

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΙΓΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΥ (ΤΥΧΑΙΟΥ)
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ
ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΑΡΘΡΩΣΗΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΖΑΡΚΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΕΠΗΣ ΗΛΙΑΣ

ΑΙΓΙΟ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς την καθοδήγηση του Κ. Τσέπη καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας, από τον ερευνητικό σχεδιασμό μέχρι και την τελική της παρουσίαση. Πολύτιμη βοήθεια αποτέλεσε η συμμετοχή των φοιτητών του τμήματος φυσιοθεραπείας Αιγίου, χωρίς την υπομονή και την θέληση των οποίων θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίηση αυτού του παρεμβατικού προγράμματος. Τέλος, θα ήθελα να αναφερθώ στην συμπαράσταση και κατανόηση του οικογενειακού και φιλικού κύκλου, καθώς και στην στήριξη της πλειονότητας των καθηγητών του τμήματος φυσιοθεραπείας σε όλη τη διάρκεια της μελέτης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ. Το διάστρεμμα της ποδοκνημικής (ΠΔΚ) αποτελεί έναν από τους πιο κοινούς τραυματισμούς με συχνό επακόλουθο την λειτουργική αστάθεια της άρθρωσης. Χαρακτηριστικό αυτής της παθολογικής κατάστασης είναι η αίσθηση της ασταθούς ΠΔΚ άρθρωσης και τα επαναλαμβανόμενα περιστατικά διαστρέμματος. Η λειτουργική αστάθεια αντιμετωπίζεται με προγράμματα ασκήσεων νευρομυϊκού συντονισμού που στοχεύουν στη βελτίωση της ιδιοδεκτικότητας. Προσφάτως άρχισε να διερευνάται η μεγιστοποίηση της επίδρασης της άσκησης με την ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικών ηλεκτρικών ερεθισμάτων. Στη συγκεκριμένη μελέτη διερευνήθηκε η επιδράσεων της εξάσκησης της ιδιοδεκτικότητας της ΠΔΚ με ηλεκτρικό ερεθισμό μεταβλητών παραμέτρων με τυχαίο τρόπο (stochastic) στη βελτίωση της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας (sense of effort) και της στατικής και δυναμικής ισορροπιστικής ικανότητας.

ΜΕΘΟΔΟΣ. Εξετάστηκαν 14 άτομα με λειτουργική αστάθεια ΠΔΚ και 9 υγιείς. Παρακολούθησαν όλοι για 3 εβδομάδες το ίδιο πρόγραμμα λειτουργικής άσκησης για σύνολο 10- 12 συνεδριών. Η αίσθηση ενεργητικής αναπαραγωγής της μυϊκής προσπάθειας από τους πελματιαίους καμπτήρες σε 2 διαφορετικά επίπεδα έντασης (20% και 60%) μετρήθηκε πριν και μετά την ολοκλήρωση των συνεδριών με ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας ισομετρικά σε ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex System-3 με ανοιχτά και κλειστά μάτια. Η στατική και δυναμική ισορροπία αξιολογήθηκε με τη δοκιμασία της μονοποδικής στήριξης και του μονοποδικού άλματος και προσγείωσης (single- leg jump test) αντίστοιχα στην έναρξη και λήξη της παρέμβασης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σφάλμα κατά την προσπάθεια αναπαραγωγής της μυϊκής δράσης μειώθηκε σημαντικά μετά

την άσκηση μόνο στους ασθενείς στο επίπεδο 20% (πριν $1,77 \pm 1,55$ Nm μετά $0,74 \pm 0,59$ Nm, $p=0,04$) και στο επίπεδο 60% (πριν $11,58 \pm 5,60$ Nm μετά $7,69 \pm 4,14$ Nm, $p=0,012$) κατά την προσπάθεια με ανοιχτά μάτια. Κατά την προσπάθεια με κλειστά μάτια οι διαφορές ήταν μη σημαντικές, ενώ επίσης, το πρόγραμμα άσκησης δεν είχε σημαντική επίπτωση στην ομάδα ελέγχου. Στην στατική δοκιμασία παρατηρήθηκε μείωση στον δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο στο ασταθές άκρο μετά την ολοκλήρωση των συνεδριών ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας (πριν $4,58 \pm 1,09$ εκ. μετά $3,97 \pm 0,54$ εκ., $p= 0,073$) και σημαντική μείωση για το μη κυρίαρχο άκρο της ομάδας ελέγχου (πριν $3,99 \pm 0,59$ εκ. μετά $3,57 \pm 0,55$ εκ., $p= 0,033$). Στη δυναμική δοκιμασία στο λειτουργικά ασταθές πόδι παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική μείωση στην πλαγιοπλάγια μετατόπιση με αρχική τιμή $4,25 \pm 0,56$ εκ. και τελική $3,55 \pm 0,49$ εκ. ($p= 0,001$). Δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά όταν συγκρίθηκε ο δείκτης ταλάντωσης στο οβελιαίο επίπεδο τόσο στην ομάδα λειτουργικής αστάθειας όσο και στην ομάδα ελέγχου για το ασταθές και μη άκρο, και το κυρίαρχο και μη αντίστοιχα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ. Το ασκησιολόγιο για την προαγωγή της ιδιοδεκτικότητας σε συνδυασμό με την εφαρμογή στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού μπορεί να αποτελέσει ένα τέτοιο είδος εναλλακτικής θεραπείας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κλινική πρακτική για να βελτιώσει τα ισορροπιστικά και ιδιοδεκτικά ελλείμματα που σχετίζονται με τη λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής. Το ότι η αίσθηση της μυϊκής προσπάθειας βελτιώθηκε μόνο με ανοιχτά τα μάτια ενδεχομένως να υποδηλώνει ότι τα ιδιοδεκτικά ερεθίσματα της συγκεκριμένης παρέμβασης δεν αρκούν από μόνα τους για βελτίωση της συγκεκριμένης ικανότητας αλλά όταν ενισχύονται από πληροφορίες του οπτικού φλοιού τότε φαίνεται μια δυναμική που αναπτύσσεται και μπορεί να αναδειχθεί καλύτερα με βελτίωση του προγράμματος. Στην στατική ισορροπία, λόγω αποτυχίας

ολοκλήρωσης της δοκιμασίας από 4 συμμετέχοντες στην πρώτη αξιολόγηση και επιτυχούς εκτέλεσης αυτής στη δεύτερη, δεν φαίνεται αριθμητικά στον μέσο όρο των τιμών το κλινικά σημαντικό αποτέλεσμα της σύγκρισης. Ωστόσο, είναι ξεκάθαρη η βελτίωση κατά την συγκριτική αξιολόγηση αφού η ενσωμάτωση των υψηλότερων τιμών της πλευρικής αστάθειας θα μπορούσε το οριακό μη σημαντικό αποτέλεσμα να το οδηγήσει σε σημαντικότητα.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η λειτουργική αστάθεια της άρθρωσης της ποδοκνημικής αποτελεί ένα από τα πιο κοινά επακόλουθα του διαστρέμματος της άρθρωσης, με χαρακτηριστικό αυτής της παθολογικής κατάστασης την αίσθηση της ασταθούς ποδοκνημικής διάρθρωσης και τα επαναλαμβανόμενα περιστατικά διαστρέμματος. Η λειτουργική αστάθεια αντιμετωπίζεται κυρίως με προγράμματα ασκήσεων νευρομυϊκού συντονισμού που στοχεύουν στη βελτίωση της ιδιοδεκτικότητας. Αν και είναι μεγάλος ο όγκος της βιβλιογραφίας που ασχολείται με το θέμα της αποκατάστασης, οι απαιτήσεις για πιο ολοκληρωμένη και μειωμένη χρονικά παρέμβαση ιδιαίτερα αναφορικά με ειδικές πληθυσμιακές ομάδες, όπως είναι οι αθλητές, οδήγησε στην περαιτέρω διερεύνηση του θέματος από την επιστημονική κοινότητα. Πολλές είναι οι μορφές εναλλακτικής θεραπείας που προτάθηκαν από πληθώρα ερευνητών την τελευταία δεκαετία, με την εφαρμογή του στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού στην πάσχουσα άρθρωση να αποτελεί μία από τις λιγότερο μελετημένες.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία έγινε προσπάθεια προσέγγισης του τρόπου αντιμετώπισης της λειτουργικής αστάθειας της ποδοκνημικής με εκτέλεση ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας σε συνδυασμό με την εφαρμογή στοχαστικού υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού ως ένα είδος εναλλακτικής θεραπείας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κλινική πρακτική για να βελτιώσει τα ισορροπιστικά και ιδιοδεκτικά ελλείμματα που σχετίζονται με αυτή τη πάθηση.

Πιο συγκεκριμένα η εργασία αρχίζει με την περιγραφή του μηχανισμού κάκωσης της άρθρωσης της ποδοκνημικής και των αποτελεσμάτων της πλημμελούς θεραπευτικής αντιμετώπισης. Η πιο συνηθισμένη επιπλοκή αυτού του τραυματισμού και κύριο σημείο αυτού του κεφαλαίου είναι η χρόνια αστάθεια της ποδοκνημικής (λειτουργική και

μηχανική). Επιπλέον, αναφέρεται η συμβολή του περιφερικού και κεντρικού συστήματος στην προσπάθεια διατήρησης της λειτουργικής σταθερότητας της άρθρωσης.

Στο δεύτερο και τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι τρόποι αξιολόγησης και αντιμετώπισης της λειτουργικής αστάθειας της προς μελέτη άρθρωσης. Ιδιαίτερα παρουσιάζεται η μορφή και η αποτελεσματικότητα των παρεμβατικών προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση της πάθησης αυτής. Ο τυχαίος (στοχαστικός) υποβαλβιδικός ηλεκτρικός ήχος αναλύεται στο τέταρτο κεφάλαιο. Συγκεκριμένα διατυπώνονται οι θεωρητικές βάσεις που πιθανολογείται ότι στηρίζεται η στοχαστική αντήχηση, καθώς και η πρώτες ερευνητικές προσπάθειες για την επίδραση της στο ανθρώπινο αισθητικοκινητικό σύστημα και ειδικά στην ισορροπιστική ικανότητα.

Στο πέμπτο μέρος παραθέεται το ερευνητικό μέρος της πτυχιακής εργασίας. Αρχικά παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με το ερευνητικό ερώτημα της εργασίας. Στη συνέχεια αναλύεται ο πειραματικός σχεδιασμός, η μεθοδολογία και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων με την αντίστοιχη προσπάθεια επεξήγησης τους. Το κεφάλαιο αυτό ολοκληρώνεται με τα τελικά συμπεράσματα της παρούσας μελέτης και τις προτάσεις για μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες.

Τέλος, στο παράρτημα δίδονται τα ερωτηματολόγια και οι φόρμες συμπλήρωσης που χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια διεξαγωγής της μελέτης για την πληρέστερη κατανόηση της όλης διαδικασίας από τον εκάστοτε αναγνώστη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΣΕΛ
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	xii
ΟΡΙΣΜΟΙ.....	xiii
1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ	
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2. Χρόνια αστάθεια ποδοκνημικής.....	3
1.3 Διατήρηση της λειτουργικής σταθερότητας της ποδοκνημικής.....	4
1.3.1 Περιφερική αντίδραση σε μηχανισμό αποσταθεροποίησης της ποδοκνημικής.....	5
1.3.2 Κεντρική αντίδραση σε μηχανισμό αποσταθεροποίησης της ποδοκνημικής.....	6
2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ.....	8
2.1 Ερωτηματολόγια.....	8
2.2 Κλινικές δοκιμασίες.....	9
2.3 Παράμετροι του αισθητικοκινητικού ελέγχου.....	9
2.3.1 Ιδιοδεκτικότητα.....	10
2.3.2 Στασιμός έλεγχος/ Ισορροπιστική ικανότητα.....	12

2.3.3 Μυϊκή δύναμη.....	17
2.3.4 Αντανακλαστική ισορροπιστική αντίδραση των περνιαίων.....	19
2.3.5 Κινητική και κινηματική κατά την διάρκεια δυναμικών δραστηριοτήτων.....	20
3. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΑΣΤΑΘΟΥΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ.....	25
3.1 Ασκήσεις εύρους τροχιάς.....	25
3.2 Ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης.....	25
3.3 Επίδραση του taping στη λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής.....	27
3.4 Επίδραση της ιδιοδεκτικής άσκησης στη λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής	29
4. ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΑΙΣΘΗΤΙΚΟΣ ΗΧΗΤΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ.....	36
4.1 Εισαγωγή.....	36
4.2 Μηχανικός θόρυβος.....	36
4.3 Ηλεκτρικός θόρυβος.....	42
5. ΕΡΕΥΝΑ.....	48
5.1 Άσκηση με χρήση υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού.....	48
5.2 Σκοπός.....	52
5.3 Ερευνητικές υποθέσεις.....	53
5.4 Μεθοδολογία.....	54
5.4.1 Δείγμα.....	54
5.4.2 Εργαλεία.....	56

5.4.3 Διαδικασία μέτρησης.....	64
5.4.4 Διαδικασία αξιολόγησης.....	65
5.4.5 Πρωτόκολλο παρέμβασης.....	72
5.4.6 Στατιστική επεξεργασία.....	77
5.5 Αποτελέσματα.....	78
5.5.1 Αίσθηση της δύναμης.....	78
5.5.2 Ισορροπιστική ικανότητα.....	79
5.6 Έλεγχος ερευνητικών υποθέσεων.....	83
5.7 Συζήτηση.....	85
5.7.1 Στοχαστικός υπαισθητικός ηλεκτρικός ερεθισμός.....	85
5.7.2 Προγράμματα ιδιοδεκτικότητας.....	88
5.7.3 Αξιολόγηση του προγράμματος παρέμβασης.....	93
5.7.4 Συμπεράσματα.....	97
5.7.5 Μελλοντικές προτάσεις.....	98
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	100
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	107
7.1 Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της αστάθειας της ποδοκνημικής Cumberland.....	108
7.2 Ιστορικό αστάθειας της ποδοκνημικής.....	111
7.3 Στοιχεία συμμετεχόντων κατά την μέτρηση.....	113
7.4 Χρονοδιάγραμμα προγράμματος ιδιοδεκτικότητας.....	114

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΣΕΛ

Πίνακας 5.1 Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.....	55
Πίνακας 5.2 Ασκήσεις προπόνησης ιδιοδεκτικότητας και παράμετροι από την 1 ^η - 5 ^η προπονητική μονάδα.....	61
Πίνακας 5.3 Ασκήσεις προπόνησης ιδιοδεκτικότητας και παράμετροι από την 6 ^η - 10 ^η / 12 ^η προπονητική μονάδα.....	63
Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα στατικής δοκιμασίας.....	80
Πίνακας 5.5 Αποτελέσματα δυναμικής δοκιμασίας.....	81

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΣΕΛ

Εικόνα 5.1 Ηλεκτροθεραπεία BTL- 5825 S- Combi.....	61
Εικόνα 5.2 Η θέση της δοκιμαζόμενης στο ισοκινητικό μηχάνημα Biodex (System- 3, Shirley inc, NY).....	66
Εικόνα 5.3 Παρουσίαση της αποτύπωσης της μέγιστης προσπάθειας στην οθόνη του υπολογιστή του ισοκινητικού δυναμομέτρου.....	66
Εικόνα 5.4 Διαδικασία αξιολόγησης της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας στο επίπεδο 20% με οπτική και μη ανατροφοδότηση.....	67
Εικόνα 5.5 Μονοποδική στήριξη με κλειστά μάτια διάρκειας 20 δευτερολέπτων.....	69
Εικόνα 5.6 Μονοποδική στήριξη στον πελματογράφο e-med (Novel).....	70
Εικόνα 5.7 Εκτέλεση ημικαθίσματος με κλειστά μάτια και παράλληλη εφαρμογή υποβαλβιδικού ηχητικού σήματος.....	72
Εικόνα 5.8 Περιτροφικές κινήσεις κατά τη μονοποδική στήριξη σε δίσκο ισορροπίας σε 3 διαδοχικές φάσεις με τη ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού.....	73

Εικόνα 5.9 Μονοποδική στήριξη σε αφρώδη επιφάνεια με κλειστά μάτια και ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού.....	74
Εικόνα 5.10 Μονοποδική στήριξη με ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθίσματος κατά την εκτέλεση κάμψης στην άρθρωση του αντίθετου ισχίου με αντίσταση.....	75
Εικόνα 5.11 Αλγόριθμος αξιολόγησης.....	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

ΣΕΛ

Γράφημα 5.1 Διαφορές των μέσων όρων στην τιμή σφάλματος κατά την αναπαραγωγή της δύναμης με ανοιχτά μάτια στο επίπεδο 20% για το ασταθές άκρο.....	78
Γράφημα 5.2 Διαφορές των μέσων όρων στην τιμή σφάλματος κατά την αναπαραγωγή της δύναμης με ανοιχτά μάτια στο επίπεδο 60% για το ασταθές άκρο.....	79
Γράφημα 5.3 Διαφορές των μέσων όρων του δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο για το κυρίαρχο άκρο της ομάδας ελέγχου κατά την στατική δοκιμασία.....	82
Γράφημα 5.4 Διαφορές των μέσων όρων του δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο για την ασταθή ποδοκνημική κατά τη στατική δοκιμασία.....	82
Γράφημα 5.5 Διαφορές των μέσων όρων του δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο για το ασταθές άκρο κατά τη δυναμική δοκιμασία.....	83

ΟΡΙΣΜΟΙ

Για τις ανάγκες της έρευνας θα χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω λειτουργικοί ορισμοί:

1. «λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής»: ορίζεται ως η αρθρική κίνηση που δεν ξεπερνάει απαραίτητα το φυσιολογικό εύρος τροχιάς της άρθρωσης αλλά είναι αδύνατος ο έλεγχός της (Tropp et al., 1985).
2. «στοχαστικός (τυχαίος) υποβαλβιδικός ηλεκτρικός ερεθισμός/ στοχαστική αντήχηση»: ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να περιγράψει το φαινόμενο το οποίο στηρίζει την υπόθεση ότι η ροή πληροφοριών προς ένα σύστημα μπορεί να μεγιστοποιηθεί από την παρουσία ενός συγκεκριμένου, μη μηδενικού επιπέδου θορύβου (Moss et al., 2004).
3. «αίσθηση της μυϊκής προσπάθειας»: ο όρος αναφέρεται στην ικανότητα αναπαραγωγής συγκεκριμένης ποσότητας δύναμης κατά την εκούσια συστολή μιας μυϊκής ομάδας (Docherty et al., 2003).
4. «ισορροπιστική ικανότητα»: αποτελεί τη λειτουργία του νευρικού συστήματος, βασιζόμενη στην αισθητική προσαγωγή πληροφορία, που συντονίζει και τοποθετεί τα επιμέρους τμήματα-μέλη του ανθρώπινου σώματος μέσα στα όρια σταθερότητας αποτρέποντας έτσι την πτώση (Guskiewicz, 1999).
5. «στατική ισορροπία»: ο όρος αναφέρεται όταν το κέντρο βάρους προβάλλει μέσα στη βάση στήριξης, η οποία παραμένει σταθερή, κάνοντας ωστόσο χαμηλής συχνότητας κινήσεις ταλάντωσης Σε φυσιολογικές συνθήκες κατά την όρθια στάση δεν απαιτούνται ιδιαίτερες διορθωτικές κινήσεις (Guskiewicz, 1999).

6. «δυναμική ισορροπία»: αποτελεί τον δυναμικό έλεγχο και τις διορθωτικές αντιδράσεις του σώματος έναντι σε κάποιο αποσταθεροποιητικό παράγοντα (Berg et al., 1992).
7. «taping»: ανελαστική περίδεση.

1.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ

1.1 Εισαγωγή

Η ποδοκνημική αποτελεί την πιο συχνά τραυματισμένη άρθρωση του σώματος με τα διαστρέμματα αυτής να είναι ο πιο κοινός τραυματισμός κατά την διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων (Fong et al., 2007). Τα τελευταία 16 χρόνια καταγράφηκαν από την εθνική κολεγιακή αθλητική ένωση στην Αμερική όλοι οι αθλητικοί τραυματισμοί δίνοντας ένα ποσοστό για τα διαστρέμματα της ποδοκνημικής της τάξεως του 14% επί του συνόλου (Hootman et al., 2007), αναπαριστώντας ένα τραυματισμό διαστρέμματος σε κάθε σεζόν για κάθε 17 συμμετέχοντες. Στα αθλήματα υψηλού κινδύνου με αλτικές απαιτήσεις και τρέξιμο αυτό το ποσοστό είναι ακόμα μεγαλύτερο αγγίζοντας το 25% (Reid, 1992).

Τα διαστρέμματα προκαλούνται συνήθως αιφνίδια από αντίθετες δυνάμεις οι οποίες υπερνικούν τους μηχανισμούς άμυνας της ποδοκνημικής (ιδιοδεκτικότητα και μυϊκή δύναμη), ενώ το άκρο πόδι βρίσκεται τις περισσότερες φορές σε θέση πελματιαίας κάμψης, προκαλώντας υπερδιάταση ή/ και ρήξη των συνδέσμων ή ακόμα και των μυών που περιβάλλουν την άρθρωση. Συχνά, συνυπάρχουν και ρήξεις θυλάκου λόγω της σύμφυσης των συνδέσμων με αυτόν (Λαμπίρης,2003). Κλινικά, η ρήξη των συνδέσμων μπορεί να διακριθεί σύμφωνα με τον Αμπατζίδη (2000) σε:

1. πρώτου βαθμού (ελαφρό διάστρεμμα): διάταση των συνδέσμων και του θυλάκου της ποδοκνημικής ή ρήξη ελάχιστων συνδεσμικών ινών.

2. δευτέρου βαθμού (μέσης βαρύτητας): μερική ρήξη των συνδέσμων και του θυλάκου τη ποδοκνημικής- 50% περίπου των συνδεσμικών ινών.

3. τρίτου βαθμού (βαρύ διάστρεμμα): πλήρη ρήξη των συνδέσμων και του θυλάκου της ποδοκνημικής.

Ο πιο κοινός τύπος διαστρέμματος της ποδοκνημικής προκαλείται από τάση που αναπτύσσεται κατά την κίνηση της ανάσπασης του έσω χείλους προκαλώντας μερική ή τέλεια ρήξη του πρόσθιου αστραγαλοπερονικού συνδέσμου. Ο οπίσθιος αστραγαλοπερονικός ρύγνεται μόνο με την ανάπτυξη μεγάλης τάσης κατά την ίδια κίνηση. Σπανιότερα παρουσιάζεται κάκωση στον έσω πλάγιο σύνδεσμο (δελτοειδή), που προκαλείται συνήθως από εξωτερική στροφή και απαγωγή της άρθρωσης. Η κλινική εικόνα συνίσταται σε ευαισθησία κατά την ψηλάφηση, πόνο, οίδημα, εκχύμωση στην περιοχή ανάλογα με το σημείο του τραυματισμού, περιορισμό της κινητικότητας και δυσχέρεια όρθιας στάσης και βάρδισης.

Η αναλογία εκδήλωσης αυτής της κάκωσης για την Αμερική πλησιάζει τα 23.000 περιστατικά την ημέρα (Gerber et al.,1998) και για την Αγγλία τα 5.000 (Kannus & Renstrom, 1991). Σε ετήσια βάση οι επισκέψεις σε ιατρούς κυμαίνονται σε 1,2 εκατομμύρια, με κόστος για τον κάθε ασθενή \$835-\$1206 που στο σύνολο του το ποσό για την κρατική περίθαλψη αγγίζει τα 3,8 δισεκατομμύρια δολάρια (Gerber et al., 1998; Osborne & Rizzo, 2003). Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το 55% των ατόμων που βιώνουν διάστρεμμα της ποδοκνημικής δεν επισκέπτονται κάποιον ειδικό από τον τομέα υγείας (McKay et al., 2001), γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μπορεί ο αριθμός των περιστατικών διαστρέμματος να είναι σημαντικά μεγαλύτερος από τον αναγραφόμενο.

Η πιο συνηθισμένη επιπλοκή των κακώσεων των πλάγιων συνδέσμων της ποδοκνημικής είναι η χρόνια αστάθεια αυτής, λόγω επιμήκυνσης των συνδέσμων από σχηματισμό ουλώδους ιστού κατά τη διάρκεια της επούλωσης. Το συνηθέστερο αίτιο είναι η πλημμελής θεραπεία ενός αρχικού διαστρέμματος (Hertel, 2002) με αποτέλεσμα

επαναλαμβανόμενα διαστρέμματα σε ποσοστό της τάξεως 47- 73% (Yeung et al.,1994; Gerber et al.,1998), ενώ φαίνεται πως πραγματοποιούνται 2,4 φορές περισσότερο στο κυρίαρχο πόδι.

1.2 Χρόνια αστάθεια ποδοκνημικής

Η αυξημένη συχνότητα εκδήλωσης επαναλαμβανόμενων περιστατικών διαστρέμματος οδήγησε τις ερευνητικές προσπάθειες στην επικέντρωση της κατανόησης των παραγόντων που προκαλεί αυτό το φαινόμενο (Kaminski & Harstell, 2002; Konradsen, 2002), του ρόλου των παρεμβατικών προγραμμάτων αποκατάστασης και των προδιαθεσικών παραγόντων που οδηγούν σε αυτόν τον τραυματισμό (Kaminski & Harstell, 2002). Επιπλέον, μεγαλύτερη βαρύτητα από το γεγονός του ίδιου του τραυματισμού δόθηκε στα επακόλουθα αυτού όπως η χρόνια αναπηρία και οι πρώιμες εκφυλιστικές αλλοιώσεις της άρθρωσης της ποδοκνημικής (Brown et al., 2006; Valderrabano et al., 2006). Η τάση για συνεχείς συνδεσμικές κακώσεις της ποδοκνημικής και ο συσχετισμός τους με τα επαναλαμβανόμενα συμπτώματα αυτών ορίστηκε ως χρόνια αστάθεια της ποδοκνημικής (Safran et al.,1999a,b)

Η χρόνια αστάθεια της ποδοκνημικής χαρακτηρίζεται από συμπτώματα όπως πόνος, οίδημα, αίσθημα αστάθειας της άρθρωσης καθώς και επαναλαμβανόμενα περιστατικά αντιστροφής της αστραγαλοκνημικής άρθρωσης. Για την πιθανή αιτιολογία συντελούν δύο επιμέρους στοιχεία η μηχανική και λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής (Freemann et al., 1965), ωστόσο φαίνεται ότι είναι αποτέλεσμα συνδυασμού πολλών παραγόντων, οι οποίοι αντιπροσωπεύονται από τις δύο αυτές παραμέτρους (Kaminski & Harstell, 2002; Konradsen, 2002; Monaghan et al.,2006).

Μηχανική αστάθεια ορίζεται ως η απουσία ελέγχου και η υπερβολική αρθρική κίνηση της αστραγαλοκνημιαίας, υπαστραγαλικής και

κατώτερης κνημοπερονιαίας άρθρωσης εξαιτίας της δομικής καταστροφής των υποστηρικτικών συνδεσμικών δομών (Hertel, 2000). Από την άλλη, λειτουργική αστάθεια ορίζεται ως η αδυναμία ελέγχου της άρθρωσης ακόμη και όταν αυτή κινείται εντός των φυσιολογικών ορίων της τροχιάς της (Tropp et al., 1985). Σε μελέτες που έγιναν σχετικά με τον συσχετισμό της μηχανικής και λειτουργικής αστάθειας διαπιστώθηκε ότι ασθενείς που βιώνουν επαναλαμβανόμενα περιστατικά διαστρέμματος με συνυπάρχον λειτουργικό περιορισμό μπορούν να έχουν μηχανικά σταθερή άρθρωση (Lentell et al., 1990; Ryan, 1994; Birmingham et al., 1997; Hertel, 2000). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ερευνητική προσπάθεια του Hubbard και των συνεργατών του (2007), που εξέτασε τον συνδυασμό των μηχανικών και λειτουργικών παραμέτρων και ποίος από αυτούς σχετίζεται περισσότερο με την χρόνια αστάθεια της ποδοκνημικής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αυτοί οι δύο παράγοντες συσχετίστηκαν κατά 46% με την χρόνια αστάθεια, αφήνοντας ένα σημαντικό ποσοστό το οποίο παραμένει ανεξήγητο. Οι παράμετροι που δεν αιτιολογήθηκαν από την αξιολόγηση των μηχανικών και λειτουργικών παραγόντων μπορεί να είναι αποτέλεσμα πλήθους αισθητικοκινητικών παραγόντων οι οποίοι συνεισφέρουν σε αυτήν την παθολογική κατάσταση της ποδοκνημικής.

1.3 Διατήρηση της λειτουργικής σταθερότητας της ποδοκνημικής

Η διατήρηση της λειτουργικής σταθερότητας της ποδοκνημικής διαχωρίζεται σε 2 μεγάλες κατηγορίες: 1. στην ικανότητα αποφυγής καταστάσεων όπου ο άκρος πόδας αναγκάζεται σε μεγάλου βαθμού στρέψη με κίνδυνο να ξεπεραστεί το όριο που διασφαλίζει τη σταθερότητα του και 2. στην ικανότητα αποφυγής καταστάσεων αστάθειας, όπου όταν η ποδοκνημική υποστεί στροφική ροπή, ο τραυματισμός μπορεί να

εμποδιστεί εάν η απάντηση της αντίδρασή της σε αυτήν την δύναμη είναι γρήγορη και δυνατή.

Η στρατηγική απάντησης της ποδοκνημικής σε μία ξαφνική αντιστροφή αυτής φαίνεται ότι συσχετίζεται με δυο παράγοντες που συνεργάζονται μεταξύ τους την αντίδραση του περιφερικού συστήματος και τις στρατηγικές του ανώτερου κινητικού νευρώνα.

1.3.1 Περιφερική αντίδραση σε μηχανισμό αποσταθεροποίησης της ποδοκνημικής

Η πρώτη αντίδραση που μετράται μετά από ξαφνική αναστροφή της ποδοκνημικής είναι μία μικρή με μέτρια ηλεκτρομυογραφική απάντηση των περνιαίων μυών (medium latency reflex). Αυτή η αντίδραση συμβαίνει από 49 ως 90 msec (Kondarsen & Ravn, 1990; Johnson & Johnson, 1993; Löfvenberg et al., 1995) μετά από την ξαφνική αντιστροφή, ενώ 10 με 20 msec μετά την έναρξή της, μία ηλεκτρομυογραφική απάντηση μπορεί να μετρηθεί στους περνιαίους μύες, παράλληλα με ηλεκτρομυογραφικά σήματα από τον πρόσθιο κνημιαίο. Ωστόσο, ο χρόνος μέχρι την πρώτη ηλεκτρομυογραφική απάντηση μπορεί να μην αποτελεί τόσο σημαντικό δείκτη όσο ο χρόνος από τη στιγμή διατάραξης της άρθρωσης μέχρι την παραγωγή μίας ουσιώδους δύναμης αναστροφής στους εμπλεκόμενους μύες, που δρουν ως προστατευτικός μηχανισμός εναντίον του διαστρέμματος, υποδεικνύοντας την αποτελεσματικότητά τους. Έτσι, ο Konradsen και οι συνεργάτες του (2000) χρησιμοποιώντας μία πλατφόρμα δύναμης σε συνδυασμό με μία επικλινή πλατφόρμα με 6 βαθμούς ελευθερίας, βρήκαν ότι η δύναμη της αναστροφής του τραυματισμού ξεκίνησε περίπου στα 150 msec μετά την έναρξη ενός διαστρέμματος, ενώ στα 250-300 msec παράχθηκε το 75% της μέγιστης ροπής. Όταν ζητήθηκε στα υποκείμενα να μην αντιδράσουν στην ξαφνική

αντιστροφή της ποδοκνημικής, ήταν δυνατός ο περιορισμός του μεγαλύτερου τμήματος της αντίδρασης της αναστροφής του τραυματισμού ροπής, γεγονός το οποίο οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η μέγιστη παραγωγή της δύναμης αναστροφής ελέγχεται κεντρικά και δεν εξαρτάται από το αντανακλαστικό μέσης καθυστέρησης (medium latency reflex).

1.3.2 Κεντρική αντίδραση σε μηχανισμό αποσταθεροποίησης της ποδοκνημικής

Παράλληλα με την αντίδραση των περνιαίων του εμπλεκόμενου στην κάκωση ποδιού, το σώμα σαν ολότητα κινείται σύμφωνα με πατέντα αντίδρασης που σχεδιάστηκαν για να μειώσουν την δύναμη της αντιστροφής της ποδοκνημικής όταν αυτή υπόκειται σε τραυματισμό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κάμψη του ισχίου στις 25⁰, του γόνατος στις 30⁰ και του αστραγάλου στις 20⁰ όπου μειώνουν τις συμπιεστικές δυνάμεις του συμπλέγματος της ποδοκνημικής σε μία προσομοίωση ξαφνικής αντιστροφής αυτής. Όταν ο τραυματισμός πραγματοποιηθεί κατά την ήρεμη βάρδιση, παρατηρείται επιταχυνόμενη κίνηση του αντίθετου άκρου προς την περιοχή του κέντρου βάρους του σώματος για να προσφέρει στήριξη σε αυτό (Konradsen et al., 2000). Αξίζει να σημειωθεί ότι όλες αυτές οι αντιδράσεις πραγματοποιούνται σε χρόνους μεγαλύτερους από 0.2- 0.3 sec από ο σημείο έναρξης του διαστρέμματος.

Τόσο η χρονική αντίδραση του περιφερικού όσο και του κεντρικού συστήματος οδήγησαν στο ερώτημα εάν υπάρχει δυνατότητα εδραίωσης μίας ενεργής αντίδρασης σε μία ξαφνική αντιστροφή της ποδοκνημικής σε τέτοιο χρόνο που να επιτρέπεται η προστασία του αρθρικού θύλακα και των συνδέσμων της άρθρωσης. Αυτή η υπόθεση χρήζει περαιτέρω

ερευνητική προσπάθεια, συμπεριλαμβανομένων και των περιβαλλοντικών συνθηκών που πραγματοποιείται η κάκωση.

