

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

***ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ
ΝΕΥΡΟΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ***

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΜΑΛΑΚΟΥ ΕΛΕΝΗ

ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΗΛΙΩΤΗ ΣΤΥΛΙΑΝΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να απαντήσω στο ερώτημα ποια είναι η αποτελεσματικότητα των πρισμάτων ως προς τον έλεγχο τη στάσης και της ισορροπίας σε ασθενείς με νευρολογικά προβλήματα. Αναζητώντας λοιπόν στοιχεία σχετικά με το θέμα, συνειδητοποίησα πως είναι αδύνατον να μιλήσω για τα αποτελέσματα οποιασδήποτε θεραπευτικής παρέμβασης ως προς τον στατικό έλεγχο δίχως να έχω πρωτίστως αναφέρει τι είναι ο φυσιολογικός στατικός έλεγχος, ποιοι είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που τον επηρεάζουν καθώς και πως αυτός διαταράσσεται σε νευρολογικούς ασθενείς.

Την αναζήτησή μου σχετικά με τη θεραπευτική παρέμβαση μέσω των πρισμάτων ενέπνευσε εξ ολοκλήρου η κ. *Μηλιώτη Λιάνα*, χωρίς τη βοήθεια της οποίας η εργασία αυτή δε θα ήταν εφικτό να διεκπεραιωθεί. Την ευχαριστώ λοιπόν ιδιαίτερα για την πολύτιμη στήριξη και καθοδήγησή της.

Ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να απευθύνω εκτός από τους πραγματικά αξιόλογους καθηγητές μου στο ΤΕΙ, ξεχωριστά στον *Αδαμίδη Σάκη*, *Χατζηθεοδώρου Δημήτριο*, *Κορακάκη Δημήτριο*, *Dore Blom* και *Τσαμπικάκη Ελένη*, η προθυμία και η αγάπη των οποίων με ενθάρρυνε όχι μόνο να ολοκληρώσω την εργασία αυτή αλλά και να αποκτήσω τις πιο γερές βάσεις για τη μετέπειτα φυσιοθεραπευτική μου πορεία. Δε θα παρέλειπα με τίποτα βέβαια να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου οι οποίοι με σκέφτονται και με στηρίζουν σε κάθε μου βήμα καθώς βέβαια και στην πολυαγαπημένη μου αδερφή χωρίς την υπομονή της οποίας τα αμέτρητα σκορπισμένα βιβλία και άρθρα που χρειάστηκα για την ολοκλήρωση της εργασίας μου, θα είχαν βρεθεί κάτω από το μπαλκόνι.

Τελευταίο άφησα το ποιο ξεχωριστό μου δάσκαλο, το κ. *Σάββα Μαυρομούστακο*, τον οποίο και ευχαριστώ για την αμέριστη προσοχή του μα ιδιαίτερα για την αγάπη και την εμπιστοσύνη που μου δείχνει όλα αυτά τα χρόνια.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

1. Εισαγωγή..... σελ. 1
2. Προσδιορισμός του στασικού ελέγχου.....σελ. 2
3. Συστήματα που ενεργοποιούνται κατά τον έλεγχο της στάσης.....σελ. 3-4
4. Στασικές προϋποθέσεις σε σχέση με τη λειτουργική δραστηριότητα..... σελ. 4
5. Έλεγχος της στάσης σελ. 5
 - Ευθυγράμμιση..... σελ.5
 - Μυϊκός Τόνος..... σελ.5-7
 - Στασικός Τόνος..... σελ. 7-8.
6. Κινητικές στρατηγικές απαραίτητες για τη διατήρηση της στάσης..... σελ. 8-9
 - Στρατηγική Ποδοκνημικής..... σελ. 9-10
 - Στρατηγική Ισχίου..... σελ. 11
 - Στρατηγική Βηματισμού..... σελ.11
7. Προσαρμογή των κινητικών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον..... σελ. 11-13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΣΤΑΣΗ

1. Εισαγωγή..... σελ 13
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΚΙΝΗΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ

| | |
|---|------------|
| 2. Α. Εισαγωγή..... | σελ. 13 |
| 2. Β. Φωτο-υποδοχείς..... | σελ. 14 |
| 2. Γ. Η μεταφορά προς τον εγκέφαλο..... | σελ. 14-15 |
| 2. Δ. Φλοϊκά κέντρα..... | σελ. 15-16 |
| 2. Ε. Εστιακή και περιφερική όραση..... | σελ. 16 |
| 2. ΣΤ. Θεωρίες για την οπτική αντίληψη..... | σελ 17 |

2. Ζ. Κινήσεις του οφθαλμού

| | |
|--|------------|
| i) Εισαγωγή..... | σελ. 18 |
| ii) Μικρογραφικές κινήσεις των ματιών..... | σελ. 18-19 |
| iii) Σακκαδικές κινήσεις..... | σελ. 19-20 |
| iv) Μικρές κινήσεις παρακολούθησης..... | σελ. 20-21 |
| v) Οπτοκινητικός νυσταγμός..... | σελ. 21 |

| | |
|--|------------|
| 2. Η. Ο ρόλος της όρασης στη στάση και την κίνηση..... | σελ. 22-24 |
|--|------------|

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΚΙΝΗΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ

3.Α. ΕΠΙ ΠΟΛΛΗΣ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

| | |
|--|------------|
| i) Εισαγωγή..... | σελ. 25 |
| ii) Μηχανοϋποδοχείς..... | σελ. 25-27 |
| iii) Θερμοϋποδοχείς..... | σελ. 27 |
| iv) Υποδοχείς του πόνου..... | σελ. 27 |
| v) Η σημασία της επί πολλής αισθητικότητας στον κινητικό έλεγχο..... | σελ. 28-29 |

3.B. EN ΤΩ ΒΑΘΕΙ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

| | |
|---|------------|
| i) Εισαγωγή..... | σελ. 29 |
| ii) Μυϊκή άτρακτος | |
| α. Στοιχεία ανατομίας και φυσιολογίας..... | σελ. 29-31 |
| β. Η αλυσίδα των αντανακλαστικών διάταξης..... | σελ. 31-32 |
| γ. Σχήματα δράσης των γ-κινητικών νευρώνων..... | σελ. 32-33 |
| iii) Τενόντια όργανα του Golgi..... | σελ. 33-34 |
| iv) Υποδοχείς αρθρώσεων..... | σελ. 34 |

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΙΘΟΥΣΑΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ

| | |
|--|------------|
| 4.A. Εισαγωγή..... | σελ. 35 |
| 4.B. Περιγραφή λαβυρίνθων..... | σελ. 35 |
| 4.Γ. Η αίθουσα | σελ. 35-36 |
| 4.Δ. Οι τρεις ημικύκλιοι σωλήνες..... | σελ. 36-37 |
| 4.Ε. Το αιθουσαίο νεύρο και οι αιθουσαίοι πυρήνες..... | σελ. 37-38 |
| 4.ΣΤ. Αιθουσο-οπτικό αντανακλαστικό (VOR)..... | σελ. 38 |
| 4.Ζ. Το αιθουσο-νωτιαίο αντανακλαστικό..... | σελ. 38-39 |
| 4.Η. Αυχενικά αντανακλαστικά..... | σελ. 39 |
| 4.Θ. Φυσιολογική λειτουργία των αιθουσαίων οργάνων..... | σελ. 40-41 |
| 4.Ι. Ο ρόλος του αιθουσαίου συστήματος στη στάση και τη κίνηση..... | σελ. 41-45 |
| 4.Κ. Αισθητηριακές στρατηγικές κατά τη διάρκεια της ήρεμης στάσης..... | σελ. 45-46 |
| 4.Λ. Αισθητηριακές στρατηγικές κατά τη διάρκεια της διαταραχής της στάσης..... | σελ. 46-47 |
| 4.Μ. Προσαρμογή των αισθήσεων για την επίτευξη του στατικού ελέγχου..... | σελ. 48-49 |
| 4.Ν. Προσαρμογή σε διαταραχές της περιστροφικής υποστηρικτικής επιφάνειας..... | σελ. 49 |

| | |
|--|------------|
| 4.Ε. Προσαρμογή των Αισθήσεων κατά την εκμάθηση μιας νέας δραστηριότητας..... | σελ. 49 |
| 4.Ο. Αισθητηριακοκινητική Προσαρμογή..... | σελ. 50 |
| 4.Π. Προληπτικός Στατικός Έλεγχος..... | σελ. 50-51 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ III

ΜΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΣΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

| | |
|--|------------|
| 1.Εισαγωγή..... | σελ. 52 |
| 2.Νευρομυϊκές διαταραχές. | |
| 2.Α. Διαταραχές του μυϊκού τόνου..... | σελ 53-55 |
| 2.Β. Μυϊκή αδυναμία..... | σελ 56 |
| 3. Μυοσκελετικές διαταραχές..... | σελ. 56-57 |
| 4. Αισθητηριακές διαταραχές | |
| 4.Α. Εισαγωγή..... | σελ. 57 |
| 4.Β. Αντίληψη της θέσης του σώματος σε σχέση με το χώρο..... | σελ. 58 |
| 4.Γ. Ανικανότητα Προσαρμογής των Αισθήσεων..... | σελ. 59-61 |
| 5. Διαταραχές των κινητικών στρατηγικών | |
| 5.Α. Προβλήματα συντονισμού..... | σελ. 61-64 |
| 5.Β. Διαταραχές στην ευθυγράμμιση..... | σελ. 64 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΙΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΑΝΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΣΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΒΛΑΒΗ ΣΤΟ ΚΝΣ.

| | |
|---|-------------------|
| <i>1. Εισαγωγή.....</i> | <i>σελ. 65</i> |
| <i>2. Η εφαρμογή των πρισμάτων και η επίδρασή τους στη νευροαποκατάσταση.....</i> | <i>σελ. 65-68</i> |
| <i>3. Αποτελεσματικότητα και πεδία εφαρμογής των πρισμάτων στη νευροαποκατάσταση.....</i> | <i>σελ. 68-70</i> |
| <i>4. Διάρκεια παραμονής της επίδρασης των πρισμάτων.....</i> | <i>σελ. 71</i> |
| <i>5. Συμπεράσματα.....</i> | <i>σελ. 71</i> |
| <i>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</i> | <i>σελ. 72</i> |
| <i>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</i> | <i>σελ. 73-76</i> |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

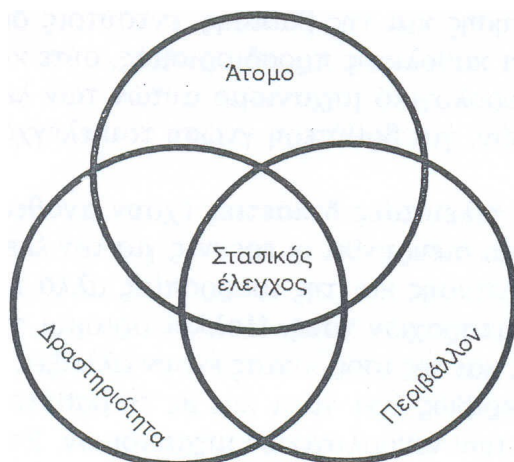
1.Εισαγωγή

Ας σκεφθεί κάποιος τον εαυτό του να βγαίνει βιαστικά από το αυτοκίνητο στο αεροδρόμιο, για να προλάβει την πτήση. Παίρνει τις αποσκευές του και τρέχει κατευθείαν για το κτίριο των αναχωρήσεων. Καθ'οδόν δεν έχει υπολογίσει καλά το ύψος του χερουλιού της τσάντας με αποτέλεσμα να το διορθώνει συνέχεια. Συνεχίζει να προχωρά μέχρι να βγει στην έξοδο και όλα αυτά γίνονται γρήγορα, και προσπαθώντας να αποφύγει το πλήθος. Τελικά, επιβιβάζεται στο αεροπλάνο και κάθεται ευχαριστημένος στη θέση του.

Όλη αυτή η επίπονη δουλειά που έγινε κατεβαίνοντας από το αυτοκίνητο μέχρι να καθίσει στο αεροπλάνο, ενεργοποίησε όλα αυτά τα συστήματα που απαιτούν τον έλεγχο της στάσης και της ισορροπίας. Εξετάζοντας μερικές από αυτές τις δραστηριότητες μπορεί κανείς να καταλάβει την επίδραση της στάσης και της ισορροπίας, έτσι ώστε να καλύπτουν την ικανότητα του ατόμου για σταθεροποίηση και ακόμη περισσότερο την ικανότητα για πρόβλεψη και κίνηση, με τέτοιο τρόπο που να αποφεύγεται η αστάθεια.

Ενώ μερικοί ερευνητές θα διαφωνούσαν με τη σπουδαιότητα της στάσης και της ισορροπίας για ανεξαρτητοποίηση των δραστηριοτήτων, όπως π.χ. του καθίσματος, της ορθοστάτησης και της βάδισης, εντούτοις δεν υπάρχει καθολικός προσδιορισμός, ούτε και στο νευρολογικό μηχανισμό αυτών των λειτουργιών, για βαθύτερη γνώση του ελέγχου τους. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναθεωρηθεί και διευρυνθεί οι έρευνες για τον έλεγχο της στάσης και της ισορροπίας αλλά και των διαταραχών τους. Πολλοί ορισμοί της στάσης και της ισορροπίας έχουν αλλάξει, όπως ακριβώς έχει γίνει και με τη βαθύτερη γνώση των νευρολογικών μηχανισμών. Στην επιστήμη της αποκατάστασης υπάρχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικές αντιληπτικές θεωρίες προκειμένου να περιγράψουν το νευρολογικό έλεγχο της στάσης και της ισορροπίας: η αντανακλαστική/ιεραρχική θεωρία και η θεωρία των συστημάτων.

Η αντανακλαστική/ιεραρχική θεωρία αναφέρει ότι το αποτέλεσμα της στάσης και της ισορροπίας από τις οργανωμένες ιεραρχικές αντανακλαστικές απαιτήσεις, είναι υπεύθυνο για την ανεξαρτητοποίηση των αισθητηριακών συστημάτων. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, κατά τη διάρκεια της εξέλιξης υπάρχει προοδευτική αλλαγή από τα πρωτογενή νωτιαία αντανακλαστικά προς τα υψηλότερα επίπεδα των στασικών αντιδράσεων, μέχρι να *ωριμάσουν* οι νωτιαίες ανταποκρίσεις.



Η θεωρία των συστημάτων ισχυρίζεται ότι η πράξη εμφανίζεται από την αλληλεπίδραση του ατόμου με τη δραστηριότητα και το περιβάλλον (εικ.1). Η προσέγγιση των συστημάτων δηλώνει ότι η ικανότητα του ατόμου να ελέγχει τη θέση του σώματος στον χώρο, εμφανίζεται ως μία σύνθετη αλληλεπίδραση των μυοσκελετικών και νευρολογικών συστημάτων τα οποία αναφέρονται ως σύστημα στασικού ελέγχου.

2. Προσδιορισμός του στασικού ελέγχου

Για την κατανόηση της στασικής συμπεριφοράς του ατόμου πρέπει να καταλάβουμε την *επίπονη εργασία* του στασικού ελέγχου και να εξετάσουμε την επίδραση του περιβάλλοντος στη δραστηριότητα της στάσης.

Η δραστηριοποίηση του **στασικού ελέγχου** έχει ως συνέπεια τον έλεγχο της θέσης του σώματος στον χώρο, με σκοπό τη σταθεροποίηση και τον προσανατολισμό.

Ως **στασικό προσανατολισμό** ορίζουμε την ικανότητα να διατηρείται μία κατάλληλη σχέση μεταξύ των μελών του σώματος, καθώς και μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος, ώστε να επιτευχθεί μία δραστηριότητα (Shulnway-Cook A, Horak F., 1992). Για περισσότερες λειτουργικές δραστηριότητες διατηρούμε κατακόρυφη θέση προσανατολισμού του σώματος. Στη διαδικασία διατήρησης της κατακόρυφης θέσης χρησιμοποιούμε πολλές αισθητηριακές αναφορές, συμπεριλαμβανομένων της βαρύτητας (αιθουσαίο σύστημα), του επιπέδου στήριξης (σωματοαισθητηριακό σύστημα) και του σώματος σε σχέση με το περιβάλλον (οπτικό σύστημα).

Ως **στασική σταθερότητα** (ευστάθεια) ορίζεται η ικανότητα του σώματος να διατηρεί τη θέση, και ειδικά το κέντρο βάρους του, διαμέσου ειδικών ορίων του χώρου που αναφέρονται ως όρια σταθερότητας.

Ως **όρια σταθερότητας** χαρακτηρίζουμε τα όρια μιας περιοχής του χώρου στον οποίο το σώμα μπορεί να διατηρήσει τη θέση του χωρίς να αλλάξει τη βάση στήριξης. Τα όρια σταθερότητας δεν είναι περιορισμένα, αλλά αλλάζουν σύμφωνα με τη δραστηριότητα της βιομηχανικής του ατόμου και διαφόρων φαινομένων του περιβάλλοντος. Ο όρος *σταθερότητα* χρησιμοποιείται εδώ εναλλακτικά με την *ισορροπία*. Η σταθερότητα επηρεάζει αποτελεσματικά την ισορροπία μεταξύ ασταθούς και ευσταθούς δύναμης.

Σταθερότητα και προσανατολισμός παρουσιάζουν δύο ευδιάκριτους στόχους του συστήματος του στασικού ελέγχου. Μερικές δραστηριότητες γίνονται πιο ουσιαστικές κατά τη διάρκεια της διατήρησης του κατάλληλου προσανατολισμού σε βάρος της σταθερότητας. Η αποφυγή ενός γκολ στο ποδόσφαιρο ή το πιάσιμο της μπάλας στον αέρα στο μπέιζμπολ απαιτεί από τον παίκτη να βρίσκεται σε διαρκή εγρήγορση έχοντας στραμμένη την προσοχή του προς τη μπάλα και μερικές φορές να πέφτει στο έδαφος προκειμένου να επιτύχει αυτόν το στόχο. Έτσι, ενώ ο στασικός έλεγχος είναι μία προϋπόθεση την οποία συνήθως έχουν οι περισσότερες δραστηριότητες, οι απαιτήσεις της σταθερότητας και του προσανατολισμού αλλάζουν σε κάθε δραστηριότητα (Shumway-Cook A, McCollum G, 1990).

3. Συστήματα που ενεργοποιούνται κατά τον έλεγχο της στάσης

Ο στατικός έλεγχος για σταθερότητα και προσανατολισμό απαιτεί (α) την ολοκλήρωση των αισθητηριακών πληροφοριών για να αξιολογήσει τη θέση και την κίνηση του σώματος στον χώρο, και (β') την ικανότητα να παράγει δυνάμεις για να ελέγχει τη θέση του σώματος. Έτσι, ο στατικός έλεγχος προϋποθέτει τη αλληλεπίδραση των μυοσκελετικών και νευρολογικών συστημάτων, όπως δείχνει η εικόνα 2.



Εικόνα 2. Συνολικός σχεδιασμός της ιδέας που παρουσιάζει τα συστήματα που συμβάλλουν στον στατικό έλεγχο.

Τα μυοσκελετικά συστατικά περιλαμβάνουν στοιχεία όπως

είναι το εύρος της κίνησης των αρθρώσεων, η ελαστικότητα της σπονδυλικής στήλης, το μυϊκό σύστημα, και η βιομηχανική σχέση κατά μήκος της σύνδεσης των τμημάτων του σώματος.

Νευρολογικά στοιχεία απαραίτητα για τον στατικό έλεγχο περιλαμβάνονται (α) στην κινητική πορεία, συμπεριλαμβανομένων των μυοσκελετικών συνεργιών, (β) στην αισθητηριακή πορεία, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών, αιθουσαίων και σωματοαισθητηριακών συστημάτων, (γ) στις αισθητηριακές στρατηγικές που οργανώνουν αυτά τα πολύπλοκα ερεθίσματα, (δ) στις εσωτερικές αναπαραστάσεις που είναι σπουδαίες για τον προγραμματισμό των αισθήσεων για δραστηριοποίηση και (ε) στα υψηλότερα επίπεδα εξέλιξης που είναι απαραίτητα για την προσαρμογή και την εξέλιξη των απόψεων του στατικού ελέγχου.

Τα υψηλότερα επίπεδα γενετήσιας θεώρησης του στατικού ελέγχου αποτελούν τη βάση για προσαρμόσιμες και εξελισσόμενες απόψεις του στατικού ελέγχου.

Προσαρμοσμένος στατικός έλεγχος συνεπάγεται τροποποίηση των αισθητηριακών και κινητικών συστημάτων, Προκειμένου να γίνει αλλαγή των δραστηριοτήτων και των περιβαλλοντικών απαιτήσεων. Η εξελισσόμενη πορεία του στατικού ελέγχου είναι εναρμονισμένη με τα αισθητηριακά και τα κινητικά συστήματα για τις στατικές απαιτήσεις οι οποίες είναι βασισμένες σε προηγούμενη εμπειρία και μάθηση. Άλλες απόψεις για τη γνωστικότητα που σχετίζονται με τον στατικό έλεγχο περιλαμβάνουν εξελίξεις όπως είναι η προσοχή, το κίνητρο και η συγκέντρωση προσοχής (Shumway Cook A, Horak F., 1989).

Έτσι, σύμφωνα με τη θεωρία των συστημάτων ο στατικός έλεγχος αποτελείται από μία σύνθετη αλληλεπίδραση πολλών σωματικών συστημάτων που συνεργάζονται όλα μαζί ώστε να ελέγχουν τη θέση του σώματος στον χώρο. Η ειδική αυτή οργάνωση

των στασικών συστημάτων είναι διπλά καθορισμένη, τόσο από τη λειτουργική δραστηριότητα όσο και από το περιβάλλον στο οποίο παρουσιάζεται.

4. Στασικές προϋποθέσεις σε σχέση με τη λειτουργική δραστηριότητα

Η ικανότητα να ελέγχουμε τη θέση του σώματός μας στον χώρο είναι θεμελιώδης για όλες μας τις δραστηριότητες, αφού αυτές έχουν στασικές προϋποθέσεις. Γι' αυτόν τον λόγο κάθε δραστηριότητα έχει ένα μέρος προσανατολισμού και ένα μέρος σταθεροποίησης. Όμως η σταθεροποίηση και ο προσανατολισμός είναι προϋποθέσεις που ποικίλλουν ανάλογα με τη δραστηριότητα και το περιβάλλον.

Η δραστηριότητα να κάθεται κανείς στην καρέκλα και να διαβάσει προϋποθέτει προσανατολισμό στήριξης του κεφαλιού και προσήλωση του βλέμματος πάνω σε αυτό που διαβάσει. Οι βραχίονες και τα χέρια διατηρούν μία κατάλληλη θέση προσανατολισμού που επιτρέπει στο άτομο να έχει το βιβλίο σε θέση που να έχει σχέση με το κεφάλι και τα μάτια. Οι προϋποθέσεις που απαιτούνται γι' αυτή τη δραστηριότητα είναι λίγες. Μέχρις ότου η επαφή του σώματος με την πλάτη της καρέκλας και το κάθισμα εξασφαλίσουν κάποια ικανοποιητική βάση στήριξης, θα πρέπει να ελέγχεται η στήριξη της κεφαλής σε σχέση με τον κορμό. Αντίθετα, η δραστηριότητα της όρθιας στάσης, την ώρα της ανάγνωσης ενός βιβλίου έχει περίπου τις ίδιες προϋποθέσεις προσανατολισμού σε σχέση με το κεφάλι, τα μάτια, τα χέρια και το βιβλίο, αλλά οι προϋποθέσεις σταθεροποίησης είναι πολύ περισσότερες. Αυτή η δραστηριότητα απαιτεί το κέντρο βάρους να διατηρηθεί επάνω σε μία πολύ μικρή βάση στήριξης ανάμεσα στα δύο πόδια.

Τελικά, ένα άτομο που στέκεται επάνω σε κινούμενο όχημα, πρέπει συνεχώς να ξαναβρίσκει την ευστάθειά του η οποία απειλείται από τη σταθερή κίνηση του οχήματος. Η δυσκολία της δραστηριότητας της σταθεροποίησης γίνεται κατανοητή αν αναλογιστεί κανείς την αλλαγή και την απρόβλεπτη φύση της δραστηριότητας. Σε αυτή την περίπτωση, οι απαιτήσεις της δραστηριότητας ποικίλλουν κάθε στιγμή προϋποθέτοντας, έτσι, συνεχώς, την προσαρμοστικότητα του στασικού συστήματος. Έτσι, παρατηρούμε ότι, ενώ αυτές οι δραστηριότητες απαιτούν στατικό έλεγχο, ο συγκεκριμένος προσανατολισμός και οι προϋποθέσεις σταθεροποίησης ποικίλλουν σύμφωνα με τη δραστηριότητα και το περιβάλλον. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος οι αισθητηριακές και οι κινητικές στρατηγικές χρησιμοποιήθηκαν για να επιτευχθεί ο στασικός έλεγχος ο οποίος πρέπει να προσαρμοστεί στην ποικιλία των δραστηριοτήτων και στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος (Shumway-Cook A, Horak F., 1989).

5. Έλεγχος της στάσης

Ποια είναι η χαρακτηριστική συμπεριφορά της ήρεμης στάσης και τι είναι αυτό που μας επιτρέπει να παραμένουμε ήρεμοι κατά τη διάρκεια της όρθιας ή της καθιστής

στάσης; Η ήρεμη στάση χαρακτηρίζεται από ελάχιστα ποσά συνεχών στασικών ταλαντώσεων. Βρέθηκε ότι ένας σημαντικός αριθμός παραγόντων μπορεί να συνεισφέρει στην σταθερότητα αυτής της κατάστασης. Πρώτον, η ευθυγράμμιση του σώματος μπορεί να ελαχιστοποιήσει την επίδραση της βαρύτητας η οποία έχει την τάση να μας σπρώχνει έξω από το κέντρο. Δεύτερον, ο μυϊκός τόνος διατηρείτο σώμα στη θέση του για να μη δράσει ενάντια στη βαρύτητα. Τρεις είναι οι παράγοντες που συνεισφέρουν στον μυϊκό μας τόνο κατά τη διάρκεια της ήρεμης στάσης: (α) η εγγενής δυναμική που έχουν οι ίδιοι μύες, (β) το υπόβαθρο του μυϊκού τόνου που υπάρχει φυσιολογικά σε όλους τους μύες λόγω νεύρωσης και (γ) ο στασικός τόνος η ενεργοποίηση των αντιβαρικών μυών κατά τη διάρκεια της ήρεμης στάσης. Ας δούμε πώς συμβαίνουν όλα αυτά.

•Ευθυγράμμιση

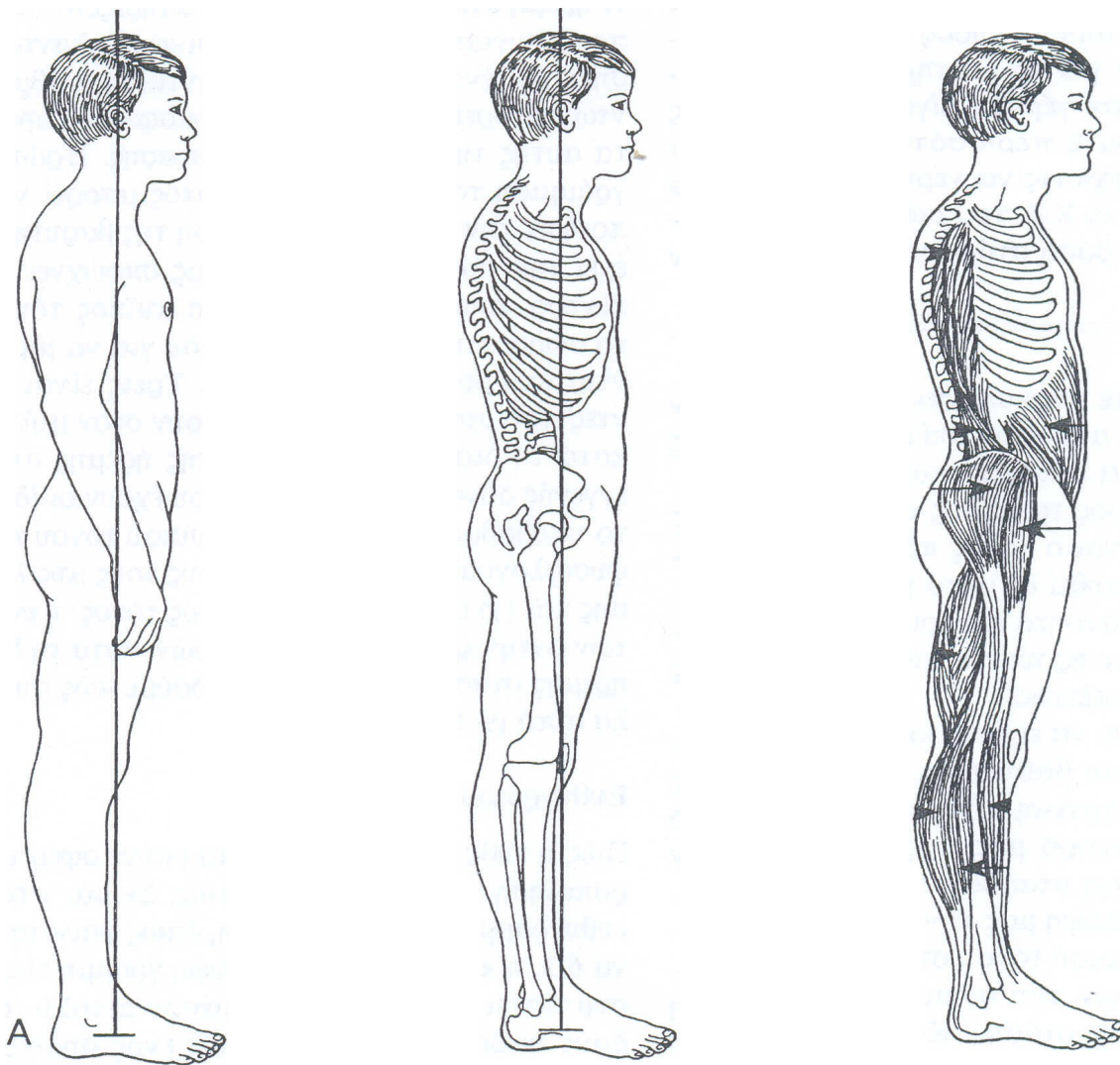
Πώς η ευθυγράμμιση συνεισφέρει στη σταθεροποίηση της στάσης; Σε μία υποδειγματική ευθύγραμμη στάση, όπως φαίνεται στην εικόνα 3, η κατακόρυφη γραμμή της βαρύτητας συμπίπτει με το μέσον μεταξύ (α) μαστοειδούς υπόφυσης, (β) ενός σημείου ακριβώς μπροστά από την άρθρωση του ώμου, (γ) των αρθρώσεων του ισχίου ή λίγο πιο πίσω, (δ) ενός σημείου ακριβώς μπροστά από το κέντρο των αρθρώσεων του γόνατος και (ε) ενός σημείου ακριβώς μπροστά από τις αρθρώσεις της ποδοκνημικής. Η ιδανική ευθυγράμμιση κατά τη στάση επιτρέπει στο σώμα να διατηρήσει την ισορροπία καταβάλλοντας τη λιγότερη ενέργεια του σώματος,

Προτού συνεχίσουμε την ανασκόπηση στην έρευνα που αφορά τον έλεγχο της στάσης και της κίνησης, πρέπει να βεβαιωθούμε ότι στα συνεχόμενα κομμάτια 1,2,3 εξετάζονται τεχνικές για ανάλυση της κίνησης σε διάφορα επίπεδα ελέγχου, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρομυογραφίας, της κινηματικής και της κινητικής ανάλυσης,

•Μυϊκός Τόνος

Τι είναι ο μυϊκός τόνος και πώς βοηθάει να διατηρούμε την ισορροπία μας; Ως μυϊκός τόνος αναφέρεται η δύναμη με την οποία ένας μύς αντιστέκεται στην επιμήκυνσή του, δηλαδή ο βαθμός σκληρότητάς του. Ο μυϊκός τόνος συχνά εξετάζεται κλινικά με την παθητική διάταση ως αντίσταση που ασκείται από τους μύες. Τόσο νευρολογικοί όσο και μη νευρολογικοί μηχανισμοί συμβάλλουν στη διαμόρφωση του μυϊκού τόνου ή της σκληρότητας.

Ένα συγκεκριμένο επίπεδο μυϊκού τόνου είναι πάντα παρόν στον φυσιολογικό χαλαρό άνθρωπο. Ωστόσο, στην κατάσταση χαλάρωσης τα ΗΜΓ δεν καταγράφουν ηλεκτρική δραστηριότητα των φυσιολογικών ανθρώπινων σκελετικών μυών. Το γεγονός αυτό οδήγησε τους ερευνητές στη διαπίστωση ότι οι μη νευρολογικοί παράγοντες που συμβάλλουν στη διαμόρφωση του μυϊκού τόνου, είναι το αποτέλεσμα μικρών ποσοτήτων ελεύθερου ασβεστίου που υπάρχει στις μυϊκές ίνες και προκαλεί ένα χαμηλό επίπεδο διαρκούς ανακύκλωσής τους .



Εικόνα 3. Εικονιζόμενο διάγραμμα της (Α και Β) ιδανικής ευθυγράμμισης της στάσης, απαιτώντας τηνελάχιστη μυϊκή προσπάθεια για να παραμείνει στην κατακόρυφη θέση και Γ, οι μύες οι οποίοι ενεργούντονικά κατά τη διάρκεια ελέγχου της ήρεμης στάσης (Προσαρμοσμένο από Kendall FP, McCreay EK, *Muscles: testing and function*, 3rd ed, Baltimore: Williaams & Wilikins, 1983:280)),

Υπάρχουν επίσης νευρολογικοί παράγοντες που συμβάλλουν στη διαμόρφωση του μυϊκού τόνου και που συνδέονται με την ενεργοποίηση του μυστατικού αντανακλαστικού, στο οποίο οφείλεται η αντίσταση στην επιμήκυνση του μύος. Αλλαγές του μήκους του μύος γίνονται αισθητές για τις μυϊκές ατράκτους. Αυτή η κεντρομόλος πληροφορία φτάνει στους κινητικούς νευρώνες, οι οποίοι μεταβάλλουν το επίπεδο πυροδότησής τους, ώστε να επιτευχθεί η απαιτούμενη δύναμη για τη μεταβολή του μήκους του μύος στο επιθυμητό του μέτρο. Με αυτόν τον τρόπο, η αλυσίδα του μυστατικού αντανακλαστικού δρα διαρκώς, με στόχο τη διατήρηση του μήκους του μύος σε κάποια όρια. Για μία λεπτομερέστερη ανασκόπηση του ρόλου της μυϊκής ατράκτου παραπέμπουμε στο τρίτο κεφάλαιο.

Ο ρόλος του μυοστατικού αντανακλαστικού στη διαμόρφωση φυσιολογικού μυϊκού τόνου είναι ξεκάθαρος. Ωστόσο, δεν είναι ξεκάθαρος ο ρόλος του στη διατήρηση της όρθιας στάσης. Σύμφωνα με κάποια θεωρία, το μυοστατικό αντανακλαστικό παίζει ρόλο ανατροφοδότησης κατά τη διατήρηση της στάσης. Έτσι, λοιπόν, η παραπάνω θεωρία υποστηρίζει ότι καθώς ταλαντευόμαστε μπρος πίσω κατά την ορθοστάτηση, οι μύες της ποδοκνημικής διατείνονται, ενεργοποιώντας έτσι το μυοστατικό αντανακλαστικό, που έχει ως συνέπεις τη βράχυνση των μυών και κατ' επέκταση τον έλεγχο της προσθιοπίσθιας ταλάντευσης. Ενώ κάποιοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι είναι κρίσιμος ο ρόλος του μυοστατικού αντανακλαστικού στη διατήρηση της στάσης, κάποιοι άλλοι αναρωτιούνται για τον ρόλο του στον έλεγχο της θέσης ηρεμίας. Αναφορές για τη μικρή συμμετοχή του μυοστατικού αντανακλαστικού κατά τη διάρκεια της στάσης οδήγησαν κάποιους ερευνητές να αναρωτηθούν για τη σχέση του με τον έλεγχο της ταλάντευσης.

•Στασικός Τόνος

Έχουμε ήδη εξηγήσει τους μηχανισμούς που παράγουν τον τόνο στους μεμονωμένους μυς του ατόμου που βρίσκεται σε θέση χαλάρωσης. Αυτό το θεμελιώδες επίπεδο μεταβολών δραστηριότητας σε συγκεκριμένους αντιβαρικούς στασικούς μυς, όταν στεκόμαστε όρθιοι, αντισταθμίζει τη δύναμη της βαρύτητας. Αυτό το αυξημένο επίπεδο δραστηριότητας των αντιβαρικών μυών αναφέρεται ως στασικός τόνος. Ποιοι είναι όμως οι παράγοντες που συμβάλλουν στη διαμόρφωση του στασικού τόνου;

Ένας μεγάλος αριθμός παραγόντων επηρεάζει τον στασικό τόνο. Πειραματικές ενδείξεις φανερώνουν ότι βλάβες των οπίσθιων (αισθητηριακών) νωτιαίων ριζών μειώνουν τον στασικό τόνο, γεγονός που αποδεικνύει την επίδραση του σωματοαισθητηριακού συστήματος στη διαμόρφωση του στασικού τόνου (Ghez C., 1991). Επιπλέον, είναι από παλιά γνωστό ότι η ενεργοποίηση δερματικών υποδοχέων του πλέγματος του ποδιού προκαλεί μία αντίδραση τοποθέτησης, με αυτόματη έκταση του ποδιού πάνω στη στηρικτική επιφάνεια αύξηση δηλαδή του στασικού τόνου των εκτεινόντων μυών. Επίσης, σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα που παράγονται με μεταβολές του προσανατολισμού της κεφαλής, μπορούν να επηρεάσουν την κατανομή του στασικού τόνου στον κορμό και τα άκρα (Ghez C., 1991). Αυτού του είδους τα φαινόμενα αναφέρονται ως τονικά αυχενικά αντανακλαστικά και αναλύονται περαιτέρω στο επόμενο κεφάλαιο σχετικά με τη στασική ανάπτυξη.

Τον στασικό τόνο επίσης επηρεάζουν ερεθίσματα από το οπτικό και το αιθουσαίο σύστημα. Αιθουσαία ερεθίσματα που παράγονται από μεταβολές του προσανατολισμού της κεφαλής, μεταβάλλουν την κατανομή του στασικού τόνου στον αυχένα και τα άκρα και αναφέρονται ως αιθουσαίο-οφθαλμικό και αιθουσαίονωτιαίο αντανακλαστικό.

Συχνά δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη συμβολή των αντανακλαστικών αυτών στη διαμόρφωση του στασικού ελέγχου στην κλινική βιβλιογραφία. Ωστόσο, πρέπει να θυμόμαστε ότι είναι πολλοί οι παράγοντες που επηρεάζουν τον στασικό έλεγχο ενός φυσιολογικού, λειτουργικού ατόμου. Είναι όμως πιθανό τα αντανακλαστικά μονοπάτια να πάρουν την προτεραιότητα στον έλεγχο της στάσης σε ένα νευρολογικά διαταραγμένο άτομο που έχει απολέσει την επιρροή των μη αντανακλαστικών παραγόντων.

Στην κλινική βιβλιογραφία δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην έννοια του στασικού

τόνου ως μείζονος μηχανισμού υποστήριξης του σώματος ενάντια στη βαρύτητα. Ιδιαίτερα, κάποιοι κλινικοί υποστηρίζουν ότι ο στασικός τόνος του κορμού είναι το στοιχείο-κλειδί του ελέγχου της φυσιολογικής στασικής σταθερότητας στην όρθια θέση. Πόσο συμβατή όμως είναι αυτή η υπόθεση με τις ΗΜΓ μελέτες που έχουν εξετάσει τη μυϊκή δραστηριότητα στη θέση ηρεμίας;

Κάποιοι ερευνητές έχουν αποδείξει ότι πολλοί από τους μυς του σώματός μας είναι τονικά ενεργοί στη θέση ηρεμίας. Κάποιοι από τους μυς αυτούς φαίνονται στην εικόνα.3.Γ και είναι: (α) ο υποκνημίδιος και ο γαστροκνήμιος, καθώς η γραμμή της βαρύτητας περνά ..ελαφρά μπροστά από το γόνατο και την ποδοκνημική, (β) ο πρόσθιος κνημιαίος, όταν το σώμα ταλαντεύεται προς την οπίσθια κατεύθυνση, (γ) ο μέσος γλουτιαίος και ο τείνων την πλατεία περιτονία, αλλά όχι ο μέγας γλουτιαίος, (δ) ο λαγονοψοίτης, που εμποδίζει την υπερέκταση των ισχίων, αλλά όχι οι ιγνυακοί τένοντες και ο τετρακέφαλος και (ε) ο θωρακικός ιερονωτιαίος μυς στον κορμό, με ενδιάμεση ενεργοποίηση των κοιλιακών γιατί η γραμμή της βαρύτητας πέφτει μπροστά από τη σπονδυλική στήλη.

Οι παραπάνω μελέτες δείχνουν ότι μύες από ολόκληρο το σώμα και όχι μόνο από τον κορμό, είναι τονικά ενεργοί με στόχο τη διατήρηση του σώματος σε μία στενά περιορισμένη κάθετη θέση κατά την ήρεμη στάση. Καθώς το κέντρο βάρους του σώματος φεύγει έξω από τα στενά όρια της *ιδανικής ευθυγράμμισης*, απαιτείται περισσότερη μυϊκή προσπάθεια για την ανάκτηση της σταθερής θέσης. Στις περιπτώσεις αυτές, χρησιμοποιούνται αντισταθμιστικές στασικές στρατηγικές για την επαναφορά του κέντρου βάρους μέσα στα πλαίσια της βάσης στήριξης.

