



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΣΤΗΝ
ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ
ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΟΠΙΑΣΤΙΚΗ
ΒΑΔΙΣΗ ΣΕ ΑΝΗΦΟΡΑ**

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΠΕΖΟΥΒΑΝΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΗ

ΑΜ: 2035

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΕΠΗΣ ΗΛΙΑΣ

ΑΙΓΙΟ- 2019

**THE EFFECT OF CRYOTHERAPY IN BALANCE
AND LANDING CONTROL AFTER FATIGUING
UPHILL WALKING**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, κ. Τσέπη Ηλία για την καθοδήγηση και την βοήθεια που μου προσέφερε σε ότι κι αν χρειαζόμουν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων και της συγγραφής της πτυχιακής μου. Οφείλω, επίσης, ένα ευχαριστώ στους φοιτητές του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας που ήταν πρόθυμοι και συμμετείχαν στην έρευνα, παρόλο που είχε κοπιαστικό χαρακτήρα. Και φυσικά, κλείνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου, που με στήριξαν όλο αυτό το διάστημα των σπουδών μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η κόπωση είναι ένα θέμα που έχει απασχολήσει τον ερευνητικό κοινό. Η περιφερική κόπωση είναι η μείωση της μυϊκής δύναμης και της ισχύος, παρά την μέγιστη δραστηριοποίηση των κινητικών μονάδων και προκαλεί τοπικές αλλαγές στο μυϊκό σύστημα. Η μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης μπορεί να οφείλεται σε αποτυχία μετάδοσης ενεργειακού δυναμικού στην κυτταρική μεμβράνη, αποτυχία συστολής λόγω διαταραχής απελευθέρωση και επαναπρόσληψη ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, απενεργοποίηση του κύκλου των εγκάρσιων γεφυρών, ανεπάρκεια μυϊκής ενέργειας και συσσώρευση μεταβολιτών στα μυϊκά κύτταρα.

Οι ερευνητές ασχολούνται για την εξακρίβωση της πραγματικής αιτίας που προκαλεί την μυϊκή κόπωση. Επιπλέον, είναι πολύ σημαντική η απόδειξη της κόπωσης ως προδιαθεσικός παράγοντας τραυματισμού. Αυτή η απόδειξη οδηγεί στην αναζήτηση μεθόδων αποκατάστασης του μυϊκού καμάτου βασισμένες στα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα. Με αυτόν τον συλλογισμό, στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της κρυοθεραπείας, έναντι της κλασικής ενεργητικής άσκησης, ως μέσο αποκατάστασης της περιφερικής κόπωσης, έπειτα από ένα κοπιαστικό πρωτόκολλο βάρδισης σε ανηφορικό διάδρομο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Στην μελέτη ερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της κρυοθεραπείας στην αποκατάσταση της περιφερικής κόπωσης, έπειτα από κοπιαστική βάρδια σε ανηφόρα.

ΜΕΘΟΔΟΣ: Έλαβαν μέρος 26 φοιτητές του τμήματος Φυσικοθεραπείας του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας. Το πρωτόκολλο κόπωσης έγινε σε ανηφορικό διάδρομο κλίσης 15° με αυξανόμενη ταχύτητα ακολουθούμενο από πλειομετρική άσκηση γαστροκνημίου σε σκαλοπάτι μέχρι την ανικανότητα εκτέλεσης. Η υποκειμενική αίσθηση της κόπωσης των δοκιμαζόμενων εκτιμήθηκε με την τροποποιημένη κλίμακα Borg. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 3 μονοποδικές δοκιμασίες ισορροπίας για 20 δευτερόλεπτα και 3 μονοποδικά κατακόρυφα άλματα (drop jumps) πάνω στο δυναμοδάπεδο με το επικρατές κάτω άκρο πριν, μετά την κόπωση και μετά την αποκατάσταση. Η μέθοδος αποκατάστασης που συγκρίθηκε ήταν 10 λεπτά τοπική κρυοθεραπεία με ειδικό πακέτο γέλης και η ενεργητική βάρδια σε διάδρομο χωρίς κλίση για 10 λεπτά.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ: Η στατιστική ανάλυση των μεταβλητών του δυναμοδάπεδου μεταξύ των τριών χρόνων μέτρησης (αρχική, μετά κόπωσης, μετά-αποθεραπείας), ελέγχθηκε με Repeated ANOVA για τρεις παράγοντες (αρχική, κόπωση, αποθεραπεία). Για τον μετά-ANOVA έλεγχο στις περιπτώσεις στατιστικώς σημαντικής διαφοράς χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία Bonferroni. Επιπλέον, οι συγκρίσεις των δύο μεθόδων, κρυοθεραπείας και βάρδιας, έγιναν με t-test για ανεξάρτητα δείγματα. Μόνο ο μετά-ANOVA έλεγχος κατά Bonferroni ανέδειξε σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 πρώτων μετρήσεων (αρχικής και κόπωσης) για την μέθοδο της κρυοθεραπείας ($p=0,021$) και για την μέθοδο της βάρδιας ($p=0,009$) στην Fz και μη στατιστικά σημαντική διαφορά αλλά με τάση σημαντικότητας ($p=0,077$), πιθανώς λόγω χαμηλής στατιστικής ισχύος (observed power= 0,507-μικρό δείγμα) για την Fx. Η κλίμακα Borg έδειξε ότι το 69% των συμμετεχόντων είχαν αίσθηση κόπωσης μηδενική μετά την κρυοθεραπεία έναντι της βάρδιας που σημειώθηκε μηδενική τελική αίσθηση στο 31% των συμμετεχόντων.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ: Σχετικά με την μέτρηση της μονοποδικής ισορροπίας του επικρατούς κάτω άκρου πριν και μετά την κόπωση δεν προέκυψε κάποιο στατιστικά σημαντικό δεδομένο, όπως προβλεπόταν βάσει άλλων ερευνών. Μια πιθανή εξήγηση είναι η ανικανότητα εκτέλεσης της πρώτης μονοποδικής ισορροπιστικής μέτρησης από τους συμμετέχοντες μετά την κόπωση σε συνδυασμό με τον μικρό αριθμό δείγματος. Ωστόσο, η σημαντικότητα που

αποδείχθηκε σχετικά με τις παραμέτρους F_x και F_z δείχνει ότι η κόπωση επηρεάζει αρνητικά την διαχείριση των κάθετων φορτίων στην ποδοκνημική κατά την προσγείωση, γεγονός που οδηγεί εύλογα στο συμπέρασμα της αύξησης των πιθανοτήτων τραυματισμού της άρθρωσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	9
ΕΙΚΟΝΕΣ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	11
ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	11
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	11
1.2 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ.....	11
1.3 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	11
1.4 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	11
1.4.1 ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑ	12
1.4.2 ΙΔΙΟΫΠΟΔΟΧΕΙΣ.....	13
1.4.3 ΑΙΘΟΥΣΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	15
1.4.4 ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	15
1.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	15
1.5.1 ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ	16
1.5.2 ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	17
1.5.3 ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ	17
1.6 ΚΛΙΝΙΚΑ ΤΕΣΤ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	24
ΚΟΠΩΣΗ	24
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΠΩΣΗΣ	24
2.1.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΟΠΩΣΗ	26
2.1.2 ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΗ ΚΟΠΩΣΗ.....	27
2.2 ΑΣΚΗΣΙΟΓΕΝΗΣ ΜΥΪΚΟΣ ΠΟΝΟΣ.....	29
2.3 ΕΠΠΤΩΣΕΙΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΣΤΗ ΝΕΥΡΟΜΥΪΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	30
2.4 ΚΟΠΩΣΗ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ	32
2.4.1 ΕΠΠΤΩΣΕΙΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ	33
2.5 ΚΟΠΩΣΗ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ	35
2.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	47

