_1 και V_2 καταλήγοντας αυτή τη φορά στην μέση κροταφική περιοχή V_5 η οποία έχει σχέση με τη κίνηση και το βάθος. Το μονοπάτι αυτό ασχολείται περισσότερο με το να εξασφαλίζει την απλή όραση αντικειμένων παρά την λεπτομερή διάκριση αυτών (Wurtz & Kandel, 2000; Slobounov et al., 2006).

1.3. ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ

Νευροφυσιολογικά το κυριότερο όργανο επεξεργασίας της οπτικής εικόνας είναι ο αμφιβληστροειδής, όπου μετασχηματίζει την φωτεινή ώση σε νευρική-ηλεκτρική ώση. Αφού η φωτεινή πληροφορία μετατραπεί πρέπει να

φτάσει στους δυο αισθητικούς φωτοϋποδοχείς οι οποίοι ονομάζονται ραβδιά και κωνία. Τα ραβδιά αντιδρούν στην ένταση του φωτός και σε γκρι αποχρώσεις, ενώ είναι σε θέση να προσδίδουν την ικανότητα του να γίνονται ορατά σχήματα και να διακρίνονται χρώματα στο σκοτάδι. Από την άλλη τα κωνία είναι υπεύθυνα για την έγχρωμη όραση και βοηθούν στο να ξεχωρίζουν τα φωτεινά χρώματα σε ένα φωτεινό περιβάλλον. Εκπολώνονται σε ένα δυναμικό μεμβράνης -70 , -40 mV και υπάρχει δυνατότητα υπερπόλωσης ώστε το φως του εξωτερικού περιβάλλοντος να μην είναι εκτυφλωτικό (Kandel & Wurtz, 2000; Umphred, 2007). Το κεντρικό μέρος του αμφιβληστροειδή είναι το βοθρίο της ωχράς κηλίδας το οποίο συνδέεται άμεσα με τον φακό και τον κερατοειδή χιτώνα. Έτσι η προσήλωση του βλέμματος σε έναν οπτικό στόχο έχει ως αποτέλεσμα η εικόνα των αντικειμένων να προβάλλεται ανάποδα προς τα κάτω και πίσω από το βοθρίο της ωχράς κηλίδας. Από το βοθρίο η πληροφορία συνεχίζει και με την επίδραση χημικών αντιδράσεων και δυναμικών ενέργειας μεταφέρεται έξω από το μάτι κάτω από το οπτικό νεύρο. Εκεί ίνες του οπτικού χιάζουν την πληροφορία στο οπτικό χιάσμα (Εικόνα 5). Εφόσον ο αμφιβληστροειδής αποτελεί περισσότερο μέρος του ΚΝΣ η ικανότητα της όρασης προέρχεται από αυτόν. Έτσι μέσω του οπτικού χιάσματος η οπτικοποιημένη εικόνα του αντικειμένου φτάνει στον ινιακό λοβό με την εξής ιδιοτερότητα. Ένα άτομο βλέπει μόνο εκείνα τα αντικείμενα τα οποία έχουν κάποια σημασία στον συνειρμικό φλοιό.



Εικόνα 5. Οπτικό χιάσμα
(Τροποποιημένο από ΜΕΓΑΛΟ ΙΑΤΡΙΚΟ ΛΕΞΙΚΟ LAROUSSE ΥΓΕΙΑ)

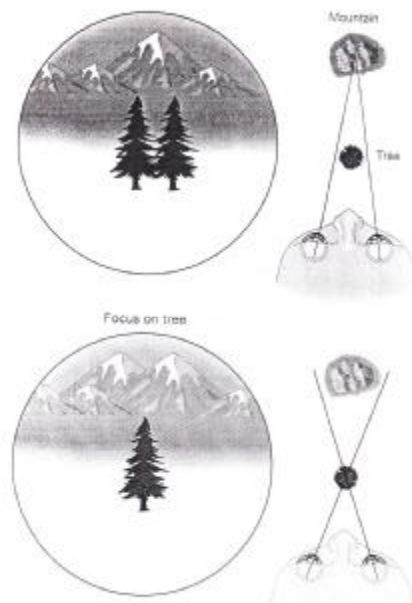
Μελέτες για την διαδικασία του οπτικού χιάσματος έχουν εξελίξει από τον 20^ο κιάλας αιώνα ο βρετανός νευρολόγος Holmes καθώς επίσης και οι Alman (1971), Kaas (1989) και ο Zeki (1988) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι για κάθε ορατό αντικείμενο , ανάλογα με το σχήμα, το χρώμα, το μέγεθος και την κίνησή του υπάρχουν πολλαπλές αντιπροσωπεύσεις στις περιοχές του φλοιού.

Δηλαδή, ο αμφιβληστροειδής μεταφέρει σε σχεδόν 35 περιοχές του οπτικού φλοιού (περιοχή Brodman 17) τα οπτικά μηνύματα μεταφράζοντάς τα σε εικόνα. Αντίθετος με αυτήν την άποψη βρέθηκε μόνο ο David Van Essen et al. ο οποίος απέδειξε ότι οι περιοχές αυτές είναι λιγότερες από 32. Επιπρόσθετα κατά τον Gibson υπάρχει η θεωρία της οπτικής λειτουργίας βασιζόμενη στην οπτική αντίληψη του φάσματος όπου ο αμφιβληστροειδής ανιχνεύει μόνο πεταλοειδής μορφές οπτικής ροής και όχι ακτινωτές. Έτσι με βάση αυτή την ιδιότητα, θεωρείται ότι η στατική σταθερότητα δεν εξαρτάται μόνο από τον αμφιβληστροειδή σαν όργανο του οφθαλμού αλλά και από τη δομή του φωτός. Έτσι εξηγείται και το πώς παρατηρείται σε όλες τις έρευνες η αντίδραση αυτοκίνησης (self-motion) των ατόμων σε ένα δοσμένο οπτικά κινούμενο ερέθισμα. Σε αυτό συμφωνεί και ο Wolpert (1987) (βλ. Wade & Jones, 1997) ο οποίος διαπίστωσε ότι το κέντρο του αμφιβληστροειδή είναι αυτό που δίνει την αίσθηση self-motion. Τέλος αντίθετη με τις δυο παραπάνω απόψεις είναι η θεωρία της διπλής θεωρίας της όρασης, όπου η πληροφορία από το περιβάλλον εστιάζεται από την όραση και αμέσως δίνεται απάντηση στο ερώτημα «Τι είναι αυτό;». Η λειτουργία αυτή δείχνει την ικανότητα καταγραφής της εικόνας στο κέντρο του αμφιβληστροειδούς (κεντρικό οπτικό πεδίο και ωχρά κηλίδα). Γενικά όμως η διατήρηση της τακτοποίησης αυτών των εισερχόμενων οπτικών μηνυμάτων σε σχέση με τον χώρο λέγεται αμφιβληστροτοπία και ο χάρτης του οπτικού πεδίου που σχηματίζεται λέγεται αμφιβληστροτοπικός χάρτης (Tessier-Lavigne, 2000).

1.4. ΣΥΖΕΥΞΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΟΦΘΑΛΜΩΝ

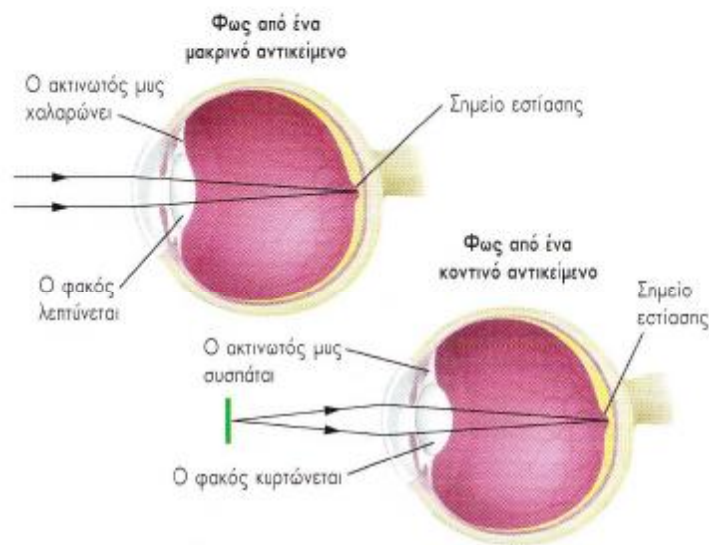
Όταν ένα αντικείμενο που βρίσκεται κοντά στο πρόσωπο τα μάτια συγκλίνουν και όταν βρίσκεται πιο μακριά αυτά αποκλίνουν. Οι κινήσεις αυτές διασφαλίζουν ότι το κινούμενο, υπό παρακολούθηση αντικείμενο κινείται και μετατοπίζεται συνεχώς στους δυο αμφιβληστροειδείς.

Αυτό σημαίνει ότι ανά πάσα στιγμή ο οπτικός στόχος και το οπτικό του περιβάλλον δεν εστιάζονται στον αμφιβληστροειδή. Συνεχώς μετακινούνται. Έτσι όταν ο υπό παρακολούθηση στόχος είναι κοντά, τα απομακρυσμένα στοιχεία του περιβάλλοντα χώρου θολώνουν (Εικόνα 6). Ανατομικά αυτό γίνεται μέσω εστίασης στον στόχο από την βράχυνση των οφθαλμικών μυών όπου αλλάζουν την ακτίνα κυρτότητας του φακού που μεταφέρει την εικόνα στον αμφιβληστροειδή (Εικόνα 7).



Εικόνα 6. Η αλλαγή στην κυρτότητα του φακού προκαλεί θόλωμα ή καθαρή εστίαση του οπτικού σκηνικού

(Τροποποιημένο από Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000)



Εικόνα 7. Η σύζευξη και η απόκλιση των οφθαλμών για την εστίαση σε έναν στόχο γίνεται με αλλαγή της κυρτότητας του φακού
(Τροποποιημένο από Walters R., 2009)

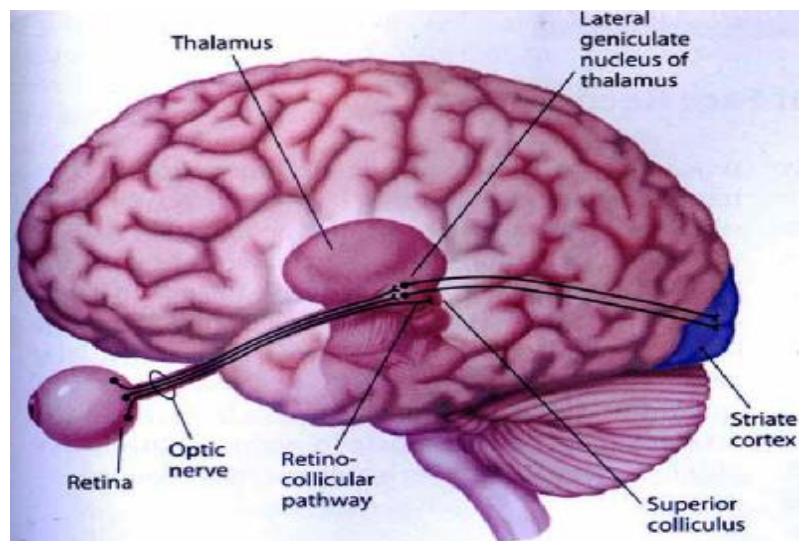
1.5. ΣΑΚΚΑΔΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

Η όραση είναι πιο ακριβής όταν τα μάτια είναι ακίνητα. Για την εξερεύνηση όμως του κόσμου και την αλληλεπίδραση με αυτόν απαιτούνται ενεργητικές σταθεροποιητικές κινήσεις που λέγονται saccades. Ο σκοπός τους είναι να κινήσουν τα μάτια όσο το δυνατόν πιο γρήγορα (ταχύτητα έως και $900^\circ/\text{sec}$) αλλά χωρίς να χαθεί η σταθερότητα του ανθρωπίνου σώματος. Διαταραχή σε αυτή την σακκαδική κίνηση προκαλεί ίλιγγο. Βέβαια το μόνο πράγμα που μπορεί να καθορίσει την ταχύτητα μιας τέτοιας κίνησης είναι η απόσταση του στόχου ενώ ανασταλτικό παράγοντα μπορεί να παίζει η χρήση ναρκωτικών, η κούραση και κάποιες παθολογικές καταστάσεις όπου το οπτικό χίασμα δε χιάζεται. Τέλος, οι σακκαδικές κινήσεις μπορούν να γίνουν όχι μόνο με οπτικά ερεθίσματα αλλά και με λεκτικές εντολές όπως πχ. κοίτα αριστερά (Goldberg, 2000).

1.6. ΝΕΥΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΣΑΚΚΑΔΙΚΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

Υπεύθυνα ανατομικά στοιχεία που οδηγούν τους οφθαλμικούς μύες στις σακκαδικές κινήσεις είναι κυρίως η γέφυρα, ο μεσεγκέφαλος και γενικά στοιχεία του εγκεφαλικού φλοιού. Όμως δεν πρέπει να λησμονείται ότι η διαδικασία της αντίληψης επεμβαίνει πάντα και έτσι οι κινήσεις αυτές ηθελημένα ή όχι γίνονται αναπόσπαστο μέρος της γνωστικής συμπεριφοράς. Έτσι μια σακκαδική κίνηση θα γίνει μόνο αν το αντιληπτικό σύστημα κρίνει ότι είναι σημαντική για την οπτική συμπεριφορά. Μόνο τότε θα ενεργοποιηθεί ο εγκεφαλικός φλοιός για την κίνηση του οφθαλμού.

Νευροφυσιολογικά και μόνο, η κύρια περιοχή που μετατρέπει οπτικές και κινητικές πληροφορίες σε οπτικοκινητικά σήματα στο εγκεφαλικό στέλεχος είναι το ανώτερο διδύμιο (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Το ανώτερο διδύμιο μεταφράζει τις πληροφορίες σε οπτικοκινητικά σήματα και τις μεταφέρει σε περιοχές του φλοιού χαρτογραφώντας τον οπτικό κώδικα

(Τροποποιημένο από

http://keck.ucsf.edu/~blondie/PSYCH254/Lecture13/retina_superior_colliculus.jpg)

Θεωρείται η βασική οπτικοκινητική περιοχή ολοκλήρωσης. Τα κύτταρά του λαμβάνουν οπτικές πληροφορίες από το ραβδωτό, μεσοκροταφικό και

βρεγματικό φλοιό καθώς και κινητικές πληροφορίες από το μετωπιαίο οφθαλμικό πεδίο. Έτσι σχηματίζονται χάρτες όπου ένα είδωλο καταγράφεται όχι μόνο σαν εικόνα, αλλά και ως ήχος ή έννοια. Συνεπώς οι νευρική χαρτογράφηση σχετίζεται με την οπτικοκινητική χαρτογράφηση ώστε για έναν οπτικό στόχο να ενεργοποιηθούν όλοι οι νευρώνες για να δώσουν ολοκληρωμένη περιγραφή των χαρακτηριστικών του.

1.7. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Το οπτικό σύστημα και ο οφθαλμός, αποτελεί τον κατ'εξοχήν ιδιοδεκτικό διαμεσολαβητή μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού περιβάλλοντος. Από τα ανατομικά στοιχεία του οφθαλμού τα κυριότερα γι' αυτή τη διαδικασία μεταφοράς πληροφοριών είναι ο αμφιβληστροειδής και οι οφθαλμικοί μύες.

Ο αμφιβληστροειδής μεταφέρει την οπτική πληροφορία στον πρωταρχικό οπτικό φλοιό και σε αντιπροσωπευτικές περιοχές του εγκεφάλου, μέσω δύο νευρικών μονοπατιών και με τη δράση δύο ικανών φωτοϋποδοχέων (κωνία και ραβδία). Δίνεται λοιπόν η ικανότητα να διακρίνονται λεπτομερή στοιχεία ενός αντικειμένου όπως το περίγραμμα, η κίνηση, το βάθος, και οι λεπτομέρειες όπως το χρώμα, ανάλογα με το πώς προσπίπτει το φως στο κέντρο ή την περιφέρεια του αμφιβληστροειδή. Το αποτέλεσμα της σωστής εικόνας και της σωστής αντίληψης του αντικειμένου, είναι δουλειά του οπτικού χιάσματος. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πολλές θεωρίες με αντιθετικό χαρακτήρα σχετικά με το πώς προσπίπτει η πληροφορία στον αμφιβληστροειδή και ανάλογα με αυτή την πρόσπτωση πώς αυτός την επεξεργάζεται.

Το ότι τα αντικείμενα μετατοπίζονται συνεχώς στους δύο αμφιβληστροειδής αποδεικνύεται από την σακκαδική κίνηση των οφθαλμικών εξωβολβικών μυών. Οι σακκαδικές κινήσεις εξασφαλίζουν την σταθερή παρακολούθηση ενός κινούμενου οπτικού στόχου, μέσω σύζευξης και απόκλισης των οφθαλμών χωρίς να χάνεται η ισορροπία του σώματος. Σημαντικός παράγοντας για αυτές τις κινήσεις είναι η απόσταση του στόχου, η σωστή λειτουργία στοιχείων του εγκεφαλικού φλοιού όπως το ανώτερο διδύμιο καθώς και το επίπεδο της ανθρώπινης γνωστικής λειτουργίας. Έτσι, μία σακκαδική κίνηση θα γίνει μόνο εάν θεωρήσει ο εγκέφαλος, ότι η οπτική πληροφορία που παρέχεται είναι σημαντική και αυτομάτως θα καταγραφούν τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου σε αυτόν (χαρτογράφηση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένων επηρεάζουν σημαντικά τόσο τον τρόπο μετάδοσης της οπτικής πληροφορίας στο ΚΝΣ όσο και τις κινητικές αντιδράσεις. Έτσι παρακάτω ακολουθεί μια σύντομη ανάλυση όλων των διαδικασιών που απαιτούνται ώστε να αλληλεπιδράσει το εσωτερικό οργανικό με το εξωτερικό περιβάλλον. Καταγράφεται ο ρόλος των χρωμάτων και του φωτισμού στο οπτικό σύστημα, εν τω βάθει λειτουργίες όπως η αντίληψη και η προσοχή καθώς επίσης και η σημασία του οπτικού στόχου στην ενεργοποίηση του στατικού συστήματος.

2.1. ΕΓΧΡΩΜΗ ΟΡΑΣΗ

Κάθε άτομο καθώς καλείται να αλληλεπιδράσει με τον εξωτερικό κόσμο, αντιλαμβάνεται ότι υπάρχει μια οπτική πολυπλοκότητα όσον αφορά τις ιδιότητες των αντικειμένων που το περιβάλλουν. Το οπτικό σύστημα είναι κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να επηρεάζεται από το επίπεδο φωτεινότητας του χώρου όσο και από τα χρώματα των αντικειμένων. Η ιδιότητα των χρωμάτων δίνει την ικανότητα στον οργανισμό να διακρίνει αντικείμενα και σχέδια τα οποία διαφορετικά δεν θα μπορούσε να δει. Αυτό βέβαια προϋποθέτει ότι πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η φωτεινότητα καθώς και οι χρωματικές αντιθέσεις που αλλάζουν ως υποκατηγορία αυτής. Συνήθως στα ερευνητικά εργαστήρια όπου μελετήθηκε η ικανότητα διατήρησης στατικής ισορροπίας άλλοτε χρησιμοποιήθηκαν κινούμενα φωτεινά δωμάτια με πολύχρωμους τοίχους, άλλοτε σκοτεινά πλαίσια τύπου Cave (Greffou et al., 2008) και άλλοτε ασπρόμαυρες κινούμενες ή μη επιφάνειες (Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Καταγραφή στατικών αντιδράσεων ως απάντηση στην επίδραση κινούμενου οπτικού στόχου

(Τροποποιημένο από Greffou S., Bertone A., Hanssens J.-M. & Faubert J., 2008)

Το φως που είναι ορατό στον ανθρώπινο οφθαλμό καταλαμβάνει ένα μικρό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και εκτείνεται σε μήκος κύματος που φτάνει τα 400-700 nm (Εικόνα 10), με τον οφθαλμό να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία στο μέσω αυτής της συχνότητας με αποτέλεσμα η φωτεινότητα πολύ μικρών ή πολύ μεγάλων μηκών κύματος να εμφανίζεται σκοτεινή. Ανάλογα με το φως που προσπίπτει πάνω σε ένα αντικείμενο αυτό διατηρεί ή αυξομειώνει την χρωματική του ικανότητα (Umphred, 2007; Lennie, 2000).



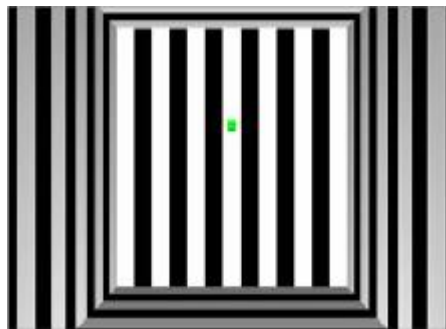
Εικόνα 10. Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα το οποίο εκτείνεται σε μήκος κύματος 400-700 nm

(Τροποποιημένο από <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CE%AC%CF%83%CE%BC%CE%B1>)

2.1.1. ΟΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΦΛΟΙΟΥ

Ψυχοφυσιολογικές παρατηρήσεις και πειράματα δείχνουν ότι η πληροφόρηση σχετικά με το χρώμα κωδικοποιείται στον πρωταρχικό οπτικό φλοιό με πολλαπλούς τρόπους πολύ περισσότερο από ότι στον αμφιβληστροειδή.

Φαίνεται λοιπόν ότι σε υψηλότερα επίπεδα του οπτικού μονοπατιού, υπάρχουν άλλοι μηχανισμοί όπου κάθε ένας είναι επιλεκτικά ευαίσθητος σε ένα συγκεκριμένο πεδίο χρώματος και φωτεινότητας. Αυτό αποδεικνύεται από μελέτες όπου η παρακολούθηση ενός συγκεκριμένου αντικειμένου παρατεταμένα μειώνει την ευαισθησία του φακού στις διάφορες αποχρώσεις (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. Η εστίαση σε ένα φωτεινό σημείο μέσα σε ένα 3D με ασπρόμαυρο δωμάτιο αυξάνει την ευαισθησία του φακού και επηρεάζει τη στατική αντίδραση

(Τροποποιημένο από Slobounov S., Wu T., Hallett M., Shibasaki H., Slobounov E. & Newell K., 2006)

Σε αντίθεση λοιπόν με την αυστηρή ομαδοποίηση των p-cells στον αμφιβληστροειδή και τις σαφείς ομαδοποίησης «κόκκινο- πράσινο» «μπλε- κίτρινο», τα κύτταρα στον πρωταρχικό οπτικό φλοιό που ανταποκρίνονται επαρκώς σε αλλαγές στο χρώμα δεν ομαδοποιούνται. Αντιθέτως, είναι διασκορπισμένα και φαίνεται σαν κάθε κύτταρο να επιλέγεται για ένα συγκεκριμένο συνδυασμό φωτεινότητας και χρωματικής αντίθεσης. Νευρώνες και υποδεκτικά κύτταρα σαν αυτά ονομάζονται πολλές φορές διπλά- αντίπαλα

κύτταρα τα οποία σε πολλές έρευνες παρουσιάζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις ως άμορφη μάζα μόνιμη στον φλοιό πράγμα που επιβεβαιώνει την ύπαρξη οπτικών μονοπατιών του φλοιού που αναλύουν του χρώμα.

Νευροφυσιολογικά καθώς το φως θεωρείται επαρκές ερέθισμα για το οπτικό σύστημα δεν σταματάει να επεξεργάζεται στον οπτικό φλοιό αλλά επίσης προχωρά και επεξεργάζεται από ανώτερα κέντρα του Ε.Σ. και της παρεγκεφαλίδας (τροπιδοπαρεγκεφαλιδική οδός) όπου επηρεάζονται ταυτόχρονα οι παραγωγοί αυχενοραχιαίων αντανακλαστικών.

Ταυτόχρονα βέβαια τέτοια ερεθίσματα δρουν και στον δικτυωτό σχηματισμό και στο λιμπικό σύστημα (ενδονευρική οδός). Συνεπώς το φως για όσο διάστημα εισέρχεται στο ΚΝΣ, τροποποιείται είτε άμεσα από τις παραπάνω νευρικές οδούς και δίνει διαφορετικές αντιδράσεις, είτε έμμεσα με την επίδραση του ΑΝΣ και του λιμπικού συστήματος καθορίζοντας τον μυϊκό τόνο μέσα από αντιδράσεις συναισθηματικής αντίληψης που προκαλεί το φως.

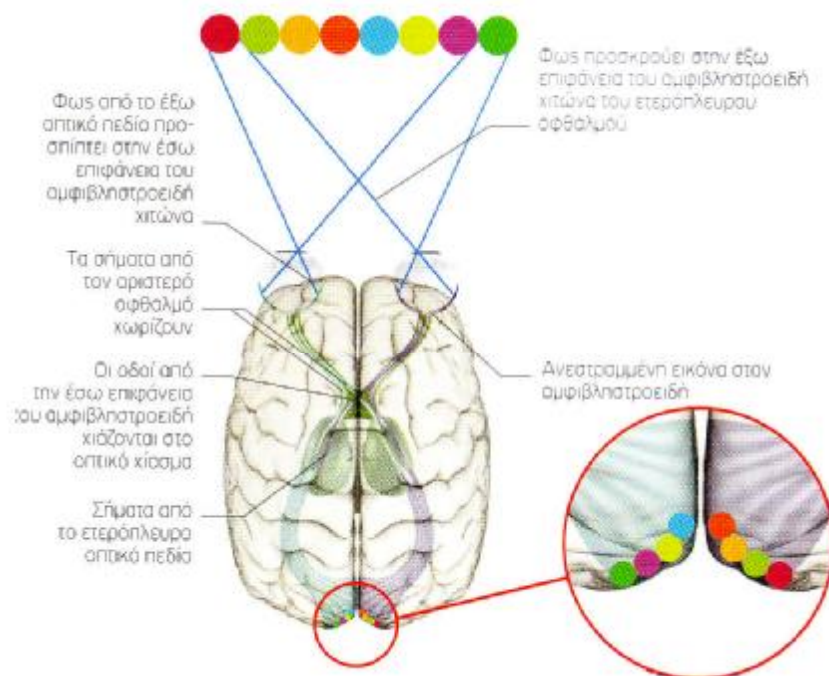
2.1.2. ΑΠΟΧΡΩΣΕΙΣ

Ενώ στις αρχές του 19^{ου} αιώνα θεμελιώθηκαν οι νευρικοί μηχανισμοί επεξεργασίας του φωτός, στα τέλη του ίδιου αιώνα ο Hering (1964) ανακάλυψε ότι ο οφθαλμός είναι περισσότερο ευαίσθητος σε τέσσερα συγκεκριμένα χρώματα (κόκκινο, κίτρινο, πράσινο, μπλε) τα οποία ανακλούν σε διαφορετικό μέρος του αμφιβληστροειδή και μάλιστα σε ζεύγη (κόκκινο- πράσινο, μπλε- κίτρινο). Εδώ δεν έχουν το κυρίαρχο ρόλο τα κωνία αλλά το χρώμα που υπερισχύει είτε οι φωτεινές συνθήκες είναι έντονες είτε όχι.

Όλες αυτές οι διαδικασίες λαμβάνουν χώρα στα γαγγλιακά και στα p κύτταρα του αμφιβληστροειδή. Ωστόσο, όταν η οπτική πληροφορία μεταφέρεται στον πρωταρχικό οπτικό φλοιό τα πράγματα αλλάζουν.

Γενικότερα ισχύει ότι άπασες οι αρχικές έρευνες σχετικά με την επίδραση των χρωμάτων ξεκίνησαν ώστε να δουν εάν μπορούν να επιδράσουν θετικά ή

αρνητικά στην γενική αντίδραση ενός ατόμου σε σχέση με το εξωτερικό κινούμενο περιβάλλον. Στο ινστιτούτο Hartenburer της Ολλανδίας επιστήμονες έχουν σχεδιάσει ειδικά playrooms σχεδιασμένα με διαφορετικά χρώματα. Βρέθηκε λοιπόν, ότι σκοτεινά δωμάτια με ψυχρά χρώματα έχουν ανασταλτική επίδραση στη λειτουργία του οπτικού συστήματος και την ενεργοποίηση του ΚΝΣ. Σε αντίθεση, ένα δωμάτιο με διακοπτόμενα φωτεινά ερεθίσματα και φωτεινά χρώματα με τυχαίο συνδυασμό φαίνεται ότι διεγείρει θετικά το ΚΝΣ (Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Ανάλογα με το πώς προσπίπτει το φώς στη κάθε επιφάνεια ο αμφιβληστροειδής παρουσιάζεται ευαίσθητος στα διάφορα χρώματα. Ενεργοποιείται οι αντίστοιχες περιοχές του ΚΝΣ και έτσι μπορούμε να διακρίνουμε πιο εύκολα τα ψυχρά και θερμά χρώματα (Τροποποιημένο από Carter R., 2011)

Βέβαια τα στοιχεία αυτά είναι όλα όσα έχουν τεκμηριωθεί μέχρι στιγμής ενώ οι επιστήμονες ευελπιστούν πως τα επόμενα χρόνια θα αποκαλυφθούν πολλά περισσότερα στοιχεία σχετικά με την αντίδραση του ΚΝΣ σε ένα συγκεκριμένο οπτικό ερέθισμα και έτσι ίσως μπορέσουν να ανταποκριθούν και

αυτοί καλύτερα στην επίδραση των πληροφοριών και στην περαιτέρω κατηγοριοποίηση των χρωματικών αποχρώσεων.

2.2. ΦΩΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

Οι διάφορες επιφάνειες απορροφούν διαφορετική ποσότητα φωτός και το αντανακλούν διαφορετικά. Αυτή είναι η θεωρία της ανάκλασης (Κίτσου, 2012) η οποία προκύπτει από το κλάσμα:

Φως που προσπίπτει και ανακλάται από μια επιφάνεια

Κάθε μήκος κύματος

Είναι με ξεχωριστή, διαρκής και σταθερή σε χαρακτήρα λειτουργία χωρίς να αλλάζει με την σύνθεση του φάσματος την ένταση του φωτός.

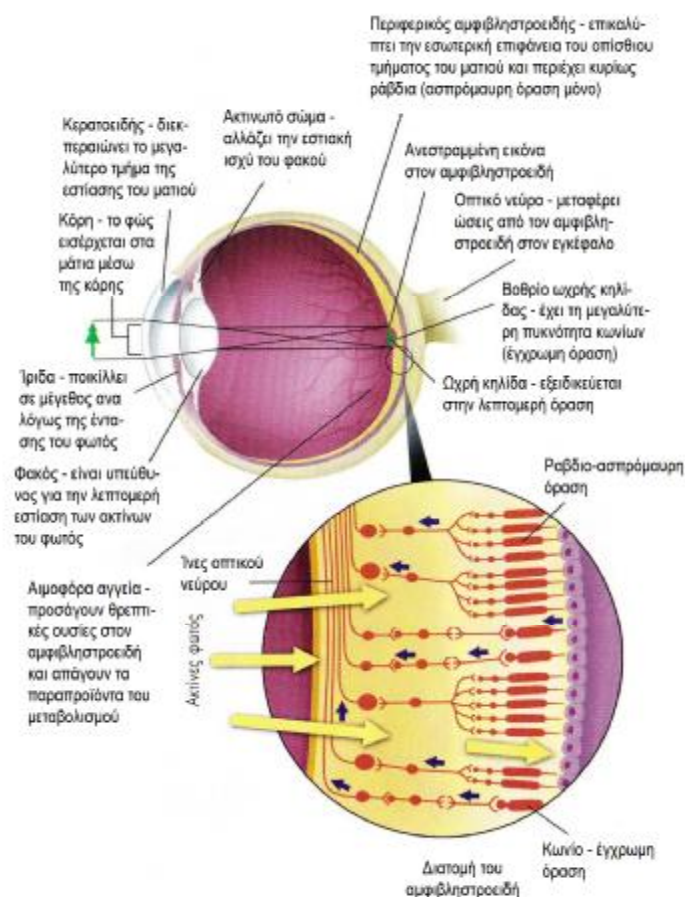
Συνεπώς για να γίνονται διακριτές οι επιφάνειες, το οπτικό σύστημα πρέπει πρώτα να είναι ικανό να διακρίνει τις ανακλαστικές λειτουργίες τους και έπειτα να μπορεί να παρουσιάζει το χρώμα κάθε επιφάνειας σταθερό.