6. Κινητικές στρατηγικές απαραίτητες για τη διατήρηση της στάσης

Ο έλεγχος της ορθοστάτησης συνήθως εξαρτάται από τη διατήρηση του σώματος στο κατακόρυφο επίπεδο. Για παράδειγμα, μπορούμε να διατηρήσουμε την όρθια θέση και όταν σκύψουμε το κεφάλι κοιτάζοντας κάτι στο έδαφος ή, αλλιώς, όταν σταθούμε με το κεφάλι προς τα πίσω κοιτάζοντας ένα πουλί. Και στις δύο περιπτώσεις μπορεί να αλλάζει η τοποθέτηση(στάση, θέση) των μελών του σώματος για να πετύχει αυτές τις δύο δραστηριότητες. Εάν το κέντρο βάρους του σώματος δεν βρίσκεται ανάμεσα στη βάση στήριξης των ποδιών, τότε το άτομο μπορεί να πέσει κάτω, εκτός και αν αλλάξει τη βάση στήριξης κάνοντας ένα βήμα.

Πριν από μία δεκαετία, μελετήθηκαν πάρα πολύ οι αισθητηριακές και κινητικές στρατηγικές για τον έλεγχο της όρθιας στάσης. Τι σημαίνει στρατηγικές για στασικό έλεγχο; Μία στρατηγική είναι ένα σχέδιο ενεργοποίησης, μία προσέγγιση της οργάνωσης μεμονωμένων στοιχείων, διαμέσου ενός συστήματος, σε συλλεκτική δόμηση. Οι στασικές **κινητικές στρατηγικές** αναφέρονται στην οργάνωση κινήσεων που είναι κατάλληλες για τον έλεγχο της θέσης του σώματος στον χώρο. Οι **αισθητηριακές στρατηγικές** οργανώνουν αισθητηριακές πληροφορίες για τα οπτικά, τα σωματοαισθητικά και τα ακουστικά συστήματα για στασικό έλεγχο. Τελικά **οι αισθητηριακοκινητικές στρατηγικές** αντανakλούν τους κανόνες για τον συντονισμό από αισθητηριακής και κινητικής πλευράς του στασικού ελέγχου (Shumway-Cook A, Horak F., 1989).

Πολλά ερευνητικά κέντρα και μεταξύ αυτών των Lewis και Nashner στις ΗΠΑ και των Dichgans, Dietz και Allum στην Ευρώπη, έχουν μελετήσει την οργάνωση των κινητικών στρατηγικών που χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση της σταθερότητας σε ανταπόκριση μικρών μετατοπίσεων της υποστηρικτικής επιφάνειας,

χρησιμοποιώντας ποικιλία κινούμενων επιφανειών. Επιπλέον, έχουν περιγραφεί χαρακτηριστικά πρότυπα μυϊκής δραστηριότητας, οι ονομαζόμενες μυϊκές συνέργειες, που συνοδεύουν τις στατικές κινητικές στρατηγικές. Αυτά τα κινητικά πρότυπα αναφέρονται και ως στρατηγικές ποδοκνημικής, ισχίων και ανάρτησης ή βάδισης.

Αυτές οι στατικές κινητικές στρατηγικές χρησιμοποιούνται τόσο ανατροφοδοτικά όσο και ως τροφοδότηση εκ των προτέρων(προληπτικά) για τη διατήρηση της ισορροπίας σε πλειάδα συνθηκών. Παρακάτω αναφέρονται κάποια παραδείγματα τέτοιων συνθηκών:

1. Ως ανταπόκριση σε εξωτερικά οφειλόμενες μεταβολές της ισορροπίας, όπως όταν κινείται η υποστηρικτική επιφάνεια.
2. Προληπτικά έναντι μιας διαταραχής του συστήματος, για παράδειγμα πριν από μία εκούσια κίνηση πιθανώς αποσταθεροποιητική.
3. Σε ανταπόκριση απροσδόκητων διαταραχών του κύκλου της βάδισης.
4. Σε εκούσιες μετακινήσεις του κέντρου βάρους κατά τη στάση.

Ο Nashner και οι συνεργάτες του ερεύνησαν τα μυϊκά πρότυπα που θεμελιώνουν τις κινητικές στρατηγικές της ισορροπίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας του στατικού ελέγχου σε νευρολογικά υγιείς νεαρούς ενήλικους δείχνουν ότι το νευρικό σύστημα συντονίζει ανεξάρτητους μη σχετιζόμενους μυς σε ενότητες που καλούνται μυϊκές συνέργειες. Ως συνέργεια ορίζεται η λειτουργική ένωση μυϊκών ομάδων κατά τρόπο ώστε να είναι υποχρεωμένες να λειτουργούν ως ενότητα. Το γεγονός αυτό απλοποιεί κατά πολύ τις ελεγχόμενες αρμοδιότητες του Κ.Ν.Σ. Έχει σημασία όμως να θυμόμαστε πως παρ' ότι οι μυϊκές συνέργειες είναι ένας κρίσιμος παράγοντας, είναι μόνον ένας από τους πολλούς μηχανισμούς που επηρεάζουν την εικόνα του στατικού ελέγχου.

Ποιες είναι όμως αυτές οι μυϊκές συνέργειες στις οποίες θεμελιώνονται οι κρίσιμες για τον στατικό έλεγχο κινητικές στρατηγικές; Και επίσης πώς γνωρίζουν οι επιστήμονες εάν αυτές οι νευρομυϊκές ανταποκρίσεις οφείλονται σε προγράμματα των νευρών(συνέργειες) ή εάν είναι το αποτέλεσμα ανεξάρτητης σύσπασης μεμονωμένων μυών σε μηχανικά συνδεδεμένες αρθρώσεις;

•Στρατηγική Ποδοκνημικής

Η στρατηγική ποδοκνημικών και η συνακόλουθη μυϊκή συνέργεια ήταν ένα από τα πρώτα πρότυπα ελέγχου της ταλάντωσης στην όρθια θέση που ταυτοποιήθηκαν. Η στρατηγική ποδοκνημικών επαναφέρει το κέντρο βάρους σε μία θέση σταθερότητας για το σώμα, επικεντρώνοντας την κίνηση του σώματος, κυρίως, γύρω από την άρθρωση των ποδοκνημικών. Η τυπική συνεργική μυϊκή δραστηριότητα και οι κινήσεις του σώματος που συνοδεύουν την αντιρρόπηση μιας πρόσθιας απώλειας της ισορροπίας. Σε αυτήν την περίπτωση μία κίνηση της υποστηρικτικής επιφάνειας προς τα πίσω ευθύνεται για την πρόσθια ταλάντευση του ατόμου. Η μυϊκή δραστηριότητα του γαστροκνήμιου ξεκινάει 90 με 100 msec μετά την πρόκληση της διαταραχής και ακολουθείται από ενεργοποίηση των ιγνυακών τενόντων του δικέφαλου μηριαίου μύος 20 με 30 msec αργότερα, ενώ τελευταίοι ενεργοποιούνται οι παρασπονδύλιοι μύες (Nashner IM, 1977). Η ενεργοποίηση του γαστροκνήμιου παράγει κάποια ροπή πελματιαίας κάμψης η οποία επιβραδύνει και κατόπιν αντιστρέφει την πρόσθια κίνηση του σώματος, Η ενεργοποίηση των ιγνυακών τενόντων και των παρασπονδυλίων μυών διατηρεί ισχία και γόνατα στην εκτατική τους θέση, Δίχως τη συνεργική δραστηριότητα των ιγνυακών τενόντων και των παρασπονδυλίων μυών το έμμεσο αποτέλεσμα της ροπής που δημιουργεί ο γαστροκνήμιος στις ποδοκνημικές,

θα ήταν η πρόσθια κίνηση του κορμού σε σχέση με τα κάτω άκρα.

Η συνεργική μυϊκή δραστηριότητα και οι σωματικές κινήσεις που συμβαίνουν στην προσπάθεια για ανάκτηση της σταθερότητας σε ανταπόκριση αποσταθεροποίησης με οπίσθια ροπή, Η μυϊκή δραστηριότητα εμφανίζεται καταρχάς σε περιφερικό μυ, τον πρόσθιο κνημιαίο, ενώ κατόπιν ακολουθούν ο τετρακέφαλος και οι κοιλιακοί.

Πώς γνωρίζουν όμως οι επιστήμονες ότι οι μύες της ποδοκνημικής, του γόνατος και των ισχίων είναι μέρος μιας νευρομυϊκής συνέργειας και ότι δεν ενεργοποιούνται ως ανταπόκριση στη μεταβολή της θέσης μιας μεμονωμένης άρθρωσης; Κάποια πρώιμα πειράματα σχετικά με τον στατικό έλεγχο παρέχουν αρκετές ενδείξεις για τη συνεργική μυϊκή οργάνωση.

Σε αυτά τα πρώιμα πειράματα η πλατφόρμα περιστρεφόταν γύρω από ένα άξονα, άλλοτε ανυψώνοντας και άλλοτε κατεβάζοντας τα δάκτυλα από τη μέση θέση, Όταν η πλατφόρμα περιστρεφόταν ανυψώνοντας τα δάκτυλα, παρατηρούσαμε διάταση του γαστροκνημίου και ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής, ενώ αυτά τα ερεθίσματα δεν συνοδεύονταν από κινήσεις στις μηχανικά συνδεδεμένες αρθρώσεις του γόνατος και του ισχίου. Η νευρομυϊκή ανταπόκριση στην- περιστροφή της πλατφόρμας περιελάμβανε ενεργοποίηση των μυών τόσο της ποδοκνημικής όσο και του γόνατος και του ισχίου, ενώ κίνηση εμφανιζόταν αποκλειστικά στην άρθρωση της ποδοκνημικής. Οι παραπάνω πειραματικές ενδείξεις υποστηρίζουν την άποψη μιας νευρολογικά προγραμματισμένης μυϊκής συνέργειας, στην οποία περιλαμβάνονται οι μύες του γόνατος και του ισχίου της ίδιας πλευράς του σώματος όπου διατάθηκαν οι μύες της ποδοκνημικής.

Καθώς αυτές οι ανταποκρίσεις είναι αποσταθεροποιητικές, προκειμένου να ανακτηθεί η ισορροπία, εμφανίζεται μυϊκή δραστηριότητα στο αντίθετο μισό του σώματος. Θεωρείται ότι οι ανταποκρίσεις αυτές προκύπτουν ως απάντηση σε αιθουσαία και οπτικά ερεθίσματα και συχνά αναφέρονται ως M3 ανταποκρίσεις, σε αντίθεση με τις τύπου M1 ανταποκρίσεις που είναι το μονοσυναπτικό μυστατικό αντανακλαστικό και με τις μεγαλύτερης λανθάνουσας διάρκειας διατακτικές ανταποκρίσεις, που ονομάζονται τύπου M2 ανταποκρίσεις.

Η κινητική στρατηγική των ποδοκνημικών που περιγράφηκε παραπάνω φαίνεται ότι χρησιμοποιείται κυρίως σε συνθήκες όπου η διαταραχή της ισορροπίας είναι μικρή και η υποστηρικτική επιφάνεια σταθερή. Η χρήση της στρατηγικής ποδοκνημικών προϋποθέτει πλήρες εύρος κίνησης και δύναμη στις ποδοκνημικές. Τι συμβαίνει όμως όταν η διαταραχή της ισορροπίας είναι μεγάλη ή όταν δεν μπορούμε να εφαρμόσουμε δύναμη χρησιμοποιώντας τους μύς της ποδοκνημικής;

•Στρατηγική Ισχίου

Οι επιστήμονες έχουν διακρίνει μία ακόμη στρατηγική ελέγχου της σωματικής ταλάντευσης, την κινητική στρατηγική ισχίων. Η στρατηγική αυτή ελέγχει την κίνηση του κέντρου βάρους παράγοντας γρήγορες και ευρείες κινήσεις στις αρθρώσεις των ισχίων με αντίρροπες περιστροφές στις ποδοκνημικές.

Η τυπική συνεργική μυϊκή δραστηριότητα που συνοδεύει τη στρατηγική ισχίων. Η οπίσθια κίνηση της πλατφόρμας προκαλεί και πάλι πρόσθια ταλάντευση του ατόμου. Οι μύες που τυπικά ανταποκρίνονται στην πρόσθια ταλάντευση, όταν το άτομο στέκεται σε μία στενή βάση στήριξης, είναι διαφορετικοί από αυτούς που ανταποκρίνονται στην πρόσθια ταλάντευση πάνω σε μία ευρεία υποστηρικτική επιφάνεια. Η μυϊκή δραστηριότητα εμφανίζεται 90 με 100 msec μετά την εμφάνιση της διαταραχής, καταρχάς στους κοιλιακούς μύς, ενώ ακολουθεί η ενεργοποίηση του τετρακέφαλου (Horak F, Nashner I., 1986). Το μυϊκό πρότυπο και τις

σωματικές κινήσεις που συνοδεύουν τη στρατηγική ισχίων για την οπίσθια ταλάντευση. Οι Horak και Nashner πιστεύουν ότι η στρατηγική ισχίων χρησιμοποιείται για την ανάκτηση της ισορροπίας σε ανταπόκριση μεγάλων και γρήγορων διαταραχών ή όταν η υποστηρικτική επιφάνεια είναι μαλακή ή μικρότερη από την επιφάνεια του πέλματος, όπως για παράδειγμα, όταν στέκεται πάνω σε μία δοκό.

•Στρατηγική Βηματισμού

Όταν μια ισχυρή στασική διαταραχή μετατοπίσει το κέντρο βάρους του σώματος έξω από τη βάση στήριξης, τότε κάνοντας ένα βήμα ή ένα πηδηματάκι (στρατηγική βηματισμού) επαναφέρουμε τη βάση στήριξης κάτω από το κέντρο βάρους. Ενώ όμως οι παραπάνω στρατηγικές και οι εξαρτημένες μυϊκές συνέργειες παρουσιάζονται ως αμιγείς οντότητες, οι ερευνητές έχουν δείξει ότι τα νευρολογικώς υγιή άτομα χρησιμοποιούν ποικίλους συνδυασμούς αυτών των στρατηγικών, προκειμένου να ελέγξουν την προσθιοπίσθια ταλάντευση στην όρθια θέση.

7. Προσαρμογή των κινητικών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον

Κάποιες μελέτες έχουν δείξει ότι τα φυσιολογικά άτομα μπορούν εύκολα να κινούνται από τη μία στασική κινητική στρατηγική στην άλλη. Για παράδειγμα, όταν ζητήθηκε από κάποια, άτομα να σταθούν στη στενή δοκό ισορροπίας, τα περισσότερα κινήθηκαν από τη στρατηγική ποδοκνημικών στη στρατηγική ισχίων στις 5 από τις 15 προσπάθειες, ενώ όταν ήρθαν στη φυσιολογική επιφάνεια στήριξης επέστρεψαν στη στρατηγική ποδοκνημικών σε 6 προσπάθειες. Κατά τη μετάβαση από τη μία στρατηγική στην άλλη, τα άτομα χρησιμοποιούσαν σύνθετες κινητικές στρατηγικές που ήταν συνδυασμοί των αμιγών στρατηγικών.

Οι επιστήμονες υποθέτουν ότι το Κ.Ν.Σ. αναπαριστά τις διαφορές κινητικές στρατηγικές σε σχέση με τα όρια του χώρου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια. Το Κ.Ν.Σ. φαίνεται να χαρτογραφεί τη σχέση μεταξύ των σωματικών κινήσεων στον χώρο και των κινητικών στρατηγικών που χρησιμοποιούνται για να ελεγχθούν οι κινήσεις αυτές. Τα όρια αυτά είναι δυναμικά και μεταβάλλονται ανάλογα με τις απαιτήσεις της δραστηριότητας και του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, τα όρια για τη χρησιμοποίηση των στρατηγικών ποδοκνημικής, ισχίων, βηματισμού, κατά την ορθοστάτηση σε στέρεα επίπεδη επιφάνεια, μπορεί να είναι διαφορετικά από αυτά που χρησιμοποιούνται κατά την ορθοστάτηση σε στενή δοκό.

Η πληροφορία αυτή είναι ενδιαφέρουσα, αλλά είναι αλήθεια ότι τροποποιούμε το εύρος των στασικών ανταποκρίσεων μόνον όταν είναι ακατάλληλες για τη δραστηριότητα. Η απάντηση είναι αρνητική. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι ρυθμίζουμε συνεχώς το εύρος των στασικών μας ανταποκρίσεων, ακόμη και όταν είναι κατάλληλες. Για παράδειγμα, η Woollacott και οι συνεργάτες της, δοκίμασαν τις ανταποκρίσεις ενήλικων σε επαναλαμβανόμενες κινήσεις παράλληλης μετατόπισης μιας πλατφόρμας και βρήκαν ότι με την επαναλαμβανόμενη έκθεση στην κίνηση, η ταλάντευση των ατόμων ήταν μικρότερη καθώς μικρότερο ήταν και το εύρος των στασικών τους ανταποκρίσεων. Συνεπώς, με την επαναλαμβανόμενη έκθεση σε μία δεδομένη στασική πρόκληση, τα άτομα βελτίωναν τα χαρακτηριστικά της ανταπόκρισής τους ώστε να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά της.

Πώς τροποποιούμε τις στασικές στρατηγικές για να ανταποκριθούμε στους

πολλαπλούς στόχους της δραστηριότητας; Για παράδειγμα, στην προσπάθειά μας να σταθούμε όρθιοι μέσα σε ένα λεωφορείο, ενώ κρατάμε ένα φλιτζάνι καφέ, χρησιμοποιούμε διαφορετική στρατηγική από εκείνη στην οποία προσπαθούμε να διαβάσουμε ένα βιβλίο; Για να απαντήσουν στο παραπάνω ερώτημα οι ερευνητές ζήτησαν από κάποια άτομα να σταθούν πάνω σε μία πλατφόρμα είτε κρατώντας ,τους αγκώνες τους σε μία σταθερή γωνία, όπως όταν διαβάζει κανείς ένα βιβλίο, είτε κρατώντας τα δάκτυλά τους σε ένα σταθερό σημείο στον χώρο, σαν να προσπαθούν να κρατήσουν ένα ποτήρι νερό. Βρήκαν ότι τα άτομα χρησιμοποιούσαν τη στρατηγική ποδοκνημικών και στις δύο δραστηριότητες, μεταβάλλοντας τη σχέση κορμού και άνω άκρου για να εκτελέσουν την επιπλέον δραστηριότητα των άνω άκρων.

Προκειμένου να εμβαθύνει ,στο ζήτημα του στασικού ελέγχου ταλάντευσης η MacPherson, εκτέλεσε πειράματα στα οποία διαταράσσει τον στασικό έλεγχο σε, γάτες αλλάζοντας 16 διαφορετικές κατευθύνσεις, συνολικού εύρους 360 μοίρες (Hirschfeld H., 1992). Παρ'οτι η ισορροπία τους διαταρασσόταν προς 16 διαφορετικές κατευθύνσεις, οι γάτες ανταποκρίνονταν με παραγωγή δύναμης μόνο προς δύο κατευθύνσεις. Επιπλέον, ενώ κάποιοι μυς φαίνονταν να είναι λειτουργικά σύ너지 σε ζεύγη, κάποιοι άλλοι φαίνονταν να ελέγχονται ανεξάρτητα και χρησιμοποιούνταν για τον εύρυθμο συντονισμό των συνεργειών.

Πώς όμως σχετίζεται το παραπάνω πείραμα με τα πειράματα στασικού ελέγχου σε ανθρώπους; Μέχρι πρόσφατα, η έρευνα για τον ανθρώπινο στασικό έλεγχο τόνιζε τη σημασία ενός περιορισμένου αριθμού μυϊκών συνεργειών, που συνιστούν τη βάση του στασικού ελέγχου. Τα πειράματα με τις γάτες δείχνουν ότι κάποιοι μυς μέσα στις συνέργειες μπορεί να είναι ζεύγη, ενώ υπάρχει και μυϊκή δραστηριότητα εξαιρετικά μεταβλητή. Συνεπώς, το Κ.Ν.Σ. πρέπει να συνδυάζει τους μυς με περισσότερους τρόπους από όσους μέχρι τώρα πιστεύαμε ότι το κάνει. Ωστόσο, ο τρόπος εφαρμογής των δυνάμεων μπορεί να είναι πολύ περιορισμένος. Το γεγονός αυτό αλλάζει την έμφαση για τον στασικό έλεγχο, από τη θεώρηση του περιορισμένου αριθμού μυϊκών συνεργειών σε αυτή του περιορισμένου αριθμού στρατηγικών δύναμης. Η παραπάνω υπόθεση υποστηρίζεται και από κάποια πειράματα στασικού ελέγχου σε ανθρώπους, οι οποίοι εξετάστηκαν σε μυϊκές ανταποκρίσεις κατά τον έλεγχο της ταλάντευσης προς διάφορες κατευθύνσεις. Οι ερευνητές βρήκαν στερέοτυπικές ανταποκρίσεις μυϊκών συνεργειών κατά την πρόσθια και οπίσθια ταλάντευση, ενώ οι ανταποκρίσεις ήταν πιο ποικίλες όταν η ταλάντευση αφορούσε άλλες κατευθύνσεις. Έτσι, καθώς μεταβαλλόταν η κατεύθυνση της διαταραχής, μεταβαλλόταν διαρκώς και η δραστηριότητα των καταγραφόμενων μυών.

Περίληπτικά, γνωρίζουμε ότι η ικανότητα να παράγουμε και να εφαρμόζουμε συντονισμένες δυνάμεις για να ελέγξουμε τη θέση του σώματος στον χώρο, είναι ένα κρίσιμο στοιχείο του στασικού ελέγχου. Γνωρίζουμε ότι το Κ.Ν.Σ. πρέπει να δραστηριοποιεί συνεργικούς μυς σε μηχανικά σχετιζόμενες αρθρώσεις, ώστε οι δυνάμεις που εφαρμόζονται σε μία άρθρωση για τον έλεγχο της ισορροπίας, να μη δημιουργούν αποσταθεροποίηση σε οποιοδήποτε άλλο σημείο του σώματος. Πιστεύουμε ότι το Κ.Ν.Σ. αναπαριστά εσωτερικά τη θέση του σώματος στον χώρο σε αναφορά με τις αποτελεσματικές συμπεριφορικές στρατηγικές για τον έλεγχο της κίνησης αυτής. Ωστόσο, δεν είναι ακόμη ξεκάθαρο πότε οι συμπεριφορικές αυτές στρατηγικές αναπαριστώνται εσωτερικά ως μυϊκές συνέργειες, κινητικές στρατηγικές ή στρατηγικές δύναμης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ II

ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΣΤΑΣΗ

1. Εισαγωγή

Ο αποτελεσματικός στατικός έλεγχος προϋποθέτει περισσότερα πράγματα από την ικανότητα για παραγωγή και εφαρμογή δύναμης για τον έλεγχο της θέσης του σώματος στον χώρο. Προκειμένου να γνωρίζουμε το πότε και το πώς να εφαρμόσουμε τις δυνάμεις, το Κ.Ν.Σ. πρέπει να έχει μια ακριβή εικόνα για το πού βρίσκεται το σώμα μας στον χώρο και εάν είναι στατικό ή κινούμενο. Πώς όμως επιτυγχάνει κάτι τέτοιο το Κ.Ν.Σ; Το Κ.Ν.Σ. πρέπει να οργανώσει τις πληροφορίες που στέλνουν οι αισθητηριακοί υποδοχείς από όλο το σώμα, προτού να είναι σε θέση να προσδιορίσει τη θέση του σώματος στον χώρο. Φυσιολογικά, τα περιφερικά ερεθίσματα από το οπτικό, το σωματοαισθητηριακό (ιδιοδεκτικοί, δερματικοί και αρθρικοί υποδοχείς) και το αιθουσαίο σύστημα χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της θέσης και της κίνησης του σώματος στον χώρο, σε σχέση με τη βαρύτητα και το περιβάλλον. Κάθε αίσθηση παρέχει στο Κ.Ν.Σ. ιδιαίτερες πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την κίνηση του σώματος και έτσι κάθε αίσθηση παρέχει ένα διαφορετικό πλαίσιο αναφοράς όσον αφορά τον στατικό έλεγχο.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΟΠΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΚΙΝΗΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ

2.A. Εισαγωγή

Ένα πολύ σημαντικό τμήμα των ερευνών γύρω από τον κινητικό έλεγχο, έχει να κάνει με το ρόλο που παίζει σε αυτόν η όραση. Όπως θα δούμε παρακάτω η όραση είναι μια συνεχής πηγή πληροφόρησης και απαραίτητο στοιχείο για τον έλεγχο και τη μάθηση πολλών δραστηριοτήτων.

Σύμφωνα με το David A. Rosenbaum (1991), η όραση παρέχει για τον έλεγχο της κίνησης τρία πολύ σημαντικά είδη αισθητικών πληροφοριών. Αυτά είναι η εξωτερική αίσθηση, η ιδιοαίσθηση και η προηγηθείσα ιδιοαίσθηση. Αρχικά η όραση παρέχει πληροφορίες για το περίγραμμα και τις σχετικές θέσεις των αντικειμένων μέσα στο περιβάλλον. Παράλληλα κατά την εκτέλεση των κινήσεων, είναι δυνατή η παρακολούθηση γεγονότων τα οποία μας καθοδηγούν στο σχεδιασμό και στην εκτέλεση εναλλακτικών ενεργειών.

Παρ' ότι πιστευόταν ότι οι πληροφορίες για κινήσεις των μελών του σώματος προερχόταν από τους μηχανικούς υποδοχείς των μυών, των αρθρώσεων και του έσω ωτός, οι οπτικές πληροφορίες εμφανίζονται να παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη λειτουργία της ιδιοαίσθησης.

Η όραση αποτελεί ένα συνδετικό κομμάτι του κινητικού μηχανισμού για τη διατήρηση της όρθιας στάσης καθώς παρέχει τη δυνατότητα απομόνωσης σημαντικών αισθητικών πληροφοριών από τη συνεχώς μεταβαλλόμενη οπτική ροή. Αυτό το είδος αισθητικών πληροφοριών που παρέχονται από την όραση ονομάζεται προηγηθείσα ιδιοαίσθηση.

2.B. Φωτο-υποδοχείς

Το φως εισέρχεται στο μάτι από το κερατοειδή χιτώνα και περνά από την κόρη και του κρυσταλλοειδή φακό, πριν καταλήξει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Εκεί βρίσκονται οι φωτοευαίσθητοι υποδοχείς, οι οποίοι είναι δύο ειδών και έχουν διαφορετική δομή και συμπεριφορά. Η τοπογραφική οργάνωση των περιοχών του φλοιού και του υποφλοιού του εγκεφάλου η οποία είναι εμφανής στο σωματοαισθητικό σύστημα, γίνεται εμφανής και για το σύστημα όρασης. Οι νευρώνες του οπτικού συστήματος βρίσκονται τοποθετημένοι με τέτοιο τρόπο στο χώρο ώστε συγκεκριμένες περιοχές του αμφιβληστροειδούς χιτώνα να προβάλλονται σε ειδικά καθορισμένες περιοχές. Τα ραβδία βρίσκονται διάχυτα σε ολόκληρο τον αμφιβληστροειδή εκτός από την ωχρή κηλίδα, από την οποία εξέρχεται το οπτικό νεύρο. Τα κύτταρα αυτά ευαισθητοποιούνται σε πολύ χαμηλά επίπεδα φωτεινότητας. Λειτουργούν ως οι βασικοί φωτουποδοχείς σε καταστάσεις χαμηλού φωτισμού, στην νυχτερινή όραση και δεν είναι ευαίσθητα στα χρώματα και στις οπτικές λεπτομέρειες. Τα κωνία (λιγότερα σε αριθμό) εμφανίζουν μεγάλη συγκέντρωση στην ωχρή κηλίδα και μικρότερη στην υπόλοιπη επιφάνεια του αμφιβληστροειδή. Έχουν υψηλό ουδό ερεθισμού και ευαισθητοποιούνται μόνο σε συνθήκες πολύ έντονου φωτισμού για αυτό και θεωρούνται υπεύθυνα για την όραση κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι φωτοευαίσθητοι υποδοχείς μετατρέπουν τα φωτεινά σήματα σε ηλεκτρική ώση. Αυτή η διαδικασία μετατροπής, λειτουργεί στο σωματοαισθητικό σύστημα και προετοιμάζει την εισερχόμενη οπτική πληροφορία για περαιτέρω επεξεργασία στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

2.Γ. Η μεταφορά προς τον εγκέφαλο.

Μετά από επεξεργασία σε βαθύτερα στρώματα του αμφιβληστροειδή, οι ηλεκτρικές ώσεις εγκαταλείπουν την περιοχή του οφθαλμού και μέσω του οπτικού νεύρου μεταφέρονται προς τον εγκέφαλο.

Σε ένα συγκεκριμένο σημείο της πορείας του κάθε οπτικού νεύρου, το οποίο ονομάζεται οπτικό χίασμα, πραγματοποιείται η διασταύρωση των οπτικών ινών. Στο χίασμα οι ίνες των ρινικών τμημάτων του αμφιβληστροειδή χιάζονται, ενώ οι κροταφικές όχι.. Κάθε οπτική ταινία που προκύπτει περιέχει ίνες από το κροταφικό μισό του σύστοιχου αμφιβληστροειδή και από το ρινικό μισό του αντίστοιχου. Λόγω αυτής της κατάληξης των οπτικών νεύρων, κάθε οπτική ταινία περιέχει πληροφορίες και από το αντίθετο οπτικό πεδίο.

Η μερική αυτή διασταύρωση των οπτικών νευρικών ινών, είναι η βασική προϋπόθεση για την τρισδιάστατη όραση που διαθέτει ο άνθρωπος. Οι δύο οπτικές ταινίες περιβάλλουν τη βάση του διάμεσου εγκεφάλου και φτάνουν στην έξω επιφάνεια των σκελών πριν καταλήξουν η κάθε μία στο σύστοιχο έξω γονατώδες σώμα, αφού προηγουμένως κάθε οπτική ταινία διαχωριστεί σε έξω και έσω ρίζα. Το γονατώδες σώμα αποτελείται από έξι στρώματα, εκ των οποίων τα δύο πρώτα καλούνται μεγαλοκυτταρικά και τα στρώματα από το 4ο μέχρι το 6ο καλούνται μικροκυτταρικά. Από το σημείο αυτό, οι οπτικές ώσεις μεταφέρονται μέσω οπτικών ακτινοβολιών στο βασικό οπτικό φλοιό, ο οποίος εντοπίζεται στο οπίσθιο μέρος του ινιακού λοβού. Σε αυτή τη φάση μετάδοσης της οπτικής ακτινοβολίας αναγνωρίζεται η οργάνωση των αντικειμένων στο χώρο. Η ικανότητα αυτή οφείλεται στην ύπαρξη εξειδικευμένων κυττάρων, τα οποία βρίσκονται στο βασικό οπτικό φλοιό. Τα κύτταρα αυτά μας επιτρέπουν να αναγνωρίζουμε χαρακτηριστικά των αντικειμένων όπως η φωτεινότητα, η μορφή και οι σκιάσεις.

Ένα μικρότερο ποσοστό των ώσεων καταλήγουν στο πρόσθιο διδύμιο το οποίο

βρίσκεται στο μέσο εγκέφαλο. Το πρόσθιο διδύμιο περιλαμβάνει χάρτες αναπαράστασης των διαφόρων μερών του σώματος και της επιφάνειας του αυτιού. Τα πρόσθια διδύμια δέχονται και ολοκληρώνουν πληροφορίες από τρεις κύριες πηγές: (1) την οπτική οδό, (2) τον ινιακό φλοιό και (3) τη νωτιαιοτετραδυμική οδό, η οποία μεταδίδει σωματοαισθητικές πληροφορίες από το νωτιαίο μυελό. Κάποιες ίνες από την νωτιαιοτετραδυμική οδό κατευθύνονται στην αντίστοιχη της άλλης πλευράς, έτσι ώστε σήματα και από τα δύο οπτικά πεδία να μεταδίδονται ταυτόχρονα. Οι απαγωγές ίνες από τους πρόσθιους πυρήνες σχηματίζουν την τετραδυμονωτιαία οδό, η οποία παρέχει οπτικές πληροφορίες στο νωτιαίο μυελό και φαίνεται να συμμετέχει στον οπτικό έλεγχο της στάσης.

Προσθετικά με την παραπάνω κύρια οδό υπάρχουν φυγόκεντρες ίνες σε τμήματα του εγκεφαλικού στελέχους, τα οποία ελέγχουν τις κινήσεις του ματιού και ίνες μέσω της τετραδυμογεφυρικής οδού, οι οποίες προβάλλονται στην παρεγκεφαλίδα για περαιτέρω έλεγχο της σχέσης ματιού και κεφαλής. Επομένως στο λειτουργικό αυτό χώρο των πρόσθιων διδυμίων, τα οπτικά ερεθίσματα ενσωματώνονται με άλλα εισερχόμενα ερεθίσματα από το σωματοαισθητικό και το ακουστικό σύστημα. Η ενσωμάτωση όλων των αισθητικών ερεθισμάτων επιτρέπει τον συντονισμό των απαντήσεων με τις παραγόμενες κινήσεις. Παρά το γεγονός ότι το πρόσθιο διδύμιο παίζει ουσιαστικό ρόλο στον έλεγχο των αντανακλαστικών απαντήσεων και στη ρύθμιση πολλών συγχρονισμένων κινήσεων των ματιών και της κεφαλής, διατηρεί σημαντικό ρόλο και στην προσοχή και την οπτική αντίληψη.

2.Δ. Φλοϊκά κέντρα

Οι οδοί από το έξω γονατώδες σώμα καταλήγουν σαν οπτική ακτινοβολία στην πληκτραία σχισμή της περιοχής 17 του ινιακού λοβού. Η περιοχή αυτή περιέχει διακριτές λευκές και γκριζες γραμμές και για αυτό το λόγο ονομάζεται ως ραβδωτός φλοιός. Αυτές οι ραβδώσεις αποτελούνται στην πραγματικότητα από τις ίνες της οπτικής ακτινοβολίας αναμειγμένες με ενδοφλοϊκές ίνες οι οποίες συνδέουν το ραβδωτό φλοιό με άλλες περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού.

Το μεγαλύτερο ποσοστό από τον οπτικό φλοιό βρίσκεται στη μέση του ινιακού λοβού μέσα και γύρω από την πληκτραία σχισμή, αλλά κάποιες περιοχές εκτείνονται και προς τα πλάγια, στο σφηνοειδές λοβίο και στη γλωσσοειδή έλικα. Κάτω από το μικροσκόπιο ο οπτικός φλοιός έχει μια ξεκάθαρη οργάνωση. Εξαιτίας της δουλειάς των Duncan P, Badke MB (1987) και των συνεργατών τους, η δομή αυτής της περιοχής είναι καλύτερα κατανοητή σε σχέση με άλλες του εγκεφαλικού φλοιού.

Γνωρίζουμε ότι οι περισσότερες περιοχές του φλοιού είναι χωρισμένες σε 6 ευκρινή επίπεδα. Ο οπτικός φλοιός παρόλα αυτά έχει 8 επίπεδα. Η οπτική ακτινοβολία καταλήγει στα κοκκιώδη κύτταρα του επιπέδου 4. Τα κοκκιώδη κύτταρα ενώνονται με άλλους νευρώνες μέσα στο ραβδωτό φλοιό, καθώς και με οπτικοκινητικούς νευρώνες στο στέλεχος δια μέσου της φλοιομεσεγκεφαλικής οδού.

Δύο ακόμα σημαντικοί ανατομικοί σχηματισμοί, η παραραβδωτή και η πεαραραβδωτή περιοχή περιβάλλουν την περιοχή 17. Αυτές οι συνεργές οπτικές περιοχές εξυπηρετούν στις οπτικές ψυχολογικές λειτουργίες, όπως είναι η οπτική μνήμη. Από πολλούς έχει υποστηριχθεί η άποψη ότι τα κύτταρα μέσα στις οπτικές οδούς συνεισφέρουν στη δημιουργία μιας ιεραρχίας μέσα στο οπτικό σύστημα, με κάθε επίπεδο να αυξάνει την οπτική ικανότητα. Επιπλέον υπάρχουν παράλληλες οδοί, μέσω των οποίων αυτή η πληροφορία εξελίσσεται. Οι οδοί αυτοί εμπλέκουν τα

μεγαλοκυτταρικά και τα μικροκυτταρικά στρώματα του έξω γονατώδους σώματος.

2.Ε. Εστιακή και περιφερική όραση

Η ύπαρξη δύο διαφορετικά δομημένων οπτικών οδών οι οποίες καταλήγουν σε διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου, οδήγησε τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν δύο διαχωρισμένα οπτικά συστήματα τα οποία εμφανίζουν μεταξύ τους ανατομικές και λειτουργικές διαφορές. Οι όροι εστιακή και περιφερική όραση έχουν χρησιμοποιηθεί για να ορίσουν αυτά τα δύο υποσυστήματα.

Το εστιακό σύστημα χρησιμοποιεί την ωχρή κηλίδα, στην οποία η οπτική οξύτητα είναι υψηλή και είναι υπεύθυνο για την αναγνώριση αντικειμένων που βρίσκονται κύρια στο κέντρο του οπτικού πεδίου. Το γεγονός ότι η αναγνώριση αντικειμένων απαιτεί συνειδητή δραστηριότητα, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η οπτική οδός η οποία καταλήγει στο βασικό οπτικό φλοιό είναι υπεύθυνη για την παραπάνω διαδικασία οπτικής επεξεργασίας.

Το σύστημα περιφερικής όρασης χρησιμεύει στη διερεύνηση του χώρου γύρω από το σώμα, καθώς παρέχει πληροφορίες για τη θέση των αντικειμένων στον περιβάλλοντα χώρο. Με το σύστημα αυτό μπορούμε να κινηθούμε μέσα στο χώρο κατά τη διάρκεια της νύχτας και να αποφεύγουμε τις συγκρούσεις όταν περπατάμε σε πολυσύχναστους δρόμους. Το βασικό πλεονέκτημα και η αιτία της συμπεριφοράς του περιφερειακού συστήματος είναι η χρησιμοποίηση ολόκληρου του αμφιβληστροειδή χιτώνα.

Η ύπαρξη των δύο συστημάτων υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν σε ζώα αλλά και από προσωπικές αναφορές ανθρώπων με τραυματισμό στον οπτικό φλοιό. Σε έρευνά τους, οι Duncan P, Badke MB (1987), παρατήρησαν ασθενείς με τύφλωση σε μερικά σημεία του οπτικού πεδίου, η οποία οφειλόταν σε δυσλειτουργία του οπτικού φλοιού. Παρότι οι ασθενείς δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν τα αντικείμενα που παρουσιάζονταν στο προβληματικό μέρος του οπτικού τους πεδίου, μπορούσαν να τα δείξουν με μεγάλη ακρίβεια. Οι ασθενείς ήταν ακόμη σε θέση να κατευθύνουν τα μάτια τους προς το αντικείμενο, όταν το ζητούμενο ήταν να μαντέψουν τη θέση εμφάνισής του στο χώρο. Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ασθενείς χρησιμοποιούσαν την περιφερειακή όραση η οποία λειτουργούσε χωρίς πρόβλημα για να εντοπίσουν τη θέση των αντικειμένων στο χώρο, αλλά δεν μπορούσαν να τα αναγνωρίσουν εξαιτίας προβλήματος στην εστιακή τους όραση.

Παρά το γεγονός ότι τα δύο συστήματα εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες, στις περισσότερες κινητικές δράσεις λειτουργούν συνεργαζόμενα και παράλληλα. Η παράλληλη λειτουργία των δύο συστημάτων είναι πολύ σημαντική. Το ένα σύστημα χρησιμεύει για την επεξεργασία ενός είδους οπτικών ερεθισμάτων ενώ παράλληλα το άλλο καθοδηγεί τον προσανατολισμό του σώματος καθώς κινούμαστε μέσα σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον.

2.ΣΤ. Θεωρίες για την οπτική αντίληψη.

Πέρα από την περιγραφή των ανατομικών και νευρικών στοιχείων της όρασης, απαραίτητο στοιχείο στην κατανόηση του οπτικού συστήματος είναι η σχέση του με τις κινητικές δραστηριότητές του ανθρώπινου οργανισμού.

Οι διάφορες θεωρίες γύρω από την οπτική αντίληψη αναφέρονται στην επίδραση που έχει η αντίληψη του εξωτερικού περιβάλλοντος, στο σχεδιασμό και την καθοδήγηση των ενεργειών μας κάτω από διαφορετικές συνθήκες κίνησης.

Η πρώτη θεωρία γύρω από την οπτική αντίληψη ονομάζεται γνωστική (Shallice 1964, Sharp & Whitting 1974, Smyth & Marriott 1982), ενώ η δεύτερη ονομάζεται οικολογική (Gibson 1979, Michaels & Carello 1981).

Οι γνωστικές θεωρίες δέχονται ως κυρίαρχη την υπόθεση ότι οι πληροφορίες τις οποίες δεχόμαστε από το περιβάλλον δεν περιέχουν κανένα νόημα για αυτόν, έως ότου ολοκληρωθούν εσωτερικά οι διαδικασίες μεθόδευσης και επεξεργασίας. Οι εικόνες αυτές εμφανίζονται πάνω στον αμφιβληστροειδή και καθορίζουν τις πιθανές σχέσεις πραγματοποιώντας συγκρίσεις με τις ήδη υπάρχουσες αναπαραστάσεις στον ανθρώπινο νου. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία η αντίληψη είναι μια έμμεση διαδικασία και βρίσκεται σε συμφωνία με τις διαδικασίες νευροκινητικής επεξεργασίας.

Οι υποστηρικτές των οικολογικών θεωριών έχουν την άποψη, ότι η οπτική πληροφόρηση μπορεί να προκύψει από το περιβάλλον χωρίς τη ενεργοποίηση γνωστικών διαδικασιών, οι οποίες θεωρούνται υπεύθυνες για την απόδοση νοήματος σε κάποιο ερέθισμα. Σε αντιδιαστολή με τη διαδικασία της άμεσης αντίληψης, ο Williams και οι συνεργάτες του υποστηρίζουν ότι σε πραγματικές συνθήκες κινητικής εκτέλεσης, ο άνθρωπος έχει την ευκαιρία να αποκτήσει πληροφορίες για το χρόνο επαφής με ένα αντικείμενο χρησιμοποιώντας άμεσες αλλά και υπολογιστικές μεθόδους.