Η ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΑΠΟ ΚΟΠΙΑΣΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ	47
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ	47
3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ	47
3.2.1 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	47
3.2.2 ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	51
3.3 ΜΕΣΑ ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	52
3.4 ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	57
4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	57
4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	58
4.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	69
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	69
5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΒΟΡΓ	69
5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΒΟΡΓ	70
5.3 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	71
5.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ (DROP JUMP)	72
5.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ (DROP JUMP)	73
5.6 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	75
ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	75
ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	78
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- OSI: δείκτης γενικής σταθερότητας
- APSI: δείκτης ευστάθειας πρόσθιας / οπίσθιας σταθερότητας
- MLSI: δείκτης μέσης / πλευρικής σταθερότητας
- Fx: δύναμη στο οβελιαίο επίπεδο
- Fy: δύναμη στο μετωπιαίο
- Fz: δύναμη στο κατακόρυφο
- Mx: ροπή στο οβελιαίο επίπεδο
- My: ροπή στο μετωπιαίο επίπεδο
- Mz: ροπή το κατακόρυφο
- COP: κέντρο πίεσης
- MVC: μέγιστη εκούσια δύναμη
- ATP: τριφωσφορική αδενοσίνη
- Ca: ασβέστιο
- K: κάλιο
- Na: νάτριο
- H⁺: υδρογόνο
- EMG: ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα
- VAL: εθελοντική ενεργοποίηση
- WBC: ολόσωμη κρυοθεραπεία
- FIR: υπέρυθρη ακτινοβολία
- PAS: παθητική ανάκτηση
- CK: κρεατίνη κινάση
- MB: μυοσφαιρίνης
- (IL) -8, IL-10, IL-1β, IL-12p70: ιντερλευκίνες
- CWI: εμβάπτιση σε κρύο νερό
- IM: παγομάλαξη
- DOMS: καθυστερημένος μυϊκός πόνος
- TNF-α: προφλεγμονώδης κυτοκίνη
- SPSS: λογισμικό σύστημα στατιστικής ανάλυσης

ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ	ΣΕΛΙΔΑ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ
1.1	12	https://www.neurocenter.gr/N-S.html
1.2	14	http://www.experimentalphysiology.gr
1.3	22	https://www.ipros.jp
2.1	25	Κλεισούρας, 2011
2.2	28	SlidePlayer.gr
2.3	36	Vimaonline.gr
2.4	38	Gafner et al, 2018
2.5	39	sportsmassageinauckland.co.nz
2.6	41	http://www.orthopaedic-kefalonia.gr
2.7	41	odigos-ygeias.eu
2.8	42	https://www.alphaprolipsis.gr
2.9	43	Dancytalia - WordPress.com
2.10	45	Phc.gr
3.1	52	www.baileysportstherapyclinic.com/sports-ice-massage
3.2	52	http://healthyjon.com/tag/cold-water-immersion
3.3	53	www.xtr.gr
4.5	62	https://www.amti.biz
4.9	65	https://www.researchgate.net
4.10	65	https://www.researchgate.net

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Η ισορροπία του βάρους ενός ατόμου, αναφέρεται ως η ικανότητα αυτού να αντιλαμβάνεται και να διατηρεί μια σταθερή θέση (Hamill,2013).

1.2 ΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Με βάση τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, στατική ισορροπία χαρακτηρίζεται η κατάσταση ενός ατόμου, όταν αυτό είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα, δηλαδή η συνισταμένη των δυνάμεων και των ροπών να είναι μηδενική. Για να θεωρηθεί ένα σώμα, ότι βρίσκεται σε στατική ισορροπία, θα πρέπει να ισχύουν τρεις συνθήκες:

- Η συνισταμένη των κατακόρυφων δυνάμεων που δρουν στο σώμα να είναι μηδέν,
- Η συνισταμένη των οριζόντιων δυνάμεων που δρουν στο σώμα να είναι μηδέν,
- Το άθροισμα όλων των ροπών να είναι μηδέν.

Επομένως, στην περίπτωση που κάποια από τις τρεις συνθήκες δεν ισχύει, τότε αυτόματα υπάρχει επιτάχυνση του σώματος, δηλαδή έχουμε παρουσία συνιστάμενης δύναμης, άρα και κίνησης(Hall,2005).

1.3 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

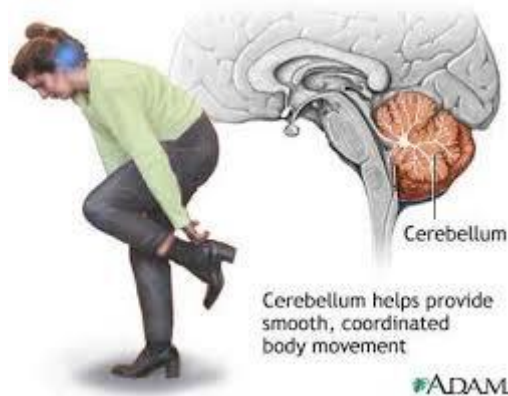
Με την έννοια της δυναμικής ισορροπίας, γίνεται αναφορά στην ισορροπία των ασκούμενων δυνάμεων και των δυνάμεων αδράνειας, όταν ένα σώμα κινείται. Συγκεκριμένα, κατά την κίνηση ενός σώματος, οι δυνάμεις που δρουν σε αυτό προκαλούν ίσες και αντίθετα κατευθυνόμενες δυνάμεις, οι οποίες ονομάζονται δυνάμεις αδράνειας. Με αυτό τον τρόπο, έχουμε αποτελέσματα μεταβολών κατεύθυνσης και ταχύτητας των σωμάτων (Hall,2005).

1.4 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Η διατήρηση της ισορροπίας του σώματος εξαρτάται από τη συνδυασμένη και αρμονική συνεργασία της όρασης, του λαβυρίνθιου συστήματος και των σωματοαισθητικών υποδοχέων και της παρεγκεφαλίδας. Περιφερική ή κεντρική βλάβη σε οποιοδήποτε από αυτά τα συστήματα οδηγεί σε διαταραχή της ισορροπίας (Λογοθέτης, 1988).

1.4.1 ΠΑΡΕΓΚΕΦΑΛΙΔΑ

Η παρεγκεφαλίδα είναι το κύριο ρυθμιστικό όργανο για την ισορροπία του σώματος κατά την στάση και την βόδιση. Επιπλέον, είναι υπεύθυνη για την εναρμόνιση της μυϊκής σύσπασης αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών κατά τις εκούσιες κινήσεις. Οι ώσεις για να πραγματοποιηθεί εκούσια μυϊκή κίνηση ξεκινούν από τον εγκεφαλικό φλοιό μέσω αναρριχητικών ινών και συντονίζονται στη παρεγκεφαλίδα, πιο συγκεκριμένα στην νεοπαρεγκεφαλίδα (Εικόνα 1.1) (Πλέσσας,2010) .



ΕΙΚΟΝΑ 1.1 Απεικόνιση παρεγκεφαλίδας (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Επιπλέον, η παρεγκεφαλίδα δημιουργεί ώσεις σε επίλεκτες κινητικές μονάδες για την διατήρηση της στάσης και του μυϊκού τόνου. Ο νωτιαίος μυελός λαμβάνει τις πληροφορίες από υποδοχείς που βρίσκονται στους μύες, τένοντες και αρθρώσεις και έπειτα τις μεταβιβάζει μέσω βρυωδών ινών στην παρεγκεφαλίδα, με σκοπό τον συντονισμό (Πλέσσας, 2010).

Ο κροκιδουζώδης λοβός της λαμβάνει ειδικές ιδιοδεκτικές νευρικές ώσεις από τους αιθουσαίους πυρήνες, γιατί το λόγο ονομάζεται και αιθουσαιοπαρεγκεφαλίδα. Η λειτουργία της είναι η μεταβίβαση και η διατήρηση της ισορροπίας. Οι νευρικές οδοί της πρόσθιας και οπίσθιας μοίρας του σκώληκα (νωτιαιοπαρεγκεφαλίδα) λαμβάνουν ώσεις από τους ιδιοδεκτικούς υποδοχείς των μυών και των τενόντων των άκρων μέσω του πρόσθιου νωτιοπαρεγκεφαλιδικού δερματίου από τα άνω άκρα και του οπίσθιου νωτιοπαρεγκεφαλιδικού δερματίου από τα κάτω άκρα. Σκοπός της νωτιαιοπαρεγκεφαλίδας είναι η επιρροή της για την διατήρηση της στάσης και του μυϊκού τόνου (Victor & Ropper, 2003).

1.4.2 ΙΔΙΟΫΠΟΔΟΧΕΙΣ

Όπως αναφέρθηκε υπάρχουν κάποιοι υποδοχείς με διαφορετικά νευροφυσιολογικά χαρακτηριστικά που στέλνουν τις πληροφορίες από την περιφέρεια στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Με βάση την θέση τους χωρίζονται σε αρθρικούς και μυοτενόντιους ιδιοϋποδοχείς. Η πληροφορία μεταβιβάζεται κυρίως από τους μυοτενόντιους μέχρι τη μέση τροχιά εύρους κίνησης, ενώ στις τελικές μοίρες οι αρθρικοί είναι εξίσου σημαντικοί με τους μυοτενόντιους ιδιοϋποδοχείς. Επιπλέον, οι ιδιοϋποδοχείς στέλνουν αισθητικές πληροφορίες όχι μόνο κατά τις εκούσιες κινήσεις, αλλά και κατά τις αντανακλαστικές, συμβάλλοντας στην κινητική απάντηση του κεντρικού νευρικού συστήματος (Φουσέκης,2015).

ΑΡΘΡΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ:

Σωμάτια Ruffini: ιδιοϋποδοχείς αργής προσαρμογής με χαμηλό κατώφλι ερεθισμού (τύπου I). Βρίσκονται στην εξωτερική στοιβάδα του αρθρικού θύλακα και σε εξωαρθρικούς συνδέσμους. Ενεργοποιούνται μέσω ενδοαρθρικής πίεσης (φλεγμονή, οίδημα) και μηχανικής τάσης, εξαιτίας αλλαγών κατεύθυνσης και ταχύτητας κίνησης της άρθρωσης.

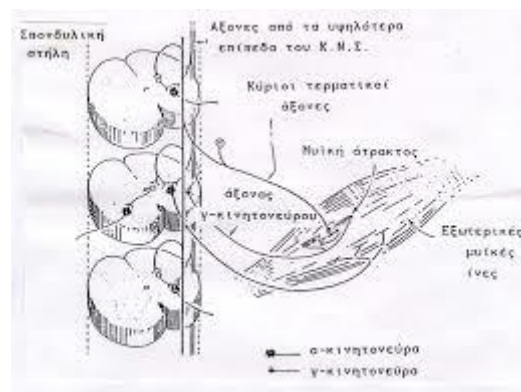
Σωμάτια Pacinian: ιδιοϋποδοχείς πολύ γρήγορης προσαρμογής με πολύ χαμηλό κατώφλι ερεθισμού (τύπου II). Βρίσκονται στην ινώδη μεμβράνη του θύλακα και στην ένωση θύλακα και αρθρικού υμένα, κοντά σε μικρά αιμοφόρα αγγεία. Ενεργοποιούνται μέσω αλλαγών ταχύτητας της κίνησης (επιτάχυνση-επιβράδυνση) και ερεθισμάτων δόνησης.

Αρθρικές απολήξεις Golgi-Mazzoni: ιδιοϋποδοχείς αργής προσαρμογής με υψηλό κατώφλι ερεθισμού (τύπου III). Βρίσκονται σε συνδέσμους και μηνίσκους. Ενεργοποιούνται σε ερεθίσματα διάτασης των συνδέσμων, κυρίως στα όρια τροχιάς της κίνησης και όχι σε στατικές καταστάσεις.

Ελεύθερες νευρικές απολήξεις: ιδιοϋποδοχείς αργής προσαρμογής με υψηλό κατώφλι ερεθίσματος (τύπος IV). Βρίσκονται διάσπαρτες στις δομές των αρθρώσεων. Ενεργοποιούνται όταν οι αρθρικοί ιστοί εκτίθενται σε κίνδυνο τραυματισμού από μηχανικό ή βιοχημικό αίτιο. Σε φυσιολογικές συνθήκες είναι ανενεργές (Φουσέκης,2015).

ΜΥΟΤΕΝΟΝΤΙΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ:

Μυϊκή άτρακτος: ιδιοϋποδοχέας που αποτελείται από μυϊκές ίνες. Βρίσκεται σε σχεδόν όλους τους μύες και κυρίως σε αυτούς που είναι υπεύθυνοι για εκούσιες, λεπτές κινήσεις. Είναι δέκτης αλλά και πομπός κινητικών εντολών. Οι εξωκαψικές μυϊκές ίνες του, δεν προκαλούν μόνες τους μυϊκή σύσπαση όλης της γαστέρας, νευρώνονται ανεξάρτητα από γ κινητικούς νευρώνες και λαμβάνουν εντολές από τον εγκέφαλο, συστέλλονται μόνο στα ακραία σημεία τους όταν ενεργοποιηθούν και διαθέτουν νευρικές απολήξεις σε παράλληλη διάταξη με αυτές. Οι ενδοκαψικές ίνες αποτελούνται από τις πρωτογενείς (Ia) νευρικές απολήξεις, οι οποίες ενεργοποιούνται σε αλλαγές του μήκους των μυϊκών ινών και επηρεάζονται από την ταχύτητα αλλαγής του μήκους, και από τις δευτερογενείς (II) νευρικές απολήξεις, οι οποίες ενεργοποιούνται σε αλλαγές του μήκους των μυϊκών ινών, όμως δεν επηρεάζονται από την ταχύτητα αλλαγής του μήκους. Έτσι η μυϊκή άτρακτος ενεργοποιείται, όταν διατείνεται ολόκληρος ο μύς και όταν η συστολή των ενδοκαψικών ινών από τους γ κινητικούς νευρώνες δεν συμβαδίζει με την συστολή των εξωκαψικών ινών από τους α κινητικούς νευρώνες. (Εικόνα 1.2)



ΕΙΚΟΝΑ 1.2 Μυϊκή άτρακτος και κεντρικό νευρικό σύστημα

(Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Τενόντιο όργανο του Golgi: οι απολήξεις βρίσκονται στη μυοτενόντια ένωση. Ο ρόλος του είναι ο έλεγχος της κίνησης, συγκεκριμένα μπορεί να αντισταθμίσει την λειτουργία της μυϊκής ατράκτου, όταν υπάρχει διαφοροποίηση της τάσης στις μυϊκές ίνες που βρίσκεται. Όταν ενεργοποιείται το όργανο αναχαιτίζονται οι α κινητικοί νευρώνες, για να εμποδίσουν την έντονη μυϊκή συστολή, προλαμβάνοντας τραυματισμό μυοτενόντιας ένωσης. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι παρέχει πληροφορίες προς το κεντρικό νευρικό σύστημα ακόμη

και σε χαμηλά επίπεδα μυϊκής τάσης, για να υπάρχει συνεχής έλεγχος κατά τη διάρκεια των κινήσεων (Φουσέκης,2015; Silbernagl & Despopoulos, 2010).

1.4.3 ΑΙΘΟΥΣΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Το αιθουσαίο νεύρο είναι η μοίρα του ακουστικού νεύρου που συλλέγει πληροφορίες που σχετίζονται με την ισορροπία, από το αιθουσαίο μέρος του έσω ωτός. Οι πληροφορίες φέρονται στους αιθουσαίους πυρήνες (ένωση γέφυρας-προμήκη) και στην συνέχεια πηγαίνουν στη παρεγκεφαλίδα. Πιο συγκεκριμένα, το αιθουσαίο νεύρο που διανέμεται στους ημικύκλιους σωλήνες μεταφέρει στον εγκέφαλο τις νευρικές ώσεις, που παρήχθησαν λόγω μεταβολής της θέσης του υγρού μέσα σε αυτούς. Όταν ένα άτομο μετακινείται απότομα προς την μία πλευρά, η τάση για το κεφάλι είναι να μετακινηθεί προς την αντίθετη πλευρά, έτσι ώστε να διατηρηθεί η ισορροπία του, προσαρμόζοντας το βάρος του σώματος στην όρθια θέση, για αποφυγή πτώσης. Η μεταβολή της θέσης του κεφαλιού είναι αυτή που δημιουργεί μετακίνηση του υγρού στους ημικύκλιους σωλήνες, που όπως αναφέρθηκε δημιουργεί ώσεις με ταχεία απάντηση, όπως στα αντανακλαστικά, για μεταφορά του βάρους του σώματος και διατήρηση της ισορροπίας (Πλέσσας, 2010).

1.4.4 ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η όραση παρέχει πληροφορίες για τη θέση του σώματος στο χώρο (Λογοθέτης, 1988). Το αιθουσαίο σύστημα δεν μπορεί να καθορίσει από μόνο του αν υπάρχει κίνηση μόνο στο κεφάλι ή μόνο στο σώμα (αίσθηση της κίνησης) ή αν υπάρχει αλλαγή της θέσης (αίσθηση της στάσης), γι αυτό οι αιθουσαίοι πυρήνες δέχονται και επεξεργάζονται οπτικές πληροφορίες και από ιδιοδεκτικούς υποδοχείς των αυχενικών μυών. Το αιθουσαίο-οφθαλμικό αντανακλαστικό διατηρεί τον χωρικό προσανατολισμό, επειδή απαγωγοί ίνες προβάλλουν αμφοτερόπλευρα στους πυρήνες των οφθαλμικών μυών. Έτσι οποιαδήποτε μεταβολή της κεφαλής διορθώνεται άμεσα από αντίθετη κίνηση των οφθαλμών, σε φυσιολογικά άτομα (Silbernagl & Despopoulos, 2010).