Η εξασφάλιση της λειτουργικής σταθερότητας χαρακτηρίζεται από την ικανότητα της αποφυγής καταστάσεων όπου ο αστράγαλος χάνει την ενδογενή παθητική σταθερότητα. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος απαραίτητος είναι ο συνδυασμός των αισθητικών πληροφοριών με τις στρατηγικές του κεντρικού νευρικού συστήματος. Οι πιθανότητες αποφυγής ενός περιστατικού αστάθειας συμβαίνει εφαρμόζοντας διάφορες στρατηγικές του κεντρικού συστήματος. Μερικές από τις πιο χαρακτηριστικές αποτελούν (Konradsen & Magnusson, 2000): 1. Η αλλαγή του προτύπου κίνησης, 2. Η προενεργοποίηση των περνιαίων πριν από καταστάσεις που είναι γνωστό από την εμπειρία του κάθε ατόμου ότι μπορεί να είναι επικίνδυνες, 3. Η τροποποίηση της αίσθησης της θέσης της άρθρωσης κατά την εξέλιξη ενός διασκελισμού λόγω περιφερικών κεντρομόλων πληροφοριών.

2. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ

Κατά την κλινική πρακτική η πιο συνηθισμένη τακτική αξιολόγησης για τον καθορισμό της χρόνιας αστάθειας στην ποδοκνημική διάρθρωση αποτελεί η καταγραφή της συχνότητας των επανατραυματισμών της άρθρωσης και του αισθήματος αστάθειας κατά την διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων.

2.1. Ερωτηματολόγια

Αντικειμενικότερη προσέγγιση της αξιολόγησης της αστάθειας αποτελεί η χρήση έγκυρων και αξιόπιστων ερωτηματολογίων όπως το ερωτηματολόγιο της λειτουργικής αστάθειας (Functional Ankle Instability Questionnaire- FAIQ)(Hubbard & Kaminski, 2002), το εργαλείο υπολογισμού της λειτουργικής αστάθειας της ποδοκνημικής (Ankle Joint Functional Assessment Tool- AJFAT in Rozzi et al., 1999), ο δείκτης αναπηρίας του άκρου πόδα και της ποδοκνημικής (Foot and Ankle Disability Index- FADI in Hale & Hertel, 2005) και του εργαλείου αστάθειας της ποδοκνημικής Cumberland (The Cumberland Ankle Instability Tool- CAIT in Hiller et al., 2006). Το FAIQ κατευθύνει την απάντηση του ερωτηθέντος σε δύο πιθανές λύσεις με αποτέλεσμα να είναι πιθανή η μη αποκάλυψη του βαθμού σοβαρότητας της αστάθειας, ενώ από την άλλη το AJFAT απαιτεί για να συμπληρωθεί τη συγκριτική αξιολόγηση του επηρεασμένου και μη ποδιού, αποκλείοντας όσα άτομα βιώνουν την αστάθεια και στα δύο άκρα (Hiller et al., 2006). Ωστόσο, ο Ross και οι συνεργάτες του (2008) το κατατάσσουν ως ένα από τα πιο αξιόλογα εργαλεία καθορισμού της λειτουργικής αστάθειας ποδοκνημικής, μόνο όταν εμπλέκεται το ένα από τα δύο κάτω άκρα. Το CAIT από την

άλλη δεν απαιτεί τη σύγκριση μεταξύ των δύο άκρων για την αξιολόγηση και επιτρέπει την αναγνώριση των διαφορετικών βαθμών της σοβαρότητας της αστάθειας (Hiller et al., 2006). Ο δείκτης αναπηρίας (FADI) μπορεί να ποσοτικοποιήσει τις λειτουργικές αναπηρίες των ασθενών με χρόνια αστάθεια της άρθρωσης (Eechaute et al., 2007).

2.2 Κλινικές δοκιμασίες

Πέρα από τη χρήση των ερωτηματολογίων χρησιμοποιούνται και διάφορα κλινικά τεστ στην ερευνητική προσπάθεια του καθορισμού της χρόνιας αστάθειας όπως οι δοκιμασίες μονοποδικής στήριξης και μυϊκής αξιολόγησης, οι δοκιμασίες των λειτουργικών ελλειμμάτων, η πρόσθια συρταροειδή δοκιμασία και ο έλεγχος του εύρους τροχιάς της υπαστραγαλικής άρθρωσης.

2.3 Παράμετροι του αισθητικοκινητικού ελέγχου

Η διεθνής αρθρογραφία κινήθηκε ως προς τη μέτρηση των επιμέρους παραμέτρων του αισθητικοκινητικού ελέγχου, ως μια πιο ολοκληρωμένη αντικειμενική προσέγγιση του προς μελέτη θέματος, αξιολογώντας παράγοντες που σχετίζονται με τα προσαγωγά και απαγωγά μονοπάτια, την μυϊκή ενεργοποίηση ή και τον συνδυασμό αυτών των δύο (Sefton et al, 2009) . Αυτά τα στοιχεία είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση του πως ο αισθητικοκινητικός έλεγχος διατηρεί την αρθρική σταθερότητα κατά τη διάρκεια διαφόρων δραστηριοτήτων, από την όρθια στάση μέχρι και την προσγείωση που ακολουθεί ένα άλμα. Στην ανασκόπηση που ακολουθεί πρόκειται να αναλυθούν οι τρόποι αξιολόγησης των πιο κλασικών επιμέρους παραγόντων του

αισθητικοκινητικού ελέγχου και η συσχέτιση τους με την λειτουργική αστάθεια.

2.3.1 Ιδιοδεκτικότητα

Η ιδιοδεκτικότητα όπως ορίστηκε από τον Rowinski (1990) είναι το προοδευτικό νευρικό ερέθισμα στο κεντρικό νευρικό σύστημα από τους μηχανοϋποδοχείς που βρίσκονται στον αρθρικό θύλακα, στους συνδέσμους, στους τένοντες και στην επιδερμίδα της κάθε άρθρωσης με σκοπό τον έλεγχο της κίνησης και της ισορροπίας του σώματος. Οι κωδικοποιημένες ιδιοδεκτικές πληροφορίες από τους περιφερικούς υποδοχείς (αρθρικούς και μυοτενόντιους) μεταφέρονται στο νωτιαίο μυελό και στη συνέχεια μέσω πολυσυναπτικών ενδονευρικών συνδέσεων διεγείρουν ή αναχαιτίζουν τους κινητικοί νευρώνες, ρυθμίζοντας έτσι την αντανακλαστική μυϊκή δραστηριότητα. Επίσης συνάπτονται με νευρώνες οι οποίοι σχηματίζουν ανιούσες οδούς που καταλήγουν στον σωματοαισθητικό φλοιό με σκοπό τον κινητικό προγραμματισμό (Lephart et al., 1997). Ο Freeman και οι συνεργάτες του (1965) υπέθεσαν ότι η ικανότητα διάτασης των μηχανοϋποδοχέων είναι μικρότερη από αυτή των ιστών στους οποίους βρίσκονται, με αποτέλεσμα την διαταραχή αυτών όταν οι περιφερικές δομές του συμπλέγματος της ποδοκνημικής περιστρέφονται ή διατείνονται. Αποτέλεσμα αυτής της διαταραχής είναι η μειωμένη προσαγωγή πληροφορία στο κεντρικό νευρικό σύστημα, που οδηγεί σε λανθασμένη επανατοποθέτηση της άρθρωσης και περιορισμένες αντανακλαστικές αντιδράσεις με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των επαναλαμβανόμενων περιστατικών διαστρέμματος.

Η ιδιοδεκτικότητα επιμέρους διακρίνεται: 1. στην κιναισθησία, η οποία αξιολογείται από την μέτρηση του ατομικού κατωφλιού εντοπισμού της παθητικής κίνησης και της κατεύθυνσης αυτής, 2. την αίσθηση της

αρθρικής θέσης, η οποία μπορεί να μετρηθεί κατά την αναπαραγωγή παθητικών ή ενεργητικών θέσεων αυτής σε κλειστή ή ανοιχτή κινητική αλυσίδα και 3. την αίσθηση της μυϊκής προσπάθειας, η οποία αξιολογείται από την ικανότητα του ατόμου να αναπαράγει την ίδια ένταση δύναμης σε μια συγκεκριμένη μυϊκή δράση.

Κιναισθησία

Οι Garn & Newton (1988) πραγματοποίησαν μια μελέτη για να καθορίσουν εάν άτομα με ιστορικό επαναλαμβανόμενων διαστρεμμάτων της αστραγαλοκνημικής άρθρωσης παρουσιάζουν έλλειμμα στον εντοπισμό της παθητικής πελματιαίας κάμψης τη ποδοκνημικής στο πάσχον πόδι συγκριτικά με το υγιές. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν σημαντική δυσκολία στον εντοπισμό της παθητικής κίνησης από την ουδέτερη θέση στις 5⁰ πελματιαίας κάμψης με ταχύτητα περιστροφής 0,3⁰/sec. Αντίστοιχα, ο Lentell και οι συνεργάτες του (1995) βρήκαν ότι το κατώφλι εντοπισμού της κίνησης αυξήθηκε κατά 1⁰ στον τραυματισμένο αστράγαλο σε σχέση με τον υγιή σε 42 άτομα. Σε αντίθεση, πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι η ικανότητα εντοπισμού των παθητικών κινήσεων της ποδοκνημικής δεν διαφοροποιείται στα άτομα με λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής (Hubbard & Kaminski, 2002).

Αίσθηση της θέσης της άρθρωσης

Οι Jerosh & Bischof (1996) βρήκαν, σε 16 άτομα με λειτουργική αστάθεια όταν συγκρίθηκε το σταθερό με το ασταθές άκρο, μία αύξηση στην απόλυτη τιμή του λάθους όταν αναπαράχθηκε ενεργητικά η ανάσπαση του έσω χείλους σε 3 διαφορετικές γωνίες (5⁰,15⁰,20⁰). Η διαφορά μεταξύ των πλευρών ήταν περίπου 0,9⁰. Σε μία άλλη μελέτη

(Konradsen et al.,1997) όπου αναπαράχθηκαν γωνίες ανάσπασης του έσω χείλους στις $10^0,15^0$ και 20^0 από 10 φορές η κάθε μία, βρέθηκε μια σημαντική διαφορά της τάξεως του 0.9 μοιρών μεταξύ 23 ατόμων που βίωναν λειτουργική και μηχανική αστάθεια και 40 ατόμων ως δείγμα ελέγχου. Έλλειμμα στην παθητική αναπαραγωγή της θέσης παρατηρήθηκε από τους Boyle & Negus (1998) κατά την πελματιαία κάμψη με ανάσπαση του έσω χείλους της ποδοκνημικής. Από την άλλη ο Gross (1987) δεν βρήκε καμία διαφορά μεταξύ 14 ασταθών και 14 σταθερών ποδοκνημικών στην ενεργητική και παθητική αναπαραγωγή προκαθορισμένης κίνησης (10^0 ανάσπαση του έξω χείλους, 10^0 και 20^0 ανάσπαση του έσω χείλους), όταν η κάθε γωνία αναπαράχθηκε από δύο φορές.

Αίσθηση της μυϊκής προσπάθειας

Σε αυτή την υποενότητα της ιδιοδεκτικότητας η αρθρογραφία είναι σημαντικά περιορισμένη, ιδιαίτερα αναφορικά με τη συσχέτιση αυτής και του πως μπορεί να επηρεαστεί από την λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής, αποτελώντας το έναυσμα πραγματοποίησης αυτής της ερευνητικής προσπάθειας.

2.3.2 Στατικός έλεγχος ή ισορροπιστική ικανότητα

Η ισορροπία αναφέρεται ως λειτουργία του νευρικού συστήματος, βασιζόμενη στην αισθητική προσαγωγό πληροφόρηση, που συντονίζει και τοποθετεί τα επιμέρους τμήματα-μέλη του ανθρώπινου σώματος μέσα στα όρια σταθερότητας αποτρέποντας έτσι την πτώση (Guskiewicz, 1999) και διαχωρίζεται σε στατική και δυναμική. Στατική ισορροπία έχουμε όταν το κέντρο βάρους προβάλλει μέσα στη βάση στήριξης, η οποία παραμένει σταθερή, κάνοντας ωστόσο χαμηλής συχνότητας κινήσεις ταλάντωσης Σε

φυσιολογικές συνθήκες κατά την όρθια στάση δεν απαιτούνται ιδιαίτερες διορθωτικές κινήσεις (Guskiewicz, 1999). Η δυναμική ισορροπία αναφέρεται στον δυναμικό έλεγχο και τις διορθωτικές αντιδράσεις του σώματος έναντι σε κάποιο αποσταθεροποιητικό παράγοντα (Berg et al., 1992).

Ο ισορροπιστικός έλεγχος εξασκείται περισσότερο από αντανακλαστικούς μηχανισμούς και λιγότερο από εκούσιους που απαιτούν την προσοχή του ατόμου. Αποτελεί ένα πολύπλοκο ανατροφοδοτικό μηχανισμό μεταξύ του κεντρικού νευρικού και μυοσκελετικού συστήματος, βασιζόμενο πάντα στην αισθητική ενημέρωση. Οι πηγές των αισθητικών πληροφοριών για την διατήρηση της ισορροπίας περιλαμβάνουν: 1. την οπτική πληροφόρηση, 2. το αιθουσαίο σύστημα και 3. το σωματοαισθητικό σύστημα. Τα τρία συστήματα μεταξύ τους έχουν αλληλοεπικαλυπτόμενη λειτουργία, με το κεντρικό νευρικό σύστημα να βασίζεται επιλεκτικά σε έναν από τους προσαγωγούς μηχανισμούς. Έτσι σε υγιείς ενήλικες υπερισχύει η σωματοαισθητική πληροφόρηση από τις μυοτενόντιες και αρθρικές δομές. Αλλοιωμένη ιδιοδεκτική πληροφόρηση στο κεντρικό νευρικό σύστημα οδηγεί σε διαταραχή του νευρομυϊκού ελέγχου και σε λειτουργική αστάθεια των αρθρώσεων, με τον νευρομυϊκό έλεγχο να αποτελεί την απαγωγό κινητική απάντηση βασιζόμενη στην προσαγωγό πληροφόρηση (Lephart et al., 1997). Η λειτουργική σταθερότητα των αρθρώσεων καθώς και η μυϊκή συνεργασία για τη διατήρηση της ισορροπίας ή την εκτέλεση οποιασδήποτε κινητικής δραστηριότητας απαιτεί καλό νευρομυϊκό έλεγχο που βασίζεται στον ανατροφοδοτικό (feed-back) και προβλεπτικό (feed-forward) μηχανισμό.

Αξιολόγηση στατικής ισορροπίας

Οι μηχανοϋποδοχείς (αρθρικοί και μυοτενόντιοι) παρέχουν προσαγωγές πληροφορίες σχετικά με την κίνηση και θέση της άρθρωσης, ενώ παράλληλα συνεισφέρουν στο πολύπλοκο αντανακλαστικό σύστημα που ενεργεί με σκοπό τη διατήρηση της ισορροπίας του σώματος. Η καταστροφή αυτών των μηχανοϋποδοχέων λόγω του διαστρέμματος μπορεί να διακόψει την ροή αυτών των κεντρομόλων πληροφοριών προς το κεντρικό νευρικό σύστημα, οδηγώντας στη δημιουργία ισορροπιστικών ελλειμμάτων και επομένως να συνεισφέρει στην παγίωση της λειτουργικής αστάθειας (Freeman et al., 1965).

Η παρατήρηση ισορροπιστικού ελλείμματος σε άτομα με λειτουργική αστάθεια βασίστηκε από τον Freeman και τους συνεργάτες του (1965) στην υποκειμενική άποψη εξεταστών και στην αυτοαντίληψη των ασθενών για την ισορροπιστική τους ικανότητα κατά την μονοποδική στήριξη στο επηρεασμένο πόδι (one-legged standing balance test) με τα αποτελέσματα να δείχνουν ελλείμματα στην ισορροπία κατά την στήριξη στην ασταθή ποδοκνημική. Ομοίως, ο Lentell και οι συνεργάτες του (1990) βρήκαν αυξημένο στατικό λίκνισμα στην εμπλεκόμενη πλευρά σε 33 υποκείμενα με χρόνια λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής. Η χρόνια λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής ορίστηκε ως το ιστορικό 3 περιστατικών διαστρέμματος πρώτου βαθμού με την ταυτόχρονη παρουσία αδυναμίας, πόνου ή λειτουργικού ελλείμματος συγκριτικά με την αντίθετη πλευρά κατά την διάρκεια της μονοποδικής δοκιμασίας, με το 55% του αρχικού δείγματος να παρουσιάζει σημαντική διαφορά μεταξύ υγιούς και επηρεασμένου άκρου στην ισορροπιστική ικανότητα. Οι Garn & Newton (1988) βρήκαν ότι το πάσχον πόδι παρουσίασε αυξημένο λίκνισμα σε ποσοστό της τάξεως του 67% σε σχέση με το υγιές, όταν ακολούθησαν το

αντίστοιχο ερευνητικό πρωτόκολλο με τους προαναφερόμενους συγγραφείς.

Σε μία προσπάθεια αντικειμενικής αξιολόγησης του στατικού λικνίσματος κατά την διάρκεια της μονοποδικής στήριξης σε πλατφόρμα δύναμης με τα μάτια ανοιχτά και χρονική διάρκεια 60 δευτερολέπτων ο Tropp (1986) βρήκε ότι 29 ποδοσφαιριστές με ιστορικό αστάθειας παρουσίαζαν 27% μεγαλύτερο στατικό λίκνισμα συγκρινόμενοι με 18 άτομα που αποτελούσαν το δείγμα ελέγχου της έρευνας. Ο Leaderson και οι συνεργάτες του (1993) βρήκαν ότι καλαθοσφαιριστές με ιστορικό τραυματισμού διαστρέμματος είχαν όχι μόνο στατιστικά μεγαλύτερο λίκνισμα, αλλά και μεγαλύτερη περιοχή λικνίσματος συγκριτικά με αντίστοιχο υγιές δείγμα. Από την άλλη πλευρά, ο Isakov & Mizrahi (1997) δεν βρήκαν την αντίστοιχη συσχέτιση όταν μέτρησαν 8 γυμνάστριες αγωνιστικού επιπέδου που είχαν προηγουμένως βιώσει 3 περιστατικά διαστρέμματος με θετική τη πρόσθια συρταροειδή δοκιμασία. Χρησιμοποίησαν τον μέσο όρο της αντίδρασης του εδάφους σε πλαγιοπλάγιο και προσθοπίσθιο επίπεδο, ως ποσοστό του συνολικού βάρους του σώματος τους κατά την μονοποδική στήριξη με ανοιχτά και κλειστά μάτια. Αντίστοιχα ευρήματα παρουσίασαν οι Baier & Hopf (1998) καθώς δεν βρήκαν καμία σημαντική διαφορά στον στατικό έλεγχο όταν μετρήθηκαν οι πλαγιοπλάγιοι και προσθοπίσθιοι δείκτες ταλάντωσης του κέντρου πίεσης σε μια ομάδα 22 αθλητών συγκριτικά με το αντίστοιχο δείγμα ελέγχου.

Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξαν οι Ross και Guskiewicz (2004) όταν αξιολόγησαν 14 άτομα με λειτουργική αστάθεια και αντίστοιχο δείγμα ελέγχου κατά τη μονοποδική στήριξη για 20 δευτερόλεπτα. Το ίδιο υλικό μελέτης αξιολογήθηκε στον τομέα της δυναμικής ισορροπίας με τη δοκιμασία της προσγείωσης σε μονοποδική στήριξη μετά από άλμα (single-leg jump landing test) και την παραμονή σε αυτήν την θέση για 20

δευτερόλεπτα. Ο χρόνος που χρειάστηκαν τα ασταθή άτομα για να σταθεροποιηθούν μετά το άλμα στο προσθιοπίσθιο επίπεδο ήταν $3,27 \pm 0,72$ και στο μετωπιαίο επίπεδο $2,48 \pm 0,5$ δευτερόλεπτα συγκριτικά με τα αντίστοιχα υγιή άτομα οι τιμές των οποίων ήταν $2,33 \pm 0,33$ και $2,00 \pm 0,65$ δευτερόλεπτα. Αποκαλύπτοντας σημαντικό έλλειμμα στον τομέα της δυναμικής και όχι της στατικής ισορροπίας στα άτομα με αστάθεια της ποδοκνημικής συγκριτικά με υγιή άτομα.

Συμπερασματικά, λοιπόν, η αξιολόγηση της μονοποδικής στήριξης αποτελεί μία στατική δοκιμασία με σημαντική την πιθανότητα της μη αποκάλυψης ισορροπιστικών διαφορών μεταξύ υγιούς ή μη πληθυσμού, ενώ παράλληλα απέχει αρκετά από την προσομοίωση της εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι περισσότεροι αρθρικοί μηχανοϋποδοχείς είναι ενεργοί προς το τέλος του εύρους τροχιάς κίνησης (μυοτενόντιοι), οδήγησαν στην ανάγκη αξιολόγησης της δυναμικής ισορροπίας μέσα από πιο σύνθετες δοκιμασίες, προκειμένου να σχηματιστεί μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την ισορροπιστική ικανότητα και τα ελλείμματα αυτής.

Αξιολόγηση δυναμικής ισορροπίας

Οι δοκιμασίες ελέγχου της δυναμικής ισορροπίας είναι λειτουργικές απαιτώντας και την ενεργοποίηση των υποδοχέων με γρήγορο ρυθμό προσαρμογής (σωμάτιο racinian στο θύλακα), αξιολογώντας με αυτόν τον τρόπο την ευαισθησία των διάφορων ιδιοδεκτικών υποδοχέων. Ιδιαίτερα αναφορικά με αθλητικούς πληθυσμούς που η στατική δοκιμασία είναι ιδιαίτερα εύκολη στην ολοκλήρωση της, η πιθανότητα να διαφύγει από τους κλινικούς η αστάθεια στην προς εξέταση άρθρωση είναι μεγάλη.

Ο Olmsted και οι συνεργάτες του (2002) χρησιμοποιώντας την δοκιμασία του άστρου, ανακάλυψαν σημαντική μείωση της ισορροπιστικής

ικανότητας στο τραυματισμένο άκρο συγκριτικά με το υγιές και με το αντίστοιχο άκρο του δείγματος ελέγχου και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τέτοιου είδους δυναμικές δοκιμασίες μπορεί να αναγνωρίσουν λειτουργικά ελλείμματα που σχετίζονται με την ισορροπία σε υποκείμενα με λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής. Δύο χρόνια αργότερα χρησιμοποιώντας την ίδια δοκιμασία ο Gribble και οι συνεργάτες του (2004) ποσοτικοποίησαν τις μέγιστες γωνίες ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής, κάμψης γόνατος και ισχίου κατά την κίνηση του αντίθετου ποδιού προς τα τέσσερα διαφορετικά προκαθορισμένα σημεία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν εξεταζόταν η ασταθής ποδοκνημική οι απόλυτες τιμές των αποστάσεων ήταν σημαντικά μικρότερες συγκριτικά με το υγιές άκρο και το αντίστοιχο άκρο του δείγματος ελέγχου.

Οι Ross και Guskiewicz (2005) χρησιμοποίησαν την δοκιμασία της προσγείωσης σε μονοποδική στήριξη μετά από άλμα (single-leg jump landing test) και εξέτασαν το χρόνο που χρειάστηκαν τα υποκείμενα για να σταθεροποιηθούν. Ο χρόνος μέχρι την σταθεροποίηση αποτελεί μία λειτουργική δοκιμασία της ισορροπίας που αξιολογεί την ικανότητα των υποκειμένων να ανακτήσουν την ισορροπία κατά την διάρκεια της μετάβασης από μία δυναμική σε μία στατική κατάσταση (Goldie, Bach & Evans, 1989). Βρήκαν ότι ήταν σημαντικά μεγαλύτερος στα ασταθή άτομα, προτείνοντας ότι αυτή η δοκιμασία όχι μόνο μπορεί να αποκαλύψει τα ισορροπιστικά ελλείμματα αλλά και να αποτελέσει κλινική δοκιμασία στα λειτουργικά ασταθή άτομα για την επιστροφή τους στη φυσική δραστηριότητα.

2.3.3 Μυϊκή δύναμη

Οι περνιαίοι λειτουργούν σαν κύριοι αναστροφείς της ποδοκνημικής για αυτό το λόγο η αδυναμία αυτής της μυϊκής ομάδας

μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα του δυναμικού ελέγχου των δυνάμεων αντιστροφής, με αποτέλεσμα την αύξηση της ευαισθησίας της ποδοκνημικής στα διαστρέμματα. Κάποια ευρήματα που υποδεικνύουν την μυϊκή αδυναμία των περονιαίων ως προδιάθεση της ασταθούς ποδοκνημικής, βασίζονται στην υποκειμενική αξιολόγηση της δύναμης τους μέσω της εκτέλεσης μυϊκών δοκιμασιών για αυτήν την μυϊκή ομάδα από τον θεραπευτή. Τα αποτελέσματα από τέτοιου είδους μετρήσεις δεν θα μπορούσαν να γενικευτούν στον πληθυσμό για αυτό και η πρόσφατη αρθρογραφία κινείται ως προς την αντικειμενική αξιολόγηση της δύναμης των περονιαίων με τη χρήση αξιόπιστων μηχανημάτων, όπως το ισοκινητικό δυναμόμετρο.

Ο Lentell και οι συνεργάτες του (1990) χρησιμοποίησαν το ισοκινητικό δυναμόμετρο για να ερευνήσουν τη μέγιστη ροπή των υπτιαστών και πρηνιστών της ποδοκνημικής στις ταχύτητες των $30^{\circ}/\text{sec}$ και $0^{\circ}/\text{sec}$ στο τραυματισμένο και υγιές πόδι ατόμων με λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρχε κάποια διαφορά μεταξύ στην ισομετρική ή ισοκινητική κίνηση μεταξύ των δύο προς εξέταση πλευρών. Ο ίδιος συγγραφέας με διαφορετικούς συνεργάτες (1995) πέντε χρόνια αργότερα εξέτασε το ίδιο πράγμα στις ταχύτητες των $30^{\circ}/\text{sec}$, $90^{\circ}/\text{sec}$, $150^{\circ}/\text{sec}$, $210^{\circ}/\text{sec}$ δείχνοντας δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των ελλειμμάτων δύναμης των περονιαίων και της λειτουργικής αστάθειας της ποδοκνημικής. Ομοίως, ο Kaminski και η ερευνητική του ομάδα (1999) δεν βρήκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στην έκκεντρη, σύγκεντρη και ισομετρική δύναμη των πρηνιστών στο πάσχον άκρο συγκριτικά με το υγιές. Σε συμφωνία με το παραπάνω εύρημα ήρθε ο Ryan (1994), παρατηρώντας ωστόσο ότι υπήρχε μείωση στη μέγιστη ροπή στους υπτιαστές της τραυματισμένης πλευράς. Σε μία πιο πρόσφατη έρευνα ο Munn και οι συνεργάτες του (2003) αξιολόγησαν την σύγκεντρη και έκκεντρη δύναμη της μυϊκής ομάδας της ποδοκνημικής σε ισοκινητικό

δυναμόμετρο στις ταχύτητες των 60⁰/ sec και 120⁰/ sec καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι τα ελλείμματα στην έκκεντρη συστολή των υπτιαστών μυών συνεισφέρουν στην εδραίωση της λειτουργικής αστάθειας τη ποδοκνημικής.

2.3.4. Αντανακλαστική ισορροπιστική αντίδραση των περνιαίων

Η θεωρία του Freeman και των συνεργατών του (1965) για τον αρθρικό αποπροσανατολισμό βασίστηκε στην καταστροφή των μηχανοϋποδοχέων της αρθρικής κάψουλας και των τενόντων που περιβάλλουν την αστραγαλοκνημική άρθρωση. Σύμφωνα με αυτήν την θεωρία, η δυναμική σταθερότητα της ποδοκνημικής εξαρτάται από την ικανότητα της γρήγορης κινητικής αντίδρασης των περνιαίων στο ερέθισμα αντιστροφής, προκειμένου να αποτρέψουν τον τραυματισμό. Άτομα με λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής παρουσιάζουν καθυστέρηση και μείωση στην αντανακλαστική απάντηση των πρηνιστών του επηρεασμένου άκρου σε περιπτώσεις απότομου υπτιασμού της άρθρωσης, για αυτό και πληθώρα ερευνητών ασχολήθηκε με τη μελέτη του χρόνου αντίδρασης αυτής της μυϊκής ομάδας.

Οι Kondarsen & Ravn (1990) χρησιμοποιώντας μια μονοαξονική πλατφόρμα περιστροφής για την αναπαραγωγή ξαφνικής διατάραξης αντιστροφής της ποδοκνημικής, αξιολόγησαν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των περνιαίων. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η ομάδα της λειτουργικής αστάθειας είχαν σημαντικά μεγαλύτερους χρόνους αντίδρασης στον μακρύ και βραχύ περνιαίο, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ύπαρξης ελλείμματος στην αντανακλαστική ισορροπιστική αντίδραση αυτής της μυϊκής ομάδας. Σε πιο πρόσφατη μελέτη (Ebig et al., 1997), αξιολογήθηκε η ηλεκτρομυογραφική αντίδραση των περνιαίων και πρόσθιων κνημιαίων μυών κατά την ξαφνική πελματιαία κάμψη και

προσαγωγή του άκρου πόδα σε λειτουργικά ασταθή άτομα. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν σημαντική διαφορά μεταξύ του υγιούς και πάσχοντος άκρου σε αντίθεση με τα προηγούμενα ευρήματα.

Τα συμπεράσματα των ερευνών έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους για το εάν πραγματικά υπάρχει καθυστέρηση στο χρόνο αντίδρασης των περνιαίων σε περιπτώσεις ξαφνικής διαταραχής της άρθρωσης, πιθανολογώντας ότι η θεωρία του αποπροσανατολισμού μπορεί να μην είναι ο κύριος υποβόσκον φυσιολογικός μηχανισμός στην εδραίωση της λειτουργικής αστάθειας.

2.3.5. Κινητική και κινηματική κατά τη διάρκεια δυναμικών δραστηριοτήτων

Κατά την διάρκεια λειτουργικών δραστηριοτήτων μεγάλος αριθμός δυνάμεων δρουν στο ανθρώπινο σώμα και διακρίνονται: 1. στις εξωτερικές δυνάμεις συμπεριλαμβανομένης της βαρύτητας, της τριβής και της επαφής με άλλα αντικείμενα και 2. στις εσωτερικές δυνάμεις ως αποτέλεσμα της μυϊκής ενεργοποίησης και του περιορισμού από τους συνδέσμους, των αρθρικών θυλάκων και των οστών. Η κινητική ασχολείται με τις δυνάμεις που παράγουν ή μεταβάλλουν την κίνηση και αξιολογείται άμεσα με την εμφύτευση ηλεκτροδίων ή έμμεσα με τη χρησιμοποίηση πλατφόρμας δύναμης αξιολογώντας τη δυναμική σταθερότητα. Κινηματική είναι η επιστήμη που περιγράφει την κίνηση των σωμάτων σύμφωνα με το χρόνο, την ταχύτητα και την επιτάχυνση, μετριέται με τη χρήση ηλεκτρογωνιομέτρων και συστημάτων κινητικής ανάλυσης υπολογίζοντας τις γραμμικές και στροφικές μετατοπίσεις. Και οι δύο επιστήμες μπορούν να χρησιμοποιηθούν λόγω των δεδομένων που προσφέρουν για να εντοπίσουν τις λειτουργικές προσαρμογές ατόμων με ασταθείς αρθρώσεις.

Οι Caulfield & Garrett (2002) εξέτασαν τις κινήσεις του κάτω άκρου στο οβελιαίο επίπεδο κατά τη διάρκεια της μονοποδικής προσγείωσης μετά από πτώση από προκαθορισμένο ύψος σε μία ομάδα που βίωνε τη λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής και σε μία αντίστοιχη ομάδα ελέγχου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πρώτη ομάδα είχε σημαντικά μεγαλύτερη ραχιαία κάμψη στην αστραγαλοκνημική άρθρωση 10 msec πριν και 20 msec μετά την προσγείωση στο έδαφος. Αυτό οδήγησε τους συγγραφείς στο συμπέρασμα ότι παρατηρούμενες διαφορές στην ομάδα αστάθειας οφείλονται περισσότερο στις αλλαγές των κεντρικών πατέντων κίνησης από ότι στον αντανακλαστικό έλεγχο.

Τα τελευταία χρόνια στην αρθρογραφία παρουσιάζονται προσπάθειες αξιολόγησης των διαφορετικών κινητικών προτύπων των ατόμων με χρόνια αστάθεια ποδοκνημικής σε καθημερινές δραστηριότητες. Η ερευνητική ομάδα του Monaghan (2006) έδειξε ότι άτομα με λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής παρουσιάζουν αλλαγές στις κινητικές και κινηματικές παραμέτρους κατά την διάρκεια της βάδισης στο δικό τους ρυθμό. Πιο συγκεκριμένα βρέθηκε ότι έχουν μεγαλύτερη γωνία υπτιασμού στην άρθρωση πριν και αμέσως μετά την επαφή της πτέρνας συγκριτικά με ένα αντίστοιχο υγιές δείγμα. Επιπλέον, τη στιγμή που ακολουθεί την επαφή της πτέρνας η ομάδα ελέγχου παρουσιάζει έκκεντρη ενεργοποίηση των υπτιαστών σε αντίθεση με την σύγκεντρη των πρηνιστών στην προς εξέταση ομάδα. Πιθανολογείται, λοιπόν, ότι οι παρατηρούμενες αλλαγές στην τροχιά κίνησης της ποδοκνημικής μπορεί να αποτελούν προδιαθεσικό παράγοντα για τον επανατραυματισμό της ποδοκνημικής.