Η αντίληψη των αισθητικών γεγονότων, φαίνεται να επηρεάζεται από το περιεχόμενο των κινήσεων. Έτσι ο Goodale, M. (1998), υποστήριξε ότι οι στρατηγικές άμεσης αντίληψης, είναι πιο αποτελεσματικές στην περίπτωση όπου υπάρχει άμεση σύνδεση μεταξύ της αντίληψης και της ενέργειας, όπως για παράδειγμα η διατήρηση της όρθιας στάσης του σώματος, η μετακίνηση μέσα στο χώρο και η προσπάθεια να πιάσουμε ένα αντικείμενο σε ένα σταθερό και αμετάβλητο περιβάλλον. Αντίθετα κινήσεις οι οποίες πραγματοποιούνται κάτω από σχετικά περισσότερο μεταβαλλόμενες συνθήκες και ελέγχονται από ένα σύνολο ασαφών κανόνων, απαιτούν επιπρόσθετες γνωστικές διαδικασίες.

Στον επίλογο του άρθρου τους, ο Niemeier, M., Karnath, H. και οι συνεργάτες τους (2003), επιχείρησαν να προσθέσουν τις δύο θεωρίες, ώστε να βγούν ολοκληρωμένα συμπεράσματα γύρω από τις συνθήκες αντίληψης. Έτσι αναφέρουν ότι η οικολογική θεωρία είναι πιο κατάλληλη για να περιγράψει του τρόπο με τον οποίο η όραση συμμετέχει στον κινητικό έλεγχο κατά τη διάρκεια της βάρδισης και σε κινήσεις παρεμβολής, όπως πιάσιμο και χτύπημα κάποιου αντικειμένου. Αντίθετα σε καταστάσεις στις οποίες το νόημα της κίνησης δεν περιλαμβάνεται στις οπτικές πληροφορίες ή όταν απαιτείται επιλογή της κίνησης μετά από επεξεργασία αρχικών πληροφοριών, ορθότερες και πληρέστερες εξηγήσεις δίνουν οι θεωρίες της γνωστικής αντίληψης.

2.Z. Κινήσεις του οφθαλμού.

i) Εισαγωγή

Για ποιο λόγο τα μάτια έπρεπε να είναι κινούμενα; Γιατί να μην αποτελούνται από μεγαλύτερο βοθρίο στον αμφιβληστροειδή ώστε να έχουν την ικανότητα να δέχονται πληροφορίες από όλο το ορατό φάσμα; Αν είχαμε μεγαλύτερα βοθρία θα έπρεπε οι οπτικές περιοχές στον εγκέφαλο να ήταν πολύ μεγαλύτερες. Αν υποθέσουμε ότι η χωρική οικονομία στον εγκέφαλο είναι μία σημαντική εξελικτική αρχή, βγαίνει το συμπέρασμα ότι είναι πιο οικονομικό να υπάρχει μικρό βοθρίο και κινητοί οφθαλμοί, παρά μεγάλο βοθρίο με σταθερούς οφθαλμούς. Το μάτι κινείται με τρεις τρόπους, οριζόντια, κατακόρυφα και στροφικά. Τρία ζεύγη εξωοφθαλμικών μυών κινούν το βολβό σε αυτές τις κατευθύνσεις. Το ένα ζευγάρι, ο έξω ορθός και ο έσω ορθός είναι υπεύθυνοι για ης οριζόντιες κινήσεις, ο άνω και ο κάτω ορθός είναι υπεύθυνοι για τις κατακόρυφες κινήσεις και ο άνω και κάτω λοξός είναι υπεύθυνοι για τις στροφικές κινήσεις. Συνήθως σε κάθε κίνηση του ματιού, ενεργοποιούνται περισσότερα του ενός ζευγάρια μυών, έτσι ώστε να μπορεί ο οφθαλμός να στραφεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Οι εξωοφθαλμικοί μύες νευρώνονται άμεσα από τρία κρανιακά νεύρα, το κοινό κινητικό, το τροχλιακό και το απαγωγό. Αυτά τα νεύρα εκπορεύονται από τους οπτικοκινητικούς πυρήνες στο στέλεχος του εγκεφάλου (Bedford, F., 1999). Οι κινητικοί νευρώνες που νευρώνουν τους μύες αυτούς πυροδοτούνται σε μεγαλύτερες συχνότητες και σε μεγαλύτερα εύρη συχνοτήτων απ' ότι οι νωτιαίοι κινητικοί νευρώνες.

Επειδή κάθε οπτικοκινητικός νευρώνας έχει μια διακριτή ουδό για συνεχόμενη πυροδότηση, προσθετικοί οπτικοκινητικοί νευρώνες μπορούν να στρατολογηθούν με την αύξηση του επιπέδου δραστηριοποίησης των αντίστοιχων νευρικών δεξαμενών. Καθώς δραστηριοποιούνται περισσότεροι νευρώνες, η τάση στους εξωοφθαλμικούς μύες αυξάνεται και η απόκλιση του οφθαλμού από την ευθεία μεγαλώνει. Η σταδιακή αύξηση της τάσης των εξωοφθαλμικών μυών, είναι η κύρια μέθοδος παραγωγής των σακκαδικών κινήσεων μικρότερων των 10-15 μοιρών (Abrams, Meyer & Komblum 1989, Robinson 1981).

Η διατήρηση του οφθαλμού σε κάποιον στόχο, επιτυγχάνεται μέσω της επίτευξης κατάλληλης ισορροπίας μεταξύ της τάσης των αγωνιστών και ανταγωνιστών και με τον κατάλληλο χρόνο ενεργοποίησης των ανταγωνιστών έτσι ώστε να μπορέσει να διατηρηθεί η επιθυμητή θέση την κατάλληλη χρονική στιγμή. Ένα χαρακτηριστικό αυτού του μοντέλου είναι ότι αποτελείται από διακριτά μεγέθη, όπως είναι ο έλεγχος του χρόνου, ο έλεγχος της δύναμης και μηχανικά στοιχεία του οφθαλμού. Κάθε επί μέρους στοιχείο μπορεί να επηρεαστεί από την κούραση ή από κάποιο παθολογικό πρόβλημα, προκαλώντας αντίστοιχες διαταραχές στις κινήσεις του οφθαλμού.

ii) Μικρογραφικές κινήσεις των ματιών.

Οι μικρογραφικές κινήσεις των ματιών γίνονται παρατηρήσιμες μόνο μέσω καταγραφικών τεχνικών. Υπάρχουν τριών ειδών τέτοιες κινήσεις.

Η μία είναι ο τρόμος, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως τυχαία νευρική κίνηση, πολύ μικρού εύρους και με μεγάλη συχνότητα. Ο τρόμος στο ένα μάτι είναι ανεξάρτητος από αυτόν του άλλου ματιού (Bedford, F., 1999).

Ένα άλλο είδος τέτοιων κινήσεων είναι η παρεκκλιση. Οι παρεκκλίσεις αυτού του είδους είναι αργές, η μέση τους ταχύτητα είναι μόνο 1/60 μοίρες το δευτερόλεπτο και μπορούν να καλύψουν τόξο 5/60 μοιρών πριν τερματιστούν (Duncan P, Badke MB, 1987). Αυτές οι παρεκκλίσεις φέρνουν το βοθρίο πιο κοντά σε φιξαρισμένους στόχους και για αυτό μπορούν να θεωρηθούν ως διορθωτικές κινήσεις (Steinman,

Haddad, Skavenski & Wyman, 1973).

Το τρίτο είδος αυτών των κινήσεων είναι οι μικροσακαδικές. Ο μικροσακαδικές είναι παράλληλες στα δύο μάτια. Εξυπηρετούν διορθωτικές λειτουργίες, φέρνοντας το βοθρίο στην κατάλληλη θέση προς το στόχο, η και απομακρύνοντας το από αυτόν σε κάποιες περιπτώσεις. Οι μικροσακαδικές διαφέρουν από τα δύο προηγούμενα είδη κινήσεων στο ότι επηρεάζονται από εκούσιους παράγοντες, όπως η προσήλωση του υποκειμένου.

Όταν κάποιος προσπαθεί να σταθεροποιήσει το βλέμμα του σε ένα ακίνητο αντικείμενο, το μάτι συχνά παρεκκλίνει μακριά από το στόχο και γρήγορα επιστρέφει μέσω μιας απότομης διορθωτικής κίνησης. Αυτή η συμπεριφορά εξυπηρετεί μια πολύ σημαντική λειτουργία. Όταν μια ομάδα φωτουποδοχέων δέχεται συνεχώς ένα ερέθισμα, η οπτική εικόνα ξεθωριάζει. Με τη προηγούμενη συμπεριφορά και επειδή οι φωτουποδοχείς φεύγουν από το στάδιο της κόπωσης, αποτρέπονται τέτοιες διαταραχές.

iii) Σακαδικές κινήσεις

Οι σακαδικές κινήσεις έχουν τη μορφή των γρήγορων αλμάτων (ταχύτητα των 600-700 μοιρών το δευτερόλεπτο) τα οποία φέρνουν τις εικόνες του ενδιαφέροντος προς το βοθρίο. Γενικά οι σακαδικές κινήσεις είναι εκούσιες, αν και δεν απαιτείται συνήθως συνειδητή παρέμβαση. Ο αρχικός ερεθισμός για την εμφάνιση των σακαδικών κινήσεων είναι η λανθασμένη θέση του αμφιβληστροειδή, δηλαδή η ύπαρξη του στόχου μακριά από το κεντρικό βοθρίο.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τα σημεία που παρατηρεί κάποιος όταν κοιτάει μια φωτογραφία. Φαίνεται εύκολα ποια σημεία από την εικόνα είναι περισσότερο ενδιαφέροντα για τον παρατηρητή. Παρόμοιες μελέτες καθώς και έρευνες γύρω από το χρονισμό των σακαδικών κινήσεων, βοήθησαν να γίνουν κατανοητές διαδικασίες όπως η οπτική αντίληψη και το διάβασμα. Κατά τη διάρκεια του διαβάσματος τα μάτια διατηρούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε κάποιες ασυνήθιστες λέξεις και για μικρότερο σε κάποιες ευρέως χρησιμοποιούμενες. Επομένως σε προτάσεις οι οποίες δεν βγάζουν εύκολα νόημα υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα επιστροφής των οφθαλμών σε προηγούμενα μέρη του κειμένου (Duncan P, Badke MB, 1987).

Τα σακαδικά πρότυπα χρησιμοποιούνται επίσης για να μελετηθούν μεταβαλλόμενες καταστάσεις της συνείδησης. Η φάση ύπνου της γρήγορης κίνησης των ματιών (REM), θεωρείται υπεύθυνη για την ύπαρξη ονείρων. Έχει βρεθεί ότι όταν τα άτομα ξυπνήσουν ενώ τα μάτια τους βρίσκονται σε σακαδική φάση, εμφανίζουν μεγαλύτερες πιθανότητες να αναφέρουν το όνειρό τους από ό,τι αν τα μάτια τους είναι ακίνητα (Ghez C., 1991).

Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες οι σακαδικές κινήσεις εμφανίζονται πριν από την εμφάνιση του στόχου. Αυτό συμβαίνει για παράδειγμα όταν κάποιος μεταφέρει συνεχώς το βλέμμα του πίσω και εμπρός σε δύο στόχους, που εμφανίζονται σε προβλεπόμενη χρονική στιγμή. Αυτό το φαινόμενο αποκαλύπτει ότι οι σακαδικές κινήσεις μπορούν να παρουσιαστούν κάτω από εκούσιο, προβλεπόμενο έλεγχο (Ghez C., 1991).

Πολύ συχνά εμφανίζεται το φαινόμενο της προετοιμασίας μιας σακαδικής κίνησης ενώ μια άλλη βρίσκεται σε εξέλιξη. Αυτό συνήθως εμφανίζεται σε πρότυπα σακαδικών, τα οποία οι άνθρωποι χρησιμοποιούν για μακρινούς στόχους. Συνήθως, η πρώτη σακαδική κίνηση καλύπτει τη μεγαλύτερη απόσταση, και η δεύτερη φέρνει την εικόνα του στόχου στο κεντρικό βοθρίο.

Όσον αφορά το χρονικό διάστημα του προγραμματισμού της δεύτερης σακαδικής

κίνησης, πειράματα έχουν δείξει ότι ο προγραμματισμός της μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια της πρώτης.

Ένα ερώτημα που μπορεί να προκύψει είναι πως καταγράφεται η τοποθεσία; Ο στόχος κωδικοποιείται σε σχέση με τις χωρικές συνέργιες (εμφάνιση του αντικειμένου στον έξω κόσμο) ή σε σχέση με τις συνέργιες του αμφιβληστροειδή (εμφάνιση του αντικειμένου πάνω στον αμφιβληστροειδή); Σύμφωνα με έρευνες (Ghez C., 1991), όταν παρουσιάζεται ο ερεθισμός εξαιτίας του στόχου, καταγράφεται η θέση του σε σχέση και με τον αμφιβληστροειδή και με τον οφθαλμικό κόγχο. Επομένως η διαταγή για κίνηση του οφθαλμού δίνεται με στόχο την ευθυγράμμιση του άξονα του κεντρικού βοθρίου με τη θέση του ερεθισμού στον κόγχο. Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι σακκαδικές κινήσεις φέρνουν τα μάτια σε σημεία ενδιαφέροντος, είναι εύκολο να υποθέσουμε ότι κινούν τα μάτια σε σημεία που έχουν εντοπιστεί από την προσοχή μας. Πρόσφατες έρευνες γύρω από τον έλεγχο των σακκαδικών κινήσεων έχουν θέσει το ερώτημα του τρόπου με τον οποίο συσχετίζονται η προσοχή και οι κινήσεις των οφθαλμών. Αυτό το ερώτημα είναι πολύ δύσκολο να απαντηθεί γιατί η προσοχή έχει συσχετιστεί με την ακόμη πιο ασαφή έννοια της συνειδησης (Posner, 1978). Αν οι θέσεις των οφθαλμών δείχνουν που κατευθύνεται η προσοχή μας, οι κινήσεις των ματιών παρουσιάζουν τον τρόπο με τον οποίο η προσοχή μας μετακινείται από τη μια θέση στην άλλη. Πειράματα έχουν δείξει ότι η προσοχή μας στο χώρο μπορεί να μετακινηθεί και χωρίς την απαραίτητη μεσολάβηση των ματιών. Επομένως η προσοχή στο χώρο μπορεί να μεταβληθεί χωρίς την ύπαρξη σακκαδικών κινήσεων, ενώ οι σακκαδικές κινήσεις, συνήθως απαιτούν για την εμφάνισή τους, προγενέστερες αλλαγές της προσοχής. Ο πειραματικός διαχωρισμός των σακκαδικών κινήσεων και της προσοχής στο χώρο, επέτρεψαν άλλους ερευνητές να καθορίσουν την περιοχή ελέγχου των δύο αυτών φαινομένων. Όταν μαϊμούδες εκτέλεσαν κάποιες δραστηριότητες βρέθηκε ηλεκτρική δραστηριότητα σε κύτταρα τεσσάρων περιοχών του εγκεφάλου: στο τετράδυμο, τον οπτικό φλοιό, στα πρόσθια οφθαλμικά πεδία και στον οπίσθιο βρεγματικό λοβό. Τα κύτταρα στο τετράδυμο και στα πρόσθια οφθαλμικά πεδία ενεργοποιούνταν σε σχέση με την σακκαδική δραστηριότητα, στον οπτικό φλοιό μετά από οπτικό ερεθισμό, ενώ στον οπίσθιο βρεγματικό λοβό δραστηριοποιούνταν από τη σημασία του στόχου, σε σχέση και με το είδος της απάντησης που θα δινόταν. Για το ίδιο ερέθισμα τα κύτταρα αυτά ενεργοποιούνταν σε λιγότερο βαθμό αν δεν απαιτούνταν απάντηση. Κατά τον ίδιο τρόπο αυτά τα κύτταρα ενεργοποιούνταν σε μικρό βαθμό αν γινόταν κινήσεις του ματιού χωρίς εξωτερικό οπτικό ερεθισμό (Wurtz, Goldberg & Robinson 1982).

iv) Μικρές κινήσεις παρακολούθησης

Αυτές οι κινήσεις έχουν ως ρόλο να σταθεροποιούν τα μάτια σε ένα στόχο ο οποίος είτε κινείται είτε είναι ακίνητος. Όπως αναφέραμε παραπάνω οι σακκαδικές κινήσεις προσπαθούν να ταιριάζουν τη θέση των οφθαλμών με τη θέση του αντικειμένου. Το σύστημα των μικρών κινήσεων παρακολούθησης έχει ως επιδίωξη το ταίριασμα της ταχύτητας του ματιού με την ταχύτητα του αντικειμένου. Με διαφορετικά λόγια, ο βασικός ερεθισμός για τις σακκαδικές κινήσεις είναι λανθασμένη θέση του αμφιβληστροειδή, ενώ για τις μικρές κινήσεις παρακολούθησης είναι λανθασμένη ταχύτητα του αμφιβληστροειδή.

Η ακρίβεια στην παρακολούθηση δια μέσου αυτών των κινήσεων, βελτιώνεται αν ο στόχος ο οποίος πρέπει να παρακολουθηθεί κινείται προβλεπόμενα. Όταν ένα κινούμενο αντικείμενο με μικρή ταχύτητα προεπιλέγεται για παρακολούθηση, μπορεί να εμφανιστεί αρχικά μια σακκαδική κίνηση.

Διορθωτικές σακκαδικές κινήσεις επίσης συμβαίνουν αν το σύστημα παρακολούθησης αποτύχει (Carpenter, 1977).

Σε αντίθεση με τις σακκαδικές, οι μικρές κινήσεις παρακολούθησης συνήθως δεν μπορούν να εμφανιστούν χωρίς την ύπαρξη κάποιου εξωτερικού στόχου. Αρχικά υπήρχε η εντύπωση ότι μόνο οι ορατοί στόχοι εκλύουν τις μικρές κινήσεις παρακολούθησης. Βρέθηκε παρ' όλα αυτά ότι οι άνθρωποι μπορούν να κάνουν κινήσεις παρακολούθησης στο σκοτάδι όταν εμφανιστεί στην επιδερμίδα, ένα απτικό ερέθισμα (Horak, F., Henry, S., Shumway-Cook, A., 1997). Επίσης άτομα μπορούν να παρακολουθήσουν τα χέρια τους στο σκοτάδι είτε αυτά κινούνται με παθητικό είτε με ενεργητικό τρόπο (Jordan, 1970).

Για τη δημιουργία αυτών των κινήσεων χρησιμοποιούνται οι ίδιοι μύες όπως και για τις σακκαδικές, αλλά με διαφορετικό τρόπο. Στις σακκαδικές κινήσεις μόνο οι αγωνιστές ενεργοποιούνται για να οδηγήσουν το βλέμμα στη νέα τοποθεσία (Robinson, 1964). Στις μικρές κινήσεις παρακολούθησης οι αγωνιστές και οι ανταγωνιστές ενεργοποιούνται ταυτόχρονα. Αυτό έχει βρεθεί μετά από καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών (Alpem, 1972). Αυτές οι έρευνες έχουν αποδείξει ότι οι μικρές κινήσεις παρακολούθησης παράγονται από την εμφάνιση διαφορετικής τάσης των εξωοφθαλμικών μυών.

Οι σακκαδικές και οι μικρές κινήσεις παρακολούθησης ελέγχονται από διαφορετικά νευρικά συστήματα. Οι κύριες πηγές για να αποδειχτεί κάτι τέτοιο είναι η διαφορετική επίδραση που έχουν πάνω τους κάποιες παθήσεις ή φάρμακα (Alpem, 1972) και πειράματα με ερεθισμούς και καταγραφές των εγκεφαλικών δυναμικών (Gougas, 1985). Για παράδειγμα στην πολλαπλή σκλήρυνση επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό οι μικρές κινήσεις παρακολούθησης ενώ οι σακκαδικές φαίνεται να διατηρούνται ανεπηρέαστες.

Παρά τις διαφορές που έχουν οι σακκαδικές με τις μικρές κινήσεις παρακολούθησης και τα δύο συστήματα αντανακλούν το γνωστικό επίπεδο του υποκειμένου. Τα συμπεράσματα διαφόρων ερευνών δείχνουν τη σημασία αυτών των κινήσεων στην αντίληψη και πολλοί τις έχουν χαρακτηρίσει ως "παράθυρο προς το νού".

ν) Οπτοκινητικός νυσταγμός

Οι σακκαδικές κινήσεις και οι μικρές κινήσεις παρακολούθησης μπορούν να συγχρονιστούν και αυτό εμφανίζεται στο φαινόμενο του οπτοκινητικού νυσταγμού. Ο οπτοκινητικός νυσταγμός μπορεί να γίνει αντιληπτός, αν παρακολουθήσουμε τα μάτια κάποιου, ο οποίος κοιτάει το ένα αντικείμενο μετά το άλλο μέσα από ένα κινούμενο αυτοκίνητο. Τα μάτια κινούνται με μια εναλλαγή μεταξύ των μικρών κινήσεων παρακολούθησης (αργή φάση) και σακκαδικών αλμάτων (γρήγορη φάση). Κάθε αργή κίνηση παρακολούθησης, συνεχίζεται μέχρι το αντικείμενο που ανιχνεύεται να φτάσει στο όριο του οπτικού πεδίου. Από αυτό το χρονικό σημείο και μετά, το μάτι μεταπηδάει στο επόμενο υπό παρακολούθηση αντικείμενο.

2.Η. Ο ρόλος της όρασης στη στάση και την κίνηση

Η διατήρηση της όρθιας στάσης του σώματος μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κάθε είδους ερεθίσματος από όλα τα αισθητικά συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Οι ενήλικες χρησιμοποιούν την όραση για να ενισχύσουν τις πληροφορίες από τους ιδιοϋποδοχείς. Τα παιδιά λειτουργούν διαφορετικά, καθώς για τη διατήρηση της όρθιας στάσης βασίζονται πρωταρχικά στα μηνύματα από το οπτικό σύστημα. Αυτό πραγματοποιείται εξαιτίας της αδυναμίας του ανώριμου ακόμη οργανισμού τους, να επεξεργαστεί συνδυαστικά τις ιδιοαισθητικές πληροφορίες.

Το σύστημα όρασης των βρεφών είναι πολύ αναπτυγμένο και για αυτό θεωρείται μαζί με το αιθουσαίο σύστημα οι πιο κατάλληλοι πληροφοριοδότες. Άλλωστε, κατά τα αρχικά στάδια της ανάπτυξης, χρησιμοποιούνται οι οπτικές αντιδράσεις προσανατολισμού προκειμένου να διορθωθεί η θέση του σώματος. Η συνεχής εμπειρία με κινητικές δεξιότητες που περιλαμβάνουν έλεγχο της στάσης του κορμού, έχει σαν αποτέλεσμα την εκμάθηση της χρησιμοποίησης όλων των αισθητικών πληροφοριών που είναι διαθέσιμες.

Ο σημαντικός ρόλος της όρασης για τον έλεγχο της ισορροπίας έχει ερευνηθεί σε διάφορα πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκε ο κινούμενος τοίχος (Horak, F., Henry, S., Shumway-Cook, A., 1997). Οι παραπάνω ερευνητές επιχείρησαν να πειραματιστούν πάνω σε ανθρώπους στους οποίους οι οπτικές πληροφορίες που δέχονταν από το περιβάλλον τους μεταβαλλόταν. Για να πετύχουν το παραπάνω εγχείρημα κατασκεύασαν ένα δωμάτιο τριών πλευρών, οι οποίες βρίσκονταν σε αιώρηση λίγο πάνω από το σταθερό δάπεδο. Η προς τα εμπρός ή προς τα πίσω κίνηση των τοιχωμάτων, δημιουργούσαν ένα πεδίο οπτικής ροής όπου οι οπτικές πληροφορίες έπειθαν τον δοκιμαζόμενο ότι ταλαντεύονταν προς την αντίθετη κατεύθυνση.

Παρότι οι πληροφορίες από τους ιδιοϋποδοχείς ήταν σε αντίθεση με τις οπτικές πληροφορίες, οι δοκιμαζόμενοι προσπαθούσαν να διορθώσουν την ταλαντευόμενη στάση του σώματος τους με διάφορες προσαρμοστικές κινήσεις. Η απώλεια της όρθιας στάσης ήταν περισσότερο εμφανής στα βρέφη, διότι το ιδιοϋποδοκτικό τους σύστημα δεν είχε ακόμη αναπτυχθεί κατάλληλα. Το συμπέρασμα των παραπάνω ερευνών ήταν ότι η όραση παίζει κυρίαρχο ρόλο στη διατήρηση της όρθιας στάσης γιατί παρέχει υψηλότερου επιπέδου ιδιοαισθητική ευαισθησία από ότι οι μηχανικοί ιδιοϋποδοχείς.

Ο ρόλος της όρασης στη μετακίνηση εξαρτάται από τις συνθήκες εκτέλεσης της κίνησης. Όταν η επιφάνεια είναι ομαλή τότε το σχέδιο κίνησης μοιάζει να ελέγχεται κύρια από το νωτιαίο μυελό. Το φέξιμο σε συνθήκες επαρκούς φωτισμού δημιουργεί διαφοροποιήσεις καθώς ενεργοποιείται η ικανότητα να χρησιμοποιούμε οπτικές πληροφορίες για να προβλέπουμε αλλαγές στο περιβάλλον. Χρησιμοποιούμε επίσης την όραση όταν ο φωτισμός είναι ελαττωμένος για να πληροφορούμαστε την κατεύθυνση στην οποία κινούμαστε, να αποφεύγουμε τα εμπόδια που βρίσκονται στο δρόμο μας και να αναγνωρίζουμε τη μορφή του εδάφους την οποία θα συναντήσουμε.

Ταυτόχρονα με την παροχή σημαντικών εξωτερικών ιδιοαισθητικών πληροφοριών, η όραση λειτουργεί ως πηγή πληροφόρησης καθώς προετοιμάζει το κινητικό σύστημα για την εκτέλεση της ζητούμενης κίνησης. Η οπτική προ-πληροφόρηση εντοπίζεται σε δραστηριότητες μετακίνησης στις οποίες απαιτείται η αλλαγή στη δυναμική της στάσης του σώματος σε ένα συγκεκριμένο σημείο στο χώρο. Το άτομο πρέπει όχι μόνο να υπολογίσει την απόσταση αλλά και να προβλέψει βάσει της ταχύτητάς του,

τη χρονική στιγμή που πρέπει να ξεκινήσει τη διαφοροποίηση της θέσης του σώματος. Οι δραστηριότητες αυτές χρησιμοποιούν χωροχρονικά στοιχεία, είναι πολύπλοκες και σημαντικό ρόλο στην επίτευξή τους παίζει η προγενέστερη εμπειρία. Έρευνες (Lee, Lishman & Thomson 1982) απέδειξαν ότι αθλητές μήκους, χρησιμοποιούσαν της όρασης τους για να προσαρμόσουν το χρόνο πτήσης στους τελευταίους δρασκελισμούς με στόχο να πατήσουν με ακρίβεια τη βαλβίδα. Αυτό ερχόταν σε αντίθεση με την άποψη των προπονητών οι οποίοι πίστευαν ότι η επιτυχημένη προσέγγιση και το πάτημα στη βαλβίδα οφείλεται στη τυποποίηση της διαδικασίας προσέγγισης.

Σύμφωνα με τις γνωστικές θεωρίες της οπτικής αντίληψης η ικανότητά μας να αλλάζουμε τη θέση του σώματος μας στο χώρο και να διακόπτουμε την πορεία ενός κινούμενου αντικειμένου, εξαρτάται από την ικανότητά μας να επεξεργαζόμαστε τις κινητικές παραμέτρους κατά τα αρχικά στάδια της κίνησης. Η αρχική αυτή μεθόδευση των οπτικών πληροφοριών περιλαμβάνει την επεξεργασία μεμονωμένων φάσεων από την οπτική ροή, όπως αποτυπώνονται στον αμφιβληστροειδή. Η ακρίβεια με την οποία ο άνθρωπος μπορεί να προβλέψει τη θέση του σώματός του ή ενός αντικειμένου εξαρτάται:

- από την υπάρχουσα γνώση και εμπειρία από αντίστοιχες κινητικές δράσεις
- από την ταχύτητα ανάκλησης από τη μνήμη και εκτέλεσης του κατάλληλου σχεδίου κίνησης

Οι υποστηρικτές των οικολογικών θεωριών, παρουσίασαν μια εναλλακτική εξήγηση. Θεωρούν ότι οι πληροφορίες για το χρόνο επαφής μπορούν να παραχθούν άμεσα από τη μεταβαλλόμενη οπτική ροή χωρίς να απαιτείται επεξεργασία.

Μεγάλης σημασίας στο ρόλο που διαδραματίζει η όραση στον κινητικό έλεγχο, είναι μια περιοχή στο μέσο του κροταφικού λοβού και η γειτονική της στο μέσο άνω κροταφικό φλοιό, τα κύτταρα των οποίων αντιδρούν επιλεκτικά βάσει της ταχύτητας και της κατεύθυνσης της κίνησης.

Για παράδειγμα ένα συγκεκριμένο κύτταρο, μπορεί να αντιδρά σθεναρά με την παρουσία ενός αντικειμένου που κινείται προς τα αριστερά διανύοντας 15° του οπτικού τόξου ανά δευτερόλεπτο και κάποιο άλλο να αντιδρά σε κίνηση 10 μοιρών ανά δευτερόλεπτο. Τα κύτταρα αυτού του είδους είναι σχεδόν αδιάφορα στο τι κινείται. Αντιδρούν δηλαδή με την ίδια ένταση σε ένα μεγάλο ή μικρό, φωτεινό ή σκοτεινό αντικείμενο, υπό την προϋπόθεση ότι αυτό κινείται προς τη σωστή κατεύθυνση, με τη σωστή ταχύτητα (Isotalo E., Karoula, Z., Feret, P., Gauchonc, K., Zamfirescu, F., Gagey, P., 2004).

Κάποια κύτταρα, ειδικά στο μέσο κροταφικό λοβό, αντιδρούν κυρίως σε οποιοδήποτε σημείο, μεταξύ δύο περιοχών με διαφορετική φωτεινότητα, κινείται αντικείμενο εντός ενός μικρού υποδεκτικού πεδίου του αμφιβληστροειδή. Αυτό σημαίνει ότι αντιδρούν είτε σε ένα μικρό κινούμενο αντικείμενο, είτε στο κινούμενο περίγραμμα ενός μεγαλύτερου αντικειμένου. Φαίνεται ότι αυτά τα κύτταρα συμβάλλουν στην καταγραφή της κίνησης της κεφαλής, σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον. Τα μηνύματα αυτών των δύο ειδών κυττάρων, συνενώνονται και μεταβιβάζονται σε νευρώνες του κοιλιακού τμήματος της περιοχής του μέσο άνω κροταφικού φλοιού, τα κύτταρα της οποίας αντιδρούν οποτεδήποτε ένα αντικείμενο κινείται προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση σε σχέση με το πλαίσιο του. Αυτό σημαίνει ότι τα κύτταρα αυτά αντιδρούν είτε όταν ένα μικρό αντικείμενο κινείται προς τα δεξιά σε σχέση με ένα σταθερό πλαίσιο είτε όταν ένα αντικείμενο παραμένει σε μια θέση

αμφιβληστροειδή, ενώ το πλαίσιο κινείται προς τα αριστερά. Ένα κύτταρο με τέτοιες ιδιότητες θα μπορούσε να είναι εξαιρετικά χρήσιμο στην αναγνώριση της κίνησης των αντικειμένων. Όταν κινούμε το κεφάλι μας από αριστερά προς τα δεξιά, όλα τα αντικείμενα στο οπτικό μας πεδίο φαίνεται να κινούνται στον αμφιβληστροειδή, σαν να κινείται το περιβάλλον από δεξιά προς τα αριστερά. Παρόλα αυτά δεν αντιλαμβανόμαστε τα πάντα ως κινούμενα. Όλα τα αντικείμενα είναι ακίνητα το ένα ως προς το άλλο. Αν κάποιο αντικείμενο κινηθεί, θα το παρατηρήσουμε. Τα κύτταρα του κοιλιακού τμήματος του μέσο άνω κροταφικού φλοιού, ανιχνεύουν την κίνηση αντικειμένων, σε σχέση με το πλαίσιο τους. Επομένως μας επιτρέπουν να αντιλαμβανόμαστε τα κινούμενα αντικείμενα ανεξάρτητα από το αν κινείται ή όχι η κεφαλή μας.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΣΤΟ ΚΙΝΗΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ

3.Α. ΕΠΙ ΠΟΛΛΗΣ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

i) Εισαγωγή

Το αισθητικό σκέλος του νευρικού συστήματος έχει ως αποστολή την πρόσληψη, τη διαβίβαση και την επεξεργασία πληροφοριών από το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον του οργανισμού. Με τον όρο επί πολλής αισθητικότητα αναφερόμαστε στις αισθήσεις που προέρχονται από όργανα τοποθετημένα στο εξωτερική αίσθηση, η ιδιοαίσθηση και η προηγηθείσα ιδιοαίσθηση. Αρχικά η όραση παρέχει πληροφορίες για το περίγραμμα και τις σχετικές θέσεις των αντικειμένων μέσα στο περιβάλλον. Παράλληλα κατά την εκτέλεση των κινήσεων, είναι δυνατή η παρακολούθηση γεγονότων τα οποία μας καθοδηγούν στο σχεδιασμό και στην εκτέλεση εναλλακτικών ενεργειών.

Το δέρμα περιέχει αναρίθμητους υποδοχείς που διαφέρουν στη δομή, τη λειτουργία και την πυκνότητα κατανομής. Κάθε υποδοχέας ερεθίζεται από τη φυσική παραμόρφωσή του ή την παραμόρφωση της περιοχής που τον περιβάλλει. Η κατανομή των δερματικών υποδοχέων είναι πολύ ενδιαφέρουσα. Δυσανάλογα περισσότεροι σε αριθμό υποδοχείς απαντούν στα χείλη, τους αντίχειρες και τα δάκτυλα από απ'ότι στον κορμό και τα πόδια. Αυτό σημαίνει ότι τα χείλη και τα δάκτυλα είναι κατάλληλα ρυθμισμένα όργανα για να εκτελούν λεπτές κινήσεις όπως για παράδειγμα η προφορά των λέξεων και η επικοινωνία με νεύματα. Η περιγραφή της επί πολλής αισθητικότητας θα γίνει βάσει του διαχωρισμού των υποδοχέων σε μηχανοϋποδοχείς, θερμοϋποδοχείς και υποδοχείς του πόνου.

ii) Μηχανοϋποδοχείς

Υπάρχουν διάφοροι τύποι υποδοχέων αφής και πίεσης, όπως είναι τα απτικά σωματίδια του Meissner (Γ), τα σωματίδια του Pacini (Β), οι δίσκοι του Merkel (Α), οι απολήξεις του Ruffini (Δ) και οι ελεύθερες νευρικές απολήξεις με τη μορφή πλέγματος γύρω από τους θύλακες των τριχών. Όλα αυτά τα είδη υποδοχέων μετατρέπουν τα μηχανικά ερεθίσματα σε ηλεκτρικά ερεθίσματα.

Κάθε υποδοχέας έχει διαφορετικό σχήμα και βρίσκεται σε διαφορετική τοποθεσία στα στρώματα του δέρματος, στοιχεία τα οποία τα επιτρέπουν να αντιδρούν σε ξεχωριστά είδη πιέσεων.

Τα απτικά σωματίδια του Meissner είναι ο πιο επιφανειακός από τους μηχανοϋποδοχείς. Βρίσκονται στο λείο δέρμα του χεριού και είναι μάλλον σημαντικά για την ικανότητα διαχωρισμού μέσω της ψηλάφησης της υφής και των αντικειμένων. Βρίσκονται στο μεγαλύτερο ποσοστό στις ράγες των δακτύλων και σε μικρή ποσότητα στην παλάμη. Εξαιτίας αυτού του χαρακτηριστικού, οι ράγες των δακτύλων αποτελούν το μέσο ψηλάφησης για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Επειδή τα απτικά σωματίδια του Meissner συνδέονται με το εξωτερικό στρώμα του δέρματος, δεν αντιδρούν μόνο στην άμεση πίεσή τους, αλλά και στην παραμόρφωση παρακείμενων περιοχών. Επομένως ακόμη και αν η πίεση δεν εφαρμοστεί άμεσα πάνω στους υποδοχείς τα γειτονικά σωματίδια θα αντιδράσουν.

Τα απτικά σωματίδια με μικρή υποδεκτική ζώνη επιτρέπουν τη μεγαλύτερη συγκεκριμενοποίηση της περιοχής ερεθισμού από αυτά με τη μεγάλη υποδεκτική ζώνη. Επομένως δεν είναι παράξενο το γεγονός ότι τα απτικά σωματίδια με τη μικρή ζώνη υποδοχής βρίσκονται στις ράγες των δακτύλων και όσο απομακρυνόμαστε από αυτές, οι υποδεκτικές ζώνες μεγαλώνουν. Τα απτικά σωματίδια, απαιτούν συνεχείς αλλαγές του ερεθισμού τους για την διατήρηση της αποστολής σημάτων. Αν η

παραμόρφωση του δέρματος είναι συνεχής αυτή θα γίνει αντιληπτή μόνο κατά την πρώτη επαφή και όταν απομακρυνθεί από το δέρμα, άσχετα από το χρόνο επαφής. Επομένως τα απτικά σωματίδια δίνουν πληροφορίες για την παροχή ή την απομάκρυνση του ερεθισμού αλλά λίγα στοιχεία για την ανάλυσή της. Προσθετικά με την ευαισθησία τους στην αφή, τα απτικά σωματίδια είναι ευαίσθητα και στην ταχύτητα παροχής του ερεθίσματος, δείχνοντας τη μεγαλύτερη ευαισθησία σε παραμορφώσεις των 2-40 mm/s. Αυτοί οι υποδοχείς μαζί με τα σωματίδια του Pacini είναι στενά συνδεδεμένα με τη δόνηση. Τα σωματίδια του Pacini αντιδρούν στις υψηλές συχνότητες ενώ τα απτικά σωματίδια στις χαμηλότερες. Οι δίσκοι του Merkel είναι ένας υποδοχέας που βρίσκεται και στο λείο και στο τριχωτό του δέρματος. Οι δίσκοι βρίσκονται σε ομάδες των 4-7 και είναι περισσότεροι στις τελευταίες φάλαγγες των δακτύλων. Επειδή οι δίσκοι ερεθίζονται επίσης με την έμμεση πίεση, παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη διάκριση της αφής. Σχηματίζουν μία κεντρική περιοχή ευαισθησίας περιβαλλόμενη από μια άλλη μικρότερης, η οποία αναφέρεται ως ανασταλτική περιοχή. Αυτός ο ανασταλτικός μηχανισμός εξηγεί τις ψευδαισθήσεις της μειωμένης ευαισθησίας όταν παρέχονται δύο μηχανικές παραμορφώσεις κατά το διαχωρισμό των δύο σημείων. Για παράδειγμα αν δύο σημεία πιεστούν αρκετά κοντά, εμφανίζεται η αίσθηση της πίεσης ενός σημείου. Καθώς απομακρύνονται τα σημεία παραμόρφωσης, οι ζώνες ερεθισμού δεν υπερκαλύπτουν η μία την άλλη, οδηγώντας στην αναγνώριση και των δύο σημείων ερεθισμού. Στην περίπτωση όπου τα δύο εφαρμοζόμενα ερεθίσματα, έχουν τέτοια απόσταση ώστε να μην υπερκαλύπτονται οι δύο δεκτικές ζώνες, αλλά να υπερκαλύπτονται οι ανασταλτικές ζώνες εμφανίζεται η αίσθηση και των δύο σημείων αλλά μικρότερης έντασης. Οι νευρικές ίνες που εξέρχονται από τους δίσκους του Merkel, έχουν την ικανότητα να στέλνουν ερεθίσματα κατά τη στιγμή της παροχής του ερεθίσματος κατά τη στιγμή της απομάκρυνσης του ερεθίσματος αλλά και κατά το χρονικό διάστημα της εφαρμογής της. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι που κάνει αυτούς τους υποδοχείς τόσο σημαντικούς, διότι επιτρέπουν την ανάλυση των πληροφοριών, δίνοντας την ικανότητα στον εγκέφαλο να καθορίσει την εφαρμογή πίεσης σε ένα σημείο ή σε περισσότερα του ενός. Οι απολήξεις του Ruffini βρίσκονται στο χόριο και στις αρθρώσεις. Οι προσαγωγές τους ίνες προσαρμόζονται γρήγορα και έχουν μεγάλο υποδεκτικό πεδίο με αποτέλεσμα να μην επιτρέπουν τη συγκεκριμενοποίηση του ερεθισμού. Οι επιφανειακές απολήξεις αντιδρούν στη διάταση του δέρματος, με πολλές από αυτές να εμφανίζουν συνεχή δραστηριοποίηση. Αυτοί οι υποδοχείς εμφανίζουν αυξημένη εκπόλωση όταν το δέρμα διατείνεται προς μία κατεύθυνση και μειωμένη όταν διατείνεται προς την αντίθετη ή σε κάποια διαγώνια κατεύθυνση. Σαν καταγραφείς της τάσης του δέρματος, παίζουν ουσιαστικό ρόλο στην ιδιοδεκτική και κιναισθητική αντίληψη των δακτύλων. Αυτό φαίνεται από το γεγονός, ότι αν κάποιο οίδημα στα χέρια και τα δάκτυλα, διατείνει έστω και λίγο το δέρμα, μειώνεται η δεξιότητα των δακτύλων. Το περιτριχιακό πλέγμα είναι ένα δίκτυο απλών νευρικών απολήξεων που περιβάλλουν τους θύλακες των τριχών και επομένως βρίσκονται μόνο στα τριχωτά μέρη. Παρέκκλιση έστω και μιας τρίχας παραμορφώνει το πλέγμα, δημιουργώντας το ηλεκτρικό μήνυμα προς τις προσαγωγές ίνες. Αν και πολλών ειδών προσαγωγές ίνες νευρώνουν το πλέγμα, οι περισσότερες θεωρούνται γρήγορα προσαρμόσιμες. Η αρχική αίσθηση θα είναι ισχυρή αλλά όσο οι ίνες προσαρμόζονται στην παρέκκλιση, η αίσθηση παράδειγμα, προσανατολιζόμαστε κατά το ντύσιμο χρησιμοποιώντας πληροφορίες από το τριχωτό δέρμα, ανάλογα με τη θέση μας μέσα στα ρούχα. Επίσης το περιτριχιακό πλέγμα προειδοποιεί για τις αλλαγές του εξωτερικού κόσμου

δρώντας σαν ευαίσθητος ανιχνευτής.

iii) Θερμοϋποδοχείς

Ξεχωριστοί και διασκορπισμένοι υποδοχείς, κωδικοποιούν τη μη καταστροφική ζέστη και ψύχος. Παρά το γεγονός ότι πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να απομονώσουν και να περιγράψουν ξεχωριστούς υποδοχείς θερμότητας, τα αποτελέσματα δεν ήταν πειστικά. Ένας μικρός υποπληθυσμός των θερμικών υποδοχέων εμφανίζεται να ερεθίζεται και από τα δύο είδη θερμότητας, αλλά οι έρευνες έχουν δείξει ότι η πλειονότητα των υποδοχέων ερεθίζονται από ένα είδος θερμότητας.