2.2.1. ΝΕΥΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

Η έγχρωμη όραση νευρικά οφείλεται στα κωνία. Επειδή όμως το νευρικό σύστημα δεν μπορεί να ξεχωρίσει πότε ένα κωνίο είναι φωτισμένο και πότε όχι ή πότε ανταποκρίνεται σε ένα ή σε συνδυασμό μηκών κύματος, υπάρχει ένα πιο απλό σύστημα δυο ζευγαριών υποδοχέων (διχρωματικό) το οποίο παράγει με μεγαλύτερη ευαισθησία δυο διαφορετικά σήματα για κάθε μήκος κύματος χωρίς να χρειάζεται να εμπλέκονται αναλυτικά όλα τα κωνία. Έτσι τα ανώτερα εγκεφαλικά κέντρα επεξεργάζονται και ερμηνεύουν ως χρώμα του εκάστοτε αντικειμένου το σήμα εκείνο το οποίου υπερισχύει (ένα από τα δυο που παράγονται).

Γενικότερα ισχύει ότι αντικείμενα τα οποία ανταποκρίνονται μόνο σε βραχεία ή μόνο και μακρά μήκη κύματος εμφανίζονται στον αμφιβληστροειδή ως έγχρωμα ενώ αντικείμενα τα οποία ανταποκρίνονται σε όλα τα μήκη του οπτικού φάσματος παρουσιάζονται ως ασπρόμαυρα.

Το 19^ο αιώνα ο Yang ήταν εκείνος ο οποίος θεμελίωσε τη θεωρία των κωνικών ζευγών (το ανθρώπινο σύστημα χρησιμοποιεί τρία ζεύγη κωνίων). Παρόλο όμως που το ανθρώπινο οπτικό σύστημα δεν θα μπερδέψει τις διακυμάνσεις του φωτός που αντανακλώνται από διαφορετικές επιφάνειες, τα κωνικά ζεύγη έρχονται σε σύγχυση όταν εμπλέκονται στις έρευνες τεχνητά μέσα (Wei et al., 2010) (Εικόνα 13).



Εικόνα 13. Ικανότητα ραβδίων και κωνικών συστημάτων για τη διάκριση των χρωμάτων (Τροποποιημένο από Walters R., 2009)

2.3 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Η φωτεινότητα και τα χρώματα των αντικειμένων, είναι σπουδαίας σημασίας για την ικανότητά να διακρίνονται πράγματα που διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να γίνουν ορατά.

Η ευαισθησία του οφθαλμού στα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, έτσι όπως αυτά απορροφώνται από τις διάφορες επιφάνειες, ώθησε σχεδόν όλους τους ερευνητές στο να μελετήσουν τις οπτικές αντιδράσεις όταν τα αντικείμενα στον περιβάλλοντα χώρο παρουσιάζονται υπό συνθήκες απόλυτου σκότους ή απόλυτης φωτεινότητας. Το φώς κατά την πορεία του στον εγκέφαλο επεξεργάζεται συνεχώς από ανώτερα κέντρα. Έτσι βρέθηκε ότι υπάρχουν διαφορές στην οπτική αντίληψη, όταν στις *in vitro* έρευνες χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά χρώματα σε δύο ζεύγη (κόκκινο-πράσινο και κίτρινο- μπλε), αλλά και όταν χρησιμοποιήθηκε ένα συγκεκριμένο ασπρόμαυρο μοτίβο γραμμών και κουκίδων. Δεν υπάρχουν *in vivo* μελέτες που να επιβεβαιώνουν την αντίστοιχη οπτική και στατική αντίδραση που εκλύθηκε στις εργαστηριακές έρευνες.

Η ευαισθησία του οφθαλμού φαίνεται να αλλάζει όταν πρέπει να παρατηρηθεί κάτι παρατεταμένα (εφ' όσον ενεργοποιείται ο αμφιβληστροειδής), ενώ είναι διαφορετική όταν παρατηρούνται αντικείμενα με χρώμα (εφ' όσον ενεργοποιείται ο πρωταρχικός οπτικός φλοιός). Ενεργοποιούνται δηλαδή διαφορετικοί νευρικοί μηχανισμοί του ΚΝΣ και κύτταρα ανάλογα με το χρώμα (εάν πρόκειται για ψυχρά ή θερμά χρώματα) και ανάλογα με την πρόσπτωση του φωτός στον οφθαλμό (συνεχόμενα ή τμηματικά).

Όσο αφορά την διάκριση έγχρωμων και άχρωμων αντικειμένων, δραστηριοποιούνται τρία ζεύγη κωνίων σύμφωνα με τη θεωρία του Yang, ενώ άλλες έρευνες έδειξαν ότι η ιδιότητα αυτή είναι πιο δύσκολο να παρουσιαστεί

όταν ανάμεσα στον παρατηρητή και το αντικείμενο μεσολαβήσει κάποιο τεχνητό μέσο όπως η εφαρμογή πρισματικών γυαλιών.

Έτσι όσο αφορά τη παρούσα εργασία για καμία έρευνα δεν υπάρχει απόλυτη σιγουριά όσο αφορά την αξιοπιστία των οπτικών αποτελεσμάτων στην επίδραση της στάσης.

Συμπερασματικά, ο κώδικας που ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί για να μεταβιβάζει πληροφορίες σχετικά με το χρώμα βρίσκεται σε εν τω βάθη επίπεδα του πρωτογενούς οπτικού φλοιού και αποδεικνύει το εξής: Το χρώμα δεν είναι ένα απομονωμένο χαρακτηριστικό ξεκομμένο από τις άλλες ιδιότητες ενός αντικειμένου όπως το σχήμα και η κίνηση. Αντιθέτως, άρρηκτα συνδεδεμένο με όλα τα χαρακτηριστικά και μάλιστα φαίνεται από αντιληπτικές μελέτες ότι το μέγεθος, το σχήμα, η τοποθεσία του αντικειμένου επηρεάζει το πώς θα φανούν οι χρωματικές περιοχές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

«ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ»

Μελέτες στο χώρο της τεχνητής νοημοσύνης, έχουν δείξει ότι ο εγκέφαλος αναγνωρίζει σχήματα, κίνηση, βάθος και χρώματα χρησιμοποιώντας μοναδικές στρατηγικές που δεν συναντώνται σε κανένα άλλο υλικό ή τεχνολογικό κατασκεύασμα (Sanford, 1985 βλ. Πόρποδας, 2003). Αυτή η ικανότητα οφείλεται στον συνδυασμό ανατομικών στοιχείων του οφθαλμού και γνωστικών διαδικασιών αντίληψης της προσοχής (Πόρποδας, 2003).

Γενικά η αντίληψη σαν όρος αφορά τα αρχικά στάδια επεξεργασίας πληροφοριών. Με τη λειτουργία αυτή αρχίζει να αναπτύσσεται η διαδικασία της μάθησης και της γνώσης περνώντας από το στάδιο της προσοχής.

Κατά συνέπεια το γνωστικό σύστημα επεξεργάζεται κάθε τύπο πληροφοριών και αισθητηριακών ερεθισμάτων. Όμως μελέτες και έρευνες γνωστικής ψυχολογίας στον διεθνή χώρο διατύπωσαν ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ερεθισμάτων που είναι ικανά να επεξεργαστούν και να παίξουν σημαντικό ρόλο στην κατασκευή κινητικών στρατηγικών είναι τα οπτικά (90%) και πολύ λιγότερο ακουστικά.

Η διαδικασία αυτή ονομάζεται οπτική γνωστική διαδικασία και προσδιορίζει τις λειτουργίες εκείνες οι οποίες συμβαίνουν μετά την αναπαράσταση του οπτικού ερεθίσματος στον αμφιβληστροειδή και οδηγούν στην αναγνώριση και γνώση του ερεθίσματος (Κουτσούκη, 1998).

Σε αυτό το σημείο διευκρινίζεται ότι: Για να είναι σε θέση το σύστημα γνωστικής επεξεργασίας των οπτικών πληροφοριών να επεξεργάζεται και να αποκτά γνώσεις από κάθε είδος οπτικής πληροφορίας (π.χ. αντικείμενα, οπτικές παραστάσεις κ.α.), θα πρέπει να έχει διαμορφώσει μια εσωτερική λειτουργική διαφοροποίηση η οποία θα του επιτρέπει να επεξεργάζεται και να αποκτά γνώσεις από οπτικά ερεθίσματα διαφορετικής φύσης.

Έτσι ο Guilford (1967) διαφοροποιεί την ανθρώπινη νοημοσύνη δομώντας την με βάση την φύση του «υλικού». Συγκεκριμένα υποστήριξε τον διαχωρισμό των υλικών της ανθρώπινης γνώσης σε τέσσερις κατηγορίες:

σηματικά, συμβολικά, σημασιολογικά και υλικά συμπεριφοράς. Έτσι είναι γνωστό ότι η γνώση που αποκτάται από τις οπτικές πληροφορίες προέρχεται εν μέρει από τη διαφοροποιημένη γνωστική επεξεργασία των πραγματικών αντικειμένων, των εικονικών τους αναπαραστάσεων και των συμβολικών τους αναπαραστάσεων. Αυτή η οπτική εικόνα είναι ένα συνονθύλευμα νευροψυχολογικών και ανατομικών προσαρμογών γνωστό ως οπτική αντίληψη.

3.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

Η οπτική αντίληψη είναι μια συνδυασμένη αλλά παράλληλα και δημιουργική διαδικασία. Το οπτικό σύστημα μέσω αυτής της διαδικασίας μετατρέπει παροδικά φωτεινά πρότυπα στον αμφιβληστροειδή σε μια συνεχή και σταθερή ερμηνεία του τρισδιάστατου κόσμου. Τί συνέβη όμως στο ενδιάμεσο, μέχρι να καταλήξουμε στην ανακάλυψη των διαδικασιών αυτών και στην υπεροχή των απόψεων της γνωστικής ψυχολογίας;

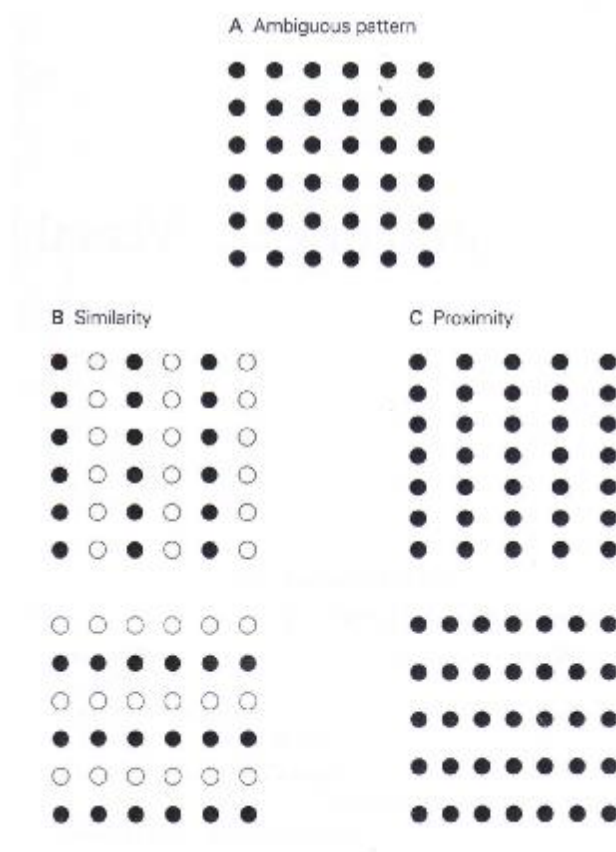
Βρετανοί εμπειρικοί φιλόσοφοι όπως ο Lock και ο Berkeley αρχικά νόμιζαν ότι η οπτική αντίληψη ήταν μια ατομική διαδικασία σύμφωνα με την οποία απλά αισθητικά στοιχεία όπως το χρώμα και η φωτεινότητα συναρμολογούνταν με ένα προσθετικό τρόπο συνιστωσών. Αυτό επικρατούσε μέχρι και τον 20^ο αιώνα όπου η οπτική αντίληψη αποδείχθηκε ότι δεν ήταν ατομική, αλλά ολιστική διαδικασία δράσης και αντίδρασης η οποία εμπλέκει περισσότερα από αυτά που η απλή πληροφορία παρέχει στον αμφιβληστροειδή. Έτσι, επικράτησαν οι Γερμανοί ψυχολόγοι Gestalt που υποστήριξαν ότι το οπτικό σύστημα καταφέρνει να οργανώνει τις αλληλεπιδράσεις με το να επεξεργάζεται αισθητικές πληροφορίες σχετικά με το σχήμα, το χρώμα, την απόσταση και την κίνηση αντικειμένου σύμφωνα με υπολογιστικούς κανόνες που βρίσκονται στο ΚΝΣ (Kandel & Wurtz, 2000). Έτσι μπορούμε να αναγνωρίσουμε διαφορετικές εικόνες κάτω από ποικίλες οπτικές συνθήκες.

3.2. ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ

Οι ψυχολόγοι Gestalt άνοιξαν τον δρόμο για την ερευνητική διαδικασία ανάλυσης, κατανόησης και επεξεργασίας της οπτικής πληροφορίας και της σχέσης της με τα υπόλοιπα οργανικά συστήματα. Έτσι η σχέση όρασης και σταθερότητας αποδεικνύεται συνεχώς με νέες έρευνες που παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τις αντιδράσεις απέναντι στα χαρακτηριστικά του κινούμενου οπτικού κόσμου.

Χρησιμοποιείται η διαδικασία της αντίληψης ώστε να ερμηνευτούν οι αρχές δράσης του ΚΝΣ μέσα από εικονικές σταθερές ή ασταθής οπτικές παραισθήσεις. Αρχικά οι ερευνητές χρησιμοποιούσαν ένα ομοιόμορφο πρότυπο από 36 τελείες διατεταγμένες σε σειρά ή στήλες εκμεταλλευόμενοι την τάση του εγκεφάλου να επιβάλλει ένα συγκεκριμένο πρότυπο στις τελείες (Εικόνα 14).

Η αντίληψη του συγκεκριμένου προτύπου επηρεάστηκε από το αν οι τελείες είναι σε στήλες (ξεκάθαρη αντίληψη) ή εάν είναι σε σειρές και κοντά η μια στην άλλη (συγκεχυμένη αντίληψη). Έτσι το ανθρώπινο οπτικό σύστημα διευκολύνεται όταν ο οπτικός στόχος είναι μοναδικός (ο εγκέφαλος τον μορφοποιεί άμεσα) και δυσκολεύεται όταν υπάρχουν πολλαπλοί οπτικοί στόχοι κοντά ο ένας στον άλλον (ο εγκέφαλος δυσκολεύεται να δώσει σημασία σε ένα στοιχείο και όχι στο φόντο).



Εικόνα 14. Οπτική αντίληψη του πατέντου γραμμών και κουκίδων διατεταγμένων σε σειρές και στήλες

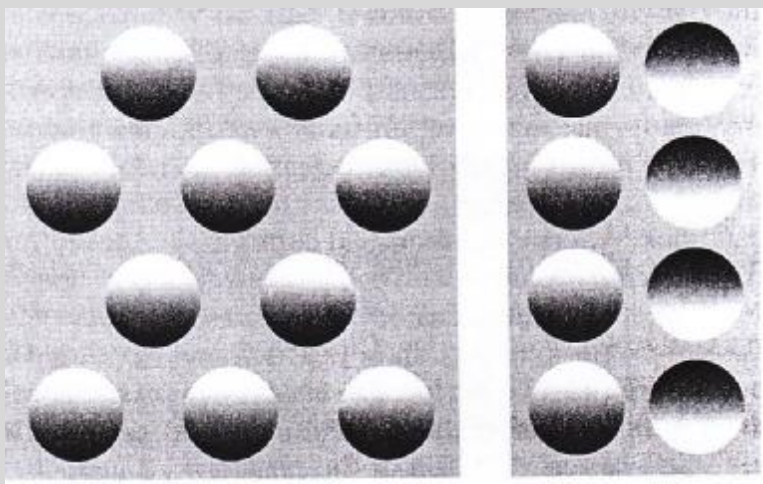
(Τροποποιημένο από Kandel. E., Schwartz J. & Jessell T., 2000)

Αυτή η αντίληψη για την ικανότητα επικέντρωσης σε ένα μόνο αντικείμενο επικροτήθηκε και από τον Escher ο οποίος γράφει: *«τα μάτια μας είναι συνηθισμένα να σταθεροποιούνται σε συγκεκριμένα αντικείμενα. Τη στιγμή που αυτό συμβαίνει οτιδήποτε υπάρχει γύρω μικραίνει, διότι το ανθρώπινο μάτι και η σκέψη δεν μπορούν να απασχοληθούμε με δυο πράγματα ταυτόχρονα».*

Έτσι στο οπτικό σύστημα μόνο ένα μέρος της εικόνας μπορεί να επιλεγθεί ώστε να εστιαστεί η προσοχή. Όταν καταφέρει και εστιαστεί στον οπτικό αυτό στόχο από κει και πέρα υπάρχουν διαφορετικές προσαρμογές και αλληλεπιδράσεις άλλων επιμέρους στοιχείων του στόχου με το σύστημα όραση-αντίληψη (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Επίδραση στοιχείων στόχου

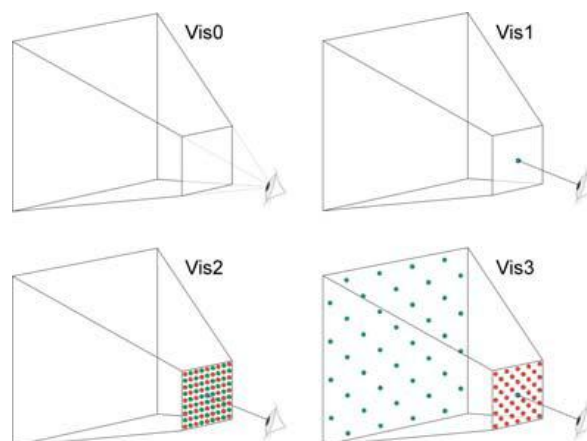
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	
ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	Διακρίνεται το χρώμα ενός αντικειμένου συγκρίνοντάς το πάντα με το περιβάλλον.
ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΣΤΟΧΩΝ	Όταν δυο άτομα βρίσκονται σε διαφορετικές αποστάσεις δεν διακρίνεται το μέγεθος κάθε ενός συγκρίνοντας τους μεταξύ τους αλλά συγκρίνεται κάθε άτομο με το περιβάλλοντα χώρο.
ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΣΧΗΜΑΤΟΣ	Όταν ένα περιφερικό σχήμα φωτίζεται από κάτω προς τα πάνω εμφανίζεται κυρτό, όταν όμως φωτίζεται ανάποδα εμφανίζεται κοίλο (Εικόνα15).



Εικόνα 15. Διάκριση σχήματος
(Τροποποιημένο από Kandel. E., Schwartz J. & Jessell T., 2000)

Μετέπειτα έρευνες ξέφυγαν από το μοντέλο της διάταξης των κουκίδων σε γραμμές ή στήλες και πέρασαν στην κατασκευή δοματίων 3D ή όπως από το

1990 συνηθίζεται να λέγεται «virtual reality» (δωμάτια εικονικής πραγματικότητας). Αρχικά η ιδέα αυτή τα τελευταία 10 χρόνια δεν είχε καμία σχέση με την έρευνα σχετικά με την οπτική αντίληψη, την στάση και την κίνηση. Απλά δημιουργήθηκαν τα δωμάτια αυτά για να διευκολύνονται οι χειρουργοί στην εκπαίδευσή τους, να αποκτούν εξαιρετικές κινητικές ικανότητες χωρίς να εξασκούνται σε ζωντανούς ασθενείς. Ωστόσο, όταν τα δωμάτια αυτά χρησιμοποιήθηκαν στις έρευνες για της αντιδράσεις του στατικού συστήματος υπήρχαν πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα. Έγινε ξεκάθαρο ότι υπό έντονες διαδικασίες ή ενέργειες μέσα σε ένα 3D δωμάτιο κινούμενο ενεργοποιούνται όλες οι περιοχές του εγκεφάλου αλλά λιγότερο η παρεγκεφαλίδα (Guerraz et al., 2000, 2001 βλ. Day & Guerraz, 2007). Αυτό οφείλεται στο ότι σε τέτοια δωμάτια όπου όλα γίνονται χωρίς την ενεργό συμμετοχή του ατόμου η ενέργεια δεν εκτελείται πραγματικά, λάθη στο ρυθμό και την ακρίβεια δεν υπάρχουν άρα δεν υπάρχει και λόγος να επιστρατευθεί η παρεγκεφαλίδα. Έτσι μια αναπροσαρμογή των δωματίων όπου το άτομο εκτελούσε πραγματικά μια ενέργεια σε συνδυασμό με το virtual reality έφερε στο φως συγκλονιστικές αποκαλύψεις (Lee & Lishman, 1975 βλ. Wade & Jones, 1997) (Εικόνα 16).



Εικόνα 16. Οι σχέσεις ανάμεσα στις τρεις διαστάσεις του οπτικού κόσμου
(Τροποποιημένο από Day B.L. & Guerraz M., 2007)

Για παράδειγμα, η ισορροπία μπορεί να διατηρηθεί μέσω του οπτικού συστήματος με τροποποιημένες συνέργειες ανάλογα με το οπτικό περιβάλλον και πριν παρουσιαστεί αλλαγή στην επιφάνεια στήριξης. Επίσης, η ισορροπία μπορεί να διακριθεί μέσω ανατροφοδότησης πριν την έναρξη οποιασδήποτε ενέργειας του περιβάλλοντος ή του υποκείμενου (Welch & Ting, 2009; Day & Guerraz, 2007; Jones, 2000).

Βέβαια ιδιαίτερη θεωρείται η περίπτωση όπου το οπτικό σκηνικό κινείται σταθερά σε σχέση με ένα σταθερό άτομο. Εδώ το οπτικό σύστημα μπορεί να είναι παραπλανητικό και δίνει την εντύπωση ότι το άτομο κινείται προς τα πίσω. Π.χ. Όταν περνάει μπροστά από τον παρατηρητή ένα τρένο. Έτσι πρέπει να ενεργοποιηθούν οι σταθεροποιητές για να διατηρηθεί η ισορροπία. Εννοείται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα κίνησης του περιβάλλοντος τόσο μεγαλύτερη είναι η αποσταθεροποίηση του ατόμου. Το ίδιο ισχύει και όταν κάποιος στέκεται μπροστά σε έναν μεγάλης διαμέτρου κυκλικό δίσκο ο οποίος περιστρέφεται σε μετωπιαίο επίπεδο γύρω από έναν προσθοπίσθιο άξονα. Η κυκλική μετάδοση κίνησης σταδιακά οδηγεί σε μια αίσθηση περιστροφής του σώματος με κατεύθυνση αντίθετη από αυτή του περιστρεφόμενου δίσκου. Σιγά-σιγά η στατική διόρθωση αυτής της παραίσθησης οδηγεί το άτομο στο να περιστρέψει όλο του το σώμα προς την ίδια κατεύθυνση με τον δίσκο με αποτέλεσμα να χάσει την ισορροπία του (Jones, 2000). Πειράματα σε πλατφόρμες απέδειξαν ότι γενικά χρειάζεται διαφορετικός χρόνος σε κάθε άνθρωπο ώστε να αντιληφθεί από διάφορες θέσεις μια οπτική ροή και να εντοπίσει ένα στόχο (Marendaz et al., 1993 βλ. Wade & Jones, 1997).

3.3. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΕΝΙΚΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ

Οι γενικές οπτικές λειτουργίες πριν την εφαρμογή κάποιου τεστ για το αν οι οπτικές κινήσεις του υποκείμενου είναι ομαλές, μπορεί να ελεγχθούν με ως εξής:

1. Αξιολόγηση παρακολούθησης χρησιμοποιώντας ένα στόχο σε σχήμα “Η”. Τοποθέτηση κινούμενου οπτικού στόχου σε τροχιά “Η”, όπου παρακολουθούνται οι κινήσεις των ματιών και κυρίως των οφθαλμικών μυών.
2. Εστίαση ή επιμονή του βλέμματος. Τοποθέτηση στόχου όπου παρατηρείται η συστολή ή διαστολή της κόρης του ματιού και η ικανότητα εντόπισης ενός στόχου.
3. Διοφθάλμια όραση μέσω ανατροφοδότησης. Πρόκειται για αντανακλαστικά σημεία όπου τα μάτια και η ωχρά κηλίδα εστιάζουν σε ένα μόνο σημείο ή στόχο.
4. Οπτικά πεδία. Ο ασθενής κοιτάζει μέσα από μια οθόνη στο ταμπλό με ασπρόμαυρες κουκίδες όπου εναλλάσσονται και πρέπει να εστιάσει στο κέντρο. Έτσι ελέγχονται οι σακκαδικές κινήσεις και η σταθερότητα των οφθαλμικών μυών. Τα οπτικά πεδία πάντα συνδυάζονται με έλεγχο των οφθαλμικών κινήσεων από τον εγκέφαλο. Ταχύτητα καταγραφής κίνησης στο ΚΝΣ.

3.4. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

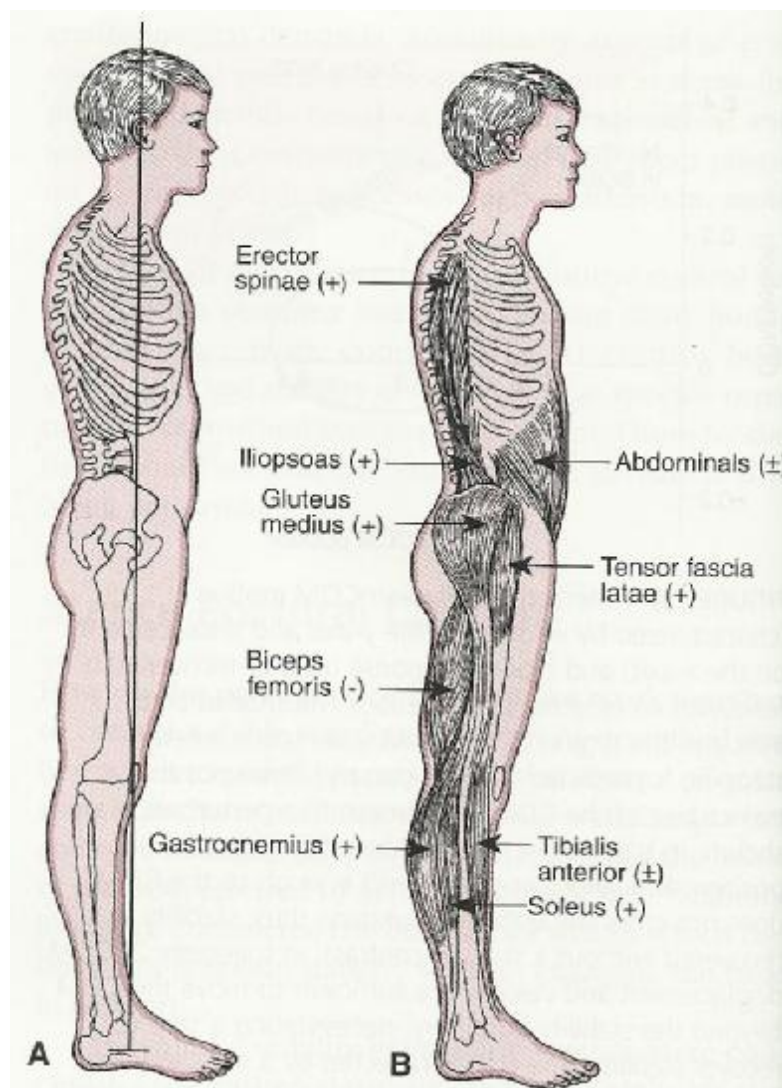
Η συνεισφορά της ψυχολογίας στο χώρο των νευροεπιστημών και ιδιαίτερα της οπτικής αντίληψης, είναι χρήσιμη καθώς αποδείχθηκε ότι η οπτική αντίληψη δεν είναι τελικά μία ατομική διαδικασία που εμπεριέχει μόνο στοιχεία χρώματος και φωτεινότητας, αλλά μία ολιστική διαδικασία, που εμπεριέχει τη σχέση πληροφορίας και ΚΝΣ. Αυτή είναι η άποψη των ψυχολόγων Gestalt που ενστερνίστηκε ολόκληρη η επιστημονική κοινότητα και επικρατεί μέχρι τις μέρες μας. Έτσι αναγνωρίζεται η διαφορετικότητα των εικόνων υπό διαφορετικές οπτικές συνθήκες και προκαλείται ανάλογη αντίδραση απέναντι στον οπτικό κόσμο. Ως συμπέρασμα η αντίληψη συμβάλει στο να ενεργοποιηθεί κατάλληλα το ΚΝΣ απέναντι στο οπτικό περιβάλλον καθώς επίσης βοηθά στη ενίσχυση της ικανότητας γνωστικών λειτουργιών όπως η προσοχή, η μνήμη και η προσήλωση σε έναν στόχο, ώστε να διακρίνεται σωστά το χρώμα ή το σχήμα του. Ταυτόχρονα με τη διάκριση αυτή προσαρμόζεται η εκάστοτε στατική αντίδραση.

Συνεπώς υπάρχουν διαφορές όταν το οπτικό σκηνικό κινείται προσθοπίσθια ή κυκλοτερώς και με διάφορες ταχύτητες, πράγμα που πολλές φορές δυσκολεύει τον παρατηρητή να αντιληφθεί την οπτική ροή και να εντοπίσει έναν στόχο. Γι' αυτό και πριν από οποιοδήποτε τεστ ισορροπίας πρέπει να αξιολογούνται όλες οι γενικές οπτικές λειτουργίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Η σημαντικότητα της ισορροπίας είναι εμφανής σε κάθε πτυχή της καθημερινής ζωής (Johnson & Leck, 2010). Ανάμεσα στους ερευνητές, δεν υπάρχει ένας παγκοσμίως αποδεκτός ορισμός για το τι είναι στάση και τι ισορροπία (Shumway-Cook & Woollacott, 2007). Στην αρθογραφία συναντά κανείς συνεχώς τους όρους στάση, στατικός έλεγχος, στατικός προσανατολισμός, καθώς και τη διάκριση στατικής και δυναμικής ισορροπίας. Γενικότερα ο όρος στάση, περιγράφει τον έλεγχο του σώματος σε σχέση με τον χώρο και τον προσανατολισμό του σε σχέση με το περιβάλλον. Επιπλέον ο όρος ισορροπία, είναι η ικανότητα να ελέγχουμε το ΚΒ μας σε σχέση με τη βάση στήριξης σε ένα σαφώς οριοθετημένο περιβάλλον. Κατ' άλλους (Johnson & Leck, 2010), ο όρος ισορροπία αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να διατηρεί το σώμα του σε «μηχανική εξισορρόπηση». Αυτό υποδηλώνει επεξηγηματικά ότι συγκεκριμένοι στατικοί μηχανισμοί και ερεθίσματα διατηρούν την ορθή ευθυγράμμιση της στάσης του σώματος και τη διατήρηση της ισορροπίας κόντρα στις δυνάμεις βαρύτητας (Hall, 2007 βλ. Johnson & Leck, 2010). Για να γίνει αυτό θα πρέπει να προσανατολιστεί κατάλληλα το ΚΒ το οποίο είναι ένα νοερό σημείο στο χώρο τοποθετημένο ακριβώς μπροστά από την Σ.Σ. στο ύψος του I_2 (με τη μετατόπιση αυτό βέβαια αλλάζει) (Εικόνα 17). Τέλος, η διάκριση μεταξύ στατικής και δυναμικής ισορροπίας είναι πολύ σημαντική μιας και οι δυο αυτοί τομείς έχουν αξιολογηθεί πολλάκις από τους ερευνητές. Οι Ageberg et al. (2003) (βλ. Johnson & Leck, 2010) και Williams (1983) (βλ. Wade & Jones, 1997), μελέτησαν την ισορροπία και διαχώρισαν τη στατική ως την όρθια ήρεμη στάση και τη δυναμική ως ικανότητα του σώματος να διατηρεί την ισορροπία του κατά τη διάρκεια της κίνησης.