1.5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα ισορροπίας είναι το ύψος, το κέντρο βάρους του σώματος και η βάση στήριξης. Επιπλέον, η ικανότητα ισορροπίας επηρεάζεται από το φύλο και την ηλικία. Αναλυτικότερα, οι διαφορές στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ ανδρών και γυναικών εξηγούν τη μειωμένη ικανότητα ισορροπίας που χαρακτηρίζει τους άνδρες σε σχέση με τις γυναίκες (LaPier et al, 1997).

Αναφορικά με την ηλικία, η ισορροπία στα μικρά παιδιά επηρεάζεται σημαντικά από την όραση, ενώ στους ενήλικες από τα απτικά και κιναισθητικά ερεθίσματα (Woolacott et al, 1989). Τα παιδιά και οι ενήλικες με αναπτυξιακές διαταραχές ή οργανικά προβλήματα επιδιώκουν να προσηλώνουν το βλέμμα τους σε σταθερό σημείο κατά τη διάρκεια δεξιοτήτων ισορροπίας (Sherill, 1998). Στα ηλικιωμένα άτομα παρατηρείται μειωμένη λειτουργία των συστημάτων που ελέγχουν την ικανότητα ισορροπίας. Συγκεκριμένα, το οπτικό-αιθουσαίο σύστημα και η λειτουργία των σωματικό-αισθητηριακών υποδοχέων μειώνονται όταν τα άτομα βρίσκονται στην τρίτη ηλικία. Οι ασθένειες, τα φάρμακα, τα μυοσκελετικά προβλήματα που χαρακτηρίζουν τα ηλικιωμένα άτομα περιορίζουν την ικανότητα ισορροπίας (Tinetti et al, 1988; Winter, 1995).

Η ικανότητα ισορροπίας είναι περισσότερο ανεπτυγμένη σε ορισμένες ομάδες ατόμων όπως για παράδειγμα, πιλότοι, αστροναύτες, χορευτές, αθλητές ενόργανης, ρυθμικής και ακροβατικής γυμναστικής και οι αθλητές παγοδρομίας. Οι συγκεκριμένοι αθλητές που αναπτύσσουν ανώτερη αίσθηση της ισορροπίας και του προσανατολισμού. (Perrin et al, 1989). Σύμφωνα με ερευνητές ο επαναλαμβανόμενος ερεθισμός του λαβυρίνθου σε αθλητές και ιπτάμενο προσωπικό αυξάνει την ικανότητα ισορροπίας και αποτρέπει τις παρενέργειες ίλιγγου και περιστροφικού νυσταγμού (Αμπατζίδης & Τσαλιγόπουλος, 1995).

1.5.1 ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ

Το κέντρο βάρους ή αλλιώς το κέντρο μάζας του σώματος είναι ένα μοναδικό σημείο, όπου γύρω από αυτό το βάρος του σώματος είναι εξισορροπημένο προς όλες τις κατευθύνσεις, δηλαδή είναι το σημείο, όπου το άθροισμα των ροπών που παράγονται από το βάρος των μελών είναι μηδέν (Hall, 2005). Στο ανθρώπινο σώμα αναφέρεται ότι είναι περίπου στο επίπεδο του δεύτερου ιερού σπονδύλου, με βάση την ανατομική θέση του σώματος (Oatis, 2012).

Ωστόσο, ο εντοπισμός του κέντρου βάρους στο ανθρώπινο σώμα θεωρείται πολύπλοκος, διότι εξαρτάται από την θέση, την κίνηση και την μάζα του σώματος. Με την αλλαγή θέσης του σώματος, γίνεται αλλαγή της κατανομής τους βάρους, άρα και του σημείου κέντρου βάρους. Αντίστοιχα, με την κίνηση οποιουδήποτε μέλους, ακόμη και δακτύλου, υπάρχει μετακίνηση του σημείου προς την κατεύθυνση μετακίνησης του βάρους (Hall, 2005). Επίσης, η κατανομή της μάζας φαίνεται ότι επηρεάζει την θέση του κέντρου βάρους, μιάς και στην περίπτωση που υπάρχει μεγαλύτερη κατανομή μάζας σε μία περιοχή, τότε το κέντρο βάρους θα μετατοπιστεί προς αυτή (Oatis, 2012).

1.5.2 ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Το κέντρο βάρους είναι σημαντικός παράγοντας της διατήρησης της ισορροπίας. Η ικανότητα διατήρησης της ισορροπίας στις στατικές στάσεις βασίζεται στην ικανότητα του κεντρικού νευρικού συστήματος να ελέγχει τις κινήσεις ή τις διακυμάνσεις της θέσης χρησιμοποιώντας το κέντρο μάζας του σώματος, έτσι ώστε να παραμένει εντός ασφαλών ορίων πάνω από τη βάση στήριξης (Takenta et al, 2017). Αυτό είναι λογικό, με βάση τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα και για κινήσεις στις οποίες η επιτάχυνση θεωρείται αμελητέα, αποδεικνύεται ότι το κέντρο βάρους πρέπει να εμπεριέχεται μέσα στη βάση στήριξης, έτσι ώστε να διατηρείται η σταθερότητα του ατόμου (Oatis, 2012). Σε αντίθετη περίπτωση, αν η γραμμή δράσης του βάρους ενός σώματος είναι έξω από την βάση στήριξης τότε δημιουργείται μία ροπή που τείνει να προκαλέσει γωνιακή κίνηση του σώματος, άρα και διατάραξη της ισορροπίας του (Hall,2005).

1.5.3 ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ

Αρκετές φορές, έχει παρατηρηθεί ότι συγχέονται η έννοια της σταθερότητας με αυτή της ισορροπίας. Στην πραγματικότητα, όμως, απλά μπορεί η έννοια της σταθερότητας να οριστεί με σχεδόν ίδιο τρόπο με αυτό της στατικής ισορροπίας. Η πρώτη ορίζεται ως η αντίσταση στην διατάραξη της ισορροπίας, δηλαδή η αντίσταση στην γραμμική και γωνιακή επιτάχυνση, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να αντιλαμβάνεται και να διατηρεί μια σταθερή θέση (Hamill,2013).

Φυσικά, υπάρχουν κάποιοι μηχανικοί παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν της σταθερότητα ενός ατόμου. Ένας από αυτούς είναι η μάζα. Όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα σώμα τόσο μεγαλύτερη δύναμη χρειάζεται, για να προκαλέσει στο σώμα επιτάχυνση, δηλαδή διατάραξη σταθερότητας. Αυτό εξηγείται από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα ($F=m \cdot \gamma$).

Επίσης, το μέγεθος της τριβής μεταξύ του σώματος και της επιφάνειας ή των επιφανειών που έρχεται σε επαφή είναι ένας σημαντικός παράγοντας. Συγκεκριμένα, όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της τριβής, τόσο μεγαλύτερη δύναμη χρειάζεται για να προκληθεί κίνηση. Έτσι, γίνεται αντιληπτό ότι ένα σώμα με μεγάλη επιφάνεια επαφής έχει μεγαλύτερη σταθερότητα.

Η βάση στήριξης αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της σταθερότητας, όσο μεγαλύτερη είναι αυτή, τόσο μικρότερη είναι η πιθανότητα διατάραξης της ισορροπίας. Όπως είναι γνωστό, βάση στήριξης είναι η επιφάνεια, η οποία περικλείεται από τα ακραία σημεία του σώματος,

που βρίσκονται σε επαφή με την επιφάνεια ή τις επιφάνειες στήριξης. Σε περιπτώσεις όπου το κέντρο βάρους του σώματος κινείται έξω από την βάση στήριξης, δημιουργείται μία ροπή, η οποία προκαλεί γωνιακή κίνηση στο σώμα. Με αυτό τον τρόπο, διαταράσσεται η σταθερότητα προκαλώντας το κέντρο βάρους να τείνει να κινηθεί προς το έδαφος, χάνοντας έτσι το σώμα την ισορροπία του.