Ο θερμικός ερεθισμός δεν μπορεί να καταγραφεί μέχρι το δέρμα να φτάσει σε κάποια συγκεκριμένα όρια, τέτοια ώστε να μπορούν να μεταδωθούν οι αλλαγές της θερμοκρασίας μιας περιοχής στην οποία βρίσκονται οι αντίστοιχοι υποδοχείς. Σε αντίθεση με τους υποδοχείς, οι προσαγωγές νευρικές ίνες και για τα δύο είδη θερμότητας έχουν αναγνωριστεί οι ίνες για το ψυχρό μεταδίδουν τα σήματα τους πολύ γρήγορα (5-30msec) και είναι εμμύελες οι ίνες για το αίσθημα του ζεστού είναι αμύελες, μικρότερης ταχύτητας και διαφέρουν σημαντικά σε διάμετρο.

iv) Υποδοχείς του πόνου

Διάφορες έρευνες έχουν αποδείξει ότι υπάρχουν πολλών μορφών είδη ερεθισμού τα οποία προκαλούν πόνο. Όταν σκεφτόμαστε την έννοια πόνος οι περισσότεροι από εμάς φέρνουμε στο μυαλό μας τον οξύ πόνο που συνοδεύει ένα κόψιμο ή την εισαγωγή μιας ένεσης. Ο πόνος που οφείλεται σε έγκαυμα είναι ο επόμενος στη λίστα μας.

Οι επιστήμονες υποστήριζαν ότι οι μηχανοϋποδοχείς και οι θερμοϋποδοχείς ήταν υπεύθυνες για την αίσθηση του πόνου μετά από έντονη πίεση ή θερμική επαφή. Αυτό πλέον έχει αλλάξει και είναι πλέον γνωστό ότι υπάρχουν διαφόρων ειδών νευρικές απολήξεις υπεύθυνες για τον πόνο. Η διαφορετικότητα αυτών των προσαγωγών μονάδων, δεν οφείλεται στον σχεδιασμό των υποδοχέων αλλά στη διαφορετική μυελινοποίηση των ινών.

Για τη μεταφορά του ερεθίσματος του πόνου έχουν βρεθεί δύο ειδών ίνες.

Οι ίνες Αδ, είναι πιο πιθανό να μεταφέρουν τις ισχυρές μηχανικές παραμορφώσεις του δέρματος που απειλούν να σκίσουν ή να κόψουν το δέρμα. Αυτές οι προσαγωγές ίνες τυπικά συσχετίζονται με το αρχικό, οξύ είδος πόνου και ακολουθεί άμεσα του τραυματισμού των ιστών.

Το δεύτερο είδος ινών που μεταφέρουν του πόνου, είναι οι C αμύελες ίνες. Συχνά θεωρείται ότι αυτές οι ίνες μεταφέρουν τον αργό πόνο. Αυτές οι ίνες σχετίζονται με τις ελεύθερες νευρικές απολήξεις που μεταφέρουν τα ερεθίσματα για τον χημικό πόνο και την καταστροφική για το δέρμα θερμότητα.

Ένας μοναδικός και σύντομος παλμός ηλεκτρικής δραστηριότητας στην C ίνα, δε θα μεταδώσει το ερέθισμα του πόνου ακόμη και κάτω από προσεκτική παρακολούθηση. Ο ερεθισμός θα πρέπει να διατηρεί μια ηλεκτρική δραστηριότητα για κάποιο χρονικό διάστημα έτσι ώστε να ερεθιστούν οι ίνες και να μεταφερθεί αυτό το ερέθισμα ως πόνος. Αυτό το φαινόμενο είναι σημαντικό έτσι ώστε να μπορεί το κεντρικό νευρικό σύστημα να διαχωρίζει τα υπόλοιπα ερεθίσματα από αυτά που όντως είναι απειλητικά για τον οργανισμό.

v) Η σημασία της επί πολλής αισθητικότητας στον κινητικό έλεγχο.

Οι δερματικοί υποδοχείς είναι η πρώτη κατηγορία όλων των δομών του ανθρώπινου οργανισμού, των οποίων η λειτουργία είναι η επικοινωνία του εσωτερικού με τον εξωτερικό κόσμο. Η πληροφόρηση από το δερματικό σύστημα χρησιμοποιείται με ιεραρχική προώθηση και με διαφορετικούς τρόπους.

Στα χαμηλότερα επίπεδα της ιεραρχίας του κεντρικού νευρικού συστήματος, η δερματική πληροφόρηση δίνει το έναυσμα για αντανακλαστικές κινήσεις. Οι στερεότυπες αυτές αντιδράσεις εξαρτώνται άμεσα από την έκταση και το είδος του δερματικού ερεθίσματος. Πολλά από αυτά τα αντανακλαστικά παίζουν ουσιαστικό ρόλο στην ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού, ονομάζονται βρεφικά και αποτελούν τα πρωτογενή κινητικά πρότυπα. Παραδείγματα αντανακλαστικών οφειλόμενων σε ερεθίσματα από τους δερματικούς υποδοχείς είναι:

- το αντανακλαστικό πλάγιας κάμψης του κορμού
- το αντανακλαστικό σύλληψης χεριών και ποδιών
- το νωτιαίο αντανακλαστικό εκτατικού σπασμού
- το αντανακλαστικό χιαστής έκτασης
- η θετική αντίδραση στήριξης
- η αντίδραση τοποθέτησης
- το αντανακλαστικό αναζήτησης
- το αντανακλαστικό δαγκώματος
- το αντανακλαστικό θηλασμού

Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα περισσότερα από τα βρεφικά αντανακλαστικά, τα οποία θα περιγράψουμε παρακάτω, εξαρτώνται από απτικά ερεθίσματα.

Επιπρόσθετα οι δερματικοί υποδοχείς χρησιμοποιούνται για να προκαλέσουν αντανακλαστική αντίδραση μετά από κατάλληλο ερέθισμα και στους ώριμους οργανισμούς. Έτσι για παράδειγμα ένα οξύ και εστιασμένο ερέθισμα, τείνει να προκαλέσει κάμψη οδηγώντας στην εμφάνιση του καμπτικού αντανακλαστικού απόσυρσης, το οποίο χρησιμοποιείται για να μας προστατεύσει από κάποιο τραυματισμό. Αυτά τα αντανακλαστικά μπορούν να τροποποιηθούν από ανώτερα κέντρα στην κινητική ιεραρχία για χάρη ενεργειών που είναι πιο κατάλληλες σε συγκεκριμένες συνθήκες. Η μεγάλη συσχέτιση των δερματικών υποδοχών με τον κινητικό έλεγχο φαίνεται από ένα παράδειγμα για την αφή. Αν σηκώσουμε ένα αντικείμενο με τα δάκτυλά μας, έρευνες έδειξαν ότι η σύλληψη θα αυξηθεί σε ένταση, μετά από μικρό γλίστρημα του αντικειμένου (Johansson & Westling, 1988). Ο οργανισμός θα δεχτεί δηλαδή τις πληροφορίες από τους μηχανοϋποδοχείς του και θα προσαρμοστεί κατάλληλα στα νέα δεδομένα.

Τα ερεθίσματα που προέρχονται από τους δερματικούς υποδοχείς δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τη θέση του σώματος σε σχέση με το περιβάλλον. Η αφή ή η πίεση κάποιου μέλους σε μία επιφάνεια, προσανατολίζει και πληροφορεί τον οργανισμό για την κίνησή του και την αρχική ή τελική θέση κάποιων τμημάτων του. Σημαντικό ρόλο έχει δώσει στους δερματικούς υποδοχείς η μέθοδος αποκατάστασης της PNF, στην οποία η επαφή του θεραπευτή με το σώμα του ασθενή αποτελεί μια από τις αρχές της. Η επαφή είναι αυτή η οποία θα καθορίσει την επιθυμητή κατεύθυνση κίνησης και θα προκαλέσει στον οργανισμό τις κατάλληλες προσαρμογές γύρω από τη φορά, τη διεύθυνση και τη δύναμη αυτής.

Είναι εύκολα αντιληπτό ότι σε οποιαδήποτε κίνηση η επιφάνεια του δέρματος παραμορφώνεται. Βλάβη στους δερματικούς υποδοχείς προκαλεί διαταραχή στην φυσιολογική εκτέλεση μιας δραστηριότητας. Παρά το γεγονός ότι η ύπαρξή τους είναι πολύ σημαντικό στοιχείο, έχει γίνει σχετικά μικρή έρευνα για το ρόλο τους στον κινητικό έλεγχο. Αντίθετα στον τομέα της ρομποτικής, οι επιστήμονες έχουν δώσει μεγάλη έμφαση στους δερματικούς υποδοχείς, εξαιτίας της ανάγκης για ακριβή

αντίληψη του περιβάλλοντος.

3.B. ΕΝ ΤΩ ΒΑΘΕΙ ΑΙΣΘΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

i) Εισαγωγή

Οι εξειδικευμένοι μηχανοϋποδοχείς οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στους μύες, τους τένοντες και τις αρθρώσεις μας παρέχουν αδιάκοπη γνώση για τη θέση των μερών του σώματος μας αλλά και τον προσανατολισμό του στο χώρο.

Για να εκτελέσουμε μια επιδέξια δραστηριότητα βασίζομαστε στις πληροφορίες από τους περιφερικούς υποδοχείς οι οποίοι μας πληροφορούν για την θέση και κίνηση των μελών του σώματος. Τέτοιες πληροφορίες μας κάνουν ικανούς να περπατάμε, να προσεγγίζουμε ένα αντικείμενο, να αντιδρούμε σε διαταραχή της ισορροπίας. Άτομα με προβλήματα στην εν τω βάθει αισθητικότητα είναι απαραίτητο να ελέγχουν κάθε κίνηση και αλλαγές θέσης με την όραση τους.

Η αίσθηση της στατικής θέσης ονομάζεται ιδιοδεκτικότητα, ενώ η ιδιοδεκτική πληροφόρηση που σχετίζεται συγκεκριμένα με την κίνηση πολλές φορές ονομάζονται κιναισθησία. Οι δύο αυτές έννοιες είναι άμεσα συνδεδεμένες με τον κινητικό έλεγχο, διότι οι υποδοχείς τους αποτελούν τα περιφερικότερα ανιχνευτικά όργανα του σώματος. Ο λεπτός έλεγχος που ασκούν είναι απαραίτητος για κάθε επιδέξια δραστηριότητα και η σημασία τους μεγάλη στην κατανόηση της κινητικής συμπεριφοράς του ανθρώπινου οργανισμού.

ii) Μυϊκή άτρακτος

α. Στοιχεία ανατομίας και φυσιολογίας.

Οι μυϊκές άτρακτοι οι οποίες είναι τοποθετημένες μέσα σε όλους τους μύες του σώματος, θεωρούνται τα πιο σημαντικά ιδιοδεκτικά όργανα υποδοχής.

Είναι απαραίτητες για τη γνώση της θέσης και της κίνησης των μελών αλλά και συντελεστές απαραίτητοι για τον λεπτό κινητικό έλεγχο. Όσο πιο καλός είναι ο μυϊκός έλεγχος πάνω σε μία άρθρωση, τόσο πλουσιότεροι σε μυϊκές ατράκτους είναι οι συγκεκριμένοι μύες. Αυτή η διπλή αισθητήρια και κινητική λειτουργία καθίσταται δυνατή από το γεγονός ότι η μυϊκή άτρακτος έχει και αισθητικές και κινητικές συνδέσεις με το κεντρικό νευρικό σύστημα. Ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι ο μεγαλύτερος αριθμός των μυϊκών ατράκτων βρίσκεται στους μύες των δακτύλων οι οποίοι παίζουν ρόλο στον λεπτό έλεγχο των κινήσεων των αρθρώσεων.

Μόνο κάποιες από τις μυϊκές ίνες μέσα σε μια μυϊκή ομάδα είναι αρκετά ισχυρές ώστε να κινούν ή να σταθεροποιούν ένα άκρο. Αυτές οι μεγάλης διαμέτρου ίνες ονομάζονται εξωκαψικές. Τοποθετημένες παράλληλα με αυτές βρίσκονται οι ενδοκαψικές ίνες που αποτελούν τις ίνες της μυϊκής ατράκτου. Οι ενδοκαψικές ίνες που σχηματίζουν μια μυϊκή άτρακτο είναι συνδεδεμένες με μία μόνο εξωκαψική μυϊκή ίνα. Για να κατανοήσουμε πως η μυϊκή άτρακτος μπορεί να ανακαλύπτει γρήγορα τις αλλαγές του μήκους του μυός, είναι απαραίτητο να καταλάβουμε τη φύση της δομής της. Η επιμηκυμένη δομή αυτού του υποδοχέα, είναι παράλληλη στις εξωκαψικές ίνες και στην κυριολεξία είναι προσαρτημένη στο περίβλημα του μυός. Αυτή η διευθέτηση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι κάθε αλλαγή στο μήκος του μυός, οδηγεί σε όμοιες αλλαγές του μήκους της μυϊκής ατράκτου.

Μια προσεκτική ματιά μέσα στη μυϊκή άτρακτο αποκαλύπτει την ύπαρξη δύο τύπων ενδοκαψικών ινών: τις ίνες πυρηνικών σάκων και τις ίνες πυρηνικών αλυσίδων. Μια τυπική μυϊκή άτρακτος αποτελείται από δύο ίνες πυρηνικών αλυσίδων και 4-5 ίνες πυρηνικών σάκων.

Πέρα από τους δύο τύπους μυϊκών ινών, κάθε μυϊκή άτρακτος περιέχει επίσης δύο

διαφορετικούς τύπους αισθητήριων απολήξεων :την Ια και την ΙΙ κεντρομόλο ομάδα η οποία είναι λιγότερο ευαίσθητη (Isotalo E., Karoula, Z., Feret, P., Gauchonc, K., Zamfirescu, F., Gagey, P., 2004). Η μεγαλύτερη Ια κεντρομόλος, η οποία ονομάζεται κύρια κεντρομόλος της ατράκτου, τυλίγει τις αισθητήριες απολήξεις της γύρω από τις ίνες πυρηνικών σάκων και αλυσίδων, ενώ η ομάδα ΙΙ των νευρικών ινών, ή αλλιώς δευτερεύουσες απολήξεις είναι προσαρτημένη σχεδόν αποκλειστικά στις ίνες των πυρηνικών αλυσίδων.

Οι μυϊκές ίνες και των σάκων και των αλυσίδων νευρώνονται από τους γ-κινητικούς νευρώνες, των οποίων το κυτταρικό σώμα βρίσκεται στο κοιλιακό κέρασ του νωτιαίου μυελού και για τις οποίες θα αναφερθούμε αναλυτικότερα παρακάτω. Κατά τη διάρκεια της διάτασης ενός μυός, είτε αυτή είναι παθητική είτε το αποτέλεσμα της αυξανόμενης μυϊκής κόπωσης, διατείνονται και οι ενδοκαψικές μυϊκές ίνες της ατράκτου, προκαλώντας παραμόρφωση και των δύο αισθητήριων απολήξεων. Αυτή η παραμόρφωση δημιουργεί ένα κεντρομόλο σήμα που μεταφέρεται στο νωτιαίο μυελό και τελικά στα υψηλότερα επίπεδα του κεντρικού νευρικού συστήματος. Παρά το γεγονός ότι και οι δυο αισθητήριες απολήξεις διεγείρονται κατά την αρχική διάταση, οι κεντρομόλες απολήξεις Ια διεγείρονται πιο γρήγορα από τις απολήξεις κεντρομόλων απολήξεων, έχουν αποδοθεί σε διαφορετικά μηχανικά χαρακτηριστικά των ενδοκαψικών ινών των σάκων και των αλυσίδων. Η κεντρική περιοχή της ίνας των σάκων έχει χαμηλό όριο διάτασης, ενώ η ίνα των αλυσίδων είναι πιο δυνατή και αντιστέκεται στη διάτασή της.

Δεδομένου ότι οι Ια κεντρομόλες ίνες τυλίγονται γύρω από τις πιο συμμορφώσιμες ίνες των σάκων, δεν αποτελεί έκπληξη ότι οι απολήξεις αυτές είναι κύρια υπεύθυνες για την πληροφόρησή μας γύρω από την ταχύτητα με την οποία κινούνται τα άκρα. Αντίθετα οι κεντρομόλες ΙΙ που ξεκινούν από τις ισχυρές ίνες των αλυσίδων, διεγείρονται μόνο κάποια στιγμή μετά την έναρξη της αλλαγής του μήκους του μυός. Για κάποιο χρονικό διάστημα, υπήρχε η πεποίθηση ότι η εκφόρτιση των μυϊκών ατράκτων δεν συνεισφέρει στην συνειδητή αντίληψη της μυϊκής διάτασης. Η αντίληψη αυτή ενισχύθηκε από μια έρευνα (Gelfan & Carter, 1967), στην οποία ασθενείς με πλήρη συνείδηση κατά τη διάρκεια εγχείρησης ρουτίνας στην ποδοκνημική, δεν μπορούσαν να πούν τότε κάποιος τους έσπρωχνε το πόδι. Οι Matthews και Simmons (1974) επανέλαβαν τη διαδικασία και βρήκαν ότι οι ασθενείς μπορούσαν να καθορίσουν τη διάταση των μυών και των τενόντων τους αρκετά καλά. Σε μία ακόμη μελέτη, οι Isotalo E., Karoula, Z., Feret, P., Gauchonc, K., Zamfirescu, F., Gagey, P. (2004), χρησιμοποίησαν τεχνικές παλμικών κινήσεων στο δέρμα. Όταν εφαρμόστηκαν μέσα από το δέρμα δονήσεις υψηλής συχνότητας σε ένα μυ ή στον τένοντά του, προκαλώντας αύξηση του επιπέδου διέγερσής της ατράκτου, ο διεγερμένος μυς συσπάστηκε ακούσια. Με έκπληξη παρατηρήθηκε ότι το ακόλουθο τονικό αντανάκλαστικό δόνησης συνοδευόταν από μια ψευδαίσθηση κίνησης του άκρου στην κατεύθυνση που θα διατείνονταν φυσιολογικά ο διεγερμένος μυς. Σε αυτή τη μελέτη ζητήθηκε από τα άτομα να διατηρήσουν, με απουσία οπτικών ερεθισμάτων, το ανερέθιστο χέρι σε ευθεία με το ερεθισμένο, αποκαλύπτοντας έτσι την αντίληψή τους για τη θέση του ερεθισμένου άκρου στο χώρο. Παρά το γεγονός ότι το ερεθισμένο εκτείνονταν στην πραγματικότητα, τα άτομα δεν άρχιζαν να κινούν το άλλο χέρι από την αρχική του θέση μέχρι όταν το ερεθισμένο χέρι έχει ήδη κινηθεί αρκετούς βαθμούς ελευθερίας από την αρχική του θέση. Όταν σταματούσε η διέγερση τα άτομα ήταν ικανά να ευθυγραμμίσουν ξανά τα χέρια τους με αρκετά μεγάλη ακρίβεια. Αν επιτρεπόταν στα άτομα να βλέπουν σε κάποιο βαθμό τη θέση των χεριών τους κατά τη διάρκεια της κίνησης θα εκπλήσσονταν από την πραγματική θέση των μελών τους. Από αυτή την παρατήρηση είναι ξεκάθαρο ότι η αντίληψη των

ατόμων για τη θέση των άκρων τους διαταρασσόταν σοβαρά από το βαθμό διέγερσης. Τα συστηματικά λάθη που παρατηρήθηκαν στις καταστάσεις δόνησης υποθέτουν ότι η μυϊκή διάταση γίνεται συνειδητά αντιληπτή.

Γιατί ένα άτομο έχει εμπειρία αίσθησης της κίνησης ενός μέλους που δεν κινείται; Ο Brooks αναφέρει ότι ο εγκέφαλος δεν έχει τη δυνατότητα να διακρίνει μεταξύ των τεχνητά εισαγόμενων πληροφοριών και αυτών που προέρχονται από πραγματικές αλλαγές στο μήκος του μυός. Σε απουσία κάποιων άλλων πιο έγκυρων πληροφοριών, ο εγκέφαλος απλά προσθέτει τους δύο τύπους εισαγόμενων πληροφοριών για να εκτιμήσει τη θέση των μελών.

Σε έρευνες σε ανθρώπους (Keane, S., Turner, C., Sherrington, C., & Beard, J. R., 2006) ή και σε ζώα, έχει βρεθεί ότι κατά τη διάρκεια της σύσπασης, η συνδραστηριοποίηση των α και γ κινητικών νευρώνων, εξασφαλίζει ότι η προβλεπόμενη εκφόρση εξαιτίας κάθε βράχυνσης του μυός αντικρούεται από την ενδοκαμική σύσπαση (κύριος ρόλος των γ -κινητικών νευρώνων). Επομένως η μυϊκή άτρακτος είναι ικανή να συνεχίζει να στέλνει μηνύματα για οποιαδήποτε αλλαγή του μήκους του μυός, είτε αυτός επιμηκύνεται είτε βραχύνεται.

β.Η αλυσίδα των αντανακλαστικών διάτασης

Όταν ο μύς εκτείνεται ή χαλαρώνει από τη διάταση, η αλλαγή του μήκους του έχει δύο φάσεις. Στη διάρκεια της δυναμικής φάσης, το μήκος του πράγματι μεταβάλλεται, ενώ στη διάρκεια της στατικής φάσης το νέο μήκος του μυός παραμένει σταθερό. Κατά τη διάρκεια των δύο αυτών φάσεων, οι απολήξεις των πρωτοταγών και δευτεροταγών αισθητικών ινών συμπεριφέρονται διαφορετικά. Όταν ένας μύς επιμηκύνεται, η απόληξη τόσο της πρωτοταγούς όσο και της δευτεροταγούς ίνας αυξάνει την εκπόλωση της έως έναν υψηλότερο σταθερό ρυθμό. Ωστόσο κατά τη διάρκεια της δυναμικής φάσης της διάτασης, η απόληξη της πρωτοταγούς ίνας εκπολώνεται με πολύ εντονότερο ρυθμό από ότι στη φάση σταθερής κατάστασης. Η εκπόλωση της απόληξης της δευτεροταγούς ίνας αυξάνεται μόνο βαθμιαία και δεν είναι πολύ εντονότερη κατά τη διάρκεια της δυναμικής φάσης από ότι κατά τη διάρκεια της φάσης της σταθερής κατάστασης.

Η αύξηση του ρυθμού εκπόλωσης των απολήξεων των πρωτοταγών ινών κατά τη διάρκεια της δυναμικής φάσης της διάτασης, αντικατοπτρίζει τον ρυθμό αλλαγής του μήκους του μυός. Παροδικά ερεθίσματα, όπως είναι σύντομα χτυπήματα παράγουν ριπές εκπόλωσης των απολήξεων των πρωτοταγών ινών. Αντιθέτως τέτοιας μικρής έντασης ερεθίσματα, δεν έχουν επίδραση στις απολήξεις των δευτεροταγών ινών. Επειδή κωδικοποιούν όχι μόνο το μήκος ενός μυός, αλλά και την ταχύτητα με την οποία αλλάζει το μήκος του, οι πρωτοταγείς απολήξεις παρέχουν πληροφορίες για την ταχύτητα των κινήσεων καθώς και για τη στατική θέση των αρθρώσεων.

Όταν ο μύς διατείνεται, ερεθίζονται οι πρωτοταγείς ίνες, οι οποίες με διεγερτικές μονοσυναπτικές συνδέσεις στους α -κινητικούς νευρώνες, που ενεργοποιούν τους δικούς τους μύες και τους συνεργούς μύες. Διεγείρουν επίσης τους ανασταλτικούς Ια μέσους νευρώνες, οι οποίοι έπειτα αναστέλλουν τους α -κινητικούς νευρώνες στους ανταγωνιστές μύες.

Τα παραπάνω γεγονότα συμβαίνουν κατά τη διάταση του μυός. Η παράλληλη διάταξη των ενδοκαμικών και των εξωκαμικών ινών δημιουργεί ένα ενδιαφέρον ερώτημα. Επειδή οι ενδοκαμικές ίνες τείνουν να χαλαρώσουν όταν ο μύς βραχύνεται, οι άτρακτοι θα έπρεπε να μην εκπολώνονται όταν ο μύς βραχύνεται με αποτέλεσμα να μην παίζουν το ρόλο του αισθητικού υποδοχέα τη στιγμή της σύσπασης του μυός. Για να εξασφαλίσει τη μετάδοση των πληροφοριών ως προς την αλλαγή του μήκους του μυός κατά τη διάρκεια της σύσπασης, το κεντρικό νευρικό σύστημα ρυθμίζει τη

φόρτιση των ενδοκαψικών ινών μέσω των γ -κινητικών νευρώνων. Όταν ένας γ -κινητικός νευρώνας ερεθίζεται ταυτόχρονα με τον α -κινητικό νευρώνα, οι προσαγωγοί ίνες δεν παύουν να εκπολώνονται. Ο ηλεκτρικός ερεθισμός του κινητικού φλοιού σε αναισθητοποιημένα ζώα, οδηγεί συνήθως σε ταυτόχρονη δραστηριοποίηση των κινητικών νευρώνων α και γ , ένα φαινόμενο που ονομάζεται συν-δραστηριοποίηση α - γ . Λόγω της συν-δραστηριοποίησης αν εμφανιστεί μη αναμενόμενη διάταση κατά τη διάρκεια της σύσπασης, θα γίνει αντιληπτή και θα πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες προσαρμογές.

γ . Σχήματα δράσης των γ -κινητικών νευρώνων.

Το ερώτημα που τίθεται είναι πως το σύστημα του γ -κινητικού συστήματος παίζει ρόλο στον έλεγχο των σκόπιμων κινήσεων. Οι γ -κινητικοί νευρώνες έχουν αναφερθεί σαν εργαλεία για τις κεντρικές εντολές από την ανακάλυψή τους ακόμη επειδή αντιδρούν καλά στον υπερνωτιαίο ερεθισμό, αλλά φτωχά σε περισσότερο περιφερικά μηνύματα.

Αυτό που μένει να βρεθεί είναι τι μορφή έχουν οι εντολές και ποιος τις δίνει. Δεν υπάρχουν ξεκάθαρες απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα, αλλά το βασικό γεγονός είναι ότι ο έλεγχος μέσω των γ -κινητικών νευρώνων, διατηρεί την ευαισθησία των μυϊκών ατράκτων στα συνήθη εύρη τους.

Τρία βασικά σχήματα έχουν προταθεί για να δώσουν απαντήσεις γύρω από το ρόλο των γ -κινητικών νευρώνων. Κάθε σχήμα έχει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά του και είναι πολύ πιθανό ότι όλα παίζουν ρόλο σε συγκεκριμένες καταστάσεις που μπορεί να συμβούν κατά τη διάρκεια της προσπάθειας κινητικού ελέγχου.

Προσθετικά με τα παραπάνω είναι πλέον δεδομένο ότι υπάρχουν και άλλα μέσα ελέγχου που δεν έχουν ακόμη οριστεί πλήρως. Το πρώτο σχήμα παρουσιάζει την υπόθεση του Merton, κατά το οποίο οι κεντρικές εντολές κατευθύνονται πλήρως προς τους γ -κινητικούς νευρώνες. Αυτό το πρότυπο το οποίο διατηρεί τα μήκη του μυός σταθερά ενάντια σε ποικίλα φορτία, προβλέπει την εκφόρτιση των γ -κινητικών νευρώνων πριν από τις αντίστοιχες των α -κινητικών νευρώνων.

Το δεύτερο σχήμα παρουσιάζει την υπόθεση του Granit για α - γ συνδραστηριοποίηση, την οποία αναφέραμε και παραπάνω, και η οποία προκαλείται από κεντρικές εντολές και στα δύο είδη νευρώνων. Αυτή η διαδικασία, η οποία διορθώνει τις σκόπιμες κινήσεις, κάνει την επίδραση της ανατροφοδότησης από την μυϊκή άτρακτο, ανάλογη με το λάθος της πραγματικής κίνησης σε σχέση με την σκόπιμη. Παρέχει ικανοποιητικές απαντήσεις σε κατάσταση στην οποία ένας μυς βραχύνεται ενάντια σε φορτίο, αλλά δεν εξηγεί κοινές καταστάσεις στις οποίες οι εξωκαψικές ίνες των μυών δρουν σαν δύσκαμπτα ελατήρια ενάντια σε φορτία επιμήκυνσης (για παράδειγμα, ο τρικέφαλος βραχιόνιος δρά σαν ανταγωνιστής σε μία δύσκαμπτη, συν-σύσπαση στην κάμψη αγκώνα), στα οποία οι α και γ κινητικοί νευρώνες μπορεί να οδηγηθούν σε διαφορετικές αναλογίες.

Το τρίτο σχήμα περιγράφει την πρόταση του Houk, η οποία αναφέρει ότι η μυϊκή άτρακτος μαζί με τα τενόντια όργανα του Golgi σταθεροποιούν την άρθρωση. Οι κινητικές εντολές σε αυτό το σχήμα δίνονται στους α -κινητικούς νευρώνες, το οποίο σταδιακά ενισχύεται μέσω ανατροφοδοτικών διεγερτικών ερεθισμάτων. Αυτό το πρότυπο εξηγεί αρκετά καλά τη συμπεριφορά των μυών, όταν πρέπει να διατηρήσουν μια θέση ενάντια σε διάφορα φορτία. Δεν εξηγεί όμως τις προσαρμογές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια γρήγορων συσπάσεων.

O Jennett, B. et al(2002), οι οποίοι ήταν υπέρ της άποψης περί ταυτόχρονης πυροδότησης των α και γ κινητικών νευρώνων, έκαναν πειραματικές συσπάσεις του δείκτη ή του καρπού με ταυτόχρονη καταγραφή του δυναμικού μεμονωμένων Ια

ινών και ηλεκτρομυογραφική καταγραφή του δυναμικού σύσπασης του μυός. Από τα πειράματα φάνηκε ότι οι παλμοί από την ίνα αρχίζουν λίγο αργότερα από ότι τα δυναμικά ενέργειας του μυ και για τις δύο συσπάσεις. Μετά από επανάληψη και συγκέντρωση των αποτελεσμάτων βγήκε το συμπέρασμα ότι οι Ια ίνες σχεδόν πάντα ενεργοποιούνται αργότερα από τη σύσπαση του μυός. Ουσιαστικά οι α και γ κινητικοί νευρώνες ενεργοποιούνται ταυτόχρονα από το πυραμιδικό δεμάτιο, αλλά υπάρχουν τρεις παράγοντες που δικαιολογούν αυτή τη διαφορά χρόνου που παρατηρείται ανάμεσα στη σύσπαση του μυός και την πυροδότηση των Ια ινών. Πρώτον, εφόσον οι γ-κινητικές ίνες μεταφέρουν το ερέθισμα με μικρότερη ταχύτητα από ότι οι α, η μυϊκή άτρακτος θα συσπαστεί αργότερα από ότι ο υπόλοιπος μυς. Δεύτερον υπάρχει μια καθυστέρηση χρόνου για την μετάδοση του ερεθίσματος από τη μυϊκή άτρακτο στην Ια ίνα και τρίτον ο χρόνος που μεσολαβεί για την μεταφορά του ερεθίσματος από την απόληξη της Ια ίνας στο σημείο που βρίσκεται το ηλεκτρόδιο καταγραφής.

iii) Τενόντια όργανα του Golgi.

Ένας δεύτερος σημαντικός τύπος μυϊκού υποδοχέα, είναι τοποθετημένοι στις μυοτενόντιες ενώσεις του σκελετικού μυός. Αυτοί οι μηχανοϋποδοχείς ονομάζονται τενόντια όργανα του Golgi και οι κεντρομόλες ίνες τους ονομάζονται νευρικές ίνες Ib. Κάθε σκελετικός μυς περιέχει ένα μεγάλο αριθμό τενόντιων οργάνων που είναι οργανωμένα σε σειρές με τις εξωκαψικές μυϊκές ίνες. Η μηχανική οργάνωση των τενόντιων οργάνων έχει σαν αποτέλεσμα τη διάταση των αισθητήριων απολήξεων των ινών κατά τη διάρκεια της ενεργητικής συστολής ή της παθητικής επιμήκυνσης του μυός.

Αν και τα τενόντια όργανα διεγείρονται κατά τη διάρκεια της παθητικής έκτασης του μυός, η συχνότητα με την οποία διεγείρονται οι αισθητήρια κεντρομόλες απολήξεις τους είναι πολύ μικρότερη για κάθε δεδομένο μήκος μυός από αυτή της μυϊκής άτρακτος. Επίσης εξαιτίας των υψηλότερων οριακών επιπέδων του, το τενόντιο όργανο δεν ενεργοποιείται όταν ο μυς διατείνεται περίπου στο μήκος της ηρεμίας του. Αυτή η έλλειψη της δραστηριότητας υποστηρίζει περισσότερο την ιδέα ότι η πιο ευαίσθητη στο μήκος μυϊκή άτρακτος είναι υπεύθυνη για τη σηματοδότηση ολλαγών στο μήκος του μυός.

Η κατάσταση είναι διαφορετική κατά τη διάρκεια της ισοτονικής και ισομετρικής συστολής του εξωκαψικού μυός. Ενώ σταματά να διατείνεται μυϊκή άτρακτος καθώς βραχύνεται, το τενόντιο όργανο συνεχίζει να βρίσκεται σε διάταση και στην πραγματικότητα ο ρυθμός πυροδότησής του αυξάνεται σε όλη τη διάρκεια της συστολής.

Ο δυναμικός κώδικας του τενόντιου οργάνου σηματοδοτεί το ρυθμό αύξησης της έντασης κατά τη διάρκεια της συστολής και το ρυθμό της μείωσής της κατά τη διάρκεια της χαλάρωσης. Όμοια σε μειομετρικές συνθήκες, ο ρυθμός διέγερσης του τενόντιου οργάνου αυξάνεται αξιοσημείωτα. Το πρότυπο διέγερσης των τενόντιων οργάνων κατά τη διάρκεια της συστολής, δείχνει ότι ο κύριος ρόλος τους είναι να ελέγχουν το ρυθμό αλλαγής της έντασης σε έναν συστελλόμενο μυ.

Τα τενόντια όργανα έχουν επίσης προστατευτικό ρόλο αφού εμποδίζουν την υπερφόρτωση των μυών. Αυτό επιτυγχάνεται με έμμεση αναστολή των κινητικών νευρώνων που είναι υπεύθυνοι για τη διέγερση των μυών που εμπλέκονται στην κίνηση. Οι κεντρομόλες ώσεις που διαβιβάζονται στο νωτιαίο μυελό συνάπτονται με τους ανασταλτικούς ενδονευρώνες. Αυτοί οι νευρώνες συνάπτονται στη συνέχεια με τους α-κινητικούς νευρώνες και τους εμποδίζουν να διεγερθούν.

Μια καινούργια λειτουργία των τενοντίων οργάνων φαίνεται να είναι η ρύθμιση της ανταπόκρισής τους στο μυ κατά τη διάρκεια της κόπωσης. Έτσι όταν η μυϊκή τάση ελαττωθεί λόγω κόπωσης, η ανταπόκριση των τενοντίων οργάνων ελαττώνεται, μειώνοντας την ανασταλτική τους επίδραση.

Παρά το γεγονός ότι τα τενόντια όργανα ερεθίζονται όταν ένας μυς διεγείρεται ή συσπάται ενεργητικά, δεν έχει καθιερωθεί με σαφήνεια ένας κιναισθητικός ρόλος για αυτά. Η πλειοψηφούσα γνώμη των ερευνητών, είναι ότι τα τενόντια όργανα ίσως συνεργάζονται με άλλους ιδιόυποδοχείς για να σηματοδοτούν άλλες αισθήσεις που σχετίζονται με την κίνηση.

Ενώ η μυϊκή άτρακτος ελέγχει τις σχετικές με την κίνηση αλλαγές του μήκους του μυός, το τενόντιο όργανο ελέγχει τις αλλαγές στη μυϊκή ένταση, είτε αλλάζει το μήκος του είτε όχι. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης μιας κίνησης, το νωτιαίο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για να κάνει γρήγορες διορθώσεις χωρίς να απαιτείται η ανάγκη εμπλοκής και άλλων υποσυστημάτων μέσα στο κεντρικό νευρικό σύστημα.

iv. Υποδοχείς αρθρώσεων.

Οι αισθητικές απολήξεις στις αρθρώσεις παρέχουν μία ακόμη πηγή ιδιοδεκτικής πληροφόρησης. Το 1956, βρέθηκε ότι ξεχωριστοί υποδοχείς των αρθρώσεων, απαντούν σε διαφορετικές γωνίες αρθρώσεων (Jennett, B., 2002).

Έχουν αναγνωριστεί τέσσερις τύποι αισθητήριων απολήξεων, ο καθένας από τους οποίους έχει διαφορετική δομή και συμπεριφορά (απολήξεις τύπου Golgi, τύπου Ruffini, ελεύθερες νευρικές απολήξεις και οι απολήξεις τύπου Pacini).

Είναι γνωστό ότι δεν υπάρχει θέση ηρεμίας μιας άρθρωσης. Δηλαδή δεν υπάρχει θέση στην οποία όλες οι ομάδες των περιαρθρικών υποδοχέων να σταματούν τελείως την αποστολή ώσεων προς το κεντρικό νευρικό σύστημα. Θεωρείται ότι οι απολήξεις τύπου Ruffini επηρεάζονται συγχρόνως τόσο από τη θέση της άρθρωσης, όσο και από την τάση διαφόρων περιαρθρικών στοιχείων, όπως για παράδειγμα οι σύνδεσμοι και οι τένοντες. Οι υποδοχείς συμβάλλουν σημαντικά στην αίσθηση της κατεύθυνσης και της ταχύτητας κάθε επιτελούμενης κίνησης.

Αντίθετα οι υποδοχείς του Golgi, οι οποίοι επηρεάζονται μόνο από το βαθμό διάτασης των τοιχωμάτων των αρθρικών θυλάκων και εμφανίζουν μια μικρή τάση για προσαρμογή, θεωρείται ότι είναι υπεύθυνοι για την αντίληψη της εκάστοτε υπάρχουσας θέσης της άρθρωσης.

Τα σωματίδια, του Pacini συμβάλλουν κυρίως στην αντίληψη του ρυθμού κίνησης της άρθρωσης και για αυτό ονομάζονται και ανιχνευτές επιτάχυνσης.

Συνολικά οι υποδοχείς των αρθρώσεων παρέχουν σημαντικές πληροφορίες που σχετίζονται με τα στατικά και δυναμικά στοιχεία της κίνησης της άρθρωσης, οι οποίες χρησιμεύουν για την πρόβλεψη της μελλοντικής εξέλιξης της εκτελούμενης κίνησης και την τροποποίηση τους, όπου αυτό κριθεί απαραίτητο. Επιπλέον οι ελεύθερες νευρικές απολήξεις αντιδρούν σε επιβλαβή ερεθίσματα που επιφέρουν πόνο στην άρθρωση και την περιοχή που την περιβάλλει.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΙΘΟΥΣΑΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ

4.A. Εισαγωγή

Ο άνθρωπος έχει την ικανότητα να ελέγχει την όρθια στάση και την ισορροπία του σώματος του, καθώς και να προσανατολίζεται στο χώρο. Οι λειτουργίες αυτές επιτυγχάνονται με την συνεργική δράση τριών συστημάτων, του ιδιοδεκτικού, του οπτικού για τα οποία έχουμε ήδη μιλήσει και του αιθουσαίου συστήματος. Τις πληροφορίες από αυτές τις πηγές επεξεργάζεται το ΚΝΣ έτσι ώστε ανα πάσα στιγμή το άτομο να έχει πλήρη αντίληψη της θέσης του σώματός του και των κινήσεών του. Κατω από ομαλές συνθήκες η διεργασία αυτή ολοκληρώνεται σε υποφλοιώδες επίπεδο, ενώ σε ασυνήθεις καταστάσεις μετατρέπεται σε μία συνειδητή διεργασία. Αν θέλουμε να δώσουμε μια γρήγορη περιγραφή των λειτουργικών στόχων του αιθουσαίου συστήματος μπορούμε να αναφέρουμε ότι αυτοί είναι:

- να πληροφορεί το κεντρικό νευρικό σύστημα για κάθε είδους γραμμική ή γωνιακή επιτάχυνση
- να σταθεροποιεί το οπτικό είδωλο στον αμφιβληστροειδή μέσω του αιθουσαίου-οπτικού αντανακλαστικού
- να ελέγχει τον τόνο των σκελετικών μυών μέσω του αιθουσαίου-νωτιαίου αντανακλαστικού

4.B. Περιγραφή λαβυρίνθων

Το αιθουσαίο σύστημα μπορούμε να το χωρίσουμε στην περιφερική συσκευή και στις κεντρικές μορφολογικές δομές. Το περιφερικό αιθουσαίο σύστημα αποτελείται από το μεμβρανώδη και τον οστέινο λαβύρινθο και τους αισθητικούς υποδοχείς του αιθουσαίου συστήματος.