Εικόνα 17. Πορεία του άξονα κέντρου βάρους για τη διατήρηση της ορθής στάσης
(Τροποποιημένο από http://www.footpoint.com/us/pages/doc21_the_secret.html)

4.1. ΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Η βιομηχανική ενέργεια του να διατηρεί το ΚΒ πάνω στη βάση στήριξης επιτυγχάνεται εντός ενός περιβαλλοντικού πλαισίου, το οποίο διακρίνεται από τα αισθητικά συστήματα.

Οι άνθρωποι, χρησιμοποιούν τρία διαφορετικά αισθητικά συστήματα για τον έλεγχο της στάσης: το σωματοαισθητικό, το αιθουσαίο και το οπτικό. Ανάλογα με το επίπεδο ανάπτυξης και ωρίμανσής, στηρίζονται περισσότερο ή λιγότερο σε κάθε ένα απ' αυτά. Για παράδειγμα, έρευνες έδειξαν ότι τα παιδιά

βασίζονται σχεδόν εξ' ολοκλήρου στο οπτικό σύστημα ενώ οι ενήλικες στο ιδιοδεκτικό (Lee & Aronson, 1974). Επίσης, για τη μεταφορά των εξωτερικών πληροφοριών προς το εσωτερικό περιβάλλον υπεύθυνοι μεταβιβαστές είναι οι ιδιοδεκτικοί υποδοχείς. Σκοπός αυτής της μεταφοράς, είναι η ανάλυση, η ανίχνευση και η εκτίμηση της σημασίας των φυσικών ερεθισμάτων, αφού πρώτα μετατραπούν σε νευρικές ώσεις. Η ανθρώπινη στάση λοιπόν, υφίσταται λόγω της αλληλεπίδρασης των αισθητικών συστημάτων. Ωστόσο, υπάρχουν ερευνητές που ανέδειξαν ότι η στάση μπορεί να είναι σχεδόν άρτια εφικτή απλά και μόνο με την ύπαρξη μοναδικής πληροφόρησης από τους ιδιοδεκτικούς υποδοχείς των πελμάτων (αισθητικό σύστημα) (Di Giulio et al., 2009).

Συνεπώς, το αισθητικό περιβάλλον (οι υπάρχουσες δηλαδή συνθήκες ή αλλιώς οι συνθήκες που γίνεται αντιληπτό ότι υπάρχουν) επηρεάζει την ισορροπία, και έτσι καταλήγουμε σύμφωνα με τον Gibson et al. (1979) ότι, χωρίς στατικό έλεγχο δεν υπάρχει ισορροπία αλλά ούτε και ικανότητα αλληλεπίδρασης του ατόμου με το περιβάλλον.

4.2. ΣΧΕΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

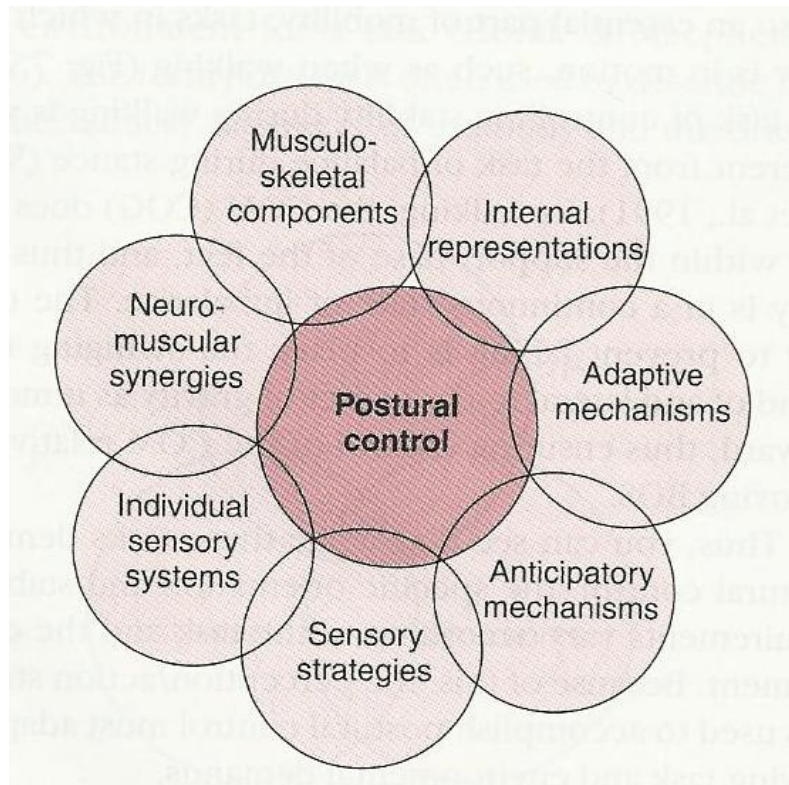
Η φύση της δραστηριότητας, επηρεάζει την ικανότητα ισορροπίας. Δεδομένου ότι κάθε άνθρωπος έχει τη δική του σωματοδομή και συνεπώς το δικό του προσωπικό επίπεδο ισορροπιστικής ικανότητας, υπάρχει και διαφορετική σχέση στατικής αντίδρασης και δραστηριότητας. Σύμφωνα με τον Emery et al. (2005) όταν οι φυσικές δραστηριότητες επαναλαμβάνονται, η παραγόμενη ισορροπιστική αντίδραση δεν παρουσιάζεται ποτέ η ίδια ανάμεσα στις επαναλήψεις. Συνεπώς, οι δραστηριότητες επηρεάζουν την ικανότητα ισορροπίας σε μια προσπάθεια εκτέλεσής τους ενώ σε μια αμέσως επόμενη προσπάθεια η ισορροπία μπορεί και να μείνει ανεπηρέαστη. Καθώς όμως, απ' τη μία δεν υπάρχει μια απολύτως σταθερή σχέση δραστηριότητας και στατικής σταθερότητας, από την άλλη υπάρχει απόλυτη αναλογία μεταξύ ισορροπίας και

ωρών ενασχόλησης με κάποια δραστηριότητα. Δηλαδή, η παρατεταμένη άσκηση ή η προσπάθεια, οδηγεί σε κόπωση που επηρεάζει την διατήρηση ισορροπίας.

Ανάλογα λοιπόν με τη δραστηριότητα (Suponitsky et al., 2008) και τους εκάστοτε περιορισμούς της, παράγονται δυνάμεις οι οποίες μετακινούν τα αισθητικά συστήματα προκαλώντας μία διαφορετική δράση αυτών, πράγμα που συνεπάγεται την άμεση δικαιολογημένη μεταβολή του στατικού συντονισμού. Με αυτόν τον τρόπο, πλήττεται πρωτίστως η ενδαρθρική και η ενδοτμηματική σταθερότητα κυρίως μεταξύ κεφαλής, κορμού και κάτω άκρων.

4.3. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Ως αποτελεσματική ισορροπία θεωρείται η ικανότητα του ατόμου να διατηρεί την όρθια στάση χωρίς την επέμβαση άλλου ατόμου ή αντικειμένου. Ωστόσο για να υπάρξει διατήρηση, θα πρέπει να υπάρχουν δυνάμεις ή παράγοντες που τείνουν να διαταράξουν την υπάρχουσα ισορροπία. Η βιβλιογραφία εμπεριέχει πολλές έρευνες οι οποίες μελετούν τον ρόλο της στατικής σταθερότητας από τον οποίο προέρχεται πρωταρχικά ο στατικός έλεγχος και δευτερεύοντος η ισορροπία (Bobath, 2005). Ο έλεγχος της στάσης προέρχεται από τη συνδυασμένη δράση των μελών του σώματος ενάντια στον αριθμό, το μέγεθος και τον τύπο των αισθητικών πληροφοριών – ερεθισμάτων που δέχεται το σώμα στο σύνολο (Εικόνα 18). Οι αισθητικές αυτές πληροφορίες συλλέγονται από εξωδεκτικούς ιδιοδεκτικούς υποδοχείς και αφορούν ερεθίσματα από το εξωτερικό περιβάλλον του οργανισμού. Ταυτόχρονα, πληροφορίες προέρχονται και από εσωδεκτικούς υποδοχείς που μας δίνουν την αίσθηση του προσανατολισμού σε σχέση με το τι πράττει ο ίδιος ο οργανισμός.



Εικόνα 18. Αλληλεπίδραση ερεθισμάτων με το ανθρώπινο σώμα
(Τροποποιημένο από Shumway-Cook A. & Woollacott M. H., 2007)

Ανάμεσα στα ερεθίσματα που δεχόμαστε καθημερινά, γίνεται μια επιλογή των σημαντικότερων και πιο χρήσιμων για τη διατήρηση ισορροπίας. Πολλές απροσδόκητες εξωτερικές ανισοροπιστικές δυνάμεις, συρρέουν βιαίως κάθε χρονική στιγμή και απειλούν τη δυνατότητα του ανθρώπινου ισοροπιστικού συστήματος να ελέγχει τη στάση. Το επαπειλούμενο λοιπόν ανθρώπινο σύστημα στήριξης, για την διατήρηση της ορθής θέσης ισορροπίας επιστρατεύει τις αρθρώσεις ελέγχοντας το ποσοστό ελευθερίας τους και δημιουργώντας ενδοαρθρική σταθερότητα με σκοπό τη διασφάλιση της συνολικής στατικής σταθερότητας.

Συνολικά ελέγχεται:

1. Το εύρος και η συχνότητα της προσθοπίσθιας κίνησης των σωματικών μερών, με την παρουσία ή όχι οπτικών ερεθισμάτων. Έτσι βρέθηκε ότι η προσθοπίσθια ταλάντευση αυξάνεται όταν

εστιάζεται ένα σταθερό σημείο (οπτικό στόχο), ενώ η πλάγια ταλάντευση μειώνεται (Ko et al., 2001; Laurens et al., 2010).

2. Η κίνηση του Com-Cog. Το Com-Cog αναφέρεται ως ένα σημείο του σώματος πάνω στο οποίο η συνολική δύναμη της βαρύτητας δρα και προβάλλεται κάθετα πάνω στην επιφάνεια στήριξης (Morris, 1992 βλ. Nichols et al., 1995). Η διατήρηση του Com-Cog μέσα στη βάση στήριξης περιλαμβάνει την ενοποίηση των μηνυμάτων του οπτικού, αιθουσαίου και ιδιοδεκτικού συστήματος με αποτέλεσμα την μεταφορά τους και την επεξεργασία τους από τον εγκέφαλο ώστε να παραχθεί η κατάλληλη στατική αντίδραση. Έτσι, καθώς η βάση στήριξης (BOS) πχ πλατφόρμα ισορροπίας αλλάζει, όλα τα συστήματα προσαρμόζονται για χάρη της διατήρησης της ισορροπίας. Σύμφωνα λοιπόν, με την κίνηση της πλατφόρμας και τους παράγοντες διατάραξης της, δηλαδή αναλόγως με το μέγεθος της διατάραξης, την ταχύτητα και το σημείο εφαρμογής, το Com-Cog μετατοπίζεται σε διάφορες κατευθύνσεις. Η μεταβλητότητα του εύρους κίνησης του Com ολόκληρου του σώματος είναι σχετικά υψηλή σε μικρές συχνότητες μετατόπισης της πλατφόρμας αλλά μειώνεται με την αύξηση της συχνότητας αυτής. Συνεπώς, σύμφωνα με τον Ko et al. (2001) η μετατόπιση το Com-Cog αυξάνεται όταν εκτελούνται ενέργειες συνεχόμενες και διαδοχικές με το μέγεθος της διατάραξης και είναι ίδια για όλες της προσπάθειες εκτέλεσης της ενέργειες (Duncan et al., 1990).
3. Του Cop. Μια ροπή βαρύτητας που ασκείται πάνω στο ανθρώπινο σώμα, προκαλεί τη μετατόπισή του μακριά από την σωστή ευθύγραμμη θέση. Κατά τη διάρκεια πλάγιας περιστροφικής κίνησης της πλατφόρμας, το σώμα προσπαθεί να αντιδράσει στην

αποσταθεροποιητική δύναμη και έτσι κινείται στην ίδια κατεύθυνση με την πλατφόρμα έχοντας το ΚΒ (Com) κοντά στη βάση στήριξης ομοιάζοντας με ένα εκκρεμές. Αντίθετα, όταν η περιστροφική κίνηση της πλατφόρμας γίνεται σε προσθοπίσθια κατεύθυνση το σώμα προσαρμόζεται και κινείται πάλι προς την ίδια κατεύθυνση με την πλατφόρμα αλλά χωρίς το ΚΒ (Com) να πλησιάζει τη βάση στήριξη. Ως αποτέλεσμα, προκύπτει η διατήρηση της στάσης και το σώμα φαίνεται σαν να είναι ακίνητο (Buchanan & Horak, 1999) (Εικόνα 19).

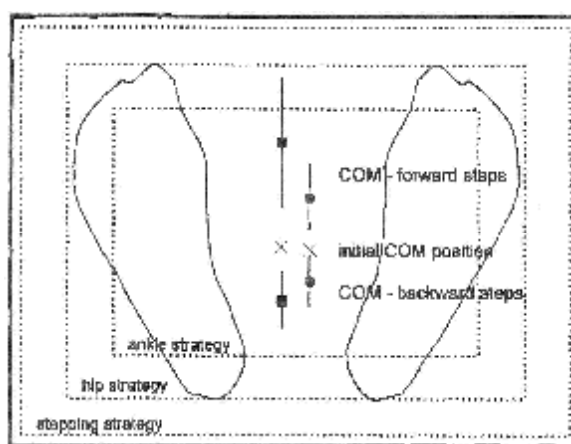


Εικόνα 19. Το σώμα του ατόμου προσπαθώντας να αντιδράσει σε αποσταθεροποιητικές δυνάμεις οι οποίες προκαλούνται από την κίνηση της πλατφόρμας ενώ κινείται φαίνεται σαν ακίνητο

(Τροποποιημένο από Chen C-L., Lee J-Y., Horng R-Z. & Su F-C., 2009)

Για να πραγματοποιούν οι παραπάνω ενέργειες, δημιουργείται μια παράλληλη διαρθρωτική ροπή ως μέσο αντιμετώπισης της πρωτογενούς αποσταθεροποιητικής ροπής της βαρύτητας (Maurer & Peterka, 2005). Έτσι, καθώς το άτομο ταλαντεύεται σε κάθε

κατεύθυνση, εφαρμόζει μια σχετική πίεση πάνω σε κάθε πόδι πράγμα που του επιτρέπει να ελέγχει το μέγεθος και την κατεύθυνση του στατικού λικνίσματος. Αυτό το στιγμιαίο κέντρο πίεσης έχει μετρηθεί και ονομάζεται Cop. Στον αντίποδα βέβαια, ιδιαίτερης σημασίας παίζει και το μέσο κέντρο πίεσης (MCOP) όπου σε συνδυασμό με το Cop ορίζονται ως: το κεντρικό σημείο κάθετης προβολής πάνω στην πλατφόρμα σε κάθε χρονική στιγμή (Cop) και σε όλη τη διάρκεια της εκάστοτε δοκιμασίας αντίστοιχα (Cop) (Kirby et al.,1987; Black et al., 1982; Maki et al., 1987; Nashner et al., 1985 βλ. Nichols et al., 1995) (Εικόνα 20).

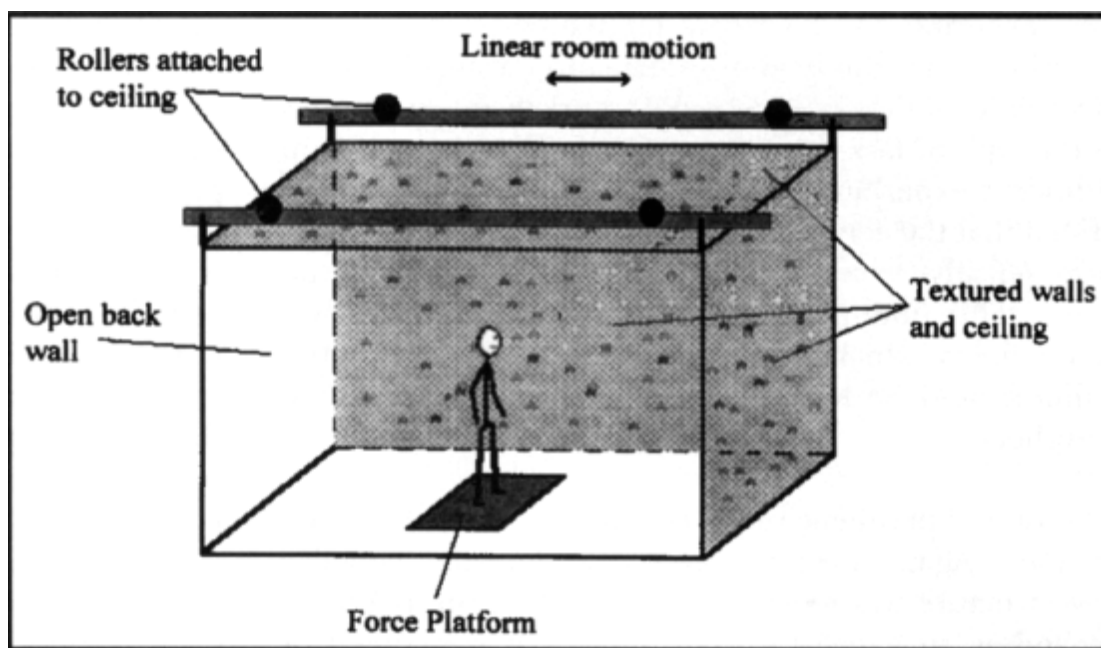


Εικόνα 20. Αλλαγές στο κέντρο πίεσης και κέντρο μάζας κατά τη διάρκεια στρατηγικών ισορροπίας

(Τροποποιημένο από Maki B. E. & McIlroy W. E., 1997)

Έρευνες των Uchiyama & Demura (2008) υπέδειξαν 34 έως τώρα γνωστές παραμέτρους οι οποίες με την επίδρασή τους μετατοπίζουν το Cop. Ως βασικό μοντέλο σε αυτή αλλά και σε κάθε άλλη έρευνα χρησιμοποιήθηκε μια καλά βαθμονομημένη κινούμενη πλατφόρμα ή εναλλακτικά ένα δυναμοδάπεδο (Εικόνα 21) με την ταυτόχρονη χρήση ερεθίσματος συνήθως οπτικού (μιας

και το οπτικό ιδιοδεκτικό σύστημα όπως θα αναφερθεί παρακάτω επηρεάζει την διατήρηση της ισορροπίας).



Εικόνα 21. Η χρήση της δυναμοπλατφόρμας και η κίνηση των τοίχων του δωματίου αναπαράγει πολλές παραμέτρους που μετατοπίζουν το κέντρο πίεσης (C_{op}) (Τροποποιημένο από Wade M. G. & Jones G., 1997)

Με τον όρο «παραμέτρους», αναφέρονται η ένταση, η ταχύτητα, η δύναμη και η κατεύθυνση της διατάραξης για την πρόκληση στατικού λικνίσματος. Συνεπώς με την έναρξη ενός οποιουδήποτε ερεθίσματος, το C_{op} αρχίζει να μετακινείται προς την κατεύθυνση του ερεθίσματος. Παραδόξως όμως, ενώ θα περίμενε κάποιος να σταματήσει η πίεση αμέσως μετά τη λήξη εφαρμογής του ερεθισμού, παρατηρείται ότι το C_{op} αντί να σταματά, είναι ενεργό και μάλιστα συνεχίζεται με αύξουσα πορεία 2-3 sec μετά τη λήξη του ερεθίσματος. Μετά το πέρας αυτών των δευτερολέπτων επιστρέφει σε φυσιολογικά επίπεδα (Wei et al., 2010). Υπάρχει δηλαδή μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ

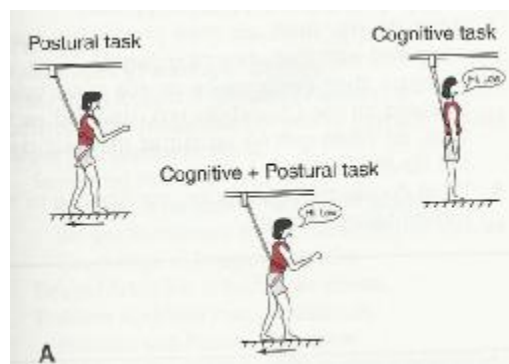
μετατόπισης Com- πλατφόρμα και Cor- ερέθισμα. Πρόκειται για δυο μετατοπίσεις που γίνονται διαδοχικά αφού εφαρμοστεί το ερέθισμα. Η πρώτη στην ίδια κατεύθυνση με την πλατφόρμα και η δεύτερη στην ίδια κατεύθυνση με το ερέθισμα. Το συμπέρασμα είναι ότι μόλις σταματήσει η κίνηση της πλατφόρμας η μετατόπιση του KB και του κέντρου πίεσης συνεχίζει να υφίσταται, άρα συνεχίζει να υπάρχει το στατικό λίκνισμα.

Άλλο ένα χαρακτηριστικό της μεταβολής του Cor, είναι η μεγάλη σχέση που έχει με την εκτέλεση μιας ταυτόχρονης οπτικής, κινητικής ή γνωστικής δραστηριότητας. Συγκεκριμένα, φαίνεται πως όταν ο εγκέφαλος καλείται να επεξεργαστεί περισσότερα από ένα γεγονότα, δίνει προτεραιότητα στο πιο σημαντικό και αυτό γίνεται διότι σε τέτοιες περιπτώσεις αυξάνεται η δυσκολία για διατήρηση της στάσης. Για παράδειγμα, όταν ζητείται να γίνει μία ενέργεια (κατάδειξη ενός στόχου), κρατώντας παράλληλα τα μάτια κλειστά και το σώμα ακίνητο το Cor αυξάνεται ενώ ταυτόχρονα, μειώνεται η τοπική σταθερότητα (το σώμα δεν μένει εντελώς ακίνητο). Φαίνεται λοιπόν, ότι η κανονικότητα στην πίεση (Cor) εξαρτάται από το ποσοστό που αφιερώνει ο εγκέφαλος για να συγκεντρωθεί στη διατήρηση της στάσης όταν επισυμβαίνουν παράλληλα κινητικά, γνωστικά ή οπτικά γεγονότα-ενέργειες (Donker et al., 2007; Wolfson et al., 1994). Όπως δείχνει ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Η σχέση κινητικών γνωστικών ή οπτικών ενεργειών με το ποσοστό συγκέντρωσης για τη διατήρηση της στάσης

Αύξηση συγκέντρωσης	δυσκολίας στατικής	Μείωση συγκέντρωσης	δυσκολίας στατικής
Εσωτερική συγκέντρωση		Εξωτερική συγκέντρωση	
Μάτια κλειστά κανονικότητα στην πίεση του Cop	→ ñ η	Εξωτερική ενέργεια η κανονικότητα της πίεσης του Cop	→ ò

Η παραπάνω συσχέτιση εξετάζεται δυναμικά με ένα σύστημα που λέγεται Dynamic Posturography η οποία μετρά το χρόνο και το μέγεθος των ερεθισμάτων που προκαλούνται από τα αντίστοιχα οπτικά ή κινητικά γεγονότα και τις ανάλογες δυνατότητες των ατόμων να συγκεντρώνονται κατάλληλα (Εικόνα 22), ανάλογα με την κατάσταση ώστε να παράγει μέσω συνδυασμού πληροφοριών μια αποτελεσματική αντίδραση ισορροπίας (Wolfson et al., 1994).



Εικόνα 22. Η προσαρμογή του ατόμου σε συνδυασμένες εισερχόμενες γνωστικές και στατικές πληροφορίες

(Τροποποιημένο από Shumway-Cook A. & Woollacott M. H., 2007)

Οι αναφορές στο Cop δεν σταματούν εδώ. Υπάρχουν πολλαπλά στοιχεία, τα οποία συνδυάζονται και επιδρούν πάνω του.

Μετά όμως από αυτή την επίδραση, η συνολική συμβολή του Cor στη διατήρηση της ισορροπίας οφείλεται στην άμεση σχέση του με το ποσό μετατόπισης του KB. Βασική προϋπόθεση λοιπόν, είναι ότι για οποιαδήποτε διατάραξη του Cor θα πρέπει να επιστρέψει εντός της βάσης στήριξης γρήγορα, διαφορετικά θα χαθεί η ισορροπία (Nashner, 1982 βλ. Nichols et al., 1995).

4. Η γωνιακή κίνηση των αρθρώσεων και οι ροπές αλλάζουν υπό ποικίλες βιομηχανικές συνθήκες (Welch & Ting, 2009).

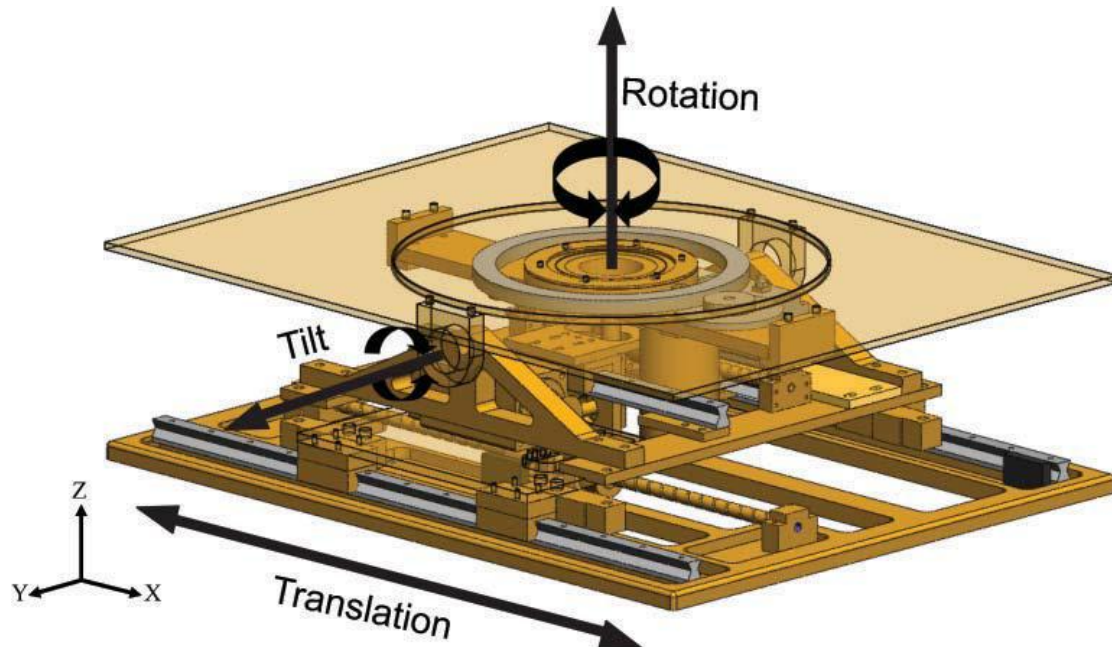
Η σταθερότητα είναι σημαντική για τη ζωή. Οι στατικές αντιδράσεις, διαμορφώνονται υπό μορφή στατικών προσαρμογών ώστε να επανακτηθεί ο στατικός έλεγχος. Οι στατικές αυτές προσαρμογές, ελαχιστοποιούν το οποιοδήποτε μέγεθος μετατόπισης του Com-KB (Wade & Jones, 1997).

Επομένως, το στατικό σύστημα υποχρεούται να τηρεί 3 προϋποθέσεις:

1. Να διατηρεί μια σταθερή θέση (ισορροπία- στάση) με την ταυτόχρονη επίδραση της βαρύτητας,
2. Να δημιουργεί αντιδράσεις και
3. Να εξασφαλίζει μέσω των αντιδράσεων την ικανότητα της προσαρμογής. Συνεπώς υπό διαφορετικές συνθήκες, είναι διαφορετικός και ο στατικός έλεγχος.

Συνοψίζοντας, με την παραμικρή μετατόπιση του Com-Cor λόγω διαφορετικών δυνάμεων διατάραξης και συνθηκών διατάραξης, αναδύονται ακούσια κατάλληλες προσαρμοστικές στατικές αντιδράσεις. Ερευνητικά μοντέλα του Sherighton (1961) & Magnus (1926) (βλ. Jones, 2000) εναλλάσσουν έναν μεγάλο αριθμό παραμέτρων και συνδυάζουν αισθητικές πληροφορίες ώστε με την πρόκληση διατάραξης να παραχθεί η κατάλληλη στατική αντίδραση και συνεπώς η απαιτούμενη ισορροπιστική στρατηγική. Η τεχνητή διατάραξη γίνεται συνήθως με αλλαγή του παράγοντα στήριξης (χρησιμοποιούνται δηλαδή, διαφορετικά είδη πλατφόρμας που παρέχουν

ιδιοδεκτική πληροφορία από τα πέλματα), όπου τα υποκείμενα καλούνται να διατηρήσουν την όρθια στάση και να ισορροπήσουν ενάντια σε οποιαδήποτε κίνηση της πλατφόρμας (Εικόνα 23).



Εικόνα 23. Απεικόνιση των μηχανικών μερών και της λειτουργίας της πλατφόρμας
(Τροποποιημένο από Chen C-L., Lee J-Y., Horng R-Z. & Su F-C., 2009)

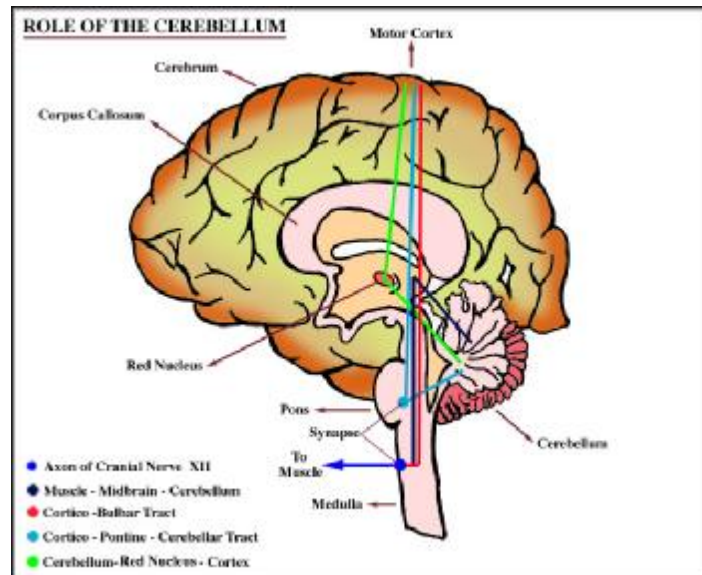
4.4. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑΣ

Συγκεκριμένες περιοχές του εγκεφάλου ενεργοποιούνται σε ένα δοσμένο οπτικό ερέθισμα για τη διατήρηση της στάσης. Ωστόσο, το κυρίαρχο ανατομικό όργανο που ελέγχει την στατική ισορροπία, ο μαέστρος που συντονίζει το στατικό σύστημα είναι η παρεγκεφαλίδα γι' αυτό και επιλέχθηκε να αναλυθεί ξεχωριστά από τα υπόλοιπα συστήματα στατικού ελέγχου.

4.5. ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑΣ

Η παρεγκεφαλίδα (Λατινικά= μικρός εγκέφαλος) αποτελεί το 10 % του συνολικού όγκου του εγκεφάλου, αλλά με τη διαφορά ότι περιέχει περισσότερους από τους μισούς νευρώνες του (Εικόνα 24). Παρά τη δομική της

ομαλότητα η παρεγκεφαλίδα χωρίζεται σε αρκετές διαφορετικές περιοχές, κάθε μια από τις οποίες λαμβάνει προβολές από διαφορετικά μέρη του εγκεφάλου και της σπονδυλικής στήλης. Ανάλογα λοιπόν με τα εισερχόμενα μηνύματα εκτελεί και τις αντίστοιχες κινητικές ή στατικές λειτουργίες.