Η Brown και η ομάδα της (2008) μελέτησαν 63 αθλητές αναψυχής με κοινά δημογραφικά χαρακτηριστικά και ιστορικό διαστρέμματος της ποδοκνημικής, που απαιτούσε ακινητοποίηση ή αποφυγή φόρτισης για 3 μέρες τουλάχιστον και στη συνέχεια τους χώρισαν σε 3 ισάριθμες ομάδες:

1. στην ομάδα των μηχανικά ασταθών 2. στην ομάδα των λειτουργικά ασταθών και 3. στην ομάδα που βίωσε διάστρεμμα στο παρελθόν αλλά δεν παρουσίασε σημάδια αστάθειας έκτοτε (copers). Τα υποκείμενα των δύο πρώτων ομάδων ανέφεραν συνεχή αίσθηση αστάθειας στην ποδοκνημική τους μετά την αρχική κάκωση με τουλάχιστον δύο περιστατικά διαστρέμματος τον τελευταίο χρόνο. Η διαφορά της ομάδας μηχανικής αστάθειας ήταν ότι παρουσίασε θετική τη πρόσθια συρταροειδή δοκιμασία της ποδοκνημικής συγκριτικά με τη δεύτερη ομάδα και τους copers. Χρησιμοποιήθηκε σύστημα ανάλυσης κίνησης και πλατφόρμα ανάλυσης δυνάμεων για την ανάλυση της κίνησης του γόνατος και της ποδοκνημικής σε οβελιαίο και μετωπιαίο επίπεδο και των δυνάμεων αντίδρασης του εδάφους σε 5 δραστηριότητες: βάρδιση, τρέξιμο, διαπέραση εμποδίου 32 εκατοστών, πτώση από ύψος 32 εκατοστών στο ένα πόδι και προσγείωση μετά από άλμα που ακολουθούσε τρέξιμο συγκεκριμένης ταχύτητας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πρώτη ομάδα παρουσίασε τουλάχιστον μία διαφορά παρεκτόπισης στο οβελιαίο και/ ή μετωπιαίο επίπεδο στην κίνηση της ποδοκνημικής τη στιγμή της αρχικής επαφής σε όλες τις δοκιμασίες εκτός από το τρέξιμο σε σχέση με τις δύο άλλες ομάδες, με τις μεγαλύτερες διαφορές να σημειώνονται στις δύο τελευταίες δραστηριότητες. Τα μηχανικά ασταθή άτομα παρουσίασαν μεγάλη μετωπιαία μετατόπιση και μέγιστο πρηγισμό και μειωμένη προσθιοπίσθια μετατόπιση και μέγιστη πελματιαία κάμψη στις περισσότερες δοκιμασίες. Αυτές οι αλλαγές στο κινητικό πρότυπο μπορεί να αποτελούν από την μία μέσο για την ανάπτυξη προστατευτικού μηχανισμού για τον περιορισμό μελλοντικών τραυματισμών της άρθρωσης και από την άλλη αίτιο εκφύλισης της άρθρωσης καθώς φορτίζεται σε σημεία που ο αρθρικός χόνδρος έχει μικρή αντοχή. Οι περιορισμοί της προαναφερθείσας έρευνας συνοψίζονται στο γεγονός ότι δεν υπήρχε ομάδα ελέγχου και δεν ήταν δυνατή η αντίστοιχη αξιολόγηση πριν τον αρχικό τραυματισμό.

Με την αξιολόγηση της λειτουργικής αστάθειας της ποδοκνημικής μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για εκείνους τους νευρομυϊκούς παράγοντες που σχετίζονται με αυτήν την πάθηση. Τα ελλείμματα της δυναμικής ισορροπίας φαίνεται να είναι χαρακτηριστικό εύρημα στα άτομα με λειτουργική αστάθεια και για αυτό η αποκατάσταση καλό είναι να επικεντρωθεί σε ασκησιολόγιο που να προκαλεί συνεχώς την ενεργοποίηση του στατικού ελέγχου με δυναμικό τρόπο, όπως η εκτέλεση δυναμικών ασκήσεων σε ασταθείς επιφάνειες και σε πλατφόρμες ισορροπίας. Οι στατικές ισορροπιστικές ασκήσεις φαίνεται ότι δεν έχουν τα ίδια αποτελέσματα λόγω της ευκολίας στην πραγματοποίησή τους. Η σχέση των ιδιοδεκτικών ελλειμμάτων και η συσχέτισή τους με τη λειτουργική αστάθεια δεν έχει πλήρως διασαφηνιστεί καθώς οι περισσότερες μελέτες ασχολήθηκαν με την μονοδιάστατη κίνηση της ποδοκνημικής σε μικρές ταχύτητες κίνησης, κάτι που δεν ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες κίνησης της άρθρωσης κατά την διάρκεια τέλεσης λειτουργικών δραστηριοτήτων. Επομένως περαιτέρω έρευνα σε αυτόν τον τομέα κρίνεται αναγκαία για την πληρέστερη θεραπευτική παρέμβαση της χρόνιας αστάθειας.

Αν και αρχικά κυριαρχούσε η αντίληψη ότι κύριο μυϊκό έλλειμμα στις περιπτώσεις αστάθειας παρουσιάζεται στους πρηγιστές της αστραγαλοκνημικής άρθρωσης, από τις μετρήσεις σε ισοκινητικό δυναμόμετρο παρατηρήθηκε αδυναμία στους υπτιαστές, δίνοντας κατεύθυνση στο πρόγραμμα αποθεραπείας την εκγύμναση των υπτιαστών στην έκκεντρη συστολή κυρίως. Από την άλλη ο χρόνος ενεργοποίησης των πρηγιστών φάνηκε να είναι σημαντικός αναφορικά με την δημιουργία της λειτουργικής αστάθειας. Ωστόσο, ο φυσιολογικός μηχανισμός που αποτελεί τη βάση αυτού του ελλείμματος, δεν στηρίζεται απλώς στη θεωρία του αρθρικού αποπροσανατολισμού αλλά και σε αλλαγές που πραγματοποιούνται στα κινητικά πρότυπα. Η σημασία αυτού του

γεγονότος έγκειται στη δημιουργία ολοκληρωμένων και εξατομικευμένων προγραμμάτων αποκατάστασης ανάλογα με το υπάρχον στην κάθε περίπτωση έλλειμμα.

Τα προγράμματα αποκατάστασης θα πρέπει να δώσουν έμφαση στην εκπαίδευση δραστηριοτήτων που προάγουν την συνεργατική μυϊκή ενεργοποίηση με σκοπό την εκχάραξη νέων κινητικών προτύπων μέσω της επανάληψης και την έγκαιρη ανάσυρση τους για την αποφυγή παρόμοιων περιστατικών επαναλαμβανόμενων διαστρεμμάτων.

3. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΑΣΤΑΘΟΥΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ

Όπως και σε κάθε άλλη άρθρωση η αποκατάσταση ενός διαστρέμματος περιλαμβάνει ως κύριους στόχους την επαναπόκτηση της κινητικότητας και του εύρους τροχιάς, της δύναμης και της λειτουργικότητας της άρθρωσης.

3.1 Ασκήσεις εύρους τροχιάς

Οι ασκήσεις για αύξηση της τροχιάς κίνησης της άρθρωσης περιλαμβάνουν ενεργητικές και παθητικές διατάσεις των μυών της γαστροκνημίας, του πρόσθιου κνημιαίου, καθώς και των υπτιαστών και πρηνιστών της άρθρωσης. Ιδιαίτερα για την διάταση του γαστροκνημίου και υποκνημιδίου προτείνεται τοποθέτηση της αστραγαλοκνημικής άρθρωσης σε ραχιαία κάμψη 30° με το γόνατο σε θέση έκτασης για 3 επαναλήψεις των 20 δευτερολέπτων και με το γόνατο σε θέση κάμψης για άλλες 3 επαναλήψεις των 20 δευτερολέπτων στην αρχή και στο τέλος κάθε θεραπευτικού προγράμματος (Thomas et al., 2006). Προετοιμάζουν την τραυματισμένη άρθρωση να ακολουθήσει το πρόγραμμα ενδυνάμωσης και ιδιοδεκτικότητας, ενώ παράλληλα αποτελούν κομμάτι της αποθεραπείας της εκάστοτε θεραπευτικής συνεδρίας.

3.2 Ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης

Η άσκηση ενδυνάμωσης περιλαμβάνει την ενεργητική ραχιαία και πελματιαία κάμψη, τον υπτιασμό και πρηνισμό και συνδυασμό αυτών των κινήσεων σε ανοιχτή κινητική αλυσίδα. Μεγάλος αριθμός επαναλήψεων χρησιμοποιούνται για να αποκαταστηθεί η μυϊκή αντοχή. Προοδευτικά

αυξάνεται το επίπεδο δυσκολίας με την προσθήκη αντίστασης σε αυτές τις κινήσεις από τον ίδιο τον θεραπευτή ή χρησιμοποιώντας υλικά όπως λάστιχα αντίστασης. Οι Mattacola & Dwyer (2002) συστήνουν 10 με 12 επαναλήψεις για 2- 3 σετ και δύο φορές την ημέρα προς την κάθε κατεύθυνση κίνησης της ποδοκνημικής, ενώ εφαρμόζεται αντίσταση από τον θεραπευτή για 3- 5 δευτερόλεπτα για την κάθε επανάληψη. Ωστόσο, προτείνουν την βελτίωση της δύναμης αυξάνοντας την αντίσταση που παρέχει ο φυσιοθεραπευτής τόσο ώστε να πραγματοποιείται η κίνηση χωρίς πόνο και όχι μόνο κατά την σύγκεντρη αλλά και κατά την έκκεντρη συστολή. Ιδιαίτερη έμφαση καλό είναι να δοθεί στην αποκατάσταση του ελλείμματος στην έκκεντρη συστολή των υπτιαστών (Ryan, 1994; Munn et al., 2003).

Σε εξάμηνη παρέμβαση, που μετείχαν 10 άτομα με λειτουργική αστάθεια ακολουθώντας πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης με τη χρήση ελαστικού ιμάντα αντίστασης για 10 λεπτά και συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα, αξιολογήθηκε πριν και μετά το πρόγραμμα ενδυνάμωσης η δύναμη των ραχιαίων καμπτήρων και πρηνιστών ισομετρικά με ένα δυναμόμετρο χειρός και η αίσθηση της θέσης για την τιμή των 20⁰ πελματιαίας κάμψης και ανάσπασης έσω χείλους και 10⁰ ραχιαίας κάμψης και ανάσπασης έξω χείλους (Docherty et al., 1998). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στην παράμετρο της δύναμης που εξετάστηκε στην ομάδα άσκησης και στην αίσθηση της θέσης για την ανάσπαση του έσω χείλους και την πελματιαία κάμψη. Καμία διαφορά δεν βρέθηκε στην αναπαραγωγή της κίνησης της ραχιαίας κάμψης και πρηνισμού, καθώς επίσης και στις μεταγενέστερες μελέτες του δείγματος ελέγχου.

Σε αντίθεση με αυτά τα ευρήματα ο Kaminski και οι συνεργάτες του (2003) δεν παρουσίασαν αξιόλογα αποτελέσματα βελτίωσης της μυϊκής δύναμης του συμπλέγματος της ποδοκνημικής κατά την συμμετοχή 38 ατόμων σε πρόγραμμα ενδυνάμωσης και ιδιοδεκτικότητας διάρκειας 6

εβδομάδων. Ωστόσο, η αξιολόγηση της δύναμης σε αυτήν την περίπτωση έγινε με ισοκινητικό δυναμόμετρο, το οποίο ξεχωρίζει για την αξιοπιστία του κατά την αξιολόγηση των μέγιστων ροπών εκείνης της μυϊκής ομάδας που πραγματοποιεί την εκάστοτε προς εξέταση κίνηση. Από την ομάδα των συγγραφέων προτάθηκε η τροποποίηση της διάρκειας και της έντασης σε αντίστοιχες θεραπευτικές συνεδρίες, πιθανολογώντας τη βελτίωση της δύναμης των πρητιστών και υπτιαστών και επομένως την αύξηση της σταθερότητας της περιοχής. Οι ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι το προγράμματος ενδυνάμωσης που βοηθάει στην βελτίωση της δύναμης αλλά και του νευρομυϊκού συντονισμού (Coughlan & Caufield, 2007).

Αυτό που διαφοροποιεί την άρθρωση της ποδοκνημικής στα προγράμματα παρέμβασης, ειδικά αναφορικά με την επακόλουθη του τραυματισμού αστάθεια αυτής, είναι η επικέντρωση στην ομαλοποίηση της ιδιοδεκτικότητας και ισορροπιστικής ικανότητας. Για την αντιμετώπιση των δύο τελευταίων παραμέτρων η αρθρογραφία επικεντρώνεται στην αποτελεσματικότητα της πραγματοποίησης θεραπευτικής επίδεσης με tape και στην ιδιοδεκτική άσκηση ως κύριο μέρος στο πρόγραμμα αποθεραπείας.

3.3 Επίδραση του taping στη λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής

Οι Karlsson & Andersson (1992) μελέτησαν την ηλεκτρομυογραφική απάντηση των περνιαίων μυών με επιφανειακά ηλεκτρόδια σε 20 λειτουργικά ασταθή άτομα πριν και μετά τη χρήση ανελαστικού tape κατά την προσομοίωση συνθηκών διαστρέμματος της άρθρωσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με τη χρήση tape μειώθηκε στατιστικά σημαντικά ο χρόνος αντίδρασης των μυών, βοηθώντας την γρήγορη κινητική απάντηση με στόχο πάντα την αποτροπή της διατάραξης.

Ο Leaderson και οι συνεργάτες του (1996) αξιολόγησαν το στατικό λίκνισμα κατά την μονοποδική στήριξη λειτουργικά ασταθούς άρθρωσης σε δίσκο ισορροπίας πριν και μετά από την προπόνηση ποδοσφαίρου με και χωρίς τη χρήση tape. Αν και παρατηρήθηκε μείωση στο στατικό λίκνισμα όταν έγινε taping στις ποδοκνημικές, δεν βρέθηκε κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στο λίκνισμα μετά την προπόνηση μεταξύ των ποδοκνημικών χωρίς και με τη χρήση tape.

Ο εντοπισμός της γωνιακής μετατόπισης της παθητικής ραχιαίας και πελματιαίας κάμψης με τη χρήση ή χωρίς τη χρήση tape σε ασταθείς αστραγάλους αποτέλεσε το αντικείμενο μελέτης του Refshauge και των συνεργυνητών του (2000). Το δείγμα τους αποτέλεσαν 25 άτομα με λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής και 18 άτομα αντίστοιχα ηλικιακά με φυσιολογική ποδοκνημική. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά στον εντοπισμό της κίνησης σε οποιαδήποτε ταχύτητα κίνησης και για τις δύο ομάδες. Αντίστοιχα δεν υπήρξε σημαντική διαφορά κατά την κίνηση μεταξύ του ποδιού που έγινε χρήση tape και του αντίστοιχου ποδιού σε κάποια από τις δύο ομάδες.

Την πιο ολοκληρωμένη ερευνητική προσπάθεια αναφορικά με τη χρήση tape στους λειτουργικά ασταθής αστραγάλους παρέθεσαν ο Matsusaka και η ερευνητική του ομάδα (2001) μελετώντας το στατικό λίκνισμα κατά την μονοποδική στήριξη του επηρεασμένου ποδιού πάνω σε πλατφόρμα δύναμης. Το υλικό της έρευνας αποτέλεσαν 22 άτομα με λειτουργική αστάθεια τα οποία τυχαία χωρίστηκαν σε δύο υποομάδες: 1. την ομάδα που ολοκλήρωσε παρέμβαση διάρκειας 10 εβδομάδων με στήριξη στο ασταθές άκρο σε πλατφόρμα ισορροπίας για 10 λεπτά την ημέρα και 3 φορές την εβδομάδα και 2. την ομάδα που αντίστοιχα ολοκλήρωσε το ίδιο ασκησιολόγιο με τη χρήση tape στο πάσχον άκρο. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε πριν από την έναρξη του προγράμματος και στην δεύτερη, τρίτη, τέταρτη, πέμπτη, έκτη, όγδοη και δέκατη

εβδομάδα. Στην πρώτη ομάδα το στατικό λίκνισμα βελτιώθηκε σημαντικά μετά την 8 εβδομάδα, χωρίς αξιόλογη διαφορά να υπάρχει τις δύο τελευταίες εβδομάδες του προγράμματος. Στην δεύτερη ομάδα το λίκνισμα βελτιώθηκε μεταξύ της τέταρτης και έκτης εβδομάδας. Ωστόσο, η βελτίωση ήταν σημαντικά μικρότερη στη δεύτερη ομάδα συγκριτικά με την πρώτη για τις χρονικές περιόδους της τέταρτης, πέμπτης και έκτης εβδομάδας.

3.4 Επίδραση της ιδιοδεκτικής άσκησης στη λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής

Η αίσθηση της θέσης και το στατικό λίκνισμα αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης από τους Bernier & Perrin (1998) και τους Eils & Rosenbaum (2001), με τους δεύτερους να διερευνούν και τον χρόνο αντίδρασης των περνιαίων μυών. Η ισορροπιστική ικανότητα αξιολογήθηκε και από τους δύο με την δοκιμασία της μονοποδική στήριξη σε ισορροπιστική πλατφόρμα. Για την αξιολόγηση της αίσθησης της θέσης χρησιμοποιήθηκε ισοκινητικό δυναμόμετρο από την πρώτη ερευνητική ομάδα και πιάτο ισορροπίας και γωνιόμετρο από την δεύτερη, η οποία τοποθέτησε ηλεκτρόδια στον πρόσθιο κνημιαίο, μακρύ και βραχύ περνιαίο για την καταγραφή της ηλεκτρομυογραφικής τους απάντησης σε ξαφνική διατάραξη.

Πιο συγκεκριμένα, οι Bernier & Perrin (1998) μελέτησαν 45 άτομα με λειτουργική αστάθεια πριν και μετά την ολοκλήρωση προγράμματος αποκατάστασης. Η αρχική ομάδα χωρίστηκε σε τρεις μικρότερες κατηγορίες: 1. την ομάδα ελέγχου που δεν μετείχε σε κάποιο πρόγραμμα δύναμης ή ισορροπίας για 6 εβδομάδες, 2. την ομάδα που ηλεκτρικός ερεθισμός διοχετευόταν στους περνιαίους για 6 εβδομάδες και 3. στην ομάδα που εξασκούσαν 3 μέρες την εβδομάδα για 10 λεπτά για 6

εβδομάδες σε ισορροπιστικές και ιδιοδεκτικές ασκήσεις. Η ανάλυση αποκάλυψε ότι πριν την παρέμβαση υπήρχαν σημαντικές διαταράξεις προς όλες τις κατευθύνσεις κατά τη μονοποδική στήριξη, που μειώθηκαν για την τρίτη ομάδα μετά από τις 6 εβδομάδες, χωρίς ωστόσο η σημαντικότητα των αποτελεσμάτων να είναι μεγάλη. Αντίστοιχα, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην αίσθηση της θέσης κατά την ενεργητική και παθητική αναπαραγωγή προκαθορισμένης γωνίας.

Το πρόγραμμα παρέμβασης για τους Eils & Rosenbaum (2001) αποτελούνταν από 6 συνεδρίες των 20 λεπτών με ασκήσεις στατικής και δυναμικής ισορροπίας, καθώς και εξάσκηση στην πλατφόρμα του Biodex Stability System. Η συνολική διάρκεια ήταν 6 εβδομάδες και μετείχαν 30 άτομα χαρακτηρισμένα ως λειτουργικά ασταθή, από τα οποία μόνο τα 20 πραγματοποίησαν το ασκησιολόγιο και τα υπόλοιπα αποτέλεσαν το δείγμα ελέγχου. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στην ικανότητα αναπαράστασης της γωνίας παθητικά, εκτός των 10⁰ ραχιαίας κάμψης της ποδοκνημικής στην ομάδα παρέμβασης. Το στατικό λίκνισμα βρέθηκε βελτιωμένο και στις δύο ομάδες, ανεξάρτητα συμμετοχής στο γυμναστικό πρόγραμμα. Σημαντική διαφορά στον χρόνο αντίδρασης των περνιαίων παρατηρήθηκε στην πρώτη ομάδα με καμία διαφορά να αναφέρεται στην ομάδα ελέγχου. Αντίστοιχα, ο Osborne και οι συνεργάτες του (2001) βρήκαν σημαντική μείωση του χρόνου αντίδρασης στον πρόσθιο κνημιαίο, σε 9 άτομα με ιστορικό διαστρέματος μη αντιμετωπίσιμου, μετά από την ολοκλήρωση προγράμματος ιδιοδεκτικότητας 8 εβδομάδων χρησιμοποιώντας δίσκο ισορροπίας καθημερινά για 15 λεπτά.

Ο Rozzi και οι συνεργάτες του (1999) αξιολόγησαν το στατικό λίκνισμα κατά την μονοποδική στήριξη χρησιμοποιώντας το σύστημα Biodex Stability σε 13 ασταθή και 13 υγιή άτομα. Η διάρκεια της παρέμβασης ήταν 4 εβδομάδες, με 3 συνεδρίες ανά εβδομάδα και περιλάμβανε την εξάσκηση της ισορροπιστικής ικανότητας στο Biodex

Stability System στην μονοποδική στήριξη σε σταθερή και ασταθή επιφάνεια και την μονοποδική στήριξη σε ενεργητικά μετακινούμενη επιφάνεια προσθοπίσθια, πλαγιοπλάγια και κυκλικά. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος με τα αποτελέσματα να δείχνουν ότι τα άτομα με αστάθεια είχαν σημαντικά μεγαλύτερο λίκνισμα συγκριτικά με τα υγιή πριν και μετά την προπόνηση ισορροπίας. Σημαντική βελτίωση στην ισορροπιστική ικανότητα παρατηρήθηκε μετά από την ολοκλήρωση του προγράμματος και στις δύο ομάδες αντίστοιχα.

Με την υπόθεση ότι η βελτίωση της στατικής ικανότητας μέσω της προπόνησης ισορροπίας μπορεί να εμποδίσει την πραγματοποίηση συνδεσμικών κακώσεων στην ποδοκνημική, ο Thomas και οι συνεργάτες του (2006) εξέτασαν τις επιδράσεις της λειτουργικής προπόνησης με τη χρήση ειδικών σανδαλιών εξάσκησης σε 16 ασταθή και 16 υγιή άτομα. Η προπόνηση πραγματοποιούνταν 3 φορές την εβδομάδα για 8 εβδομάδες περιλαμβάνοντας την διάταση των μυών της γαστροκνημίας, ισομετρικές συσπάσεις αύξησης της ποδικής καμάρας, βάδιση με ψηλά γόνατα, πλάγια βάδιση, βάδιση με πρόσθια και οπίσθια κατεύθυνση, πλάγιες προβολές και ημικαθίσματα στις ασκήσεις βάδισης, πλάγιων προβολών και ημικαθίσματος γινόταν η χρήση των σανδαλιών εξάσκησης. Η αξιολόγηση της παρέμβασης περιλάμβανε μετρήσεις πριν και μετά από το πέρας αυτής του κέντρου πίεσης κατά τη μονοποδική στήριξη σε προσθιοπίσθιο και πλαγιοπλάγιο επίπεδο. Η χρησιμοποίηση των σανδαλιών εξάσκησης σε συνδυασμό με την εξάσκηση λειτουργικών δραστηριοτήτων βελτίωσε την στατική ικανότητα ως προς το προσθοπίσθιο λίκνισμα τόσο στην ασταθή όσο και στην υγιή ομάδα, ενώ το πλαγιοπλάγιο λίκνισμα μειώθηκε απλά με την συμμετοχή όλων των ατόμων στο λειτουργικό ασκησιολόγιο. Οι συγγραφείς, λοιπόν, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα προγράμματα

εξάσκησης της λειτουργικής ικανότητας βοηθάνε στην βελτίωση της στατικής ικανότητας ανεξάρτητα με τη χρήση των σανδαλιών εξάσκησης.

Ο Kidgell και οι συνεργάτες του (2007) ασχολήθηκαν με την ιδιοδεκτική προπόνηση χρησιμοποιώντας δίσκο ισορροπίας και μικρό τραμπολίνο προκειμένου να αξιολογήσουν πιο από τα δύο μέσα είναι πιο αποτελεσματικό στη βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας. Το δείγμα αποτέλεσαν 20 άτομα που είχαν βιώσει τουλάχιστον ένα περιστατικό διαστρέμματος τα δύο τελευταία χρόνια, χωρίς ωστόσο να χαρακτηρίζονται από τους συγγραφείς ως λειτουργικά ασταθής, με μέσο όρο ηλικίας $25,4 \pm 4,2$ έτη. Με τυχαίο τρόπο τοποθετήθηκαν στην ομάδα του δείγματος ελέγχου, της χρήσης δίσκου ισορροπίας και της χρήσης τραμπολίνου. Το ασκησιολόγιο, που εκτελέστηκε από τις δύο τελευταίες ομάδες τρεις φορές την κάθε εβδομάδα, αφορούσε ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας, εξειδικευμένες για την αστραγαλοκνημική (ραχιαία και πελματιαία κάμψη) και υπαστραγαλική άρθρωση (ανάσπαση έσω και έξω χείλους). Αναφορά καλό είναι να γίνει στο γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες ασκήσεις από τις δύο ομάδες προκειμένου να ερευνηθεί ποίο από τα δύο εργαλεία αποκατάστασης πιθανόν δίνει καλύτερα αποτελέσματα στην ισορροπιστική ικανότητα, καθώς διαφορετικές ασκήσεις θα απαιτούσαν διαφορετική νευρομυϊκή στρατηγική και επομένως θα τροποποιούνταν το αποτέλεσμα της άσκησης. Προοδευτικά αυξανόταν οι απαιτήσεις του γυμναστικού προγράμματος κάθε δεύτερο μικρόκυκλο με δύο τρόπους: με την αύξηση της ποσότητας των ασκήσεων με σκοπό την βελτίωση της αντοχής των μυών της ποδοκνημικής και με την απόκλιση του οπτικού ερεθίσματος για την μεγαλύτερη πρόκληση του στατικού ελέγχου. Το στατικό λίκνισμα αξιολογήθηκε κατά τη μονοποδική στήριξη σε πλατφόρμα δύναμης πριν και μετά την πάροδο των 6 εβδομάδων δείχνοντας σημαντική διαφορά και στις δύο ομάδες πριν και μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Δεν

ανιχνεύτηκε κάποια σημαντική διαφορά όταν συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα των δύο ομάδων μεταξύ τους λόγω της χρήσης των διαφορετικών εργαλείων, τονίζοντας την εξίσου σημαντική προσφορά του μικρού τραμπολίνου στα προγράμματα αποκατάστασης της ιδιοδεκτικότητας.

Το 2008 οι Lee & Lin εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης ιδιοδεκτικότητας σε σύστημα ισορροπίας που περιλαμβάνει βιομηχανική πλατφόρμα ποδοκνημικής (Biomechanical Ankle Platform System) διάρκειας 12 εβδομάδων στην στατική ικανότητα και την αίσθηση της θέσης σε ποδοκνημικές με λειτουργική αστάθεια. Το δείγμα αποτέλεσαν 12 ασταθή άτομα με μέσο όρο ηλικίας $20,08 \pm 1,38$, από τα οποία τα 7 άτομα παρουσίαζαν αστάθεια στο κυρίαρχο κάτω άκρο. Η διάρκεια της κάθε συνεδρίας ανερχόταν στα 20 λεπτά περίπου με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα, ενώ το θεραπευτικό πρόγραμμα περιλάμβανε την εξάσκηση στο BAPS ως εξής: προσθιοπίσθια κύλιση της πλατφόρμας, πλαγιοπλάγια κύλιση της πλατφόρμας, περιστροφή της πλατφόρμας με τη φορά ρολογιού και αντίθετα και μονοποδική στήριξη στο επηρεασμένο άκρο για 3 φορές από 10 δευτερόλεπτα. Ο στατικός έλεγχος αξιολογήθηκε μέσω της μετατόπισης του κέντρου πίεσης κατά την μονοποδική στήριξη με τα μάτια ανοιχτά και κλειστά, ενώ η ενεργητική και παθητική αναπαράσταση του υπτιασμού και πρηνισμού της ποδοκνημικής σε συγκεκριμένες γωνίες μετρήθηκε από το Biodex-3 ισοκινητικό δυναμόμετρο πριν και μετά την ολοκλήρωση του παρεμβατικού προγράμματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέση τιμή της ακτίνας μετατόπισης του κέντρου πίεσης κατά την μονοποδική στήριξη και η απόλυτη τιμή λάθους της προεπιλεγμένης γωνίας της άρθρωσης στον λειτουργικά ασταθή αστράγαλο μειώθηκαν σημαντικά στο τέλος του προγράμματος. Από τα ευρήματα οι συγγραφείς της έρευνας κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η βελτίωση της ισορροπιστικής ικανότητας και η ιδιοδεκτικότητα βελτιώνουν την

νευρομυϊκή λειτουργία ενισχύοντας έτσι την σταθερότητα τη ποδοκνημικής άρθρωσης.

Ενδιαφέρον παρουσίασε η προσπάθεια των Coughlan και Caufield (2007) που επικεντρώθηκαν στην αξιολόγηση προγράμματος ιδιοδεκτικότητας μέσα από λειτουργικές δραστηριότητες όπως η βάδιση και το τρέξιμο σε ομάδα αθλητών. Το αρχικό δείγμα αποτέλεσαν 10 άτομα από τα οποία τα 3 παρουσίαζαν λειτουργική αστάθεια στην ποδοκνημική τους και ένα αντίστοιχο δείγμα ελέγχου. Το πρόγραμμα περιλάμβανε 5 συνεδρίες 4 ασκήσεων την εβδομάδα και είχε συνολική διάρκεια 4 εβδομάδες. Κάθε φορά πραγματοποιούνταν 4 ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας με αύξηση του βαθμού δυσκολίας εκτέλεσής τους κάθε εβδομάδα με σκοπό την μεγαλύτερη πρόκληση του νευρομυϊκού συστήματος. Πριν και μετά την παρέμβαση αξιολογήθηκε ο τρόπος και η ταχύτητα τοποθέτησης της ποδοκνημικής στο οβελιαίο και μετωπιαίο επίπεδο κατά την διάρκεια βάδισης και τρεξίματος σε διάδρομο, με τα αποτελέσματα να μην παρουσιάζουν κάποια αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ των αρχικών και μετέπειτα μετρήσεων. Οι συγγραφείς πιθανολογούν ότι τα ευρήματα αυτά οφείλονται καταρχήν στο μικρό αρχικό δείγμα το οποίο αποτελούνταν από ενεργούς αθλητές, που παρουσίαζαν μία σχετική ευκολία εκτέλεσης των ασκήσεων, ενώ μόλις 3 ήταν τα άτομα που χαρακτηρίστηκαν ως λειτουργικά ασταθή. Αναφορικά με την διάρκεια του προγράμματος θεωρήθηκε πως ήταν σχετικά μικρή για να επιφέρει τις αναμενόμενες αλλαγές σε τυπωμένα πατέντα κίνησης, όπως είναι η βάδιση.

Συμπερασματικά, αν και η βελτίωση της ισορροπιστικής ικανότητας και της ιδιοδεκτικότητας βελτιώνουν την νευρομυϊκή λειτουργία ενισχύοντας την σταθερότητα τη ποδοκνημικής άρθρωσης, δεν μπορεί με ακρίβεια να δοθεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης, τονίζοντας την ανάγκη για επιπλέον ερευνητικές προσπάθειες. Μια τέτοια καινούργια τάση στην αρθρογραφία, που φαίνεται να κερδίζει όλο και πιο πολύ έδαφος

αποτελεί η χρησιμοποίηση στοχαστικού υποβαλβιδικού ερεθισμού (stochastic resonance) στα πλαίσια των παρεμβατικών προγραμμάτων για την βελτίωση της ισορροπιστικής ικανότητας ατόμων με προβλήματα στην στατική τους ικανότητα, όπως οι ηλικιωμένοι (Gravelle et al., 2002), οι διαβητικοί (Priplata et al., 2005), οι ασθενείς που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο (Priplata et al., 2005) και τα άτομα με λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής (Ross et al, 2006; Ross et al., 2007; Ross, 2007).

4. ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟΣ ΥΠΑΙΣΘΗΤΙΚΟΣ ΗΧΗΤΙΚΟΣ ΕΡΕΘΙΣΜΟΣ

4.1 Εισαγωγή

Στην καθημερινότητα ο θόρυβος αντιπροσωπεύει τον εντοπισμό και την μετάδοση πληροφοριών. Προσφάτως έχει αποδειχθεί ότι ένα συγκεκριμένο είδος θορύβου μπορεί να ενισχύσει τον εντοπισμό και την μετάδοση αδύναμων σημάτων σε συγκεκριμένα μη γραμμικά συστήματα, μέσω ενός μηχανισμού γνωστού ως στοχαστική/ τυχαία αντήχηση (ΣΑ). Το φαινόμενο αυτό στηρίζεται στην υπόθεση ότι η ροή πληροφοριών προς ένα σύστημα μπορεί να μεγιστοποιηθεί από την παρουσία ενός συγκεκριμένου, μη μηδενικού επιπέδου θορύβου (Moss et al., 2004). Εξαιτίας της γενικής φύσης αυτού του φαινομένου οι εφαρμογές του κυμαίνονται από την κλασική ως την κβαντική φυσική, τη χημεία, τη βιολογία αλλά και την ιατρική (Hänggi, 2002). Το φαινόμενο αυτό φάνηκε ότι μπορεί να έχει θετική επίδραση στην αισθητικοκινητική λειτουργία (Collins et al., 2003) και ισοροπιστική ικανότητα του ανθρώπου (Gravelle et al., 2002; Priplata et al., 2002; Collins et al., 2003; Priplata et al., 2006), ενώ δύο είναι τα είδη ηχητικού ερεθίσματος που χρησιμοποιούνται στην αρθρογραφία, ο μηχανικός (Priplata et al., 2002; Collins et al., 2003; Priplata et al., 2006) και ο ηλεκτρικός (Gravelle et al., 2002; Collins et al., 2003).