Ο οστέινος λαβύρινθος αποτελείται από τους τρεις ημικύκλιους σωλήνες, την αίθουσα και τον κοχλία ο οποίος είναι αποκλειστικά όργανο της ακοής.

Ο οστέινος λαβύρινθος είναι γεμάτος από ένα υγρό, το οποίο ονομάζεται έξω λέμφος και το οποίο έχει χημική σύσταση παρόμοια με αυτή του εγκεφαλονωτιαίου υγρού (υψηλά επίπεδα αναλογίας νατρίου/καλίου).

Ο υμενώδης λαβύρινθος εκτείνεται μέσα στον οστέινο, έχει την ίδια ακριβώς μορφή με αυτόν και διατηρείται εκεί με τη βοήθεια υγρού και συνδετικού ιστού. Περιέχει 5 αισθητήρια όργανα, το υμενώδες τμήμα των τριών ημικύκλιων σωλήνων, το ασκίδιο (ελλειπτικό κυστίδιο) και το σακίδιο (σφαιρικό κυστίδιο).

Ο μεμβρανώδης λαβύρινθος είναι γεμάτος με το ενδολεμφικό υγρό, το οποίο έχει όμοια χημική σύσταση (υψηλά επίπεδα αναλογίας καλίου/νατρίου) με το ενδοκυτταρικό υγρό. Φυσιολογικά δεν υπάρχει άμεση επικοινωνία μεταξύ των ενδολεμφικών και εξωλεμφικών διαμερισμάτων.

4.Γ. Η αίθουσα

Η αίθουσα έχει ωοειδές σχήμα και είναι το μεγαλύτερο σε χωρητικότητα τμήμα του λαβυρίνθου. Επικοινωνεί προς τα εμπρός με τον κοχλία και προς τα πίσω και πάνω με τους 3 ημικύκλιους σωλήνες. Στο έσω τοίχωμα της αίθουσας υπάρχουν δύο εντυπώματα, το ελλειπτικό και το σφαιρικό κυστίδιο. Στο έσω τοίχωμα και των δύο υπάρχει η καλούμενη ακουστική κηλίδα, η οποία κατά την όρθια θέση είναι σχεδόν οριζόντια στο ασκίδιο και σχηματίζει 60-70 μοίρες γωνία προς το οριζόντιο επίπεδο

στην κηλίδα.

Η κάθε κηλίδα φέρει αρκετές χιλιάδες ειδικά αισθητήρια κύτταρα γύρω από τις βάσεις των οποίων διακλαδίζονται οι απολήξεις του αιθουσαίου νεύρου. Τα αισθητήρια αυτά κύτταρα φέρουν ειδικά τριχίδια (cilia) τα οποία είναι βυθισμένα σε μια πηκτωματώδη, μεμβρανώδη μάζα μέσα στην οποία υπάρχουν σωματίδια αποτελούμενα από συνδυασμό βλεννοπρωτεϊνών και κρυστάλλων ανθρακικού ασβεστίου. Η επιφάνεια κάθε τριχωτού κυττάρου καλύπτεται από 30-100 τέτοια τριχίδια, εκ των οποίων το ένα ονομάζεται κίνocilium και τα υπόλοιπα stereocilia. Το ύψος των τελευταίων αυξάνει βαθμιαία από την μια πλευρά στην άλλη. Το κίνocilium είναι εύκαμπτο συγκρινόμενο με το stereocilium και βρίσκεται δίπλα στο επιμηκότερο από τα stereocilia. Τα σωματίδια ανθρακικού ασβεστίου αποτελούν την ωτοκονία και η μεμβρανώδης μάζα ονομάζεται ωτολιθοφόρος υμένας. Το ειδικό βάρος των ωτολίθων είναι 2,5 φορές περίπου μεγαλύτερο από το ειδικό βάρος της ενδολέμφου και άρα είναι επόμενο ότι ο ωτολιθοφόρος υμένας εμφανίζει σημαντική αδράνεια σε σχέση με τους γύρω σχηματισμούς κατά τις πιθανές μεταβολές της ταχύτητας κινήσεως του σώματος προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Για το λόγο αυτό μια απότομη μετακίνηση ολόκληρου του σώματος προς μια κατεύθυνση, δε θα ακολουθηθεί αμέσως από τον υμένα και έτσι τα τριχίδια των κυττάρων θα καμφθούν σε αντίθετη κατεύθυνση ενώ ταυτόχρονα το βάρος των κρυστάλλων ανθρακικού ασβεστίου προκαλεί κάμψη των κροσσών προς την κατεύθυνση της βαρύτητας. Κάμψη των τριχιδίων προς την κατεύθυνση του μεγάλου μονήρους τριχιδίου προκαλεί αύξηση της συχνότητας των εκπεμπόμενων ώσεων ενώ κάμψη προς την αντίθετη κατεύθυνση προκαλεί ελάττωση.

Η θέση της ακουστικής κηλίδας στο χώρο, παίζει σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά της. Έτσι η ακουστική κηλίδα του ελλειπτικού κυστιδίου, εξαιτίας της οριζόντιας διάταξής της καθορίζει το φυσιολογικό προσανατολισμό της κεφαλής σε σχέση με την κατεύθυνση της δύναμης της βαρύτητας ή της επιτάχυνσης, όταν το άτομο βρίσκεται σε όρθια στάση. Από την άλλη μεριά η ακουστική κηλίδα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο όσον αφορά το αίσθημα της ισορροπίας όταν το άτομο βρίσκεται σε οριζόντια θέση.

Σε κάθε κηλίδα, τα διάφορα τριχοφόρα κύτταρα προσανατολίζονται σε διάφορες κατευθύνσεις. Επομένως για κάθε θέση της κεφαλής στο χώρο ενεργοποιούνται και διαφορετικές νευρικές ίνες και με αυτόν τον τρόπο ο εγκέφαλος πληροφορείται για τον ακριβή προσανατολισμό.

4.Δ. Οι τρεις ημικύκλιοι σωλήνες

Οι ημικύκλιοι σωλήνες αποτελούν το τμήμα εκείνο του αιθουσαίου οργάνου, με το οποίο γίνεται αντιληπτή η γωνιαία επιτάχυνση. Οι σωλήνες αυτοί είναι ο πρόσθιος, ο οπίσθιος και ο οριζόντιος, οι οποίοι βρίσκονται σε επίπεδα το καθένα από τα οποία είναι σχεδόν κάθετο προς τα άλλα δύο.

Έτσι ο οριζόντιος ημικύκλιος σωλήνας ευρίσκεται σε πραγματικά οριζόντια θέση όταν πραγματοποιηθεί κλίση της κεφαλής κατά 30 μοίρες περίπου προς τα εμπρός. Στη θέση αυτή ο πρόσθιος ημικύκλιος σωλήνας κατευθύνεται διαγώνια κατά 45 μοίρες προς τα εμπρός και έξω και ο οπίσθιος ημικύκλιος σωλήνας κατά 45 μοίρες προς τα πίσω και έξω.

Τα αισθητηριακά τριχωτά νευροεπιθηλιακά κύτταρα στους υμενώδεις ημικύκλιους σωλήνες, βρίσκονται σε μια υπέγερση του τοιχώματος, που ονομάζεται ακουστική ακρολοφία, στην οποία καταλήγουν ίνες του αιθουσαίου νεύρου. Οι τρίχες των κυττάρων της ακουστικής ακρολοφίας διεισδύουν εντός ενός πηκτοειδούς υμένα, του

τελικού κυπελλίου.

Η γλοιότητα του τελικού κυπελλίου είναι περίπου διπλάσια του ύδατος, ενώ η πυκνότητά του είναι περίπου ίση με της έσω λέμφου. Αυτό εξηγεί το γεγονός ότι το κυπέλλιο δεν κινείται υπό την επίδραση της βαρύτητας.

Η διάταξη των ημικυκλίων σωλήνων στο χώρο, συνεπάγεται ότι μια κίνηση της κεφαλής προκαλεί κίνηση της λέμφου σε τουλάχιστον δύο ημικύκλιους σωλήνες. Τα τριγωνικά κύτταρα σε κάθε ακουστική ακρολοφία έχουν τέτοιο προσανατολισμό ώστε το kinocilium τους να έχει την ίδια διεύθυνση. Η διεύθυνση τους στον οριζόντιο ημικύκλιο σωλήνα είναι προς την πλευρά της ληκύθου που συνδέεται με την αίθουσα, ενώ στους κάθετους είναι προς την πλευρά της ληκύθου που συνδέεται με τον ημικύκλιο σωλήνα. Η διαφορά αυτή στον προσανατολισμό εξηγεί τη διαφορά στην ευαισθησία που παρατηρείται μεταξύ οριζόντιου και αθετών ημικυκλίων σωλήνων όσον αφορά τη διεύθυνση κίνησης της κεφαλής. Οι κεντρομόλες νευρικές ίνες των οριζόντιων ημικυκλίων σωλήνων εκπέμπουν περισσότερες ώσεις, όταν η έσω λέμφος κινείται προς την πλευρά της αίθουσας (ληκυθομόλος κίνηση), ενώ οι κεντρομόλες ίνες των κάθετων ημικυκλίων σωλήνων, εκπέμπουν περισσότερες ώσεις, όταν η έσω λέμφος κινείται αντίθετα (ληκυθόφυγος κίνηση).

4.E. Το αιθουσαίο νεύρο και οι αιθουσαίοι πυρήνες

Τα σώματα των νευρικών κυττάρων των οποίων οι αποφυάδες ξεκινούν από το αιθουσαίο όργανο, βρίσκονται στο αιθουσαίο γάγγλιο (Skarpa), το οποίο είναι τοποθετημένο στο οπίσθιο μέρος του έσω ακουστικού πόρου. Η περιφερική αποφυάδα καταλήγει διακλαδιζόμενη ή γύρω από ολόκληρο το τριχιδιοφόρο κύτταρο (τύπος I), ή μόνο στη βάση του (τύπος II). Οι κεντρικές αποφυάδες οδηγούν κυρίως στους τέσσερις αιθουσαίους πυρήνες (άνω, κάτω, έσω και έξω), μερικές όμως κατευθύνονται απ' ευθείας στην παρεγκεφαλίδα. Ο έσω αιθουσαίος πυρήνας δέχεται ώσεις κυρίως από τους ημικύκλιους σωλήνες ενώ ο έξω από ολόκληρο το αιθουσαίο όργανο.

Οι αιθουσαίοι πυρήνες και ιδίως οι έξω δέχονται ώσεις και από άλλες περιοχές του κεντρικού νευρικού συστήματος όπως για παράδειγμα από το νωτιαίο μυελό, τη παρεγκεφαλίδα και το κοχλιακό νεύρο. Οι νευρώνες των αιθουσαίων πυρήνων προβάλλουν προς διάφορες κατευθύνσεις από τις οποίες οι κυριότερες από λειτουργική άποψη είναι:

- Προς το νωτιαίο μυελό, άμεσα μέσω του έξω και έσω αιθουσονωτιαίου δεματίου. Από αυτά το πρώτο οδηγεί προς τους κινητικούς πυρήνες όλων των γραμμωτών μυών του σώματος ενώ το δεύτερο κυρίως προς τους κινητικούς νευρώνες των μυών του αυχένα. Προς το νωτιαίο μυελό έμμεσα δια της έσω επιμήκου δεσμίδας. Πρόκειται για ίνες οι οποίες οδηγούν προς τον δικτυωτό σχηματισμό και τον ερυθρό πυρήνα και από εκεί προς το νωτιαίο μυελό.
- Προς τους κινητικούς πυρήνες των οφθαλμοκινητικών νευρών, δηλαδή του κοινού κινητικού, του τροχλιακού και του απαγωγού μέσω της έσω επιμήκου δεσμίδας.
- Προς το φλοιό της παρεγκεφαλίδας
- Προς τους ετερόπλευρους αιθουσαίους πυρήνες καθώς επίσης και προς τον υποθάλαμο.
- Προς το φλοιό του εγκεφάλου έμμεσες δια μέσου του θαλάμου. Οι πολλαπλές αυτές συνδέσεις συνεπάγονται ότι η πληροφορία η οποία εκπέμπεται από τους αιθουσαίους πυρήνες είναι ολοκληρωμένη και τροποποιημένη. Φαίνεται καθαρά πόσο μεγάλη συσχέτιση έχουν οι διάφορες δομές του κεντρικού νευρικού συστήματος και πόσο πολύπλοκη διαδικασία είναι η επεξεργασία των μηνυμάτων από την περιφέρεια.

4.ΣΤ. Αιθουσο-οπτικό αντανακλαστικό (VOR)

Το αιθουσο-οπτικό αντανακλαστικό φυσιολογικά επενεργεί έτσι ώστε να διατηρείται σταθερή η όραση κατά τη διάρκεια των κινήσεων της κεφαλής. Το γωνιακό αιθουσο-οπτικό αντανακλαστικό, το οποίο εμφανίζεται από τους ημικύκλιους σωλήνες ανταποκρίνεται σε καταστάσεις στροφής και είναι το κυρίως υπεύθυνο για τη σταθεροποίηση του βλέμματος. Το γραμμικό αιθουσο-αντανακλαστικό εμφανίζεται από τη δράση των ωτολίθων και είναι περισσότερο σημαντικό σε καταστάσεις όπου παρατηρούνται κοντινοί στόχοι και το κεφάλι μετακινείται σε σχετικά υψηλές συχνότητες. Ένα παράδειγμα το οποίο εξηγεί πως ο οριζόντιος ημικύκλιος σωλήνας συμβάλλει στη παρουσίαση του αντανακλαστικού είναι το παρακάτω:

- Όταν η κεφαλή στρέφεται προς τα δεξιά, το ενδολεμφικό υγρό μετακινεί το τελικό κυπέλλιο προς τα αριστερά.
- Ο βαθμός εκφόρτισης των τριχωτών κυττάρων στη δεξιά ακουστική ακρολοφία αυξάνεται ανάλογα με την ταχύτητα της κίνησης της κεφαλής, ενώ ο βαθμός εκφόρτισης της αριστερής αυξάνεται.
- Αυτές οι αλλαγές μεταδίδονται μέσω του αιθουσαίου νεύρου στους αντίστοιχους πυρήνες.
- Διεγερτικοί παλμοί μεταδίδονται μέσω οδών στο στέλεχος προς τους οπτικοκινητικούς πυρήνες, οι οποίοι ενεργοποιούν το δεξί έσω ορθό και τον αριστερό έξω ορθό. Ανασταλτικές νευρικές ώσεις μεταδίδονται επίσης προς τους ανταγωνιστές τους.
- Η ταυτόχρονη σύσπαση των μυών, έχει ως αποτέλεσμα μια πλάγια κίνηση των οφθαλμών προς τα αριστερά.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω οι απαγωγοί νευρώνες του αιθουσο-οπτικού αντανακλαστικού, είναι οι κινητικοί νευρώνες από τους οπτικοκινητικούς πυρήνες, οι οποίοι και ερεθίζουν τους εξωοπτικούς μύες. Οι εξωοπτικοί μύες είναι τοποθετημένοι σε ζευγάρια, που βρίσκονται σε επίπεδα πολύ κοινά με τα επίπεδα που σχηματίζουν οι ημικύκλιοι σωλήνες. Αυτή η γεωμετρική διευθέτηση βοηθάει στη σύνδεση ενός ζευγαριού ημικύκλιων σωλήνων με ένα ζευγάρι εξωοπτικών μυών. Με αυτό τον τρόπο η κίνηση των ματιών πραγματοποιείται στο ίδιο επίπεδο με την κίνηση της κεφαλής.

4.Ζ. Το αιθουσο-νωτιαίο αντανακλαστικό

Ο σκοπός αυτού του αντανακλαστικού είναι η σταθεροποίηση του σώματος. Το αιθουσο-νωτιαίο αντανακλαστικό είναι μια συνάρθρωση διαφόρων αντανακλαστικών που ονομάζονται ανάλογα με τη δυναμική ή στατική μορφή τους και ανάλογα με τα προσαγωγά ερεθίσματα. Σαν παράδειγμα των διαδικασιών για την παραγωγή ενός τέτοιου αντανακλαστικού θα αναφέρουμε τα παρακάτω:

- Όταν το κεφάλι κλίνει προς τη μία πλευρά, ερεθίζονται και οι σωλήνες και οι ωτόλιθοι.
- Δραστηριοποιούνται τα αιθουσαία νεύρα και οι αιθουσαίοι πυρήνες.
- Μεταδίδονται οι ανάλογες νευρικές ώσεις μέσω των αιθουσονωτιαίων οδών προς το νωτιαίο μυελό.

Δημιουργείται μια εκτατική δραστηριότητα στην πλευρά προς την οποία κάμπτεται η κεφαλή και μια καμπτική δραστηριότητα προς την αντίθετη.

Οι απαγωγοί νευρώνες του αιθουσο-νωτιαίου αντανακλαστικού είναι τα κύτταρα των πρόσθιων κεράτων του νωτιαίου μυελού, τα οποία δίνουν τις κατάλληλες εντολές στους μύες. Η σύνδεση μεταξύ των αιθουσαίων πυρήνων και των κινητικών

νευρώνων είναι πιο πολύπλοκη από την αντίστοιχη του αιθουσο-οπτικού αντανακλαστικού. Το αιθουσονωτιαίο αντανακλαστικό έχει μια δυσκολότερη λειτουργία, επειδή υπάρχουν πολλές στρατηγικές αποτροπής πιθανής πτώσης, οι οποίες περιλαμβάνουν διαφορετικές κινητικές συνέργειες. Για παράδειγμα όταν κάποιος σπρώχνει από πίσω, το κέντρο βάρους μετακινείται προς τα εμπρός. Για να αποκατασταθεί η ισορροπία κάποιος μπορεί:

- να χρησιμοποιήσει πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής
- να κάνει ένα βήμα
- να αρπάξει κάτι για στήριγμα
- να χρησιμοποιήσει το συνδυασμό των παραπάνω αντιδράσεων

Το αιθουσο-νωτιαίο αντανακλαστικό πρέπει επίσης να προσαρμόσει την κίνηση των μελών, κατάλληλα σε σχέση με τη θέση της κεφαλής στο σώμα. Υπάρχουν τρεις κύριες οδοί οι οποίες συνδέουν τους αιθουσαίους πυρήνες με τα πρόσθια κέρατα του νωηαίου μυελού.

- Η έξω αιθουσονωτιαία οδός η οποία δημιουργεί την αντιβαρυντική μυϊκή δραστηριότητα, κυρίως στα κάτω άκρα, μετά από αλλαγή θέσεως της κεφαλής η οποία συμβαίνει σε σχέση με τη βαρύτητα.
- Η έσω αιθουσονωτιαία οδός η οποία ρυθμίζει τις αλλαγές στάσεως σε απάντηση των ερεθισμάτων από τους ημικύκλιους σωλήνες. Η οδός αυτή κατεβαίνει μόνο μέσω του αυχενικού νωηαίου μυελού και δραστηριοποιεί τους μύες του αυχένα.
- Η δικτυονωτιαία οδός, η οποία δέχεται αισθητική πληροφόρηση από όλους του αιθουσαίους πυρήνες, καθώς και από όλα τα υπόλοιπα αισθητικά και κινητικά συστήματα. Αν και ο ρόλος της δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως φαίνεται να παίζει ρόλο στις περισσότερες αντανακλαστικές κινητικές αντιδράσεις ισορροπίας.

4.H. Αυχενικά αντανακλαστικά

Τα αυχενικά αντανακλαστικά είναι άμεσα συσχετιζόμενα με τη διατήρηση της θέσεως της κεφαλής ως προς το σώμα αλλά και της διατήρησης της στάσης.

Συnergάζονται με τα αιθουσαία αντανακλαστικά για να επιτευχθούν αυτές οι σύνθετες διαδικασίες. Τα κυριότερα από τα αυχενικά αντανακλαστικά είναι τα εξής:

- Το αυχενο-οπτικό αντανακλαστικό το οποίο συσχετίζεται με το αιθουσο-οπτικό αντανακλαστικό και παίζει σημαντικό ρόλο στην περίοδο ανάρρωσης από αιθουσαία βλάβη. Αποτελείται από κινήσεις των ματιών οι οποίες καθοδηγούνται από τους ιδιοϋποδοχείς του αυχένα και μπορούν κάτω από συγκεκριμένες καταστάσεις να παίζουν το ρόλο του VOR.
- Το αυχενο-νωτιαίο αντανακλαστικό το οποίο προκαλεί αλλαγή στη θέση των μελών του σώματος εξαιτίας της προσαγωγής δραστηριότητας από τον αυχένα. Δύο οδοί φαίνεται να μεταφέρουν τα σήματα αυτού του αντανακλαστικού. Μια διεγερτική οδός από τον έξω αιθουσαίο πυρήνα και μια ανασταλτική οδός από το έσω τμήμα του δικτυωτού σχηματισμού. Με στροφή του σώματος ενώ το κεφάλι διατηρείται σταθερό, το αντανακλαστικό αυτό προκαλεί έκταση των άκρων προς τη μεριά που δείχνει το πηγούνι και κάμψη στην αντίθετη. Οι αιθουσαίο-υποδοχείς επηρεάζουν και τα δύο αυτά συστήματα με ρύθμιση της πυροδότησής τους σε πρότυπο αντίθετο από αυτό που εκλύεται από τους αυχενικούς υποδοχείς. Η συσχέτιση μεταξύ των επιδράσεων στο σώμα από τα προσαγωγά ερεθίσματα του αιθουσαίου και του αυχένα, τείνει να ακυρώνει το ένα το άλλο όταν το κεφάλι κινείται ελεύθερα στο σώμα, έτσι ώστε η θέση να διατηρείται σταθερή.

4.Θ. Φυσιολογική λειτουργία των αιθουσαίων οργάνων

Το τελικό αιθουσαίο όργανο δεν σιγά όταν δεν ερεθίζεται αλλά παράγει συνεχώς δυναμικά ηρεμίας τα οποία εκπέμπει προς τον εγκέφαλο. Τα δυναμικά αποτελούνται από τον ίδιο αριθμό ώσεων, οι οποίες αποστέλλονται ταυτόχρονα και από τις δύο κατευθύνσεις. Θεωρητικά γίνεται αποδεκτό ότι σε φυσιολογικό ερεθισμό προκαλείται μια ακριβής και ορισμένη μεταβολή των ώσεων που εκπέμπονται από τα δύο τελικά αιθουσαία όργανα. Στη μία πλευρά τα δυναμικά ηρεμίας μειώνονται και στην άλλη αυξάνονται κατά τον ίδιο βαθμό. Με τον τρόπο αυτό και οι δύο πλευρές πληροφορούν τον εγκέφαλο με ισόποσο, αλλά αντίθετο τρόπο. Η διαφορά αυτή γίνεται γνωστή στο φλοιό του εγκεφάλου, ο οποίος την ερμηνεύει ως κίνηση ορισμένης διεύθυνσης και ταχύτητας.

Οι ημικύκλιοι σωλήνες παρέχουν αισθητική πληροφόρηση γύρω από την ταχύτητα της κεφαλής, το οποίο βοηθά το VOR να παράγει τις κινήσεις των ματιών που ταιριάζουν με αυτήν την ταχύτητα κίνησης. Το επιθυμητό αποτέλεσμα είναι το μάτι να διατηρείται σταθερό στο χώρο, κατά τη διάρκεια των κινήσεων επιτρέποντας την καθαρή όραση.

Υπάρχουν τρεις σημαντικές διατάξεις στο χώρο οι οποίες διευκολύνουν την φυσιολογική λειτουργία των ημικύκλιων σωλήνων. Πρώτον, το επίπεδο κάθε σωλήνα μέσα στον λαβύρινθο είναι κάθετο όπως έχουμε ήδη αναφέρει με το επίπεδο των άλλων δύο. Δεύτερον τα επίπεδα διάταξης των ημικύκλιων σωλήνων μεταξύ των λαβυρίνθων ταιριάζουν πολύ μεταξύ τους. Οι 6 ξεχωριστοί ημικύκλιοι σωλήνες μετατρέπονται σε τρία λειτουργικά ζεύγη τα οποία είναι:

- ο δεξιός με τον αριστερό οριζόντιο ημικύκλιο σωλήνα
- ο αριστερός πρόσθιος με το δεξί οπίσθιο ημικύκλιο σωλήνα
- ο αριστερός οπίσθιος με το δεξί πρόσθιο ημικύκλιο σωλήνα.

Τρίτον τα επίπεδα των ημικύκλιων σωλήνων ταιριάζουν με τα επίπεδα δράσης των εξωοπτικών μυών κάτι που επιτρέπεται σχετικά απλές συνδέσεις μεταξύ των προσαγωγών νευρώνων από τους σωλήνες και των κινητικών νευρώνων που σχετίζονται με τους μύες αυτούς.

Υπάρχουν αρκετά πλεονεκτήματα από αυτή τη λειτουργική διάταξη των ημικύκλιων σωλήνων σε ζεύγη. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος επιτρέπεται ο αισθητηριακός πλεονασμός. Αυτό σημαίνει ότι αν εμφανιστεί βλάβη σε έναν από το ζεύγος των ημικύκλιων σωλήνων, το κεντρικό νευρικό σύστημα θα συνεχίζει να δέχεται αιθουσαία πληροφόρηση για την ταχύτητα της κεφαλής στο συγκεκριμένο επίπεδο από το φυσιολογικό σωλήνα του ζεύγους. Επιπλέον η λειτουργία ως ζεύγος επιτρέπει στον εγκέφαλο να αγνοεί αλλαγές στη νευρική πυροδότηση που συμβαίνουν και στις δύο πλευρές ταυτόχρονα, όπως σε περίπτωση αλλαγής της θερμοκρασίας του σώματος και οι οποίες αλλαγές δεν σχετίζονται με κίνηση της κεφαλής.

Ο ωτόλιθοι από την άλλη μεριά καταγράφουν τις γραμμικές επιταχύνσεις. Αντιδρούν και στη γραμμική κίνηση της κεφαλής αλλά και σε στατική κλίση σε σχέση με τον άξονα της βαρύτητας. Οι ωτόλιθοι έχουν να εκτελέσουν ένα ευκολότερο έργο και για αυτό το λόγο δεν χρειάζεται να έχουν ειδικό υδροδυναμικό σύστημα. Η ευαισθησία τους στις βαρυτικές και γραμμικές εταταχύνσεις αποκτάται από την ενσωμάτωση των ωτολίθων στον ωτολιθοφόρο υμένα. Σαν τους ημικύκλιους σωλήνες, οι ωτόλιθοι έχουν κατασκευαστεί για να απαντούν σε κινήσεις σε οποιοδήποτε επίπεδο. Σε αντίθεση όμως με τους ημικύκλιους σωλήνες, οι οποίοι έχουν ένα αισθητήριο όργανο για κάθε επίπεδο γωνιακής κίνησης, στην αίθουσα υπάρχουν δύο αισθητήρια όργανα και για τους τρεις άξονες. Το σύστημα της αίθουσας λειτουργεί με εξαιρετική αποτελεσματικότητα για την διατήρηση της ισορροπίας όταν η κεφαλή βρίσκεται σε

κατακόρυφη σχεδόν θέση. Το άτομο έχει την ικανότητα να αντιλαμβάνεται μέχρι και μιας μοίρας απόκλιση της κεφαλής από την απόλυτα κατακόρυφη θέση. Παρόλα αυτά όσο το κεφάλι αποκλίνει από το κατακόρυφο, ο καθορισμός του προσανατολισμού της κεφαλής με το αισθητήριο της αίθουσας γίνεται ολοένα και ασθενέστερο.

Ας δώσουμε ένα παράδειγμα για να αντιληφθούμε τη διαφορετική συμπεριφορά της αίθουσας και των ημικύκλιων σωλήνων. Εάν ένα άτομο τρέχει πολύ γρήγορα προς τα εμπρός και ξαφνικά αρχίζει να στρέφεται προς τη μια πλευρά του, θα απωλέσει την ισορροπία του αν δεν γίνουν ταχύτατα οι κατάλληλες προσαρμογές. Η ακουστική κηλίδα δεν είναι δυνατόν να ανιχνεύσει την απώλεια της ισορροπίας παρά μόνο μετά την έλευσή της. Αντίθετα οι ημικύκλιοι σωλήνες, θα έχουν ήδη ανιχνεύσει ότι το άτομο άρχισε να στρέφεται και αυτό το γεγονός προϋδεάζει το νευρικό σύστημα για τον κίνδυνο απώλειας της ισορροπίας. Με άλλα λόγια, ο μηχανισμός των ημικύκλιων σωλήνων προβλέπει ότι πρόκειται να προκύψει απώλεια της ισορροπίας πριν να συμβεί αυτό το γεγονός και με αυτόν τον τρόπο προκαλείται αντίδραση των κέντρων ισορροπίας για την εκτέλεση των κατάλληλων προσαρμογών.

Υπάρχει μια μεγάλη συζήτηση γύρω από το κατά πόσο, οι λειτουργίες του αιθουσαίου συστήματος ως προς την ισορροπία του σώματος είναι έμφυτες ή επίκτητες. Οι πιο σύγχρονες απόψεις θεωρούν ότι ο μηχανισμός της διατήρησης της ισορροπίας αναπτύσσεται ταυτόχρονα με την αισθητικοκινητική ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού κατά την περίοδο που αυτός μαθαίνει να στέκεται και να βαδίζει. Κατά τη περίοδο αυτή ο εγκέφαλος συνδυάζει τις πληροφορίες από άλλα αισθητήρια όργανα με αυτές από το αιθουσαίο και με την πάροδο του χρόνου μαθαίνει να ολοκληρώνει και να επεξεργάζεται τα μηνύματα από κάθε πηγή.

4.1. Ο ρόλος του αιθουσαίου συστήματος στη στάση και τη κίνηση.

Μία από τις πιο σημαντικές δραστηριότητες του ανθρώπινου ελέγχου της στάσης είναι αυτό της ισορροπίας πάνω στη μικρή βάση υποστήριξης από τα πόδια ή και σε οποιαδήποτε άλλη θέση απαιτείται κάτι τέτοιο. Καθώς είναι αισθητήρας της βαρύτητας, το αιθουσαίο σύστημα είναι ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία για τη ρύθμιση της στάσης και της κίνησης. Το αιθουσαίο σύστημα είναι και αισθητικό και κινητικό σύστημα. Σαν αισθητήριο όργανο, παρέχει στο κεντρικό νευρικό σύστημα πληροφορίες γύρω από τη θέση και την κίνηση της κεφαλής καθώς και μηνύματα που αφορούν την κατεύθυνση της βαρύτητας. Το ΚΝΣ χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες, μαζί με άλλες από τα υπόλοιπα αισθητήρια συστήματα και έτσι κατασκευάζει μια εικόνα γύρω από τη θέση και την κίνηση ολόκληρου του σώματος και του περιβάλλοντος. Επειδή όμως το αιθουσαίο σύστημα έχει και κινητικό ρόλο, η αποστολή του δεν τερματίζεται με την έκλυση των προσαγωγών πληροφοριών αλλά διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο και στην παραγωγή κάποιων κινήσεων. Το αιθουσαίο σύστημα παίζει τέσσερις σημαντικούς ρόλους οι οποίοι είναι :

- Η αίσθηση και η αντίληψη της σιάσης και κίνησης.
- Η σημασία του στον προσανατολισμό της κεφαλής και του σώματος σε κάθετη θέση καθώς και στη στατική ευθυγράμμιση.
- Ο έλεγχος του κέντρου βάρους του σώματος στη στάση και τη κίνηση.
- Η σταθεροποίηση της κεφαλής κατά τη διάρκεια κινήσεων.

Το αιθουσαίο σύστημα παρέχει πληροφόρηση γύρω από την κίνηση και τη θέση της κεφαλής σε σχέση με τη βαρύτητα και άλλες δυνάμεις αδράνειας

Όπως προαναφέραμε οι ημικύκλιοι σωλήνες ερεθίζονται από τις στροφικές κινήσεις της κεφαλής. Οι στροφικές κινήσεις στο μετωπιαίο και εγκάρσιο επίπεδο γίνονται αντιληπτές από τον πρόσθιο και οπίσθιο ημικύκλιο σωλήνα, ενώ ο οριζόντιος

σωλήνας αντιλαμβάνεται κινήσεις στο οριζόντιο επίπεδο. Σε αντίθεση με τους σωλήνες οι ωτόλιθοι ερεθίζονται με τη γραμμική επιτάχυνση ενώ παρέχουν πληροφορίες γύρω από την κατεύθυνση της βαρύτητας. Το ΚΝΣ χρησιμοποιεί αυτά τα σήματα για να καθορίσει την ευθυγράμμιση της κεφαλής σε σχέση με το επίπεδο της βαρύτητας.

Όσο καλή και αν είναι η αιθουσαία λειτουργία για τον καθορισμό της θέσης και της κίνησης του σώματος, οι πληροφορίες του δεν αρκούν από μόνες τους για την ολοκληρωμένη αντίληψη του περιβάλλοντος. Πρώτα, το αιθουσαίο μπορεί να παρέχει πληροφόρηση γύρω από τη θέση της κεφαλής και όχι για την κίνηση ή θέση άλλων μελών του σώματος. Δεύτερον η πληροφόρηση από το αιθουσαίο μπορεί να είναι ασαφείς. Ένα σήμα για τους κάθετους σωλήνες που να φανερώνει πρόσθια κλίση της κεφαλής μπορεί να παραχθεί από κάμψη της κεφαλής στον αυχένα ή από κάμψη του σώματος στην οσφυϊκή μοίρα. Το αιθουσαίο από μόνο του δεν μπορεί να ξεχωρίσει τι από τα δύο συμβαίνει πραγματικά. Προσθετικά με τα παραπάνω το αιθουσαίο δεν είναι σε ίσο βαθμό ευαίσθητο για όλο το εύρος των πιθανών κινήσεων της κεφαλής. Οι ημικύκλιοι σωλήνες είναι πιο ευαίσθητοι στις γρήγορες κινήσεις της κεφαλής, ενώ οι ωτόλιθοι μπορούν να αντιληφθούν κλίσεις σε σχέση με τη βαρύτητα και αργές κινήσεις αλλά μόνο όταν αυτές είναι γραμμικές περισσότερο παρά περιστροφικές. Για να έχουν λειτουργικό αντίκρισμα οι πληροφορίες από το αιθουσαίο θα πρέπει το ΚΝΣ να λάβει πληροφόρηση και από τα υπόλοιπα αισθητήρια όργανα. Έτσι για παράδειγμα το οπτικό σύστημα μπορεί να βοηθήσει στο χωρισμό των μηνυμάτων από τους ωτόλιθους. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται η διάκριση μεταξύ κλίσης της κεφαλής σε σχέση με τη βαρύτητα ή γραμμικής μετατόπισης της. Από την άλλη πλευρά οι υποδοχείς μπιουρούν να βοηθήσουν το ΚΝΣ να ξεχωρίσει αν τα σήματα από τους σωλήνες προέρχονται εξ' αιτίας κίνησης της κεφαλής στον αυχένα ή εξ' αιτίας της κάμψης του σώματος.

Το αιθουσαίο σύστημα, το οποίο δίνει σήματα για την διεύθυνση της βαρύτητας διαδραματίζει ένα σημαντικό αλλά όχι αποκλειστικό ρόλο στην ευθυγράμμιση της κεφαλής και του κορμού στα διάφορα ζώα. Μονόπλευρη αιθουσαία βλάβη σε ζώα προκαλεί κλίση της κεφαλής και του σώματος προς την επηρεασμένη πλευρά. Το ποσό της ασυμμετρίας σταδιακά εξαφανίζεται και η επιστροφή στη φυσιολογική ευθυγράμμιση θεωρείται από πολλούς σημάδι αιθουσαίας υποκατάστασης. Στους ανθρώπους το αιθουσαίο σύστημα παίζει επίσης ένα σημαντικό ρόλο στην ευθυγράμμιση κεφαλής και του σώματος σε σχέση με τη βαρύτητα, παρ' όλα αυτά η όραση της μονόπλευρης βλάβης ποικίλλει και είναι συνήθως μικρότερης διάρκειας από ότι στα κατώτερα ζώα. Άνθρωποι με ξαφνική απώλεια της αιθουσαίας λειτουργίας στη μια πλευρά παρουσιάζουν επίσης πλάγια κάμψη της κεφαλής προς την πλευρά της βλάβης κατά την οξεία φάση. Προσθετικά με το παραπάνω εμφανίζεται κλίση ολόκληρου του σώματος προς τη βλάβη και αποκτάται φυσιολογική κατανομή βάρους μετά από περίοδο αρκετών εβδομάδων.

Οι αιθουσαίες πληροφορίες συνεισφέρουν επίσης στο σχηματισμό ενός εσωτερικού χάρτη, ο οποίος ονομάζεται χάρτης των ορίων σταθερότητας. Ο άνθρωπος όταν στέκεται όρθιος με τα πόδια στο έδαφος μπορεί να πραγματοποιήσει κλίση του σώματος του προς τα εμπρός και πίσω, χωρίς να χάσει την ισορροπία του και χωρίς να κάνει βήμα μπροστά (4ο προς τα πίσω και 8ο πρόσθια). Τα όρια αυτά ονομάζονται όρια σταθερότητας. Τα ακριβή όρια για κάθε άτομο καθορίζονται από βιομηχανικούς παράγοντες, όπως το μέγεθος της βάσης στήριξης και από νευρομυϊκές συνεισφορές, όπως η ισχύς και η ελαστικότητα των μυών. Το αιθουσαίο σύστημα είναι αυτό το οποίο καθορίζει τις ακριβείς σχέσεις μεταξύ των ορίων

σταθερότητας και εσωτερικού χάρτη αυτών των ορίων.

Ξέρουμε από τις γνώσεις μας γύρω από την ανατομία ότι οι κινητικές ίνες αφήνουν τον κεντρικό αιθουσαίο πυρήνα και κατεβαίνουν στο νωτιαίο μυελό από όπου καταλήγουν στους νευρώνες οι οποίοι δραστηριοποιούν τους μύες του αυχένα, του κορμού και των άκρων. Παρ' όλα αυτά ο συγκεκριμένος ρόλος του αιθουσαίου στον έλεγχο του προσανατολισμού και της ισορροπίας δεν είναι ακόμη ξεκαθαρισμένος. Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα σήματα από το αιθουσαίο παίζουν μια μεγάλη ποικιλία ρόλων, συμπεριλαμβανομένων την τονική ενεργοποίηση των αντιβαρυτικών μυών, τον ερεθισμό των αντιδράσεων ισορροπίας, τη συνεισφορά στην επιλογή των κατάλληλων στρατηγικών στάσης ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τη συνέργια των κινήσεων της κεφαλής και του κορμού. Ο προσανατολισμός και η ισορροπία είναι δύο ξεκάθαροι στόχοι της στάσης. Για να πραγματοποιηθούν κάποιες δραστηριότητες μπορεί να δοθεί προτεραιότητα στο ένα από αυτά τα δύο με κόστος το άλλο. Γενικά πάντως και οι στατικές θέσεις και οι δυναμικές κινήσεις απαιτούν ένα σύστημα το οποίο να θέτει ως προτεραιότητα τους συμπεριφορικούς στόχους και το οποίο να χρησιμοποιεί όλες τις διαθέσιμες αισθητήριες πληροφορίες για αποτελεσματικό και επαρκή έλεγχο του κορμού και των άκρων ώστε να επιτευχθεί και ο προσανατολισμός και η ισορροπία.

Ο Magnus ήταν ο πρώτος ο οποίος διερεύνησε το ρόλο των κατερχόμενων αιθουσονωτιαίων οδών στον έλεγχο της στατικής θέσης του σώματος. Για να πραγματοποιήσει τις έρευνές του, χρησιμοποίησε αποκεφαλισμένα ζώα ώστε να απομονώσει το αιθουσο-νωτιαίο σύστημα από τα υπόλοιπα ανώτερα κέντρα ελέγχου. Ανακάλυψε αντανεκλαστικές κινήσεις των άκρων οι οποίες εκλυόταν από διαφορετικές θέσεις της κεφαλής και οι οποίες περιγραφές ξαναορίστηκαν και τροποποιήθηκαν από τον Roberts. Τοποθετώντας την κεφαλή σε διαφορετικές θέσεις σε σχέση με τη βαρύτητα και με το υπόλοιπο σώμα, τροποποιείται η δραστηριότητα του αιθουσαίου και των ιδιούποδοχών του αυχένα, τα οποία επηρεάζουν τη μυϊκή δραστηριότητα των άκρων μέσω των αιθουσο-νωτιαίων και αυχενο-νωτιαίων αντανεκλαστικών οδών. Ο Magnus υπέθεσε ότι η λειτουργική επίδραση αυτών των αντανεκλαστικών είναι να επιτραπεί στην κεφαλή να κινείται ανεξάρτητα σε σχέση με το σώμα χωρίς να μεταβάλλεται η μυϊκή δραστηριότητα των άκρων. Ο Roberts στη συνέχεια έδωσε μια δεύτερη ερμηνεία. Πιθανές κλίσεις της κεφαλής και του αυχένα μπορούν να συμβούν κατά τη στάση σε ανώμαλες ή κεκλιμένες επιφάνειες και η συν-δραστηριοποίηση του αυχενο-νωτιαίου και αιθουσο-νωτιαίου αντανεκλαστικού θα παρήγαγε τα κατάλληλα πρότυπα της τονικής δραστηριοποίησης των μυών των άκρων, ώστε να σταθεροποιηθεί ο κορμός σε μια συνεχή οριζόντια θέση σε σχέση με τη βαρύτητα. Με άλλα λόγια, χωρίς να δίνεται σημασία στο ποιος είναι ο προσανατολισμός της κεφαλής και του σώματος, η συνδυασμένη δράση των αιθουσαίων και των αυχενικών αντανεκλαστικών πάντα θα προκαλεί έκταση των ποδιών που βρίσκονται στην κατηφορική μεριά και κάμψη των ποδιών που βρίσκονται στην ανηφορική μεριά.