Εικόνα 24. Παρεγκεφαλίδα και περιφερικά ανατομικά στοιχεία αυτής

(Τροποποιημένο από <http://www.csuchico.edu/~pmcaffrey/syllabi/CMSD%20320/362unit7.html>)

Οι τρεις διάμεσες περιοχές του σώματος της παρεγκεφαλίδας (ο σκώληκας, ο διάμεσος εγκέφαλος και το πλάγιο μέρος των ημισφαιρίων) και ο λοβός του οζιδίου και της κροκίδας (αιθουσαιοπαρεγκεφαλίδα) αντιπροσωπεύουν διαφορετικές λειτουργίες. Η αιθουσαιοπαρεγκεφαλίδα μαζί με τον σκώληκα ελέγχουν την ισορροπία της στάσης και τις κινήσεις των ματιών, καθώς επίσης οι Purkinje ίνες της ελέγχουν τους μύες των άκρων (εκτείνοντες ώστε να έχουμε στατική ισορροπία). Οι σκώληκες μαζί με τα ενδιάμεσα ημισφαίρια ονομάζονται νοτιοπαρεγκεφαλίδα και λαμβάνουν ερεθίσματα από την σπονδυλική στήλη, ενώ η περιοχή που δέχεται ερεθίσματα από τον παρεγκεφαλιδικό φλοιό ονομάζεται εγκεφαλοπαρεγκεφαλίδα και είναι

υπεύθυνη για την προετοιμασία της κίνησης και τις προπαρασκευαστικές στατικές αντιδράσεις (Ghez & Thach, 2000).

4.6. ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

Οι πληροφορίες από τα πέλματα (αντίθετα με τον ρόλο της αιθουσαιοπαρεγκεφαλίδας) κατά την στήριξη σε μια πλατφόρμα, μεταφέρονται στην νωτιαιοπαρεγκεφαλίδα μέσω δυο κύριων μονοπατιών, το κοιλιακό και το ραχιαίο νωτιαίο παρεγκεφαλιδικό (Horak & Diener, 1994 βλ. Jones, 2000).

Ανάλογα με την συχνότητα κίνησης των πελμάτων πάνω στην πλατφόρμα και ανάλογα με τη συχνότητα κίνησης των οφθαλμών επηρεάζεται και η συχνότητα μεταφοράς της πληροφορίας στην παρεγκεφαλίδα (Πίνακας 3). Όσο μικρότερη κίνηση των άκρων ή των ματιών παράγεται, τόσο μικρότερο δυναμικό ενέργειας προκαλείται και άρα οι εκάστοτε πληροφορίες δεν μεταφέρονται με τη σωστή ταχύτητα. Έτσι το αντίστοιχο τμήμα της παρεγκεφαλίδας το οποίο θα επεξεργαστεί τις πληροφορίες αυτές δεν «αντιλαμβάνεται» σωστά το πραγματικό μέγεθος του φυσικού ερεθίσματος και συνεπώς δεν αναπαράγει επαρκώς την απαιτούμενη συμπεριφορά (Ito, 1984; Ghez & Thach, 2000; Summway-Cook & Woollacott, 2007).

Πίνακας 3. Οι πληροφορίες από την αιθουσαιοπαρεγκεφαλίδα μεταφέρονται στο νωτιαίο φλοιό και στο εγκεφαλικό στέλεχος ενώ οι πληροφορίες από τη νωτιαιοπαρεγκεφαλίδα μεταφέρονται στη Σ.Σ. και το Ε.Σ. Έτσι η παρεγκεφαλίδα γνωρίζει ανά πάσα στιγμή τις μεταβολές στο περιβάλλον και μπορεί να συγκρίνει τα ερεθίσματα που δέχεται από αυτό.

ΕΙΔΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ	ΤΜΗΜΑ ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑΣ
Οπτικές	Αιθουσαιονωτιαίο
Αιθουσαίες	Αιθουσαιοπαρεγκεφαλίδα
Σωματοαισθητικός	Νωτιαιοπαρεγκεφαλίδα

Σε κάθε πειραματική προσπάθεια σύμφωνα με τα παραπάνω χρειάζεται να προκληθούν ισχυρά δυναμικά (σωστή κίνηση άκρων και οφθαλμών) ώστε να μεταφερθεί σωστά η πληροφορία.

4.7. ΣΧΕΣΗ ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Ή ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ

Η πρόκληση δυναμικών ωθεί την παρεγκεφαλίδα στην ανάπτυξη ενός ακόμα σημαντικού ρόλου. Της παρέχονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες, μέσω εισερχόμενων ερεθισμάτων, σχετικά με τις διάφορες αλλαγές που επισυμβαίνουν στον οργανισμό και στο περιβάλλον του καθώς επίσης της επιτρέπουν να συγκρίνει αυτά τα ερεθίσματα μεταβολής. Παρόμοιο έλεγχο μπορεί να ασκεί και στα εξερχόμενα μηνύματα πράγμα που είναι πολύ σημαντικό για την αντίληψη τόσο της στάσης όσο και της κίνησης (Ghez & Thach, 2000; Jones, 2000).

4.8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Ο ορισμός της στάσης και της ισορροπίας παρουσιάζεται σχεδόν σε όλες τις αναφορές ο ίδιος. Ωστόσο για τη διατήρηση ενός σταθερού κέντρου βάρους εντός της βάσης στήριξης, απαιτείται η αλληλεπίδραση τριών αισθητικών συστημάτων. Από τα αισθητικά συστήματα κατ' άλλους σημαντικό είναι το ιδιοδεκτικό των πελμάτων και κατ' άλλους μόνο το οπτικό. Οι υπάρχουσες περιβαλλοντικές συνθήκες επηρεάζουν τη στάση, άρα συμπεραίνεται ότι χωρίς στατικό έλεγχο δεν υπάρχει ισορροπία συνεπώς ούτε και σωστή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Επίσης αποδεικνύεται ότι η ικανότητα ισορροπίας αλλάζει ανάλογα με το είδος και τη συχνότητα εκτέλεσης των διαφόρων δραστηριοτήτων, ενώ παράγοντες που μπορεί να την επηρεάζουν είναι: η φύση των εξωδεκτικών δυνάμεων, η σταθερότητα των ενδαρθρικών στοιχείων, το εύρος και η συχνότητα ταλάντευσης των σωματικών μερών πάνω σε μία επιφάνεια.

Έτσι ερευνήθηκαν οι αλλαγές που γίνονται στο κέντρο πίεσης (C_{op}) και στο κέντρο μάζας σώματος (C_{om}) κατά τη διάρκεια διατάραξης της ισορροπίας. Οι δυνάμεις που εφαρμόζονται για αυτές τις αλλαγές έχουν φορά ίδια ή αντίθετη με αυτή της κίνησης της πλατφόρμας και κατεύθυνση κοντά ή μακριά από τη βάση στήριξης του ατόμου. Ανάλογα με τα παραπάνω το άτομο προσπαθεί να δημιουργήσει τις κατάλληλες διορθωτικές ροπές αντίδρασης για να διατηρήσει την ισορροπία.

Σε όλες τις διαδικασίες διατήρησης στάσης και ισορροπίας υπεύθυνο ανατομικό στοιχείο είναι η παρεγκεφαλίδα και τα τμήματά της, η οποία δέχεται τις εξωδεκτικές πληροφορίες και τις μεταφράζει σε εσωδεκτικά σχήματα στατικών προσαρμογών. Ο γενικός ρόλος της παρεγκεφαλίδας άμφω, οφείλεται στο ότι η πλαγιοπαρεγκεφαλίδα εκτός από τον ρόλο του να προσφέρει περιοχές αποθήκευσης και αντιπροσώπευσης, έχει την ιδιότητα να εμπλέκεται με επιλεκτικό τρόπο όχι μόνο στη μάθηση αλλά και στην εκτέλεση κινητικών

συνεργειών, γνωστικών αντιληπτικών διαδικασιών και στατικών προσαρμογών. Αποτελεί δηλαδή, ένα σύστημα συγχρονισμού και βέβαια το δυνατότερο χαρτί δράσης στον στατικό έλεγχο (Slobounov et al., 2006; Ghez & Thach, 2000).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Όταν σε ένα άτομο διαταράσσεται η ισορροπία είτε από σπρώξιμο είτε όταν παρακολουθεί ένα κινούμενο αντικείμενο, τότε παρατηρούνται μερικά λάθη στον κινητικό-στατικό έλεγχο, αρχικά με στατικό λίκνισμα και έπειτα με την επιλογή κατάλληλου κινητικού προγράμματος για τη διατήρηση της στάσης.

5.1. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

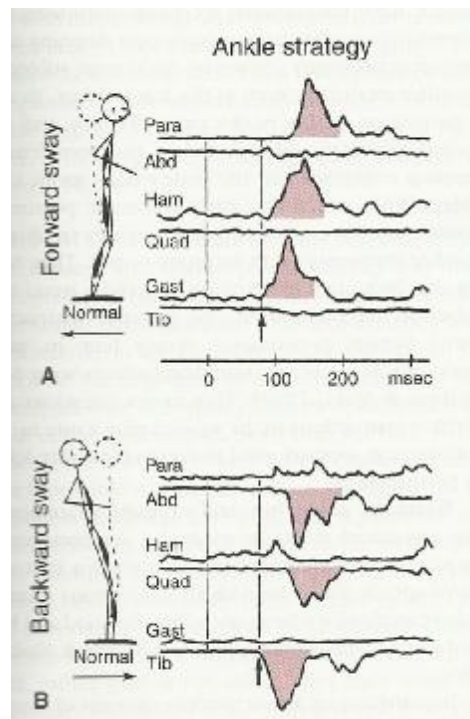
Ανεξαρτήτως ηλικίας, φύλου, βάρους και δυνάμεων που ασκούνται πάνω στο σώμα, όλοι οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τέσσερις βασικές στρατηγικές ισορροπίας, ώστε να γίνουν πραγμάτωση και να λειτουργήσουν σωστά οι προπαρασκευαστικές στατικές αντιδράσεις (Allum, 2005 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009; Pfaltz, 1970 βλ. Day B.L. & Guerraz M., 2007; Diener et al., 1983 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009). Η διαφορά ανάμεσα στις προσαρμοστικές στατικές αντιδράσεις και στις στρατηγικές αντίδρασης έγκειται στο ότι οι πρώτες συμβαίνουν όταν εφαρμόζεται ένα αισθητικό ερέθισμα ενώ οι δεύτερες συμβαίνουν αυτόματα ως αποτέλεσμα των προπαρασκευαστικών στατικών αντιδράσεων. Όσο μεγαλύτερο είναι το ερέθισμα, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η αντίδραση. Συνεπώς κατά τις στρατηγικές ισορροπίας οι οποίες εργαστηριακά μελετώνται χρησιμοποιώντας ΗΜΓ το σώμα προσαρμόζεται ανάλογα ώστε να μη χαθεί η ισορροπία.

Έτσι κατά Umphred αναφέρονται οι εξής στρατηγικές:

5.1.1. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ ΠΔΚ Ή ΤΟΥ ΑΣΤΡΑΓΑΛΟΥ

Περιγράφει το στατικό λίκνισμα το οποίο ελέγχεται από την ΠΔΚ και τα πέλματα. Το κεφάλι και το ισχίο μετακινούνται στην ίδια κατεύθυνση ταυτόχρονα, με το σώμα να κινείται μονοκόμματο πάνω από τα ΚΑ, σχηματίζοντας την εικόνα εκκρεμούς (Ko et al., 2001). Η μυϊκή συστολή επισυμβαίνει ιεραρχικά από την περιφέρεια προς το κέντρο ενεργοποιώντας

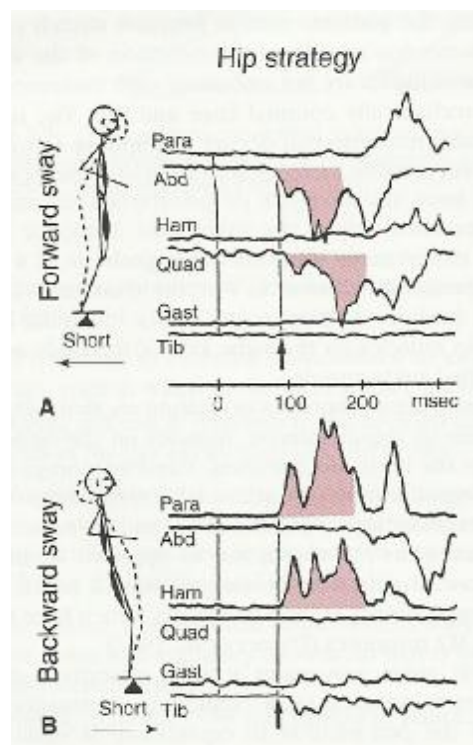
πρώτα το γαστροκνήμιο, μετά τον πρόσθιο κνημιαίο και τέλος τους παρασπονδυλικούς μύες (Εικόνα 25). Αυτή η στρατηγική χρησιμοποιείται όταν το στατικό λίκνισμα είναι μικρό, αργό και κοντά στη μέση γραμμή του σώματος καθώς επίσης και όταν η κατεύθυνση του λικνίσματος είναι προσθοπίσθια. Κατά τη διάρκεια αυτής της στρατηγικής σύμφωνα με τον Peterka (2000) (βλ. Welch & Ting, 2009) τόσο το σώμα λειτουργεί σαν εκκρεμές ενώ όταν οι διαταραχές είναι πολύ μεγάλες εμπλέκονται οι παρακάτω στρατηγικές του ισχίου και του γόνατος. Συνήθως σε αυτήν την περίπτωση η πλατφόρμα είναι αρκετά σταθερή ώστε να επιτρέπει πίεση ενάντια στις δυνάμεις που παράγονται με σκοπό να αποσταθεροποιήσουν το σώμα (Nichols et al., 1995).



Εικόνα 25. Μυϊκές συνέργειες και κίνηση του σώματος σε συνάρτηση με τη στρατηγική της ΠΔΚ για τον έλεγχο πρόσθιου και οπίσθιου λικνίσματος (Τροποποιημένο από Sumway-Cook A. & Woollacott M. H., 2007)

5.1.2. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΟΥ ΙΣΧΙΟΥ

Πρόκειται για τον έλεγχο του στατικού λικνίσματος από την λεκάνη και τον κορμό. Η στρατηγική αυτή είναι συνεργικά οργανωμένη. Εδώ το κεφάλι και το ισχίο κινούνται σε αντίθετη κατεύθυνση μεταξύ τους ενώ το σώμα κινείται τμηματικά. Το κέντρο μάζας διατηρείται εντός της βάσης στήριξης ενώ τα ισχία κάμπτονται ή εκτείνονται αντίστοιχα. Οι μύες που συστέλλονται και ενεργοποιούνται από το κέντρο προς την περιφέρεια είναι οι κοιλιακοί, ο τετρακέφαλος και ο πρόσθιος κνημιαίος μυς, ενώ ανταγωνίζονται τους μύες που χρησιμοποιούνται στη στρατηγική της ΠΔΚ (Εικόνα 26). Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιείται όταν το λίκνισμα είναι υψηλής συχνότητας, γρήγορο, όταν η πλατφόρμα είναι ασταθείς και όταν χρειάζεται να ελεγχθεί το προσθοπίσθιο αλλά και το πλάγιο λίκνισμα.



Εικόνα 26. Μυϊκές συνέργειες και κινήσεις του σώματος σε συνάρτηση με τη στρατηγική του ισχίου για τον έλεγχο του προσθοπίσθιου λικνίσματος

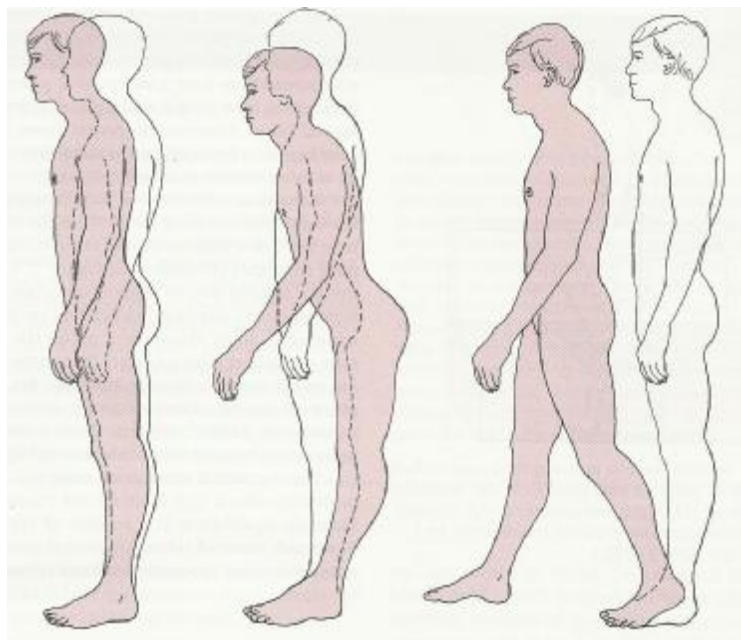
(Τροποποιημένο από Sumway-Cook A. & Woollacott M. H., 2007)

5.1.3. ΑΝΑΣΤΑΛΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ή ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΟΥ ΓΟΝΑΤΟΣ

Είναι το χαμήλωμα του ΚΒ μπροστά από τη βάση στήριξης που συνοδεύεται με αμφοτερόπλευρη κάμψη των ΚΑ. Μικραίνει η απόσταση μεταξύ κέντρου βάρους και βάσης στήριξης και έτσι ο έλεγχος του ΚΒ γίνεται ευκολότερος. Αυτή η στρατηγική συνήθως χρησιμοποιείται σε συνθήκες μη απόλυτης ισορροπίας όπου απαιτείται συνδυασμός σταθερότητας και κινητικότητας Windsurfing.

5.1.4. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΟΥ ΣΚΑΛΟΠΑΤΙΟΥ

Αναφέρεται σε βηματισμούς με τα πόδια, ή άπλωμα των χεριών σε μία προσπάθεια αύξηση της βάσης στήριξης και επαναφοράς της ισορροπίας μέσω της ενεργοποίησης των άκρων. Χρησιμοποιείται όταν το ΚΒ έχει υπερβεί την αυθεντική βάση στήριξης (Εικόνα 27) .



Εικόνα 27. Τρεις στατικές αντιδράσεις κατά τη διατάραξη της στάσης χρησιμοποιώντας την στρατηγική του βηματισμού για τον έλεγχο του λικνίσματος (Τροποποιημένο από Sumway-Cook A. & Woollacott M. H., 2007)

Σημειώνεται ότι οι ονομασίες και ο αριθμός των στρατηγικών αλλάζουν σε όλη την βιβλιογραφία αλλά οι έννοιες για το τι εκφράζει κάθε στρατηγική παραμένουν ίδιες.

5.2. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΤΑΛΑΝΤΕΥΣΗΣ

Αναλύοντας τμηματικά τις κινήσεις των βασικότερων αρθρώσεων του σώματος κατά τη στιγμή κάποιας από τις παραπάνω στρατηγικές διαπιστώθηκαν αρκετοί συνδυασμοί κίνησης.

1. Έτσι, όταν η συχνότητα ταλάντευσης αυξάνεται α) η κίνηση των ώμων και κατ' επέκταση του κορμού του δοκιμαζόμενου μειώνεται, β) το κεφάλι και ο κορμός σταθεροποιούνται και λειτουργούν σαν μονάδα επειδή σε τέτοιες συχνότητες προσαρμόζεται και η κίνηση του ισχίου (Grasso et al., 1999) και γ) η μέγιστη έκταση του ισχίου γίνεται ταυτόχρονα με την μέγιστη κάμψη της ΠΔΚ και αντίστροφα, ενώ η κάμψη – έκταση του γόνατος γίνεται ταυτόχρονα με την κίνηση κάμψης (οπίσθια κίνηση πλατφόρμας) – έκτασης της ΠΔΚ (πρόσθιας κίνησης πλατφόρμας) της ΠΔΚ.
2. Όταν η συχνότητα ταλάντευσης μειώνεται (0,19Hz), α) ακινητοποιείται η άρθρωση της ΠΔΚ, του ισχίου και του γόνατος διότι η γωνιακή κίνησή της είναι μικρού εύρους και β) τα άτομα περιστρέφουν τον κορμό και το σώμα λειτουργεί σαν εκκρεμές.

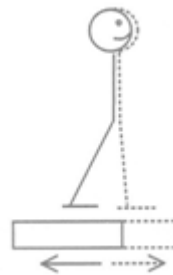
5.2.1. ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΑΣΕΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ

Οι αρθρώσεις κινούνται μεταξύ τους αλλάζοντας τη γωνιακή τους κίνηση ανάλογα με το εύρος και τη συχνότητα ταλάντευσης της πλατφόρμας στήριξης και άσχετα με το αν υπάρχει ή όχι κινούμενος οπτικός στόχος.

Γενικά ισχύει ότι το εύρος κίνησης της ΠΔΚ παραμένει αμετάβλητο σε οποιαδήποτε αλλαγή συχνότητας ταλάντευσης, και αυτό επειδή το πέλμα διατηρείται σε συνεχή επαφή (σταθερό) σε σχέση με την επιφάνεια στήριξης (κινούμενη πλατφόρμα) (Ko et al., 2001).

Εικονικά παρουσιάζονται οι εξής συσχετίσεις:

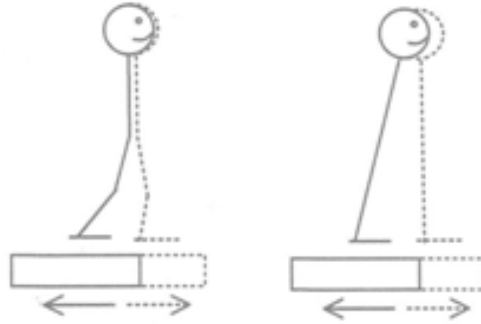
- ΣΧΕΣΗ ΠΔΚ-ΙΣΧΙΟΥ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ. Όπου παρατηρείται ότι η μέγιστη έκταση ισχίου συμβαίνει ταυτόχρονα με τη μέγιστη κάμψη τη ΠΔΚ και αντίστροφα ανεξαρτήτως συχνότητας ταλάντευσης (Εικόνα 28).



Εικόνα 28. Σχέση ΠΔΚ- Ισχίου πάνω στην πλατφόρμα κατά τη στρατηγική του ισχίου

(Τροποποιημένο από Ko Y.-G., Challis J. H. & Newell K. M., 2001)

- ΣΧΕΣΗ ΠΔΚ-ΓΟΝΑΤΟΣ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ. Παρατηρείται ότι η κίνηση κάμψης αλλά και έκτασης του γόνατος συμβαίνει ταυτόχρονα με την κίνηση κάμψης και έκτασης της ΠΔΚ. Η σχέση αυτή ωστόσο μειώνεται όταν η συχνότητας ταλάντευσης της πλατφόρμας ήταν υψηλή (Donker et al., 2007; Welch & Ting, 2009) (Εικόνα 29).



Εικόνα 29. Σχέση ΠΔΚ-Γόνατος πάνω στην πλατφόρμα κατά τη στρατηγική ΠΔΚ και Γόνατος
(Τροποποιημένο από Κο Υ.-G., Challis J. H. & Newell K. M., 2001)

5.2.2. ΣΧΕΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΤΙΚΟ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟ

Εάν μια διακριτική διαταραχή εφαρμοστεί στην επιφάνεια στήριξης ή σε ένα τμήμα του σώματος το άτομο μπορεί γρήγορα να επανέλθει σε μια σταθερή ορθή θέση. Ωστόσο, καθώς η πλατφόρμα αρχίζει να μετατοπίζεται εντονότερα σε μια προσθοπίσθια κατεύθυνση το σταθερό ακίνητο σημείο γίνεται ασταθές με αποτέλεσμα να ενεργοποιούνται όλα τα τμήματα των ορθοστατικών μυών. Ο στατικός λοιπόν συντονισμός έχει να κάνει με πολλές ιδιότητες και πολλούς περιορισμούς της κίνησης.

Τα ερευνητικά αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι η κίνηση του γόνατος, η ενεργοποίηση του γαστροκνημίου και υποκνημιδίου μυός είναι πολύ σημαντική στον έλεγχο της σταθερότητας και ιδίως όταν υπάρχουν υψηλές συχνότητες ταλάντευσης. Φαίνεται ότι η άρθρωση του γόνατος έχει τον κύριο ρόλο στην αντιστάθμιση των παθητικών εξωτερικών δυνάμεων μέσα από τη λειτουργία κάμψης και έκτασής τους.

Ο Bardy et al. (1999) υποστήριξαν ότι η κίνηση της ΠΔΚ και του ισχίου που οφείλεται στην ενεργοποίηση των αντίστοιχων μυών δίνει πολύτιμες πληροφορίες για την εκτίμηση όλων των μορφών στατικού συντονισμού. Συνεπώς, θεωρείται δεδομένο πλέον, ότι το στατικό σύστημα σταδιακά εκμεταλλεύεται τα ποσοστά ελευθερίας των αρθρώσεων συντονίζοντας τη

μυϊκή δράση ώστε να διασφαλίσει τη στατική σταθερότητα σαν αντίδραση στις αλλαγές της επιφάνειας στήριξης (Ko et al., 2001).

5.2.3. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ – (ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ)

Όταν τα μάτια είναι κλειστά και απαιτείται ακινητοποίηση του σώματος σε ήρεμη όρθια στάση πάνω σε μια υποστηρικτική επιφάνεια, οι προπαρασκευαστικές στατικές αντιδράσεις και κατ' επέκταση οι στρατηγικές παρουσιάζονται αυξημένες. Η σημαντικότερη σχέση που βρέθηκε ανάμεσα στην όραση και στη συχνότητα ταλάντευσης της υποστηρικτικής επιφάνειας ή της συχνότητας διατάραξης ήταν εκείνης στην οποία αποδείχτηκε ότι: Για οποιαδήποτε οπτική κατάσταση δηλαδή αν τα μάτια είναι ανοιχτά ή κλειστά βρέθηκε μικρή αλλά σημαντική διαφορά στη σχέση ΠΔΚ- πλατφόρμας, ενώ καμιά διαφορά δεν παρατηρήθηκε στη σχέση ΠΔΚ-ισχίου και οπτικής κατάστασης. Ωστόσο, με τη ύπαρξη όρασης η ενδοαρθρική σταθερότητα αυξάνεται ενώ χωρίς τη όραση μειώνεται. Έτσι, στην πρώτη κατάσταση τα αποτελέσματα είναι πιο σταθερά.

Επίσης, η όραση σε αυτές τις περιπτώσεις λειτουργεί και ως μεταφορέας δυνάμεων. Υπό κανονικές συνθήκες οι δυνάμεις από την πλατφόρμα αρχικά διασπείρονται στα ισχία-ΠΔΚ και γόνατα και εν συνεχεία πηγαίνουν στον κορμό και την κεφαλή. Ωστόσο, ένα μέρος από αυτές χάνεται όταν ο ενδαρθρικός συντονισμός δεν είναι καλός. Εδώ έρχονται οι οφθαλμοί και μεταφέρουν αυτές τις υπολειπόμενες δυνάμεις και έτσι αντισταθμίζεται οποιαδήποτε κίνηση που τείνει να ωθήσει το σώμα προς πτώση. Σε περίπτωση απουσίας οπτικού ερεθίσματος (μάτια κλειστά) υπάρχει αργό λίκνισμα του κορμού και της κεφαλής πράγμα που επιβεβαιώνει ότι κάποιες δυνάμεις από τα ΚΑ δεν μπορούν να μεταφερθούν.

Εν κατακλείδι, το στατικό σύστημα, σταδιακά εκμεταλλεύεται τα ποσοστά ελευθερίας των αρθρώσεων για να διασφαλίσει στατική σταθερότητα σαν αντίδραση στις δυναμικές αλλαγές της επιφάνειας στήριξης. Σε μικρές συχνότητες ταλάντευσης τα ποσοστά ελευθερίας των αρθρώσεων παραμένουν αμέτοχα ενώ στις γρήγορες συχνότητες ενεργοποιούνται και μας δίνουν τους τρεις ή και άλλους τέσσερις τύπους στρατηγικών (Bardy et al., 1999 βλ. Ko et al., 2001).

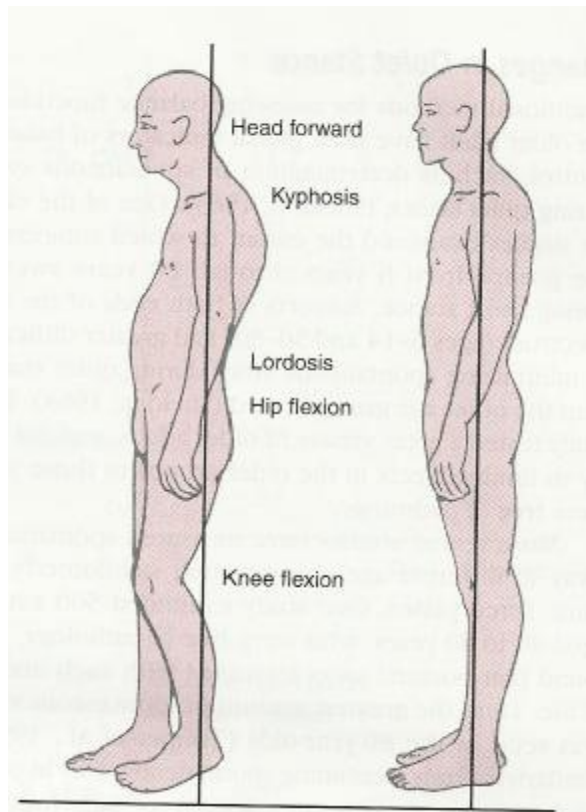
5.3. ΣΧΕΣΗ ΗΛΙΚΙΑΣ- ΦΥΛΟΥ ΚΑΙ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

Η κατά γενική παρατήρηση εμφάνιση των αντισταθμιστικών στρατηγικών ισορροπίας δεν ισχύει απόλυτα σε όλες τις φάσεις ανάπτυξης και ωρίμανσης του ανθρώπου και κατ' επέκταση διαφέρει (σύμφωνα με κάποιους ερευνητές) ή προσαρμόζεται ανάλογα με την ηλικία, το φύλο, το ύψος, το βάρος, το μέγεθος του πέλματος και τη δραστηριότητα (Emery et al., 2005).

Ο Riach & Hayes (1987) απέδειξαν ότι η σωματική ταλάντευση μειώνεται με την ηλικία με τα παιδιά να χρησιμοποιούν τις οπτικές πληροφορίες για τον έλεγχο της στάσης με διαφορετικό τρόπο από τους ενήλικες, έως ότου αρχίσουν να εμφανίζονται στα 7-8 χρόνια οι στρατηγικές ισορροπίας. Ωστόσο, άλλες έρευνες υποστηρίζουν ότι ο έλεγχος στήριξης αναπτύσσεται σε μεγαλύτερη ηλικία (Hirabayashi & Iwasaki, 1995 βλ. Greffou et al., 2008).

Πιο συγκεκριμένα η σχέση μεταξύ αισθητικοκινητικής-ισορροπιστικής αντίδρασης και επιλογής στρατηγικής ανάμεσα σε υγιείς νέους ενήλικες και υγιείς ηλικιωμένους έδειξε ότι: για ένα κοινό- συγκεκριμένο ερέθισμα διαταραχής της ισορροπίας επιλέγεται και χρησιμοποιείται από όλους η ίδια στρατηγική ανεξαρτήτως ηλικίας. Ωστόσο, η διαφορά βρίσκεται α) στον χρόνο αντίδρασης (δηλαδή, πόσο χρειάζεται ένας ηλικιωμένος και ένας νέος ενήλικας να εκδηλώσει μια στρατηγική από την στιγμή που θα εκτεθεί σε ένα αποσταθεροποιητικό ερέθισμα), όπου ο ηλικιωμένος θα καθυστερήσει να

εκδηλώσει τη στρατηγική ισορροπίας σε σχέση με τον νέο ενήλικα ο οποίος θα αντιδράσει γρηγορότερα άρα και αποτελεσματικότερα και β) στη διάρκεια αντίδρασης (δηλαδή, στο πόσο χρόνο θα διατηρήσουν οι ορθοστατικοί μύες τη συντονισμένη σύσπασή τους για να διατηρηθεί η ισορροπία), όπου οι ηλικιωμένοι λόγω μειωμένων αντανακλαστικών και συνεχώς επιδεινούμενων σωματοσυστηματικών και μυοσκελετικών λειτουργιών θα έχουν μειωμένο χρόνο έναρξης σύσπασης άρα και υποβάθμιση στη διάρκεια διατήρησης της ισορροπίας τους (Chandler et al., 1990; Kollegger et al., 1992; Maki et al., 1987; Ekdahl et al., 1989 βλ. Emery et al., 2005). Γενικότερα η αύξηση της ηλικίας οδηγεί σε σωστή επιλογή αλλά λανθασμένη και αργή χρήση των στατικών στρατηγικών με αποτέλεσμα οι ισορροπιστικές στατικές αντιδράσεις να εκδηλώνονται με αργές, δύσκαμπτες κινήσεις, με ευρεία βάση στήριξης (Wade & Jones, 1997). Ειδικότερα αυτό οφείλεται σε σημαντικές αλλαγές των αισθητικών συστημάτων οι οποίες επισυμβαίνουν έως την ηλικία των 50 ετών και ίσως επηρεάζουν τη στατική σταθερότητα και άρα μειώνουν την ικανότητα ισορροπίας (Εικόνα 30).