4.2 Μηχανικός θόρυβος

Ένα πιθανό νευρολογικό υπόβαθρο για την επίδραση των μηχανικών ηχητικών σημάτων υποστηρίζει ότι ο θόρυβος προκαλεί μικρές αλλαγές στη διήθηση της μεμβράνης των υποδοχέων που μεταφράζεται σε μικρές διακυμάνσεις στα διαμεμβρανικά δυναμικά των υποδοχέων λόγω της

αλλαγής στην διαπερατότητα των ιόντων. Κατά την προοδευτική εκπόλωση της μεμβράνης, το δυναμικό του νευρώνα πλησιάζει στο κατώφλι πυροδότησης της μεμβράνης στην παρουσία ενός αδύναμου σήματος. Έτσι, λοιπόν, παρουσιάζει μία προδιάθεση στην πυροδότηση ή στην ευαισθητοποίηση από ένα αντίστοιχο μηχανικό ερεθισμό, με αποτέλεσμα ένα υποβαλβιδικό μηχανικό ερέθισμα να γίνεται ανιχνεύσιμο στην παρουσία μηχανικού ήχου (Priplata et al., 2006).

Πρώτες προσπάθειες εφαρμογής μηχανικού θορύβου έγιναν για την ενίσχυση της απτικής αίσθησης στα πλαίσια διερεύνησης της επίδρασης της στοχαστικής αντήχησης στο σωματοαισθητικό σύστημα. Ο Collins και οι συνεργάτες του (2003) εξέτασαν πως επηρεάζει η εφαρμογή ενός εξωτερικού ερεθίσματος την αίσθηση της αφής και κυρίως αν ο θόρυβος προκαλεί αλλαγές στην αντίληψη ενός υποβαλβιδικού απτικού ερεθίσματος. Το δείγμα αποτέλεσαν 10 άτομα, με μέσο όρο ηλικίας 25 έτη. Στην ρόγα του μεσαίου δακτύλου κάθε υποκειμένου ακουμπούσαν ειδικοί υποδοχείς που ήταν τοποθετημένοι στην άκρη ενός κυλινδρικού σωλήνα. Το πρωτόκολλο της έρευνας περιλάμβανε 20 προσπάθειες ισάριθμες και τυχαία διανεμημένες που είτε δινόταν ένα υποβαλβιδικό μηχανικό ερέθισμα είτε όχι πάντα με τη συνοδεία μηχανικού θορύβου. Η ένταση του θορύβου ήταν σταθερή στην κάθε προσπάθεια και διέφερε από προσπάθεια σε προσπάθεια. Χρησιμοποιήθηκαν 7 με 9 διαφορετικές εντάσεις ήχου, με δύο προσπάθειες να πραγματοποιούνται για το κάθε επίπεδο. Οι οδηγίες των ερευνητών προς τους συμμετέχοντες ήταν να υποδεικνύουν οποιοδήποτε ερέθισμα γινόταν αντιληπτό. Αξιολογήθηκε το ποσοστό της σωστής αναγνώρισης του ερεθίσματος, δείχνοντας ότι σε 9 άτομα από το συνολικό δείγμα βεβαιώθηκε η αρχική υπόθεση της μελέτης ότι με την ενίσχυση του υποβαλβιδικού ερεθίσματος με ήχο, το ερέθισμα έγινε αντιληπτό.

Οι ίδιοι συγγραφείς οδηγούμενοι σε αυτό το αποτέλεσμα θέλησαν να εξετάσουν αν το κατώφλι εντοπισμού της αίσθησης της αφής και της δόνησης σε μεγαλύτερους ασθενείς που έχουν βιώσει εγκεφαλικό επεισόδιο ή πάσχουν από διαβητική πολυνευροπάθεια μπορεί να μειωθεί σημαντικά με την παρουσία μηχανικού ήχου. Στην έρευνα μετείχαν 12 υγιή άτομα με μέσο όρο ηλικίας 74 έτη, 5 ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο με μέσο όρο ηλικίας 44 έτη και 8 ασθενείς με διαβητική πολυνευροπάθεια με μέσο όρο ηλικίας 67 έτη. Η πρώτη ομάδα εξετάστηκε στον μέσο του δεξιού χεριού, η δεύτερη στον μέσο του επηρεασμένου άνω άκρου και η τρίτη στον μέσο του δεξιού χεριού και στην κεφαλή του πρώτου μεταταρσίου στον αριστερό τους κάτω άκρο. Ακολουθήθηκε το αντίστοιχο πρωτόκολλο με την προηγούμενη έρευνα και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το όριο του κατωφλιού στο δάκτυλο του άνω άκρου για την αίσθηση της δόνησης με την εφαρμογή του αντιστοίχου μηχανικού θορύβου ήταν σημαντικά χαμηλότερο συγκριτικά με τα ερεθίσματα δόνησης χωρίς την παρουσία μηχανικού θορύβου στα 12 ηλικιωμένα άτομα, υποδεικνύοντας ότι μείωση αυτή ανήλθε στο 29%. Στην δεύτερη ομάδα είχαμε σημαντική βελτίωση στην αντίληψη του μηχανικού ερεθίσματος με την ενίσχυση του θορύβου στα 4 άτομα, μειώνοντας το κατώφλι ερεθισμού κατά 16%. Στην ομάδα των διαβητικών, ο μηχανικός θόρυβος μείωσε σημαντικά το κατώφλι της αίσθησης της αφής και της δόνησης τόσο στο δάχτυλό του δεξιού χεριού όσο και στο πέλμα του αριστερού ποδιού, με ποσοστό μείωσης 32% και 31% αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα απέδειξαν ότι το κατώφλι ερεθισμού της απτικής αίσθησης σε υγιή και ηλικιωμένα άτομα και σε ασθενείς με εγκεφαλικό και διαβητική πολυνευροπάθεια μπορεί να μειωθεί σημαντικά κατά την προσθήκη μηχανικού θορύβου όταν εφαρμόζεται ερέθισμα δόνησης, βελτιώνοντας την απτική ευαισθησία.

Ένα βήμα πιο κάτω κινήθηκε η ερευνητική ομάδα του Priplata (2002) αξιολογώντας την επίδραση του θορύβου στον στατικό έλεγχο, υποθέτοντας ότι το στατικό λίκνισμα μπορεί να μειωθεί σημαντικά κατά την εφαρμογή μηχανικού θορύβου στα πέλματα του άκρου πόδα. Στην μελέτη μετείχαν 14 υγιή άτομα ηλικίας 21- 26 ετών και 16 ηλικιωμένοι με μέσο όρο ηλικίας 72 έτη, που στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε μία ειδικά διαμορφωμένη πλατφόρμα για την παραγωγή μηχανικού ήχου στην πελματιαία επιφάνεια κάθε άκρου. Τα νεαρά άτομα πραγματοποίησαν 20 συνολικά προσπάθειες από τις οποίες μόνο οι δέκα πραγματοποιήθηκαν με την προσθήκη μηχανικού ήχου. Τα ηλικιωμένα άτομα μετείχαν μόνο σε δέκα αντίστοιχες δοκιμασίες (5 με ηχητική παρέμβαση και 5 χωρίς) για να εξαλειφθεί η ανεξάρτητη μεταβλητή της κόπωσης, ενώ από όλους τους συμμετέχοντες ζητήθηκε να έχουν τα μάτια τους κλειστά κατά η διάρκεια των προσπαθειών. Το στατικό λίκνισμα αξιολογήθηκε από τη χαρτογράφηση της προσθιοπίσθιας και πλαγιοπλάγιας μετατόπισης ενός ανακλαστήρα τοποθετημένου στο δεξιό ώμο κάθε υποκειμένου (γράφημα ισορροπίας) και το σύστημα ανάλυσης κίνησης *vision* χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των μετατοπίσεων του ανακλαστήρα κατά την ήρεμη όρθια στάση διάρκειας 30 δευτερολέπτων. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν οι εξής: 1. η μέση ακτίνα του γραφήματος ισορροπίας, 2. η περιοχή του λικνίσματος στη μονάδα του χρόνου, 3. η μέγιστη ακτίνα του λικνίσματος, 4. της εμβέλειας της προσθιοπίσθιας και πλαγιοπλάγιας μετατόπισης, 5. ο μέσος όρος του τετραγώνου της μετατόπισης, 6. ο συντελεστής του τετραγώνου μετατόπισης σε συνάρτηση με το χρόνο και 7. *long term scaling exponent*. Αν και όλες οι προς εξέταση παράμετροι μειώθηκαν κατά την εφαρμογή ήχου, στατιστικά σημαντική μείωση παρατηρήθηκε στην μέση ακτίνα, στην περιοχή λικνίσματος στη μονάδα του χρόνου και στην εμβέλεια της προσθιοπίσθιας μετατόπισης. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι τιμές των ηλικιωμένων πλησίαζαν σημαντικά τις αντίστοιχες του

δείγματος των νεαρών ατόμων όταν εφαρμοζόταν μηχανικός ήχος, με τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ANOVA να πραγματοποιούνται ξεχωριστά για το κάθε υποκείμενο της έρευνας. Συμπερασματικά, η ενίσχυση του ανατροφοδοτικού μηχανισμού και η βελτίωση της ισορροπίας στην όρθια στάση κατά την εφαρμογή υπαισθητικού μηχανικού ήχου στα πέλματα νεαρών και ηλικιωμένων ατόμων βελτιώθηκε σημαντικά και προτάθηκε η χρησιμοποίηση αυτής της μορφής παρέμβασης σε πληθυσμιακές ομάδες με αισθητικά και ισορροπιστικά ελλείμματα.

Την εξέλιξη της ερευνητικής προσπάθειας του Priplata και των συνεργατών του (2006) αποτέλεσε η εξέταση ηλικιωμένων άτομων με αισθητικά ελλείμματα κατά την ήρεμη όρθια θέση. Το δείγμα αποτελούνταν από 3 επιμέρους ομάδες: 1. 15 άτομα με διαβητική πολυνευροπάθεια και μέσο όρο ηλικίας 60 ετών, 2. 15 άτομα με ημιπληγία εξαιτίας εγκεφαλικού επεισοδίου τουλάχιστον 10 μήνες μετά το συμβάν, με μέσο όρο ηλικίας 61 έτη και 3. 12 υγιή ηλικιωμένα άτομα ηλικία 73 ετών κατά μέσο όρο. Στα πέλματα των υποκειμένων τοποθετήθηκαν πάτοι σιλικόνης με ενσωματωμένους δύο υποδοχείς δόνησης στο πρόσθιο τμήμα του άκρου πόδα και έναν στην πτέρνα. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να παραμείνουν στην όρθια θέση με τα μάτια κλειστά, πραγματοποιώντας 10 προσπάθειες, 5 με την εφαρμογή μηχανικού ήχου και 5 χωρίς την εφαρμογή με τυχαία σειρά. Πριν την έναρξη της διαδικασίας, οι ερευνητές καθόρισαν τη βαλβίδα ερεθισμού για το κάθε πόδι, έτσι ώστε το ηχητικό μηχανικό ερέθισμα να είναι υπαισθητικό και τα υποκείμενα να μην γνωρίζουν για την εφαρμογή του. Όπως και στην προηγούμενη μελέτη (Priplata et al., 2002; Collins et al., 2003) έτσι και εδώ αξιολογήθηκαν οι ίδιοι παράμετροι δίνοντας αντίστοιχα αποτελέσματα για όλες τις προς μελέτη ομάδες κατά την εφαρμογή του μηχανικού θορύβου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η παρατήρηση της διαφορετικότητας στο αισθητικό κατώφλι ερεθισμού μεταξύ των διαφορετικών ομάδων. Πιο

συγκεκριμένα, τα άτομα με πολυνευροπάθεια και ημιπληγία είχαν σημαντικά μεγαλύτερη βαλβίδα ερεθισμού συγκριτικά με τα αντίστοιχα υγιή ηλικιωμένα άτομα, πιθανολογώντας τη σημαντικότητα αυτής της ανεξάρτητης μεταβλητής. Ωστόσο, όταν κατά την στατιστική ανάλυση συσχετίστηκαν η ηλικία, το ύψος και το αισθητικό κατώφλι ερεθισμού κάθε υποκειμένου με τους αντίστοιχους δείκτες του λικνίσματος δεν παρουσιάστηκε κάποια αξιοσημείωτη διαφορά.

Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή υπαισθητικού μηχανικού θορύβου που εφαρμόζεται μέσω δονούμενων πιάτων στο πέλμα ατόμων με πολυνευροπάθεια και ημιπληγία μπορεί να μειώσει σημαντικά το στατικό λίκνισμα, αποδεικνύοντας τη σημαντικότητα της χρησιμοποίησης αυτής της τεχνικής στα προγράμματα αποκατάστασης ατόμων με αισθητικά ελλείμματα περιφερικού τύπου (πολυνευροπάθεια) αλλά και κεντρικού τύπου (εγκεφαλικό επεισόδιο), προτείνοντας ότι ο ηχητικός ερεθισμός σε περιφερικούς υποδοχείς μέσω του φαινομένου της στοχαστικής αντήχησης μπορεί να επιδράσει στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Οι περιορισμοί της έρευνας συνοψίζονται στο γεγονός ότι τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την μελέτη αφορούσαν μικρό δείγμα και την αξιολόγηση μόνο της ήρεμης όρθιας θέσης κάτι που δεν επιτρέπει τη γενίκευσή τους στο γενικό πληθυσμό. Μεγαλύτερο δείγμα ελέγχου για τις ίδιες πληθυσμιακές ομάδες αλλά και διερεύνηση του φαινομένου της στοχαστικής αντήχησης σε διαφορετικού τύπου παθολογικές καταστάσεις μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη αντίληψη της επίδρασης του υποβαλβιδικού ηχητικού ερεθίσματος στο αισθητικοκινητικό σύστημα. Επιπλέον, η αξιολόγηση του φαινομένου κατά την εκτέλεση λειτουργικών δραστηριοτήτων όπως η βάδιση, το τρέξιμο κ.α., καθώς επίσης και η σημαντικότητα της απουσίας ή όχι του οπτικού ερεθίσματος μπορεί να δώσει χρήσιμες πληροφορίες για την ολοκληρωμένη θεραπευτική παρέμβαση. Τέλος, αν και μέχρι τώρα

επικρατούσε στην υπάρχουσα αρθρογραφία μία αντίστοιχη τάση διερεύνησης της επίδρασης της μάσκας- κάλυψης (μείωση ενός ερεθίσματος λόγω παρουσίας άλλου) στα διάφορα ερεθίσματα, θα έπρεπε τα προς διερεύνηση στοιχεία να είναι σε κοινή φάση και συχνότητα. Ωστόσο, τα αποτελέσματα των μελετών που προηγήθηκαν έδειξαν ότι ένας υπαισθητικός ήχος, που συνήθως παρατηρείται ως περιορισμός στον εντοπισμό ενός σήματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατάλληλη βάση για την ενίσχυση στον εντοπισμό αδύναμων απτικών ερεθισμάτων. Αυτό το γεγονός είναι σημαντικό αναφορικά με την προοπτική της πρακτικής του εφαρμογής, καθώς μπορεί να αυξηθεί η απτική ευαισθησία στους ανθρώπους με την παρουσία μηχανικού θορύβου χωρίς να είναι απαραίτητη η γνώση των χαρακτηριστικών του εξωτερικού εφαρμοζόμενου ερεθίσματος.

4.3 Ηλεκτρικός θόρυβος

Μία πιθανή θεωρητική βάση για την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής ερεθίσματος ηλεκτρικού ήχου στο ανθρώπινο σωματοαισθητικό σύστημα αποτελεί η ηλεκτρική φύση των πληροφοριών που μετακινούνται από και προς τους αισθητικούς νευρώνες. Πιο συγκεκριμένα, τα χαμηλού επιπέδου σήματα ενός ηλεκτρικού θορύβου μπορεί να προκαλέσουν μικρές αλλαγές στα διαμεμβρανικά δυναμικά των δερματικών υποδοχέων, ευαισθητοποιώντας τους αισθητικούς νευρώνες στην πυροδότηση ενός δυναμικού ενεργείας με την παρουσία ενός αδύναμου σήματος. Ο ηλεκτρικός ήχος φαίνεται να ενθαρρύνει την εκπόλωση της μεμβράνης όταν συνδυαστεί με τα προκλητά δυναμικά ενός μηχανικού ερεθίσματος και μπορούν μαζί να προωθήσουν ένα μηχανισμό κατά το οποίο ένα φυσιολογικό μηχανικό υποβαλβιδικό ερέθισμα, όπως παραδείγματος χάριν οι μικρές αλλαγές στην κατεύθυνση κίνησης ενός

μέλους, να γίνονται αντιληπτές κατά την παρουσία του ηλεκτρικού ήχου (Collins et al., 2003).

Έτσι, λοιπόν, ο Collins και οι συνεργάτες του (2003) μελέτησαν την ικανότητα ενός υποκειμένου να ανιχνεύει ένα υποβαλβιδικό μηχανικό απτικό ερέθισμα κατά την εφαρμογή ενός συγκεκριμένου μη μηδενικού επιπέδου ηλεκτρικού θορύβου, με την υπόθεση ότι αυτός ο ήχος ενισχύει σημαντικά την αισθητική αντίληψη του ατόμου στο οποίο γίνεται η παρέμβαση. Αρχικά εξετάστηκαν 11 υγιή άτομα ηλικίας 18- 27 ετών, στα οποία τοποθετήθηκε στην ρόγα του μεσαίου δακτύλου κάθε υποκειμένου ειδικός υποδοχέας τοποθετημένος στην άκρη ενός κυλινδρικού σωλήνα. Δια μέσου του σωλήνα διαβιβαζόταν ο ηλεκτρικός ήχος (με τη μορφή ηλεκτρικού ρεύματος), εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την εφαρμογή των δύο ερεθισμάτων στο ίδιο σημείο. Το πρωτόκολλο της έρευνας περιλάμβανε 20 προσπάθειες ισάριθμες και τυχαία διανεμημένες που είτε δινόταν ένα υποβαλβιδικό μηχανικό ερέθισμα είτε όχι πάντα με τη συνοδεία υπαισθητικού ηλεκτρικού θορύβου. Η ένταση του θορύβου ήταν σταθερή στην κάθε προσπάθεια και διέφερε από προσπάθεια σε προσπάθεια. Χρησιμοποιήθηκαν 7 με 9 διαφορετικές εντάσεις ήχου, με δύο προσπάθειες να πραγματοποιούνται για το κάθε επίπεδο. Για να χαρακτηριστεί η επίδραση του ήχου ζητήθηκε από το κάθε άτομο να υποδείξει πότε γινόταν αντιληπτό το μηχανικό ερέθισμα και στη συνέχεια αυτές οι αναφορές ποσοτικοποιήθηκαν σε εκατοστιαία κλίμακα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στα 9 άτομα από το συνολικό δείγμα η επίδραση ενός συγκεκριμένου επιπέδου ηλεκτρικού θορύβου ενίσχυσε σημαντικά την ικανότητα αντίληψης υπαισθητικών μηχανικών απτικών ερεθισμάτων.

Στη συνέχεια αξιολόγησαν 9 υγιής ηλικιωμένους με μέσο όρο ηλικίας 75 ετών για την επίδραση της αίσθησης της «απαλής» αφής μέσω των ειδικών ινιδίων Semmes- Weinstein ερεθίζοντας την επιδερμίδα στο σημείο της πρώτης φάλαγγας του πρώτου μεταταρσίου. Για την παραγωγή

του ηλεκτρικού ήχου επιφανειακά ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν πλάγια από την πρώτη μεταταρσιοφαλαγγική άρθρωση του δεξιού ποδιού. Το υποβαλβιδικό μηχανικό ερέθισμα ήταν παρόν σε όλες τις προσπάθειες παράλληλα με την εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού θορύβου σε τέσσερα επίπεδα και σε μία κατάσταση ελέγχου (χωρίς θόρυβο), ενώ οι ηλικιωμένοι ανέφεραν εάν κάποια εφαρμογή ερεθίσματος γινόταν αντιληπτή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι 7 άτομα παρουσίαζαν υψηλότερη αναλογία ανίχνευσης ερεθίσματος (η αναλογία του αριθμού των σωστών ανιχνεύσεων έναντι των συνολικών προσπαθειών) κατά την παρουσία ηλεκτρικού ήχου συγκριτικά με την απουσία αυτού. Η βελτίωση με την εφαρμογή ηλεκτρικού θορύβου βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική σε 5 από τους μετέχοντες χρησιμοποιώντας την συνισταμένη διαχωρισμού (binomial distribution). Η αύξηση της ευαισθησίας στην «απαλή» αίσθηση της αφής κατά την παρουσία αυτού του είδους θορύβου ήταν επίσης στατιστικά σημαντική σε όλο το δείγμα.

Συμπερασματικά, αποδείχτηκε ότι ένα ηλεκτρικό ηχητικό ερέθισμα μπορεί να αποκαλύψει υποβαλβιδικά μηχανικά απτικά ερεθίσματα, αυξάνοντας την ανιχνευσιμότητα των αδύναμων μηχανικών σινιάλων. Παρατηρήθηκε επίσης ότι για να επιδράσει η στοχαστική αντήχηση στο αισθητικό σύστημα του ανθρώπου δεν χρειάζεται ο εφαρμοζόμενος θόρυβος και το ερέθισμα να είναι της ίδιας φύσης. Αυτό οφείλεται πιθανόν στο γεγονός ότι οι δερματικοί υποδοχείς μπορούν να εκπολωθούν με ηλεκτρικό ερεθισμό. Άρα τα ηχητικά ηλεκτρικά σινιάλα μπορούν να επηρεάσουν τα προκλητά δυναμικά των υποδοχέων, προκαλώντας την πυροδότηση ενός δυναμικού ενεργείας και αυξάνοντας την ευαισθησία τους.

Εκτός από την αξιολόγηση της επίδρασης στην σωματοαισθητική λειτουργία η ίδια ομάδα συνεργάστηκε για να διερευνήσει την υπόθεση ύπαρξης αντίστοιχων ευρημάτων κατά την εφαρμογή ηλεκτρικού

υπαισθητικού ερεθισμού στην ισορροπιστική ικανότητα του ατόμου, όταν αυτός εφαρμόστηκε στη άρθρωση του γόνατος σε ηλικιωμένα άτομα. Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 13 υγιή ηλικιωμένα άτομα ηλικίας 68- 79 ετών, στα οποία τοποθετήθηκαν επιφανειακά ηλεκτρόδια στις πλάγιες επιφάνειες του γόνατος στο πόδι στήριξης κατά την εκτέλεση μονοποδικής στήριξης διάρκειας 30 δευτερολέπτων πάνω σε δυναμοδάπεδο. Υποβαλβιδικός ηλεκτρικός θόρυβος διοχετευόταν μέσω των ηλεκτροδίων στις 8 από τις συνολικά 16 προσπάθειες με τυχαία σειρά, ενώ η στατική ικανότητα μετρήθηκε σύμφωνα με την μετατόπιση του κέντρου πίεσης. Οι παράμετροι που καταγράφηκαν ήταν: η σταθερή απόκλιση της προσθιοπίσθιας και πλαγιοπλάγιας μετατόπισης, η μέγιστη προσθιοπίσθια και πλαγιοπλάγια μετατόπιση, η μέση αναλογία των μετατοπίσεων, η μέση αναλογία των μετατοπίσεων στη μονάδα του χρόνου και περιοχή της μετατόπισης στη μονάδα του χρόνου. Βελτίωση της ικανότητας της ισορροπίας ορίστηκε η μείωση του στατικού λικνίσματος, που καθορίζεται από την επιμέρους μείωση των παραμέτρων που αξιολογήθηκαν. Η στατιστική ανάλυση με τη μέθοδο του t- test αποκάλυψε στατιστικά σημαντική βελτίωση σε 6 από τα 7 σημεία που αξιολογήθηκαν κατά την εφαρμογή ηλεκτρικού ήχου, υποδηλώνοντας την καλύτερη της ισορροπιστικής ικανότητας με την επίδραση της στοχαστικής αντίληψης.

Ερευνητικό ερώτημα για τον Gravelle και τους συνεργάτες του (2002) αποτέλεσε η επίδραση του χαμηλού επιπέδου ήχου στην στατική ικανότητα των ηλικιωμένων κατά την εφαρμογή του στην άρθρωση του γόνατος. Η σκέψη που οδήγησε τους συγγραφείς σε αυτήν την προσπάθεια στηρίχτηκε στο γεγονός ότι η μείωση της ιδιοδεκτικότητας στην άρθρωση του γόνατος έχει συσχετιστεί με την διαταραχή του ισορροπιστικού ελέγχου στους ηλικιωμένους. Τονίστηκε, λοιπόν, η ανάγκη για την επικέντρωση της θεραπευτικής παρέμβασης στην βελτίωση της ιδιοδεκτικότητας σε αυτήν την άρθρωση προκαλώντας πιθανόν θετικά

αποτελέσματα στην ισορροπία αυτής της ηλικιακής ομάδας. Στην έρευνα μετείχαν 7 άρρενες και 6 γυναίκες με μέσο όρο ηλικίας $72 \pm 3,2$ έτη, ενώ προηγουμένως είχε αποκλειστεί κάθε υποκείμενο που είχε κάποιο παθολογικό, νευρολογικό ή ορθοπεδικό πρόβλημα. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να διατηρήσουν την ισορροπία τους κατά την μονοποδική στήριξη στο δεξί πόδι, με τα χέρια σταυρωμένα στο στήθος και το βλέμμα προσηλωμένο σε ένα σημείο. Έγινε σύσταση για μικρή κάμψη στην άρθρωση του γόνατος για να αποφευχθεί η κλειδωμένη θέση, ενώ πραγματοποιήθηκαν 16 συνολικά προσπάθειες διάρκειας τουλάχιστον 30 δευτερολέπτων πάνω σε δυναμοδάπεδο. Ηλεκτρικός ερεθισμός εφαρμόστηκε στις 8 προσπάθειες με τυχαία σειρά και η ένταση του ερεθίσματος ήταν σημαντικά χαμηλότερη από το κατώφλι ερεθισμού των δερματικών υποδοχέων όλων των υποκειμένων. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν για την κάθε προσπάθεια αφορούσαν τον καθορισμό του στατικού λικνίσματος και ήταν ίδιοι με αυτούς της προαναφερόμενης έρευνας (Collins et al., 2003), ενώ η ύπαρξη ή όχι ηλεκτρικού ερεθισμού σε συνάρτηση με το στατικό λίκνισμα καθορίστηκε για κάθε άτομο ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν αντίστοιχα ευρήματα με την προηγούμενη ερευνητική προσπάθεια με 6 από τις 7 παραμέτρους να έχουν μειωθεί κατά την εφαρμογή του υπαισθητικού ηλεκτρικού ήχου σε 9 από τα 13 άτομα, υποδεικνύοντας μια γενική βελτίωση της ισορροπιστικής ικανότητας των συμμετεχόντων.

Από την αξιολόγηση των παραπάνω ευρημάτων διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή ηλεκτρικού θορύβου χωρίς να γίνεται αντιληπτός στην άρθρωση του γόνατος ενίσχυσε την ικανότητα του ατόμου για ισορροπία σε υγιή ηλικιωμένα άτομα. Καθώς η βελτίωση δεν περιορίστηκε προς μία μόνο κατεύθυνση του στατικού λικνίσματος, προτάθηκε ότι η διατάραξη της ισορροπίας προς οποιαδήποτε κατεύθυνση μπορεί να αντιμετωπιστεί κατά την εφαρμογή του ηλεκτρικού σήματος.

Αναφορικά με την επιλεγόμενη ένταση του εισαγόμενου στην άρθρωση ήχου, δεν έχει καθοριστεί με σαφήνεια από την υπάρχουσα αρθρογραφία πιο είναι εκείνο το επίπεδο που θα δώσει και τα καλύτερα αποτελέσματα. Κύριο χαρακτηριστικό της στοχαστικής αντήχησης είναι ότι μέτρια ποσότητα επιπρόσθετου ήχου έχει ως αποτέλεσμα την ευαισθητοποίηση του συστήματος εφαρμογής, η οποία αυξάνεται βαθμιαία ως ένα μέγιστο επίπεδο, ενώ περαιτέρου αύξηση στο επίπεδο της έντασης μειώνει τον εντοπισμό ή το περιεχόμενο των πληροφοριών μετάδοσης από το προς μελέτη σύστημα (Moss et al., 2004). Επομένως την μεγαλύτερη θετική επίδραση μπορούμε να την έχουμε σε ένα σχετικά μέτριας έντασης επίπεδο. Ο Gravelle και οι συνεργάτες του (2002) χρησιμοποίησαν μία συγκεκριμένη τιμή ηλεκτρικού ερεθίσματος στα 0.05 mA, χωρίς να προηγηθεί με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο ο καθορισμός αυτής της έντασης.

Επιπλέον, στις δύο τελευταίες μελέτες αξιολογήθηκε η στατική ικανότητα των ηλικιωμένων ατόμων, χωρίς να αναγνωριστεί αν η εφαρμογή του ηλεκτρικού αυτού σήματος έφερε κάποια επίδραση στην ευαισθητοποίηση των αισθητικών υποδοχέων του γόνατος, οι οποίοι είναι και υπεύθυνοι για την ιδιοδεκτική ικανότητα της άρθρωσης. Μια από της μελλοντικές προσεγγίσεις μπορεί να είναι η αξιολόγηση της ιδιοδεκτικής ικανότητας αυτής καθεαυτής κατά την εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού. Μία αντίστοιχη προσέγγιση μπορεί να αφορά και νεότερες ηλικιακά πληθυσμιακές ομάδες που παρουσιάζουν μειωμένη ισορροπιστική και ιδιοδεκτική ικανότητα, όπως συμβαίνει στα άτομα που βιώνουν λειτουργική αστάθεια στην ποδοκνημική διάρθρωση και ο κίνδυνος επανατραυματισμού της άρθρωσης είναι μεγάλος, με απώτερο σκοπό την καλύτερη και αρτιότερη θεραπευτική προσέγγιση.

5. ΕΡΕΥΝΑ

5.1 Άσκηση με χρήση υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού

Στα πλαίσια των προσπαθειών αντιμετώπισης της λειτουργικής αστάθειας τα προγράμματα ασκήσεων νευρομυϊκού συντονισμού εμπλουτίστηκαν με την ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικών ηλεκτρικών ερεθισμάτων με στόχο την βελτίωση της ιδιοδεκτικότητας.

Η πρώτη αρθρογραφική προσπάθεια προς αυτήν την κατεύθυνση πραγματοποιήθηκε από τους Ross & Guskiewicz (2006), οι οποίοι και αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα του προγράμματος ιδιοδεκτικότητας με ή χωρίς την επίδραση του υποβαλβιδικού ηλεκτρικού θορύβου στη δυναμική ισορροπία. Το συνολικό δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 76 άτομα από τα οποία μόλις τα 60 ολοκλήρωσαν την μελέτη, αφού χωρίστηκαν σε 2 ομάδες των 30 ατόμων. Στην πρώτη ομάδα ανήκαν τα άτομα με λειτουργική αστάθεια και στην δεύτερη ομάδα υγιή άτομα αντίστοιχης ηλικίας, ύψους, βάρους, φύλου και εξεταζόμενου ποδιού.

Κάθε ομάδα χωρίστηκε σε 3 υποομάδες των 10 ατόμων κάθε μία από τις οποίες ακολούθησε διαφορετικού τύπου παρέμβαση. Πιο συγκεκριμένα, πρόγραμμα ασκήσεων συντονισμού μονοποδικής στήριξης για 6 εβδομάδες ακολουθήθηκε από 20 άτομα (10 άτομα με λειτουργική αστάθεια και 10 χωρίς) αποτελώντας την Α υποομάδα. Πρόγραμμα ασκήσεων συντονισμού μονοποδικής στήριξης με ταυτόχρονη εφαρμογή υποβαλβιδικού ηλεκτρικού θορύβου για εβδομάδες εφαρμόστηκε αντίστοιχα σε 20 άτομα (υποομάδα Β) ενώ τα υπόλοιπα 20 άτομα αποτέλεσαν την Γ υποομάδα ελέγχου. Όλοι οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στον τομέα της δυναμικής ισορροπίας, καθώς χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία του μονοποδικού άλματος και προσγείωσης (single- leg jump test) πριν, κάθε δύο εβδομάδες κατά τη διάρκεια και μετά

την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Ουσιαστικά, μετρήθηκε η αντίδραση του εδάφους όλες τις χρονικές στιγμές από την στιγμή προσγείωσης στο δυναμοδάπεδο και για 20 δευτερόλεπτα.