Πρόσθετες έρευνες έδειξαν ότι η δραστηριότητα των άκρων δεν πραγματοποιείται για να σταθεροποιηθεί ο κορμός όπως είχε προτείνει ο Roberts, αλλά για να διατηρηθεί ο προσανατολισμός του κορμού παράλληλα προς την κεκλιμένη επιφάνεια και για να σταθεροποιηθεί το κέντρο βάρους και ο προσανατολισμός των άκρων σε σχέση με τη βαρύτητα. Παρά το γεγονός ότι τα στατικά αιθουσο-νωτιαία και αυχενο-νωτιαία αντανεκλαστικά παρατηρούνται στα προηγούμενα ζώα, μπορεί να μην παίζουν κάποιο σημαντικό ρόλο στη στατική ισορροπία σε ανέπαφα ζώα. Επίσης παρά το γεγονός ότι η επίδραση των τονικών λαβυρίνθων ή αυχενικών αντανεκλαστικών παρατηρούνται πρόωρα στην αναπτυξη ή σε περιπτώσεις

εγκεφαλικής βλάβης, δεν έχουν παρουσιαστεί σε φυσιολογικούς ανθρώπους σε μεταγενέστερα στάδια της ανάπτυξης. Σε φυσιολογικούς ενήλικες, το αντανακλαστικό διάτασης του υποκνημίδιου διεγείρεται περισσότερο όταν η κεφαλή τοποθετείται σε διαφορετικές θέσεις σε σχέση με τη βαρύτητα. Σε αντίθεση με τα πειραματόζωα του Roberts, τα οποία αυξάνουν την έκταση των ανάλογων άκρων, όταν το κεφάλι έκλινει σε σχέση με τη βαρύτητα, οι εκτεινόντες της ποδοκνημικής του ανθρώπου είναι λιγότερο διεγερμένοι όταν η κεφαλή τοποθετείται εκτός φυσιολογικής θέσης σε σχέση με τη βαρύτητα. Αυτό συμβαίνει όταν το άτομο βρίσκεται στην ύπτια ή πρηνή θέση. Επομένως για τις στατικές θέσεις σε ανέπαφα ζώα και σε ανθρώπους είναι πιθανά υπεύθυνοι οι ιδιοϋποδοχείς από τα άκρα και τα προγραμματισμένα κεντρικά πρότυπα των υψηλότερων επιπέδων του νευρικού συστήματος, παρά τα αιθουσαία ή τα αυχενικά αντανακλαστικά.

Αν η ισορροπία διαταραχθεί σε έναν άνθρωπο οι μύες των άκρων δραστηριοποιούνται σε μικρό βαθμό ώστε να αποκατασταθεί η ισορροπία. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί ώστε να καθοριστεί ο ρόλος του αιθουσαίου συστήματος στις αυτόματες αντιδράσεις ισορροπίας. Άμεσες αιθουσο-νωτιαίες οδοί και από τους σωλήνες και από τους ωτόλιθους, οι οποίοι μπορούν να μεταφέρουν τις αυτόματες αντιδράσεις διαταραχή της στάσης, έχουν γνωστοποιηθεί ανατομικά και οι γάτες και οι άνθρωποι αντιδρούν στις ξαφνικές πτώσεις με μικρής διάρκειας δραστηριοποίηση των εκτεινόντων της ποδοκνημικής. Αυτές οι απαντήσεις συμβαίνουν και με κλειστά και με ανοιχτά μάτια, οπότε δε φαίνεται να είναι αποτέλεσμα του οπτικού ερεθισμού. Οι ερευνητές έχουν υποθέσει ότι αιθουσο-νωτιαίοι μηχανισμοί παίζουν σημαντικό ρόλο στις αυτόματες αντιδράσεις ισορροπίας που εισάγονται στα πόδια από κινούμενες βάσεις. Δύο είδη βάσεων έχουν χρησιμοποιηθεί πειραματικά για να μελετηθούν αυτές οι υποθέσεις. Βάσεις οι οποίες μετακινούνται πρόσθια και οπίσθια και βάσεις οι οποίες μετακινούνται με στροφή. Έχει βρεθεί ότι τα αιθουσο-νωτιαία αντανακλαστικά δεν παίζουν ουσιαστικό ρόλο για την επαναφορά της ισορροπίας στις προσθιοπίσθιες μετακινήσεις της πλατφόρμας, ενώ οι αντιδράσεις μετά από περιστροφή της βάσης επηρεάζονται περισσότερο από τους αιθουσαίους μηχανισμούς διάφορες μελέτες γύρω από το ρόλο του αιθουσαίου έχουν δείξει ότι ο ρόλος τους στις αντιδράσεις ισορροπίας αυξάνεται όταν η ιδιοδεκτική πληροφόρηση για την ταλάντωση του σώματος λείπει ή είναι ανεπαρκής και δείχνουν επίσης ότι η αποτελεσματική ισορρόπηση μετά από διαταραχή της στάσης, βασίζεται στην στενή συσχέτιση των αιθουσαίων και των σωματοαισθητικών πληροφοριών. Η χρήση των οπτικών και αιθουσαίων πληροφοριών για τον έλεγχο της στάσης είναι περίπλοκη εξαιτίας του γεγονότος ότι αυτά τα αισθητηριακά όργανα είναι τοποθετημένα στο ασταθές κεφάλι. Επειδή το κέντρο βάρους της κεφαλής βρίσκεται πάνω από τον άξονα της στροφής κάθε κίνησης του σώματος, θα έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση της κεφαλής. Οι ανεξέλεγκτες κινήσεις της κεφαλής κάνουν ακόμη πιο πολύπλοκη διαδικασία την χρήση των αιθουσαίων πληροφοριών, ώστε να υπολογιστεί η κίνηση και η στάση του σώματος. Για αυτούς τους λόγους, οι ερευνητές έχουν υποθέσει ότι το νευρικό σύστημα μπορεί να σταθεροποιήσει την κεφαλή σε σχέση με τη βαρύτητα κατά τον έλεγχο στάσης, είτε για να απλοποιήσει την μετάφραση των αιθουσαίων πληροφοριών, είτε για να διευκολυνθεί η σταθερότητα του βλέμματος. Σε απουσία καλής πληροφόρησης για τη βαρύτητα από το αιθουσαίο σύστημα, ή σε μια προσπάθεια να απλοποιηθεί η συνέργια των κινήσεων του κορμού και της κεφαλής, προτάθηκε επίσης ότι το νευρικό σύστημα μπορεί να σταθεροποιήσει την κεφαλή με σημείο αναφοράς τον κορμό.

Παρ' όλο που υπάρχει κάποια κίνηση της κεφαλής στο χώρο κατά τη διάρκεια των

περισσότερων κινητικών δραστηριοτήτων, η θέση της κεφαλής σε σχέση με τη βαρύτητα διατηρείται σχετικά σταθερή, παρά τις μεγάλες κινήσεις του σώματος που συνήθως συμβαίνουν. Σε αυτές τις μελέτες δεν καταγράφηκε η δραστηριότητα των μυών του αυχένα, επομένως είναι δύσκολο να γνωρίζουμε αν η θέση της κεφαλής σταθεροποιείται ενεργητικά από το κεντρικό νευρικό σύστημα. Το κεφάλι φαίνεται να είναι σχεδόν σταθεροποιημένο σε σχέση με τη βαρύτητα, σε ένα μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις το αιθουσαίο σύστημα παίζει σημαντικό ρόλο. Αντίθετα φαίνεται να έχει λιγότερη αξία για τον έλεγχο της θέσης του κέντρου βάρους, ιδιαίτερα όταν υπάρχει καλή ανατροφοδότηση από τους ιδιόποδοχείς. Αυτές οι παρατηρήσεις έρχονται σε συμφωνία με την υπόθεση ότι η περιφερική προς κεντρικά μυϊκή δραστηριοποίηση η οποία ελέγχει το κέντρο βάρους πραγματοποιείται από τους υποδοχείς που βρίσκονται στα πόδια και ότι η δραστηριοποίηση των μυών του αυχένα και του κορμού, οι οποίοι ελέγχουν τη θέση της κεφαλής, προκαλείται από τους αιθουσαίους μηχανισμούς.

4.Κ. Αισθητηριακές στρατηγικές κατά τη διάρκεια της ήρεμης στάσης

Σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα από όλα τα μέρη του σώματος συμβάλλουν στον έλεγχο ισορροπίας κατά τη διάρκεια της ήρεμης στάσης. Σε μελέτες τους, ο Γάλλος επιστήμονας Roll και οι συνεργάτες του, χρησιμοποίησαν μικροδονητές για να διεγείρουν τους μύς των ματιών, του αυχένα και των ποδοκνημικών και διερεύνησαν τη συμβολή των ιδιοδεκτικών ερεθισμάτων από τους μύς αυτούς στο στατικό έλεγχο κατά τη διάρκεια της ήρεμης στάσης. Βρήκαν ότι η δόνηση των οφθαλμικών μυών ενός ατόμου που ορθοστατεί με κλειστά μάτια, παρήγαγε σωματική ταλάντευση με κατεύθυνση ταλάντευσης εξαρτώμενη από τον δονούμενο μυ. Ταλάντευση επίσης παραγόταν με δόνηση του στερνοκλειδομαστοειδούς ή του υποκνημίδιου. Όταν οι μύες αυτοί δονούνταν ταυτόχρονα, τα αποτελέσματα ήταν αθροιστικά, δίχως μάλιστα ξεκάθαρη επικράτηση της μιας ιδιοδεκτικής επίδρασης έναντι της άλλης. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η ιδιοδεκτικότητα από όλα τα μέρη του σώματος παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ήρεμης στάσης.

Κάποιες πρώιμες μελέτες των αποτελεσμάτων της όρασης στην ήρεμη στάση εξέτασαν το εύρος της ταλάντευσης με κλειστά και ανοικτά μάτια και βρήκαν αξιοσημείωτη αύξηση της ταλάντευσης φυσιολογικών ατόμων όταν τα μάτια τους ήταν κλειστά. Έτσι, λοιπόν, προέκυψε το συμπέρασμα ότι η όραση συμβάλλει ενεργητικά στον έλεγχο της ισορροπίας στην ήρεμη στάση. Ο λόγος της σωματικής ταλάντευσης με ανοικτά μάτια προς τη σωματική ταλάντευση με κλειστά μάτια ονομάζεται πηλίκιο Romberg.

Χρησιμοποιούμε τις οπτικές ενδείξεις με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με το αν βρισκόμαστε στην ήρεμη στάση ή ανταποκρινόμαστε σε μια απροσδόκητη απειλή; Η απάντηση φαίνεται ότι είναι καταφατική. Διάφοροι ερευνητές μελέτησαν την ευαισθησία σε διαρκείς ενδείξεις οφθαλμικής κίνησης, έναντι παροδικών, σε ανθρώπους διαφορετικών ηλικιών.

Τα πρώτα πειράματα αυτού του τύπου τα εκτέλεσαν ο David Lee και οι συνεργάτες του από το Εδιμβούργο της Σκωτίας, χρησιμοποιώντας ένα καινούργιο πειραματικό παράδειγμα σύμφωνα με το οποίο τα άτομα στέκονταν μέσα σε ένα δωμάτιο με ακίνητο πάτωμα, αλλά με κινούμενους προς τα μπρος ή προς τα πίσω τοίχους και οροφή, δίνοντας έτσι στο άτομο την εντύπωση της ταλάντευσης προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το κινούμενο δωμάτιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την

παραγωγή αργών ταλαντώσεων, μιμούμενο τις οπτικές ενδείξεις της ταλάντευσης στην ήρεμη στάση, ή απότομες μεταβολές του οπτικού πεδίου, μιμούμενο την α-προσδόκητη απώλεια της ισορροπίας.

Όταν λοιπόν συμβαίνουν στο δωμάτιο διαρκείς μικρές ταλαντώσεις, ο νευρολογικά υγιής ενήλικος αρχίζει να ταλαντεύεται σύμφωνα με τις ταλαντώσεις του δωματίου, φανερώνοντας έτσι τον εξαιρετικά σημαντικό ρόλο που παίζουν τα οπτικά ερεθίσματα στον στατικό έλεγχο της ήρεμης στάσης.

Σε κάποιες άλλες μελέτες δόθηκαν σε ενήλικα άτομα διαρκείς αργές ταλαντεύσεις πάνω σε πλατφόρμα (μιμούμενες την ήρεμη στάση) έναντι γρήγορων, παροδικών διαταραχών της στάσης (προξενώντας απώλεια σταθερότητας). Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών έδειξαν ότι τα οπτικά, αισθουσαία και ιδιοδεκτικά ερεθίσματα, στη διάρκεια αργών ταλαντώσεων, επηρεάζουν και τα τρία τον στατικό έλεγχο των φυσιολογικών ενηλίκων κατά την ήρεμη στάση. Αντίθετα, στον έλεγχο της στάσης φαίνεται να επικρατούντα σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα, κατά την ανταπόκριση σε παροδικές διαταραχές της υποστηρικτικής επιφάνειας.

Ποιο μπορεί να είναι το τελικό συμπέρασμα όλων αυτών των ερευνών; Η απάντηση είναι ότι και τα τρία αισθητηριακά συστήματα συμβάλλουν στον στατικό έλεγχο κατά τη διάρκεια της ήρεμης στάσης.

4.Α. Αισθητηριακές στρατηγικές κατά τη διάρκεια της διαταραχής της στάσης

Με ποιο τρόπο τα οπτικά, αισθουσαία και σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα συμβάλλουν στον στατικό έλεγχο κατά την ανάκτηση μετά από μία πρόσκαιρη διαταραχή της ισορροπίας; Παρακάτω θα ασχοληθούμε με κάποιες από τις έρευνες που εξετάζουν το ερώτημα αυτό.

Οι κινούμενοι χώροι, που μόλις παραπάνω περιγράψαμε, έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση της συμβολής των οπτικών ερεθισμάτων στην ανάκτηση της ισορροπίας μετά από πρόσκαιρη διαταραχή. Όταν συμβούν απότομες κινήσεις του χώρου, τα βρέφη (1 έτους) αναπληρώνουν αυτή την απώλεια της ψευδαισθητικής ισορροπίας με κινητικές ανταποκρίσεις σχεδιασμένες για την ανάκτηση της κατακόρυφης θέσης. Ωστόσο, παρόλο που δεν υπάρχει πραγματική σωματική ταλάντευση, παρά μόνον η ψευδαίσθησή της, οι κινητικές ανταποκρίσεις έχουν ένα αποσταθεροποιητικό αποτέλεσμα, που έχει ως συνέπεια τα βρέφη να χάνουν την ισορροπία τους ή και να πέφτουν προς την κατεύθυνση της κίνησης του χώρου. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η όραση μπορεί να συνιστά κυρίαρχο ερέθισμα για την αναπλήρωση πρόσκαιρων διαταραχών στα παιδιά που πρωτομαθαίνουν να ορθοστατούν.

Ενδιαφέρον είναι επίσης το γεγονός ότι τα μεγαλύτερα παιδιά και οι ενήλικοι τυπικά δεν εμφανίζουν μεγάλες ανταποκρίσεις ταλάντευσης σε αυτές τις κινήσεις, πράγμα που δείχνει ότι στους ενήλικους η όραση δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην αναπλήρωση πρόσκαιρων διαταραχών. Ο λανθάνων χρόνος μυϊκής ανταπόκρισης στις οπτικές ενδείξεις που σημαίνουν ταλάντευση, είναι σχετικά μεγάλος της τάξης των 200 msec, σε αντίθεση με τις σωματοαισθητηριακές ανταποκρίσεις που ενεργοποιούνται ως απάντηση στις μετακινήσεις της υποστηρικτικής επιφάνειας (80 με 100 msec). Καθώς οι σωματοαισθητηριακές ανταποκρίσεις στις μετακινήσεις της υποστηρικτικής επιφάνειας μοιάζει να είναι πολύ πιο γρήγορες από εκείνες που προκαλεί η όραση, οι ερευνητές έχουν διατυπώσει την άποψη ότι το νευρικό σύστημα στηρίζεται κατά προτίμηση στα σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα για τον έλεγχο της σωματικής ταλάντευσης, όταν προκληθεί ανισορροπία από

γρήγορες μετακινήσεις της υποστηρικτικής επιφάνειας.

Ποια είναι η σχετική συνεισφορά του αιθουσαίου συστήματος στις στατικές ανταποκρίσεις σε διαταραχές της υποστηρικτικής επιφάνειας; Πειράματα του Dietz και των συνεργατών του έχουν δείξει ότι η συνεισφορά του αιθουσαίου συστήματος είναι πολύ μικρότερη από των σωματοαισθητηριακών ερεθισμάτων. Στα πειράματα αυτά συγκρίθηκαν ο λανθάνων χρόνος και το εύρος της μυϊκής ανταπόκρισης για δύο διαφορετικού τύπου διαταραχές της στάσης: (α) την υποστηρικτική επιφάνεια μπρος ή πίσω, διεγείροντας σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα, (β) την πρόσθια ή οπίσθια μετατόπιση ενός φορτίου (2 kgf) προσαρμοσμένου στο κεφάλι διεγείροντας το αιθουσαίο σύστημα (η ανταπόκριση ήταν απύσχα σε ασθενείς με αιθουσαίες διαταραχές). Για συγκρίσιμες επιταχύνσεις, οι μυϊκές ανταποκρίσεις στα αιθουσαία ερεθίσματα ήταν 10 φορές μικρότερες από ότι οι σωματοαισθητηριακές ανταποκρίσεις που προκαλούσε η μετατόπιση του ποδιού. Αυτό δείχνει ότι τα αιθουσαία ερεθίσματα παίζουν ελάχιστο ρόλο στην ανάκαμψη του στατικού ελέγχου μετά από οριζόντια μετατόπιση της υποστηρικτικής επιφάνειας.

Ωστόσο, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, τόσο τα αιθουσαία όσο και τα οπτικά ερεθίσματα παίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο των ανταποκρίσεων σε παροδικές διαταραχές. Για παράδειγμα, όπου η υποστηρικτική επιφάνεια περιστρέφεται με τα δάκτυλα προς τα πάνω, διατείνεται και ενεργοποιείται ο γαστροκνήμιος ανταπόκριση που είναι αποσταθεροποιητική και σπρώχνει το σώμα προς τα πίσω. Ο Allum, ένας Ελβετός ερευνητής, έδειξε ότι η επακόλουθη αναπληρωματική ανταπόκριση στον πρόσθιο κνημιαίο μυ, που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση της ισορροπίας, ενεργοποιείται από το αιθουσαίο και το οπτικό σύστημα όταν τα μάτια είναι ανοικτά. Με κλειστά τα μάτια, ενεργοποιείται κυρίως (80%) από τους αιθουσαίους ημικυκλικούς σωλήνες. Οι μελέτες αυτές, που εξετάζουν τον στατικό έλεγχο σε ανταπόκριση παροδικών οριζόντιων διαταραχών της στάσης, δείχνουν ότι οι νευρολογικά υγιείς ενήλικοι τείνουν να στηρίζονται στα σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα, εν αντιθέσει με τα μικρά παιδιά που στηρίζονται κυρίως στα οπτικά ερεθίσματα. Άσχετα με τη δραστηριότητα, καμία αίσθηση από μόνη της δεν μπορεί να τροφοδοτήσει το Κ.Ν.Σ. με ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την κίνηση του σώματος στον χώρο σε κάθε περίπτωση.

4.Μ. Προσαρμογή των αισθήσεων για την επίτευξη του στατικού ελέγχου

Ζούμε σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Η προσαρμογή του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιούμε τα αισθητηριακά μηνύματα για την επίτευξη του στατικού ελέγχου συνιστά κρίσιμο στοιχείο για τη διατήρηση της σταθερότητας σε ένα πλήθος περιβαλλοντικών συνθηκών και έχει μελετηθεί από διάφορους ερευνητές.

Μία προσέγγιση στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο το Κ.Ν.Σ. προσαρμόζει πολλαπλά αισθητηριακά ερεθίσματα για την επίτευξη του στατικού ελέγχου, αναπτύχθηκε από τον Nashner και τους συνεργάτες του. Στην προσέγγιση αυτή χρησιμοποιήθηκαν κινούμενη πλατφόρμα και κινούμενο οπτικό περιβάλλον. Μία απλοποιημένη εκδοχή του πρωτοκόλλου Nashner ανέπτυξαν οι Shumway-Cook και

Horak για να εξετάσουν τον ρόλο της αισθητηριακής αλληλεπίδρασης στην ισορροπία.

Στο πρωτόκολλο του Nashner, η σωματική ταλάντευση μετριέται, ενώ το άτομο βρίσκεται σε ήρεμη στάση, σε έξι διαφορετικές συνθήκες που μεταβάλλουν τη διαθεσιμότητα και την ακρίβεια οπτικών και σωματοαισθητηριακών πληροφοριών για τον στατικό προσανατολισμό. Στις συνθήκες 1-3, το άτομο στέκεται πάνω σε μία φυσιολογική επιφάνεια με ανοικτά μάτια (1), με κλειστά μάτια(2), ή σε κινούμενο οπτικό περιβάλλον με σωματική ταλάντευση (3). Οι συνθήκες 4-6 είναι όμοιες με τις 1-3 με εξαίρεση το γεγονός ότι η υποστηρικτική επιφάνεια περιστρέφεται και υπάρχει σωματική ταλάντευση. Διαφορές του ποσού της σωματικής ταλάντευσης σε διαφορετικές συνθήκες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ικανότητας του ατόμου να προσαρμόζει τις αισθητηριακές πληροφορίες για στατικό έλεγχο.

Πολλές μελέτες έχουν εξετάσει την ανταπόκριση φυσιολογικών ατόμων σε ποικίλα αισθητηριακά ερεθίσματα για στατικό έλεγχο. Γενικά οι μελέτες αυτές έχουν δείξει ότι ενήλικοι και παιδιά πάνω από τη ηλικία των 7 ετών διατηρούν εύκολα την ισορροπία τους και στις 6 προαναφερθείσες συνθήκες.

Η ταλάντευση των ατόμων είναι μικρότερη όταν τα ερεθίσματα προσανατολισμού από την υποστηρικτική επιφάνεια είναι ακριβή, αναφορικά με τη θέση του σώματος στον χώρο, σε σχέση με την επιφάνεια, άσχετα με την ακρίβεια και τη διαθεσιμότητα των οπτικών ερεθισμάτων (Συνθήκες 1, 2 και 3). Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες από την υποστηρικτική επιφάνεια, ως ακριβής πηγή πληροφοριών προσανατολισμού, τα άτομα αρχίζουν να ταλαντεύονται περισσότερο. Ο μέγιστος βαθμός ταλάντευσης παρατηρείται στις συνθήκες 5 και 6, όπου υπάρχει μόνο μία ακριβής πηγή ερεθισμάτων, τα αιθουσαία ερεθίσματα, διαθέσιμη για την επίτευξη του στατικού ελέγχου.

Η παραπάνω έρευνα δείχνει διάφορα στοιχεία σχετικά με το πώς το Κ.Ν.Σ. οργανώνει και προσαρμόζει τις αισθητηριακές πληροφορίες για την επίτευξη του στατικού ελέγχου. Υποστηρίζει μάλιστα την έννοια της ιεραρχικής βαρύτητας των αισθητηριακών ερεθισμάτων για τη στάση, βάσει της σχετικής τους ακρίβειας στην καταγραφή της σωματικής θέσης και της κίνησης στον χώρο.

Σε περιβάλλον, όπου κάποια αίσθηση δεν παρέχει ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη θέση του σώματος στον χώρο, μειώνεται η βαρύτητα που αποδίδεται στην αίσθηση αυτή ως πηγή προσανατολισμού, ενώ αυξάνεται η βαρύτητα που αποδίδεται σε άλλες πιο ακριβείς αισθήσεις. Εξαιτίας του πλεονάσματος των διαθέσιμων αισθήσεων για προσανατολισμό και της ικανότητας του Κ.Ν.Σ. να τροποποιεί τη σχετική σημασία της κάθε μιας αίσθησης για τον στατικό έλεγχο, τα άτομα είναι σε θέση να διατηρούν τη σταθερότητά τους σε μία ποικιλία περιβαλλοντικών συνθηκών.

Περίληπτικά, ο στατικός έλεγχος περιλαμβάνει την οργάνωση πολλαπλών αισθητηριακών ερεθισμάτων σε αισθητηριακές στρατηγικές για προσανατολισμό. Η διεργασία αυτή φαίνεται να περιλαμβάνει την ιεραρχική οργάνωση των αισθητηριακών πλαισίων αναφοράς, διασφαλίζοντας έτσι την επιλογή του καταλληλότερου για τη δραστηριότητα και το περιβάλλον. Οι αισθητηριακές στρατηγικές, δηλαδή η σχετική βαρύτητα που αποδίδεται σε μία αίσθηση, ποικίλλουν ανάλογα με την ηλικία, τη δραστηριότητα και το περιβάλλον. Φαίνεται ότι σε φυσιολογικές συνθήκες, το νευρικό σύστημα μπορεί να αποδίδει μεγαλύτερη σημασία στις σωματοαισθητηριακές πληροφορίες για τον στατικό έλεγχο παρά στα οπτικά/αιθουσαία ερεθίσματα.

4.N. Προσαρμογή σε Διαταραχές της περιστροφικής υποστηρικτικής επιφάνειας

Κάποιοι ερευνητές έχουν εκτελέσει άλλου είδους πειράματα για τη διερεύνηση των στατικών προσαρμογών. Χρησιμοποίησαν κινήσεις περιστροφικής πλατφόρμας για να μελετήσουν την προσαρμογή των στατικών ανταποκρίσεων σε διαφορετικές συνθήκες. Για παράδειγμα, οι κινήσεις περιστροφικής πλατφόρμας (με τα δάκτυλα προς τα κάτω) οδηγούν σε διάταξη των πρόσθιων κνημιαίων μυών, ενεργοποιώντας την συνέργεια των καμπτήρων, αλλά, όταν η συνέργεια πρώτο-ενεργοποιείται σε αυτή την κατάσταση, είναι ακατάλληλη και προωθεί το άτομο προς τα μπρος στην κατεύθυνση της περιστροφής της πλατφόρμας. Μελέτες έχουν δείξει ότι τα άτομα προσαρμόζουν τις ανταποκρίσεις τους, αμβλύνοντας το εύρος ανταπόκρισης σε μία σειρά 10 περίπου προσεγγίσεων. Έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι, όταν το άτομο λαμβάνει ανακριβή αισθητηριακή πληροφόρηση από κάποια αίσθηση (στην προκειμένη περίπτωση, πληροφορίες από την ποδοκνημική), είναι σε θέση να συγκρίνει την πληροφορία με τα άλλα διαθέσιμα αισθητηριακά συστήματα, αναπροσαρμόζοντας κατόπιν τη βαρύτητα των αισθητηριακών τους πληροφοριών, μετατοπιζόμενο έτσι στις ακριβείς πληροφορίες που έμειναν.

4.Ξ. Προσαρμογή των Αισθήσεων κατά την Εκμάθηση μιας Νέας Δραστηριότητας

Μιλήσαμε, λοιπόν, για τον επαναπροσδιορισμό της βαρύτητας των αισθητηριακών πληροφοριών σε περιβάλλον όπου δεν είναι κατάλληλη η χρήση μιας συγκεκριμένης αίσθησης για στατικό έλεγχο. Ένας παρόμοιος επαναπροσδιορισμός της σημασίας των αισθήσεων φαίνεται να συμβαίνει κατά τη διεργασία εκμάθησης νέων κινητικών δεξιοτήτων. Οι Lee και Lishman βρήκαν αυξημένη εστίαση στα οπτικά ερεθίσματα όταν κάποια άτομα μάθαιναν μια καινούργια δεξιότητα. Καθώς η δραστηριότητα γινόταν πιο αυτόματη, εμφανίστηκε κάποια μείωση της σχετικής σημασίας των οπτικών ερεθισμάτων για τον στατικό έλεγχο και επίσης αύξηση της σημασίας των σωματοαισθητηριακών ερεθισμάτων.

Έχει διατυπωθεί η υπόθεση ότι ενήλικοι που ανανήφουν από νευρολογική βλάβη, στηρίζονται κυρίως στην όραση κατά την πρώιμη φάση της ανάνηψης. Καθώς οι κινητικές δεξιότητες επανακατακτώνται, συμπεριλαμβανομένου του στατικού ελέγχου, οι ασθενείς στηρίζονται λιγότερο στην όρασή τους και είναι πιο ικανοί να χρησιμοποιήσουν τα σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα.

4.Ο. Αισθητηριακοκινητική Προσαρμογή

Ο στατικός έλεγχος είναι μία αισθητηριακοκινητική δραστηριότητα που προϋποθέτει τον συντονισμό των αισθητηριακών πληροφοριών με τα κινητικά στοιχεία του στατικού ελέγχου. Οι τρόποι που κινούμαστε επηρεάζουν τον τρόπο που αισθανόμαστε και, αντίστροφα, ο τρόπος που αισθανόμαστε επηρεάζει τον τρόπο που κινούμαστε.

Οι ερευνητές έχουν βρει σημαντικές διαφορές στον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι αισθήσεις, ανάλογα με τον τύπο της κινητικής στρατηγικής που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση της σταθερότητας. Η αποτελεσματική χρήση της στρατηγικής των ποδοκνημικών φαίνεται να εξαρτάται από τις άθικτες σωματοαισθητηριακές

αισθήσεις που αναφέρουν τη θέση του σώματος στον χώρο σε σχέση με την υποστηρικτική επιφάνεια. Αντίθετα, τα αιθουσαία ερεθίσματα είναι απαραίτητα για την εκτέλεση της στρατηγικής ισχύων. Έτσι, προφανώς, γίνεται κάποια σχετική μεταβολή της σημασίας μιας συγκεκριμένης αίσθησης, ανάλογα με τον τρόπο που κινούμαστε. Τα πειράματα αυτά δίνουν έμφαση στη σημασία των προσαρμογών του στατικού συστήματος. Η διατήρηση του προσανατολισμού και της σταθερότητας σε ένα μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων και περιβαλλοντικών συνθηκών προϋποθέτει τη συνεχή τροποποίηση του τρόπου που αισθανόμαστε και κινούμαστε. Αυτή η ικανότητα προσαρμογής είναι ένα κρίσιμο στοιχείο του φυσιολογικού στατικού ελέγχου και στηρίζεται πάνω στην εμπειρία και τη μάθηση.

4.Π. Προληπτικός Στατικός Έλεγχος

Σας έχει συμβεί ποτέ να σηκώσετε ένα κουτί που πιστεύατε ότι ήταν βαρύ, ενώ τελικά ήταν ελαφρύ; Το γεγονός ότι το κουτί σηκώθηκε ψηλότερα από το προσδοκώμενο ύψος, δείχνει ότι το Κ.Ν.Σ. κάνει προληπτικό προγραμματισμό δύναμης. Βασιζόμενο στις προηγούμενες εμπειρίες ανύψωσης κουτιών όμοιου ή διαφορετικού σχήματος και βάρους το Κ.Ν.Σ. διαμορφώνει μία αναπαράσταση των αισθητηριακών και κινητικών ενεργειών που απαιτούνται για την επίτευξη της δραστηριότητας. Προσυντονίζει τα συστήματα για τη δραστηριότητα. Τα λάθη μας συνιστούν ένδειξη του γεγονότος ότι το Κ.Ν.Σ. χρησιμοποιεί προληπτικές διεργασίες για τον έλεγχο της δράσης.

Στη δεκαετία του '60 πρώτοι οι Ρώσοι επιστήμονες άρχισαν τη διερεύνηση του τρόπου που χρησιμοποιούμε τη στάση, με προληπτικό τρόπο, για να σταθεροποιήσουμε την εκτέλεση των επιδέξιων κινήσεων. Σε μια εργασία που δημοσιεύτηκε το 1999, οι Kavounoudias, A., Gilhodes, J., Roll, R., Roll, J. σημείωσαν ότι όταν ζητηθεί από ένα άτομο που στέκεται όρθιο να σηκώσει το χέρι του, ενεργοποιούνται τόσο οι στατικοί (κορμού και ποδιών) όσο και οι κύριοι μύες της κίνησης (μύες του βραχίονα).

Παρατήρησαν ότι τα πρότυπα ενεργοποίησης των στατικών μυών μπορούν να διαιρεθούν σε δύο ομάδες. Το πρώτο τμήμα συνιστά την προπαρασκευαστική φάση, όπου οι στατικοί μύες ενεργοποιούνται 50 msec πριν από τους πρωταγωνιστές της κίνησης, για να αναπληρώσουν εκ των προτέρων τις αποσταθεροποιητικές επιδράσεις της κίνησης. Το δεύτερο τμήμα συνιστά τη φάση αναπλήρωσης, όπου οι στατικοί μύες επανενεργοποιούνται μετά από τους πρωταγωνιστές, με ανατροφοδοτικό τρόπο, ώστε να σταθεροποιήσουν επιπροσθέτως το σώμα. Βρήκαν ότι η διαδοχή ενεργοποίησης των στατικών μυών και, συνεπώς, ο τρόπος προετοιμασίας της κίνησης, εξαρτώνταν από τη δραστηριότητα.

Μετά την ανακάλυψη ότι οι στατικές ανταποκρίσεις που ενέχονται στον ανατροφοδοτικό έλεγχο της στάσης οργανώνονται σε διακριτές συνέργειες, τέθηκε ένα σημαντικό ερώτημα: οι συνέργειες που χρησιμοποιούνται στον ανατροφοδοτικό στατικό έλεγχο είναι οι ίδιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στον προληπτικό στατικό έλεγχο;

Για να απαντήσουν στο παραπάνω ερώτημα οι Cordo και Nashner εκτέλεσαν πειράματα στα οποία ζητούσαν, από άτομα που βρίσκονται σε όρθια θέση, να σπρώξουν ή να τραβήξουν με δύναμη ένα χερούλι σε μια δραστηριότητα που μετρά τον χρόνο αντίδρασης. Βρήκαν ότι οι ίδιες συνέργειες στατικών ανταποκρίσεων που χρησιμοποιούνται στον έλεγχο της ισορροπίας στην όρθια θέση, ενεργοποιούνται με προληπτικό τρόπο πριν από την κίνηση του βραχίονα. Για παράδειγμα, όταν ζητείται από ένα άτομο να τραβηχτεί από ένα χερούλι, πρώτα ενεργοποιούνται ο

γαστροκνήμιος, οι οπίσθιοι μηριαίοι και οι εκτείνοντες του κορμού και κατόπιν ο πρωταγωνιστής της κίνησης, ο δικέφαλος του βραχίονα.

Ένα στοιχείο των στασικών προσαρμογών που συνοδεύουν την κίνηση είναι η προσαρμοστικότητα τους στις συνθήκες της δραστηριότητας. Στο προαναφερθέν πείραμα, όταν τα άτομα στηρίζονταν σε μια οριζόντια δοκό στο ύψος του στήθους, οι στασικές προσαρμογές των ποδιών μειώνονταν ή εξαφανίζονταν. Συνεπώς, συμβαίνει μία άμεση προεπιλογή των στασικών μυών ως αποτέλεσμα της ικανότητας τους να συνεισφέρουν την κατάλληλη υποστήριξη.

Παρ'ότι συνήθως σκεφτόμαστε τις στασικές προσαρμογές με όρους ενεργοποίησης των στασικών μυών πριν από την εκτέλεση μιας επιδέξιας κίνησης, χρησιμοποιούμε επίσης την πρόληψη προκειμένου να διαβαθμίσουμε το εύρος των στασικών προσαρμογών ανάλογα με το μέγεθος ή το εύρος της διαταραχής που πιστεύουμε ότι θα εμφανιστεί.

Ο Nashner IM. και οι συνεργάτες του εξέτασαν την επίδραση της προηγούμενης εμπειρίας και του κεντρικού προγραμματισμού στα χαρακτηριστικά των στασικών προσαγωγών, δημιουργώντας διαταραχές στην πλατφόρμα όπου στέκονται τα άτομα υπό τις ακόλουθες συνθήκες: (α) συνεχείς έναντι παροδικών, (β) προσδοκώμενες έναντι απροσδόκητων συνθηκών, (γ) δοκιμασμένες έναντι. Βρήκαν ότι η προσδοκία συνιστά σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση του εύρους των στασικών ανταποκρίσεων. Για παράδειγμα, τα άτομα υπερανταποκρίνονταν όταν η προσδοκία τους αφορούσε μία διαταραχή μεγαλύτερη από αυτή που τελικά συνέβαινε και υποανταποκρίνονταν όταν η προσδοκία τους αφορούσε μία μικρότερη.

Η εξάσκηση προκαλεί επίσης κάποια μείωση του μεγέθους της στασικής ανταπόκρισης και του εύρους της ανταπόκρισης των ανταγωνιστών μυών. Ωστόσο, ο κεντρικός προγραμματισμός δεν επηρέασε την έναρξη του ΗΜΓ σε λανθάνοντα χρόνο. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι όταν παρουσιάζονταν διαφορετικές διαταραχές παροδικού τύπου, οι βαθμολογήσεις εξαφανίζονταν. Είναι προφανές ότι οι διαταραχές αυτές των στασικών ανταποκρίσεων βασίζονται στη προσδοκία μας για το τι απαιτείται σε μία δεδομένη κατάσταση.

Έχει σημασία να συνειδητοποιήσουμε ότι οι προληπτικές στασικές προσαρμογές δεν περιορίζονται μονάχα σε δραστηριότητες που εκτελούμε από την όρθια θέση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΗ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΣΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

1.Εισαγωγή

Η αποκατάσταση της λειτουργικής ανεξαρτησίας, μετά από ένα νευρολογικό επεισόδιο, είναι μία πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί την επαναπόκτηση πολλών δεξιοτήτων. Από τη στιγμή που ο έλεγχος της θέσης του σώματος στον χώρο είναι ένα βασικό κομμάτι της επαναπόκτησης της λειτουργικής ανεξαρτησίας, η επαναπόκτηση του στασικού ελέγχου είναι βασική για την αποκατάσταση.

Ο στασικός έλεγχος εξασφαλίζει τη σταθερότητα για την πραγματοποίηση μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας καθώς και τον προσανατολισμό για τις λειτουργικές δεξιότητες. Από θεραπευτικής απόψεως, η ικανότητα επανεκπαίδευσής του στασικού ελέγχου απαιτεί μία κατανόηση της φυσιολογικής βάσης του φυσιολογικού στασικού ελέγχου, καθώς επίσης και μία εκτίμηση για τη βάση της αστάθειας στους νευρολογικούς ασθενείς. Ωστόσο, η κατανόηση της συμπεριφοράς που σχετίζεται με μη φυσιολογικό στασικό έλεγχο στους ασθενείς μας, είναι πολύπλοκη για το λόγο ότι ο ασθενής με νευρολογική βλάβη θα παρουσιάσει μία ευρεία κλίμακα ικανοτήτων και ανικανοτήτων, οι οποίες οφείλονται στην ανάμιξη του τύπου και της σοβαρότητας της βλάβης στα πολλά συστατικά συστήματα του ελέγχου της στάσης και της κίνησης.

Η θεωρία των συστημάτων για τον μη φυσιολογικό στασικό έλεγχο επικεντρώνεται στην αναγνώριση της βλάβης ή του ελλείμματος σε καθένα από τα συστήματα που είναι βασικά για τον έλεγχο της στάσης του σώματος. Οι βλάβες καθορίζονται ως περιορισμοί σε καθένα από τα συστήματα που είναι βασικά για τον έλεγχο της στάσης του σώματος. Οι βλάβες μπορεί να είναι μυοσκελετικές, νευρομυϊκές, αισθητηριακές, αντιληπτικές ή γνωστικές. Η γνώση μας για τα αποτελέσματα της βλάβης σε συγκεκριμένα συστήματα στον στασικό έλεγχο είναι μεγαλύτερη από τη γνώση μας για τις βλάβες σε άλλα συστήματα. Για παράδειγμα, γνωρίζουμε περισσότερα για τα αποτελέσματα των μυοσκελετικών βλαβών στον στασικό έλεγχο, από ό,τι για πολλές γνωστικές βλάβες. Επιπρόσθετα, οι βλάβες προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των ανωμαλιών. Έτσι, το αποτέλεσμα που προκύπτει στην κινητική συμπεριφορά μπορεί να είναι πολύπλοκο.

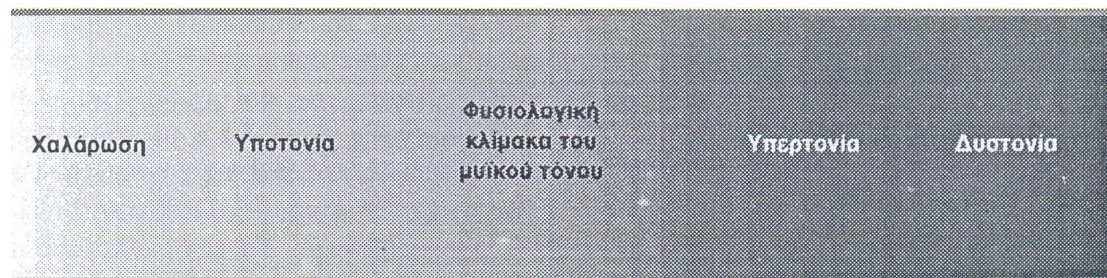
Κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης του στασικού ελέγχου μετά από μία νευρολογική βλάβη, ο θεραπευτής πρέπει να βοηθήσει τον ασθενή να αναπτύξει ευρεία κλίμακα αισθητηριακών και κινητικών στρατηγικών αποτελεσματικών απέναντι στις στασικές απαιτήσεις για την εκτέλεση μιας δραστηριότητας.