Όπως έχει αναφερθεί, το κέντρο βάρους είναι μια σημαντική παράμετρος της σταθερότητας. Η θέση της μπορεί να προκαλέσει μεταβολές ισορροπησης. Πιο συγκεκριμένα, όσο πιο κοντά βρίσκεται η οριζόντια θέση του κέντρου βάρους στα άκρα της βάσης στήριξης, τόσο μικρότερη δύναμη χρειάζεται για να μετατοπιστεί το σώμα εκτός της βάσης στήριξης. Για την ενίσχυση της σταθερότητας, προτείνεται το κέντρο βάρους να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην δύναμη που πρόκειται να ασκηθεί στο σώμα.

Είναι φανερό, ότι η θέση του κέντρου βάρους ως προς την βάση στήριξης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ικανότητα σταθερότητας του σώματος. Το ύψος του κέντρου μάζας σε σχέση με την βάση στήριξης, είναι ένας παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχή της ισορροπίας. Όταν το κέντρο βάρους ενός σώματος είναι σε υψηλότερο σημείο σε σχέση με την βάση στήριξης του, τότε είναι μεγαλύτερη η ενδεχόμενη ροπή που θα διαταράξει την θέση του σώματος, η οποία θα δημιουργηθεί σε περίπτωση που το σώμα υποστεί γωνιακή μετατόπιση.

Φυσικά, όταν αναφερόμαστε στο ανθρώπινο σώμα θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη και άλλους παράγοντες ισορροπίας, όπως είναι οι νευρομυϊκοί. Επίσης, για κίνδυνο πτώσης θεωρείται ο συντελεστής τριβής μικρότερο του 0,82. Ακόμη, το μειωμένο εύρος στην ποδοκνημική άρθρωση και συγκεκριμένα την ραχιαίας κάμψης πάνω από 51%, έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί μείωση σταθερότητας. Ωστόσο, και η μειωμένη δύναμη των πελματιαίων καμπτήρων περισσότερο από 35% θεωρείται παράγοντας που διαταράσσει την ισορροπία του σώματος (Hall,2005).

1.6 ΚΛΙΝΙΚΑ ΤΕΣΤ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Modified Romberg Balance Test: αυτό το τεστ εξετάζει την στατική ικανότητα του συμμετέχοντα να σταθεί χωρίς βοήθεια κάτω από τέσσερις συνθήκες δοκιμής που έχουν σχεδιαστεί, με προοδευτικότητα, για να ελέγχουν το αιθουσαίο σύστημα, την όραση και την ιδιοδεκτικότητα.

ΣΥΝΘΗΚΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ
1	Ανοικτά μάτια, σταθερή επιφάνεια	Οπτική, ιδιοδεκτική και αιθουσαία
2	Κλειστά μάτια, σταθερή επιφάνεια	Ιδιοδεκτική και αιθουσαία
3	Ανοικτά μάτια, ασταθής επιφάνεια	Οπτική και αιθουσαία
4	Κλειστά μάτια, ασταθής επιφάνεια	Μόνο αιθουσαία

Αρχική θέση του εξεταζόμενου είναι η όρθια με τα κάτω άκρα ενωμένα, έτσι ώστε τα έσω σφυρά να έχουν επαφή και τα άνω άκρα χιαστή έτσι ώστε το αντίθετο χέρι να αγκαλιάζει τον αγκώνα του αντίθετου άνω άκρου. Οι εξεταζόμενοι ενημερώνονται και δοκιμάζουν το τεστ για να εξοικειωθούν. Ο χρόνος εξέτασης κάθε συνθήκης είναι από 15-30 δευτερόλεπτα. Έχει διαπιστωθεί ότι αποτυχία σε διάστημα μικρότερο των 20 δευτερολέπτων σχετίζεται με δυσλειτουργία του αιθουσαίου συστήματος και προβάλλει το ποσοστό ατόμων με μελλοντικά προβλήματα πτώσεων (Cohen et al, 1993).

Η εξέταση διακόπτεται για το κάθε άτομο σε περιπτώσεις αποτυχίας. Συγκεκριμένα, όταν το άτομο ανοίξει τα μάτια σε συνθήκη που δεν το επιτρέπει και σε χρόνο μικρότερο από 15 δευτερόλεπτα. Επίσης, σε περίπτωση, που μετακινήσει τα άνω άκρα από τους αγκώνες ή ακόμη και σε περίπτωση πιθανότητας πτώσης, όπου το άτομο δεν μπορεί χωρίς υποστήριξη να ολοκληρώσει την διαδικασία.

Σε έρευνα που είχε γίνει σε 5086 Αμερικανούς ηλικίας από 40 ετών έχει δείξει ότι μόνο το 2% είναι ικανό να φτάσει στην τέταρτη συνθήκη. Επιπλέον, η ηλικία, το φύλο και η εθνικότητα είναι παράγοντες που σχετίζονται με την ικανότητα της ισορροπίας. Όσο αυξάνεται η ηλικία, μειώνεται ο χρόνος ικανότητας ισορροπίας. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι γυναίκες με μαύρο χρώμα δέρματος είχαν όριο αποτυχίας χαμηλότερο από 20 δευτερόλεπτα στα 70-79 χρόνια έναντι των ανδρών που είχαν χρόνο σε αποτυχία κάτω από 20 δευτερόλεπτα σε ηλικία 60-69 ετών (Agrawal,2011).

Modified Star Excursion Balance Test: είναι ένα δυναμικό κλινικό τεστ ισορροπίας, στο οποίο απαιτείται να έχει σχεδιαστεί στο πάτωμα του εργαστηρίου μέτρησης ένα ανάποδο Y από 3 λωρίδες ταινίας, οι οποίες έχουν ένα ενιαίο κέντρο. Μεταξύ της πρόσθιας και των άλλων δύο λωρίδων οι γωνίες είναι 135° και μεταξύ των δύο οπισθίων είναι 90° . Ο εξεταζόμενος, εφόσον έχει αξιολογηθεί για το κυρίαρχο κάτω άκρο και έχει εξοικειωθεί με την διαδικασία μέτρησης, ανάλογα με το πρωτόκολλο της μέτρησης στέκεται στο κέντρο στηριζόμενος στο ένα άκρο, με τα δύο άνω άκρα στις λαγόνιες ακρολοφίες, και προσπαθεί ακούγοντας τις οδηγίες του εξεταστή να φτάσει στο πιο μακρινό σημείο τις κάθε λωρίδας με τα δάκτυλα των κάτω άκρων. Η δοκιμασία είναι άκυρη και πρέπει να επαναληφθεί, όταν ο εξεταζόμενος μεταφέρει βάρος στο κινούμενο άκρο, απομακρύνει τα άνω άκρα από τις λαγόνιες ακρολοφίες, αποτύχει να επαναφέρει το κινούμενο άκρο στην αρχική θέση (στο κέντρο δίπλα στο σταθερό άκρο), μετακινήσει το σταθερό άκρο και φυσικά σε περίπτωση απώλειας ισορροπίας. Οι αποστάσεις μετριοούνται με μέτρο σε εκατοστά και καταγράφονται 3 για κάθε κατεύθυνση. Θεωρείται, από ερευνητές μια πολύ αξιόπιστη μέθοδος αξιολόγησης και χρησιμοποιείται κυρίως σε αθλητές και υγιείς άτομα (Lieshout et al, 2016).

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ

ΠΕΛΜΑΤΟΓΡΑΦΟΣ: είναι μια επίπεδη, άκαμπτη πλατφόρμα ανίχνευσης κατανομής πίεσης από τα πέλματα, η οποία μπορεί να είναι φορητή ή να ενσωματωθεί στο δάπεδο. Εξετάζει τις πιέσεις που ασκούνται στην επιφάνεια των πελμάτων και την μετατόπιση του κέντρου πίεσης. Αποτελείται από ψηφιακούς αισθητήρες και είναι συνδεδεμένος με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Έτσι, μπορεί να καταμετρά τις πιέσεις που ασκούνται στο πέλμα σε στατική και δυναμική κατάσταση. Συγκεκριμένα, κατά την στατική, ο εξεταζόμενος στέκεται διποδικά ή μονοποδικά χωρίς υποδήματα ακίνητος πάνω στην ειδική πλατφόρμα του πελματογράφου και οι πληροφορίες καταγράφονται στον υπολογιστή. Στην δυναμική μέτρηση, ο εξεταζόμενος βαδίζει πάνω στην πλατφόρμα με κανονική ταχύτητα και φορά, για να καταγραφούν οι απαραίτητες πληροφορίες. Είναι απαραίτητο ο εξεταζόμενος να εξοικειωθεί με τις μετρήσεις, για να υπάρξει αξιόπιστο αποτέλεσμα (Hadi et al, 2012).

ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ BIODEx: αποτελείται από μια πλατφόρμα κινητής ζυγοστάθμισης που παρέχει κλίση επιφανείας έως και 20° σε 360° τόξο κίνησης. Αναλόγως την έκδοση είχε συνήθως 12 επίπεδα δυναμικής σταθερότητας με το επίπεδο 12 να είναι το πιο άκαμπτο (ευκολότερο) και το επίπεδο 1 το πιο ασταθές (δύσκολο). Το σύστημα εξισορρόπησης Biodex χρησιμοποιεί έναν ενεργοποιητή με μικροεπεξεργαστή για να

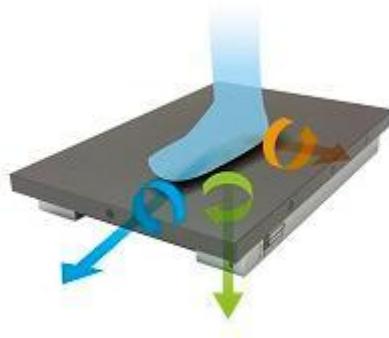
ρυθμίσει τη σταθερότητα μιας αιωρούμενης πλάκας κυκλικής δύναμης. Τα κυριότερα μέτρα έκβασης περιλαμβάνουν τον δείκτη γενικής σταθερότητας (OSI), τον δείκτη ευστάθειας πρόσθιας / οπίσθιας σταθερότητας (APSI) και τον δείκτη μέσης / πλευρικής σταθερότητας (MLSI).

Ανάλογα με την αξιολόγηση που θέλει να κάνει ο ερευνητής, υπάρχουν και τα αντίστοιχα πρωτόκολλα. Σε μια έρευνα, οι εξεταζόμενοι δοκιμάστηκαν ξυπόλυτοι με τα μάτια τους ανοιχτά και είχαν τη δυνατότητα να απεικονίσουν την ανάδραση σε πραγματικό χρόνο που παρέχεται μέσω του κινούμενου στόχου στον υπολογιστή. Αρχικά, ολοκληρώθηκαν 6 δοκιμές, 20 δευτερολέπτων σε διποδική στάση. Αυτή η στάση απαιτούσε από τους συμμετέχοντες να σταθούν με ελαφριά κάμψη στο γόνατο ($\sim 15^\circ$), κοιτάζοντας ευθεία με τα χέρια τους στο στήθος τους. Στη συνέχεια, ολοκληρώθηκαν 6 δοκιμές, 20 δευτερολέπτων σε μονοποδική στάση. Αυτές οι δοκιμές απαιτούσαν μια ίδια θέση δοκιμής αλλά ολοκληρώθηκαν ενώ στέκονταν στο κυρίαρχο άκρο μόνο (Cug & Wikstrom, 2014).

Μία άλλη έρευνα, προτρέπει τους συμμετέχοντες να μετακινήσουν έναν δρομέα, ορατό σε μια οθόνη υγρών κρυστάλλων, κάνοντας κλίση προς έναν στόχο ενώ οι ίδιοι στέκονται στην πλήρως ασταθή πλατφόρμα μετακινώντας το δρομέα, έτσι ώστε να προσπεράσει κάθε ένα από τους 8 διαδοχικούς στόχους στην οθόνη. Οι στόχοι τοποθετούνται σε διαστήματα 45° γύρω από έναν κεντρικό στόχο που αντιπροσωπεύει το κέντρο πίεσης του συμμετέχοντα σε στατικές συνθήκες. Κάθε στόχος επισημαίνεται τυχαία, και ο εθελοντής φτάνει στο στόχο κάνοντας κλίση και επιστρέφοντας στην κεντρική θέση πριν από την επιλογή και εμφάνιση του επόμενου στόχου στην οθόνη. Η δοκιμή ολοκληρώνεται όταν έχουν επιτευχθεί και οι 8 στόχοι. Η τοποθέτηση στόχου είχε προκαθοριστεί από τον κατασκευαστή, με βάση το ύψος του εξεταζόμενου (Pickerill, 2011).

ΔΥΝΑΜΟΔΑΠΕΔΟ: είναι μία πλατφόρμα ενσωματωμένη στο δάπεδο, η οποία καταγράφει την δύναμη αντίδρασης του εδάφους κατά την επαφή του σώματος στο όργανο. Το σχήμα του είναι ορθογώνιο παραλληλόγραμμο και στις τέσσερις γωνίες του έχει αισθητήρα, ο οποίος καταγράφει την παραμόρφωση μέσω της αλλαγής της τάσης του, έτσι ο συνδυασμός των τάσεων των αισθητήρων οδηγεί στην παραγωγή κάποιων μεταβλητών. Συγκεκριμένα, η πλατφόρμα καταγράφει τρεις δυνάμεις από την ανάλυση της εφαρμοζόμενης δύναμης σε τρεις συνιστώσες, μια για κάθε επίπεδο, για το οβελιαίο(F_x), για το μετωπιαίο(F_y) και για το κατακόρυφο(F_z)(Εικόνα 1.3). Επιπλέον, καταγράφει συντεταγμένες του κέντρου πίεσης, περιγράφοντας έτσι την ακριβή θέση εφαρμογής των δυνάμεων. Το σημείο εφαρμογής της

συνισταμένης δύναμης (κέντρο πίεσης) περιγράφεται με δύο συντεταγμένες X και Y. Ακόμη, η πλατφόρμα μπορεί να υπολογίσει τις τρεις ροπές(M_x, M_y, M_z) που προκύπτουν από τις δυνάμεις ως προς το κέντρο της πλατφόρμας. Μέσω της πλατφόρμας είναι εφικτή η καταγραφή, όχι μόνο κατά την στατική κατάσταση, αλλά και κατά την διάρκεια βάρδισης, αλμάτων και διάφορων καταστάσεων ανάλογα με την έρευνα που πραγματοποιείται (Goldie et al, 1989).



ΕΙΚΟΝΑ 1.3 Δυναμοδάπεδο και άξονες (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Σε έρευνα, που συμμετείχαν 15 άνδρες ποδοσφαιριστές και 15 άνδρες μη αθλητές με ερευνητικό θέμα την κόπωση των οσφυϊκών εκτεινόντων διατηρώντας μέγιστη εκούσια ισομετρικής συστολής σε όρθια θέση και πως επηρεάζει η κόπωση τον ορθοστατικό έλεγχο. Η μετρήσεις έγιναν με την χρήση δυναμοδάπεδου πριν την κατάσταση κόπωσης, μετά από 3,6 και 9 λεπτά από την κόπωση και έγινε σύγκριση των δύο ομάδων. Έγινε μέτρηση της μέσης ταχύτητας και της επιφάνειας των συμμετεχόντων μέσω της πλατφόρμας. Οι εξεταζόμενοι στάθηκαν επιτυχώς για 30 δευτερόλεπτα με τα μάτια κλειστά πάνω στην πλατφόρμα, τα κάτω άκρα ενωμένα, το κεφάλι σε ουδέτερη θέση και τα άνω άκρα σε χαλαρή θέση κοντά στο σώμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, η κόπωση των εκτεινόντων μυών της οσφύς επηρεάζει την στάση του σώματος ($p = 0.001$). Επίσης, το συνολικό επίπεδο της επιφάνειας ανακτήθηκε νωρίτερα από τη μέση ταχύτητα μετά την κόπωση. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι η συνολική επιφάνεια και η ταχύτητα με τα μάτια κλειστά μειώθηκαν στην ομάδα ποδοσφαιριστών σε σύγκριση με την ομάδα μη αθλητών. Οι κόπωση των οσφυϊκών εκτεινόντων άλλαξαν σημαντικά τη μέση ταχύτητα και τη συνολική έκταση των συμμετεχόντων στο ποδόσφαιρο. Η οσφυϊκή κόπωση είχε περισσότερες επιρροές στην απόσταση του κέντρου πίεσης (COP) από τη μέση ταχύτητα στις 2 ομάδες. Επιπλέον,

διαπιστώθηκε ότι οι ποδοσφαιριστές θα μπορούσαν να ανακτήσουν την ισορροπία τους γρηγορότερα από τους μη αθλητές (Ahmadi et al,2017).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΟΠΩΣΗ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΠΩΣΗΣ

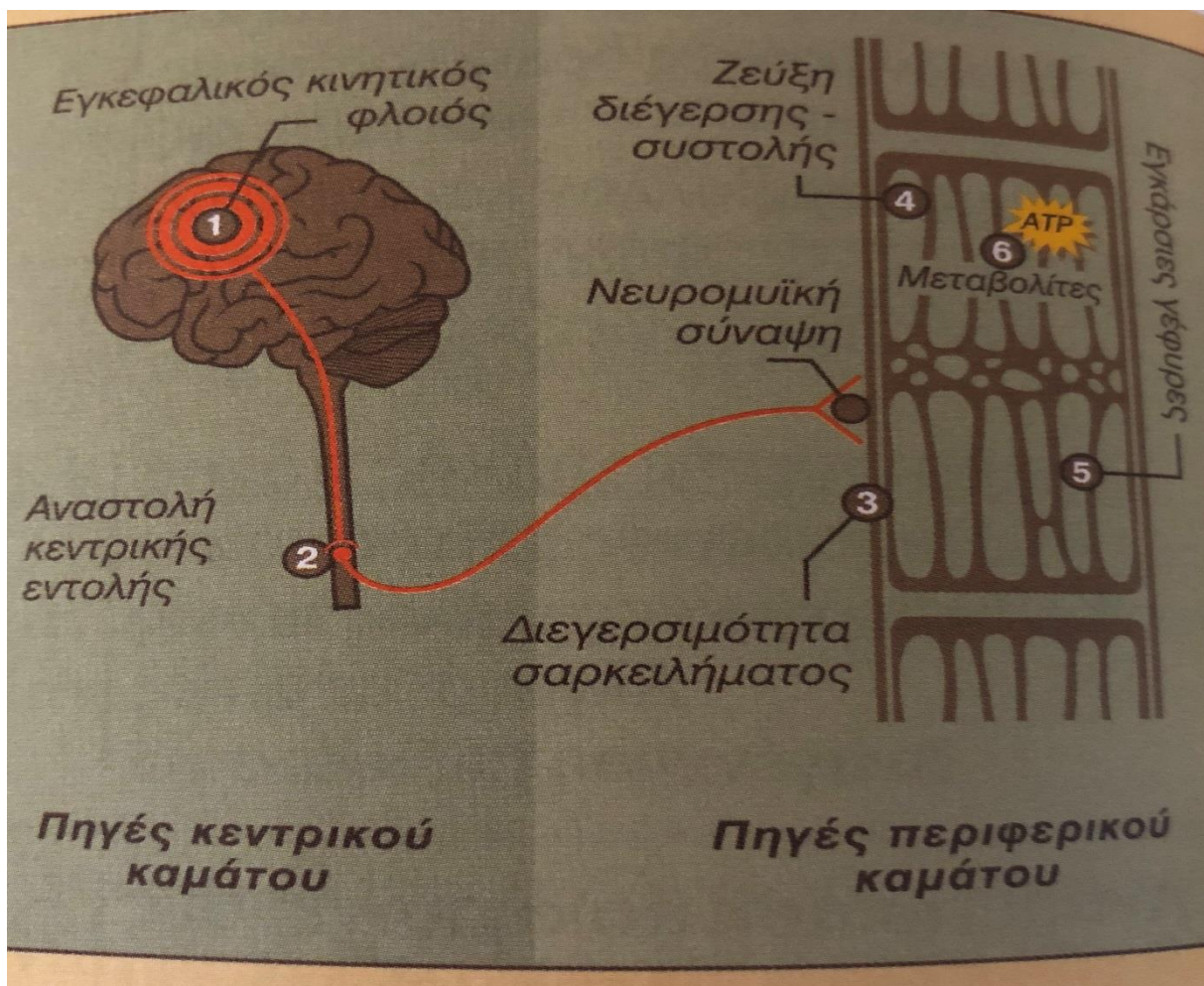
Ένας πρώιμος ορισμός ήταν ότι η κόπωση αντιπροσωπεύει την αδυναμία διατήρησης της απαιτούμενης ή αναμενόμενης δύναμης (Edwards et al, 1981). Ωστόσο, άλλοι ερευνητές πρότειναν, ότι η κόπωση είναι ένα μεταβατικό φαινόμενο που προκαλείται από τη σωματική δραστηριότητα, γεγονός που οδήγησε στον ορισμό της κόπωσης ως η μείωση της ικανότητας δημιουργίας ώσεων του νευρομυϊκού συστήματος που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια παρατεταμένης δραστηριότητας (Bigland -Ritchie et al, 1983). Με αυτόν τον ορισμό, η κόπωση προσδιορίστηκε ως μείωση της μέγιστης δύναμης μιας ισομετρικής συστολής κατά τη διάρκεια μιας μέγιστης εκούσιας συστολής. Η κόπωση ορίζεται, επίσης ως οξεία εξασθένηση των επιδόσεων, η οποία περιλαμβάνει τόσο την αύξηση της αντίληψης που απαιτείται για την άσκηση μιας επιθυμητής δύναμης όσο και την ενδεχόμενη αδυναμία παραγωγής αυτής της δύναμης (Enoka et al, 1992). Ο πιο συνηθισμένος ορισμός της κόπωσης κατά τα τελευταία χρόνια είναι ότι αντιστοιχεί σε μια επαγόμενη από άσκηση μείωση της ικανότητας του μυός να παράγει δύναμη, ανεξάρτητα από το αν μπορεί να διατηρηθεί ή όχι η δραστηριότητα. Ως συνέπεια αυτού του ορισμού, η κόπωση συχνά ξεκινάει σύντομα μετά την έναρξη παρατεταμένης δραστηριότητας, παρόλο που ένα άτομο μπορεί να συνεχίσει να εκτελεί το έργο.

Μεταξύ των δύο φύλων έχει διαπιστωθεί από έρευνες ότι στους άντρες επέρχεται γρηγορότερα η μυϊκή κόπωση σε σχέση με τις γυναίκες. Συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια διακοπτόμενων συστολών (6 δευτερόλεπτα συστολή- 4 δευτερόλεπτα ξεκούραση) με το 50% της μέγιστης εκούσιας δύναμης (MVC) κατά την κάμψη του αγκώνα. Η μετρήσεις έγιναν με ηλεκτρομυογράφημα και παρατηρήθηκε ότι οι άντρες είχαν γρηγορότερη μυϊκή αντίδραση και μυϊκή κόπωση. Μια πιθανή εξήγηση που δόθηκε ήταν, ότι σχετικές συνεισφορές των μεταβολικών οδών που χρησιμοποιούνται για την παροχή ATP κατά τη διάρκεια της συστολής των μυών μπορεί να διαφέρουν για τους άνδρες και τις γυναίκες κατά τη διάρκεια κουραστικών συσπάσεων και να συμβάλλουν στις διαφορές στο χρόνο αποτυχίας της άσκησης (Barry et al,2007).

Επιπλέον, θα πρέπει να επισημανθεί, ότι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι ένας παράγοντας που αυξάνει τον χρόνο εμφάνισης της κόπωσης. Πιο αναλυτικά, όταν η

εξωτερική θερμοκρασία είναι στους 40° C, οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος. Όταν το σώμα φτάσει στους 39,7° C επέρχεται μυϊκή κόπωση, η οποία έχει εξακριβωθεί ότι δεν σχετίζεται ούτε με παραπροϊόντα ανθρώπινου μεταβολισμού, ούτε με εξάντληση ενεργειακής πηγής και κυκλοφορικής ανεπάρκειας, αλλά με την θερμοκρασία του σώματος (διαταραχή ομοιόστασης) (Nielsen et al, 1993).

Η κόπωση αναπτύσσεται σε διάφορα σημεία του σώματος και έτσι διακρίνεται σε κεντρική και περιφερική, όπου η νευρομυϊκή σύναψη αποτελεί διαχωριστικό σημείο (Εικόνα 2.1). Η εκδήλωση της κόπωσης μπορεί να εμφανιστεί σε οποιοδήποτε σημείο, από τον εγκεφαλικό φλοιό, όπου παράγεται το διεγερτικό σήμα και έτσι δίνεται η κινητική εντολή για σύσπαση, έως τις εγκάρσιες γέφυρες (ακτίνη- μυσίνη) των μυοϊνιδίων, όπου παράγεται η δύναμη (Benjamin K. Barry,2007).