Η προπόνηση συντονισμού για την Α και Β υποομάδα περιλάμβανε ασκήσεις μονοποδικής στήριξης με χρήση μάντα αντίστασης και αντίστοιχες ασκήσεις σε ασταθή επιφάνεια και σε πλατφόρμα ισορροπίας, η διάρκεια των οποίων ήταν 10 λεπτών για κάθε συνεδρία, 5 φορές την εβδομάδα για 6 εβδομάδες. Πραγματοποιούνταν τοποθέτηση επιφανειακών ηλεκτροδίων στον πρόσθιο κνημιαίο, στον υποκνημίδιο και στους περνιαίους μύες και στον πρόσθιο αστραγαλοπερονικό και δελτοειδή σύνδεσμο, ωστόσο μόνο στην δεύτερη υποομάδα διοχετευόταν υπαισθητικός ηλεκτρικός διαμορφωμένος θόρυβος κατά την διάρκεια της προπόνησης, με τους συμμετέχοντες να μην γνωρίζουν σε ποία ομάδα ανήκουν.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα άτομα της πρώτης υποομάδας με λειτουργική αστάθεια μείωσαν τον δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο και προσθιοπίσθιο επίπεδο σε κάθε μέτρηση μετά την αρχική, με το δείγμα ελέγχου να μην παρουσιάζει κάποια μεταβολή στις κατά σειρά μετρήσεις. Αναφορικά με τη χρησιμοποίηση του ηλεκτρικού ερεθισμού παρουσιάστηκε μεγαλύτερη βελτίωση στον δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο μετά από 2 και 4 εβδομάδες συμμετοχής σε πρόγραμμα παρέμβασης και μετά από 4 εβδομάδες στον δείκτη ταλάντωσης στο προσθιοπίσθιο επίπεδο, όταν συγκρίθηκαν με τα αντίστοιχα αποτελέσματα της πρώτης υποομάδας. Από όλα τα παραπάνω οι συγγραφείς οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι το πρόγραμμα ασκήσεων συντονισμού μπορεί να βελτιώσει την ισορροπιστική ικανότητα ατόμων που βιώνουν λειτουργική αστάθεια μετά από 4 εβδομάδες, με την μείωση αυτού του χρονικού διαστήματος στις 2 εβδομάδες όταν χρησιμοποιείται ταυτόχρονα με το

ασκησιολόγιο υποβαλβιδικό ηχητικό σήμα, τονίζοντας την ανάγκη για περαιτέρου διερεύνηση.

Ένα χρόνο αργότερα ο Ross (2007) ασχολήθηκε με το ερευνητικό ερώτημα για το εάν το υπαισθητικό διαμορφωμένο ηχητικό ερέθισμα μπορεί να βελτιώσει την στατική ικανότητα ατόμων που πάσχουν από λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής.

Στην προσπάθεια του συμμετείχαν 6 άντρες και 6 γυναίκες με μέσο όρο ηλικίας 22 ± 2 , βάρους 71 ± 16 κιλών και ύψους 173 ± 10 εκατοστών. Κοινό χαρακτηριστικό του δείγματος αποτέλεσε η συμμετοχή τους σε αθλητικές δραστηριότητες για τουλάχιστον 3 ώρες την εβδομάδα και η παρουσία λειτουργικής αστάθειας στην ποδοκνημική διάρθρωση, με τους 10 από το σύνολο να έχουν συμμετάσχει σε ερευνητικό πρόγραμμα που περιλάμβανε ασκήσεις συντονισμού. Η διαδικασία της αξιολόγησης περιλάμβανε μονοποδική στήριξη σε δυναμοδάπεδο με κλειστά τα μάτια για 20 δευτερόλεπτα, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις γινόταν παράλληλη εφαρμογή υποβαλβιδικού ηλεκτρικού θορύβου (Gaussian white noise, zero mean) έντασης 0,05 mA και 0,01 mA αντίστοιχα. Οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν 4 προσπάθειες σε για κάθε προς εξέταση περίπτωση σε τυχαία σειρά, χωρίς να γνωρίζουν τις συνθήκες μέτρησης.

Οι ταχύτητες μετατόπισης του κέντρου πίεσης στο προσθιοπίσθιο και μετωπιαίο επίπεδο συνδυάστηκαν σε μία φόρμα συγκεντρωτικού διανύσματος (COPV-R). Αξιολογήθηκαν όλες οι προσπάθειες (χωρίς ή με την εφαρμογή του ερεθίσματος) με την μείωση των ταχυτήτων να δηλώνει βελτίωση στην ισορροπιστική ικανότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση ($p < 0,05$) στη στατική ικανότητα όταν συγκρίθηκαν οι προσπάθειες χωρίς την εφαρμογή ερεθίσματος ($7,20 \pm 1,03$ cm/sec) και με την εφαρμογή ερεθίσματος ($6,60 \pm 1,06$ cm/sec), υποδηλώνοντας ότι ο τυχαίος υποβαλβιδικός ερεθισμός στο μυοτενόντιο και συνδεσμικό σύνολο της ποδοκνημικής μπορεί να ενισχύσει τον

εντοπισμό των αδύναμων αισθητικοκινητικών σινιάλων που συσχετίζονται με τον ισορροπιστικό έλεγχο, ακόμα και χωρίς την εξάσκηση ειδικού προγράμματος ασκήσεων προαγωγής της ισορροπιστικής ικανότητας. Παράλληλα συστήνεται από τους συγγραφείς η περαιτέρω διερεύνηση των εντάσεων του εφαρμοζόμενου υπαισθητικού ερεθίσματος για τον καθορισμό του κατάλληλου επιπέδου αυτής για την βελτίωση της ισορροπίας.

Ταυτόχρονα ο Ross με την συγγραφική του ομάδα (2007) την ίδια χρονιά διερεύνησε την βελτίωση της στατικής ικανότητας όταν προηγουμένως ακολουθήθηκε πρόγραμμα ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας 6 εβδομάδων με και χωρίς την εφαρμογή στοχαστικού υπαισθητικού ερεθισμού. Το υλικό της μελέτης αποτέλεσαν 16 γυναίκες και 14 άνδρες με ιστορικό λειτουργικής αστάθειας και στη συνέχεια διαχωρίστηκαν σε 3 ομάδες ανάλογα με την παρέμβαση που δέχτηκαν. Η πρώτη ομάδα συμμετείχε σε συμβατικό πρόγραμμα ασκήσεων συντονισμού, η δεύτερη ακολούθησε το ίδιο πρόγραμμα με την ταυτόχρονη εφαρμογή υποβαλβιδικού ερεθίσματος και η τρίτη αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου. Η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, η διαμόρφωση του ερεθίσματος και το πρόγραμμα παρέμβασης ήταν αντίστοιχα της έρευνας των Ross & Guskiewicz (2006). Ωστόσο, σε αυτήν την περίπτωση αξιολογήθηκε η στατική ισορροπιστική ικανότητα των εξεταζομένων κατά την εκτέλεση τριών προσπαθειών μονοποδικής στήριξης με ανοιχτά τα μάτια, διάρκειας 20 δευτερολέπτων, χρησιμοποιώντας ως δείκτες τις ταχύτητες μετακίνησης του κέντρου πίεσης στο προσθιοπίσθιο και μετωπιαίο επίπεδο, τη σταθερή απόκλιση του κέντρου πίεσης στο μετωπιαίο επίπεδο, την μέγιστη εμβέλεια κίνησης του κέντρου πίεσης στο μετωπιαίο επίπεδο και την περιοχή μετατόπισης του κέντρου πίεσης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση ($p < 0.05$) για κάθε έναν από τους προς εξέταση παραμέτρους στην ομάδα που

χρησιμοποιήθηκε το υποβαλβιδικό ερέθισμα παράλληλα με το ασκησιολόγιο ιδιοδεκτικότητας, χωρίς να παρατηρείται αντίστοιχη βελτίωση στις δύο άλλες προς εξέταση ομάδες. Τα παραπάνω ευρήματα υποδηλώνουν την βελτίωση της στατικής ικανότητας των ατόμων με λειτουργική αστάθεια όταν ακολουθείται 6 εβδομάδων πρόγραμμα παρέμβασης με ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικού ηχητικού ερεθίσματος στην περιοχή της ποδοκνημικής, συστήνοντας την περαιτέρου διερεύνηση του θέματος μακροπρόθεσμα, ιδιαίτερα αναφορικά με την μείωση των επαναλαμβανόμενων περιστατικών διαστρέμματος σε ενεργά αθλητικά άτομα με λειτουργική αστάθεια.

5.2 Σκοπός

Η τάση που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια για τη χρησιμοποίηση του στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού ως εναλλακτική μορφή προσέγγισης στα προγράμματα αποκατάστασης λειτουργικά ασταθούς ποδοκνημικής αποτέλεσε το έναυσμα της παρούσας μελέτης. Στόχο αυτής της ερευνητικής προσπάθειας αποτέλεσε η επίδραση της εξάσκησης της ιδιοδεκτικότητας της ποδοκνημικής με ηλεκτρικό ερεθισμό μεταβλητών παραμέτρων με τυχαίο τρόπο στη βελτίωση της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας και της ισορροπιστικής ικανότητας. Η αίσθηση της δύναμης αποτυπώνει τη δυνατότητα επεξεργασίας των ιδιοδεκτικών ερεθισμάτων από τα ανώτερα εγκεφαλικά κέντρα, ενώ η διερεύνηση της από την υπάρχουσα αρθρογραφία είναι σαφώς περιορισμένη ιδιαίτερα αναφορικά με την λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής. Από την άλλη η αξιολόγηση της στατικής και δυναμικής ισορροπίας αποτέλεσε αντικείμενο ενασχόλησης πολλών ερευνητών δίνοντας τη δυνατότητα αποκάλυψης των λειτουργικών ελλειμμάτων της άρθρωσης, με μικρή

αναφορά ωστόσο στην ταυτόχρονη ενασχόληση με αυτούς τους δύο υποτομείς της ισορροπιστικής ικανότητας.

5.3 Ερευνητικές υποθέσεις

1^η μηδενική υπόθεση:

Δεν υπάρχει καμία στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ της επίδοσης στην ικανότητα αναπαραγωγής της αίσθησης της δύναμης στο επίπεδο του 20% και 60% της μέγιστης δύναμης με ανοιχτά και κλειστά μάτια πριν και μετά από το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης με την ταυτόχρονη εφαρμογή στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού στην ομάδα λειτουργικής αστάθειας.

$$H_0^1: \mu_1 \text{ πριν} = \mu_1 \text{ μετά}$$

1^η ερευνητική υπόθεση:

Το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης με την ταυτόχρονη εφαρμογή στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού βελτιώνει την ικανότητα αναπαραγωγής της αίσθησης της δύναμης σε ασθενείς με λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής.

$$H_a^1: \mu_1 \text{ πριν} \neq \mu_1 \text{ μετά}$$

2^η μηδενική υπόθεση:

Δεν υπάρχει καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της επίδοσης στον τομέα της στατικής και δυναμικής ισορροπιστικής ικανότητα πριν και μετά από το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης με την ταυτόχρονη εφαρμογή στοχαστικού υποβαλβιδικού

ηλεκτρικού ερεθισμού στην ομάδα λειτουργικής αστάθειας.

$$H_0^2: \mu_2 \text{ πριν} = \mu_2 \text{ μετά}$$

2^η ερευνητική υπόθεση:

το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης με την ταυτόχρονη εφαρμογή στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού θα μειώσει το εύρος ταλάντωσης του κέντρου πίεσης κατά την προσγείωση από άλμα α) στο μετωπιαίο επίπεδο, β) στο οβελιαίο επίπεδο.

$$H_a^2: \mu_2 \text{ πριν} \neq \mu_2 \text{ μετά}$$

Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $\alpha=0,05$.

5.4 Μέθοδος

5.4.1 Δείγμα

Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν συνολικά 26 άτομα, από τα οποία οι 18 ήταν γυναίκες και οι 8 άνδρες. Όλοι ήταν σπουδαστές του τμήματος φυσικοθεραπείας του Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών, παράρτημα Αιγίου και η συμμετοχή τους στην έρευνα ήταν εθελοντική. Οι δοκιμαζόμενοι αφού ενημερώθηκαν για τους σκοπούς και την διαδικασία της έρευνας δέχτηκαν να συμμετέχουν στο παρεμβατικό πρόγραμμα, με τη δυνατότητα να μπορούν να εγκαταλείψουν οποιαδήποτε στιγμή τη διαδικασία για οποιοδήποτε λόγο. Όλοι οι φοιτητές πριν τη συμμετοχή τους συμπλήρωσαν ερωτηματολόγιο μέσω του οποίου αποκλείστηκαν άτομα με ιστορικό σοβαρών τραυματισμών στα κάτω άκρα την τελευταία διετία και περιστατικά διαστρέμματος της ποδοκνημικής το τελευταίο εξάμηνο. Τα κριτήρια αποκλεισμού επίσης περιλάμβαναν οπτικά ελλείμματα με

αποτέλεσμα την απώλεια της ισορροπίας, νευρολογικές δυσλειτουργίες και παθολογικές καταστάσεις που να μην επιτρέπουν τη άρτια συμμετοχή των ατόμων στο πρόγραμμα. Επίσης δόθηκαν οδηγίες στους δοκιμαζόμενους κατά την προσαγωγή τους στις συνεδρίες αξιολόγησης και παρέμβασης που περιλάμβαναν το ελαφρύ ντύσιμο, την κατανάλωση αρκετών υγρών καθώς η όλη διαδικασία της μελέτης πραγματοποιήθηκε τους καλοκαιρινούς μήνες, τον ύπνο διάρκειας 8 ωρών και την αποφυγή συμμετοχής σε έντονης μορφής αθλητική δραστηριότητα καθόλη την εξέλιξη του προγράμματος και οποιασδήποτε μορφής γύμνασης 5 ώρες πριν από κάθε θεραπευτική συνεδρία.

Από το αρχικό δείγμα 23 άτομα ολοκλήρωσαν την μελέτη (17 γυναίκες και 6 άντρες), με το 34% να ασχολείται με κάποια μορφή άσκησης 3 φορές την εβδομάδα για τουλάχιστον μία ώρα. Στον πίνακα φαίνονται τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων. Ο μέσος όρος ηλικίας για όλους τους δοκιμαζόμενους ήταν 24,73 έτη με τυπική απόκλιση τα 4 έτη και 3 μήνες. Ο μέσος όρος ύψους ήταν 172 εκατοστά και η τυπική απόκλιση ± 7 εκατοστά, ενώ ο μέσος όρος βάρους κυμαινόταν στα 76,39 κιλά με την τυπική απόκλιση στα $\pm 20, 48$ κιλά.

Πίνακας 5.1 Σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	X	SD	MIN	MAX
ΗΛΙΚΙΑ	24,73	4,28	21	33
ΥΨΟΣ	172 cm	7 cm	160 cm	194 cm
ΒΑΡΟΣ	76,39 kg	20,48 kg	47 kg	127 kg

Το 35% του συνολικού δείγματος είχε υποστεί τουλάχιστον μία φορά διάστρεμμα στην ποδοκνημική διάρθρωση, με μόνο το ένα άτομο να έχει ακολουθήσει πρόγραμμα αποκατάστασης χωρίς ωστόσο να

συμπεριλαμβάνει ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας. Αναφορικά με τους τραυματισμούς του κάτω άκρου, μόλις 3 άτομα με κοινό χαρακτηριστικό τους γνώρισμα την ενασχόλησή τους με τον αθλητισμό, ανέφεραν σοβαρή κάκωση στην άρθρωση του γόνατος και ανάλογη θεραπευτική αποκατάσταση.

Από το σύνολο των 23 ατόμων, τα 14 άτομα άνηκαν στην ομάδα της λειτουργικής αστάθειας της ποδοκνημικής (10 γυναίκες και 4 άνδρες) και τα 9 άτομα αποτέλεσαν το δείγμα ελέγχου (7 γυναίκες και 2 άνδρες). Τα κριτήρια καθορισμού της λειτουργικής αστάθειας περιλάμβαναν το ιστορικό πραγματοποίησης τουλάχιστον ενός διαστρέμματος που απαιτούσε ακινητοποίηση στην δεξιά ή αριστερή ποδοκνημική, τουλάχιστον δυο επακόλουθα περιστατικά διαστρέμματος μικρότερης σοβαρότητας και αναφορά στο αίσθημα αστάθειας της ποδοκνημικής σε καθημερινές δραστηριότητες τα δύο τελευταία χρόνια. Επιπλέον, για τον καθορισμό της λειτουργικής αστάθειας χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο αστάθειας ποδοκνημικής Cumberland (Hiller et al., 2006). Ως κυρίαρχο κάτω άκρο καθορίστηκε το δεξί για 19 άτομα και το αριστερό για τα υπόλοιπα 4 μέσω ενός ερωτηματολογίου ποδοπλευρικότητας.

5.4.2 Εργαλεία

Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαλεία: 1. ερωτηματολόγιο για τον καθορισμό της ποδοπλευρικότητας (ref), 2. το ερωτηματολόγιο αστάθειας ποδοκνημικής Cumberland (Hiller et al., 2006), 3. το ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex (System-3, Shirley inc., NY) 4. ο πελματογράφος e-med (Novel), 5. η ηλεκτροθεραπεία BTL- 5825 S-Combi και 6. πρόγραμμα ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας .

1. Ερωτηματολόγιο ποδοπλευρικότητας (ref).

Η κλίμακα περιλαμβάνει τις εξής ερωτήσεις:

- i) σε ποιο πόδι στηρίζεις περισσότερο το βέρος του σώματος για να ξεκουραστείς στην όρθια στάση
- ii) ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να ισοροπήσεις σε μία δοκό
- iii) ποιο πόδι χρησιμοποιείς για να κλωτσήσεις μια μπάλα
- iv) με ποιο πόδι θα πατήσεις για να κάνεις άλμα εις μήκος
- v) εάν έπρεπε να αναπηδήσεις στο ένα πόδι ποιο θα χρησιμοποιούσες

Οι πιθανές απαντήσεις είναι τρεις: 1. με το αριστερό, 2. και με τα 2 πόδια το ίδιο και 3. με το δεξί. Ανάλογα με τις φορές που επιλέγεται το κάθε πόδι για τη κάθε ερώτηση καθορίζεται και το κυρίαρχο μέλος για τον κάθε ερωτηθέν. Στις περιπτώσεις που υπήρχε ίδιος αριθμός απαντήσεων για το δεξί και αριστερό άκρο, η κυριαρχία οριζόταν από την απάντηση που δόθηκε από το κάθε άτομο στην δεύτερη ερώτηση.

2. The Cumberland ankle instability tool (CAIT) (Hiller et al., 2006).

Το ερωτηματολόγιο αστάθειας ποδοκνημικής του Cumberland περιλαμβάνει 9 ερωτήσεις που αφορούν την λειτουργική κατάσταση της ποδοκνημικής κατά την διάρκεια εκτέλεσης κάποιων σχετικά απλών δραστηριοτήτων. Πιο συγκεκριμένα η πρώτη ερώτηση αφορά τον πόνο στην άρθρωση, δίνοντας ως πιθανές απαντήσεις τη μη ύπαρξη πόνου και την ύπαρξη πόνου κατά την διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων, κατά το τρέξιμο σε ανώμαλη επιφάνεια, κατά το τρέξιμο σε επίπεδη επιφάνεια, κατά το περπάτημα σε ανώμαλη επιφάνεια και το περπάτημα σε επίπεδη επιφάνεια. Η δεύτερη ερώτηση αναφέρεται στην αίσθηση της αστάθειας της ποδοκνημικής, με πιθανές απαντήσεις τη μη ύπαρξη αστάθειας και την ύπαρξη αστάθειας μερικές φορές κατά τη διάρκεια αθλητικής δραστηριότητας, πάντα κατά την διάρκεια αθλητικής δραστηριότητας, μερικές φορές κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων και πάντα κατά την διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων. Από την τρίτη και μέχρι

την έβδομη ερώτηση γίνεται αναφορά στην αστάθεια της ποδοκνημικής κάτω από συγκεκριμένες καταστάσεις όπως απότομες στροφικές κινήσεις της άρθρωσης, κατέβασμα σκαλοπατιών, μονοποδική στήριξη, αναπηδήσεις, άλματα, τρέξιμο και περπάτημα σε ανώμαλες και επίπεδες επιφάνειες. Οι πιθανές απαντήσεις περιλαμβάνουν την μη ύπαρξη αστάθειας και την παρουσία της από τις πιο εύκολες στις πιο δύσκολες συνθήκες προοδευτικά. Η όγδοη ερώτηση ασχολείται με την δυνατότητα που μπορεί να έχει ένα άτομο να αναστρέψει ένα περιστατικό διαστρέμματος και η ένατη με το χρόνο επαναφοράς της ποδοκνημικής στην προηγούμενη της κατάσταση μετά από ένα τυπικό περιστατικό διαστρέμματος ή αστάθειας. Για κάθε μία από τις παραπάνω ερωτήσεις δίνονται από 3 έως 6 πιθανές απαντήσεις με προοδευτικό βαθμό δυσκολίας για την εκτέλεση της προς μελέτης δραστηριότητας, ενώ επιπλέον δίνεται η δυνατότητα συμπλήρωσης της κλίμακας και για τα δύο πόδια. Κάθε μία απάντηση βαθμολογείται από 0 έως 3 βαθμούς που αθροίζονται για το κάθε πόδι χωριστά με τη μέγιστη βαθμολογία να αγγίζει τους 30 βαθμούς και τα χαμηλότερα σκορ να επισημαίνουν την ύπαρξη της λειτουργικής αστάθειας. Το κατώφλι ορισμού της ύπαρξης αστάθειας αποτέλεσε η βαθμολογία 27,5. Υψηλότερες τιμές από αυτή τη βάση δηλώνουν σταθερότητα και χαμηλότερες αστάθεια στην ποδοκνημική άρθρωση. Η ευαισθησία του ερωτηματολογίου αγγίζει την τιμή του 82.9%, η εξειδίκευση 74,4% και η αξιοπιστία κατά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις 96% (Hiller et al., 2006).

3. Ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex System -3 (Biodex Corp., Shirley inc, NY)

Το ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex System -3 (Biodex Corp., Shirley inc, NY) είναι ένα δυναμόμετρο υψηλής τεχνολογίας που δίνει τη δυνατότητα μέτρησης διαφόρων παραμέτρων της μυϊκής απόδοσης σε όλες τις μεγάλες περιφερικές αρθρώσεις και σε κινήσεις στα τρία επίπεδα.

Αποτελείται από μια μονάδα ελέγχου της αντίστασης, μια καρέκλα για την τοποθέτηση του δοκιμαζόμενου, μια πλήρη σειρά από μοχλούς αντίστασης ειδικά διαμορφωμένους για όλες τις περιφερικές αρθρώσεις και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Το δυναμόμετρο αυτό λέγεται ισοκινητικό διότι η ταχύτητα κίνησης του μέλους εκτός από τα διαστήματα επιτάχυνσης και επιβράδυνσης είναι σταθερή. Αυτό μαζί με τον ακριβή προγραμματισμό της τροχιάς κίνησης του μέλους και κατά συνέπεια του μήκους των μυών διασφαλίζει τον έλεγχο των βασικών παραγόντων που επιδρούν στη μυϊκή απόδοση (ταχύτητα κίνησης και μήκος μύος). Κατά συνέπεια η ισοκινητική δυναμομέτρηση αποτελεί τον πιο αξιόπιστο και ακριβή τρόπο μέτρησης της μυϊκής απόδοσης. Η επίδοση καταγράφεται ως ροπή στρέψης με συχνότητα δειγματοληψίας 100 Hz σε όλη την τροχιά κίνησης και είναι δυνατή η ανάλυσή της στο σύνολο της τροχιάς κίνησης.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα του ισοκινητικού δυναμομέτρου είναι η αξιολόγηση της μυϊκής απόδοσης κατά την ισομετρική σύσπαση. Στην συγκεκριμένη μελέτη έγινε καταγραφή της ισομετρικής συστολής των πελματιαίων καμπτήρων διάρκειας 5 δευτερολέπτων, με λήψη 100 αποτυπωμάτων το δευτερόλεπτο.

4. Πελματογράφος emed (Novel)

Ο πελματογράφος emed της Novel είναι ένα ακριβές ηλεκτρονικό σύστημα μέτρησης για την καταγραφή και την αξιολόγηση της κατανομής των κάθετων δυνάμεων που ασκεί το πέλμα στο έδαφος κατά τη διάρκεια στατικών και δυναμικών μετρήσεων. Η μέθοδος μέτρησης βασίζεται σε διαβαθμισμένους αισθητήρες, οι οποίοι καλύπτουν την επιφάνεια της πλατφόρμας με τα σήματα, που παράγονται από αυτούς να εμφανίζονται ως έγχρωμη εικόνα στην οθόνη του υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα η πλατφόρμα του πελματογράφου τοποθετείται σε διάδρομο βάδισης στο ίδιο επίπεδο με το έδαφος, περιέχει 6.080 υψηλής ευαισθησίας αισθητήρες πίεσης, επιφάνειας $0,25 \text{ cm}^2$, που μπορούν να καταγράψουν την πίεση που

εφαρμόζεται από το πέλμα κατά την στατική και δυναμική στήριξη για τιμές από 0-127 N/cm². Τα δεδομένα αυτά συλλέγονται με συχνότητα 100 δειγμάτων το δευτερόλεπτο και αναλύονται από το ειδικό λογισμικό της εταιρίας, δίνοντας πληροφορίες για τη μέγιστη τιμή της εφαρμόσιμης πίεσης και τη χρονική εφαρμογή της πίεσης. Στη συγκεκριμένη μελέτη καταγράφηκαν οι αποστάσεις ταλάντωσης στο μετωπιαίο και οβελιαίο άξονα, που αντιπροσωπεύουν την απόσταση της προσθιοπίσθιας και πλάγιας μετατόπισης από το κέντρο της ισορροπίας σε εκατοστά.

5. Ηλεκτροθεραπεία BTL- 5825 S- Combi

Το μοντέλο της ηλεκτροθεραπευτικής μονάδας που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται BTL- 5825 S- Combi. Αποτελεί μία συνδυαστική θεραπευτική μονάδα με 3 ανεξάρτητα κανάλια και δυνατότητα εφαρμογής δύο διαφορετικών ειδών θεραπείας (ηλεκτροθεραπείας και υπερήχου). Η κεντρική μονάδα είναι με οθόνη αφής εύκολη στο χειρισμό της και με εύχρηστο κατάλογο των προγραμμάτων που περιλαμβάνει. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό της είναι ότι εκτός από την πληθώρα των ρευμάτων που παράγει (γαλβανικό, tens, παρεμβαλλόμενα, διαδυναμικά κ.α.) υπάρχει δυνατότητα διαμόρφωσης των παραμέτρων του ρεύματος από τον ίδιο τον θεραπευτή ανάλογα πάντα με το θεραπευτικό στόχο, γεγονός που επέτρεψε το σχεδιασμό του κατάλληλου είδους ρεύματος για την συγκεκριμένη παρέμβαση. Δίνει τη δυνατότητα ταυτόχρονης εφαρμογής δύο διαφορετικών κυκλωμάτων και μέσα στον εξοπλισμό της περιλαμβάνονται διάφορα είδη και μεγέθη ηλεκτροδίων. Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτρόδια από καουτσούκ και μεγέθους 3x3 εκατοστών.



Εικόνα 5.1. Ηλεκτροθεραπεία BTL-5825 S- Combi

6. Πρόγραμμα ασκήσεων

Το πρόγραμμα παρέμβασης περιλάμβανε 5 ασκήσεις με προοδευτικά αυξανόμενη δυσκολία όπως περιγράφεται στον πίνακα. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση του προγράμματος αποτέλεσαν μία σανίδα μήκους 2 μέτρων και πλάτους 10 εκατοστών από αφρώδη υλικό, ένας δίσκος ισορροπίας και δύο ελαστικοί μάντες μέτριας και μεγάλης δυσκολίας αντίστοιχα.

Πίνακας 5.2 Ασκήσεις προπόνησης της ιδιοδεκτικότητας και παράμετροι από την 1^η- 5^η προπονητική μονάδα

ΑΣΚΗΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ
Μονοποδική στήριξη σε επίπεδη επιφάνεια	Στήριξη με κλειστά μάτια και τα χέρια σε θέση μεσολαβής	3 σετ x 20 δευτερόλεπτα
Μονοποδική στήριξη σε αφρώδη/ μαλακή επιφάνεια φάρδους 10 εκ.	Στήριξη με ανοιχτά μάτια και τα χέρια σε θέση μεσολαβής	3 σετ x 20 δευτερόλεπτα

Μονοποδική στήριξη και εκτέλεση ημικαθίσματος	Ημικάθισμα με το ισχίο και το γόνατο μέχρι 30-40 ⁰ κάμψης Μάτια ανοιχτά Χέρια σε θέση μεσολαβής	3 σετ x 10 επαναλήψεων
Περιστροφικές κινήσεις στο ένα σκέλος πάνω σε δίσκο ισορροπίας	Οι περιστροφικές κινήσεις περιλαμβάνουν στροφές προς τη φορά του ρολογιού και αντίθετα	3 σετ x 30 δευτερόλεπτα για κάθε φορά
Λάστιχο αντίστασης μέτριας δυσκολίας σταθεροποιημένο από τη μία πλευρά σε ακίνητη κολόνα (σε απόσταση 50 εκατοστών)	Μονοποδική στήριξη του εξεταζόμενου μέλους με το γόνατο σε έκταση και χρήση του ιμάντα αντίστασης στο πόδι αιώρησης καθώς εκτελεί κάμψεις, εκτάσεις, προσαγωγές και απαγωγές ισχίου	3 σετ x 15 επαναλήψεων για την κάθε κατεύθυνση κίνησης

Από την έκτη προπονητική συνεδρία το πρόγραμμα των ασκήσεων διαμορφώθηκε σύμφωνα με την αρχή της προοδευτικότητας όπως φαίνεται στον πίνακα. Πιο συγκεκριμένα η αύξηση της επιβάρυνσης περιλάμβανε τον αποκλεισμό του οπτικού ερεθίσματος, την αύξηση του αριθμού επαναλήψεων και του χρόνου εκτέλεσης των ασκήσεων και την χρησιμοποίηση υλικών μεγαλύτερων απαιτήσεων (ελαστικός ιμάντας μεγαλύτερης δυσκολίας).

Πίνακας 5.3 Ασκήσεις προπόνησης της ιδιοδεκτικότητας και παράμετροι από την 6^η- 10^η/12^η προπονητική μονάδα

ΑΣΚΗΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ
Μονοποδική στήριξη σε αφρώδη/ μαλακή επιφάνεια φάρδους 10 εκ.	Στήριξη με κλειστά μάτια και τα χέρια σε θέση μεσολαβής	3 σετ x 20 δευτερόλεπτα
Μονοποδική στήριξη και εκτέλεση ημικαθίσματος	Ημικάθισμα με το ισχίο και το γόνατο μέχρι 30-40 ⁰ κάμψης Μάτια κλειστά Χέρια σε θέση μεσολαβής	3 σετ x 10 επαναλήψεων
Περιστροφικές κινήσεις στο ένα σκέλος πάνω σε δίσκο ισορροπίας	Οι περιστροφικές κινήσεις περιλαμβάνουν στροφές προς τη φορά του ρολογιού και αντίθετα	3 σετ x 45 δευτερόλεπτα για κάθε φορά
Λάστιχο αντίστασης μεγάλης δυσκολίας σταθεροποιημένο από τη μία πλευρά σε ακίνητη κολόνα (σε απόσταση 50 εκατοστών)	Μονοποδική στήριξη του εξεταζόμενου μέλους με το γόνατο σε έκταση και χρήση του ιμάντα αντίστασης στο πόδι αιώρησης καθώς εκτελεί κάμψεις, εκτάσεις, προσαγωγές και απαγωγές ισχίου	3 σετ x 20 επαναλήψεων για την κάθε κατεύθυνση κίνησης

5.4.3 Διαδικασία μέτρησης

Η όλη πειραματική διαδικασία περιλάμβανε τέσσερα στάδια:

- A. Τη λήψη ιστορικού τραυματισμών των κάτω άκρων, των δημογραφικών στοιχείων των συμμετεχόντων, τον καθορισμό της ποδοπλευρικότητας και της ύπαρξης ή όχι λειτουργικής αστάθειας.
- B. Το στάδιο της πρώτης αξιολόγησης της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας και της ισορροπιστικής ικανότητας.
- Γ. Το πρόγραμμα παρέμβασης με την παράλληλη εφαρμογή ηλεκτρικού ερεθισμού μεταβλητών παραμέτρων με τυχαίο τρόπο.
- Δ. Το τελευταίο στάδιο της επαναξιολόγησης της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας και της ισορροπιστικής ικανότητας.

Τα δύο πρώτα στάδια πραγματοποιούνταν την ίδια μέρα, ενώ το τρίτο είχε διάρκεια 3 εβδομάδες. Το τέταρτο στάδιο πραγματοποιήθηκε δύο μέρες μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος παρέμβασης από το κάθε υποκείμενο, ολοκληρώνοντας την ερευνητική διαδικασία.

Όλοι οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στο εργαστήριο της εμβιομηχανικής του τμήματος φυσιοθεραπείας Αιγίου με αθλητική ενδυμασία και ενημερώθηκαν για τους σκοπούς και τη διαδικασία της έρευνας. Στη συνέχεια συμπληρώθηκε από τον ερευνητή με τη μέθοδο της προσωπικής συνέντευξης το ερωτηματολόγιο του ιστορικού, της ποδοπλευρικότητας και της λειτουργικής αστάθειας (CAIT) για το κάθε άτομο. Από τις απαντήσεις που δόθηκαν ορίστηκε το κυρίαρχο κάτω άκρο για το κάθε συμμετέχοντα, ενώ ανάλογα με το σκορ του ερωτηματολογίου CAIT ορίστηκε αν το άτομο ανήκει στην ομάδα που βιώνει λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής σε ένα από τα δύο άκρα.