2.Νευρομυϊκές διαταραχές

2.Α. Διαταραχές του μυϊκού τόνου

Είναι γνωστή η παρουσία του μη φυσιολογικού μυϊκού τόνου στους ασθενείς με βλάβη στον άνω κινητικό νευρώνα, Ωστόσο, η ακριβής συμβολή του μη φυσιολογικού μυϊκού τόνου στα λειτουργικά ελλείμματα στη στάση, στη μετακίνηση και στον έλεγχο της κίνησης δεν είναι τόσο κατανοητή.

Ο όρος **σπαστικότητα** χρησιμοποιείται κλινικά για να καλύψει ένα ευρύ φάσμα μη φυσιολογικής συμπεριφοράς, Χρησιμοποιείται για να περιγράψει (α) υπερ-ενεργοποιημένα αντανακλαστικά διάτασης, (β) μη φυσιολογική στάση των μελών, (γ) υπερβολική συν-ενεργοποίηση των ανταγωνιστών μυών, (δ) εξαρτημένες κινήσεις, (ε) κλόνο και (στ) στερεότυπα πρότυπα κίνησης (συνέργειες). Έτσι, μία λέξη, η σπαστικότητα, χρησιμοποιείται για να περιγράψει μη φυσιολογικές καταστάσεις που βλέπουμε συχνά σε ασθενείς με νευρολογικές νόσους.



Το είδος του μυϊκού τόνου που βλέπουμε στους ασθενείς με βλάβη του άνω κινητικού νευρώνα ποικίλλει (εικ, 1). Αν θέλουμε να παραστήσουμε τον τόνο σε μία κλίμακα, στο ένα άκρο έχουμε τη χαλαρότητα ή την πλήρη απώλεια του μυϊκού τόνου και στη συνέχεια έχουμε την υποτονία, που ορίζεται ως μια μείωση του τόνου του μυός στην επιμήκυνση. Η υποτονία περιγράφεται σε πολλά διαφορετικά είδη ασθενών, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που έχουν παρεγκεφαλιδονωτιαίες βλάβες, καθώς και σε πολλά παιδιά με νοητική στέρηση.(σύνδρομο Down).

Στο άλλο άκρο της κλίμακας βρίσκεται η υπερτονία ή σπαστικότητα, Ως σπαστικότητα ορίζεται "μία κινητική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από αύξηση της ταχύτητας στα τονικά αντανακλαστικά (μυϊκό τόνο) με υπερβολικά τενόντια τινάγματα, Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την υπερδιεγερσιμότητα του αντανακλαστικού διάτασης, ως ένα στοιχείο του συνδρόμου του άνω κινητικού νευρώνα (Shea A., 1991).

Στο κεφάλαιο του φυσιολογικού στασικού ελέγχου ορίσαμε τον φυσιολογικό μυϊκό τόνο ως την αντίσταση του μυός κατά την επιμήκυνσή του. Ο φυσιολογικός μυϊκός τόνος είναι αποτέλεσμα μη νευρολογικών και νευρολογικών στοιχείων. Τα μη νευρολογικά στοιχεία αντανακλούν τα μηχανικά-ελαστικά χαρακτηριστικά του μυός και του συνδετικού ιστού που αντιστέκονται στην επιμήκυνση. Η νευρολογική βάση για τον τόνο αντανακλά τον βαθμό δραστηριότητας της κινητικής μονάδας, δηλαδή πιο αναλυτικά, τη μυϊκή δραστηριότητα ανάπτυξης του αντανακλαστικού διάτασης (stretch reflex) που αντιστέκεται στην επιμήκυνση του μυός. Έχουν προταθεί διάφοροι μηχανισμοί

ως η βάση για τη σπαστική υπέρταση στους ασθενείς με νευρολογικές παθήσεις.

Ένας μηχανισμός για την αύξηση του μυϊκού τόνου στη σπαστική υπέρταση μπορεί να είναι οι αλλαγές στις ενδογενείς μάζες των ίδιων των μυϊκών ινών. Ερευνητές που ανέλυσαν τη βάδιση σε παιδιά με εγκεφαλική παράλυση, βρήκαν ότι η αυξημένη τάση στο γαστροκνήμιο δεν συνδέεται πάντα με αυξημένη μυϊκή δραστηριότητα σε αυτόν τον μυ. Βασισμένη σε αυτά τα ευρήματα, η αποκαλούμενη σπαστική βάδιση (το πόδι βρίσκεται σε ιπποποδία) μπορεί μερικώς να οφείλεται μάλλον στις αλλαγές των ενδογενών μαζών του μυός παρά στην υπερδιεγερσιμότητα του μηχανισμού του αντανακλαστικού τάσης.

Η επικρατέστερη υπόθεση, όσον αφορά το νευρολογικό μηχανισμό που αποτελεί τη βάση για τη σπαστική υπέρταση, είναι οι μη φυσιολογικές καταστάσεις διαμέσου του αντανακλαστικού. Οι ερευνητές έχουν προτείνει δύο πιθανούς μηχανισμούς που παράγουν αυξημένη αντανακλαστική αντίδραση στη διάταση του μυός μετά από μία βλάβη στον άνω κινητικό νευρώνα.

Ο πρώτος μηχανισμός είναι κάποια αύξηση στη διεγερσιμότητα των α -κινητικών νευρώνων, η οποία καταλήγει σε αυξημένη αντίδραση σε προκαλούμενο ερέθισμα διάτασης. Η αυξημένη διεγερσιμότητα των α -κινητικών νευρώνων μπορούσε να συμβεί επειδή οι κινητικοί νευρώνες συνεχώς εκπολώνονται, περισσότερο από ότι σε φυσιολογικές συνθήκες, και έτσι είναι κοντά στην ουδό διέγερσής τους. Η αυξημένη εκπόλωση μπορεί να προκύπτει εξαιτίας (α) αυξημένου τονικού διεγερτικού ερεθίσματος από τμήματα προσαγωγά ή κατιούσες οδούς, όπως η πλάγια αιθουσονωτιαία οδός, και/ή (β) μιας τονικής μείωσης στο ανασταλτικό συναπτικό ερέθισμα από τους ανασταλτικούς ενδο-νευρώνες.

Ο δεύτερος μηχανισμός που μπορούσε να παράγει αυξημένη αντανακλαστική αντίδραση στη διάταση (υπερτονικότητα), είναι διαταραχή στον ίδιο το μηχανισμό του αντανακλαστικού διάτασης. Διαταραχές στον ίδιο τον μηχανισμό αυτό θα μπορούσαν να είναι μεταβολές στην ουδό και/ή στην αύξηση του αντανακλαστικού διάτασης στη σπαστική υπέρτονικότητα (Katz RT, Rymer WZ., 1989).

Οι περισσότερες μελέτες που εξετάζουν μεταβολές στον μηχανισμό αυτού του αντανακλαστικού, επιμένουν να δείχνουν αλλαγές στο σημείο αναφοράς ή στη γωνιώδη ουδό του αντανακλαστικού διάτασης. Φάνηκε ότι η ουδός για την ενεργοποίηση των κινητικών νευρώνων, ως απάντηση στη διάταση, μειώθηκε σε ασθενείς με σπαστικότητα. Ως αποτέλεσμα μία μικρότερη ή πιο αργή διάταση μπορεί αντανακλαστικά να διεγείρει τους κινητικούς νευρώνες. Οι αλλαγές στην ουδό του αντανακλαστικού διάτασης εμφανίζονται ως αποτέλεσμα αυξητικής μεταβίβασης ευερέθιστου κύματος από υψηλότερα κέντρα, ειδικά από την αιθουσονωτιαία και τη δικτυονωτιαία οδό. Παραμένει ακόμη άλυτο το πρόβλημα αν αυτή η αυξημένη κίνηση προκαλείται αποκλειστικά από αυξημένα διεγερτικά κατιόντα ερεθίσματα από αυτές τις οδούς ή αν αυτό αντανακλά μία μειωμένη εισροή από κατιόντα ή τοπικά ανασταλτικά συστήματα.

Ανεξάρτητα από την αλλαγή στην ουδό για την ενεργοποίηση της αντανακλαστικής αντίδρασης στη διάταση, η πορεία του αντανακλαστικού τάσης

φαίνεται να είναι φυσιολογική στον σπαστικό μυ. Αυτό σημαίνει ότι η σχέση δύναμης-μήκους στον *σπαστικό* μυ παραμένει η ίδια όπως και για τον φυσιολογικό μυ. Πίστευαν ότι η σπαστική υπερτονία οφειλόταν σε υπερδιεγερσιμότητα των γ-απαγωγών ινών (και έτσι ονομαζόταν γ-σπαστικότητα), προκαλώντας αυξημένη ευαισθησία των υποδοχών της μυϊκής ατράκτου και επακόλουθη αλλαγή στην πορεία του αντανακλαστικού. Ωστόσο, αυτή η άποψη δεν υποστηρίζεται πλέον, αφού δεν υπάρχει απόδειξη για να στηρίξει την ιδέα της αυξημένης ατρακτο-κινητικής δραστηριότητας ως τη βάση για τη σπαστικότητα. Έτσι, συνοψίζοντας, η σπαστική υπερτονία στις βλάβες του άνω κινητικού νευρώνα μπορεί να είναι το αποτέλεσμα των αλλαγών στην οδό του συστήματος για διάταξη μάλλον, παρά για την ανάκτησή του. Αν και έχουμε καλύτερη γνώση των νευρολογικών μηχανισμών που αποτελούν τη βάση για τη σπαστική υπερτονία, δεν υπάρχει ακόμη συμφωνία για τον ρόλο της σπαστικής υπερτονίας (ένα θετικό σημάδι των παθήσεων του άνω κινητικού νευρώνα) στην απώλεια της λειτουργικής δραστηριότητας (ένα αρνητικό σημάδι

Έχει ειπωθεί ότι η σπαστική υπερτονία περιορίζει την ικανότητα των ασθενών να κινούνται γρήγορα, από τη στιγμή που η ενεργοποίηση του αντανακλαστικού τάσης εξαρτάται από την ταχύτητα. Η υπερβολική ενεργοποίηση αυτού του μηχανισμού θα εξυπηρετούσε στο να εμποδίσει αντανακλαστικώς την επιμήκυνση των ανταγωνιστών μυών κατά τη διάρκεια της βράχυνσης των αγωνιστών. Αυτό αναφέρεται ως *αναχαίτιση ανταγωνιστών* ή *σπαστική αναχαίτιση*. Θα περίμενε κανείς ότι η απόδειξη για την ανταγωνιστική αναχαίτιση θα φαινόταν σαν συνενεργοποίηση των αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών που σχετίζονται με την κίνηση.

Ένας ολοένα μεγαλύτερος αριθμός μελετών βρίσκει αποδεικτικά στοιχεία που έρχονται σε αντίθεση με αυτή την άποψη. Αντίθετα, οι ερευνητές ανταπαντούν ότι η μη επαρκής ενεργοποίηση των αγωνιστών κινητικών νευρώνων και όχι η αυξημένη δραστηριότητα στους ανταγωνιστές είναι η πρωταρχική βάση στις διαταραχές του κινητικού ελέγχου που ακολουθούν τις βλάβες του άνω κινητικού νευρώνα. Έτσι, άλλα προβλήματα όπως η ανικανότητα να ενεργοποιήσει κινητικούς νευρώνες (αδυναμία), η μη φυσιολογική αμοιβαία αναστολή μεταξύ αγωνιστών-ανταγωνιστών και η ασυνέργεια μπορεί να δημιουργούν μεγαλύτερη "ανικανότητα" στον κινητικό έλεγχο από ότι η υπερτονία.

Αυτή η έρευνα είναι μεγάλης σημασίας για την κλινική πράξη. Σημαίνει ότι η θεραπεία που δρα, πρωταρχικά, απευθείας στη μείωση της σπαστικής υπερτονίας ως πρωταρχικό στόχο στην επαναπόκτηση του κινητικού ελέγχου, μπορεί να έχει περιορισμένη επίδραση στο να βοηθήσει τους ασθενείς να αποκτήσουν λειτουργική ανεξαρτησία. Και αυτό γιατί η απώλεια της λειτουργικής ανεξαρτησίας είναι συχνά αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, που μπορεί να είναι πιο περιοριστικοί για την επαναπόκτηση του κινητικού ελέγχου από ότι η παρουσία του μη φυσιολογικού τόνου. Μερικοί από αυτούς τους παράγοντες περιλαμβάνουν προβλήματα διαμέσου του συντονισμού των συνεργικών μυών που ενεργοποιούνται ως απάντηση στην αστάθεια.

2.B. Μυϊκή αδυναμία

Ως "δύναμη" ορίζεται η ικανότητα να παράγεται ικανοποιητική τάση σε έναν μυ που έχει ως στόχο τη στάση και την κίνηση. Η "δύναμη" είναι αποτέλεσμα τόσο των στοιχείων του ίδιου του μυός (μυοσκελετική πλευρά της δύναμης) όσο και της κατάλληλης ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων, καθώς και του χρόνου ενεργοποίησής τους. Η νευρολογική πλευρά της παραγωγής δύναμης αντανακλά (α) τον αριθμό των κινητικών μονάδων που ενεργοποιούνται, (β) τον τύπο των κινητικών μονάδων που ενεργοποιούνται και (γ) τη συχνότητα εκφόρτισης.

Η αδυναμία ή η ανικανότητα να παραχθεί τάση είναι μία σημαντική βλάβη στη λειτουργία σε πολλούς ασθενείς με βλάβη του άνω κινητικού νευρώνα. Πολλοί συγγραφείς έχουν καταγράψει την επιλεκτική ατροφία στις μυϊκές ίνες τύπου I (αργές) και II (γρήγορες) στους ασθενείς με βλάβη του άνω κινητικού νευρώνα. Επιπλέον, οι ασθενείς με εγκεφαλικά επεισόδια έχουν μη φυσιολογικό και μειωμένο ρυθμό ενεργοποίησης των κινητικών νευρώνων (Duncan P, Badke MB., 1987). Η αστάθεια στους "αδύναμους" ασθενείς είναι αποτέλεσμα της ανικανότητας να αναπτύσσουν ικανοποιητική δύναμη που να αντισταθμίζει τις δυνάμεις αποσταθεροποίησης και, ιδιαίτερα, τη δύναμη της βαρύτητας στην κατακόρυφη θέση.

3. Μυοσκελετικές διαταραχές

Στον ασθενή με νευρολογική βλάβη, οι μυοσκελετικές ανωμαλίες αναπτύσσονται πιο συχνά δευτερογενώς. Τα μυοσκελετικά όμως προβλήματα μπορεί να αποτελούν έναν σοβαρό περιορισμό στη φυσιολογική στατική λειτουργία στους νευρολογικούς ασθενείς. Άτυπες μορφές στάσης και κίνησης στην καθιστή και όρθια θέση, συχνά, αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα περιορισμού στην κίνηση που σχετίζεται με μυς που βρίσκονται σε βράχυνση.

Οι μυοσκελετικοί περιορισμοί μπορεί να περιορίσουν τις στρατηγικές κίνησης που χρησιμοποιούνται στην ισορροπία. Από τη στιγμή που η στρατηγική της κίνησης της ποδοκνημικής για τον έλεγχο της όρθιας στάσης απαιτεί πλήρες εύρος κίνησης και δύναμη στην ποδοκνημική, η απώλεια του εύρους ή της δύναμης θα περιορίσει την ικανότητα του ασθενούς να χρησιμοποιήσει την κίνηση για τον στατικό έλεγχο. Η θεραπευτική παρέμβαση, όπως η χρήση ενός ποδοκνημικού ορθοτικού νάρθηκα, εμποδίζει την κίνηση στην ποδοκνημική. Αυτό μπορεί να εμποδίσει τον ασθενή, που έχει επαρκές εύρος κίνησης ποδοκνημικής, να το χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά για τον έλεγχο της ταλάντωσης του σώματος.

Οι μυοσκελετικές βλάβες που παρεμποδίζουν την ικανότητα κίνησης έχουν αναφερθεί σε ευρεία κλίμακα ασθενών με νευρολογικές βλάβες. Η απώλεια της κινητικότητας της σπονδυλικής στήλης μπορεί να είναι ένας σοβαρός περιορισμός στην ικανότητα να κινηθούν ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον. Αλλαγές στην κινητικότητα της σπονδυλικής στήλης, σε ασθενείς με αυτή την νόσο, μπορεί επίσης να επηρεάσουν τη θέση του κέντρου βάρους μετακινώντας το προς τα εμπρός σε σχέση με τη βάση στήριξης.

Τα εγκεφαλικά, η παράλυση και η ακινησία οδηγούν σε απώλεια του εύρους της κίνησης και σε επακόλουθες βραχύνσεις. Η ακινητοποίηση μιας άρθρωσης μειώνει την ελαστικότητα του συνδετικού ιστού και αυξάνει την αντίσταση του ιστού στην επιμήκυνση. Επίσης, η παράλυση και η επακόλουθη ακινητοποίηση καταλήγουν σε ατροφία από έλλειψη κίνησης, γεγονός που επηρεάζει τροφικούς παράγοντες στον

ίδιο το μυ. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μείωση στον αριθμό των σαρκομερίων, σχετική αύξηση του συνδετικού ιστού και μείωση στον ρυθμό σύνθεσης των πρωτεϊνών.

Συνοψίζοντας, τα μυοσκελετικά προβλήματα, ενώ συχνά δεν είναι ένα πρωταρχικό αποτέλεσμα μιας νευρολογικής βλάβης, παρουσιάζουν ένα σοβαρό εμπόδιο στον φυσιολογικό έλεγχο της στάσης και της κίνησης σε πολλούς νευρολογικούς ασθενείς. Η απώλεια του εύρους της κίνησης και της ελαστικότητας μπορεί να περιορίσει τους τρόπους με τους οποίους ο ασθενής μπορεί να κινείται για τον στατικό έλεγχο. Επιπλέον, τα μυοσκελετικά προβλήματα είναι δυνατό να συμβάλουν στη μη ικανή διατήρηση της ιδανικής ευθυγράμμισης των τμημάτων του σώματος στην όρθια στάση, γιατί απαιτείται υπερβολική δύναμη για να αντισταθμίσει τα αποτελέσματα της βαρύτητας και να διατηρήσει μία κατακόρυφη θέση.

4. Αισθητηριακές διαταραχές

4.A. Εισαγωγή

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ο αποτελεσματικός στατικός έλεγχος απαιτεί κάτι περισσότερο από την ικανότητα να παράγει και να εξασκεί δυνάμεις για τον έλεγχο της θέσης του σώματος στον χώρο. Με σκοπό να γνωρίζει το *πότε* θα εφαρμόσει τις δυνάμεις αποκατάστασης, το Κ.Ν.Σ. πρέπει να έχει μια ακριβή εικόνα για το *πού* βρίσκεται το σώμα στον χώρο και για το *αν* είναι ακίνητο ή σε κίνηση. Ως αποτέλεσμα, ο φυσιολογικός στατικός έλεγχος απαιτεί την οργάνωση της αισθητηριακής πληροφορίας από τα οπτικά, σωματοαισθητηριακά και αιθουσαία συστήματα, σχετικά με τη θέση και την κίνηση του σώματος σε σχέση με το περιβάλλον και τον συντονισμό της αισθητηριακής πληροφορίας με την κινητική δραστηριότητα.

Η διαταραχή της αισθητηριακής πληροφόρησης μπορεί να επηρεάσει τον στατικό έλεγχο με πολλούς τρόπους. Πρώτον, τα αισθητηριακά προβλήματα μπορεί να εμποδίσουν την ανάπτυξη ενός ακριβούς μοντέλου του σώματος για τον στατικό έλεγχο. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα του ασθενούς να καθορίσει με ακρίβεια τον προσανατολισμό του σώματός του σε σχέση με τη βαρύτητα και το περιβάλλον. Δεύτερον, η διαταραχή των κεντρικών αισθητηριακών μηχανισμών μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα των ασθενών να προσαρμόζουν τα αισθητηριακά ερεθίσματα στις αλλαγές των δραστηριοτήτων και των περιβαλλοντικών απαιτήσεων. Τρίτον, τα αισθητηριακά προβλήματα μπορεί να επηρεάσουν την κινητική μάθηση, επηρεάζοντας την ικανότητα του ασθενούς να προσαρμόζεται στην αλλαγή. Τελικά, η απώλεια της αισθητηριακής πληροφόρησης μπορεί να βλάψει την ικανότητα "ετοιμότητας", σε περίπτωση αστάθειας, και έτσι προκαλεί μία αντισταθμιστική τροποποίηση στις στρατηγικές που χρησιμοποιεί ο ασθενής για να αισθανθεί την αστάθεια και να κινηθεί.

4.B. Αντίληψη της θέσης του σώματος σε σχέση με το χώρο

Ένα πολύ σημαντικό μέρος της εξήγησης των αισθήσεων και του συντονισμού των κινήσεων που ελέγχουν τη θέση του σώματος στον χώρο φαίνεται να είναι η εσωτερική απεικόνιση ή το *σχήμα του σώματος*, που παρέχει μία ακριβή απεικόνιση ή ένα στατικό πλαίσιο αναφοράς. Τα όρια της σταθεροποίησης για τη δραστηριότητα της ανεξάρτητης ορθοστάτησης σε μία σταθερή επίπεδη επιφάνεια σε έναν (φυσιολογικό) ενήλικο με φυσιολογικό στατικό έλεγχο είναι τροποποιημένα σε σχέση με τα όρια της σταθερότητας για έναν ημιπληγικό ασθενή ο οποίος χρειάζεται βακτηρία για στήριξη εξαιτίας της μονόπλευρης αδυναμίας. Τα όρια της σταθερότητας, τώρα, αποκλείουν το αριστερό πόδι, το οποίο δεν μπορεί να στηρίξει το σώμα εξαιτίας της αδυναμίας, όμως συμπεριλαμβάνουν τη βακτηρία, η οποία εξυπηρετεί ως ένα επιπρόσθετο τμήμα στη βάση στήριξης. Έχει αναφερθεί, ότι μία ακριβής απεικόνιση ή μοντέλο των ορίων σταθερότητας είναι βασική για την αποκατάσταση του στασικού ελέγχου. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη νέων αισθητηριακών και κινητικών στρατηγικών, ενώ ο ασθενής παραμένει μέσα στα όρια σταθερότητάς του, άσχετα με τις βλάβες που απορρέουν από τη νευρολογική του βλάβη. Έτσι, η διαδικασία αποκατάστασης του στασικού ελέγχου μετά από κάποια βλάβη, περιλαμβάνει την ανάπτυξη νέων, ακριβέστατων απεικονίσεων της ικανότητας του σώματος σε σχέση με τον στατικό έλεγχο. Συνήθως το μοντέλο των ορίων σταθερότητας του κάθε ατόμου συμπίπτει με τα *πραγματικά* όρια σταθερότητας. Ωστόσο, σε πολλούς ασθενείς τα "νοητά" όρια σταθερότητας μπορεί να μη συμφωνούν με τα πραγματικά, τα οποία έχουν αλλάξει εξ' αιτίας των αισθητηριακο-κινητικών περιορισμών που ακολουθούν μία νευρολογική βλάβη.

Μία ασυμφωνία μεταξύ των πραγματικών και εσωτερικών ορίων σταθερότητας μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αστάθεια και την πτώση. Τα πραγματικά όρια σταθερότητας του παραπάνω ασθενούς αποκλείουν το ημιπληγικό πόδι, το οποίο δεν είναι σε θέση να παράγει ικανοποιητική δύναμη για να ελέγξει το σώμα στην όρθια θέση. Εάν το εσωτερικό μοντέλο των ορίων σταθερότητας του ασθενούς συμπεριλαμβάνει το προσβεβλημένο πόδι ως τμήμα της βάσης στήριξης, ο ασθενής θα έχει μία τάση να πέφτει προς εκείνη την πλευρά, προς την οποία μετατοπίζεται το κέντρο βάρους.

Από την άλλη πλευρά, η ανακριβής απεικόνιση του σώματος σε σχέση με τον στατικό έλεγχο μπορεί να περιορίσει την ικανότητα να χρησιμοποιεί νέες δεξιότητες για τον στατικό έλεγχο. Για παράδειγμα, εάν το εσωτερικό μοντέλο των ορίων σταθερότητας του ημιπληγικού ασθενούς δεν αλλάξει κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, ώστε να αντανακλά νέες ικανότητες για να ελέγχει το αριστερό πόδι για στήριξη, ο ασθενής μπορεί να συνεχίσει να στέκεται και να περπατά ασύμμετρα.

Πολλοί ασθενείς με νευρολογικές παθήσεις αποτυγχάνουν να αναπτύξουν ακριβή μοντέλα του σώματός τους σε σχέση με τη δυναμική της κίνησης και της αίσθησης για τον στατικό έλεγχο. Τα ανακριβή εσωτερικά μοντέλα καταλήγουν σε πρότυπα κίνησης και αίσθησης που εμφανίζουν ασυμφωνία με τις εμφανείς δυνατότητες του ασθενούς. Αυτή η άποψη του μη φυσιολογικού στασικού ελέγχου μόλις έχει αρχίσει να ερευνάται και επομένως απαιτείται μεγαλύτερη έρευνα.

4.Γ. Ανικανότητα Προσαρμογής των Αισθήσεων

Στους νευρολογικούς ασθενείς, η ανικανότητα να προσαρμόζουν τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται οι αισθήσεις για τον στατικό έλεγχο, μπορεί να είναι αποτέλεσμα παθολογίας σε καθένα από τα αισθητηριακά συστήματα ή αποτέλεσμα βλάβης σε κεντρικές αισθητηριακές δομές, σημαντικές για την οργάνωση της αισθητηριακής πληροφόρησης για τον στατικό έλεγχο.

Η απώλεια της σωματοαισθητηριακής, της κιναισθητηριακής και της ιδιοδεκτικής πληροφόρησης είναι συχνή σε πολλούς τύπους αγγειακών εγκεφαλικών επεισοδίων, αφήνοντας τον ημιπληγικό ασθενή με ημι-αισθητηριακές απώλειες που επηρεάζουν τον έλεγχο της στάσης και της κίνησης κατά πολύ. Επιπλέον, πολλοί τέτοιοι ασθενείς έχουν διαταραχές στο οπτικό σύστημα, οι οποίες περιλαμβάνουν: βλάβη στην κινητικότητα του οφθαλμού, έλλειμμα στο οπτικό πεδίο και βλάβη στην σύγκλιση που οδηγεί σε προβλήματα διπλοπίας. Τέλος, πολλοί ασθενείς με κεντρικές νευρολογικές βλάβες έχουν προβλήματα με περιφερικές ή κεντρικές αιθουσαίες δομές. Η τραυματική βλάβη στο κεφάλι μπορεί να οδηγήσει σε διάφορους τύπους βλάβης στο αιθουσαίο σύστημα, που μπορούν να περιπλέξουν την αποκατάσταση του στατικού ελέγχου.

Σε πολλούς ασθενείς, παρά την ανέπαφη περιφερική αίσθηση, οι βλάβες σε ένα μεγάλο αριθμό δομών στο Κ.Ν.Σ. μπορεί να επηρεάσουν την ικανότητα να προσαρμόζουν τις αισθήσεις για τον στατικό έλεγχο.

Τα προβλήματα αισθητηριακής προσαρμογής μπορεί να παρουσιάζονται ως ένα "άκαμπο ζύγισμα" της αισθητηριακής πληροφόρησης για τον προσανατολισμό και/ή ως ανικανότητα να διατηρήσει την ισορροπία σε οποιοδήποτε περιβάλλον, όπου η αισθητηριακή πληροφόρηση αναφέρει με ανακρίβεια την αυτο-κίνηση. Η ανικανότητα προσαρμογής των αισθήσεων σε διαφορετικό περιβάλλον είναι κάτι ανάλογο με την ακαμψία στη χρήση των κινητικών στρατηγικών που βλέπουμε σε πολλούς ασθενείς με νευρολογικές βλάβες.

Ερευνητές που εξετάζουν το αποτέλεσμα της νευρολογικής βλάβης στην ικανότητα του ασθενούς να προσαρμόζει την αισθητηριακή πληροφόρηση για τον στατικό έλεγχο, εστίασαν την προσοχή τους, πρωταρχικά, στη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή καταγράφοντας Μ.Τ. σε ισορροπιστική σανίδα σύμφωνα με τα κινούμενα οπτικά ερεθίσματα. Αυτή η προσέγγιση, που περιγράφηκε με λεπτομέρειες στο κεφάλαιο του φυσιολογικού στατικού ελέγχου, εξετάζει την ικανότητα του ασθενούς να διατηρεί την ισορροπία του στην όρθια στάση, κάτω από συνθήκες στις οποίες χάνεται η αισθητηριακή πληροφόρηση ή γίνεται ανακριβής για τον στατικό έλεγχο. Ένα σχήμα ταξινόμησης για την αναγνώριση διαφορετικών προβλημάτων που σχετίζονται με την οργάνωση της αισθητηριακής πληροφόρησης για τον στατικό έλεγχο σε όρθια στάση, έχει προταθεί βασιζόμενο σε πρότυπα φυσιολογικής και μη φυσιολογικής ταλάντωσης σε έξι αισθητηριακές καταστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια δυναμικών καταγραφών στάσης.

Ποιο είναι το αποτέλεσμα της απώλειας ενός αισθητηριακού ερεθίσματος στον στατικό έλεγχο; Αυτό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Κάποιοι σημαντικοί περιλαμβάνουν (α) τη διαθεσιμότητα άλλων αισθήσεων που θα ερευνά τη θέση του σώματος στον χώρο, (β) τη διαθεσιμότητα ακριβών στοιχείων προσανατολισμού στο περιβάλλον και (γ) την ικανότητα να μεταφράζει και να επιλέγει σωστά την αισθητηριακή πληροφόρηση για τον προσανατολισμό.

Ασθενείς με απώλεια της αιθουσαίας πληροφόρησης για τον στατικό έλεγχο μπορεί να είναι σταθεροί, κάτω από τις περισσότερες καταστάσεις, όσο υπάρχουν άλλες αισθητηριακές πληροφορίες από την όραση ή τα σωματοαισθητηριακά συστήματα για τον προσανατολισμό. Σε καταστάσεις όπου τα ερεθίσματα από την όραση και τα σωματοαισθητηριακά συστήματα μειώνονται, αφήνοντας κυρίως τα

αιθουσαία ερεθίσματα για τον στασικό έλεγχο, ο ασθενής μπορεί να βιώσει μία ξαφνική πτώση. Λειτουργικά, ασθενείς με αυτόν τον τύπο στασικού μη φυσιολογικού ελέγχου μπορεί να εμφανίζονται φυσιολογικοί στα περισσότερα τεστ ισορροπίας όσο βρίσκονται σε ένα κατάλληλο περιβάλλον και σε σταθερή, επίπεδη επιφάνεια. Ωστόσο, η εικόνα της ισορροπίας σε δραστηριότητες κάτω από ιδανικές αισθητηριακές συνθήκες δεν προβλέπει απαραίτητα την πιθανότητα πτώσης, όταν ο ασθενής σηκωθεί να πάει στην τουαλέτα το βράδυ και βρεθεί αντιμέτωπος με μία ανώμαλη επιφάνεια (χαλί) στο σκοτάδι. Πώς επηρεάζει η διακοπή της σωματοαισθητηριακής πληροφόρησης τον στασικό έλεγχο; Θα περίμενε κανείς ότι ένας ασθενής με ξαφνική απώλεια της σωματοαισθητηριακής πληροφόρησης θα μπορούσε να διατηρεί τη σταθερότητα του όσο υπάρχει πληροφόρηση από την όραση ή το αιθουσαίο σύστημα. Μία ομάδα ερευνητών εξέτασε αυτό το ερώτημα εφαρμόζοντας πειστικά ρεβέρ στις ποδοκνημικές φυσιολογικών ατόμων, φουσκώνοντάς τα ώσπου να χαθεί η δερματική αισθητηριακότητα στο πόδι. Αυτά τα μη επηρεασμένα νευρολογικά άτομα ήταν ικανά να διατηρήσουν την ισορροπία τους και στις έξι αισθητηριακές καταστάσεις από τη στιγμή που είχαν πάντα διαθέσιμη μία αίσθηση για προσανατολισμό.

Η υπέρμετρη εμπιστοσύνη στην όραση για τον στασικό έλεγχο αναφέρεται ως *οπτικό πρότυπο εξάρτησης* για την αισθητηριακή οργάνωση. Σε αυτό το πρότυπο, η ταλάντωση αυξάνεται με μη φυσιολογικό τρόπο σε οποιαδήποτε κατάσταση όπου η όραση μειώνεται ή δεν είναι ακριβής. Είδαμε αυτόν τον τύπο του πρότυπου σε πολύ νέα φυσιολογικά παιδιά, όπως είδαμε στο κεφάλαιο της φυσιολογικής ανάπτυξης του στασικού ελέγχου. Ένα οπτικό πρότυπο εξάρτησης έχει επίσης αναφερθεί σε άλλους τύπους ασθενών με νευρολογικές βλάβες, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων με συγκεκριμένους τύπους στασικών ιλίγγων που οφείλονται σε αιθουσαία παθολογία.

Από την άλλη πλευρά, κάποιοι ασθενείς μπορεί να δείξουν μία "άκαμπτη" χρήση των σωματοαισθητηριακών ερεθισμάτων για τον στασικό έλεγχο, οπότε και γίνονται ασταθείς σε καταστάσεις όπου τα ερεθίσματα από την επιφάνεια δεν επιτρέπουν στον ασθενή να πάρει και να διατηρήσει έναν κατακόρυφο προσανατολισμό. Αυτός ο τύπος προτύπου αναφέρεται ως *πρότυπο εξαρτώμενο από την επιφάνεια* και συναντάται σε ασθενείς που δείχνουν υπερβολική ταλάντωση σώματος. Έτσι, όταν στέκονται σε μαλακή επιφάνεια, όπως η άμμος ή ένα χοντρό χαλί ή σε μία επικλινή επιφάνεια (μία ράμπα) ή μία κινούμενη επιφάνεια (μία βάρκα), η θέση της ποδοκνημικής άρθρωσης και των άλλων σωματοαισθητηριακών ιδιοδεκτικών πληροφοριών από το πόδι δεν συσχετίζονται καλά με τον προσανατολισμό του υπόλοιπου σώματος. Μία υπερεξάρτηση στα σωματοαισθητηριακά ερεθίσματα για τον στασικό έλεγχο σε αυτούς τους τύπους θα έχει ως αποτέλεσμα την αστάθεια. Η ανικανότητα να επιλέξει κανείς κατάλληλα μία αίσθηση για τον στασικό έλεγχο σε περιβάλλον όπου ένα ή περισσότερα μηνύματα προσανατολισμού αναφέρουν χωρίς ακρίβεια τη θέση του σώματος στον χώρο, αναφέρεται ως *πρόβλημα αισθητηριακής επιλογής*. Ασθενείς με πρόβλημα αισθητηριακής επιλογής είναι συνήθως ικανοί να διατηρήσουν την ισορροπία τους σε περιβάλλον όπου υπάρχει αισθητηριακή πληροφόρηση για τον στασικό έλεγχο. Ωστόσο, δεν είναι ικανοί να διατηρήσουν τη σταθερότητά τους, όταν υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ των αισθήσεων. Ασθενείς με πρόβλημα αισθητηριακής επιλογής δεν δείχνουν απαραίτητα ένα πρότυπο υπερεξάρτησης από καμία αίσθηση, αλλά μάλλον φαίνονται να είναι ανίκανοι να επιλέξουν σωστά έναν ακριβή προσανατολισμό. Επομένως, είναι ασταθείς σε οποιοδήποτε περιβάλλον στο οποίο δεν είναι ακριβές ένα αισθητηριακό σημείο αναφοράς για προσανατολισμό.

Τα προβλήματα αισθητηριακής επιλογής αναφέρθηκαν σε ασθενείς με εγκεφαλικά, σε τραυματικές εγκεφαλικές βλάβες, σε παιδιά με αναπτυξιακές διαταραχές εγκεφαλικής παράλυσης, σε σύνδρομο Down, σε μαθησιακές δυσκολίες και σε κώφωση.

5. Διαταραχές των κινητικών στρατηγικών

5.A. Προβλήματα συντονισμού.

Σε πολλούς ασθενείς με νευρολογικές διαταραχές, ο μη φυσιολογικός έλεγχος της στάσης δεν σχετίζεται εξ ολοκλήρου με την ικανότητα να παράγουν δύναμη, αλλά είναι αποτέλεσμα της ανικανότητας να συγχρονίσουν την εφαρμογή των δυνάμεων αποτελεσματικά για να ανακτήσουν τη σταθερότητα. Έχει περιγραφεί ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών προβλημάτων συγχρονισμού που σχετίζονται με τον στατικό έλεγχο και συμπεριλαμβάνουν καθυστερήσεις στην έναρξη μιας στατικής απάντησης και προβλήματα στο χρονικό συντονισμό μεταξύ των μυϊκών συνεργειών.

Η καθυστέρηση στην έναρξη της στατικής κινητικής δραστηριότητας, κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης της ισορροπίας, έχει ως αποτέλεσμα καθυστερημένες διορθωτικές ανταποκρίσεις, αυξημένη ταλάντωση και, στις περισσότερες περιπτώσεις, ακολουθεί έλλειψη της ισορροπίας. Για να μελετήσουμε τον συγχρονισμό της μυϊκής ενεργοποίησης για τον στατικό έλεγχο, οι ερευνητές χρησιμοποιούν μία ισορροποστική σανίδα για να προκαλέσουν ταλάντωση σε ένα όρθιο άτομο και ΗΜΓ για να καταγράψουν το πόσο γρήγορα αντιδρούν οι μύες στην ταλάντωση. Χρησιμοποιώντας αυτήν τη μέθοδο προσέγγισης σε ασθενείς με εγκεφαλικά επεισόδια, οι ερευνητές βρήκαν ότι η έναρξη της λανθάνουσας περιόδου των μυών ήταν συχνά πολύ αργή, περίπου 220 msec σε σχέση με 90-100 msec που είναι στον φυσιολογικό έλεγχο.

Ανικανότητα να αντιδράσουν γρήγορα στην έλλειψη της ισορροπίας, βρέθηκε επίσης και σ' έναν αριθμό μετατραυματικών ασθενών με εγκεφαλική βλάβη. Σημαντική καθυστέρηση στην ενεργοποίηση των στατικών μυών βρέθηκε και σε ασθενείς με μετατραυματική εγκεφαλική βλάβη με εστιακούς φλοιώδεις μώλωπες. Είναι ενδιαφέρον το γεγονός ότι ασθενείς με ελαφριά ή μέτρια τραυματική εγκεφαλική διάσειση δεν έδειξαν παρόμοια καθυστέρηση στην έναρξη της λανθάνουσας περιόδου των στατικών μυών. Σημαντική καθυστέρηση στην έναρξη της στατικής δραστηριότητας καταγράφηκε και σε αναπτυξιακές δυσμορφίες, όπου συμπεριλαμβάνεται το σύνδρομο Down, καθώς και κάποιες μορφές εγκεφαλικής παράλυσης. Άλλοι τύποι προβλημάτων συγχρονισμού μπορεί να επηρεάσουν τον συντονισμό των μυών που ανταποκρίνονται συνεργικά στην αποκατάσταση της ισορροπίας. Όταν υπάρχει διαταραχή στον συγχρονισμό μεταξύ των μυών που ενεργοποιούνται για να ελέγξουν το κέντρο βάρους του σώματος, οι κινήσεις γίνονται ασυντόνιστα και μπορεί να παρεμποδίζουν την αποκατάσταση της ισορροπίας. Η διάσπαση της χρονικής διάρκειας και της διαδοχής των μυών που δουλεύουν συνεργικά, αναφέρεται ως ασυνέργεια ή αταξία. Αταξία είναι ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει μία ποικιλία προβλημάτων που σχετίζονται με τη χρονική διάρκεια ή τη διαδοχή των μυών για δραστηριότητα.

Στη βιβλιογραφία αποκατάστασης ο όρος *συνέργεια* χρησιμοποιείται για να περιγράψει μη φυσιολογικό ή διαταραγμένο στατικό έλεγχο. Οι μη φυσιολογικές συνέργειες είναι στερεότυπα πρότυπα κίνησης, που δεν μπορούν να αλλάξουν ή να προσαρμοστούν σε αλλαγές ανάλογα με τη δραστηριότητα ή τις απαιτήσεις του

περιβάλλοντος. Ποικιλία μη φυσιολογικών συνεργειών που παρεμποδίζουν τη φυσιολογική κίνηση περιγράφηκε στους ημιπληγικούς ασθενείς. Η εικόνα 9.6 δείχνει ένα παράδειγμα μη φυσιολογικής καμπτικής συνέργειας στο χέρι στην ύπτια (Α), στην καθιστή (Β), και στην όρθια θέση (Γ). Η διαδικασία αποκατάστασης μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο περιγράφηκε ως η καταστολή των μη φυσιολογικών συνεργειών κίνησης με σκοπό τον ανεξάρτητο ή επιλεκτικό έλεγχο

Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι κατά τον φυσιολογικό έλεγχο της κίνησης, το Κ.Ν.Σ. χρησιμοποιεί μυϊκές συνέργειες ως ένα μέσον απλοποίησης του ελέγχου της κίνησης. Όπως περιγράψαμε στο κεφάλαιο του φυσιολογικού στασικού ελέγχου, συνέργεια είναι μία ομάδα μυών που αναγκάζονται να δρουν μαζί για να πετύχουν ένα λειτουργικό έργο. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των φυσιολογικών στασικών συνεργειών, που τις διακρίνει από τις μη φυσιολογικές συνέργειες, είναι η ικανότητά τους να τροποποιούνται. Οι φυσιολογικές συνέργειες δεν είναι αμετάβλητες, δηλαδή μόνιμες, αλλά συνεργάζονται για να πετύχουν μία δραστηριότητα, έχοντας τη δυνατότητα να προσαρμόζονται στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Στους ασθενείς με νευρολογική βλάβη, η ασυνέργεια ή η απουσία φυσιολογικών συνεργειών κίνησης παρεμποδίζει την αποκατάσταση του κινητικού ελέγχου, συμπεριλαμβανομένου και του στασικού ελέγχου.