Εικόνα 30. Αλλαγές στην ευθυγράμμιση με το πέρασμα της ηλικίας
(Τροποποιημένο από Sumway-Cook A. & Woollacott M. H., 2007)

Επιπρόσθετα, σύμφωνα με κάποιους ερευνητές η επιλογή στρατηγικής και το στατικό λίκνισμα διαφέρουν σε «ορισμένα σημεία» ανάμεσα στα δυο φύλα. Με το πέρας της ηλικίας οι γυναίκες αυξάνουν σε διάρκεια το στατικό τους λίκνισμα, περισσότερο από τους άνδρες (Ekdhahl et al., 1989; Peeters et al., 1984; Mechling et al., 1986; Overstall et al., 1977 βλ. Emery et al., 2005; Overstall et al., 1977 βλ. Chandler et al., 1990). Αυτό οφείλεται στο χαμηλότερο κέντρο βάρους το οποίο βοηθάει στη διατήρηση της ισορροπίας (Bologun et al., 1997; Sumway-Cook et al., 1995 βλ. Emery et al., 2005; Ekdhahl et al., 1989 βλ. Emery et al., 2005). Ωστόσο, αν δοθεί ένα απρόσμενο αποστεθεροποιητικό ερέθισμα το οποίο αλλάζει τη βάση στήριξης, οι γυναίκες θα χάσουν γρηγορότερα τη σταθερότητά τους ενώ οι άνδρες θα την ανακτήσουν αμέσως. Οι γυναίκες χρειάζονται περισσότερο χρόνο να προσαρμοστούν αλλά διατηρούν την προσαρμογή αυτή πιο πολύ από τους άνδρες (Wolfson et al., 1994).

Ανάμεσα σε αγόρια και κορίτσια ηλικίας 5-15 ετών υποστηρίχτηκε πως το ύψος και το βάρος αυξάνουν την στατική ταλάντευση (Odenrick et al., 1984 βλ. Emery et al., 2005), καθώς επίσης και το αυξημένο μήκος πέλματος σχετίζεται με τη μεγαλύτερη ικανότητα ισορροπίας στο ίδιο ηλικιακό εύρος και στα δυο φύλα αμφοτέρω (Habib et al., 1998 βλ. Emery et al., 2005). Αντίθετα σε ασυμφωνία έρχεται η έρευνα των Peeters et al. (1984) & Ekdahl et al. (1989) (βλ. Emery et al., 2005) η οποία συμπεράναν ότι το ύψος και το βάρος δεν επηρεάζουν άμεσα την ισορροπία.

5.4. ΝΕΥΡΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

Οποιαδήποτε κίνηση ή μετατόπιση του περιβάλλοντος στο οπτικό πεδίο, όταν ο παρατηρητής είναι ακίνητος προκαλεί δυο ειδών αισθήσεις:

1. Την πραγματική αίσθηση κίνησης του σώματος σαν απάντηση στην οπτική ροή του ερεθίσματος (egomotion ή self-motion) και
2. Την υποκειμενική απατηλή αίσθηση κίνησης (σαν στατικό λίκνισμα) (vection).

Αυτές οι δυο αισθήσεις δεν είναι απαραίτητο να σχετίζονται άμεσα με την αντίληψη ή την συνείδηση ώστε να προκαλέσει την κατάλληλη στατική αντίδραση. Δηλαδή, υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις στατικές αντιδράσεις και τη διάρκειά τους σε ένα δοσμένο ερέθισμα συγκεκριμένης συχνότητας αλλά δεν υπάρχει διαφορά ως προς την νευρική οδό που ακολουθείται ή ως προς το πώς αντιλαμβάνεται αυτή τη διαδικασία ο εγκέφαλος ώστε να εμφανιστεί η αντίδραση αυτή.

Κατά άλλους (Schöner, 1991 βλ. Freitas Júnior & Barela, 2004), όταν υπάρχει ένα ερέθισμα συγκεκριμένου είδους, συχνότητας, μεγέθους και απόστασης από τον παρατηρητή το σύστημα στατικού ελέγχου διαμορφώνεται διαφορετικά. Αυτό που πριν αναλύθηκε ως egomotion ανάγεται σε self-motion όπου όλες οι οπτικές αλλαγές σχετίζονται με τον προσανατολισμό στο χώρο.

Με τη θέση των αντικειμένων και με την προηγούμενη γνώση της ταλάντευσης. Αντιθέτως αυτό που αναλύθηκε ωςvection ανάγεται σε μια object-motion σχέση μεταξύ παρατηρητή και κινούμενου περιβάλλοντος με σκοπό τον ρόλο της αντίληψης κίνησης της στατικής ισορροπίας (Freitas Júnior & Barela, 2004).

Ειδικότερα όταν υπάρχει κινούμενο ερέθισμα, ανεξαρτήτως είδους, συχνότητας και συναφών χαρακτηριστικών, ενεργοποιείται η περιοχή V5 του εγκεφάλου στον πλάγιο ινιακό φλοιό, η άνω κροταφική αύλακα, το πρόσθιο προσαγωγίο, ο βρεγματικός φλοιός (μιας και τα βρεγματικά συστήματα παίζουν σημαντικό ρόλο στην αντίληψη, στην ανάλυση και στον έλεγχο σχεδιασμένων πράξεων), τα αμύγδαλα, το οπίσθιο άκρο του οπτικού θαλάμου, ο πρόσθιος ραβδωτός φλοιός καθώς και η μέση κροταφική περιοχή V5 του πρωτεύοντα εγκεφάλου όπου προγραμματίζουν την οπτική κίνηση και ενεργοποιούν τον εγκέφαλο για την επικείμενη στατική αντίδραση.

Αυτές οι περιοχές δεν ενεργοποιούνται τυχαία. Απλά έχουν μεγαλύτερη σχέση με την ικανότητα αντίληψης της βιολογικής κίνησης. Έτσι ενώ η κίνηση του εξωτερικού περιβάλλοντος προκαλεί άμεση μεταβολή των περιοχών αυτών, η κίνηση ενός in vitro προσαρμοσμένου οπτικού περιβάλλοντος θα προκαλέσει την ίδια μεταβολή προκαλώντας στατικές αντιδράσεις μόνο όταν τα περιστρεφόμενα ή κινούμενα μέρη του τεχνητού περιβάλλοντος μετατοπίζονται με συχνότητα έως 0,6 Hz (Εικόνα 31).



Εικόνα 31. Όταν η συχνότητα μετακίνησης του τεχνητού περιβάλλοντος είναι συγκεκριμένη και προκαλεί ίδιες στατικές αντιδράσεις με αυτές που θα προκαλούνταν σε μια In vivo κατάσταση (Τροποποιημένο από Slobounov S., Wu T., Hallett M., Shibasaki H., Slobounov E. & Newell K., 2006)

Φαίνεται λοιπόν, ότι υπάρχουν δομές υποδοχής της οπτικής ροής όπου ο εγκέφαλος δίνει μεγαλύτερη σημασία για να πετύχει πιο εύκολες και πιο συντονισμένες στατικές αντιδράσεις, ενώ παράλληλα αυτές οι δομές (πχ. περιοχή V5) έχουν άμεση σχέση με την αντιληπτική ικανότητα του ατόμου. Έτσι είναι έκδηλο, ότι η επίδραση ενός κινούμενου οπτικού στόχου σχετίζεται και με την εστίαση της προσοχής μας σε επίπεδο συνειρμικό και αισθητικοκινητικό, πράγμα που κατευθύνει το εκάστοτε άτομο (είτε πρόκειται για την καθημερινή ζωή είτε για in vitro δοκιμασίες) στο να εστιάζει την προσοχή του και να αντιλαμβάνεται το τι συμβαίνει εσωτερικά ώστε να εκδηλώνει όλες τις απαραίτητες εξωτερικές αντιδράσεις (Summway-Cook & Woollacott, 2007).

Η οπτικοκινητική επεξεργασία που ευθύνεται (όπως αποδείχθηκε) για τον έλεγχο της στάσης και απαιτεί ενεργοποίηση πολλών εγκεφαλικών περιοχών, επιβεβαιώνεται και από άλλες έρευνες (Freitas Júnior & Barela, 2004; Slobounov et al., 2006; Greffou et al., 2008).

Ωστόσο, σημαντικό ρόλο παίζει και ο αριθμός των εισερχόμενων πληροφοριών. Όσο πιο πολλές πληροφορίες δέχεται και επεξεργάζεται το ανθρώπινο σύστημα τόσο πιο αυξημένος παρουσιάζεται και ο έλεγχος της στάσης. Γίνεται πιο σταθερός και πιο ευέλικτος. Σύμφωνα με τον Schmuckler (1997) οι πληροφορίες σε μια δοσμένη οπτική σκηνή επεξεργάζονται απλά και χάνονται όταν η οπτική σκηνή παύει να υπάρχει. Αντίθετα, σύμφωνα με τους (Greffou et al., 2008) οι πληροφορίες που λαμβάνονται από μια δοσμένη οπτική σκηνή δεν εξαφανίζονται αμέσως αλλά παραμένουν και γίνονται με τον καιρό επαναλαμβανόμενες εμπειρίες. Υπάρχουν δηλαδή αλλαγές στην οπτικοκινητική συμπεριφορά ανάλογα με τις πληροφορίες, το οπτικό περιβάλλον και το εγκεφαλικό δίκτυο. Αλλαγές που γίνονται στα πλαίσια μιας διαδικασίας που ονομάζεται «προσαρμοστική μάθηση» (Nashner, 1976 βλ. Jones, 2000; Greffou et al., 2008).

5.5. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Ανεξάρτητα με το εξωτερικό ερέθισμα αποσταθεροποίησης του σώματος, όλοι οι άνθρωποι χρησιμοποιούν τρεις (ή κατ' άλλους τέσσερις) στρατηγικές αντίδρασης. Τη στρατηγική της ποδοκνημικής, όταν μετά από προσθιοπίσθια διατάραξη το στατικό λίκνισμα παρουσιάζεται μικρό και κοντά στη μέση γραμμή του σώματος. Τη στρατηγική του γόνατος και τη στρατηγική του ισχίου, όταν η διατάραξη είναι μικρή και μακριά από τη μέση γραμμή. Κατά τις στρατηγικές το σώμα κινείται άλλοτε σαν εκρεμμές και άλλοτε τμηματικά, ενώ ενεργοποιούνται με συγκεκριμένη σειρά κάθε φορά οι κύριοι μύες τετρακέφαλος, κοιλιακοί, πρόσθιος κνημιαίος, γαστροκνήμιος και υποκνημίδιος. Επιπρόσθετα σημαντικό ρόλο στην έκλυση των στρατηγικών παίζει το επίπεδο σταθερότητας και κινητικότητας της βάσης στήριξης.

Κατά τις στρατηγικές διαπιστώνεται ότι ανάλογα με το αν αυξάνεται ή μειώνεται η συχνότητα ταλάντευσης της πλατφόρμας στήριξης, τα τμήματα της ποδοκνημικής, του ισχίου, του γόνατος και του κορμού σταθεροποιούνται είτε μεμονωμένα είτε σε ζεύγη μεταξύ τους, με σκοπό τη διατήρηση της ισορροπίας. Έτσι το στατικό σύστημα εκμεταλλεύεται τα ποσοστά ελευθερίας των αρθρώσεων συντονίζοντας την ενεργοποίηση των μυών ώστε να διασφαλιστεί επαρκώς η σταθερότητα.

Σημαντικός θεωρείται ο ρόλος της όρασης στην εμφάνιση των στρατηγικών ισορροπίας. Όταν τα μάτια είναι κλειστά παρατηρείται μεγαλύτερη στατική ταλάντευση και μεγαλύτερες προσαρμογές απ' ό,τι όταν είναι ανοιχτά. Σε συνθήκες όπου τα μάτια είναι κλειστά η στατική στρατηγική αλλάζει μόνο τη σχέση της ΠΔΚ με την πλατφόρμα στήριξης, ενώ δεν επηρεάζονται οι σχέσεις των υπόλοιπων αρθρώσεων. Κάτι τέτοιο οφείλεται στη μείωση της ενδοαρθρικής σταθερότητας όταν τα μάτια είναι κλειστά.

Το φύλο, η ηλικία, το ύψος, το βάρος και το μέγεθος του πέλματος, τα οποία σε συνδυασμό με τις αλλαγές που γίνονται με το πέρασμα της ηλικίας στα

αισθητικά συστήματα και την κατανομή της μυϊκής μάζας, επηρεάζουν την στατική σταθερότητα. Λόγω της επίδρασης των παραγόντων αυτών, ΗΜΓ μελέτες έδειξαν ότι ενεργοποιούνται συγκεκριμένες του εγκεφάλου (οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την αντίληψη), ώστε να παραχθεί κάθε φορά η κατάλληλη στρατηγική.

Τέλος σημαντικό ρόλο παίζει ο αριθμός των εισερχόμενων πληροφοριών όπου και πάλι οι γνώμες είναι διαφορετικές, καθώς μερικοί συμπεραίνουν ότι αφού αυτές οι πληροφορίες επεξεργασθούν χάνονται, ενώ κάποιοι άλλοι πιστεύουν ότι όχι απλά συνεχίζουν να υπάρχουν αλλά με τον καιρό μετατρέπονται σε επαναλαμβανόμενες εμπειρίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΟΙ ΜΥΕΣ

Στο ανθρώπινο σώμα συνολικά υπάρχουν περισσότεροι από 250 μύες (Μπαλτόπουλος, 1994; Loeb & Ghez, 2000). Οι λειτουργίες τους εξαρτώνται από το σχήμα, τη θέση και την κινητική κατάσταση του ατόμου (Sumway-Cook & Woollacott, 2007). Έτσι, κατά την όρθια στάση και την προσπάθεια διατήρησης της στατικής ισορροπίας ενεργοποιούνται οι κινητικές μονάδες των ορθοστατικών μυών σε συχνότητα και ένταση ανάλογη της προσπάθειας που εκτελείται καθώς και του τμήματος του σώματος που χρησιμοποιείται περισσότερο για τη διατήρηση της στάσης. Η οποιαδήποτε δηλαδή αλλαγή στο μήκος και την ταχύτητα του μυ προκαλεί και κίνηση στις αντίστοιχες αρθρώσεις. Αυτή η κίνηση των αρθρώσεων παράγει μια στιγμιαία αλλαγή της δύναμης του μυ χωρίς να μεταβάλλει την ενεργοποίησή του. Έτσι φαίνεται ότι υπάρχει μια μικρή ταλάντευση αλλά στην πραγματικότητα ο έλεγχος της στάσης δεν χάνεται καθώς το νευρικό σύστημα χρησιμοποιεί τις παραπάνω μυϊκές και αρθρικές ιδιότητες για να αντισταθεί σε απροσδόκητες διαταραχές.

Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνεται υπ όψη το ότι επειδή οι μύες είναι ενεργοί ακόμα και στην απόλυτη κατάσταση ηρεμίας δίνεται η δυνατότητα εκμετάλλευσης της ταχοδυναμικής τους σχέσης ώστε όλες οι μεταβολές που θα γίνουν στη δύναμη των μυών να είναι αρκετά ισχυρές και προς την κατεύθυνση που απαιτείται για να διατηρηθεί η ισορροπία. Από το σύνολο των μυών αυτών οι οποίοι όπως δείχνει ο Πίνακας 2 στο παράρτημα βρίσκονται κατά ομάδες στον αυχένα, τον κορμό, τα άνω άκρα και τα κάτω άκρα, εκείνοι που ενεργοποιούνται και έχουν μελετηθεί περισσότερο είναι οι μύες του αυχένα για τον έλεγχο της στροφής της κεφαλής κατά την ώρα που περνά ένας κινούμενος στόχος, οι μύες του κορμού και ιδίως οι ιερονωταίοι και ο εγκάρσιος κοιλιακός για τη διατήρηση του κορμού όρθιου κατά την προσθοπίσθια ή πλάγια ταλάντευση, και οι μύες της ΠΔΚ (π.χ. γαστροκνήμιος και υποκνημίδιος) και του γόνατος για τον έλεγχο της διατήρησης ισορροπίας μέσω αλλαγής της βάσης στήριξης (Di Giulio et al., 2009).

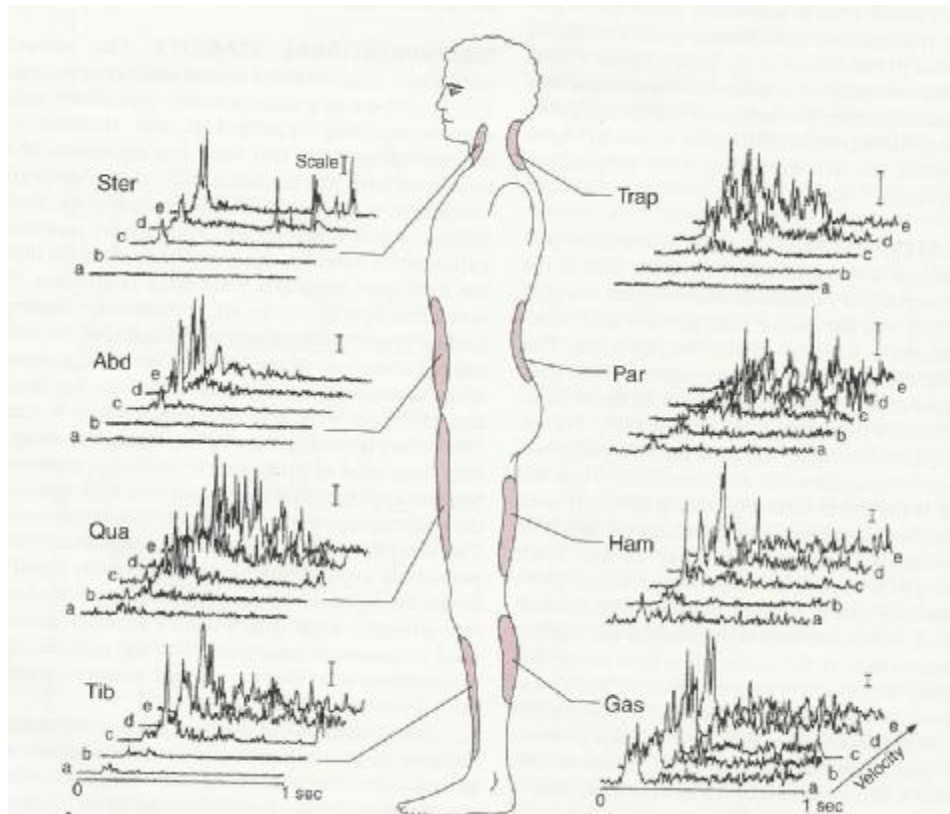
6.1. ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ

Σύμφωνα με τη «θεωρία των συστημάτων», όταν λαμβάνουν χώρα οι διάφορες μεταβατικές φάσεις ανάπτυξης του ανθρώπου ένα ή περισσότερα από τα αισθητικά συστήματα ωριμάζουν. Κάτι τέτοιο οφείλεται στην διαδραστική λειτουργία πολλαπλών νευρικών και βιομηχανικών συστατικών μέσω των οποίων αναπτύσσονται οι ανεξάρτητες ανθρώπινες στάσεις (Greffou et al., 2008).

Η όποια ταλάντευση του σώματος πέρα από την κάθετη θέση πρέπει να αναγνωριστεί από το ορθοστατικό σύστημα και να γίνουν οι απαραίτητες αντισταθμιστικές μυϊκές προσαρμογές, διαφορετικά χάνεται η ισορροπία (Lee & Aronson, 1974). Η μέτρηση αυτών των μυϊκών προσαρμογών, η ενεργοποίηση δηλαδή των ορθοστατικών μυών γίνεται συνήθως με τη χρήση ΗΜΓ καταγραφών, καθώς ο εγκέφαλος λαμβάνει τις απαραίτητες ιδιοδεκτικές πληροφορίες από την ενεργοποίηση της μυϊκής ατράκτου και του τενόντιου οργάνου Golgi (Di Giulio et al., 2009).

Έτσι, ηλεκτρόδια τοποθετούνται στις περιοχές έκφυσης και κατάφυσης των ορθοστατικών μυών, στις επί πολλής και εν τω βάθι στιβάδες τους, ετερόπλευρα και αμφοτερόπλευρα καταγράφονται συνεχώς δυναμικές μυϊκές δράσεις (Εικόνα 32). Ο Nashner (1976, 1977, 1981, βλ. Duncan et al., 1990; Shumway-Cook & Woollacott, 2007) και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν ταυτόχρονη ηλεκτρομυογραφική ανάλυση και διαταραχή της επιφάνειας στήριξης ώστε να μελετηθεί το ποσοστό συμμετοχής και ενεργοποίησης των ορθοστατικών μυών την ώρα που εκδηλώνεται κάθε μια από της προαναφερθείσες στρατηγικές για τη διατήρηση του στατικού ελέγχου. Για παράδειγμα, βρέθηκε ότι η στρατηγική της ΠΔΚ χαρακτηρίζεται από συνεργικές οργανωμένες μυϊκές αντιδράσεις, οι οποίες σε μια οπίσθια ταλάντευση μεταφράζονται σε σταδιακή σύσπαση της ΠΔΚ και του

τετρακέφαλου μύς από την περιφέρεια προς το κέντρο (Nashner, 1985 βλ. Johnson S. & Leck K., 2010).



Εικόνα 32. Ηλεκτρομυογραφικές μυϊκές αποκρίσεις
(Τροποποιημένο από Sumway-Cook A. & Woollacott M. H., 2007)

Οι περιστροφές και οι μετατοπίσεις της επιφάνειας στήριξης που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μυϊκή ενεργοποίηση προκαλούν αντίθετες αλλαγές τόσο στις γωνίες των αρθρώσεων όσο και στη μετατόπιση του Com (Carpenter et al., 1999).

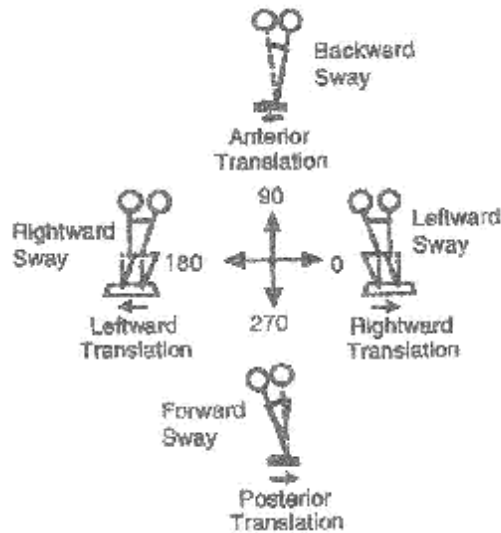
6.2. ΜΥΪΚΕΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΕΣ

Από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθούν τα κατιόντα κινητικά μονοπάτια για την εκτέλεση μιας στατικής ή κινητικής πράξης, η πρώτη εμφανής αντίδραση αυτής της ενεργοποίησης θα είναι η συγχρονισμένη μυϊκή σύσπαση. Ωστόσο, από όσο γνωρίζουμε ο συγχρονισμός από των κινητικών μονάδων

κατά την ήρεμη στάση έχει μελετηθεί και καταγραφεί μόνο μεταξύ αμφοτερόπλευρων γαστροκνημίων μυών (Gibbs et al., 1995 βλ. Mochizuki G., et al., 2005) και μόνο για προσθοπίσθια κατεύθυνσης διαταράξεις. Αντιθέτως, πολλά περισσότερα στοιχεία συγχρονισμού έχουν αναφερθεί κατά τη διάρκεια βάδισης και ισομετρικών συσπάσεων. Όσο αφορά όμως την ήπια στάση ως λειτουργία που απαιτεί αμφοτερόπλευρη ενεργοποίηση των πελματιαίων καμπτήρων της ΠΔΚ (Winter et al., 1998 βλ. Mochizuki et al., 2005), για την προσθοπίσθια ταλάντευση και την αμφοτερόπλευρη ενεργοποίηση των προσαγωγών και απαγωγών του ισχίου (πλευρική ταλάντευση) (Mochizuki G., Ivanova & Garland, 2005), φαίνεται ότι μέσω της συχνότητας και της έντασης συγχρονισμού αυτών, το ΚΝΣ προσαρμόζει το Cop ως αντίδραση στις αλλαγές του Com (Winter et al., 1990 βλ. Mochizuki et al., 2005) για τη διατήρηση της όρθιας στάσης. Ταυτόχρονα στα παραπάνω (διατήρηση Cop) φαίνεται ότι συμβάλει και η μυϊκή δραστηριότητα του υποκνημιδίου μυός (Masani et al., 2003 βλ. Mochizuki et al., 2005) και του γαστροκνημίου μυός (Gatev et al., 1999 βλ. Mochizuki et al., 2005; Di Giulio et al., 2009) με τον πρώτο να παίζει κυρίαρχο ρόλο στην προσαρμογή του Cop, επειδή ο δεύτερος είναι λιγότερο ενεργός κατά την διάρκεια της στάσης (Duysens et al., 1991 βλ. Mochizuki et al., 2005). Ο ισχυρότερος λοιπόν ρόλος του υποκνημιδίου μυός οφείλεται στον τύπο μυϊκών ινών του καθώς αποτελείται κατ' αποκλειστικότητα από ίνες τύπου I (80%) σε σχέση με τον γαστροκνήμιο μυ όπου οι ίνες τύπου I ανέρχονται μόνο στο 57% (Gollnick et al., 1974 βλ. Mochizuki et al., 2005) και κατ' επέκταση στον υψηλού ρυθμού συγχρονισμό (89%) στα ζεύγη κινητικών μονάδων του (Nielsen & Kagamihara, 1994 βλ. Mochizuki et al., 2005). Τέλος, ο συγχρονισμός των κινητικών μονάδων έχει αποδειχθεί ότι αυξάνεται κατά τη διάρκεια δυσκολότερων στατικών ενεργειών όπως αυτές που απαιτούν μικρή βάση στήριξης, αυξημένη συγκέντρωση σε μια ενέργεια ή στατικό έλεγχο με τα μάτια κλειστά (Schmied et al., 2000 βλ. Mochizuki et al., 2005; Shamway-Cooc

& Woollacott, 2007) με ελάχιστες έρευνες να ισχυρίζονται το αντίθετο αλλά χωρίς να είναι αξιόπιστες διότι το ερευνητικό μοντέλο τους αποτελείται από μετρήσεις από συνθήκες ισορροπίας πάνω σε πλατφόρμα ευρείας βάσης στήριξης.

Η παραπάνω ισχυρή συμμετοχή του υποκνημιδίου στη διατήρηση στατικής ισορροπίας υποστηρίζεται από ηλεκτρομυογραφική ανάλυσή του Kasai & Kawai (1994). Ανάλογα με το επίπεδο κλίσης μιας πλατφόρμας στήριξης οι προπαρασκευαστικές στατικές αντιδράσεις αυξομειώνονται. Έτσι στην ηλεκτρομυογραφική ανάλυση καταγράφεται μεγαλύτερη μυϊκή δραστηριότητα στους πρωταγωνιστές μύες κάθε μιας από της στρατηγικής που επιλέγεται. Σε επίπεδο ανηφορικής κλίσης ο υποκνημίδιος μυς μαζί με τον πρόσθιο κνημιαίο μυ ενεργοποιούνται τάχιστα και περισσότερο από άλλους ορθοστατικούς μύες. Σε επίπεδο κατηφορικής κλίσης ο υποκνημίδιος δεν συμμετέχει τόσο καθώς αποφορτίζεται από την εκούσια προς τα πίσω κίνηση που προκαλείται στο σώμα, ενώ ακόμα περισσότερο αδρανής εμφανίζεται ο πρόσθιος κνημιαίος μόνο μετά από μία περίοδο ηρεμίας 40 msec. Μετά την μειωμένη δράση του υποκνημιδίου. Επίσης στην κατηφορική κλίση της πλατφόρμας καθυστερήσεις στη συμμετοχή καταγράφονται σε ορθό μηριαίο και δικέφαλο μηριαίο σε σχέση με την μεγάλη ενεργό τους δράση στην ανηφορική κλίση. Γενικότερα λοιπόν μπορούμε να πούμε με σιγουριά ότι κατ' αποκλειστικότητα μόνο ο γαστροκνήμιος και ο υποκνημίδιος μυς αποτελούν την πηγή της ιδιοδεκτικής πληροφόρησης σηματοδοτώντας τις αλλαγές στη θέση ΚΒ του σώματος (Εικόνα 33).



Εικόνα 33. Συμμετοχές των κυριότερων ορθοστατικών μυών σε πρόσθια και οπίσθια κλίση της πλατφόρμας

(Τροποποιημένο από Henry W. M., Fung J. & Horak F. B., 1998)

6.3. ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΟΡΘΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΜΥΩΝ

Η τοποθέτηση ΗΜΓ είναι ο πιο αξιόπιστος τρόπος καταγραφής και γνώσης της μυϊκής συμμετοχής. Έτσι, η τοποθέτηση ηλεκτροδίων δεν αφορά μόνο την επί πολλής αλλά και την εν τω βάθει στοιβάδα των μυών, την έκφυση και την κατάφυσή τους όπου αποδεικνύεται ότι ένας μυς δεν ενεργεί στην ίδια στάση ως σύνολο αλλά υπάρχει εκλεκτική επιστράτευση των στοιβάδων και των τμημάτων του ανάλογα με τον ρόλο του στην εκάστοτε σωματική ενέργεια.

Το πώς ο εγκέφαλος λαμβάνει την απαραίτητη ιδιοδεκτική πληροφορία για να σταθεροποιήσει το σώμα, εξαρτάται από τη δράση της μυϊκής ατράκτου και του τενόντιου οργάνου Golgi μέσω της πληροφορίας που δίνει το μυοτατικό αντανακλαστικό όταν περιστρέφεται η ΠΔΚ (νευρική αλλαγή). Κατά την περιστροφή της ΠΔΚ αλλάζει το μήκος του μυός της γαστροκνημίας και ενεργοποιείται ο αχίλλειος τένοντας, ο οποίος σταθμίζει την τάση για λίκνισμα και διατηρεί την ισορροπία (μηχανική αλλαγή) (Di Giulio et al., 2009).

Έτσι, μέσω των προσαρμογών των μυών του ΚΝΣ διευκολύνεται στο να ενεργοποιήσει έναν αυτογενή αμοιβαίο περιφερικό μηχανισμό ο οποίος συμβάλει καταλυτικά στη δράση ενός κεντρικού μηχανισμού για την προσαρμογή της δραστηριότητας των ορθοστατικών μυών με συγκεκριμένη σειρά (Ko et al., 2001; Day & Guerraz, 2007; Welch & Ting, 2009).

Αναλυτικότερα :

α) *ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΘΕΣΗ ΚΒ*. Όταν το ΚΒ μετατοπίζεται προς τα εμπρός η σειρά προσαρμογής των ορθοστατικών μυών είναι: υποκνημίδιος → γαστροκνήμιος → πρόσθιος κνημιαίος.