Από τον ίδιο ερευνητή μετρήθηκε το ύψος, το βάρος, το μήκος του πέλματος και το μέγιστο κάθετο άλμα για κάθε υποκείμενο. Για το υπολογισμό του μέγιστου άλματος ζητήθηκε από τον κάθε συμμετέχοντα

να εκτελέσει 3 μέγιστες προσπάθειες άλματος δύο ποδιών σε απόσταση 70 εκατοστών από ένα βαθμονομημένο τοίχο με το άνω άκρο της επιλογής τους σε κάμψη ώμου 180^0 και πλήρη έκταση στην άρθρωση του αγκώνα. Στο μέγιστο σημείο του άλματός τους άγγιζαν με τα δάκτυλα του ανυψωμένου χεριού τον τοίχο υποδεικνύοντας την τιμή του κάθετου άλματος. Η καλύτερη από τις 3 προσπάθειες καταγραφόταν και υπολογιζόταν το 50- 55% του ύψους του άλματος για τη δοκιμασία της αξιολόγησης της δυναμικής ισορροπίας. Στη συνέχεια ξεκινούσε η διαδικασία αξιολόγησης της αίσθησης της δύναμης και της στατικής και δυναμικής ισορροπίας.

5.4.4 Διαδικασία αξιολόγησης

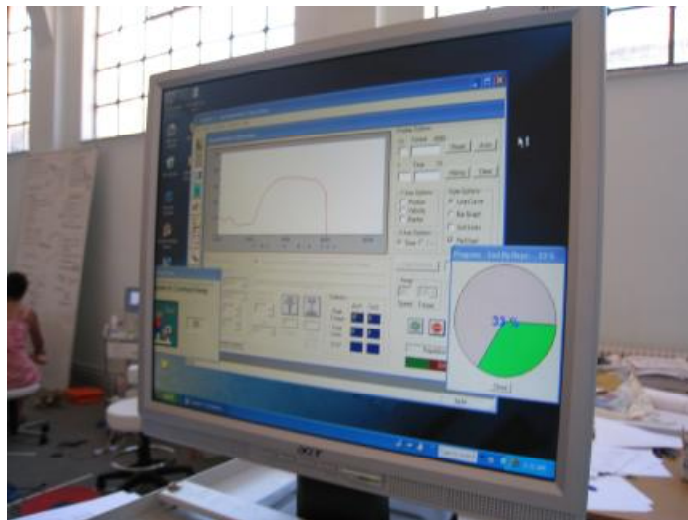
Αίσθηση της δύναμης

Η αίσθηση της δύναμης υπολογίστηκε στο ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex (System-3, Shirley inc, NY). Κάθε υποκείμενο τοποθετήθηκε σε καθιστή θέση στο ειδικό κάθισμα του ισοκινητικού με το κάτω άκρο παράλληλο στο έδαφος, έτσι ώστε η άρθρωση του ισχίου να είναι σε κάμψη $70- 80^0$ και το γόνατο σε έκταση. Αυτή η θέση επιτρέπει την κατάλληλη τοποθέτηση της ποδοκνημικής στην ειδική συσκευή του Biodex για την ραχιαία και πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής. Ως αρχική θέση της ποδοκνημικής ορίστηκε η ουδέτερη θέση αυτής. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε ευθυγράμμιση του κέντρου της άρθρωσης με τον άξονα του ισοκινητικού δυναμομέτρου σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Για την καλύτερη ακινητοποίηση του προς εξέταση σκέλους τοποθετήθηκαν μάντες γύρω από τη μέση, το κάτω τριτημόριο του μηριαίου, την οπίσθια επιφάνεια της πτέρνας και του πρόσθιου τμήματος του άκρου πόδα.



Εικόνα 5.2 Η θέση της δοκιμαζόμενης στο ισοκινητικό μηχάνημα Biodex (System-3, Shirley inc, NY).

Αρχικά κάθε δοκιμαζόμενος εκτέλεσε για το κάθε άκρο 3 μέγιστες προσπάθειες ισομετρικής πελματιαίας κάμψης, αφού πρώτα εκτέλεσε 2-3 δοκιμαστικές προσπάθειες εξοικείωσης. Πιο συγκεκριμένα κάθε μέγιστη ισομετρική σύσπαση διαρκούσε 5 δευτερόλεπτα με 60 δευτερόλεπτα ξεκούραση από προσπάθεια σε προσπάθεια.



Εικόνα 5.3 Παρουσίαση της αποτύπωσης μέγιστης προσπάθειας στην οθόνη του υπολογιστή του ισοκινητικού δυναμομέτρου.

Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε για το κάθε πόδι και στη συνέχεια επιλέχθηκε η καλύτερη προσπάθεια για να υπολογιστεί το 20% και το 60% της μέγιστης δύναμης, τα οποία καθορίστηκαν και ως τιμές-στόχοι για την προς εξέταση ιδιοδεκτική ικανότητα. Στη συνέχεια ακολούθησε διάλειμμα 5 λεπτών, ενώ έγινε σύσταση για διατακτικές ασκήσεις των μυϊκών ομάδων της γαστροκνημίας πριν ξεκινήσει η δοκιμασία μέτρησης της αίσθησης της δύναμης.



Εικόνα 5.4 Διαδικασία αξιολόγησης της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας στο επίπεδο 20% με οπτική και μη ανατροφοδότηση.

Για την διαδικασία αξιολόγησης της παραμέτρου της ιδιοδεκτικότητας τοποθετήθηκε ως επισήμανση για την εκάστοτε τιμή-στόχο μία ευδιάκριτη για τον συμμετέχοντα γραμμή (φούξια), στο γράφημα της συνάρτησης της παραγόμενης δύναμης στη μονάδα του χρόνου στην οθόνη του υπολογιστή κατά την διάρκεια εξέλιξης του προγράμματος. Ζητήθηκε από τον κάθε δοκιμαζόμενο να ασκήσει τόση δύναμη στο ισοκινητικό με το πέλμα ώστε η παραγόμενη δύναμή του, που αντιπροσωπευόταν από μία αντίστοιχη διαφορετικού χρώματος γραμμή (κόκκινη) στο γράφημα, να συμπίπτει με την τιμή στόχο. Κάθε

εξεταζόμενος ξεκίνησε προσομοιώνοντας την τιμή του 20% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης εκτελώντας 2-3 δοκιμαστικές προσπάθειες. Ακολούθησαν 6 προσπάθειες των 5 δευτερολέπτων, με 5 δευτερόλεπτα διάλειμμα από προσπάθεια σε προσπάθεια, ενώ κατά την δεύτερη, τέταρτη και έκτη προσπάθεια το γράφημα αποκρύπτονταν έτσι ώστε να εξαλειφτεί η οπτική ανατροφοδότηση. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιήθηκε για την τιμή του 60% της μέγιστης δύναμης, αφού προηγήθηκε διάλειμμα 60 δευτερολέπτων. Μετά την ολοκλήρωση της μέτρησης για το ένα πόδι και χρονικό διάστημα 5 λεπτών πραγματοποιήθηκε η ίδια διαδικασία και για το άλλο άκρο. Σημασία έχει η αναφορά στο γεγονός ότι η επιλογή του ποδιού έναρξης έγινε με τυχαιοποιημένο τρόπο. Αφού ολοκληρώθηκε η δοκιμασία αξιολόγησης της αίσθησης της δύναμης, το πρόγραμμα συνεχίστηκε με την μέτρηση της ισορροπιστικής ικανότητας.

Στασική ισορροπία

Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν για την ισορροπιστική τους ικανότητα και στα δύο κάτω άκρα κατά την μονοποδική στήριξη πάνω στην πλατφόρμα του πελματογράφου emed χωρίς τα παπούτσια τους. Ο άκρος πόδας του ποδιού εξέτασης τοποθετήθηκε σε μία άνετη θέση κατά την διάρκεια της δοκιμασίας και διατήρησε αυτή τη θέση για όλες τις επαναλήψεις. Κατά τη διάρκεια της στήριξης το υποκείμενο κρατούσε τα μάτια του κλειστά (Ross, 2007), με τα χέρια σε θέση μεσολαβής και το πόδι αιώρησης σε 20⁰ κάμψης στην άρθρωση του ισχίου και 45⁰ κάμψης στην άρθρωση του γόνατος. Το σκέλος φόρτισης ήταν στην άρθρωση του γόνατος σε 5⁰ κάμψης και η ποδοκνημική σε ουδέτερη θέση με τις μύτες των ποδιών να δείχνουν ευθεία μπροστά.



Εικόνα 5.5 Μονοποδική στήριξη με κλειστά μάτια διάρκειας 20 δευτερολέπτων.

Μία δοκιμαστική προσπάθεια στήριξης των 10 δευτερολέπτων ακολουθήθηκε από 3 προσπάθειες των 20 δευτερολέπτων (Ross & Guskiewicz, 2006; Ross, 2007), ενώ ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να είναι όσο το δυνατόν πιο ακίνητοι κατά την διάρκεια της δοκιμασίας. Από προσπάθεια σε προσπάθεια το διάλειμμα είχε διάρκεια 60 δευτερόλεπτα. Επιπλέον, επιτράπηκε στους συμμετέχοντες να σηκώσουν τα χέρια τους στα πλάγια προκειμένου να διατηρήσουν την ισορροπία τους (ισορροπιστική στρατηγική) σε περίπτωση απώλειας αυτής, ωστόσο με την ανάκτηση αυτής ζητήθηκε η επανατοποθέτηση των άνω άκρων στην αρχική θέση (Gravelle et al., 2002). Οι δοκιμαζόμενοι επαναλάμβαναν την προσπάθεια εάν αναπηδούσαν στο πόδι στήριξης ή ακουμπούσαν στο έδαφος με το πόδι αιώρησης προκειμένου να διατηρήσουν την ισορροπία τους. Όλη η διαδικασία πραγματοποιήθηκε και στα δύο κάτω άκρα με ενδιάμεσο περιθώριο ξεκούρασης 3 λεπτών.



Εικόνα 5.6 Μονοποδική στήριξη στον πελματογράφο e-med (Novel) με τα μάτια κλειστά.

Δυναμική ισορροπία

Για την αξιολόγηση της δυναμικής ισορροπίας χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία του μονοποδικού άλματος και προσγείωσης (single- leg jump test) (Ross & Guskiewicz, 2004; Ross & Guskiewicz, 2006).

Στην έναρξη της δοκιμασίας κάθε εξεταζόμενος χωρίς τα παπούτσια του στεκόταν πίσω από μία σχεδιασμένη ευθεία γραμμή, που οριοθετούσε την απόσταση των 70 εκατοστών από το κέντρο της πλατφόρμας του πελματογράφου,. Κατά την εξέλιξη αυτής της δοκιμασίας κάθε εξεταζόμενος κλήθηκε να χρησιμοποιήσει την κατάλληλη αλτική τεχνική που θα του επιτρέψει να εκτελέσει άλμα με τα δύο πόδια στο 50- 55% του μέγιστου κάθετου άλματος (που είχε ήδη υπολογιστεί στην έναρξη της συνεδρίας αξιολόγησης) και να προσγειωθεί στο ένα πόδι πάνω στο δυναμοδάπεδο.

Ο καθορισμός του ύψους του άλματος πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση δύο κάθετων βαθμονομημένων στύλων σε απόσταση 35 εκατοστών από το κέντρο του πελματογράφου. Οι δύο δοκοί είχαν 100 εκατοστά απόσταση μεταξύ τους και ενωνόταν με ένα λαστιχένιο ιμάντα που τοποθετούνταν ανάλογα με την εκάστοτε επιθυμητή για τον κάθε εξεταζόμενο τιμή για την προσπάθεια του άλματος στο ανάλογο ύψος πριν από την έναρξη της δοκιμασίας. Σε κάθε προσπάθεια ζητήθηκε από του συμμετέχοντες της μελέτης να μην ακουμπήσουν κατά την εκτέλεση του άλματος τον ιμάντα.

Με την έναρξη της φάσης προσγείωσης στο εξεταζόμενο άκρο ενεργοποιούνταν και η πλατφόρμα του πελματογράφου δίνοντας δεδομένα για το κέντρο πίεσης, αφού προηγουμένως είχε ζητηθεί από τους συμμετέχοντες να σταθεροποιηθούν όσο το δυνατόν γρηγορότερα και να παραμείνουν ακίνητοι για 20 δευτερόλεπτα πάνω στο δυναμοδάπεδο. Σε αυτή τη δοκιμασία τα άνω άκρα παρέμεναν ελεύθερα τόσο κατά την διάρκεια εκτέλεσης άλματος όσο και κατά την φάση της προσγείωσης και ισορρόπησης, ενώ δεν υπολογίστηκε η θέση του κορμού και των δύο κάτω άκρων κατά την εκτέλεση της προσπάθειας. Για κάθε άκρο πραγματοποιήθηκαν 3 δοκιμαστικές προσπάθειες για την καλύτερη εξοικείωση των υποκειμένων με την τεχνική εκτέλεσης του άλματος και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι 3 προσπάθειες που καταγράφηκαν (Ross & Guskiewicz, 2004). Από προσπάθεια σε προσπάθεια το διάλειμμα ήταν 60 δευτερόλεπτα, ενώ το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε για την αλλαγή του εξεταζόμενου άκρου ήταν 5 λεπτά. Οι δοκιμαζόμενοι επαναλάμβαναν την προσπάθεια εάν αναπηδούσαν στο πόδι στήριξης ή ακουμπούσαν στο έδαφος με το πόδι αιώρησης προκειμένου να διατηρήσουν την ισορροπία τους, όπως επίσης και σε περίπτωση επαφής με τον ιμάντα καθορισμού του ύψους άλματος.

Με τον ίδιο τρόπο όλη η παραπάνω διαδικασία μέτρησης πραγματοποιήθηκε όταν ολοκληρώθηκαν οι 10- 12 συνεδρίες του προγράμματος ασκήσεων και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η συγκριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μεταξύ των δύο μετρήσεων.

5.4.5 Πρωτόκολλο παρέμβασης

Η ομάδα που βίωνε λειτουργική αστάθεια, καθώς και η αντίστοιχη ομάδα ελέγχου συμμετείχαν στο πρόγραμμα ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας και συντονισμού με την ταυτόχρονη εφαρμογή του υποβαλβιδικού ερεθίσματος. Έγινε σύσταση στους συμμετέχοντες φοιτητές να προσέρχονται στο χώρο του εργαστηρίου με αθλητική ενδυμασία για όλη την διάρκεια του προγράμματος παρέμβασης, ενώ κατά τη διάρκεια των ασκήσεων δεν φορούσαν υποδήματα. Για το κάθε υποκείμενο που συμμετείχε συμπληρωνόταν, την εκάστοτε φορά που ερχόταν στο χώρο του εργαστηρίου για να πραγματοποιήσει το επιλεγμένο ασκησιολόγιο, το φυλλάδιο χρονοδιαγράμματος του προγράμματος της ιδιοδεκτικότητας για την διευκόλυνση της διεξαγωγής της παρέμβασης παρέχοντας πληροφορίες για το ποιο είναι το σκέλος τοποθέτησης των ηλεκτροδίων, για την ημερομηνία και τον αριθμό των συνεδριών.



Εικόνα 5.7 Εκτέλεση ημικαθίσματος με κλειστά μάτια και με παράλληλη εφαρμογή υποβαλβιδικού ηχητικού σήματος

Σε όλους τους συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν πριν την έναρξη των ασκήσεων επιφανειακά ηλεκτρόδια (3x3 εκ.) σε καθαρή επιδερμίδα τα οποία ήταν συνδεδεμένα με την ηλεκτροθεραπεία BTL-5825S και κάλυπταν την περιοχή του δελτοειδούς και του πρόσθιου αστραγαλοπερονικού συνδέσμου, του υποκνημίδιου, του πρόσθιου κνημιαίου και των περνιαίων μυών. Η τοποθέτηση γινόταν για την ομάδα που βίωνε τη λειτουργική αστάθεια στο πάσχον άκρο και για την ομάδα ελέγχου στο κυρίαρχο άκρο. Σε όλα τα υποκείμενα της μελέτης εφαρμοζόταν υπαισθητικό ηλεκτρικό ερέθισμα κατά τη διάρκεια της παρέμβασης. Πιο συγκεκριμένα το είδος του ρεύματος που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη ήταν παλμικό εναλλασσόμενο ορθογώνιας μορφής με κυματοειδή διαμόρφωση διάρκειας ενός δευτερολέπτου και διαλείμματος από καμπύλη σε καμπύλη δύο εκατοστών του δευτερολέπτου. Η ένταση του ρεύματος ήταν 0,3 mA, καθώς η συγκεκριμένη τιμή παρείχε ηλεκτρικό ερέθισμα μη αντιληπτό για όλα τα υποκείμενα. Οι συμμετέχοντες δεν γνώριζαν εάν και πότε εφαρμοζόταν ρεύμα στο προς εξέταση πόδι.



Εικόνα 5.8 Περιτροφικές κινήσεις κατά τη μονοποδική στήριξη σε δίσκο ισορροπίας σε 3 διαδοχικές φάσεις με τη ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού.

Το πρόγραμμα περιλάμβανε προθέρμανση, 4- 5 ασκήσεις προοδευτικής δυσκολίας, των οποίων οι απαιτήσεις αυξάνονταν μετά την πέμπτη προπονητική συνεδρία για το κάθε υποκείμενο και αποθεραπεία. Η προθέρμανση περιλάμβανε 2- 3 δοκιμαστικές προσπάθειες για το κάθε πόδι της πρώτης άσκησης που είχε τον μικρότερο βαθμό δυσκολίας. Στη συνέχεια ακολουθούσε το κύριο μέρος του προγράμματος με τις ασκήσεις όπως περιγράφηκαν αναλυτικά στον πίνακα (5.2).



Εικόνα 5.9 Μονοποδική στήριξη σε αφρώδη επιφάνεια με κλειστά μάτια και ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού.

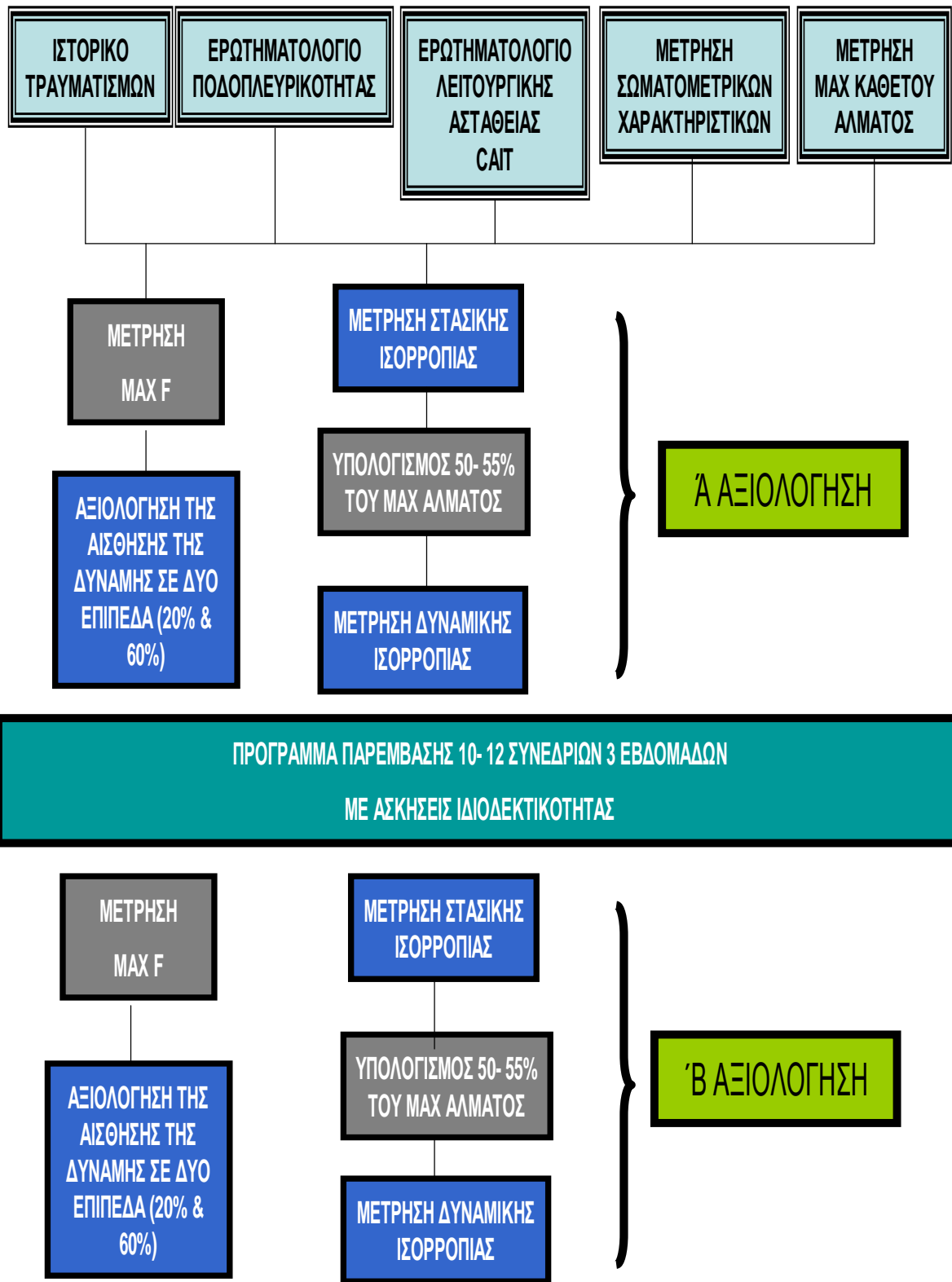
Μετά την ολοκλήρωση των 5 πρώτων συνεδριών αυξανόταν και οι απαιτήσεις των ασκήσεων όπως παρατέθηκαν στον πίνακα (5.3). Στην πρώτη και στην έκτη προπονητική μονάδα δινόταν χρόνος επεξήγησης και εξοικείωσης πριν την έναρξη της κάθε νέας άσκησης. Η αποθεραπεία περιλάμβανε σύσταση για διατάσεις των μυών που περιβάλλουν την ποδοκνημική διάρθρωση και των δύο κάτω άκρων.

Η συνολική διάρκεια της κάθε προπονητικής συνεδρίας ήταν 20- 25 λεπτά και πραγματοποιούνταν 4 μέρες την εβδομάδα για 3 εβδομάδες. Κάθε άσκηση πραγματοποιούνταν και στα δύο κάτω άκρα. Το διάλειμμα

μεταξύ των επαναλήψεων της κάθε άσκησης καθοριζόταν χρονικά από την εκτέλεση της άσκησης με το άλλο πόδι, ενώ από άσκηση σε άσκηση διαρκούσε 30- 60 δευτερόλεπτα μέχρι να ετοιμαστεί το υποκείμενο για τη συνέχεια της προπονητικής μονάδας. Η εφαρμογή του ηλεκτρικού ρεύματος διαρκούσε όσο και η προσπάθεια πραγματοποίησης της άσκησης στο πόδι που ήταν τοποθετημένα τα ηλεκτρόδια.



Εικόνα 5.10 Μονοποδική στήριξη με ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθίσματος κατά την εκτέλεση κάμψης στην άρθρωση του αντίθετου ισχίου με αντίσταση.



Εικόνα 5.11 Αλγόριθμος αξιολόγησης.

5.4.6 Στατιστική επεξεργασία

Ο στατιστικός έλεγχος της μηδενικής υπόθεσης έγινε ως εξής:

Για τον έλεγχο της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας στο ισοκινητικό δυναμόμετρο, αρχικά υπολογίστηκαν οι διαφορές μεταξύ της τιμής στόχου (πχ 20% μέγιστης) και της τιμής που πέτυχε ο κάθε δοκιμαζόμενος κατά την προσπάθεια αναπαραγωγής της συγκεκριμένης δύναμης για όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας (100 τιμές το δευτερόλεπτο). Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των τριών προσπαθειών κάθε συνθήκης (ανοιχτά ή κλειστά μάτια, ένταση της προσπάθειας 20% ή 60%, πριν η μετά το πρόγραμμα άσκησης) και αυτή ήταν η αντιπροσωπευτική τιμή των εξαρτημένων μεταβλητών της έρευνας. Ακολούθως, για τη στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές μετά την πάροδο του πρώτου 1,5 δευτερολέπτου. Αυτό έγινε για να ελεγχθούν οι τιμές που αντιπροσωπεύανε την πραγματική ακρίβεια αναπαραγωγής της δύναμης, αφού μετά από πιλοτικές εκτιμήσεις φάνηκε ότι το αρχικό αυτό διάστημα γίνεται προσπάθεια προσαρμογής από τη φάση ηρεμίας ως την παραγωγή δύναμης.

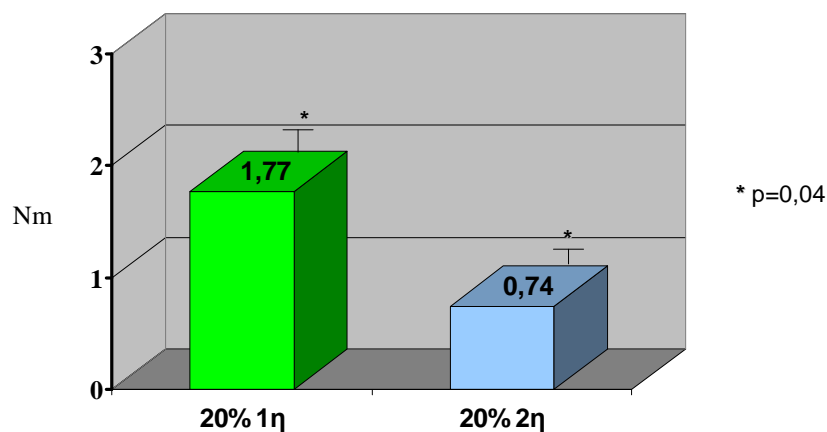
Για τον στατιστικό έλεγχο της ταλάντωσης κατά την προσγείωση χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές του μέγιστου εύρους μετακίνησης του κέντρου πίεσης στον πελματογράφο στο μετωπιαίο επίπεδο (ακραία θέση έσω – ακραία θέση έξω) και οι τιμές του μέγιστου εύρους μετακίνησης του κέντρου πίεσης στον πελματογράφο στο οβελιαίο επίπεδο (ακραία θέση πρόσθια – ακραία θέση οπίσθια)

Συγκρίθηκαν οι τιμές προ και μετά την εφαρμογή του θεραπευτικού πρωτοκόλου μέσω t-test για εξαρτημένα δείγματα, ενώ οι διαφορές προ και μετά της πειραματικής ομάδας συγκρίθηκαν με τις διαφορές προ και μετά της ομάδας ελέγχου με τη χρήση t-test για ανεξάρτητα δείγματα.

5.5 Αποτελέσματα

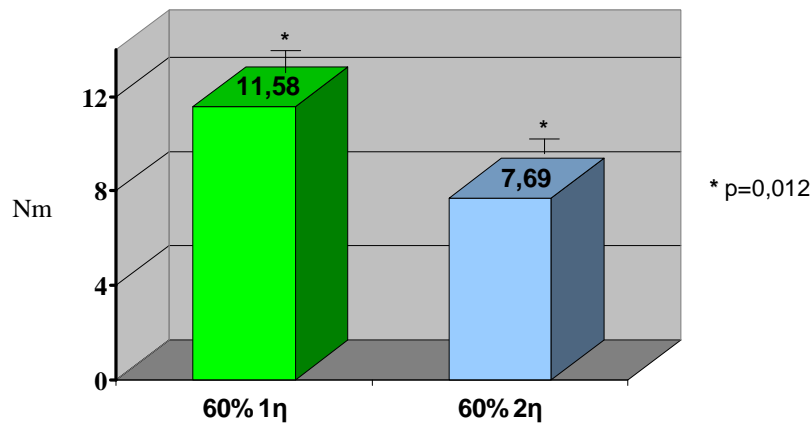
5.5.1 Αίσθηση της δύναμης

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σφάλμα κατά την προσπάθεια αναπαραγωγής της μυϊκής δύναμης μειώθηκε σημαντικά μετά το παρεμβατικό πρόγραμμα αποκατάστασης της ιδιοδεκτικότητας στην ομάδα που βίωνε λειτουργική αστάθεια. Η μείωση αυτή παρατηρήθηκε μόνο στο πάσχον άκρο και στα δύο προς εξέταση επίπεδα με τα μάτια ανοιχτά. Συγκεκριμένα για το επίπεδο των 20% στην πρώτη μέτρηση η τιμή του σφάλματος στην αναπαραγωγή της δύναμης ήταν $1,77 \pm 1,55$ Nm και στη δεύτερη $0,74 \pm 0,59$ Nm ($p=0,04$) (γράφημα 5.1).



Γράφημα 5.1 Διαφορές των μέσων όρων στην τιμή σφάλματος κατά την αναπαραγωγή της δύναμης με ανοιχτά μάτια στο επίπεδο του 20% για το ασταθές άκρο

Στο επίπεδο 60% η πρώτη μέτρηση έδωσε την τιμή $11,58 \pm 5,60$ Nm με μια στατιστικά σημαντική μείωση στη αναπαραγωγή της μυϊκής προσπάθειας στην τελική μέτρηση, δίνοντας τιμές $7,69 \pm 4,14$ Nm ($p=0,012$) (γράφημα 5.2).



Γράφημα 5.2 Διαφορές των μέσων όρων στην τιμή σφάλματος κατά την αναπαραγωγή της δύναμης με ανοιχτά μάτια στο επίπεδο του 60% για το ασταθές άκρο

Κατά την εκτέλεση των προσπαθειών με κλειστά μάτια δεν παρατηρήθηκε κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ της αρχικής και τελικής μέτρησης. Αντίστοιχα στην ομάδα ελέγχου οι επιπτώσεις του παρεμβατικού προγράμματος που παρατηρήθηκαν ήταν μη σημαντικές και στα δυο προς εξέταση επίπεδα-στόχους, με ή χωρίς οπτική ανατροφοδότηση, τόσο για το κυρίαρχο όσο και για το μη κυρίαρχο κάτω άκρο.

5.5.2 Ισοροπιστική ικανότητα

Στους πίνακες παρουσιάζονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις της πρώτης και δεύτερης μέτρησης τόσο για την στατική όσο και για την δυναμική ισοροπία της ισοροπιστικής ικανότητας. Πιο συγκεκριμένα ελέγχονται δύο δείκτες ισοροπίας: ο δείκτης ταλάντωσης στο προσθιοπίσθιο επίπεδο (AP) και ο δείκτης ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο (ML).

Πίνακας 5.4 Αποτελέσματα στατικής δοκιμασίας

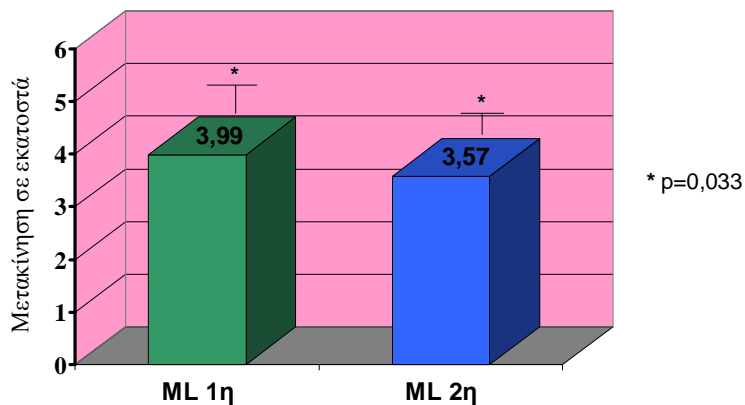
N=14	ΣΤΑΤΙΚΗ (ομάδα λειτουργικής αστάθειας)			
	AP 1 ⁿ	AP 2 ⁿ	ML 1 ⁿ	ML 2 ⁿ
Κάτω άκρο με λειτουργική αστάθεια				
X	11,402	12,643	4,5833	3,968
SD	2,6367	2,0463	1,0904	0,537
t- test	p= 0,4266		p= 0,073	
Υγιές κάτω άκρο				
X	10,321	13,067	4,3407	4,5573
SD	1,8251	1,8761	0,4962	1,5731
t- test	p= 0,2533		p= 0,4801	
N=9	ΣΤΑΤΙΚΗ (ομάδα ελέγχου)			
	AP 1 ⁿ	AP 2 ⁿ	ML 1 ⁿ	ML 2 ⁿ
Κυρίαρχο κάτω άκρο				
X	12,102	11,459	4,4413	3,8922
SD	3,1104	1,8693	0,7466	0,5975
t- test	p= 0,7728		p= 0,3311	
Μη κυρίαρχο κάτω άκρο				
X	10,531	10,825	3,9913*	3,5747*
SD	3,2701	2,8196	0,5961	0,5541
t- test	p= 0,7556		*p= 0,033	

Πίνακας 5.5 Αποτελέσματα δυναμικής δοκιμασίας

N=14	ΔΥΝΑΜΙΚΗ (ομάδα λειτουργικής αστάθειας)			
	AP 1 ^η	AP 2 ^η	ML 1 ^η	ML 2 ^η
Κάτω άκρο με λειτουργική αστάθεια				
X	10,2739	9,415	4,25*	3,5533*
SD	2,06	1,47	0,5638	0,491
t- test	p= 0,121		*p= 0,001	
Υγιές κάτω άκρο				
X	10,854	8,9761	4,0971	3,8431
SD	1,9246	1,5843	0,9571	0,871
t- test	p= 0,2533		p= 0,4236	

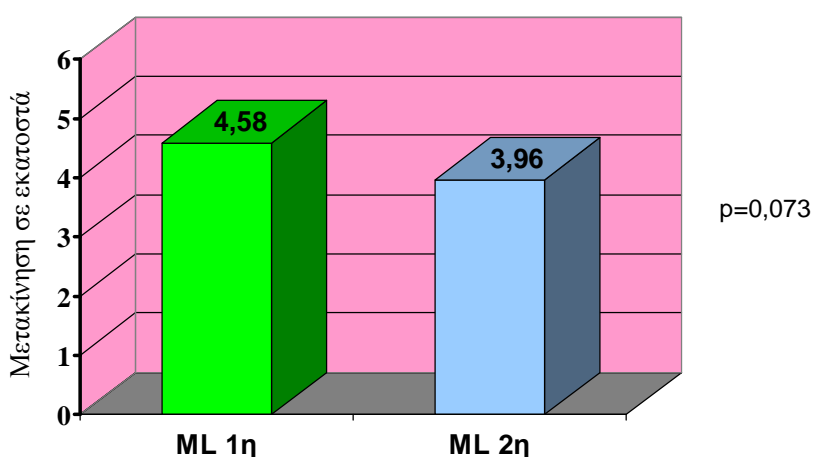
N=9	ΔΥΝΑΜΙΚΗ (ομάδα ελέγχου)			
	AP 1 ^η	AP 2 ^η	ML 1 ^η	ML 2 ^η
Κυρίαρχο κάτω άκρο				
X	9,1441	9,8319	3,7615	3,5285
SD	2,2836	1,6459	0,6445	0,4934
t- test	p= 0,5225		p= 0,3217	
Μη κυρίαρχο κάτω άκρο				
X	9,3167	10,071	3,6911	3,4674
SD	2,1436	2,4053	0,6475	0,3899
t- test	p= 0,2131		p= 0,2763	

Παρατηρείται στατιστικά σημαντική μείωση στον δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο στη στατική δοκιμασία για το μη κυρίαρχο άκρο της ομάδας ελέγχου (πριν $3,99 \pm 0,59$ εκ. μετά $3,57 \pm 0,55$ εκ., $p= 0,033$) (γράφημα 5.3).