Η ρύθμιση και ο έλεγχος μεταξύ των στασικών μυών μπορεί να διακοπεί από διάφορους λόγους. Ακόμη, όλοι οι τύποι των προβλημάτων της ρύθμισης και του ελέγχου κατατάσσονται ως *ασυνέργεια* ή *αταξία*. Ποια είναι αυτά τα προβλήματα και ποιοι τύποι ασθενών, τυπικά, έχουν αυτά τα προβλήματα;

Η ασυνέργεια αναφέρθηκε σε ασθενείς με σπαστική ημιπληγία, η οποία οφειλόταν είτε σε εγκεφαλική παράλυση είτε σε αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια.

Χρησιμοποιώντας την ισορροπιστική σανίδα, που έχουμε περιγράψει σε προηγούμενα κεφάλαια, τα μυϊκά πρότυπα της στάσης μελετήθηκαν σε μία ομάδα παιδιών με εγκεφαλική παράλυση ηλικίας 7 με 12 ετών. Σε παιδιά με σπαστική ημιπληγία οι μυϊκές αντιδράσεις στο προσβεβλημένο πόδι ήταν με μη φυσιολογική αλληλοδιαδοχή, γεγονός που πρωταρχικά οφειλόταν σε καθυστερημένη ενεργοποίηση των περιφερικών μυών. Όταν η σανίδα κινιόταν προς τα πίσω, το παιδί ταλαντευόταν προς τα εμπρός και τα πρότυπα μυϊκής ενεργοποίησης παράχθηκαν στο μη ημιπληγικό πόδι, από την περιφέρεια στο κέντρο, με καθυστέρηση 30 με 50 msec σε αντίθεση με το ημιπληγικό πόδι, όπου η πρώτη ομάδα μυών που ενεργοποιήθηκε ως απάντηση στην πρόσθια ταλάντωση ήταν οι ισchioκνημιαίοι ακολουθούμενοι από την ενεργοποίηση του γαστροκνήμιου

Αυτό το σύστημα προκάλεσε έκπληξη για πολλούς λόγους. Σε κλινική εξέταση αυτό το παιδί έδειξε *σπαστικό τη τα* στον γαστροκνήμιο μυ. Άλλα σημεία ήταν: αύξηση της δυσκαμψίας σε απάντηση στην παθητική διάταση, κλόνος, βάδιση με υποποδία και απουσία ραχιαίας κάμψης στην ποδοκνημική ως απάντηση στη μετατόπιση του βάρους προς τα πίσω. Πιθανή εξήγηση για όλα αυτά τα κλινικά ευρήματα ήταν μία πρωταρχική βλάβη στον γαστροκνήμιο που εμφάνισε σπαστικότητα.

Με αυτά τα κλινικά ευρήματα θα μπορούσε κανείς να προβλέψει μία αντίδραση υπερ-ενεργοποίησης του γαστροκνήμιου, όταν το παιδί στεκόταν στη σανίδα και ταλαντευόταν σε πρόσθια κατεύθυνση, αφού κατά την πρόσθια ταλάντωση ο πρώτος μυς που διατείνεται είναι ο γαστροκνήμιος. Αλλά κατά τη διάρκεια της πρόσθιας ταλάντωσης, η οποία προκαλεί διάταση στον *υπερ-ενεργοποιημένο γαστροκνήμιο*, οι πρώτοι μύες που αντέδρασαν ήταν οι ισchioκνημιαίοι! Ο γαστροκνήμιος ήταν αργός για να ενεργοποιηθεί και το μέγεθος της μυϊκής δραστηριότητας ήταν χαμηλό σε σχέση με τη μη προσβεβλημένη πλευρά. Αυτά τα ευρήματα συμφωνούν με εκείνα

άλλων συγγραφέων, που σημείωσαν ότι ένα κύριο εύρημα στους νευρολογικούς ασθενείς με σπαστική υπερτονία είναι η ανικανότητα να επιστρατεύσουν και να ρυθμίσουν τη συχνότητα ενεργοποίησης των κινητικών νευρώνων. Κάτι ανάλογο βρέθηκε και κατά την οπίσθια ταλάντωση, δηλαδή αντί της φυσιολογικής ενεργοποίησης του πρόσθιου κνημιαίου, τετρακέφαλου και κοιλιακών που βρέθηκε στο μη προσβεβλημένο πόδι, τα παιδιά με εγκεφαλική παράλυση -ημιπληγία- ενεργοποίησαν πρώτα τον τετρακέφαλο και μετά τον πρόσθιο κνημιαίο. Το βιομηχανικό αποτέλεσμα αυτής της μη φυσιολογικής διαδοχής ήταν η υπερέκταση στο γόνατο και η κάμψη του κορμού προς τα εμπρός. Από κλινικής απόψεως, αυτό το κινητικό πρότυπο αποδίδεται συχνά στην υπερενεργοποίηση του γαστροκνήμιου, η οποία εμποδίζει την κατάλληλη ενεργοποίηση του πρόσθιου κνημιαίου, λόγω του περιορισμού που τίθεται από τους ανταγωνιστές. Σε αυτήν την περίπτωση των παιδιών που εξετάστηκαν γι' αυτή τη μελέτη, η ενεργοποίηση στον γαστροκνήμιο μν δεν ήταν η αιτία αυτού του συγκεκριμένου κινητικού προτύπου.

Η ανάλυση των κινητικών προτύπων σε ενήλικους ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο αποκάλυψε μη φυσιολογικά πρότυπα μυϊκής δραστηριότητας, που συμπεριελάμβαναν μη φυσιολογικό συγχρονισμό και αλληλουχία της μυϊκής δραστηριότητας, υπερβολική συνσύσπαση και μεγαλύτερη μεταβλητότητα στη ρύθμιση και τον έλεγχο των αντιδράσεων στα ημιπληγικά άτομα. Διαταραχές στην αρχική όρθια θέση, επίσης, επηρέασαν την οργάνωση των στρατηγικών στάσης σε μερικά ημιπληγικά άτομα.

Οι ασθενείς με ασυνέργεια έχουν μερικές φορές μεγάλη μη φυσιολογική καθυστέρηση στον χρόνο έναρξης των κεντρικών μυϊκών συνεργειών. Αυτός ο τύπος ασυνέργειας αναφέρθηκε σε παιδιά με σύνδρομο Down, καθώς επίσης και σε ασθενείς με μετατραυματικές εγκεφαλικές βλάβες με εστιακούς φλοιώδεις μάλωπες. Το βιομηχανικό αποτέλεσμα της καθυστερημένης ενεργοποίησης των κεντρικών μυών, σε σχέση με τους περιφερικούς μύς περιλαμβάνει υπερβολική κίνηση στο γόνατο και το ισχίο. Και αυτό γιατί το πρότυπο ρύθμισης και ελέγχου των μυών δεν είναι ικανοποιητικό για τον έλεγχο του έμμεσου αποτελέσματος των δυνάμεων που αναπτύσσονται στην ποδοκνημική άρθρωση πάνω σε πιο κεντρικές αρθρώσεις.

Η ασυνέργεια μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί από συν-σύσπαση των μυών τόσο στην πρόσθια όσο και στην οπίσθια επιφάνεια του σώματος. Οι ερευνητές βρήκαν ότι οι ασθενείς με νόσο του Parkinson χρησιμοποιούν ένα πολύπλοκο κινητικό πρότυπο, όταν αντιλαμβάνονται να απειλείται η ισορροπία τους. Αυτή η ενεργοποίηση των μυών και στις δύο πλευρές του σώματος καταλήγει σε μια δυσκαμψία του σώματος και είναι μία ανεπαρκής στρατηγική για την αποκατάσταση της ισορροπίας, αφού δεν είναι συγκεκριμένη ως προς την κατεύθυνση. Αυτά τα αποτελέσματα δεν συμφωνούν με την εργασία του Purdue Martin στους παρκινσονικούς ασθενείς, ο οποίος ανέφερε απουσία ισορροπιστικών αντιδράσεων και αντιδράσεων προσανατολισμού στους ασθενείς αυτούς. Η δυσκαμψία και η απώλεια της ισορροπίας, που βρέθηκε στους ασθενείς κατά τη διάρκεια τεστ διαταραχής της ισορροπίας, υποδηλώνουν την απουσία των ισορροπιστικών αντιδράσεων. Η τοποθέτηση ηλεκτρομυογράφου στους μύς των παρκινσονικών ασθενών επέτρεψε στους ερευνητές να δουν ότι οι παρκινσονικοί ασθενείς αντιδρούν στη διαταραχή της ισορροπίας τους, αλλά το πρότυπο της μυϊκής δραστηριότητας που χρησιμοποιούν είναι ανεπαρκές για την αποκατάσταση της ισορροπίας.

5.B. Διαταραχές στην ευθυγράμμιση

Η ευθυγράμμιση του σώματος αναφέρεται στη σχέση των τμημάτων του σώματος μεταξύ τους, και στη θέση του σώματος σε σχέση με τη βαρύτητα και τη βάση στήριξης (4) ευθυγράμμιση των τμημάτων του σώματος πάνω από τη βάση στήριξης καθορίζει, σε να μεγάλο βαθμό, την προσπάθεια που απαιτείται για τη στήριξη του σώματος ενάντια στη βαρύτητα. Επιπρόσθετα, η ευθυγράμμιση καθορίζει την επίδραση των κινητικών στρατηγικών που είναι αποτελεσματικές για έλεγχο της στάσης.

Αλλαγές στην αρχική στάση ή ευθυγράμμιση είναι συχνά χαρακτηριστικά του ασθενούς με βλάβη στον άνω κινητικό νευρώνα. Μπορούμε επίσης να έχουμε αλλαγές στην ευθυγράμμιση ενός τμήματος του σώμα σε σχέση με τα άλλα.

Παραδείγματα αποτελούν, οι ασθενείς που κάθονται ή στέκονται με τη λεκάνη σε οπίσθια κλίση με υπερβολικά κυφωτικό κορμό και το κεφάλι σε πρόσθια καμπτική θέση ή το παιδί με εγκεφαλική παράλυση που χρησιμοποιεί το συνήθη στατικό πρότυπο κατά την ορθοστάτηση και την βάδιση. Η μη φυσιολογική ευθυγράμμιση μπορεί επίσης να εκφράζεται ως αλλαγή στη θέση του σώματος σε σχέση με τη βαρύτητα και βάση στήριξης. Για παράδειγμα, η ασύμμετρη ευθυγράμμιση στην καθιστή και όρθια θέση είναι συχνό χαρακτηριστικό στους ασθενείς, με μονόπλευρη νευρική βλάβη όπως το αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο. Αυτοί οι ασθενείς τείνουν να ορθοστατούν με το βάρος τους μετατοπισμένο προς την μη προσβεβλημένη πλευρά. Πιο ειδικά, άλλοι ασθενείς βλάβη στην παρεγκεφαλίδα τείνουν να ορθοστατούν με ευρεία βάση στήριξης Τελικά, πολλοί ασθενείς τείνουν να ορθοστατούν με το κέντρο βάρους μετατοπισμένο είτε μπροστά είτε πίσω. Για παράδειγμα, αναφέρθηκε ότι οι ηλικιωμένοι ασθενείς φοβούνται ότι θα πέσουν, τείνουν να ορθοστατούν με μία κλίση προς τα εμπρός με κέντρο βάρους τους μετατοπισμένο πρόσθια. Ωστόσο, υπάρχουν άλλοι τύποι ασθενών που στέκονται με το κέντρο βάρους μετατοπισμένο οπίσθια. Οι αλλαγές στην ευθυγράμμιση μπορούν να θεωρηθούν τόσο ως μυοσκελετική βλάβη όσο και ως αντισταθμιστική στρατηγική για άλλες βλάβες. Για παράδειγμα, στους ηλικιωμένους η ευθυγράμμιση, η οποία συχνά χαρακτηρίζεται από χαρακτηριστική κύφωση και από πρόσθια καμπτική θέση της κεφαλής, αντιπροσωπεύει μία μυοσκελετική βλάβη που παρεμποδίζει τις απαραίτητες κινήσεις για τη στάση και την ισορροπία. Αντίθετα, η ασύμμετρη ευθυγράμμιση, που συχνά βλέπουμε στον ημιπληγικό ασθενή που κάθεται και ορθοστατεί με το βάρος του μετατοπισμένο μακριά από την ημιπληγική πλευρά, είναι συχνά μία στρατηγική που αναπτύσσεται για να αντισταθμίσει άλλες βλάβες, όπως είναι η αδυναμία. Η κατανόηση αυτών των διαφορών είναι σημαντική, εφόσον η απόκτηση συμμετρικής ευθυγραμμισμένης θέσης μπορεί να μην αποτελεί έναν λογικό στόχο για τον ημιπληγικό ασθενή, έως ότου οι υποβόσκουσες βλάβες έχουν λυθεί ικανοποιητικά, για να εξασφαλίσουν ότι το ημιπληγικό πόδι δεν θα καταρρεύσει όταν πάρει το βάρος του σώματος.

Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΙΣΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΑΝΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΣΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΒΛΑΒΗ ΣΤΟ ΚΝΣ.

1. Εισαγωγή

Όπως ήδη αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, τα κύρια αισθητηριακά συστήματα που παρέχουν πληροφόρηση σχετικά με τη θέση του ανθρωπίνου σώματος στο χώρο είναι το αιθουσαίο, το ιδιοδεκτικό και το οπτικό σύστημα. Η δυνατότητα ελέγχου της στάσης του σώματος εξασφαλίζεται από την ενσωμάτωση των πληροφοριών που παρέχονται στον εγκέφαλο από αυτά τα τρία συστήματα. (Huitema et al 2005). Ο περιορισμός μίας από τις παραπάνω αισθήσεις ή μίας κινητικής διαδικασίας αλλοιώνει την αισθητικοκινητική εμπειρία και επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο συνδυάζονται οι πληροφορίες.

Οι οπτικές και οι σωματοαισθητηριακές πληροφορίες χρησιμοποιούνται για την αποτύπωση του «ιδιοδεκτικού και οπτικού χάρτη του σώματος» ώστε να επιτευχθεί ο σωστός προγραμματισμός των κινήσεων. Ωστόσο κάποιος θα μπορούσε να πεί πως το σημαντικότερο ίσως από τα συστήματα είναι το οπτικό, διότι υπάρχουν περισσότερες από ένα εκατομμύριο νευρικές ίνες που εξέρχονται από κάθε μάτι και αντιπροσωπεύουν κατά προσέγγιση το 70% του συνόλου των αισθητικών νευρικών ινών στο ανθρώπινο σώμα. Πολλές από τις νευρικές ίνες του ματιού δεν καταλήγουν σε ανώτερα φλοιώδη επίπεδα υπεύθυνα για την όραση ή την απεικόνιση, αλλά σε κέντρα υπεύθυνα για την κίνηση, την ισορροπία, και τη συνέργεια.

Ακόμη από τα τρία εκατομμύρια νευρικά ερεθίσματα που φτάνουν στον εγκέφαλο κάθε δευτερόλεπτο, τα δύο τρίτα ξεκινούν από το μάτι. (Gesell et al 1949)

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι η περιμετρική όραση (ambient visual process) είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον προσανατολισμό του σώματος στο χώρο, τη προσαρμογή της στάσης, και την ισορροπία, γεγονός το οποίο εξηγεί απόλυτα την αποτελεσματικότητα των πρισμάτων αφού σαν στόχο έχουν τον επαναπροσδιορισμό της αντίληψης του σώματος σε σχέση με το χώρο.

2. Η εφαρμογή των πρισμάτων και η επίδρασή τους στη νευροαποκατάσταση

Τα πρίσματα είναι 3-sided transparent pyramids που έχουν την ικανότητα να κατευθύνουν το φως με αποτέλεσμα την αλλαγή της αντίληψης του χώρου. Η χρήση τους κατά βάση είναι ο επαναπροσδιορισμός της μέσης θέσης του σώματος στο χώρο και η μετατόπιση του βάρους κατά τη διάρκεια της στάσης.

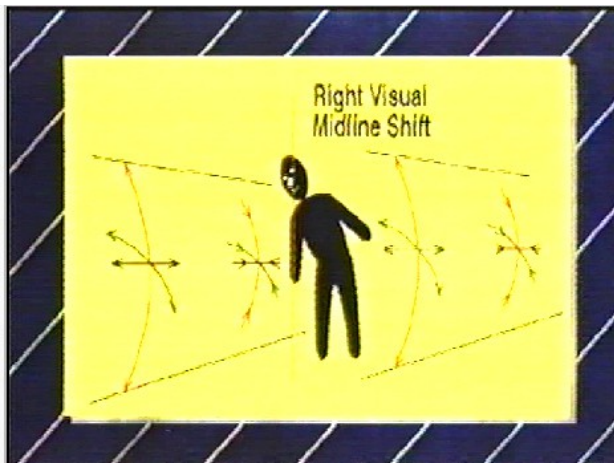


Όσον αφορά την ημιπληγία, την οποία και μελετάμε, τοποθετούνται συνήθως αμφοτερόπλευρα (yoked prisms), δηλαδή με τη βάση τους προς την ίδια κατεύθυνση.

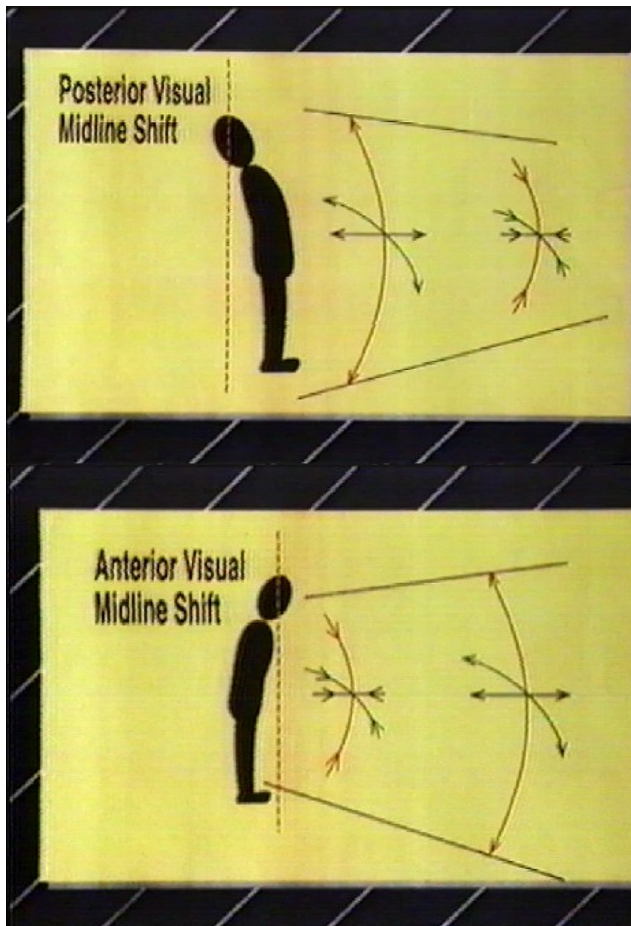
Έτσι όταν για παράδειγμα αναφέρουμε πρίσματα με τη βάση αριστερά εννοούμε πρίσματα τα οποία έχουν τοποθετηθεί και στα δύο μάτια με τη βάση τους αριστερά και μετατοπίζουν τη μέση θέση του σώματος προς τα δεξιά.



Ενώ τα πρίσματα με τη βάση δεξιά, μετατοπίζουν την αντίληψη του χώρου (οριζόντια) αριστερά.



Το ίδιο συμβαίνει και με την μετατόπιση του οπτικού πεδίου πάνω ή κάτω όπως δείχνουν οι παρακάτω εικόνες, με τη χρήση πρισμάτων που έχουν τη βάση τους κάτω ή πάνω αντίστοιχα.



Ο χειρισμός του οπτικού συστήματος επιδρά άμεσα στο ιδιοδεκτικό και αιθουσαίο σύστημα και έμμεσα στην στάση και κίνηση των ασθενών καθώς προσαρμόζονται

στην αλλαγή της αντίληψης του χώρου που προκλήθηκε από την εφαρμογή των πρισμάτων. (Pandula 2000, Benabib 2001, Morris et al 2004)

Η εφαρμογή των πρισμάτων παράγει αυτόματες προβλέψιμες αλλαγές στη στάση του σώματος μέσω της εσωτερικής διαδικασίας αισθητηριακής ολοκλήρωσης των υπεύθυνων για τη προσαρμογή της στάσης αισθητηριακών συστημάτων. (Michael et al 2006)

Η διαδικασία της αισθητηριακής ολοκλήρωσης μεταξύ των τριών κύριων αισθητηριακών πηγών πληροφοριών (οπτικής, αιθουσαίας και ιδιοδεκτικής πληροφόρησης) επιτρέπει στον χρήστη των πρισμάτων να αναπροσαρμόσει τη στάση του σώματός του σύμφωνα με τη νέα εμπειρία αντίληψης του χώρου που του προτείνει ο θεραπευτής μέσω των πρισμάτων.

Όπως καταλαβαίνουμε λοιπόν, τα πρίσματα δεν εφαρμόζονται ανεξάρτητα από τη φυσικοθεραπευτική παρέμβαση. Συνδυάζονται κατά τη διάρκεια της επανεκπαίδευσης-διδασκαλίας, λειτουργικών δραστηριοτήτων. Η εφαρμογή τους βεβαίως απαιτεί αφενός λεπτομερή αξιολόγηση της στάσης – κίνησης και λειτουργίας του ασθενή και αφετέρου ειδική εκπαίδευση και συνεργασία με νευροοφθαλμίατρο.

3. Αποτελεσματικότητα και πεδία εφαρμογής των πρισμάτων στη νευροαποκατάσταση

Σύμφωνα με τις έρευνες των Lauté et al, 2006 και Malhotra et al, 2006 σε ημιπληγικούς ασθενείς με ασύμμετρη διαταραχή της αντίληψης του χώρου και συγκεκριμένα σε ασθενείς που «αγνοούν» (neglect) την αριστερή πλευρά του σώματός τους, η εφαρμογή των πρισμάτων είχε εξαιρετικά αποτελέσματα όσον αφορά τον έλεγχο της στάσης και τον προσανατολισμό στο χώρο.

Ακόμη σε έρευνα των Jacquin-Courtois et al, 2005 ασθενείς με ημιπληγία αριστερά και αριστερό neglect, μετά την εφαρμογή των πρισμάτων παρατηρήθηκε βελτίωση της ακρίβειας μετακίνησης με αναπηρικό αμαξίδιο. Βελτίωση των ελλειμμάτων δυσλειτουργίας σε καθημερινές δραστηριότητες ζωής απέδειξε και στην έρευνα του ο Rode (2006).

Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε πως έχει παρατηρηθεί το εξής, σε φυσιολογικά άτομα και άτομα με παρεγκεφαλιδική βλάβη, η χρήση πρισμάτων με πλάγιο προσανατολισμό, δεξιά ή αριστερά, κατά τη διάρκεια της βάρδισης οδηγεί σε γενίκευση των αποτελεσμάτων της επίδρασης με ποιοτικότερη εκτέλεση και άλλων δραστηριοτήτων, όπως δραστηριότητες του άνω άκρου, ενώ δεν έχει παρατηρηθεί το αντίστροφο (Morton 2004) .

Παράδειγμα 1



Ο νεαρός της φωτογραφίας υπέστη κρανιοεγκεφαλική κάκωση από ατύχημα (κλειστό τραύμα). Παρουσιάζει έντονη μετατόπιση της αντίληψης της μέσης θέσης του σώματός του προς τα δεξιά. Ο ίδιος του περιγράφει ότι όταν διορθώσουμε τη θέση του και φέρουμε το σώμα ακριβώς πάνω από τη βάση στήριξης, έχει την αίσθηση ότι θα πέσει προς τα αριστερά διότι αντιλαμβάνεται το πάτωμα πιο κοντά από την αριστερή του πλευρά. Ακόμη, του είναι αδύνατο να περπατήσει χωρίς να χρησιμοποιήσει τον τοίχο για υποστήριξη. Ωστόσο, όλες οι ιατρικές εξετάσεις και τα tests που έχει υποβληθεί δηλώνουν ξεκάθαρα ότι το οπτικό του σύστημα δεν έχει υποστεί καμία βλάβη.



Ύστερα από ιδιαίτερα προσεκτική παρατήρηση και αξιολόγηση, ο Dr. William V. Padula, O.D, γιατρός του ασθενή και εξειδικευμένος στο τομέα των πρισμάτων, επέλεξε το είδος και τις παραμέτρους των πρισμάτων και εφάρμοσε. Τα αποτελέσματα όπως διακρίνουμε και στη φωτογραφία είναι θεαματικά. Ο ασθενής είναι ικανός να περπατήσει ανεξάρτητος κατά μήκος του διαδρόμου δίχως να χάσει την ισορροπία του και δίχως να χρησιμοποιήσει το τοίχο για υποστήριξη.

Παράδειγμα 2



Το κοριτσάκι της φωτογραφίας παρουσιάζει προβλήματα ισορροπίας ύστερα από χειρουργείο αφαίρεσης όγκου του εγκεφάλου. Γέρνει προς τα δεξιά της πλευράς και χρησιμοποιεί αντισταθμιστικές αντιδράσεις ισορροπίας.



Ύστερα από προσεκτική παρατήρηση και αξιολόγηση, ο Dr. William V. Padula, O.D, γιατρός της ασθενούς και εξειδικευμένος στο τομέα των πρισμάτων, επέλεξε το είδος και τις παραμέτρους των πρισμάτων και εφάρμοσε με αποτέλεσμα την εικόνα παραπλεύρωσ. Η μικρή κατάφερε να αποκτήσει ένα ποιοτικότερο και σταθερότερο μοντέλο

βάδισης.

4. Διάρκεια παραμονής της επίδρασης των πρισμάτων

Η παραμονή της επίδρασης των πρισμάτων μετά από μία εφαρμογή ποικίλει, ανάλογα με το πρόγραμμα και τη συχνότητα εκπαίδευσης στην πρισματική προσαρμογή (Redding και Wallace 1993).

Έχει παρατηρηθεί σε ημιπληγικούς ασθενείς παραμονή των αποτελεσμάτων για τέσσερις ημέρες μετά από μια και μοναδική συνεδρία 15 λεπτών (Pisella et al 2002). Ενώ σε μελέτες με εντατική χρήση των πρισμάτων, δυο φορές την ημέρα και για δυο εβδομάδες παρατηρήθηκαν πιο μακροπρόθεσμα αποτελέσματα, 1-5 εβδομάδες μετά το την ολοκλήρωση του προγράμματος (Frassinetti et al 2002).

5. Συμπεράσματα

Η γενίκευση και η μακρά παραμονή των επιδράσεων της πρισματικής προσαρμογής καθιστά την εφαρμογή των πρισμάτων ένα δυναμικά σημαντικό θεραπευτικό χειρισμό επιλογής καθώς αποτελεί ένα μέσο αποκατάστασης με άμεσες επιδράσεις στην οπτικοκινητική και αντιληπτικοκινητική νευρολογική λειτουργία.

Ακόμη, Δεν έχει μελετηθεί εκτενώς αφενός η σχέση του μεγέθους των πρισμάτων και του εύρους των αλλαγών που προκύπτουν στη στάση του σώματος και αφετέρου οι αντιδράσεις ασθενών διαφορετικών ηλικιών και παθήσεων του κεντρικού νευρικού συστήματος σε διαφορετικές δραστηριότητες. Δεν έχει μελετηθεί ακόμη η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής των πρισμάτων σε συνδυασμό με συγκεκριμένες θεραπευτικές μεθόδους.

Έτσι, παρά το γεγονός ότι η θεραπευτική αυτή προσέγγιση φαίνεται να έχει εξαιρετικά αποτελέσματα κατά το πλείστον των περιπτώσεων, η απόδειξη της αποτελεσματικότητας της απαιτεί αυστηρότερο μεθοδολογικό μοντέλο και ποιοτικότερη εφαρμογή της θεραπευτικής παρέμβασης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αξιολογώντας λοιπόν όλες εκείνες τις πληροφορίες τις οποίες κατάφερα να συλλέξω ύστερα από ιδιαίτερο κόπο σχετικά με τον έλεγχο της στάσης και της ισορροπίας σε ασθενείς με νευρολογικά προβλήματα, καταλήγω στο παρακάτω συμπέρασμα. Είναι σχεδόν αδύνατο να αναγνωρίσει και να προσδιορίσει κανείς τις ακριβείς αιτίες οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη διαταραχή της ισορροπίας στους νευρολογικούς ασθενείς. Το σύνολο των πρωτογενών και δευτερογενών τους προβλημάτων εμπλέκονται με τέτοιο τρόπο ώστε είναι εξαιρετικά δύσκολο να ξεχωρίσουμε και να απομονώσουμε τις παρατηρήσεις μας αυτές καθώς και την προέλευσή τους. Ωστόσο, προσπαθώντας πάντα να εξασφαλίσουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα για τους ασθενείς μας είναι κατά τη γνώμη μου απαραίτητο ως θεραπευτές να διευρύνουμε τους ορίζοντες μας πέρα από την κλασική φυσικοθεραπεία την οποία μέχρι σήμερα

γνωρίζουμε και εμπιστευόμαστε. Μέσα στα πλαίσια της προσπάθειας αυτής περιλαμβάνεται φυσικά η μέθοδος των πρισμάτων η οποία όπως αποδεικνύεται βιβλιογραφικά, είναι ένας θαυμάσιος τρόπος όχι μόνο να ενισχύσουμε αλλά και να διευκολύνουμε το δικό μας έργο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Angeli, V., Benassi, M., Làdavas, E. (2004). Recovery of oculo-motor bias in neglect patients after prism adaptation. *Neuropsychologia*, 42, 1223–1234.
2. Bedford, F. (1999). Keeping perception accurate. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(1), 4-10.
3. [Berberovic, N.](#), [Mattingley, J.](#) (2003). Effects of prismatic adaptation on judgements of spatial extent in peripersonal and extrapersonal space. [Neuropsychologia](#). 41(4), 493-503.
4. Bessou, M., Cauquil, A., Dupui, P., Montoya, R., Bessou, P. (1999). Specificity of the monocular crescents of the visual field in postural control. *Neuroscienses*, 322. 749-757.

5. Braly A, Darnell LA, Mann AB, Teaford MF, Weihs TP. (2007). The effect of prism orientation on the indentation testing of human molar enamel. *Archives of Oral Biology*. 52(9):856-60.
6. Brookes, R., Nicolson R., Fawcett, A. (2007). Prisms throw light on developmental disorders. *Neuropsychologia*, 45, 1921–1930.
7. Colent, C., Pisella, L., Bernieri, C., Rode, G., Rossetti, Y. (2000). Cognitive bias induced by visuo-motor adaptation to prisms: a simulation of unilateral neglect in normal individuals? *Cognitive Neuroscience*, 11(9), 1899-1902.
8. David A. Rosenbaum, Human motor control. San Diego, California, 1991.
9. Dijkerman, H. Webeling, M., ter Wal, J., Groet, E., van Zandvoort, M. (2004). A long-lasting improvement of somatosensory function after prism adaptation, a case study. *Neuropsychologia*, 42(12), 1697-702.
10. Duncan P, Badke MB. Determinants of abnormal motor control. In: Duncan P, Badke MB, eds. *Stroke rehabilitation: the recovery of motor control*. Chicago: Year Book Medical Publishers, 1987:135-159.
11. [Farne, A.](#), [Rossetti, Y.](#), [Toniolo, S.](#), [Ladavas, E.](#) (2002). Ameliorating neglect with prism adaptation: visuo-manual and visuo-verbal measures. [Neuropsychologia](#), 40(7), 718-29.
12. Ferber, S., Murray, L. (2005). Are perceptual judgments dissociated from motor processes?—A prismadaptation study. *Cognitive Brain Research*, 23, 453– 456.
13. Frassinetti, F., Angeli, V., Meneghello, F., Avanzi, S., Ladavas, E. (2002). Long-lasting amelioration of visuospatial neglect by prism adaptation. *Brain*, 125(3), 608-623. Retrieved May 13, 2007, from Medline database.
14. Ghez C. Posture. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, eds. *Principles of neural science*. 3rd ed. NY: Elsevier, 1991:596-607.
15. Girardi, M., McIntosh, R., Michel, C., Vallar, G., Rossetti, Y. (2004). Sensorimotor effects on central space representation: prism adaptation influences haptic and visual representations in normal subjects. *Neuropsychologia*, 42, 1477–1487.
16. Goodale, M. (1998). Visuomotor control: Where does vision end and action begin? *Current Biology*, 8, 489–491.
17. Hirschfeld H. On the integration of posture, locomotion and voluntary movement in humans: normal and impaired development. Dissertation. Karolinska Institute, Stockholm, Sweden, 1992.
18. Horak, F., Henry, S., Shumway-Cook, A. (1997). Postural Perturbations: New Insights for Treatment of Balance Disorders. *Physical Therapy*, 77(5), 517-533.
19. Horak F, Nashner I. Central programming of postural movements: adaptation to altered support surface configurations. *J Neurophysiol* 1986;55: 1369-1381.
20. Isotalo E., Kapoula, Z., Feret, P., Gauchon, K., Zamfirescu, F., Gagey, P. (2004). Monocular versus binocular vision in postural control. *Auris Nasus Larynx*, 31, 11–17.
21. Jackson, S., Newport, R. (2001). Prism adaptation produces neglect-like patterns of hand path curvature in healthy adults. *Neuropsychologia*, 39, 810–814.
22. Jennett, B. (2002). The vegetative state. *Neurol Neurosurg Psychiatry*, 73, 355–356.
23. Karnath, H., Niemeier, M., Dichgans, J. (1998). Space exploration in neglect. *Brain*, 121, 2357-2367.
24. Katz RT, Rymer WZ. Spastic hypertonia: mechanisms and measurement. *Arch Phys Med Rehabil*. 1989;70:144-155.

25. Kavounoudias, A., Gilhodes, J., Roll, R., Roll, J. (1999). From balance regulation to body orientation: two goals for muscle proprioceptive information processing? *Exp Brain Res*, 124, 80-88.
26. Keane, S., Turner, C., Sherrington, C., & Beard, J. R. (2006). Use of fresnel prism glasses to treat stroke patients with hemispatial neglect. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(12), 1668-1672. Retrieved May 13, 2007, from Scopus database.
27. Kitazawa, S., Kimura, T., Uka, T. (1997). Prism Adaptation of Reaching Movements: Specificity for the Velocity of Reaching. *The Journal of Neuroscience*, 17(4):1481-1492
28. Luauté, J., Halligan, P., Rode, G., Jacquin-Courtois, S., & Boisson, D. (2006). Prism adaptation first among equals in alleviating left neglect: A review. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 24(4-6), 409-418. Retrieved May 13, 2007, from Scopus database.
29. Luauté, J., Halligan, P., Rode, G., Rossetti, Y., & Boisson, D. (2006). Visuo-spatial neglect: A systematic review of current interventions and their effectiveness. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 30(7), 961-982. Retrieved May 13, 2007, from Scopus database.
30. Luauté, J., Michel, C., Rode, G., Pisella, L., Jacquin-Courtois, S., & Costes, N. et al. (2006). Functional anatomy of the therapeutic effects of prism adaptation on left neglect. *Neurology*, 66(12), 1859-1867. Retrieved May 13, 2007, from Scopus database.
31. Malhotra, P., Coulthard, E., & Husain, M. (2006). Hemispatial neglect, balance and eye-movement control. *Current Opinion in Neurology*, 19(1), 14-20. Retrieved May 13, 2007, from Scopus database.
32. Michel, C., Pisella, L., Halligan, P., Luauté, J., Rode, G., Boisson, D., Rossetti, Y. (2003). Simulating unilateral neglect in normals using prism adaptation: implications for theory. *Neuropsychologia*, 41, 25-39.
33. Nashner IM. Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance. *Exp Brain Res* 1977;30: 13-24.
34. Newport, R., Jackson S. (2006). Posterior parietal cortex and the dissociable components of prism adaptation. *Neuropsychologia*, 44(13), 2757-2765. Retrieved May 13, 2007, from Embase database.
35. Niemeier, M., Karnath, H. (2003). Stimulus-Driven and Voluntary Saccades Are Coded in Different Coordinate Systems. *Current Biology*, 13, 585-589.
36. Ohtsuki, H., Hasebe, S., Kono, R., Yamane, T., Fujigara, T., Shiraga, F. (2001). Prism Adaptation Response Is Useful for Predicting Surgical Outcome in Selected Types of Intermittent Exotropia. *AMERICAN JOURNAL OF OPHTHALMOLOGY*, 131(1), 117-122.
37. Pérennou, D., Amblard, B., Laassel, E.M., Pélissier, J. (1997). Hemispheric asymmetry in the visual contribution to postural control in healthy adults. *NeuroReport*, 8, 3137-3141.
38. Perry, R., Zeki, S. (2000). The neurology of saccades and covert shifts in spatial attention. *Brain*, 123, 2273-2288.
39. Pisella, L., Rode, G., Farne, A., Boisson, D., Rossetti, Y. (2002). Dissociated long lasting improvements of straight-ahead pointing and line bisection tasks in two hemineglect patients. *Neuropsychologia*. 40(3), 327-34. Retrieved May 13, 2007, from Medline database.

40. [Pisella, L.](#), [Rode, G.](#), [Farné, A.](#), [Tilikete, C.](#), [Rossetti, Y.](#) (2006). Prism adaptation in the rehabilitation of patients with visuo-spatial cognitive disorders. [Curr Opin Neurol](#), 19(6), 534-542.
41. Redding, G., Wallace, B. (2006). Prism adaptation and unilateral neglect: Review and analysis. *Neuropsychologia*, 44(1), 1-20. Retrieved May 13, 2007, from EBSCOhost database.
42. Redding, G., Wallace, B. (2006). Generalization of Prism Adaptation. *Journal of Experimental Psychology*, 32(4), 1006–1022.
43. Robertson, I. (1999). Cognitive rehabilitation: attention and neglect. *Cognitive rehabilitation*, 3(10), 385-393.
44. Robertson, I. (2002). Cognitive neuroscience and brain rehabilitation: a promise kept Brain rehabilitation *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 73, 357
45. [Rode, G.](#), [Rossetti, Y.](#), [Boisson, D.](#) (2001). Prism adaptation improves representational neglect. [Neuropsychologia](#), 39(11), 1250-4.
46. Rode, G., Pisella, L., Marsal, L., Mercier, S., Rossetti, Y., Boisson, B. (2006). Prism adaptation improves spatial dysgraphia following right brain damage. *Neuropsychologia*, 44, 2487–2493.
47. Rode, G., Rossetti, Y., Lia, L., Boisson, D. (1999). Improvement of mental imagery after prism exposure in neglect: a case study. *Behavioural Neurology*, 11, 251–258.
48. Rossetti, Y., Rode, G., Pisella, L., Farné, A., Li, L., Boisson, D., Perenin, M-T. (1998), Prism adaptation to a rightward optical deviation rehabilitates left hemispatial neglect, *Nature*, 395(6698), 166-169. Retrieved May 13, 2007, from Scopus databases.
49. Sarri, M., Kalra, L., Greenwood, R., Driver, J. (2006). Prism Adaptation Changes Perceptual Awareness for Chimeric Visual Objects but Not for Chimeric Faces in Spatial Neglect after Right-hemisphere Stroke. *Neurocase*, 12, 127–135.
50. Schindler, I., Kerkhoff, G., Karnath, H., Keller, I., Goldenberg, G.(2002). Neck muscle vibration induces lasting recovery in spatial neglect. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 73, 412–419.
51. Seidler, R., Chintalapati, N. (2006). Bilateral basal ganglia activation associated with sensorimotor adaptation. *Exp Brain Res*, 175, 544–555.
52. Sekyama, K. (2006). Dynamic spatial cognition: Components, functions, and modifiability of body schema. *Japanese Psychological Research*, 48(3), 141–157.
53. [Serino, A.](#), [Angeli, V.](#), [Frassinetti, F.](#), [Ladavas, E.](#) (2006). Mechanisms underlying neglect recovery after prism adaptation. [Neuropsychologia](#), 44(7), 1068-78.
54. Shea A. Motor attainments in Down's syndrome. In: Contemporary management of motor control problems. Proceedings of the II Step Conference. Alexandria, VA: APTA 1991:225-236.
55. Shumway-Cook A, Horak F. Balance rehabilitation in the neurologic patient: course syllabus. Seattle: NERA, 1992.
56. Shumway-Cook A, Horak F. Vestibular rehabilitation: an exercise approach to managing symptoms of vestibular dysfunction. *Seminars in Hearing* 1989; 10: 196
57. Shumway-Cook A, McCollum G. Assessment and treatment of balance disorders in the neurologic patient. In: Montgomery T, Connolly B, eds. Motor control and physical therapy: theoretical framework and practical applications. Chattanooga, TN: Chattanooga Corp. 1990:123-138.
58. Tanaka, Y., Miyauchi, S., Misaki, M., Tashiro, T. (2007). Mirror symmetrical transfer of perceptual learning by prism adaptation. *Vision Research*, 47, 1350–1361.

59. Tilikete, C., Rode, G., Rossetti, Y., Pichon, J., Li, L., Boisson, D.(2001). Prism adaptation to rightward optical deviation improves postural imbalance in left-hemiparetic patients. *Current Biology*. 11(7), 524-8, Retrieved May 13, 2007, from Medline database.
60. Tomac Suhan (2005). The Irvine prism test: does the positive response indicate suppression scotoma? *Int Ophthalmol*, 26, 67–72.
61. Umazume, F., Ohtsuki, H., Hasebe, S. (1997). Predictors of Postoperative Binocularity in Adult Strabismus. *Jpn J Ophthalmol*, 41, 414-421.
62. Wade, M., Jones, G. (1997). The Role of Vision and Spatial Orientation in the Maintenance of Posture. *Physical Therapy*, 77(6), 619-628.
63. Wagnanski-Jaffe, T., Trotter, J., BA, Watts, P., Kraft, S., Abdolell, M. (2003). Preoperative Prism Adaptation in Acquired Esotropia With Convergence Excess. *Journal of AAPOS*, 7(1), 28-33