Ο υποκνημίδιος προσαρμόζοταν πάντα λειτουργώντας ως αγωνιστής μυς κατά την πρόσθια μετατόπιση του σώματος. Ο γαστροκνήμιος προσαρμόζοταν στην μετατόπιση αυτήν ανάλογα με το αν αυξομειωνόταν το μήκος του ενώ ο πρόσθιος κνημιαίος προσαρμόζοταν αντίθετα (οι δυο στοιβάδες του πρόσθιου κνημιαίου λειτουργούσαν αντίθετα σε σχέση η μια με την άλλη).

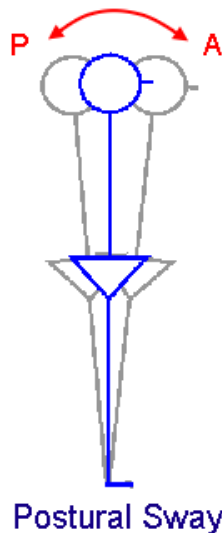
ΜΗΚΟΣ

—————=θέση σώματος

ΚΒ

β) *ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ*. Όσο οι σταθεροποιοί μύες προσαρμόζονται στη μετατόπιση τόσο μεγαλύτερη ιδιοδεκτική πληροφόρηση παρέχουν στο ΚΝΣ για τη παραγωγή της κατάλληλης στατικής αντίδρασης. Σύμφωνα λοιπόν με τις ηλεκτρομυογραφικές καταγραφές φαίνεται ότι ενώ ο υποκνημίδιος είναι ο πιο σημαντικός ιδιοδεκτικός μυς, η ιδιοδεκτικότητα για τη διατήρηση ισορροπίας προέρχεται και καταγράφεται κατ' αποκλειστικότητα από τον πρόσθιο κνημιαίο μυ (εν τω βάθει στοιβάδα).

γ) ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΤΑΤΙΚΟ ΛΙΚΝΙΣΜΑ. Όσο μεγαλύτερο είναι το ερέθισμα διατάραξης και αποσταθεροποίησης του σώματος, τόσο μεγαλύτερο είναι και το στατικό λίκνισμα, επομένως μεγαλύτερος είναι και ο ρόλος της ατράκτου για την καλύτερη καταγραφή της ιδιοδεκτικής πληροφορίας (Εικόνα 34).



Εικόνα 34. Προσαρμογές ανάλογα με το στατικό λίκνισμα

(Τροποποιημένο από <http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/Kines04/KINapplication/StandingPosture.htm>)

Σε αντίθεση όμως με τον προσθοπίσθιο στατικό έλεγχο από τους μύες της ΠΔΚ κατά την επίδραση ενός κινούμενου οπτικού στόχου στην ενεργοποίηση των ορθοστατικών μυών, ο πλάγιος έλεγχος της ισορροπίας γίνεται κυρίως από τους μύες του κορμού και του ισχίου. Συγκεκριμένα, οι πλάγιες κινήσεις που συμβαίνουν στην όρθια στάση (απόσταση ΠΔΚ > 8 cm) ξεκινούν με μια αντίθετη κίνηση αρχικά της κεφαλής σε σχέση με την ακολουθούμενη κίνηση ισχίων (απαγωγή του ενός ποδιού και προσαγωγή του άλλου) και στο τέλος την κίνηση της ΠΔΚ (Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

6.4. ΣΧΕΣΗ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΜΥΩΝ ΚΑΙ ΣΚΕΛΕΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΩΝ ΜΥΩΝ

Οι οφθαλμικοί μύες διαφέρουν από τους σκελετικούς με πολλούς τρόπους. Δεν υπάρχουν οπτικά διατακτικά αντανακλαστικά, παρότι οι εξωτερικοί μύες έχουν πλειάδα ατράκτου. Επίσης, δεν υπάρχουν ίνες βραδείας και ταχείας συστολής ενώ όλοι οι οπτικοί κινητικοί νευρώνες συμμετέχουν το ίδιο σε όλους τους τύπους οπτικών κινήσεων. Κανένας δηλαδή νευρώνας δεν ειδικεύεται αποκλειστικά σε κάποια συγκεκριμένη κίνηση. Ωστόσο, όπως οι σκελετικοί μύες έτσι και οι οφθαλμικοί έχουν μια σταθερή διαδοχική ενεργοποίηση. Ανεξάρτητα από το είδος κίνησης του οφθαλμού, στρατολογούνται μόνο ανάλογα με την τροχιά του. Για παράδειγμα, όσο πιο πλάγια κινείται το μάτι, τόσο πιο πολύ αποφορτίζονται οι απαγωγοί προκαλώντας τη σύσπαση περισσότερων ινών του έξω ορθού μυός.

6.5. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

Οι στατικές και ισορροπιστικές αντιδράσεις όπως αναλύθηκε προηγουμένως είναι αυτόματες απαντήσεις που διατηρούν το σώμα στην όρθια στάση καθώς επίσης διευκολύνουν τον προσανατολισμό της κεφαλής στο χώρο. Η σταθεροποίηση της κεφαλής στο χώρο για τον έλεγχο του βλέμματος είναι δυναμική και περιλαμβάνει την ευθυγράμμιση της κεφαλής ως προς το σώμα κατά τη διάρκεια κίνησης ώστε να διατηρηθεί το βλέμμα σταθερό.

Τα τονικά αυχενικά αντανακλαστικά βοηθούν στη σταθεροποίηση της κεφαλής στο χώρο μέσω μυϊκού συντονισμού του αυχένα του κορμού και των ΚΑ. Όταν η κεφαλή, ο κορμός ή τα άκρα περιστρέφονται, είτε μεταξύ τους είτε σε σχέση με το περιβάλλον (π.χ. όταν το άτομο βρίσκεται πάνω σε μια πλατφόρμα ισορροπίας η οποία περιστρέφεται) τότε προκαλούνται αυτόματες αντιδράσεις του σώματος πάνω στο σώμα. Βάση του βιομηχανικού σχεδιασμού κεφαλής- αυχένα μια δύναμη έντασης 2 ή 3 Hz είναι πιθανό να παράγει

ταλάντευση της κεφαλής. Για να διατηρηθεί σταθερό το βλέμμα, αυτή η ταλάντευση ρυθμίζεται από ένα αρνητικό αντανακλαστικό σύστημα, το αυχενικό το οποίο παράλληλα βοηθά τη σταθεροποίηση της κεφαλής. Η απαραίτητη ανατροφοδότηση για την ενεργοποίηση αυτού του αντανακλαστικού γίνεται από τις μυϊκές ατράκτους των αυχενικών μυών (Ghez & Krakauer, 2000; Bove et al., 2009).

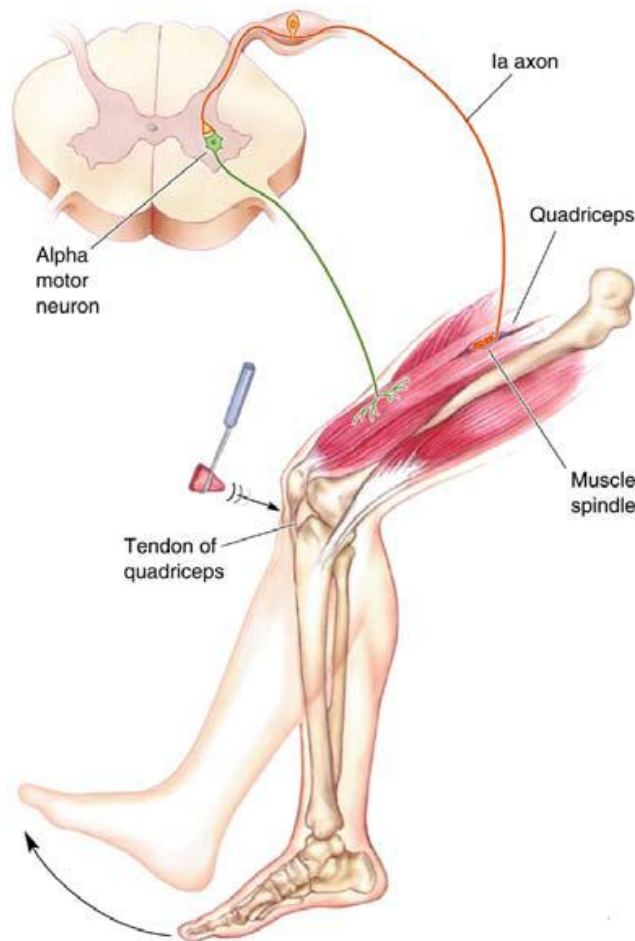
6.5.1. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΥΧΕΝΑ ΣΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

Οι μύες του αυχένα συμβάλουν με έναν ξεχωριστό τρόπο στη διατήρηση της ισορροπίας. Ενεργοποιούνται αντίστοιχα με τους ορθοστατικούς μύες των άκρων αλλά ο ρόλος τους είναι κατ' αποκλειστικότητα η ομαλή στήριξη της κεφαλής για τον επιτυχή συντονισμό των οφθαλμών με το υπόλοιπο σώμα. Μια σωστή ενεργοποίησή τους συνεπάγεται και η σωστή μεταφορά των οπτικών ερεθισμάτων στο ΚΝΣ άρα και σωστή αντίδραση διατήρησης του ΚΒ στη βάση στήριξης και κατ' επέκταση διατήρηση της στατικής ισορροπίας (Fitzpatrick et al., 1996 βλ. Maurer & Peterka, 2005). Ωστόσο, κατ' άλλους γενικά η σχέση τέτοιων feedback μηχανισμών στον στατικό έλεγχο είναι ακόμα υπό έρευνα διότι οι διορθωτικές ροπές που προέρχονται από αυτόν τον feedback έλεγχο είναι ανεπαρκείς για τη σταθεροποίηση του σώματος. Μεταβλητές που επηρεάζουν αυτήν την ομαλότητα μπορεί να είναι η παρουσία ή η απουσία οπτικής ανατροφοδότησης και η παρουσία ή η απουσία διαταραχής, στην πορεία των εισερχόμενων ιδιοδεκτικών ερεθισμάτων στους αυχενικούς μύες.

Οι μύες του αυχένα που ενεργοποιούνται είναι: τραπεζοειδής, ημικανθώδης και οι σπληνιοειδής ενεργώντας ως συνεργοί και αμφοτερόπλευρα. Συνήθως σε *in vitro* ενεργοποίηση (δόνηση) αυτών των μυών (Bove et al., 2009) φάνηκε ότι προκαλούν μια ταλάντευση του σώματος στην αντίθετη πλευρά από αυτή της δόνηση καθώς επίσης συνεργάζονται με το οπτικό σύστημα για να παράγουν τις κατάλληλες στατικές αντιδράσεις. Άρα

φαίνεται ξεκάθαρα ότι η όραση και η σχέση της με τις αλλαγές στα ιδιοδεκτικά ερεθίσματα που καταγράφονται από τους μύες των αυχένα επιδρούν κατάλληλα στη στάση. Εδώ είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ο ρόλος της όρασης αρχίζει να παρουσιάζεται διττός και αλλιώς λειτουργεί όταν η στάση επεξεργάζεται αποκλειστικά από το ΚΝΣ (προ ιδιοδεκτικότητα) (Wade & Jones, 1997) και αλλιώς όταν η στάση επεξεργάζεται από το μυϊκό σύστημα καταγραφής.

Τα αποτελέσματα των περισσότερων ερευνών λοιπόν, συμφωνούν στο ότι οι άνθρωποι χρησιμοποιούν ένα σύνολο feedback πληροφοριών ως αντίδραση σε μεγάλο εύρους και συχνότητας στατικές διαταραχές, χρησιμοποιώντας παράλληλα διαφορετικές κινηματικές στρατηγικές. Ανάλογα με τις τροποποιημένες feedback πληροφορίες από το οπτικό σύστημα, το ΚΝΣ καθυστερεί ή επιταχύνει τη φάση μετάδοσης αυτών των πληροφοριών στο μυοτατικό αντανακλαστικό (Εικόνα 35) με αποτέλεσμα να καθυστερεί ή να επιταχύνεται αντίστοιχα η μυϊκή ενέργεια και να προλαμβάνονται οι ομαλές αλλαγές στις γωνίες και στις ροπές των αρθρώσεων (Allum et al., 2005 & Horak et al., 1996 βλ. Welch & Ting, 2009).



Εικόνα 35. Οι ανατροφοδοτικές πληροφορίες από το οπτικό σύστημα ρυθμίζουν το μυοτατικό αντανακλαστικό

(Τροποποιημένο από Νευροφυσιολογία και Αισθήσεις, Διάλεξη 14, Κίνηση από τον Νωτιαίο Μυελό)

6.6. ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΚΕΦΑΛΗΣ ΚΟΡΜΟΥ

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

Οι οφθαλμοί, η κεφαλή και τα άκρα αλληλεπιδρούν συντονισμένα όταν υπάρχει κάποιο οπτικό ερέθισμα όπως είναι ένας κινούμενος στόχος. Έτσι λοιπόν, όταν ο στόχος βρίσκεται στο κέντρο του οπτικού πεδίου εκλύεται κίνηση μόνο από τα μάτια ενώ όταν ο στόχος βρίσκεται στην περιφέρεια του οπτικού πεδίου εκλύεται ταυτόχρονη κίνηση των ματιών και της κεφαλής. Ή μάλλον φαίνεται ότι η κίνηση αυτή είναι ταυτόχρονη. Κινηματικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα μάτια επειδή έχουν μικρότερο λανθάνων χρόνο αντίδρασης

ξεκινούν πρώτα την κίνηση εντοπισμού του στόχου. Έτσι εστιάζουν σε αυτόν πολύ πριν το κεφάλι (Jones, 2000).

Αντίθετα με τις κινηματικές, οι ηλεκτρομυογραφικές μελέτες έδειξαν ότι η ενεργοποίηση των μυών της ΑΜΣΣ εμφανίζεται 20-40 ms πριν την ενεργοποίηση των μυών που ελέγχουν τις κινήσεις των ματιών. Όμως επειδή τα μάτια έχουν μικρότερη αδράνεια απ' ότι η κεφαλή θα κινηθούν πρώτα ακόμη κι όταν η νευρική ώση εμφανίζεται πρώτα στους μύες του αυχένα (Bove et al., 2009).

6.6.1. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΗΣ ΣΤΟΧΟΥ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ

Οι ερευνητές συμπέραναν ότι ο συντονισμός ματιών- κεφαλής δεν ελέγχεται από έναν μοναδικό και ενιαίο μηχανισμό, αλλά μάλλον προκύπτει από την αλληλεπίδραση αρκετών και διαφορετικών νευρικών μηχανισμών (Umphred, 2007).

Οι μηχανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν:

α) Έναν νευρικό μηχανισμό ο οποίος είναι υπεύθυνος να υποβοηθά την ικανότητα του να εντοπίζονται τα αντικείμενα όταν αυτά βρίσκονται στην περιφέρεια αλλά σε κοντινή απόσταση. Τότε ενεργοποιούνται μόνο τα μάτια.

- Μάτια= κοντινά αντικείμενα στο κέντρο του οπτικού πεδίου

β) Έναν δεύτερο μηχανισμό, ο οποίος βοηθά στο να εντοπίζονται αντικείμενα όταν αυτά βρίσκονται στην περιφέρεια αλλά σε μακρινή απόσταση. Τότε ενεργοποιούνται συνδυασμένες κινήσεις ματιών και κεφαλής.

- Μάτια- κεφαλή= αντικείμενα στην περιφέρεια και μακριά

γ) Έναν τρίτο μηχανισμό ο οποίος περιλαμβάνει και τον κορμό, εντοπίζει αντικείμενα όταν αυτά βρίσκονται στην περιφέρεια αλλά σε πολύ μακρινή απόσταση. Τότε ενεργοποιούνται ταυτόχρονα οι κινήσεις των ματιών, της κεφαλής και του κορμού.

- Μάτια- κεφαλή- κορμός= αντικείμενα στην περιφέρεια πάρα πολύ μακριά σε ακραίες θέσεις του οπτικού μας πεδίου

Η σχέση των μελών του σώματος εμφανίζεται εναλλακτική και μέσω δυο διαφορετικών μορφών αντίληψης, δηλαδή δυο διαφορετικών μορφών εσωτερικής αναπαράστασης της οπτικής πληροφορίας (Gurfinkel,1994 βλ. Jones, 2000). Η μια απορρέει από το αιθουσαίο σύστημα και έχει σαν πηγή αναφοράς και προβάλλει την πληροφορία με έναν τρόπο από πάνω προς τα κάτω (κεφάλι- κορμός- πόδια) και ο άλλος έχει σαν πηγή αναφοράς το έδαφος και προβάλλει την πληροφορία με μια σειρά από κάτω προς τα πάνω (πόδια- κορμός- κεφάλι).

6.6.2. ΝΕΥΡΙΚΗ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΣΤΟΧΟΥ

Έρευνες των Goldberg et al. έχουν δείξει ότι οι νευρώνες στον βρεγματικό φλοιό χρησιμοποιούν πληροφορίες σχετικά με την προβλεπόμενη κίνηση των ματιών και έτσι ενημερώνουν τις αντίστοιχες περιοχές στον εγκέφαλο οι οποίες εκπροσωπούν το οπτικό πεδίο. Οι νευρώνες δηλαδή προλαβαίνουν την διέγερση του αμφιβληστροειδή, την κατεύθυνση κίνησης των οφθαλμών και την αλλαγή μετατόπισης της πληροφορίας στις περιοχές που αντιπροσωπεύουν τον φλοιό.

Έτσι αυτοί οι νευρώνες στέλνουν την εξερχόμενη πληροφορία στους μύες του οφθαλμού δημιουργώντας ένα δυναμικό ενέργειας και σε συνεργασία με άλλες περιοχές του εγκεφάλου επαναχαρτογραφείται ο οπτικός κόσμος σε κάθε μια κίνηση του οφθαλμού. Τέλος, ο Fujii et al. (1998 βλ. Shumway-Cook & Woollacott, 2007), βρήκαν ότι υπάρχει μια περιοχή στον προκινητικό φλοιό η οποία συσχετίζει την κίνηση των ματιών με αυτή του χεριού και του αυχένα. Η περιοχή αυτή ενισχύει την υπόθεση ότι συντονίζονται οι κινήσεις των οφθαλμών με εκείνες άλλων μερών του σώματος, περιλαμβάνοντας και τον συντονισμό ματιού- χεριού.

6.7. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Τόσο η στατική όσο και η δυναμική ισορροπία μετρώνται με την εφαρμογή των τεστ. Βάση αυτών αξιολογείται η ισορροπιστική ικανότητα των ατόμων και να εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με τις αντιδράσεις του στατικού συστήματος.

Ουσιαστικά δεν είναι διαθέσιμο κανένα απλό τεστ ισορροπίας από δω το οποίο να καλύπτει επαρκώς όλες τις πτυχές και τις εκφάνσεις της ισορροπίας (Umphred, 2007).

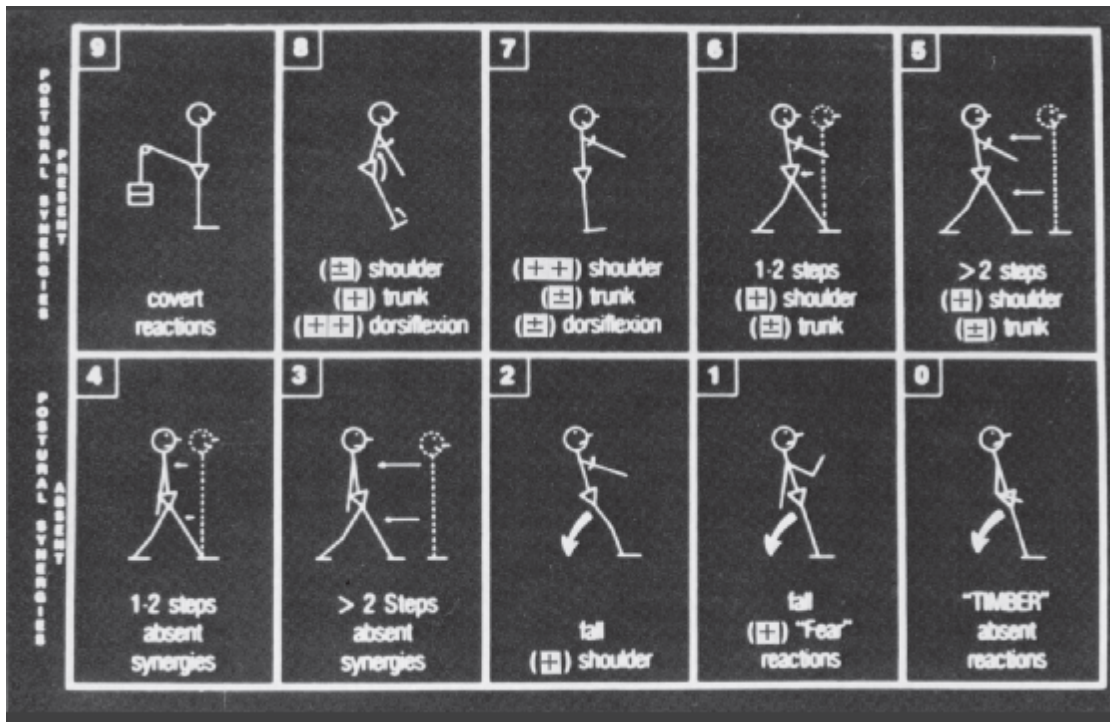
Συνεπώς:

1. Η στατική ισορροπία (ήρεμη στάση) ορίζεται με δοκιμασίες όπου ο δοκιμαζόμενος στέκεται και ο στόχος του είναι και παραμένει ακίνητος είτε υπάρχουν δυνάμεις διαταραχής της στάσης είτε όχι.
2. Οι δοκιμασίες δυναμικής ισορροπίας τοποθετούν τον ασθενή σε ακίνητη στατική θέση αλλά ο στόχος του είναι η εκούσια μετατόπισή του.
3. Τα τεστ αισθητικών ερεθισμάτων διατάραξης ισορροπίας (τα οποία είναι και αυτά που χρησιμοποιούνται και αφορούν την παρούσα εργασία) αποτελούνται από μια πλατφόρμα της οποίας η φορά, η κατεύθυνση και η ισχύς κίνησης μεταβάλλονται ανάλογα με τις οπτικές συνθήκες οι οποίες καθορίζουν το πόσο καλά τα ΚΝΣ χρησιμοποιεί τις αισθητικές πληροφορίες για να ελέγχει τη στάση.
4. Romberg Test. Είναι το πρώτο και πιο κλασικό τεστ που χρησιμοποιείται (κυρίως κλινικά) για την αξιολόγηση της ήρεμης στάσης. Ο δοκιμαζόμενος απλά στέκεται ακίνητος με τα πόδια παράλληλα ή ενωμένα ενώ κλείνει τα μάτια για 30 sec. Ο εξεταστής μετρά υποκειμενικά το ποσό του στατικού λικνίσματος ενώ αντικειμενικά μπορεί να το υπολογίσει με βιντεοσκόπηση της εξέτασης ή με τη χρήση δυναμοπλατφόρμας.

5. OLSST test. (Hoffman M. & Payne V. G, 1995) Δοκιμασία η οποία χρησιμοποιείται συχνά και ο δοκιμαζόμενος στέκεται ακίνητος στο ένα πόδι ενώ έχει τα χέρια του σταυρωμένα στο σώμα. Η δοκιμασία ολοκληρώνεται σε 10 sec και με αυτή καθορίζουμε κατά πόσο επιτυγχάνεται η σταθερότητα. Για να ορίσουμε την επίδραση της οπτικής ανατροφοδότησης στην έναρξη κάθε τεστ μπορεί να επαναληφτεί και με τα μάτια κλειστά.
6. Οι Bohannon et al. (1984) ανέπτυξαν και εφάρμοσαν μια σειρά από δοκιμασίες οι οποίες χρησιμοποιούνται σε όλες τις ερευνητικές μελέτες τις οποίες ανακτήσαμε στην διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας (Emery, 2005) και σκοπό είχαν με την εναλλακτική τοποθέτηση των άκρων να ελαχιστοποιηθεί η χρήση ανεξάρτητων στρατηγικών από τα άκρα καθώς και να μεγιστοποιηθεί η αντίδραση του ερεθίσματος. Στα τεστ αυτά οι δοκιμαζόμενοι τοποθετούσαν τα κάτω άκρα σε διάφορες θέσεις (χωριστά σε απόσταση, ενωμένα, παράλληλα, μονοποδικά, μπρος-πίσω) και η διαθεσιμότητα της οπτικής πληροφορίας (μάτια ανοιχτά ή μάτια κλειστά) παρήγαγε διαφορετικούς συνδυασμούς στατικής ισορροπίας.
7. Το MCT test (Motor Control Test). Είναι ένα υπολογιστικό τεστ που αφορά τις στατικές αντιδράσεις οι οποίες προκαλούνται σε διαταραχή της πλατφόρμας. Αυτή η μετατόπιση της πλατφόρμας μας δείχνει και την αντίστοιχη μετατόπιση της σχέσης του κέντρου βάρους με την επιφάνεια στήριξης. Θεωρείται το πιο αξιόπιστο τεστ για τις αυτόματες στατικές αντιδράσεις και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επεξεργαστούμε την στρατηγική του βηματισμού που χρησιμοποιείται όταν αποτυγχάνει η επιλογή της στρατηγικής του ισχίου (Shumway-Cook & Woollacoot, 2007).

8. Dynamic Posturography μετρά το χρόνο και το μέγεθος των επιφανειακών δυνάμεων που προκαλούνται από τις ελάχιστες διαταραχές ως αποτέλεσμα μιας αντισταθμιστικής επιφάνειας στήριξης καθώς και των ενεργειών των απτικών-ιδιοδεκτικών και οπτικών πληροφοριών. Ο προσδιορισμός αυτών των δυνάμεων παρέχει πληροφορίες για τις δυνατότητες των ατόμων να αντισταθμίζουν τις δυνάμεις διαταραχής καθώς και την ικανότητά τους να κάνουν συνδυασμούς αισθητικών πληροφοριών προκειμένου να παράγουν μια αποτελεσματική αντίδραση ισορροπίας (Wolfson et al., 1994).
9. Postural Stress Test (PST): Σκοπός του είναι η μέτρηση της ανθρώπινης ικανότητας να ανταπεξέρχεται σε μια σειρά εφαρμογής αποσταθεροποιητικών ερεθισμάτων-δυνάμεων ώστε να διατηρείται η ισορροπία. Συνήθως χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό τεστ και όχι ως κύριο για την διευκρίνιση των ισορροπιστικών αντιδράσεων (Wolfson et al., 1986 βλ. Duncan et al., 1990).

Το PST περιλαμβάνει ένα εκκρεμές (τροχαλία και 3 διαφορετικά βάρη) το οποίο ασκεί μια αποσταθεροποιητική δύναμη με κατεύθυνση το μετωπιαίο επίπεδο του δοκιμαζόμενου, ο οποίος δεν έχει οπτική επαφή με τον κινούμενο στόχο και επίσης στέκεται ακίνητος σε μια φυσιολογική, άνετη στάση (Εικόνα 36).



Εικόνα 36. Σχηματική απεικόνιση του PST

(Τροποποιημένο από Duncan P. W., Studenski S., Chandler J., Bloomfield R. & LaPointe L. K., 1990)

Χωρίς να υπάρχει δοκιμαστική προσπάθεια, υπάρχει λεκτικό feedback ως προειδοποίηση της επερχόμενης διαδικασίας και η μέτρηση γινόταν με τη χρήση μιας εννιαβάθμιας κλίμακας (score 9 πόντων) ανάλογα με το πόσο πολύ ή λίγο χρησιμοποιούν οι δοκιμαζόμενοι τις ισοροπιστικές στατικές στρατηγικές και επίσης κατά πόσο χρησιμοποιούνται οι αντιδράσεις επίδρασης της κεφαλής στον κορμό και το αντίστροφο.

Παρομοίως, η στατική ισορροπία μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας χρονομετρημένες ασκήσεις στάσης στο ένα πόδι (Ageberg et al., 2003 βλ. Johnson & Leck, 2010) έχοντας τα μάτια άλλοτε κλειστά και άλλοτε ανοιχτά ή χρησιμοποιώντας μια δυναμική πλατφόρμα για τη μέτρηση εφαρμογής στατικού λικνίσματος (Berg et al., 1992 βλ. Johnson & Leck, 2010).

10. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται δυο αντικειμενικές και μια υποκειμενική δοκιμασία (Berg Balance Scale) οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του επιπέδου ισορροπιστικής λειτουργίας. Berg Balance Scale: Αντικατοπτρίζει τη σφαιρική λειτουργία της ικανότητας ισορροπίας σε μια κλίμακα από 0-4 όπου 0= δεν μπορεί να εκτελέσει τη ζητούμενη δοκιμασία είτε είναι στατική είτε δυναμική και 9= εκτελεί κανονικά την οποιαδήποτε από τις 14 δοκιμασίες από το τεστ. Η εκτέλεση των δοκιμασιών γίνεται πάνω σε μια πλατφόρμα η οποία διαταράσσεται απότομα. Η κλίμακα Berg Balance ανατήχθηκε συγκεκριμένα για τη μέτρηση της ικανότητας λειτουργικής ισορροπίας κυρίως όμως στους ηλικιωμένους γι' αυτό υπάρχουν αντιφάσεις και αντιδράσεις ως προς αυτό το τεστ.
11. Ωστόσο, ο συνηθέστερος και πιο εύκολος τρόπος καταγραφής στατικών αντιδράσεων και προσπάθειας διατήρησης στατικής ισορροπίας είναι το ΗΜΓ.

ΗΜΓ καταγραφή στατικών προσαρμογών: Οποιοδήποτε τεστ και αν χρησιμοποιηθεί πάντοτε υπάρχει η εφαρμογή ηλεκτρομυογραφήματος ώστε να καταγράφονται λεπτομερώς και με ακρίβεια όλες οι αντιδράσεις στις αποσταθεροποιητικές δυνάμεις είτε χρησιμοποιείται πλατφόρμα, είτε κινούμενο δωμάτιο. Γενικότερα παρατηρήθηκε ότι με ηλεκτρόδια καταγραφής 50 Hz παράγεται αντίδραση των ορθοστατικών μυών (γαστροκνήμιο, δικέφαλο μηριαίο). Με κάθε τεστ γίνεται μια προσπάθεια αξιολόγησης διαφορετικών πτυχών και ισορροπιστικής ικανότητας και άλλοτε αποδεικνύεται ότι αυτά είναι αξιόπιστα και με ισχύ και άλλοτε όχι. Συνεπώς κάθε ερευνητής καλείτε ανάλογα με το αντικείμενο έρευνας να επιλέγει το κατάλληλο γι' αυτόν αλλά και για τους δοκιμαζόμενους τεστ.

12. Τέλος, υπάρχουν και κάποιες δοκιμασίες όπως το Nudgepush test το οποίο χρησιμοποιείται συχνά αλλά δεν είναι καθόλου αξιόπιστο (Riemann et al. 1999 βλ. Emery et al., 2005).

6.8. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Για τη διατήρηση της όρθιας στάσης και σύμφωνα με τη θεωρία των συστημάτων, μελέτες ηλεκτρομυογραφήματος και τρισδιάστατης ανάλυσης, οι ορθοστατικοί μύες των άκρων, του κορμού και του αυχένα, είναι αυτοί που ενεργοποιούνται με συγκεκριμένη ένταση και σειρά κάθε φορά, για τη διατήρηση της ισορροπίας. Οι μυϊκές συμμετοχές δείχνουν ότι περισσότερο στην ισορροπία μετέχει ο υποκνημίδιος και ο γαστροκνήμιος με μικρή συμμετοχή άλλοτε της εν τω βάθην και άλλοτε της επί πολλής στοιβάδας του πρόσθιου κνημιαίου. Αλλαγές στις μυϊκές συμμετοχές παρατηρήθηκαν κατά την ενεργοποίηση ξεχωριστά της έκφυσης και της κατάφυσης των μυών. Συνεπώς ανάλογα με το σημείο ερεθισμού του μυός, έχουμε και την ανάλογη αντίδραση, την ανάλογη δηλαδή ενεργοποίηση του μυοτατικού αντανακλαστικού.