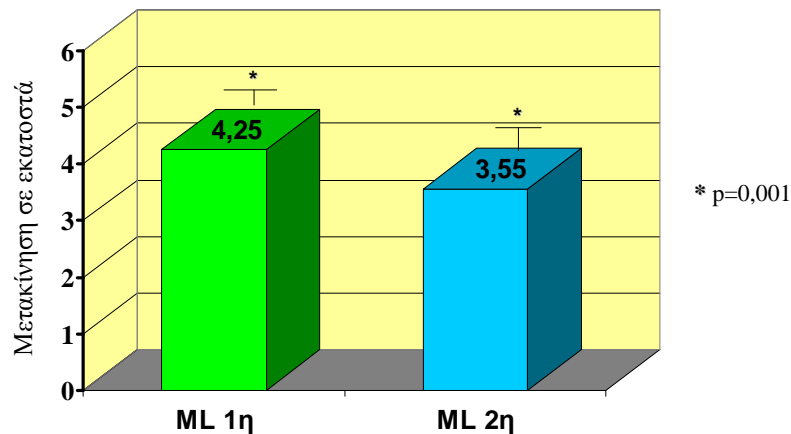
Γράφημα 5.3 Διαφορές των μέσων όρων του δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο για το μη κυρίαρχο άκρο της ομάδας ελέγχου κατά τη στατική δοκιμασία

Αναφορικά με την ίδια δοκιμασία για την ομάδα της λειτουργικής αστάθειας καλό είναι να σημειωθεί ότι παρουσιάζεται μια σημαντική τάση μείωσης της πλαγιοπλάγιας ταλάντωσης στο ασταθές άκρο μετά την ολοκλήρωση των συνεδριών ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας, με την μετατόπιση να είναι πριν την παρέμβαση $4,58 \pm 1,09$ εκ. και μετά $3,97 \pm 0,54$ εκ. ($p= 0,073$) (γράφημα 5.4) .



Γράφημα 5.4 Διαφορές των μέσων όρων του δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο για την ασταθή ποδοκνημική κατά τη στατική δοκιμασία

Στη δυναμική δοκιμασία στο λειτουργικά ασταθές πόδι παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική μείωση στην πλαγιοπλάγια μετατόπιση μετά την συμπλήρωση των 10- 12 συνεδριών με ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας με την αρχική τιμή του δείκτη ταλάντωσης να κυμαίνεται στα $4,25 \pm 0,56$ εκ. και την τελική στα $3,55 \pm 0,49$ εκ. ($p= 0,001$) (Γράφημα 5.5).



Γράφημα 5.5 Διαφορές των μέσων όρων του δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο για το ασταθές άκρο κατά τη δυναμική δοκιμασία

Δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά όταν συγκρίθηκε ο δείκτης ταλάντωσης στο οβελιαίο επίπεδο τόσο στην ομάδα λειτουργικής αστάθειας όσο και στην ομάδα ελέγχου για το ασταθές και μη άκρο, και το κυρίαρχο και μη αντίστοιχα.

5.6 Έλεγχος ερευνητικών υποθέσεων

Από τον στατιστικό έλεγχο προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην αρχική και τελική μέτρηση και στους δύο προς εξέταση τομείς (αίσθηση της μυϊκής προσπάθειας και

ισορροπιστικής ικανότητας) μετά την ολοκλήρωση του παρεμβατικού προγράμματος αποκατάστασης σε ορισμένες από τις αρχικές υποθέσεις.

Πιο συγκεκριμένα, για την αίσθηση της μυϊκής προσπάθειας στο επίπεδο του 20% με οπτικό ερέθισμα και στο άκρο με λειτουργική αστάθεια απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση με πιθανότητα σφάλματος 4%. Αντίστοιχα στο επίπεδο του 60% η πιθανότητα σφάλματος απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης κυμαίνεται στο 1,2%. Για τις προσπάθειες με ανοιχτά μάτια για την ομάδα των ασθενών, καθώς και για όλες τις μετρήσεις τις ομάδας ελέγχου γίνονται δεκτές οι μηδενικές υποθέσεις, δηλαδή ότι δεν υπάρχει καμία στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ της επίδοσης στην ικανότητα αναπαραγωγής της αίσθησης της δύναμης στο επίπεδο του 20% και 60% της μέγιστης δύναμης πριν και μετά από το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης με την ταυτόχρονη εφαρμογή στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού.

Αναφορικά με την ισορροπιστική ικανότητα δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων στον δείκτη ταλάντωσης στο προσθιοπίσθιο επίπεδο και για τις δύο προς εξέταση ομάδες. Κατά την εξέταση του δείκτη ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση στον τομέα της δυναμικής ισορροπίας για τα άτομα που βιώνουν στο ένα τους κάτω άκρο λειτουργική αστάθεια με πιθανότητα σφάλματος τύπου I, όπως αναφέρεται στη στατιστική, ίση με $\alpha = 0,001$. Αυτό μας οδηγεί στο ερευνητικό συμπέρασμα ότι με εμπιστοσύνη μεγαλύτερη του 99,99% το παρεμβατικό πρόγραμμα ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας με τυχαιοποιημένο υπαισθητικό ηλεκτρικό ερεθισμό μπορεί να περιορίσει το λίκνισμα στο μετωπιαίο επίπεδο. Αντίστοιχα, στον τομέα της στατικής ισορροπίας δεν έγινε δεκτή η μηδενική υπόθεση για το μη κυρίαρχο άκρο της ομάδας ελέγχου με πιθανότητα σφάλματος για αυτή την απόρριψη 3,3%. Για όλες τις υπόλοιπες προς μελέτη παραμέτρους έγιναν δεκτές οι μηδενικές υποθέσεις, δηλαδή ότι δεν παρουσιάστηκε

κάποια σημαντική διαφορά στην πρώτη και δεύτερη μέτρηση μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης.

5.7 Συζήτηση

Τα ευρήματα που προέκυψαν από την συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια υπέδειξαν το πρόγραμμα ιδιοδεκτικότητας με την ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικών ηλεκτρικών ερεθισμάτων ως μέσο αποκατάστασης ελλειμμάτων στα άτομα που πάσχουν από λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής, χωρίς ωστόσο να είναι εξίσου αποδοτικό στον τομέα της μεγιστοποίησης της επίδοσης σε υγιή άτομα. Πιο συγκεκριμένα βρέθηκε βελτίωση στην στατική και δυναμική ισορροπία, καθώς και στην αίσθηση της δύναμης μετά την ολοκλήρωση παρεμβατικού προγράμματος λειτουργικής σταθεροποίησης της ποδοκνημικής διάρκειας 3 εβδομάδων.

5.7.1 Στοχαστικός υπαισθητικός ηλεκτρικός ερεθισμός

Ο τρόπος όπου ο υπαισθητικός ηλεκτρικός ερεθισμός βελτιώνει τον εντοπισμό των αδύναμων σινιάλων και ενισχύει την λειτουργία του αισθητικοκινητικού συστήματος δεν έχει ακόμη διασαφηνιστεί. Πιθανολογείται ότι δρα είτε άμεσα στους μηχανοϋποδοχείς της μυϊκής ατράκτου είτε έμμεσα μέσω των αντανακλαστικών μονοπατιών των γ' κινητικών νευρώνων προκειμένου να ενισχυθεί ο εντοπισμός ενός ερεθίσματος (Cordo et al, 1996), ενώ επιπλέον φαίνεται να συσχετίζεται με την εκπόλωση των υποδοχέων που βρίσκονται στο δέρμα, στην μυϊκή άτρακτο και στο τενόντιο όργανο Golgi (Fallon et al, 2004). Έχει προταθεί ότι ένα αδύναμο αισθητικοκινητικό ερέθισμα που ενισχύεται από το στοχαστικό υποβαλβιδικό ηλεκτρικό ερεθισμό μπορεί να φέρει την

ευαισθητοποίηση του κατώφλιου ερεθισμού της μεμβράνης των μηχανοϋποδοχέων μέσω της εναλλαγής της διαπερατότητας των ιόντων, οδηγώντας στην διακύμανση των διαμεμβρανικών δυναμικών και της αλλαγής στο δυναμικό ενεργείας (Gravelle et al, 2002; Priplata et al, 2006; Fallon et al, 2004). Πιο συγκεκριμένα, κατά την προοδευτική εκπόλωση της μεμβράνης, το δυναμικό του νευρώνα πλησιάζει στο κατώφλι πυροδότησης αυτής στην παρουσία ενός αδύναμου σήματος.

Ο υπαισθητικός ηλεκτρικός ερεθισμός έχει συσταθεί πως επηρεάζει το κινητικό σύστημα στη σύναψη του κινητικού νευρώνα της μυϊκής ατράκτου μέσω της ρύθμισης του μονοσυναπτικού αντανακλαστικού που παράγεται από τη μυϊκή άτρακτο (Martinez et al, 2007). Αυτό το είδος ερεθισμού φαίνεται να βελτιώνει τα αισθητικοκινητικά ελλείμματα που συσχετίζονται με τη λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής. Ένα κύριο έλλειμμα αποτελεί και η αρθρογενής μυϊκή αναχαίτιση της ποδοκνημικής, αποτελώντας είτε την αναστολή της εκούσιας ενεργοποίησης είτε τη συνεχή αντανακλαστική αντίδραση του μυϊκού συμπλέγματος που περιβάλλει τη άρθρωση μετά από αποπροσανατολισμό ή καταστροφή της δομής της (McVey et al, 2005; Palmieri et al, 2004). Η στοχαστική αντήχηση προάγει μεγαλύτερης τάσης μονοσυναπτικά αντανακλαστικά συσχετίζοντάς τα με τη βελτίωση της αρθρογενούς μυϊκής αναχαίτισης μέσω της αύξησης της μυϊκής διεγερσιμότητας της περιοχής. Η αύξηση της ενεργοποίησης της μυϊκής λειτουργίας πραγματοποιείται για να σταθεροποιήσει το σύμπλεγμα της ποδοκνημικής άρθρωσης, προάγοντας την στατική (Palmieri et al, 2004) και δυναμική ισορροπία ως αποτέλεσμα του υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού (Ross et al, 2007).

Συγκεκριμένα ο Ross και οι συνεργάτες του (2007) προτείνουν ότι πρόγραμμα ιδιοδεκτικότητας 6 εβδομάδων με στοχαστικό υποβαλβιδικό ερεθισμό μπορεί να προκαλέσει νευροπλαστικές αλλαγές που συστήνουν αυξημένη μυϊκή ενεργοποίηση και για αυτό το λόγο βελτιώνουν την

στατική ικανότητα. Ο ίδιος συγγραφέας, σε μία αντίστοιχη ερευνητική προσπάθεια, προτείνει ότι τα αδύναμα ερεθίσματα που σχετίζονται με τον στατικό έλεγχο μπορεί να ανιχνευτούν λόγω της επίδρασης του στοχαστικού ερεθισμού καθώς επιδρά στη βαλβίδα εντοπισμού των υποδοχέων της μυϊκής ατράκτου και του σωματιδίου Golgi των μυϊκών ομάδων του κάτω άκρου και της ποδοκνημικής μειώνοντάς την στα άτομα με λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής (Ross, 2007). Η ευαισθητοποίηση της μυϊκής ατράκτου και του μυοτενόντιου οργάνου Golgi μέσω του στοχαστικού υπαισθητικού ερεθισμού αποτελεί σύμφωνα με τον Ross (2007) ένα νευρολογικό μηχανισμό που βελτιώνει την στατική ικανότητα. Η επίδραση της στοχαστικής αντήχησης κατά την εφαρμογή στο κάτω άκρο σε συνδυασμό με ασκησιολόγιο ιδιοδεκτικότητας διάρκειας 6 εβδομάδων φαίνεται να ενίσχυσε τον εντοπισμό των αδύναμων αισθητικών ανατροφοδοτικών σινιάλων που σχετίζονται με την στατική (Ross et al, 2007) και την δυναμική ισορροπία (Ross & Guskiewicz, 2006).

Ομοίως και στην παρούσα έρευνα φαίνεται να ενισχύθηκαν τα αδύναμα αισθητικά ερεθίσματα, που συσχετίζονται με την ισορροπιστική και την ιδιοδεκτική ικανότητα (αίσθησης της δύναμης), με την παρουσία του τυχαίου υποβαλβιδικού ερεθισμού, έτσι ώστε να γίνουν αντιληπτά βοηθώντας στην μείωση του κατωφλιού ερεθισμού των ιδιοδεκτικών υποδοχέων του μυϊκού και συνδεσμικού περιβλήματος της ποδοκνημικής στα άτομα με λειτουργική αστάθεια. Αντίστοιχες ερευνητικές προσπάθειες καλό θα είναι να εξετάσουν τον νευρολογικό μηχανισμό που επιδρά η στοχαστική αντήχηση όχι μόνο στην ισορροπία αλλά και στους τομείς της ιδιοδεκτικότητας στα άτομα με λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής.

Ο τυχαίος υπαισθητικός ηλεκτρικός ερεθισμός, για να επιδράσει στο ανθρώπινο νευρικό σύστημα μεγιστοποιώντας το αποτελέσματά του, προτείνεται να εφαρμοστεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο έντασης ήχου

(Cordo et al, 1996; Gravelle et al, 2002, Priplata et al, 2006). Πιο συγκεκριμένα ο Gravelle και οι συνεργάτες του (2002) συστήνουν αυξημένα αποτελέσματα από την εφαρμογή της στοχαστικής αντήχησης κατά την αύξηση της έντασης του υπαισθητικού ηλεκτρικού θορύβου δίνοντας συγκεκριμένη τιμή ερεθίσματος (0,05 mA), χωρίς σαφή τρόπο καθορισμού της συγκεκριμένης έντασης. Ο Priplata και η ερευνητική του ομάδα (2006) ανέφερε βελτίωση στη στατική ικανότητα σε υγιή ηλικιωμένα άτομα με την αύξηση της έντασης του υπαισθητικού θορύβου μέχρι ένα συγκεκριμένο επίπεδο, πέραν του οποίου το αποτέλεσμα της επίδρασής του στην ισορροπία ήταν αρνητικό. Ο Ross (2007) πειραματίστηκε αναφορικά με την ένταση του εφαρμοζόμενου ήχου καθώς χρησιμοποίησε δύο διαφορετικές εντάσεις ερεθίσματος, με την τιμή 0,01mA να δίνει θετικά αποτελέσματα σε 8 συμμετέχοντες και την τιμή 0,05mA σε όλο το αρχικό δείγμα. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ένα επίπεδο έντασης (0,3 mA) για όλους τους συμμετέχοντες, βελτιώνοντας μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος το μετωπιαίο λίκνισμα και την αίσθηση της δύναμης στα άτομα με λειτουργική αστάθεια. Μεγαλύτερου βαθμού ένταση πιθανόν να δώσει καλύτερα αποτελέσματα αναφορικά με τον τομέα της ισορροπίας και της ιδιοδεκτικότητας στα άτομα με λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής για αυτό και μελλοντικές προσπάθειες καθορισμού συγκεκριμένου επιπέδου έντασης υπαισθητικού ερεθίσματος αναμένονται με ενδιαφέρον.

5.7.2 Προγράμματα ιδιοδεκτικότητας

Η προπόνηση ιδιοδεκτικότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο προφύλαξης και αντιμετώπισης του διαστρέμματος της ποδοκνημικής σε μία προσπάθεια να μειωθούν μελλοντικά περιστατικά διαστρέμματος αυτής της άρθρωσης. Τα μέχρι τώρα αρθρογραφικά δεδομένα δεν είναι

δυνατό να καθορίσουν αυτή τη θετική επίδραση στα άτομα με χρόνια αστάθεια ποδοκνημικής (McKeon & Hertel, 2008).

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στο είδος των ασκήσεων που χρησιμοποιούνται στα πλαίσια του προγράμματος, καθώς αυτές είναι που θα ορίσουν την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης. Αν και με την υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν είναι δυνατή η συνταγογράφηση συγκεκριμένου τύπου ασκήσεων, παρατηρείται μία τάση στο να συστήνονται δοκιμασίες με δυναμικό χαρακτήρα καθώς οι ασκήσεις στατικής ισορροπίας είναι σχετικό εύκολο να ολοκληρωθούν χωρίς να μπορούν να επηρεάσουν θετικά τη βελτίωση του στατικού ελέγχου. Ποικιλία παρουσιάζεται και ως προς την ένταση και διάρκεια της επιβάρυνσης των ασκήσεων με μέσο όρο στην αρθρογραφία την πραγματοποίηση του προγράμματος 3- 4 φορές την εβδομάδα, για τουλάχιστον 4 εβδομάδες και χρονικής διάρκειας της κάθε θεραπευτικής συνεδρίας 10- 15 λεπτών.

Επίδραση στην ιδιοδεκτική ικανότητα

Η επίδραση των προγραμμάτων ιδιοδεκτικότητας στην αίσθηση τη θέσης της ποδοκνημικής άρθρωσης δεν έχει διασαφηνιστεί. Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση που προηγήθηκε, η διάρκεια των παρεμβάσεων για δύο μελέτες ήταν 6 εβδομάδες (Bernier & Perrin, 1998; Eils & Rosenbaum, 2001) με διαφορετική την συχνότητα συνεδριών για την κάθε εβδομάδα και για μία μελέτη 12 εβδομάδες (Lee & Lin, 2008), δίνοντας αντικρουόμενα αποτελέσματα στην αναπαράσταση της προκαθορισμένης γωνίας πρηνισμού υπτιασμού της ποδοκνημικής άρθρωσης τόσο παθητικά (Eils & Rosenbaum, 2001) όσο και ενεργητικά

(Bernier & Perrin, 1998; Lee & Lin, 2008). Καμία διαφορά μετά την παρέμβαση δεν σημειώθηκε για αυτόν τον υποτομέα της ιδιοδεκτικότητας για τους Bernier & Perrin (1998), σε αντίθεση με τα ευρήματα των δύο άλλων ερευνητικών ομάδων (Eils & Rosenbaum, 2001; Lee & Lin, 2008) που παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στη δεύτερη μέτρηση. Ο μικρός αριθμός ερευνών που ασχολήθηκε με το θέμα και η ποικιλομορφία στην εξέλιξη τους, σε συνδυασμό με τη διαφορετικότητα των αποτελεσμάτων δεν μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλείς συστάσεις για την βελτίωση αυτής της ικανότητας σε πρακτική βάση.

Ερευνητικά δεδομένα για την αξιολόγηση της αίσθησης της δύναμης ειδικά μετά την συμμετοχή σε πρόγραμμα ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας δεν έχουν πραγματοποιηθεί. Παρόλα αυτά η αίσθηση της μυϊκής προσπάθειας έχει συσχετιστεί με την σκληρότητα του μυϊκού περιβλήματος της ποδοκνημικής σε περιπτώσεις προηγούμενου τραυματισμού της άρθρωσης, όπου μειωμένη ικανότητα αναπαραγωγής της κατάλληλης ποσότητας δύναμης στέλνει πληροφορίες στο κεντρικό νευρικό σύστημα με αποτέλεσμα την αύξηση της μυϊκής σκληρότητας στην ποδοκνημική προκειμένου να διατηρηθεί η στατική ικανότητα του ατόμου (Docherty et al, 2004).

Επίδραση στην ισορροπιστική ικανότητα

Το στατικό λίκνισμα βρέθηκε βελτιωμένο μετά την εξάσκηση της ιδιοδεκτικότητας (Bernier & Perrin, 1998; Rozzi et al., 1996; Eils & Rosenbaum, 2001; Thomas et al., 2006; Kidgell et al., 2007; Lee & Lin, 2008). Η διάρκεια των προγραμμάτων ήταν 4 (Rozzi et al., 1996), 6 (Bernier & Perrin, 1998; Eils & Rosenbaum, 2001; Kidgell et al., 2007), 8 (Thomas et al., 2006) και 12 εβδομάδων αντίστοιχα (Lee & Lin, 2008) με συχνότητα εφαρμογής στην πλειοψηφία της ανασκόπησης 3 φορές την

εβδομάδα (Rozzi et al., 1996; Thomas et al., 2006; Kidgell et al., 2007; Lee & Lin, 2008) για 10- 20 λεπτά. Για την ποικιλομορφία του ασκησιολογίου πραγματοποιήθηκαν ασκήσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας, στατικής και δυναμικής ισορροπίας με κλειστά και ανοιχτά μάτια, αυξάνοντας έτσι τις απαιτήσεις του προγράμματος. Τα πιο πολυχρησιμοποιημένα μέσα ήταν η πλατφόρμα και ο δίσκος ισορροπίας (Bernier & Perrin, 1998; Eils & Rosenbaum, 2001; Kidgell et al., 2007), τα σανδάλια εξάσκησης (Thomas et al., 2006), το τραμπολίνο (Kidgell et al., 2007), το Biodex Stability System (Rozzi et al., 1996; Eils & Rosenbaum, 2001), το Biomechanical Ankle Platform System (Lee & Lin, 2008) και το Both Sides Up Balance Trainer (Coughlan & Caufield, 2007).

Καινούργια στροφή στην αρθρογραφία αποτελεί η χρήση του tape κατά την διάρκεια πραγματοποίησης εξειδικευμένου προγράμματος ιδιοδεκτικότητας με θετικά αποτελέσματα. Εξάσκηση σε σανίδα ισορροπίας με τοποθέτηση λωρίδων tape στην πλάγια επιφάνεια λειτουργικά ασταθούς ποδοκνημικής βελτίωσε σημαντικά τη στατική ικανότητα του πάσχοντος άκρου μετά την πάροδο 8 εβδομάδων (3 φορές την εβδομάδα για 10 λεπτά) συγκριτικά με την ολοκλήρωση του ίδιου παρεμβατικού προγράμματος χωρίς τη χρήση tape (Matsusaka et al, 2001). Ο μικρός αριθμός των άρθρων που σχετίζονται με το θέμα, η επιλογή διαφορετικών παραμέτρων αξιολόγησης από τους εκάστοτε συγγραφείς σε συνδυασμό με τα φτωχά ερευνητικά αποτελέσματα δεν μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες και συστάσεις στους ειδικούς αποκατάστασης αναφορικά με τη χρήση του tape στην λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής (Hughes & Rochester, 2008).

Ο συνδυασμός ασκησιολογίου ιδιοδεκτικότητας με ταυτόχρονη εφαρμογή τυχαιοποιημένου υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού αποτελεί μία νέα θεραπευτική προσέγγιση για την λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής, δίνοντας θετικά αποτελέσματα στον τομέα της στατικής

(Ross et al, 2007) και δυναμικής (Ross & Guskiewicz, 2006) ισορροπίας. Στις δύο βιβλιογραφικές αναφορές το πρόγραμμα παρέμβασης που ακολουθήθηκε περιλάμβανε ασκήσεις μονοποδικής στήριξης με χρήση ιμάντα αντίστασης και αντίστοιχες ασκήσεις σε ασταθή επιφάνεια και σε πλατφόρμα ισορροπίας, η διάρκεια των οποίων ήταν 10 λεπτών για κάθε συνεδρία, 5 φορές την εβδομάδα για 6 εβδομάδες με ή χωρίς την παράλληλη διοχέτευση υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθίσματος στο μυϊκό και συνδεσμικό περίβλημα της ασταθούς ποδοκνημικής. Στην περίπτωση της αξιολόγησης της δυναμικής ισορροπίας με την δοκιμασία του μονοποδικού άλματος και προσγείωσης (single- leg jump test) το πρόγραμμα ασκήσεων συντονισμού βελτίωσε αυτήν την ικανότητα σε άτομα που βιώνουν λειτουργική αστάθεια μετά από 4 εβδομάδες, με την μείωση αυτού του χρονικού διαστήματος στις 2 εβδομάδες όταν χρησιμοποιήθηκε ταυτόχρονα με το ασκησιολόγιο υποβαλβιδικό ηχητικό σήμα (Ross & Guskiewicz, 2006). Η εφαρμογή του ίδιου τύπου σήματος και του ίδιου περιεχομένου παρέμβασης βελτίωσε τις ταχύτητες μετατόπισης του κέντρου πίεσης στο προσθιοπίσθιο και μετωπιαίο επίπεδο κατά τη μονοποδική στήριξη μετά από 6 εβδομάδες (Ross et al, 2007).

Στην παρούσα μελέτη η διάρκεια της παρέμβασης ήταν 4 φορές την εβδομάδα για 3 εβδομάδες με τη διάρκεια κάθε συνεδρίας να κυμαίνεται στα 20 λεπτά, ενώ μετά την συμπλήρωση 5 προπονητικών μονάδων για το κάθε συμμετέχοντα αυξανόταν οι απαιτήσεις του ασκησιολογίου με δύο τρόπους: 1. με την αύξηση της ποσότητας και της έντασης των ασκήσεων (μεγαλύτερος αριθμός επαναλήψεων, αύξηση της διάρκειας εκτέλεσης της άσκησης, αύξηση της αντίστασης) με σκοπό τη βελτίωση της αντοχής του μυϊκού περιβλήματος της ποδοκνημικής και 2. με την απόκλιση του οπτικού ερεθίσματος για την μεγαλύτερη πρόκληση του στασικού ελέγχου. Τα αποτελέσματα ήρθαν σε συμφωνία με τις δύο προαναφερόμενες μελέτες, με βελτίωση τόσο στη δυναμική όσο και στην στατική ικανότητα

των ατόμων που βίωναν την λειτουργική αστάθεια. Ωστόσο, σημαντική είναι η αναφορά ότι βελτιώθηκε μόνο ο δείκτης ταλάντωσης στο μετωπιαίο επίπεδο μετά την παρέμβαση και όχι στο προσθιοπίσθιο επίπεδο στην ομάδα των ασθενών, σε αντίθεση με τα δεδομένα της ερευνητικής προσπάθειας του Ross και του Guskiewicz (2006) που παρουσιάστηκαν βελτιωμένοι εξίσου. Αν και η βελτίωση της ισοροπιστικής ικανότητας και της ιδιοδεκτικότητας βελτιώνουν την νευρομυϊκή λειτουργία ενισχύοντας την σταθερότητα τη ποδοκνημικής άρθρωσης, δεν μπορεί με ακρίβεια να δοθεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο άσκησης, τονίζοντας την ανάγκη για επιπλέον ερευνητικές προσπάθειες.

5.7.3 Αξιολόγηση του προγράμματος παρέμβασης

Αξιολόγηση της αίσθησης της δύναμης

Το έλλειμμα στην διεθνή αρθρογραφία αναφορικά με την αξιολόγηση της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας αποτέλεσε το έναυσμα για την αξιολόγηση αυτής της παραμέτρου της ιδιοδεκτικής ικανότητας μετά από την ολοκλήρωση παρεμβατικού προγράμματος, καθώς ενισχύεται η σημαντικότητά της στον κλάδο της αποκατάστασης της χρόνιας αστάθειας ποδοκνημικής (Docherty et al, 2004).

Τα ευρήματα αυτής της ερευνητικής προσπάθειας έδειξαν ότι υπήρχε σημαντική καλυτέρευση στην αναπαραγωγή της μυϊκής προσπάθειας στην τιμή-στόχο που ορίστηκε για το κάθε υποκείμενο στην ομάδα των ασθενών στα επίπεδα του 20 και 60% της μέγιστης ισομετρικής σύσπασης των πελματιαίων καμπτήρων στο άκρο που παρουσίαζε συμπτώματα αστάθειας μετά την ολοκλήρωση των θεραπευτικών συνεδριών με την ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθίσματος. Ωστόσο, η βελτίωση παρατηρήθηκε όταν το προς εξέταση

άτομο είχε τα μάτια ανοιχτά. Το γεγονός ότι η αίσθηση της δύναμης βελτιώθηκε μόνο με ταυτόχρονη οπτική ανατροφοδότηση ενδεχομένως υποδηλώνει ότι τα ιδιοδεκτικά ερεθίσματα της συγκεκριμένης παρέμβασης δεν αρκούν από μόνα τους για βελτίωση της συγκεκριμένης ικανότητας αλλά απαιτείται ενίσχυση από πληροφορίες του οπτικού φλοιού.

Στην παρούσα προσπάθεια αξιολογήθηκε η αίσθηση της μυϊκής προσπάθειας των πελματιαίων καμπτήρων της ποδοκνημικής άρθρωσης. Συγκεκριμένα, η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε κίνηση ανοιχτής κινητικής αλυσίδας με μηδενική γωνιακή ταχύτητα σε ισομετρικό δυναμόμετρο με την πληθώρα των καθημερινών λειτουργικών δραστηριοτήτων των κάτω άκρων να γίνονται ενεργητικά και σε κλειστή κινητική αλυσίδα (π.χ. βάρδια). Η πολυδιάστατη αξιολόγηση της ιδιοδεκτικότητας στις καθημερινές κινήσεις θα μπορούσε να δώσει πιο ολοκληρωμένη αντίληψη για τα ελλείμματα αυτής της ικανότητας στον τομέα της λειτουργικά ασταθούς ποδοκνημικής.

Σημαντική κλινική σημασία στα προγράμματα αποκατάστασης θα έδινε η διερεύνηση της μυϊκής αντοχής των περνιαίων, καθώς πιθανολογείται η απώλεια της δυναμικής υποστήριξης της ποδοκνημικής λόγω της κόπωσης τους από παρατεταμένη άσκηση, προδιαθέτοντας των επανατραυματισμό της. Μια καλύτερη προσέγγιση θα αποτελούσε η αξιολόγηση των υπτιαστών και πρηνιστών της άρθρωσης σε αυτόν τον υποτομέα της ιδιοδεκτικότητας, καθώς ο μηχανισμός κάκωσης του διαστρέμματος της ποδοκνημικής πραγματοποιείται στο μετωπιαίο επίπεδο και αφορά κυρίως αυτές τις μυϊκές ομάδες, δίνοντας έμφαση στους υπτιαστές, των οποίων το έλλειμμα στην έκκεντρη συστολή μειώνει την ικανότητά τους να πραγματοποιήσουν την κίνηση προς την κατεύθυνση που πραγματοποιήθηκε ο τραυματισμός (Delahunt, 2007).

Αξιολόγηση της ισορροπιστικής ικανότητας

Η δοκιμασία της μονοποδικής στήριξης αποτελεί μία προτιμητέα προσέγγιση αξιολόγησης της στατικής ικανότητας από πλήθος συγγραφέων (Tropp, 1986; Leaderson et al, 1993; Isakov & Mizrahi, 1997; Baier & Hopf 1998; Freeman et al., 1965; Lentell et al, 1990; Garn & Newton, 1988; Ross, 2007; Ross & Guskiewicz, 2007) με σημαντική την πιθανότητα της μη αποκάλυψης ισορροπιστικών διαφορών μεταξύ υγιούς ή λειτουργικά ασταθούς, στην άρθρωση της ποδοκνημικής, πληθυσμού, ενώ παράλληλα απέχει αρκετά από την προσομοίωση της εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι περισσότεροι αρθρικοί μηχανοϋποδοχείς είναι ενεργοί προς το τέλος του εύρους τροχιάς κίνησης (μυοτενόντιοι), οδήγησαν στην ανάγκη αξιολόγησης της δυναμικής ισορροπίας (Olmsted et al, 2002; Gribble et al, 2004; Ross & Guskiewicz, 2005, Goldie, Bach & Evans, 1989).

Στην συγκεκριμένη ερευνητική προσπάθεια αξιολογήθηκε τόσο η δυναμική όσο και στατική ικανότητα των ατόμων με λειτουργική αστάθεια ποδοκνημικής δίνοντας αξιόλογα ευρήματα και στους δύο επιμέρους τομείς αναφορικά με την επίδραση ασκησιολογίου ιδιοδεκτικότητας και ταυτόχρονης εφαρμογής ηλεκτρικού υποβαλβιδικού σήματος στο μυοτενόντιο και συνδεσμικό σύνολο της περιοχής της ποδοκνημικής.