Οι προσαρμογές των μυών γίνονται σε σχέση με τη θέση του κέντρου βάρους, σε σχέση με τη φύση της ιδιοδεκτικής πληροφόρησης και σε σχέση με το στατικό λίκνισμα. Αντίθετα με την ενεργοποίηση αυτή που γίνεται σε προσθοπίσθια ταλάντευση, όταν υπάρχει πλάγια ταλάντευση η ισορροπία ορίζεται και διατηρείται από τους μύες του κορμού και όχι των κάτω άκρων.

Ο ρόλος της όρασης είναι σημαντικός στις μυϊκές συμμετοχές όσο αφορά την συντονισμένη κίνηση της κεφαλής και του κορμού στην παρακολούθηση ενός κινούμενου στόχου. Οι μύες του αυχένα ευθύνονται για την κίνηση της κεφαλής στο χώρο και ενεργοποιούνται πριν την κίνηση των οφθαλμικών μυών. Ωστόσο στην πραγματικότητα τα μάτια είναι αυτά που στρέφονται πρώτα στην εντόπιση του στόχου λόγω της μικρής αδράνειάς τους. Σχεδόν όλοι οι ερευνητές συμπέραναν ότι ο συγχρονισμός ματιών – κεφαλής ελέγχεται από τρεις (και όχι από έναν όπως παλιά πίστευαν) νευρικούς μηχανισμούς. Νευρώνες στον βρεγματικό φλοιό χρησιμοποιούν πληροφορίες για τη διέγερση του αμφιβληστροειδή, την παραγωγή δυναμικών ενέργειας, την κατεύθυνση των οφθαλμών, τη διέγερση της προκινητικής περιοχής και τέλος την παραγωγή της

κατάλληλης αντίδρασης. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύονται και τεκμηριώνονται με δοκιμασίες ισορροπίας όπως το Postural Stress Test.







ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ

Η ανατροφοδότηση είναι ένας μηχανισμός του οργανισμού, ο οποίος συμπεριλαμβάνεται στα σύγχρονα ιεραρχικά μοντέλα κινητικού και στατικού ελέγχου. Χωρίζεται σε εσωτερική (feedback) και εξωτερική (feedforward) ενώ έχει σχέση με την αντίληψη, τη μνήμη και τη μάθηση. Συνήθως, σε όλες τις in vitro ερευνητικές εργασίες πριν από οποιαδήποτε διατάραξη της στάσης, είναι γνωστό από πριν το τι πρόκειται να συμβεί, και έτσι είναι πιο εύκολο να συντονιστούν τα κέντρα επεξεργασίας και παραγωγής κινητικών και στατικών αντιδράσεων, αλλά και να επιλεγεί η στρατηγική αντίδρασης ή ισορροπίας ανάλογα με την πληροφορία που έχει ληφθεί για την φύση της επερχόμενης διατάραξης. Έτσι, όταν το άτομο είναι προετοιμασμένο για ένα επερχόμενο εξωτερικό ερέθισμα αντιδρά γρηγορότερα, πιο συντονισμένα, δεν υπάρχει μεγάλο στατικό λίκνισμα και δεν χάνει εύκολα την ισορροπία του (Bobath, 2005).

Συνεπώς, ο feedback έλεγχος της στάση αναφέρεται στον στατικό έλεγχο που εμφανίζεται ως απάντηση σε αισθητικά ερεθίσματα (οπτικό, αιθουσαίο και σωματοαισθητικό) πριν την επενέργεια μιας εξωτερικής διαταραχής. Για παράδειγμα: Στατικός έλεγχος, ως απάντηση σε εξωτερική διατάραξη της ισορροπίας όπως όταν η πλατφόρμα κίνησης μετατοπίζεται.

Αντίστοιχα, ο feedforward έλεγχος αναφέρεται στις στατικές απαντήσεις οι οποίες γίνονται προπαρασκευαστικά, περιμένοντας (όπως περιγράφηκε και ανωτέρω) μια ηθελημένη κίνηση η οποία ενδεχομένως να είναι αποσταθεροποιητική. Σκοπός του έλεγχου αυτού είναι, να διατηρηθεί η σταθερότητα. Για παράδειγμα: Δράση αποσταθεροποιητικής δύναμης (F) σε άτομο το οποίο ισορροπεί σε πλατφόρμα (Εικόνα 37).

		VISUAL CONDITION		
		FIXED	EYES CLOSED	SWAY-REFERENCED
SUPPORT CONDITION	FIXED	1 	2 	3 
	SWAY-REFERENCED	4 	5 	6 

Εικόνα 37. Αποσταθεροποίηση του ατόμου όταν αλλάζει το είδος της ανατροφοδότησης (Τροποποιημένο από Wolfson L., Whipple R., Derby C. A., Amerman P. & Nashner L., 1994)

Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι τα EMΓ ευρήματα, για τη μυϊκή ενεργοποίηση, οι στατικές αντιδράσεις, το στατικό λίκνισμα και οι επιλογές στρατηγικής διατήρησης της ισορροπίας διαφέρουν όταν υπάρχει ανατροφοδότηση από όταν δεν υπάρχει. Γι' αυτό όλες οι έρευνες που αφορούν τη συγκεκριμένη εργασία και την επίδραση της οπτικής ανατροφοδότησης χρησιμοποιούν στον αριθμό δοκιμασιών εκ την οποία οι μισές εκτελούνται με οπτική και οι άλλες μισές χωρίς οπτική ανατροφοδότησης.

Το αποτέλεσμα είναι, ότι χρησιμοποιείται απαραίτητα η οπτική πληροφορία σχετικά με την τοποθεσία του ατόμου και τα αντικείμενα γύρω του με τη χρήση ενός feedforward τρόπου (περιφερική ανατροφοδότηση).

Ωστόσο, σε έρευνες οι Horak (1996) και Nashner (1981) (βλ. Freitas et al., 2004) παρατήρησαν ότι η περιφερική ανατροφοδότηση δεν είναι αναγκαίο να υπάρχει σε κάθε προσπάθεια εκτέλεσης κίνησης ή διατήρησης της ισορροπίας. Είναι απαραίτητη κατά τη διάρκεια εκτέλεσης σε κάθε φάση της κίνησης και κατά τη διάρκεια εκμάθησης μιας νέας κίνησης αλλά δεν είναι απαραίτητη όταν η κίνηση αυτή έχει μετατραπεί σε μαθημένη κινητική συμπεριφορά (Jones, 2000). Επίσης, αποτελέσματα από προσομοιωμένες ηλεκτρομυογραφικές καταγραφές επιβεβαιώνουν την υπόθεση ότι όλοι

χρησιμοποιούν τις ίδιες feedback αντιδράσεις σε όλες της συνθήκες διαταραχής της ισορροπίας ανεξαρτήτως με την μετατόπιση του Com καθώς και την μυϊκή ενεργοποίηση (Carpenter et al., 1999 βλ. Welch & Ting, 2009).

7.1. ΣΧΕΣΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΜΥΪΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Αντίθετα με τον παραπάνω ισχυρισμό η μυϊκή ενεργοποίηση εξαρτάται και αλληλεπιδρά ανάλογα με τις feedback πληροφορίες. Αναγνωρίζεται όμως γενικότερα και παρά τις διαφωνίες για το ρόλο της ανατροφοδότησης ότι το άτομο και τα χαρακτηριστικά του είναι αυτό που καθορίζει το πώς θα επεξεργαστεί τις ανατροφοδοτικές πληροφορίες και πως θα εμφανίζει τις διάφορες αντιδράσεις και στρατηγικές (Horak, 1996) γι' αυτό και κάθε έρευνα βγάζει διαφορετικά συμπεράσματα (Freitas Júnior & Barela, 2004; Chong et al., 1999 βλ. Welch & Ting, 2009).

Ένα απλό νευρομηχανικό μοντέλο που περιγράφει τις αισθητικοκινητικές αλλαγές μεταξύ διαταραχής της στάσης και μυϊκής δραστηριότητας περιγράφηκε από τους Welch & Ting (2008) και Lockhart & Ting (2007) ώστε να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι οι feedback πληροφορίες καθορίζουν το πώς η μετατόπιση του Com, η ταχύτητα και η επιτάχυνση θα επηρεάσουν διαφορετικά την μυϊκή ενεργοποίηση για τον έλεγχο της στάσης. Ο χρόνος λοιπόν που απαιτείται για την μυϊκή ενεργοποίηση έχει άμεση σχέση με τις αλλαγές στο Com, την ταχύτητα και τη θέση της τροχιάς των αρθρώσεων (Gottlieb et al., 1995).

Χωρίς την χρήση feedback βρέθηκε ότι δεν παρουσιάζονται αξιόλογες μυϊκές μεταβολές τόσο σε πειράματα που έγιναν σε ανθρώπους όσο και σε γάτες (Welch & Ting, 2008).

Ουσιαστικά πρόκειται για συντονισμένες μυϊκές συνέργιες οι οποίες εκδηλώνονται στο σωστό χρόνο και με τη σωστή ανατροφοδοτική διαδικασία.

7.2. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ

Η οπτική ανατροφοδότηση εκτός από τη γενικότερη λειτουργία του να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την επερχόμενη στατική ενέργεια, ειδικότερα σχετίζεται και με το ποσοστό συγκέντρωσης ή καλύτερα με η σχέση συγκέντρωσης και επεξεργασίας των εξωτερικών πληροφοριών. Ουσιαστικά δρα με έναν feedback τρόπο μέσα από τροποποιήσεις που κάνει ο αμφιβληστροειδής όταν μεταφερθεί σε αυτόν η αρχική οπτική αντίδραση (Day & Guerraz, 2007; Schöner, 1991 βλ. Freitas et al., 2004) για να διατηρήσει το σώμα στη σταθερή επιθυμητή θέση. Ανάλογα με τη δυσκολία της στατικής ενέργειας αυξάνεται και το επίπεδο ικανότητας συγκέντρωσης (είναι πιο δύσκολο να συγκεντρωθούμε σε πιο απαιτητικές στατικές δοκιμασίες όπως πχ η ισορρόπηση στο ένα πόδι ή όταν έχουμε τα μάτια κλειστά (Shumway-Cook & Woollacott, 2007; Donker et al., 2007). Συνακόλουθα αναφέρθηκε άμεση αλλαγή στο Cop (Roerdink et al., 2006) ενώ όσο πιο πολλές συνδυασμένες ενέργειες καλείται να φέρει εις πέρας ο ανθρώπινος οργανισμός τόσο πιο πολύ εμπλέκονται γνωστικές διεργασίες δημιουργώντας τη λεγόμενη «εσωτερική συγκέντρωση» (Andersson et al., 1998 βλ. Donker et al., 2007).

Έτσι, όταν αυξάνεται η δυσκολία διατήρησης της στάσης χωρίς οπτική ανατροφοδότηση το στατικό λίκνισμα είναι εντονότερο καθώς επίσης αυξάνεται και η τροχιά του Cop και έτσι η ισορροπία διαταράσσεται πιο εύκολα. Όταν όμως έχουμε οπτική ανατροφοδότηση το ποσό συγκέντρωσης που χρειάζεται δεν είναι το ίδιο αυξημένο οπότε η διατήρηση και ο έλεγχος της απόλυτης σταθερότητας αποδεικνύεται ότι εξαρτάται κατά πολύ από την οπτική ανατροφοδότηση (Jones, 2000).

7.2.1. ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΕΙΡΑ ΕΡΕΘΙΣΜΑΤΩΝ

Ποτέ στο φυσιολογικό κόσμο δεν υπάρχουν ερεθίσματα τα οποία δέχεται ο ανθρώπινος οργανισμός μεμονωμένα. Αντιθέτως, πληροφορίες με feedback

και feedforward τρόπο εναλλάσσονται στο στατικό και κινητικό σύστημα. Με μια πρώτη ματιά ίσως φαίνεται εύκολος ο διαχωρισμός feedback και feedforward μηχανισμών. Στην ουσία τα πράγματα είναι πιο περίπλοκα καθώς ο feedback μηχανισμός απαιτεί μια περιορισμένη διάρκεια κίνησης και καθυστέρηση στην οπτική μετάδοση πριν την έναρξη οποιασδήποτε διαδικασίας ενώ τέτοιες καθυστερήσεις δεν υπάρχουν σε feedforward διαδικασίες.

Σύμφωνα λοιπόν με τους Day & Guerraz (2007) συμπεραίνεται ότι όλες οι διαδικασίες που αφορούν τον feedforward μηχανισμό είναι πιο ευαίσθητες σε οπτικές πληροφορίες προ ερεθίσματος ενώ εκείνες που αφορούν το feedback μηχανισμό εξαρτώνται μόνο από οπτικές πληροφορίες που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια του ερεθίσματος. Έτσι παίζει σημαντικό ρόλο η διάρκεια εναλλαγής της αλληλουχίας αυτών των οπτικών ερεθισμάτων με απώτερο σκοπό την ελαχιστοποίηση μεγάλων μετατοπίσεων του KB και του Cop (Wade, 1997; Kollegger, 1992 βλ. Nichols et al., 1995) καθώς επίσης και την προσαρμογή.

Από την στιγμή που εκτιθέμεθα σε ένα οπτικό ερέθισμα, το ποσό της ανταπόκρισης του οργανισμού αρχικά είναι μικρό. Υπάρχει δηλαδή μια μικρή καθυστέρηση μέχρι να γίνει αντιληπτή η οπτική πληροφορία και να προσαρμοστεί η στάση (Peterka, 1995 βλ. Maurer & Peterka, 2005). Επίσης σε αυτό, σημαντικό ρόλο παίζει το αν αρχικά τα μάτια είναι κλειστά ή ανοιχτά. Εάν είναι ανοιχτά η ανατροφοδότηση είναι άμεση άρα και ο χρόνος αντίδρασης θα είναι συντομότερος σε σχέση με το αν τα μάτια είναι κλειστά. Σε περίπτωση λοιπόν, που δεν υπάρχει οπτική ανατροφοδότηση και οι αισθητικές συνθήκες αλλάζουν α) ο χρόνος αντίδρασης αυξάνεται για να μπορέσει να μειωθεί η δράση της οπτικής πληροφορίας και να έρθει ομαλά η ιδιοδεκτική διαταραχή (Slobounov et al., 2006; Goldie et al., 1994; Bohannon et al., 1984; Ekdahl et al., 1989; Goldie et al., 1992; Hahn et al., 1999; Stones et al. 1987; Bland et al., 1996; Goldie et al., 1989; Lee et al., 1975; Stribley et al., 1974, βλ. Emery et al., 2005) και β) το κάθε άτομο εξαρτάται από αιθουσαίες και σωματοαισθητικές

πληροφορίες με μόνη ανατροφοδότηση τη «γνώση» (Horak, 1996). Το παραπάνω ισχύει όχι μόνο για το τι οπτική κατάσταση επικρατεί κατά τη διάρκεια διαταραχής της στάσης αλλά και το τι οπτική κατάσταση επικρατούσε προ διαταραχής. Έτσι, ανάλογα με τις συνθήκες και την προηγούμενη γνώση ή προσδοκία για τις παραμέτρους μιας διαταραχής μπορούν να μεταβληθούν (Guerraz, 2001; Horak, 1989) οι διάφορες αντιδράσεις στις αντίστοιχες περιοχές του εγκεφάλου ως feedback μηχανισμοί.

7.3. ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Αρκετοί ερευνητές (Freitas Júnior & Barela., 2004; Slobounov et al., 2006; Bove et al., 2009) εξέτασαν τον ρόλο των οπτικών ερεθισμάτων στον στατικό έλεγχο και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η όραση δεν ελέγχει κατά αποκλειστικότητα τη στάση αλλά είναι αυτή που δημιουργεί και διατηρεί την ικανότητα της ισορροπίας.

Πολύ σημαντική είναι η γνώση του τι μπορεί να επισυμβεί στο σώμα και ένα όργανο-βοηθός για αυτή τη διαδικασία είναι οι οφθαλμοί. Όταν λοιπόν υπάρχει, οπτική ανατροφοδότηση (μάτια ανοιχτά) πριν την εφαρμογή δόνησης σε ένα δοσμένο περιβάλλον διατήρησης στατικής ισορροπίας, το στατικό λίκνισμα παρουσιάζεται μειωμένο. Η διαθέσιμη αυτή πληροφορία επιτρέπει στο ΚΝΣ να προσαρμοστεί και να οργανώσει καλύτερα τη χρονική σειρά ανάμεσα στην οπτική εισερχόμενη πληροφορία και την στατική αντίδραση. Επίσης, η οπτική ανατροφοδότηση επηρεάζει πολύ περισσότερο την στατική αντίδραση όταν συνδυάζεται με λεκτική- γνωστική ανατροφοδότηση (Freitas Júnior & Barela, 2004).

Όταν δεν υπάρχει οπτική ανατροφοδότηση (μάτια κλειστά) το στατικό λίκνισμα αυξάνεται και οι προπαρασκευαστικές αντιδράσεις αυξάνονται αντίστοιχα, με σκοπό να μειώνεται η τάση του σώματος για μετατόπιση προς τα εμπρός (Emery et al., 2005).

7.4. ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ

Υπάρχουν πολλοί τρόποι χειρισμού των αισθητικών μηνυμάτων. Έτσι, ανατροφοδότηση μπορεί να υπάρξει μέσω α) ερεθισμού και β) μέσω συνδυασμένων τεχνικών feedback ερεθισμού. Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 4) αναφέρει ακριβώς αυτούς τους τρόπους (Umphred, 2007).

Πίνακας 4. Τεχνικές ανατροφοδότησης

ΕΙΔΗ ΕΡΕΘΙΣΜΟΥ	ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ
1.Μυϊκή άτρακτος	1.Jamming
2.Ερεθισμός μέσω εφαρμογής αντίστασης	2.Βαλλιστική κίνηση
3.Χρήση taping	3.Εξωτερικός θόρυβος
4.Ηλεκτρικός ερεθισμός	4.Ακουστική βιοανατροφοδότηση
5.Δόνηση	5.Λεκτική ανατροφοδότηση

7.5. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Οι στατικές αντιδράσεις αλλά και η ενεργοποίηση των ορθοστατικών μυών αλλάζουν όταν υπάρχει ανατροφοδότηση. Υπάρχουν αρκετοί τρόποι και τεχνικές ανατροφοδότησης, αλλά εδώ γίνεται μία διάκριση feedback και feedforward μηχανισμών στατικού ελέγχου, ενώ επισημαίνεται η απαραίτητη χρησιμοποίηση της οπτικής πληροφορίας. Μέσω ηλεκτρομυογραφικών μελετών αποδείχθηκε ότι όλοι χρησιμοποιούν τις ίδιες αντιδράσεις σε ανατροφοδοτικά ερεθίσματα διατάραξης της ισορροπίας. Περισσότερο σημαντικός είναι ο μηχανισμός feedback παρά ο feedforward.

Η ύπαρξη οπτικής ανατροφοδότησης επηρεάζει και καθορίζει τις αλλαγές στο κέντρο μάζας (Com), την ταχύτητα και την επιτάχυνση της ταλάντευσης και τη θέση της τροχιάς των αρθρώσεων. Επιπλέον η ανατροφοδότηση σχετίζεται με την όραση, μέσω τροποποιήσεων που κάνει ο αμφιβληστροειδής. Μία δύσκολη στατική ενέργεια, όταν υπάρχει οπτική ανατροφοδότηση (μάτια ανοιχτά), εκτελείται πιο εύκολα, ενώ όταν δεν υπάρχει οπτική ανατροφοδότηση (μάτια κλειστά) η πτώση μπορεί να είναι ραγδαία και αναπόφευκτη.

Σε απουσία οπτικής ανατροφοδότησης παρατηρείται αλλαγή των αισθητικών συνθηκών, αύξηση του χρόνου αντίδρασης στα ερεθίσματα και άμεση εξάρτηση από αιθουσαίες και σωματοαισθητικές πληροφορίες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία, το ενδιαφέρον μας εστιάζεται σε εκείνες τις συνθήκες όπου ένας εξωτερικός κινούμενος στόχος επηρεάζει την ικανότητα στάσης και την ισορροπίας. Γίνεται μια ανασκόπηση εκείνων των παραγόντων του περιβάλλοντος οι οποίοι διαμορφώνουν τις στρατηγικές και τις συνακόλουθες στατικές αντιδράσεις με κύριο (πρωταγωνιστή) τον στατικό προσανατολισμό, δηλαδή τη σχέση ανάμεσα στο περιβάλλον και του τμήματος του σώματος.

Συμφωνούμε λοιπόν ότι, ο ανθρώπινος οργανισμός είναι μια πολυδιάστατη μηχανή η οποία αλληλεπιδρά τόσο με το περιβάλλον, όσο και με την εκάστοτε δραστηριότητα. Εκτός από το εξωτερικό φυσικό περιβάλλον και τα χαρακτηριστικά του (φωτεινότητα, δυνάμεις, πιέσεις, τύπος κίνησης, αντικείμενα), άμεση σχέση με την ανθρώπινη ανταπόκριση έχει και η επίδραση δυο υποκατηγοριών του περιβάλλοντος: α) του εσωτερικού περιβάλλοντος του οργανισμού, δηλαδή την παρούσα θέση του ατόμου και β) του τεχνητού περιβάλλοντος, δηλαδή τις συνθήκες που *in vitro* οι ερευνητές κατασκευάζουν για να μελετήσουν τις αντιδράσεις των συστημάτων της ανθρώπινης φύσης. Ουσιαστικά υπάρχει ένα συνεχές κύκλωμα μεταξύ οργανισμού-περιβάλλοντος και δραστηριότητας.

Για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων αποδείχθηκε από τις περισσότερες έρευνες τις οποίες μελετήσαμε ότι πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας τα στοιχεία του περιβάλλοντος εντός των οποίων αυτές πρέπει να εκτελεστούν. Τέτοια στοιχεία αφορούν:

1. Τη διαμόρφωση του χώρου που βρισκόμαστε (αντικείμενα, μέγεθος αντικειμένων, απόσταση από τον παρατηρητή, επιφάνεια στήριξης, κ.α.)
2. Τις οπτικές συνθήκες του χώρου (φωτισμός) και τις περιοριστικές διαστάσεις του. Σύμφωνα με τους περιορισμούς οριοθετείται και ο

αριθμός για τις εκάστοτε κινητικές στρατηγικές που θα επιλεγθούν μετέπειτα για την εκτέλεση της δραστηριότητας (Umphred, 2007).

3. Τις κινητικές συνθήκες του περιβάλλοντα χώρου όπως είναι η ταχύτητα και η συχνότητα κίνησης των αντικειμένων.
4. Τις ακουστικές συνθήκες και τα αντίστοιχα αιθουσαία ερεθίσματα.

Κατόπιν αυτού του χωρικού προσανατολισμού, ο οργανισμός συλλέγει τις κατάλληλες πληροφορίες ώστε να δράσει κατάλληλα το εσωτερικό του περιβάλλον. Έτσι, ενεργοποιούνται όλα εκείνα τα ιδιοδεκτικά συστήματα που είναι υπεύθυνα για τη μεταφορά των ληφθέντων ερεθισμάτων και μαζί με το σύστημα αντίληψης και προσοχής επιλέγεται η κατάλληλη στρατηγική για την εκτέλεση της δραστηριότητας. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι για τις ηθελημένες κινήσεις οι εισερχόμενες αισθητήριες πληροφορίες έχουν την ικανότητα να προσαρμόζονται στα διαφορετικά περιβάλλοντα και κατόπιν αυτού να ενεργοποιούν μια αλληλουχία συμβάντων τα οποία περιλαμβάνουν τον συγχρονισμό των συσταλών και μη στοιχείων του σώματος (μύες, κατανομή κέντρου βάρους και πίεσης) ώστε να έχουμε τις κατάλληλες ορθοστατικές προσαρμογές.

Επίσης καταλήξαμε στο ότι έχει μεγάλη η διάκριση μεταξύ στρατηγικής και αντίδρασης. Μιλώντας για επιλογή στρατηγικής, εννοούμε τον τέλειο συντονισμό του μυοσκελετικού συστήματος, ενώ μιλώντας για αντίδραση εννοούμε το αποτέλεσμα αυτού του συντονισμού και την παραγωγή συνδυασμένης κίνησης για την εκτέλεση της δραστηριότητας.

ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

Ageberg E., Roderts D., Holmstrom E. & Friden T., 2003, Balance in single-limb stance in healthy subjects-reliability of testing procedure and the effect of short-duration sub-maximal cycling, *BMC Musculoskelet Disord* βλ. Johnson S. & Leck K., 2010.

Allman J. M. & Kaas J. H., 1971, Representation of visual field in striate and adjoining cortex of the owl monkey (*Aotus trivirgatus*), *Brain Res*, 35:89-106 βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Allum J. H. & Carpenter M. G., 2005, A speedy solution for balance and gait analysis: angular velocity measured at the center of body mass, *Curr Opin Neurol*, 18:15-21 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009.

Andersson G., Yardley L. & Luxon L., 1998, A dual-task study of interference between mental activity and control of balance, *Am J Otol*, 19:632-637 βλ. Donker S. F., Roerdink M., Greven A. J. & Beek P. J., 2007.

Balogun J. A., Ajayi L. O. & Alawale F., 1997, Determinants of single limb stance balance performance, *Aft J med Sci*, 26:153-157 βλ. Johnson S. & Leck K., 2010.

Bardy B. G., Marin L., Stoffregen T. A. & Bootsma R. J., 1999, Postural coordination modes considered as emergent phenomena, *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 25:1284-1301 βλ. Ko Y.-G., Challis J. H. & Newell K. M., 2001.

Berg K., Maki B., Williams J., Holliday P. & Wood-Dauphinee S., 1992, Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population, *Arch Phys Med Rehabil*, 73:1073-1080 βλ. Johnson S. & Leck K., 2010.

Black F. O., Wall C., Rockette H. E. & Kitch R., 1982, Normal subject postural sway during the Romberg test, *Am J Otolaryngol*, 3:309-318 βλ. Johnson S. & Leck K., 2010.

Bland J. M. & Altman D. G., 1996, Measurement error and correlation coefficients, *BMJ*, 313:41-42 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Bobath B., 2005, *Ενήλικος Ημιπληγικός*, Μετάφραση από τα Αγγλικά από Διαμαντίδου Ε., 3^η έκδοση, σελ. 7-12, 14-23 Αθήνα: Επιστημονικές εκδόσεις Παρισιάνου Α. Ε..

Bohannon R. W., Larkin P. A., Cook A. C. et al., 1984, Decrease in timed balance test scores with aging, *Phys Ther*, 64:1067-1070 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Bonnetblanc F., Martin O. & Teasdale N., 2004, Pointing to a target from an upright standing position: anticipatory postural adjustments are modulated by the size of the target in humans, *Neuroscience Letters*, 358:181-184.

Bove M., Fenoglio C., Tacchino A., Pelosin E. & Schieppati M., 2009, Interaction between vision and neck proprioception in the control of stance, *Neuroscience*, 164:1601-1608.

Buchanan J. J. & Horak F. B., 1999, Emergence of Postural Patterns as a Function of Vision and Translation Frequency, *Journal Neurophysiol*, 81:2325-2339.

Carpenter M. G., Adkin A. L., Brawley L. R. & Frank J. S., 2006, Postural, physiological and psychological reactions to challenging balance: does age make a difference, *Age and Aging*, 35:298-303.

Carpenter M. G., Allum J. H. & Honegger F., 1999, Directional sensitivity of stretch reflexes and balance corrections for normal subjects in the roll and pitch planes, *Exp Brain Res*, 129:93-113 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009.

Carter R., 2011, *Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΕΓΚΕΦΑΛΙΟΣ*, Μετάφραση από τα Αγγλικά από Βοριαδάκη Ε., Κόνσουλας Χ., Μάντζαρη Ε., Μπουλάς Π. & Χατζηστεφανίδης Δ., Αθήνα: Εκδόσεις Π. Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.

Chandler J. M., Duncan P. W. & Studenski S. A., 1990, Balance Performance on the Postural Stress Test: Comparison of Young Adults, Healthy Elderly, and Fallers, *Physical Therapy*, 70(7):410-415.

Chen C-L., Lee J-Y., Horng R-Z. & Su F-C., 2009, Development of a three-degrees-of-freedom moveable platform for providing postural perturbations, *J. Engineering in Medicine*, 223:87-97.

Choy N. L., Brauer S. & Nitz J., 2003, Changes in postural stability in women ages 20 to 80 years, *Journal of Gerontology*, 58A(6):525-530.

Day B.L. & Guerraz M., 2007, Feedforward versus feedback modulation of human vestibular-evoked balance responses by visual self-motion information, *Journal Physiology*, 582.1:153-161.

Di Giulio I., Maganaris C.N., Baltzopoulos V. & Loram I. D., 2009, The proprioceptive and agonist roles of gastrocnemius, soleus and tibialis anterior muscles in maintaining human upright posture, *Journal Physiology*, 587.10:2399-2416.

Diener H. C., Bootz F., Dichgans J. & Bruzek W., 1983, Variability of postural “reflex” in humans, *Exp Brain Res*, 52:423-428 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009.

Donker S. F., Roerdink M., Greven A. J. & Beek P. J., 2007, Regularity of center-of-pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control, *Experimental Brain Research*, 181:1-11.

Drake R. L., Vogl W. & Mitchell A. W. M., 2007, *Ανατομία*, Μετάφραση από τα Αγγλικά από Σκανδαλάκης Π. Ν., Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.

Duncan P. W., Studenski S., Chandler J., Bloomfield R. & LaPointe L. K., 1990, Electromyographic Analysis of Postural Adjustments in Two Methods of Balance Testing, *Physical Therapy*, 70(2):88-96.

Duysens J., Tax A. A. M. van der Doelen B., Trippel M. & Dietz V., 1991, Selective activation of human soleus or gastrocnemius in responses during

walking and running, *Exp Brain Res*, 87:193-204 βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Ekdahl C., Jarnlo G. B. & Andersson S. I., 1989, Standing balance in healthy subjects: evaluation of a quantitative test battery on force platform, *Scand J Rehabil Med*, 21:187-195 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005, Development of a Clinical Static and Dynamic Standing Balance Measurement Tool Appropriate for Use in Adolescents, *Physical Therapy*, 85(6):502-514.

Era P. & Heikkinen E., 1985, Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages, *Journal of Gerontology*, 40(3):287-295.

Fijii N., 1998, An oculomotor representation area with in the ventral pre motor cortex, *Proc Natl Acad Sci, USA* βλ. Shamway-Cook A. & Woollacott M. H., 2007.

Fitzpatrick R., Burke D. & Gandevia S. C., 1996, Loop gain of reflexes controlling human standing measured with the use of postural and vestibular disturbances, *J Neurophysiol*, 76:3994-4008 βλ. Maurer C. & Peterka R. J., 2005.

Fitzpatrick R. & McCloskey D. I., 1994, Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway standing in humans, *Journal of Physiology*, 478.1:173-186.

Freitas P. B. Júnior & Barela J. A., 2004, Postural control as a function of self- and object-motion perception, *Neuroscience Letters*, 369:64-68.

Gatev P., Thomas S., Kepple T. & Hallett M., 1999, Feedforward ankle of balance during quiet stance in adults, *J Physiol*, 514:915-928 βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Gibbs J., Harrison L. M. & Stephens J. A., 1995, Organization of inputs to motoneurone pools in man, *J Physiol*, 485:245-256 βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Gibson J. J., 1979, *The Ecological Approach to Visual Perception*, Mass: Houghton Mifflin Co, Boston βλ. Wade M. G. & Jones G., 1997.

Gatev R., Thomas S., Kapple T. & Hallett M., 1999, Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults, *Journal of Physiology*, 514.3:915-928.

Goldie P. A., Bach T. M. & Evans O. M., 1989, Force platform measures for evaluation postural control: reliability and validity, *Arch Phys Med Rehabil*, 70:510-517 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Goldie P. A., Evans O. M. & Bach T. M., 1992, Steadiness in one-legged stance: development of a reliable force-platform testing procedure, *Arch Phys Med Rehabil*, 73:348-354 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Goldie P. A., Evans O. M. & Bach T. M., 1994, Postural Control following inversion injuries of the ankle, *Arch Phys Med Rehabil.*, 75:969-975 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Gollnick P. D., Sjödín B., Karlsson J., Jasson E. & Saltin B., 1974, Human soleus muscle: a comparison of fiber composition and enzyme activities with other leg muscle, *Pfluegers*, 348:;247-255 βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Gottlieb G. L., Chen C. H. & Corcos D. M., 1995, Relation between joint torque, motion, and electromyographic patterns at the human elbow, *Exp Brain Res*, 103:164-167 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009.

Grasso R., Ivanenko Y. & Lacquaniti F., 1999, Time course of gaze influences on postural responses to neck proprioceptive and galvanic vestibular stimulation in humans, *Neuroscience Letters*, 273:121-124.

Greffou S., Bertone A., Hanssens J.-M. & Faubert J., 2008, Development of visually driven postural reactivity: A fully immersive virtual study, *Journal of Vision*, 8(11):15:1-10.

Guerraz M., Sakellari V., Burchill P. & Bronstein A. M., 2000, Influence of motion parallax in the control of spontaneous body sway, *Exp Brain Res*, 131:244-252 βλ. Day B.L. & Guerraz M., 2007.

Guerraz M., Thilo K. V., Bronstein A. M. & Gresty M. A., 2001, Influence of action and expectation of visual control of posture, *Cogn. Brain Res.*, 11:259-266 βλ. Freitas P. B. Júnior & Barela J. A., 2004.

Guerraz M., Gianna C., Burchill P., Gresty M. A. & Bronstein A. M., 2001, Effect of visual surrounding motion on body sway in a 3 D environment, *Percept Psychophys*, 63:47-58 βλ. Day B.L. & Guerraz M., 2007.

Guilford J. P., 1967, *The nature of human intelligent*, New York: McGraw-Hill βλ. Πόρποδας Κ., 2003.

Gurfinkel V. S., 1994, *The mechanisms of postural regulation in man*, In: Turpaev (ed), *Physiology and General Biology Reviews*, 7:59-89, Yverdon, Switzerland: Harwood Academic, (Also obtainable from Box 786, Cooper Station, New York, NY 10276) βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Habib Z. & Westcott S., 1998, Assessment of anthropometric factors on balance test in children, *Pediartic Physical Therapy*, 10:101-109 από Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Hahn T., Foldspang A., Vestergaard E. & Ingermann-Hansen T., 1999, One-legged standing balance and sports activity, *Scand J Med Sci Sports*, 9:15-18 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Hall S. J., 2007, *Basic Biomechanics*, 5th edition, McGraw-Hill, New York βλ. Johnson S. & Leck K., 2010.

Henry W. M., Fung J. & Horak F. B., 1998, EMG Responses to Maintain Stance During Multidirectional Surface Translation, *J Neurophysiol*, 80:1939-1959.

Hering E., 1964, *Outlines of a Theory of the Light Sense*, Herrick L. M. & Jameson D. (transl.), Cambridge, MA: *Harvard Univ. Press* βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Hirabayashi as. & Iwasaki Y., 1995, Developmental perspective of sensory organization on postural control, *Brain & Development*, 17:111-117 βλ. Greffou S., Bertone A., Hanssens J.-M. & Faubert J., 2008.

Horak F. B., Diener H. C. & Nashner L. M. 1989, Influence of central set on human postural responses, *J. Neurophysiol.*, 62:841-853 βλ. Freitas P. B. Júnior & Barela J. A., 2004.

Horak F. B. & Diener H. C., 1994, Cerebellar control of postural scaling and central set in stance, *J. Neurophysiol*, 72:479-493 βλ. Slobounov S., Hallett M., Stanhope S. & Shibasaki H., 2005.

Horak F. B., 1996, Adaptation of automatic postural responses, In: *The Acquisition of Motor Behavior in Vertebrates*, edited by Bloedel J. R., Edner T. J., Wise S. P. & Cambridge M. A., *MIT Press*, 57-85 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009.

Horak F. B. & Macpherson J. M., 1996, Postural orientation and equilibrium, In Rowell L. B. & Shepard J. T. (Eds), *Handbook of Physiology, Exercise: Regulation and Integration of Multiple System*, *Oxford Uninersity Press*, 255-292, Oxford βλ. Freitas P. B. Júnior & Barela J. A., 2004.

Ito M., 1984, *The Cerebellum and Neural Control*, New York: Raven βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Johnson S. & Leck K., 2010, The effects of dietary fasting on physical balance among healthy young women, *Nutrition Journal*, 9:18.

Kaas J. H., 1989, *Changing concepts of visual cortex organization in primates*, In: Brown J. W., *Neuropsychology of Visual Perception*, 3-32, Hillsdale, NJ: Erlbaum βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000, *Principles of neural science*, 4th ed, pp. 492-506, 507-522, 523-547, 572-589, 653-673, 674-694, 782-800, 816-831, 832-852, New York: McGraw-Hill.

Kasai T. & Kawai K., 1994, Quantitative EMG analysis of anticipatory postural adjustment of voluntary contraction of leg muscles in standing man, *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 93:184-187.

Kirby R. L., Price N. A. & MacLeod D. A., 1987, The influence of foot position on standing balance, *Journal Biomech.*, 20:423-427, βλ. Nichols D. S., Glenn T. M. & Hutchinson K. J., 1995.

Ko Y.-G., Challis J. H. & Newell K. M., 2001, Postural coordination patterns as a function of dynamics of the support surface, *Human Movement Science*, 20:737-764.

Kollegger H., Baumgartner C., Wober C. et al., 1992, Spontaneous body sway as a function of sex, age and vision: posturographic study in 30 healthy adults, *Eur Neurol*, 32:253-259 βλ. Nichols D. S., Glenn T. M. & Hutchinson K. J., 1995.

Laurens J., Awai L., Bockisch C. J., Hegemann S., Hedel van H. J. A., Dietz V. & Straumann, 2010, Visual contribution to postural stability: Interaction between target fixation or tracking and static or dynamic large-field stimulus, *Gait & Posture*, 31:37-41.

Lee D. N. & Aronson E., 1974, Visual proprioceptive control of standing in human infants, *Perception & Psychophysics*, 15(3):529-532.

Lee D. N. & Lishman J. R., 1975, Visual proprioceptive control of stance, *Journal of Human Movement Studies*, 18:87-95 βλ. Wade M. G. & Jones G., 1997.

Lin S.- I. & Woollacott M., 2005, Association between sensorimotor function and functional and reactive balance control in the elderly, *Age and Ageing*, 34:358-363.

Lockhart D. B. & Ting L. H., 2007, Optimal sensorimotor transformation for balance, *Nat Neurosci*, 10:1329-1336 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009.

Maki B. E., Holliday P. J. & Fernie G. R., 1987, A posture control model and balance test for the prediction of relative postural stability, *IEEE Trans Biomed Eng*, 34:797-810 βλ. Nichols D. S., Glenn T. M. & Hutchinson K. J., 1995.

Maki B. E. & McIlroy, 1997, The Role of Limb Movements in Maintaining Upright Stance: The “Change-in-Support” Strategy, *Physical Therapy*, 77(5):488-507.

Magnus R., 1926, Some results of studies in the physiology of posture, *I. Lancet*, 221:531-536 βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Marendaz C., Stivalet P., Barraclough L., et al., 1993, Effect of gravitational cue on visual search for orientation, *J. Exp Psychol Hum Percept Perform*, 19:1266-1277 βλ. Wade M. G. & Jones G., 1997.

Masani K., Popovic M. R., Nakazawa K., Kouzaki M. & Nozaki D., 2003, Importance of body sway velocity information in controlling ankle extensor activities during quiet stance, *J Neurophysiol*, 90:3774-3782 βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Maurer C. & Peterka R. J., 2005, A New Interpretation of Spontaneous Sway Measures on a Simple Model of Human Postural Control, *Journal Neurophysiol*, 93:189-200.

Mechling R. W., 1986, Objective assessment of postural balance through use of the variable resistance balance board, *Phys Ther*, 66:685-688 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005, Synchronization of Motor Units in Human Soleus Muscles During Standing Postural Task, *J Neurophysiol*, 94:62-69.

Morris CG., 1992, Academic Press Dictionary of Science and Technology, San Diego, California: *Academic Press Inc*, από Nichols D. S., Glenn T. M. & Hutchinson K. J., 1995.

Nashner L. M., 1976, Adapting reflexes controlling the human posture, *Exp Brain Res*, 26:49-72 βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Nashner L. M., 1981, *Analysis of stance posture in humans*, In: Towe A., Luschei E. (Eds.), *Handbook of Behavioral Neurobiology, Motor Coordination*, Plenum Press, New York, 527-565 βλ. Freitas P. B. Júnior & Barela J. A., 2004.

Nashner L. M. & Cardo P. J., 1981, Relation of automatic postural responses and reaction-time voluntary movements of human leg muscle, *Exp Brain Res*, 43:395-405 βλ. Duncan P. W., Studenski S., Chandler J., Bloomfield R. & LaPointe L. K., 1990.

Nashner L. M., 1982, *Sensory, neuromuscular, and biomechanical contributions to human balance*, In: *Proceedings from the APTA Forum, Nashville, Tenn, June 13-15*, 5-12 βλ. Johnson S. & Leck K., 2010.

Nashner L. M. & McCollum G., 1985, The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis, *Behav Brain Sci.*, 8:135-172 βλ. Johnson S. & Leck K., 2010.

Nichols D. S., Glenn T. M. & Hutchinson K. J., 1995, Changes in the Mean Center of Balance During Balance Testing in Young Adults, *Physical Therapy*, 75(8):699-706.

Nielsen J. & Kagamihara Y., 1994, Synchronization of human leg motor units during co-contraction in man, *Exp Brain Res*, 102:84-94 βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Nitz J. C. & Choy N. L., 2004, The efficacy of a specific balance-strategy training programme for preventing falls among older people: a pilot randomized controlled trial, *Age and Ageing*, 33:52-58.

Odenrick P. & Sandsteds P., 1984, Development of postural sway in the normal child, *Hum Neurobiol*, 3:241-244 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Overstall P. W., Exton-Smith A. N., Imms F. J. & Johnson A. L., 1977, Falls in the elderly related to postural imbalance, *Br Med J*, 1:261-264 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Peeters H., Breslau E., Mol J. & Caberg H., 1984, Analysis of posturographic measurements on children, *Med Biol Eng Comput*, 22:317- 321 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Peterka R. J., 1995, *Simple models of sensory interaction in human postural control*, In: *Multisensory Control of Posture and Movement*, edited by Hlavacka F. & Mergner T., New York: Plenum, 281-288 βλ. Maurer C. & Peterka R. J., 2005.

Peterka R. J., 2000, Postural control model interpretation of stabilogram diffusion analysis, *Biol Cybern*, 87:335-343 βλ. Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009.

Pfaltz C. R., 1970, *The diagnostic importance of nystagmography in the galvanic test*, In *Vestibular Function on Earth and in Space*, ed. Stahle J, 187-199, Pergamon, Oxford New York βλ. Day B. L. & Guerraz M., 2007.

Riach C. L. & Hayes K. C., 1987, Maturation of postural sway in young children, *Developmental Medicine and Child Neurology*, 29:650-658 βλ. Greffou S., Bertone A., Hanssens J.-M. & Faubert J., 2008.

Riemann B. L., Caggiano N. A. & Lephart S. L., 1999, Examination of a clinical method of assessing postural control during a functional performance task, *The Journal of Sport Rehabilitation*, 8:171-183 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Robinovitch S. N., Heller B., Lui A. & Cortez J., 2002, Effect of Strength and Speed of Torque Development on Balance Recovery With the Ankle Strategy, *J. Neurophysiol*, 88:613-620.

Sanford A. J., 1985, *Cognition and cognitive psychology*, London: Lawrence Erlbaum Ass. Βλ. Πόρποδας Κ., 2003.

Schmied A., Pagni S., Sturm H. & Vedel J.-P., 2000, Selective enhancement of motoneurone short-term synchrony during an attention-demanding task, *Exp Brain Res*, 133:377-390, βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Schmuckler M. A., 1997, Children's postural sway in response to low- and high-frequency visual information for oscillation, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23:528-545 βλ. Greffou S., Bertone A., Hanssens J.-M. & Faubert J., 2008.

Schöner G., 1991, Dynamic theory of action-perception patterns: the “moving room” paradigm, *Biol. Cybern.*, 64:455-462 βλ. Freitas P. B. Júnior & Barela J. A., 2004.

Schulmann D. L., Godfrey B. & Fisher A. G., 1987, Effect of Eye Movement on Dynamic Equilibrium, *Physical Therapy*, 67:1054-1057.

Sherrington C., 1961, *The Integrative Action of the Nervous System*, 2nd ed., New Haven, CT: Yale Univ. Press (1st ed., 1906, London: Constable.) βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Shumway-Cook A. & Woollacott M. H., 1995, *Motor Control: Theory and Practical Applications*, Baltimore, Md: Williams & Wilkins βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Slobounov S., Hallett M., Stanhope S. & Shibasaki H., 2005, Role of cerebral cortex in human postural control: an EEG study, *Clinical Neurophysiology*, 116:315-323.

Slobounov S., Wu T., Hallett M., Shibasaki H., Slobounov E. & Newell K., 2006, Neural underpinning of postural response to visual field motion, *Biological Psychology*, 72:188-197.

Stribley R. F., Alders J. W., Tourtellotte W. W. & Cockrell J. L., 1974, A quantitative study of stance in normal subject, *Arch Phys Med Rehabil*, 55:74-80 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Stones M. J. & Kozma A., 1987, Balance and age in the sighted and blind, *Arch Phys Med Rehabil*, 68:85-89 βλ. Emery C. A., Cassidy J. D., Klassen T. P., Rosychuk R. J., Rowe B. H., 2005.

Sumway-Cook A. & Woollacott M, 2007, *Motor Control*, 3rd ed, Pennsylvania: Lippincott Williams & Wilkins.

Suponitsky Y., Verbitsky O., Peled E. & Mizrahi J., 2008, Effect of selective fatiguing of the shank muscles on single-leg-standing sway, *J Electromyogr Kinesiol*, 18(4):682-689 βλ. Johnson S. & Leck K., 2010.

Uchiyama M. & Demura S., 2008, Low visual acuity is associated with the decrease in postural sway, *Tohoku Journal Exp. Medicine*, 216:277-285.

Umphred, Darcy A., 2007, *Neurological rehabilitation*, 5th ed, Missouri: Mosby: Elsevier.

Wade M. G. & Jones G., 1997, The role of vision and spatial orientation in the maintenance of posture, *Physical Therapy*, 77(6):619-628.

Walters R., 2009, *Μάτια: καταρράκτης, γλαύκωμα & εκφύλιση ωχρής κηλίδας*, Μετάφραση από τα Αγγλικά από Βέργαδος Ι., Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.

Wei K., Stevenson I. H. & Körding K. P., 2010, The uncertainty associated with visual flow fields and their influence on postural sway: Weber's law suffices to explain the nonlinearity ofvection, *Journal of Vision*, 10(14):4:1-10.

Welch T. D. J. & Ting L. H., 2009, A Feedback Model Explains the Differential Scaling of Human Postural Responses to Perturbation Acceleration and Velocity, *Journal Neurophysiol*, 101:3294-3309.

Williams H. G., 1983, *Perceptual and Motor Development*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Inc βλ. Wade M. G. & Jones G., 1997.

Winter D. A., 1990, *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*, 2nd ed., New York:Wiley βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Winter D. A., Patla A. E., Prince F., Ishac M. & Gielo-Perczak K., 1998, Stiffness control of balance in quiet standing, *J Neurophysiol*, 80:1211-1221 βλ. Mochizuki G., Ivanova T. D. & Garland S. J., 2005.

Wolfson L., Whipple R., Amerman P. et al., 1986, Stressing the postural response: A quantitative method for testing balance, *J Am Geriatr Soc*, 34:845-850 βλ. Duncan P. W., Studenski S., Chandler J., Bloomfield R. & LaPointe L. K., 1990.

Wolfson L., Whipple R., Derby C. A., Amerman P. & Nashner L., 1994, Gender Differences in the Balance of Healthy Elderly as Demonstrated by Dynamic Posturography, *Journal of Gerontology*, 49(4):M160-M167.

Wolpert L., 1987, *Field of View Versus Retinal Region in the Perception of Self-motion*, Columbus, OH: Ohio State University, Doctoral dissertation βλ. Wade M. G. & Jones G., 1997.

Wolpert L., 1990, Field of view information for self-motion perception. In: Werren R., Wertheim A. H., eds., Perception and Control of Self-Motion. Hillsdale N. J., Lawrence Erlbaum Associates Inc, 101-122 βλ. Wade M. G. & Jones G., 1997.

Wainsten J.-P., 2009, ΜΕΓΑΛΟ ΙΑΤΡΙΚΟ ΛΕΞΙΚΟ LAROUSSE ΥΓΕΙΑ, Μετάφραση από τα Γαλλικά από Αστρινάκη Α., Γούλα Κ., Ιατρού Η., Κοκκίνου Β., Κριστάκη Φ., Λαζαρίδου Σ., Μπαλή Τ., Μυλωνάκη Ξ., Παύλου Β., Πετροπούλου Η., Σκαρβέλη Γ. & Σφυρόερα Σ., Αθήνα: Larousse.

Zeki S. & Shipp S., 1988, *The functional logic of cortical connections*, Nature 355:311-317 βλ. Kandel E., Schwartz J. & Jessell T., 2000.

Θεοδοσιάδης Γ., 1984, *Επίτομη Οφθαλμολογία*, Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Λίτσας.

Κίτσου Α., 2012, ΦΩΣ ΑΚΤΙΝΕΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΑ: ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΜΕ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΕΠΙΣΚΕΨΗ ΣΕ ΚΕΝΤΡΟ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, 14^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικής: “Ανιχνεύοντας το τοπίο της Σύγχρονης Φυσικής Αναδυόμενοι χώροι και νέες τάσεις”, 29/3 - 1/4 2012, Καμένα Βούρλα.

Μπαλτόπουλος Π., 1994, “Στάση και Βάδιση”, στο ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΝΑΤΟΜΙΚΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ (Volume 1), 1^η έκδοση, σελ. 352-381, Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.

Πόρποδας Κ., 2003, “ΓΝΩΣΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΝΩΣΕΩΝ”, στο Η ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΤΗΣ (γνωστική προσέγγιση), σελ. 57-76, Πάτρα: Copyright Πόρποδας Κ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παράρτημα 1

Μύες του ματιού

Μύες	Έκφυση	Κατάφυση	Νεύρωση	Ενέργεια
Ανεκκτήρας του βλεφάρου	Ελάσσων πτέρυγα του σφυνοειδούς μπροστά από το οπτικό τρήμα	Πρόσθια επιφάνεια του ταρσαίου πετάλου/μερικές ίνες στο δέρμα και στο άνω κόλπωμα του επιπεφυκότα	Κοινό κινητικό νεύρο (III)- άνω κλάδος	Ανύψωση του άνω βλεφάρου
Έσω ορθός	Εσωτερικό τμήμα του κοινού εκφυτικού δακτυλίου	Πρόσθιο ημιμόριο του βολβού του ματιού προς τα έσω	Κοινό κινητικό νεύρο (III)- κάτω κλάδος	Προσαγωγή του βολβού του ματιού
Έξω ορθός	Εξωτερικό τμήμα του κοινού εκφυτικού δακτυλίου	Πρόσθιο ημιμόριο του βολβού του ματιού προς τα έξω	Απαγωγό νεύρο (VI)	Απαγωγή του βολβού του ματιού
Άνω ορθός	Ανώτερο τμήμα του κοινού εκφυτικού δακτυλίου	Πρόσθιο ημιμόριο του βολβού του ματιού προς τα άνω	Κοινό κινητικό νεύρο (III)- άνω κλάδος	Ανύψωση, προσαγωγή και εσωτερική στροφή του βολβού του ματιού
Κάτω ορθός	Κατώτερο τμήμα του κοινού εκφυτικού δακτυλίου	Πρόσθιο ημιμόριο του βολβού του ματιού προς τα κάτω	Κοινό κινητικό νεύρο (III)- κάτω κλάδος	Έλξη προς τα κάτω, προσαγωγή και εξωτερική στροφή του βολβού του ματιού

Άνω λοξός	Σώμα του σφηνοειδούς πάνω και εσωτερικότερα από το οπτικό τρήμα	Οπίσθιο έξω τεταρτημόριο του βολβού του ματιού άνωθεν του έξω ορθού	Τροχλιακό νεύρο (IV)	Έλξη προς τα κάτω, απαγωγή και εσωτερική στροφή του βολβού του ματιού
Κάτω λοξός	Έσω τμήμα του εδάφους του κόγχου πίσω από το χείλος/ άνω γνάθος έξω από τη ρινοδακρυϊκή αύλακα	Οπίσθιο έξω τεταρτημόριο του βολβού του ματιού κάτωθεν του έξω ορθού	Κοινό κινητικό νεύρο (III)- κάτω κλάδος	Άνω στροφή, έξω κυκλοστροφή, απαγωγή

Πίνακας 1. Ενέργεια των οφθαλμοκινητικών μυών

Παράρτημα 2

Στατικοί μύες

Μύες της ράχης

Μύες	Έκφυση	Κατάφυση	Νεύρωση	Ενέργεια
Τραπεζοειδής	Άνω αυχενική γραμμή, έξω ινιακό όγκωμα, αυχενικός σύνδεσμος, ακανθώδεις αποφύσεις των A ₇ έως Θ ₁₂ σπονδύλων	Έξω τριτημόριο κλείδας, ωμοπλαταιάια άκανθα	Κινητική – παραπληρωματικό νεύρο (IX εγκεφαλική συζυγία) / ιδιοδεκτική – A ₃ και A ₄ νεύρα	Βοηθά στη στροφή της ωμοπλάτης κατά την απαγωγή του βραχιονίου πάνω από το οριζόντιο επίπεδο – οι ανώτερες ίνες ανυψώνουν, οι μέσες προσάγουν και οι κατώτερες ίνες κατασπών (πιέζουν προς τα κάτω) την ωμοπλάτη
Πολυσχιδής	Ιερό οστό, έκφυση του ιερονωτιαίου, οπίσθια άνω λαγόνια άκανθα, θηλοειδείς	Βάση των ακανθωδών αποφύσεων όλων των σπονδύλων από O ₅ μέχρι		

	αποφύσεις (θηλοειδή φύματα) των οσφυϊκών σπονδύλων, εγκάρσιες αποφύσεις των θωρακικών σπονδύλων και αρθρικές αποφύσεις των τεσσάρων κατώτερων αυχενικών σπονδύλων	τον A ₂ (άξονα)		
Ιερονοτιαίοι				
Ημιακανθώδης				

Μύες της πύελου

Μύες	Έκφυση	Κατάφυση	Νεύρωση	Ενέργεια
ΤΠΠ	Έξω πλευρά της λαγόνιας ακρολοφίας μεταξύ πρόσθιας άνω λαγόνιας άκανθας και φύματος της λαγόνιας	Λαγονοκνημιαία ταινία της πλατίας περιτονίας	Άνω γλουτιαίο νεύρο (O ₄ , O ₅ , I ₁)	Σταθεροποιεί το γόνατο σε θέση έκτασης ????

	ακρολοφίας			
Μείζων γλουτιαίος	Περιτονία του μέσου γλουτιαίου μυός, έξω επιφάνεια του λαγόνιου οστού πίσω από την οπίσθια γλουτιαία γραμμή, ιερονωτιαία περιτονία, ραχιαία επιφάνεια του κατώτερου τμήματος του ιερού οστού, πλάγιο χείλος του κόκκυγα, εξωτερική επιφάνεια του μείζονος ισχιοϊερού συνδέσμου	Οπίσθια πλευρά της λαγονοκνημιαίας ταινίας της πλατίας περιτονίας και γλουτιαίο φύμα του ανώτερου τμήματος του μηριαίου οστού	Κάτω γλουτιαίο νεύρο (O ₅ , I ₁ , I ₂)	Ισχυρός εκτείνων του σε θέση κάμψης μηριαίου στην άρθρωση του ισχίου – ενισχύει την έξω πλευρά της άρθρωσης του ισχίου και της άρθρωσης του γόνατος
Μέσος γλουτιαίος	Έξω επιφάνεια του λαγόνιου οστού μεταξύ πρόσθιας και οπίσθιας	Μακρόστενο εντύπωμα της έξω επιφάνειας του μείζονος τροχαντήρα	Άνω γλουτιαίο νεύρο (O ₄ , O ₅ , I ₁)	Απαγωγή του μηριαίου στην άρθρωση του ισχίου – κατά τη βάδιση,

	γλουτιαίας γραμμής			συγκρατεί σταθερά την πύελο πάνω στο σκέλος στήριξης και παρεμποδίζει την πτώση (κλίση) της πυέλου προς την αντίθετη πλευρά
Μικρός γλουτιαίος	Έξω επιφάνεια του λαγόνιου οστού μεταξύ κάτω και πρόσθιας γλουτιαίας γραμμής	Γραμμικό εντύπωμα της προσθοπλάγιας επιφάνειας του μείζονος τροχαντήρα	Άνω γλουτιαίο νεύρο (O ₄ , O ₅ , I ₁)	Απαγωγή του μηριαίου στην άρθρωση του ισχίου – κατά τη βάδιση, συγκρατεί σταθερά την πύελο πάνω στο σκέλος στήριξης και παρεμποδίζει την πτώση (κλίση) της πυέλου προς την αντίθετη πλευρά

Μύες του μηρού

Μύες	Έκφυση	Κατάφυση	Νεύρωση	Ενέργεια
Μείζων ψοΐτης	Οπίσθιο κοιλιακό τοίχωμα (εγκάρσιες αποφύσεις, μεσοσπονδύλιοι δίσκοι και παρακείμενα σώματα των Θ ₁₂ έως Ο ₅ σπονδύλων, και τενόντια τόξα μεταξύ των θέσεων αυτών)	Ελάσσων τροχαντήρας	Πρόσθιοι κλάδοι των Ο ₁ , Ο ₂ και Ο ₃ νωτιαίων νεύρων	Κάμπτει τον μηρό στην άρθρωση του ισχίου
Λαγόνιος	Οπίσθιο κοιλιακό τοίχωμα (λαγόνος βόθρος)	Ελάσσων τροχαντήρας	Μηριαίο νεύρο (Ο ₂ , Ο ₃)	Κάμπτει τον μηρό στην άρθρωση του ισχίου
Έσω πλατύς	Μηριαίο οστό – έσω τμήμα μεσοτροχαντήριας γραμμής, κτενιαία γραμμή, έσω χείλος τραχείας γραμμής, έσω υπερκονδύλια γραμμή	Τένοντας τετρακεφάλου μηριαίου και έσω χείλος της επιγονατίδας	Μηριαίο νεύρο (Ο ₂ , Ο ₃ , Ο ₄)	Εκτείνει την κνήμη στην άρθρωση του γόνατος
Μέσος πλατύς	Μηριαίο οστό – ανώτερα δύο-	Τένοντας τετρακεφάλου	Μηριαίο νεύρο	Εκτείνει την κνήμη στην

	τρίτα της πρόσθιας και της έξω επιφάνειας	μηριαίου και έξω χείλος της επιγονατίδας	(O ₂ , O ₃ , O ₄)	άρθρωση του γόνατος
Έξω πλατύς	Μηριαίο οστό – έξω τμήμα μεσοτροχαντήριας γραμμής, χείλος μείζονος τροχαντήρα, έξω χείλος γλουτιαίου ογκώματος, έξω χείλος τραχείας γραμμής	Τένοντας τετρακεφάλου μηριαίου	Μηριαίο νεύρο (O ₂ , O ₃ , O ₄)	Εκτείνει την κνήμη στην άρθρωση του γόνατος
Ορθός μηριαίος	Η ορθή κεφαλή εκφύεται από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα – η λοξή (ανεστραμμένη) κεφαλή εκφύεται από το λαγόνιο οστό ακριβώς πάνω από την κοτύλη	Τένοντας τετρακεφάλου	Μηριαίο νεύρο (O ₂ , O ₃ , O ₄)	Κάμπει τον μηρό στην άρθρωση του ισχίου και εκτείνει την κνήμη στην άρθρωση του γόνατος
Ραπτικός	Πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα	Πρόσθια επιφάνεια της κνήμης ακριβώς κάτω-έσω από το κνημιαίο	Μηριαίο νεύρο (O ₂ , O ₃)	Κάμπει τον μηρό στην άρθρωση του ισχίου και εκτείνει την κνήμη στην άρθρωση του

Μύες της κνήμης (πρόσθιοι και έξω)

Μύες	Έκφυση	Κατάφυση	Νεύρωση	Ενέργεια
Πρόσθιος κνημιαίος	Έξω επιφάνεια της κνήμης και γειτονικό τμήμα του μεσόστεου υμένα	Έσω και κάτω επιφάνειες του έσω σφηνοειδούς και γειτονικές επιφάνειες της βάσης του πρώτου μεταταρσίου	Εν τω βάθει περνιαίο νεύρο (O ₄ , O ₅)	Ραχιαία κάμψη του ποδιού στην ποδοκνημική άρθρωση – ανύψωση και στροφή του έσω χείλους του πέλματος προς τα έσω – δυναμική στήριξη της έσω ποδικής καμάρας
Β. Μακρός εκτείνων το μεγάλο δάκτυλο	Ραχιαία επιφάνεια της δεύτερης φάλαγγας του μεγάλου δακτύλου	Έσω ημιμόριο της έσω επιφάνειας της περόνης και γειτονική επιφάνεια του μεσόστεου υμένα	Εν τω βάθει περνιαίο νεύρο (O ₅ , I ₁)	Έκταση του μεγάλου δακτύλου και ραχιαία κάμψη του ποδιού
Β. Μακρός εκτείνων τα δάκτυλα	Άνω ημιμόριο της έσω επιφάνειας της	Μέσω ραχιαίων δακτυλικών	Εν τω βάθει περνιαίο νεύρο (O ₅ , I ₁)	Έκταση των τεσσάρων έξω δακτύλων και

	περόνης και αντίστοιχη επιφάνεια του έξω κνημιαίου κονδύλου	απονευρώσεων, στη βάση της δεύτερης και της τρίτης φάλαγγας των τεσσάρων έξω δακτύλων		ραχιαία κάμψη του ποδιού
--	---	---	--	--------------------------

Μύες της κνήμης (οπίσθιοι)

Μύες	Έκφυση	Κατάφυση	Νεύρωση	Ενέργεια
Γαστροκνήμιος	Έσω κεφαλή: οπίσθια επιφάνεια του κάτω τμήματος του μηριαίου οστού ακριβώς πάνω από το έσω κόνδυλο / έξω κεφαλή: ανώτερο τμήμα της οπισθοπλάγιας επιφάνειας του έξω μηριαίου κονδύλου	Μέσω του περνικού τένοντα, στην οπίσθια επιφάνεια της πτέρνας	Κνημιαίο νεύρο (O ₁ , O ₂)	Πελματιαία κάμψη του ποδιού και κάμψη του γόνατος
Υποκνημίδιος	Υποκνημίδα (ιγνυακή) γραμμή και έσω χείλος της κνήμης –	Μέσω του περνικού τένοντα, στην οπίσθια επιφάνεια της	Κνημιαίο νεύρο (O ₁ , O ₂)	Πελματιαία κάμψη του ποδιού

	οπίσθια επιφάνεια της κεφαλής της περόνης και παρακείμενες επιφάνειες του αυχένα και του άνω τμήματος της διάφυσης – τενόντιο τόξο μεταξύ κνημιαίας και περονιαίας έκφυσης	πτέρνας		
Β. Πελματικός	Κατώτερο τμήμα της έξω υπερκονδύλιας γραμμής του μηριαίου οστού και λοξός ιγνυακός σύνδεσμος του γόνατος	Μέσω του περνικού τένοντα, στην οπίσθια επιφάνεια της πτέρνας	Κνημιαίο νεύρο (O ₁ , O ₂)	Πελματιαία κάμψη του ποδιού και κάμψη του γόνατος
Ιγνυακός	Οπίσθια επιφάνεια του άνω άκρου της κνήμης	Έξω μηριαίος κόνδυλος	Κνημιαίο νεύρο (O ₄ έως I ₁)	«Ξεκλειδώνει» την άρθρωση του γόνατος (στρέφει προς τα έξω το μηριαίο οστό πάνω στην κνήμη)