Στον τομέα της αξιολόγησης της δυναμικής ισορροπίας η σημαντικότητα της βελτίωσης της πλαγιοπλάγιας μετατόπισης του κέντρου πίεσης του πάσχοντος ποδιού ($p=0,001$) κατά την εξέλιξη της δοκιμασίας στη δεύτερη μέτρηση ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με την αξιολόγηση της στατικής ισορροπίας ($p=0,073$). Αυτή η στατιστική διαφορά είναι σημαντική γιατί τα 4 άτομα από το αρχικό δείγμα της ομάδας με λειτουργική αστάθεια παρουσίασαν αδυναμία να ολοκληρώσουν έστω και μία προσπάθεια μονοποδικής στήριξης για 20 δευτερόλεπτα πριν τη

συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, ενώ όλοι οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν πετυχημένα τουλάχιστον μία προσπάθεια κατά την πραγματοποίηση της δεύτερης αξιολόγησης. Αν και η αποτυχία των συμμετεχόντων στην πρώτη αξιολόγηση της στατικής ισορροπίας δεν φαίνεται αριθμητικά στον μέσο όρο των τιμών, όπως παρουσιάζεται στον πίνακα, το κλινικά σημαντικό αποτέλεσμα της σύγκρισης είναι ξεκάθαρο αφού η ενσωμάτωση των υψηλότερων τιμών της πλευρικής αστάθειας θα μπορούσε το οριακό μη σημαντικό αποτέλεσμα να το οδηγήσει σε σημαντικότητα.

Αναφορικά με το δείγμα ελέγχου, στην μόνη παράμετρο αξιολόγησης που παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση του δείκτη ταλάντωσης του μετωπιαίου επιπέδου ήταν στην στατική ικανότητα του μη κυρίαρχου κάτω άκρου ($p=0,033$). Ελλείμματα στην ισορροπιστική ικανότητα μεταξύ κυρίαρχου και μη κάτω άκρου σε υγιή πληθυσμό δεν έχουν διασαφηνιστεί από τη μέχρι τώρα υπάρχουσα αρθρογραφία. Το εύρημα αυτό πιθανολογεί την ύπαρξη ισορροπιστικών διαφορών μεταξύ των δύο άκρων και συστήνει την εξομάλυνση αυτών με τη συμμετοχή υγιών ατόμων σε προγράμματα ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας. Ο συνδυασμός αυτών των προγραμμάτων με ταυτόχρονη εφαρμογή στοχαστικού υπαισθητικού ερεθισμού θα μπορούσε να αποτελέσει πρόταση για το σχεδιασμό μιας νέας μελλοντικής προσπάθειας, ιδιαίτερα αναφορικά με υγιής πληθυσμιακές ομάδες με υψηλές ισορροπιστικές απαιτήσεις όπως οι αθλητές.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής παρουσιάστηκε μια θετική τάση αναφορικά με την χρησιμοποίηση του στοχαστικού υπαισθητικού ερεθισμού κατά την εξέλιξη προγράμματος ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας σε λειτουργικά ασταθή, στην άρθρωση της ποδοκνημικής, πληθυσμό. Ωστόσο, τα ευρήματα αυτά δεν μπορούν να γενικευτούν καθώς το δείγμα της μελέτης είναι μικρό. Από την άλλη η ταξινόμηση του δείγματος στην ομάδα των υγιών και των ασθενών πραγματοποιήθηκε με

τη χρήση του ερωτηματολογίου Cumberland, χωρίς προηγουμένως να γίνει έλεγχος για τυχόν συνύπαρξη μηχανικής αστάθειας στην προς εξέταση άρθρωση. Αύξηση του αριθμού των συμμετεχόντων και καλύτερα κριτήρια διαχωρισμού του αρχικού δείγματος μπορεί πιθανόν να δώσουν με μεγαλύτερη σαφήνεια αποτελέσματα για την επίδραση του υποβαλβιδικού σήματος σε λειτουργικά ασταθή άρθρωση.

5.7.4 Συμπεράσματα

Το παρεμβατικό πρόγραμμα με ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας μπορεί να ενισχύσει την ιδιοδεκτική και ισορροπιστική ικανότητα σαν μέτρο πρόληψης στους τραυματισμούς της ποδοκνημικής διάρθρωσης (Tropp et al, 1985; Eils & Rosenbaum, 2001). Εναλλακτικές μορφές θεραπειών μπορεί να ενισχύσουν αυτές τις ικανότητες σε μεγαλύτερο βαθμό όταν συνδυαστούν με ένα αντίστοιχο πρόγραμμα αποκατάστασης και να βοηθήσουν στην προστασία της ποδοκνημικής άρθρωσης από επαναλαμβανόμενα περιστατικά διαστρέμματος όπως συμβαίνει στις περιπτώσεις της χρόνιας αστάθειας (Matsusaka et al, 2001; Ross & Guskiewicz, 2006; Ross et al, 2007). Το ασκησιολόγιο για την προαγωγή της ιδιοδεκτικότητας σε συνδυασμό με την εφαρμογή στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού μπορεί να αποτελέσει ένα τέτοιο είδος εναλλακτικής θεραπείας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κλινική πρακτική για να βελτιώσει τα ισορροπιστικά και ιδιοδεκτικά ελλείμματα που σχετίζονται με τη λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής (Ross & Guskiewicz, 2006; Ross et al, 2007).

Τα ευρήματα της συγκεκριμένης ερευνητικής προσπάθειας υποδηλώνουν ότι το πρόγραμμα της ιδιοδεκτικότητας με ταυτόχρονη εφαρμογή υπαισθητικών ηλεκτρικών ερεθισμάτων προκαλεί βελτίωση της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας και του δείκτη ταλάντωσης στο

μετωπιαίο επίπεδο της δυναμικής και στατικής ισορροπίας στα άτομα με λειτουργική αστάθεια της ποδοκνημικής. Η ίδια παρέμβαση σε υγιή πληθυσμό δεν παρουσιάζεται το ίδιο αποδοτική αναφορικά με τη μεγιστοποίηση της επίδοσης τους στις προς εξέταση παραμέτρους.

5.7.5 Μελλοντικές προτάσεις

Αύξηση του αριθμού των συμμετεχόντων σε μία αντίστοιχη προσπάθεια μπορεί να δώσει εγκυρότερα αποτελέσματα με πιθανή τη γενίκευση αυτών στον ευρύτερο ελληνικό πληθυσμό της ίδιας ηλικιακής ομάδας και δραστηριότητας. Μεγαλύτερης διάρκειας παρεμβατικό πρόγραμμα και παρακολούθηση των αποτελεσμάτων σε τακτά χρονικά διαστήματα μετά το τέλος του προγράμματος μπορεί να δώσει πληροφορίες για την περαιτέρω βελτίωση, καθώς και για το χρονικό διάστημα διατήρησης των αποτελεσμάτων της ισορροπιστικής ικανότητας και της αίσθησης της μυϊκής προσπάθειας. Ερευνητικές προσπάθειες που να συμπεριλαμβάνουν την επίδραση του τυχαιοποιημένου υπαισθητικού ερεθισμού στην αίσθηση τη θέσης και την κιναισθησία θα έδιναν μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το πως αυτή η εναλλακτικής μορφής θεραπευτική προσέγγιση μπορεί να επηρεάσει την ιδιοδεκτική ικανότητα σε λειτουργικά ασταθείς ποδοκνημικές.

Η διεξοδικότερη διερεύνηση του στοχαστικού υποβαλβιδικού ηλεκτρικού ερεθισμού για τον ακριβή μηχανισμό δράσης στην ευαισθητοποίηση του κατωφλιού ερεθισμού των ιδιοδεκτικών υποδοχέων της ασταθούς ποδοκνημικής κρίνεται αναγκαία. Πιο συγκεκριμένα θα μπορούσε να βοηθήσει στην κατάλληλη τροποποίηση των επιμέρους παραγόντων που σχηματίζουν το συγκεκριμένο υποβαλβιδικό ηχητικό σήμα, όπως η ένταση, η συχνότητα, η διάρκεια και η διαμόρφωση του εναλλασσόμενου κύματος προκειμένου να επιτευχθούν τα καλύτερα

δυνατά αποτελέσματα αναφορικά με τη βελτίωση της σταθερότητας στην ποδοκνημική άρθρωση.

Απώτερος στόχος των μελλοντικών ερευνητικών προσπαθειών που θα ασχοληθούν με την επίδραση προγράμματος ασκήσεων ιδιοδεκτικότητας με την παράλληλη εφαρμογή υπαισθητικού ηλεκτρικού ερεθισμού καλείται να είναι η διερεύνηση της επίδρασης τους στην ελάττωση των επαναλαμβανόμενων περιστατικών αστάθειας και διαστρέμματος στην πορεία του χρόνου, που απαντώνται σε άτομα που βιώνουν αστάθεια στην διάρθρωση της ποδοκνημικής.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αμπατζίδης Γ (2000). *Αθλητικές Κακώσεις*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
2. Λαμπίρης Η (2003). *Ορθοπαιδική και Τραυματολογία*. Αθήνα: Πασχαλίδης Π. Χ.
3. Baier M, Hopf T (1998). Ankle orthoses effect on single- limb standing balance in athletes with functional ankle instability. *Archives of physical Medicine and Rehabilitation* 79: 939- 944.
4. Berg K, Maki B, Williams J, Holiday P, Wood- Dauphinee S (1992). Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch of Phys Med and Rehab.* 73: 1073- 1080.
5. Bernier N, Perrin H (1998). Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 27: 264–275.
6. Birmingham T, Chesworth B, Harstell H, Stevenson A., Lapenskie G, Vandervoort A (1997). Peak passive resistive torque at maximum inversion range of motion in subjects with recurrent ankle inversion sprains. *J of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 25: 342- 348.
7. Brown C, Padua D, Marshall S, Guskiewicz K (2008). Individuals with mechanical ankle instability exhibit different motion patterns than those with functional ankle instability and ankle sprain copers. *Clinican Biomechanics.* 23: 822- 831
8. Brown D, Johnston C, Saltzman L, Marsh L, Buckwalter A, (2006). Posttraumatic osteoarthritis: a first estimate of incidence, prevalence, and burden of disease. *J. Orthop. Trauma.* 20: 739–744.
9. Boyle J, Negus V (1998). Joint position sense in the recurrently sprained ankle. *Australian Journal of Physiotherapy.* 44: 159–163.
10. Caulfield B, Garrett M (2002). Functional instability of the ankle: differences in patterns of ankle and knee movement prior to and post landing in a single leg jump. *International Journal of Sports Medicine.* 23: 64- 68.
11. Collins J, Priplata A, Gravelle D, Niemi J, Harry J, Lipsitz L (2003). Noise-enhanced human sensorimotor function. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 22:76- 83.
12. Cordo P, Inglis J, Verschueren S, Collins J, Merfeld D, Rosenblum S, Buckley S, Moss F (1996). Noise in human spindles. *Nature.* 383: 769- 770.
13. Coughlan G, Caulfield B (2007). A 4-week Neuromuscular Training Program and Gait Patterns at the Ankle Joint. *Journal of Athletic Training.* 42 (1): 51- 59.

14. Delahunt E (2007). Neuromuscular contributions to functional instability of the ankle joint. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 11: 203- 213.
15. Delahunt E, Monaghan K, Caulfield B (2006). Altered neuromuscular control and ankle joint kinematics during walking in subjects with functional instability of the ankle. *Am J Sports Med*. 34:1970–1976.
16. Docherty C, Arnold B, Zinder S, Granata K, Gansneder B (2004). Relationship between two proprioceptive measures and stiffness at the ankle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 14: 317- 324.
17. Docherty C, Moore H, Arnold B (1998). Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. *J. Athl. Train*. 33: 310–314.
18. Ebig M, Lephart S, Burdett R, Miller M, Pincivero D (1997). The effect of sudden inversion stress on EMG activity of the peroneal and tibialis anterior muscles in the chronically unstable ankle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 26: 73- 77.
19. Eechaute J, Vaes H, Van Aerschot L, Asman S, Duquet W (2007). The clinimetric qualities of patient-assessed instruments for measuring chronic ankle instability: a systematic review. *BMC Musculoskelet. Disord*. 8: 6- 10.
20. Eils E, Rosenbaum D (2001). A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med. Sci. Sports Exerc*. 33: 1991–1998.
21. Fallon J, Carr R, Morgan D (2004). Stochastic resonance in muscle receptors. *J Neurophysiol*. 91: 2429–2436.
22. Fong D, Hong Y, Chan L, Yung P, Chan K (2007). A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Med*. 37: 73- 94.
23. Freeman M, Dean M, Hanham I (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J. Bone. Joint. Surg*. 47: 678– 685.
24. Garn N, Newton A. (1988). Kinaesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *Physical Therapy*. 68: 1667– 1671.
25. Gerber P, Williams N, Scoville R, Arciero A., Taylor C (1998). Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. *Foot Ankle Int*. 19: 653– 660.
26. Goldie A, Bach M, Evans M.(1989). Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil*. 70: 510– 517.
27. Goldie A, Evans M, Bach M (1994). Postural control following inversion injuries of the ankle. *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 75: 969–975.
28. Gravelle D, Laughton C, Dhruv N, Katdare K, Niemi J, Lipsitz L, Collins J (2002). Noise-enhanced balance control in older adults. *Neuroreport*. 13:1– 4.

29. Gribble A, Hertel J, Denegar R, Buckley E (2004). The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *J. Athl. Train.* 39: 321– 329.
30. Gross M (1987). Effects of recurrent lateral ankle sprains on active and passive judgments of joint position. *Physical Therap.* 67: 1505- 1509.
31. Guskiewicz K (1999). *Regaining balance and postural equilibrium. Rehabilitation techniques in sports medicine.* WCB McGraw-Hill: Prentice W.
32. Hale S, Hertel J (2005). Reliability and sensitivity of the Foot and Ankle Disability Index in subjects with chronic ankle instability. *J Athl Train.* 40 (1): 35- 40.
33. Hänggi P. (2002). Stochastic resonance in biology: how noise can enhance detection of weak signals and help improve biological information processing. *Chemphyschem.* 3: 285– 290.
34. Hertel, J. (2000). Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Medicine.* 29, 361–371.
35. Hertel J (2002). Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of athletic training.* 37: 364- 375.
36. Hiller C, Refshauge K, Herbert R, Kilbreath S (2006). Cumberland Ankle Instability Tool- a report of validity and reliability testing. *Arch Phys Med Rehab.* 87: 1233–1241.
37. Hootman M, Dick R, Agel M (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *J. Athl. Train.* 42: 311– 319.
38. Hubbard J, Kaminski W (2002). Kinesthesia is not affected by functional ankle instability status. *J Athl Train* 37: 481-6.
39. Hubbard J, Kramer C, Denegar R, Hertel J (2007). Contributing factors to chronic ankle instability. *Foot Ankle Int.* 28: 343–354.
40. Hughes T, Rochester P (2008). The effects of proprioceptive exercise and taping on proprioception in subjects with functional ankle instability: A review of the literature. *Physical Therapy in Sport.* 9: 136- 147.
41. Isakov E, Mizrahi J (1997). Is balance impaired by recurrent sprained ankle? *British j of sports medicine.* 31: 65- 67.
42. Jerosch J, Bischof M (1996). Proprioceptive capabilities of the ankle in stable and unstable joints. *Sports and Exercise Injury.* 2: 167–171.
43. Johnson M, Johnson C (1993). Electromyographic response of peroneal muscles in surgical and nonsurgical injured ankles during sudden inversion. *JOSPT.* 18: 497- 501
44. Kaminski T, Buckley B, Powers M, Hubbard T, Ortiz C (2003). Effect of strength and proprioception training on eversion to inversion strength ratios in subjects with unilateral functional ankle instability. *Br J Sports Med.* 37: 410- 415.

45. Kaminski T, Hartsell H (2002). Factors contributing to chronic ankle instability: a strength perspective. *J. Athl. Train.* 37: 394– 405.
46. Kaminski T, Perrin D, Gansneder B (1999). Eversion strength analysis of uninjured and functionally unstable ankles. *Journal of athletic training.* 34: 239- 245.
47. Kannus P, Renstrom P (1991). Treatment for acute tears of the lateral ligaments of the ankle: operation, cast, or early controlled mobilization. *J Bone Joint Surg.* 73: 305- 312.
48. Karlsson J, Andreasson O (1992). The effect of external ankle support in chronic lateral ankle joint instability: An electromyographic study. *American Journal of Sports Medicine.* 20: 257–261.
49. Kidgell D, Horvath D, Jackson B, Seymour P (2007). Effect of six week of dura disc and mini- trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability. *Journal of strength and conditioning research.* 21 (2): 466- 469.
50. Konradsen L (2002). Factors contributing to chronic ankle instability: kinaesthesia and joint position sense. *J. Athl. Train.* 37: 381– 385.
51. Konradsen L, Beynnon B, Renstrom P (2000). *Proprioception and sensorimotor control in the functionally unstable ankle.* Human Kinetics: 22
52. Konradsen L, Magnusson P (2000). Increased inversion angle replication error in functional ankle instability. *Knee. Surg. Sports Traumatol. Arthrosci.* 8: 246– 251.
53. Konradsen L, Ravn J (1990). Ankle instability caused by prolonged peroneal reaction time. *Acta Orthop. Scand.* 61: 388–390.
54. Konradsen L, Voight M, Hojsgaard C (1997). Ankle inversion injuries: The role of the dynamic defence mechanism. *Am J Sports Med.* 25 (1): 54-58.
55. Leanderson J, Ekstam S, Salomonsson C (1996). Taping of the ankle- the effect on postural sway during perturbation before and after a training session. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 4: 53– 56.
56. Leaderson J, Wykman A, Eriksson E (1993). Ankle sprain and postural sway in basketball players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy.* 1 (3- 4): 203- 205.
57. Lee A, Lin W (2008). Twelve- week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability. *Clinical Biomechanics.* 23: 1065-1072.
58. Lentell, G., Baas, B., Lopez, D., McGuire, L., Sarrels, M., & Snyder, P. (1995). The contributions of proprioceptive deficits, muscle function, and anatomic laxity to functional instability of the ankle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 21, 206–215.

59. Lentell G, Katzman L, Walters M (1990). The relationship between muscle function and ankle stability. *J of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 11: 605- 611.
60. Lephart S, Pincivero D, Giraldo J, Fu F (1997). The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American journal of sports medicine*. 25 (1): 130- 137.
61. Lephart S, Pincivero D, Rozzi S (1998). Proprioception of the ankle and knee. *Sports Medicine*. 25: 149- 155.
62. Lofvenberg R, Karrholm J, Sundelin G, Ahlgren O (1995). Prolonged reaction time in patients with chronic lateral instability of the ankle. *Am. J. Sports Med*. 23: 414–417.
63. McKay D, Goldie A, Payne R, Oakes W (2001). Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. *Br J Sports Med*. 35: 103- 108.
64. Mckeon O, Hertel J (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing. *J. Athl. Train*. 43: 293–304.
65. Mckeon O, Ingersoll D, Kerrigan C, Saliba E, Bennett C, Hertel J (2008). Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Med. Sci. Sports. Exerc*. 40: 1810– 1819.
66. Mcvey D, Palmieri M, Docherty L, Zinder M, Ingersoll D (2005). Arthrogenic muscle inhibition in the leg muscles of subjects exhibiting functional ankle instability. *Foot Ankle Int*. 26: 1055–1061.
67. Martinez L, Perez T, Mirasso C, Manjarrez E (2007). Stochastic resonance in the motor system: Effects of noise on the monosynaptic reflex pathway of the cat spinal cord. *J Neurophysiol*. 97: 4007- 4016.
68. Matsusaka N, Yokoyama S, Tsurusaki T, Inokuchi S, Okita M (2001). Effect of ankle disk training combined with tactile stimulation to the leg and foot on functional instability of the ankle. *American Journal of Sports Medicine*. 29: 25–30.
69. Mattacola G, Dwyer K (2002). Rehabilitation of the ankle after acute sprain or chronic instability. *Journal of Athletic Training*. 37: 413–429
70. Mattacola G, Lloyd W (1997). Effects of a 6-week strength and proprioception training program on measures of dynamic balance: a single-case design. *J Athl Train*. 32:127–135.
71. Mitchell T, Ross S, Blackburn T, Hirth C, Guskiewicz K (2006). Functional Balance training, with or without exercise sandals, for subjects with stable or unstable ankles. *Journal of athletic training*. 41 (4): 393- 398.
72. Monaghan K, Delahunt E, Caulfield B (2006). Ankle function during gait in patients with chronic ankle instability compared to controls. *Clin. Biomech*. 21: 168– 174.

73. Moss F, Ward M, Sannita G (2004). Stochastic resonance and sensory information processing: a tutorial and review of application. *Clin Neurophys.* 27: 677– 682.
74. Munn J, Beard D, Refshauge K, Lee R (2003). Eccentric muscle strength in functional ankle instability. *Medicine and Science in sports and Exercise.* 35: 245- 250.
75. Olmsted C, Carcia R, Hertel J, Shultz J (2002). Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *J. Athl. Train.* 37: 501– 506.
76. Osborne M, Chou L, Laskowski E, Smith J, Kaufman R (2001). The effect of ankle disk training on muscle reaction time in subjects with a history of ankle sprain. *American Journal of Sports Medicine.* 29: 627– 632.
77. Osborne M, Rizzo T (2003). Prevention and treatment of ankle sprain in athletes. *Sports Med.* 15: 1145- 1150.
78. Palmieri M, Tom J, Edwards J, Weltman A, Saliba N, Mistry D, Ingersoll D (2004). Arthrogenic muscle response induced by an experimental knee joint effusion is mediated by pre- and post-synaptic spinal mechanisms. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 14: 631–N640.
79. Priplata A, Niemi J, Salen M, Harry J, Lipsitz L, Collins J (2002). Noise-enhanced human balance control. *Phy Rev Lett.* 89: 238101-1– 238101-4.
80. Priplata A, Niemi J, Harry J (2003). Vibrating insoles and balance control in elderly people. *Lancet.* 362: 1123– 1124.
81. Priplata A, Patritti B, Niemi J, Hughes R, Gravelle D, Lipsitz L, Veves A, Stein J, Bonato P, Collins J (2006). Noise- Enhanced balance control in patients with diabetes and patients with stroke. *Ann Neuro.* 59: 4- 12.
82. Reid D (1992). *Sports injury assessment and rehabilitation.* London: Churchill Livingstone.
83. Refshauge K, Kilbreath S, Raymond J (2000). The effect of recurrent ankle inversion sprain and taping on proprioception at the ankle. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 32: 10- 15.
84. Ross S (2007). Noise- enhanced postural stability in subjects with functional ankle instability. *Br J Sports Med.* 41: 656- 65.
85. Ross S, Arnold B, Blackburn J, Brown C, Guskiewicz K (2007). Enhanced balance associated with coordination training with stochastic resonance stimulation in subjects with functional ankle instability: an experimental trial. *J. Neuroeng. Rehabil.* 4: 47- 67..
86. Ross S, Guskiewicz K (2004). Examination of static and dynamic postural stability in individuals with functionally stable and unstable ankles. *Clin J Sport Med.* 14: 332–338.
87. Ross S, Guskiewicz K (2006). Effect of coordination training with and without stochastic resonance stimulation on dynamic postural stability of

- subjects with functional ankle instability and subjects with stable ankles. *Clin J Sport Med.* 16: 323- 328.
88. Ross S, Guskiewicz K, Gross M, Yu B (2008). Assessment tools for identifying functional limitations associated with functional ankle instability. *Journal of athletic Training.* 43 (1): 44- 50.
 89. Ross S, Guskiewicz K, Yu B (2005). Single- leg jump landing stabilization times in subjects with functional ankle instability. *J of athletic training.* 40: 298- 304.
 90. Rowinski M (1990). *Orthopaedic and sports physical therapy.* CV Mosby: St Louis.
 91. Rozzi L, Lephart M, Sterner R, Kuligowski L (1999) Balance training for persons with functionally unstable ankles. *J Orthop Sports Phys Ther.* 29: 478- 86.
 92. Ryan L (1994). Mechanical stability, muscle strength, and proprioception in the functionally unstable ankle. *Australian J of Physiotherapy.* 40: 41- 47.
 93. Safran M, Benedetti R, Bartolozzi A, Mandelbaum B (1999a). Lateral ankle sprains: a comprehensive review: part 1: etiology, pathoanatomy, histopathogenesis, and diagnosis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31: S429– S437.
 94. Safran M, Zachazewski J, Benedetti R, Bartolozzi A, Mandelbaum R (1999b). Lateral ankle sprains: a comprehensive review part 2: treatment and rehabilitation with an emphasis on the athlete. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 31: S438–S447.
 95. Sefton J, Hicks- Little C, Hubbard T, Clemens M, Yengo C, Koceja D, Cordova M (2009). Sensorimotor function as a predictor of chronic ankle instability. *Clinical Biomechanics.* 24: 452- 458.
 96. Tropp H, Askling C, Gillquist J (1985). Prevention of ankle sprains. *Am. J. Sports Med.* 13: 259–262.
 97. Valderrabano V, Hintermann B, Horisberger M, Fung T (2006). Ligamentous posttraumatic ankle osteoarthritis. *Am. J. Sports. Med.* 34: 612–620.
 98. Yeung M, Chan K, So C, Yuan W (1994). An epidemiological survey on ankle sprain. *Br. J. Sports Med.* 28: 112–116.

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Για την πιο ολοκληρωμένη εικόνα αυτής της ερευνητικής προσπάθειας κρίνεται αναγκαία η παράθεση ορισμένων εγγράφων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εξέλιξη της μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, το παράρτημα περιλαμβάνει τις εξής φόρμες συμμετοχής και τα ακόλουθα ερωτηματολόγια :

1. το ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της αστάθειας Cumberland.
2. το φυλλάδιο λήψης ιστορικού για την αστάθειας της ποδοκνημικής.
3. τη φόρμα συμπλήρωσης των στοιχείων των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.
4. το φυλλάδιο συμπλήρωσης του χρονοδιαγράμματος του προγράμματος ιδιοδεκτικότητας.

7.1 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ CUMBERLAND

(CUMBERLAND ANKLE INSTABILITY TOOL)¹

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:

...../...../200....

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

ΚΩΔΙΚΟΣ:

Ø Παρακαλώ κυκλώστε ΜΙΑ απάντηση σε κάθε ερώτηση που να περιγράφει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις ποδοκνημικές σας.

ΔΕΞΙΑ ΑΡΙΣΤΕΡΗ

1. Πονάω στην ποδοκνημική
 - i) Ποτέ
 - ii) Κατά την διάρκεια αθλητικής δραστηριότητας
 - iii) Όταν τρέχω σε ανώμαλη επιφάνεια
 - iv) Όταν τρέχω σε επίπεδη επιφάνεια
 - v) Όταν περπατάω σε ανώμαλη επιφάνεια
 - vi) Όταν περπατάω σε επίπεδη επιφάνεια

2. Αισθάνομαι την ποδοκνημική μου ασταθή
 - i) Ποτέ
 - ii) Μερικές φορές κατά την διάρκεια αθλητικής δραστηριότητας
 - iii) Πάντα κατά τη διάρκεια αθλητικής δραστηριότητας
 - iv) Μερικές φορές κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων
 - v) Πάντα κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων

3. Όταν κάνω απότομες στροφές, αισθάνομαι την ποδοκνημική μου ασταθή
 - i) Ποτέ
 - ii) Μερικές φορές όταν τρέχω
 - iii) Συχνά όταν τρέχω

iv) Όταν περπατάω

¹Hiller CE, Refshauge KM et al (2006) The Cumberland Ankle Instability Tool: A Report of Validity and Reliability Testing. Arch Phys Med Rehabil, 87: 1235- 41

ii) Όταν τα κατεβαίνω γρήγορα

iii) Περιστασιακά

iv) Πάντα

5. Αισθάνομαι την ποδοκνημική μου ασταθή όταν στέκομαι στο ένα πόδι

i) Ποτέ

ii) Όταν στέκομαι στη μύτη του ποδιού

iii) Όταν πατάω με όλο το πέλμα

6. Αισθάνομαι την ποδοκνημική μου ασταθή όταν

i) Ποτέ

ii) Αναπηδώ από πλάι σε πλάι

iii) Αναπηδώ στο ίδιο σημείο

iv) Όταν κάνω άλμα

7. Αισθάνομαι την ποδοκνημική μου ασταθή όταν

i) Ποτέ

ii) Όταν τρέχω σε ανώμαλες επιφάνειες

iii) Όταν κάνω τζοκινγκ σε ανώμαλες επιφάνειες

iv) Όταν περπατάω σε ανώμαλες επιφάνειες

v) Όταν περπατάω σε επίπεδη επιφάνεια

8. Τυπικά, τη στιγμή που «γυρίζει» η ποδοκνημική μου, δεν μπορώ να το σταματήσω

i) Αμέσως

ii) Συχνά

iii) Μερικές φορές

iv) Ποτέ

v) Δεν έχω «γυρίσει» ποτέ την ποδοκνημική μου

¹Hiller CE, Refshauge KM et al (2006) The Cumberland Ankle Instability Tool: A Report of Validity and Reliability Testing. Arch Phys Med Rehabil, 87: 1235- 41

9. Μετά από ένα τυπικό περιστατικό αστάθειας/ διαστρέμματος, η ποδοκνημική μου επανέρχεται στην προηγούμενη κατάσταση
- | | | |
|---|----|----|
| i) Σχεδόν αμέσως | .. | .. |
| ii) Σε λιγότερο από μία μέρα | .. | .. |
| iii) Σε 1-2 μέρες | .. | .. |
| iv) Σε περισσότερο από 2 μέρες | .. | .. |
| v) Δεν έχω «γυρίσει» ποτέ την ποδοκνημική μου | .. | .. |

¹Hiller CE, Refshauge KM et al (2006) The Cumberland Ankle Instability Tool: A Report of Validity and Reliability Testing. Arch Phys Med Rehabil, 87: 1235- 41

7.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΤΗΣ ΠΟΔΟΚΝΗΜΙΚΗΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:/...../200....
--------------------	---------------------

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:		ΚΩΔΙΚΟΣ:	
ΕΤΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ:		ΒΑΡΟΣ (kgr):	ΥΨΟΣ (m):
ΤΗΛΕΦΩΝΟ:			

A. Ιστορικό άσκησης

1. Ασκείσαι καθόλου;

Ναι	Όχι
-----	-----

2. Τι είδους άσκηση κάνεις;

3. Πόσες μέρες την εβδομάδα ασκείσαι;

4. Πόσα λεπτά την ημέρα ασκείσαι;

B. Ερωτήσεις για την ποδοπλευρικότητα

Με το αριστερό	Και με τα 2 πόδια το ίδιο	Με το δεξί
----------------	---------------------------	------------

1. Σε ποιο πόδι στηρίζεις περισσότερο το βάρος του σώματος για να ξεκουραστείς στην όρθια στάση

..

2. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να ισοροπήσεις σε μια δοκό

..

3. Ποιο πόδι χρησιμοποιείς για να κλωτσήσεις μια μπάλα

..

4. Με ποιο πόδι θα πατήσεις για να κάνεις άλμα εις μήκος

..

5. Εάν έπρεπε να αναπηδήσεις στο ένα πόδι ποιο θα χρησιμοποιούσες

..

Γ. Ιστορικό τραυματισμού της ποδοκνημικής

1. Έχεις τραυματιστεί στην περιοχή της ποδοκνημικής;

Ναι	Όχι
-----	-----
2. Τι είδους ήταν ο τραυματισμός (κάταγμα, διάστρεμμα);
3. Πότε τραυματίστηκες τελευταία φορά;
4. Ποιος ο αριθμός των τραυματισμών την τελευταία χρονιά;
5. Ακολουθήθηκε κάποια μορφή αποκατάστασης;

Ναι	Όχι
-----	-----
6. Αν ΝΑΙ, αναφέρετε τον αριθμό των θεραπευτικών συνεδριών;
7. Στο θεραπευτικό πρόγραμμα συμπεριλαμβανόταν και ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας;

Δ. Ιστορικού τραυματισμού των κάτω άκρων

1. Έχεις τραυματιστεί στην περιοχή των κάτω άκρων;

Ναι	Όχι
-----	-----
2. Τι είδους ήταν ο τραυματισμός;
3. Πότε τραυματίστηκες τελευταία φορά;
4. Ποιος ο αριθμός των τραυματισμών την τελευταία χρονιά;
5. Ακολουθήθηκε κάποια μορφή αποκατάστασης;

Ναι	Όχι
-----	-----
6. Αν ΝΑΙ, αναφέρετε τον αριθμό των θεραπευτικών συνεδριών;
7. Στο θεραπευτικό πρόγραμμα συμπεριλαμβανόταν και ασκησιολόγιο;

Ε. Ιατρικό ιστορικό

1. Νευρολογικά προβλήματα (νευροπάθειες κ.α.):
2. Παθολογικά προβλήματα (σακ. διαβήτης, οπτικά ελλείμματα κ.α.):

Ζ. Παρατηρήσεις

7.3 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:/...../200....
ΩΡΑ:	
ΑΡ. ΜΕΤΡΗΣΗΣ:	

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:				ΚΩΔΙΚΟΣ:	
ΥΨΟΣ (m):		ΜΗΚΟΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΟΥ (cm):		ΒΑΡΟΣ (kgr):	
ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΠΟΔΙ:					

ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΑΘΕΤΟ ΑΛΜΑ:					
50% ΤΟΥ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΚΑΘΕΤΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ:					
ΠΟΔΙ ΕΝΑΡΞΗΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΠΕΛΜΑΤΟΓΡΑΦΟ:					
ΑΤΥΧΕΙΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΣΤΟΝ ΠΕΛΜΑΤΟΓΡΑΦΟ:					

<u>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΙΣΟΚΙΝΗΤΙΚΟΥ</u>						
ΠΟΔΙ ΕΝΑΡΞΗΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΙΣΟΚΙΝΗΤΙΚΟ:						
	ΔΕΞΙ			ΑΡΙΣΤΕΡΟ		
ΜΑΧ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑ:						
20% ΤΗΣ ΜΑΧ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑΣ:						
40% ΤΗΣ ΜΑΧ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑΣ:						
60% ΤΗΣ ΜΑΧ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΑΣ:						

7.4 ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΙΔΙΟΔΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:			
ΙΣΤΟΡΙΚΟ :			
ΣΚΟΡ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	ΔΕΞΙ:	ΑΡΙΣΤΕΡΟ:	
ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΠΟΔΙ:			
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ:			
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:			

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	