ΕΙΚΟΝΑ 2.1 Πηγές κεντρικού και περιφερικού καμάτου (Κλεισούρας, 2011)

2.1.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΟΠΩΣΗ

Η κεντρική μυϊκή κόπωση θεωρείται ότι οφείλεται στην άσκηση και προκαλεί μείωση της μυϊκής δύναμης που προκαλείται από μειωμένη πυροδότηση κινητικών νευρώνων. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της εκούσιας σύσπασης, είτε δεν επιστρατεύονται όλοι οι κινητικοί νευρώνες, είτε μερικοί ή όλοι οι κινητικοί νευρώνες δεν πυροδοτούνται με την κατάλληλη συχνότητα και ένταση, έτσι ώστε να παράγεται από το μυ η κατάλληλη δύναμη. Έχει διαπιστωθεί, ότι κατά την διάρκεια μυϊκής κόπωσης, οι κινητικές ώσεις μειώνονται εξαιτίας αναστολής διεγερσιμότητας κινητικών νευρώνων σε επίπεδο νωτιαίου μυελού. Αυτή η μείωση διεγερτικών ώσεων θεωρείται ως ένας κεντρικός προστατευτικός μηχανισμός, που στοχεύει στον περιορισμό της μυϊκής δράσης κατά την διάρκεια παρατεταμένης δραστηριότητας, για την πρόληψη εκτεταμένης διατάραξης ομοιόστασης, μυϊκής κάκωσης και βιολογικής βλάβης. Επιπλέον, ο άμεσος συσχετισμός του κινητικού φλοιού με την εμφάνιση της κεντρικής κόπωσης αποδεικνύεται και με τα αυξημένα επίπεδα σεροτονίνης στον εγκέφαλο μετά από παρατεταμένη άσκηση. Οι ιδιότητες του νευροδιαβιβαστή σεροτονίνης προκαλεί υπνηλία και υποτονικότητα με αποτέλεσμα την πρόκληση μυϊκής κόπωσης (Martin et al, 2010; Benjamin K. Barry, 2007).

Η αναστολή του ρυθμού πυροδότησης των κινητικών νευρών κατά την εξαντλητική προσπάθεια είναι αποτέλεσμα αντανακλαστικών αρνητικής τροφοδότησης. Τα αντανακλαστικά είναι αυτόματες και στερεότυπες κινήσεις που ολοκληρώνονται στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού και για να πραγματοποιηθούν απαιτούνται:

- αισθητήριο όργανο (ιδιοδεκτικοί υποδοχείς μυών)
- γ κεντρομόλος νευρώνας
- κεντρικός σταθμός
- α-φυγόκεντρος νευρώνας
- αποδέκτης

Τα αντανακλαστικά διεκπεραιώνονται από νευρικά κυκλώματα στο νωτιαίο μυελό και βασίζονται σε αισθητικές πληροφορίες που στέλνουν δύο τύποι μυϊκών αισθητήρων. Οι μυϊκές άτρακτοι, που είναι ευαίσθητες στις μεταβολές μήκους του μυός και οι ελεύθερες νευρικές απολήξεις (υποομάδα III και IV), που είναι ευαίσθητες κυρίως σε μεταβολίτες που συσσωρεύονται στον μυ κατά τον κάματο (Κλεισούρας, 2011).

Κόπωση μπορεί να προκληθεί από οποιαδήποτε δομή πάνω από την νευρομυϊκή σύναψη, από το κεντρικό νευρικό σύστημα έως τα περιφερικά νεύρα και μπορεί να είναι αποτέλεσμα

ενός συνδυασμού από εσωτερικές νευρομυϊκές ιδιότητες, όπως κατάργηση αντανεκλαστικών παρεμπόδιση και αναστολή των κυττάρων Renshaw. Συμπερασματικά, κεντρική μυϊκή κόπωση είναι η μειωμένη ικανότητα του εγκεφαλικού φλοιού να δώσει διεγερτικές ώσεις στους κινητικούς νευρώνες ή η μειωμένη ικανότητα διέγερσης κινητικών νευρώνων, η οποία οφείλεται σε αναστολή του κατερχόμενου κεντρικού σήματος από μυϊκούς αισθητήρες (Martin et al, 2010).

2.1.2 ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΗ ΚΟΠΩΣΗ

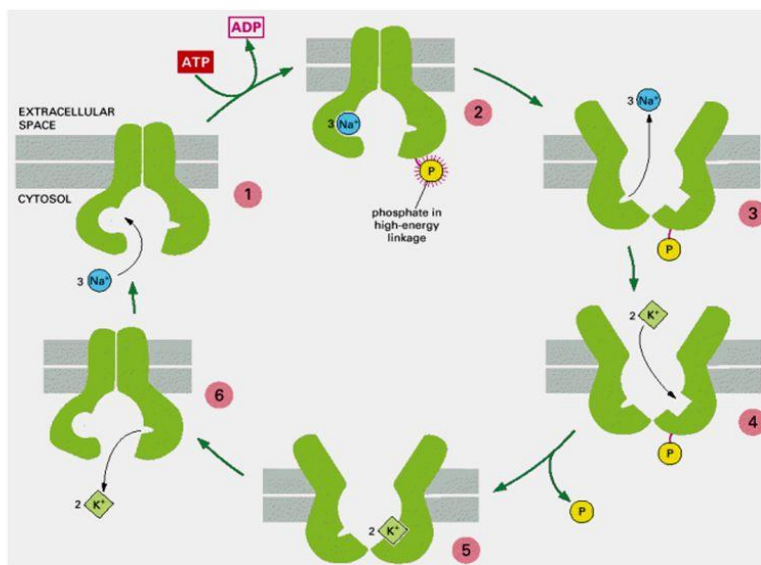
Η περιφερική κόπωση είναι η μείωση της μυϊκής δύναμης και της ισχύος, παρά την μέγιστη δραστηριοποίηση των κινητικών μονάδων και προκαλεί τοπικές αλλαγές στο μυϊκό σύστημα. Η μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης μπορεί να οφείλεται σε αποτυχία μετάδοσης ενεργειακού δυναμικού στην κυτταρική μεμβράνη, αποτυχία συστολής λόγω διαταραχής απελευθέρωση και επαναπρόσληψη ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, απενεργοποίηση του κύκλου των εγκάρσιων γεφυρών, ανεπάρκεια μυϊκής ενέργειας και συσσώρευση μεταβολιτών στα μυϊκά κύτταρα.

Ανάλογα το είδος, την ένταση και τη διάρκεια της μυϊκής άσκησης, γίνετε συγκεκριμένες ενεργειακές χημικές αντιδράσεις. Σε αερόβιες προσπάθειες, δηλαδή μεγάλη διάρκεια με μέτρια έως υψηλή ένταση, η κόπωση αποδίδεται σε μείωση ή εξάντληση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου. Αντίθετα, σε αναερόβιες προσπάθειες, με μεγάλη ένταση και μικρή διάρκεια, η κόπωση οφείλεται σε εξάντληση αποθεμάτων φωσφορικής κρεατίνης και στην αυξημένη συσσώρευση των ιόντων υδρογόνου. Επιπροσθέτως, κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης δραστηριότητας από την αποδόμηση της φωσφορικής κρεατίνης και από την παραγωγή ATP (γλυκόλυση) συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες μεταβολιτών, όπως το ανόργανο φωσφορικό και τα ιόντα υδρογόνου, οι οποίες παίζουν ρόλο στην πρόκληση μυϊκής κόπωσης. Σχετικά με το γαλακτικό οξύ είναι πλέον γνωστό ότι δεν διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στην μείωση της δύναμης και της απόδοσης κατά την άσκηση υψηλής έντασης, δηλαδή ο καματογόνος φορέας που προκαλεί πτώση στην δύναμη είναι τα ιόντα υδρογόνου και όχι το γαλακτικό οξύ. Συγκεκριμένα, αυτή η συσσώρευση των μεταβολιτών στους μύες, έχει σαν αποτέλεσμα την αναστολή απελευθέρωσης Ca, την αναστολή της αντλίας νατρίου – καλίου και της ATP-άσης, την μείωση σύνδεσης ακτίνης – μυοσίνης και αδρανοποίηση των εγκάρσιων γεφυρών, άρα την ανάπτυξη μυϊκής κόπωσης.

Η αποτυχία μετάδοσης ενεργειακού δυναμικού σχετίζεται άμεσα από την συγκέντρωση ιόντων K(κάλιο) και Na(νάτριο). Η μεταφορά των ιόντων γίνεται μέσω της αντλίας Na, K-

ΑΤΡάσης (Εικόνα 2.2) που διασπά τα ΑΤΡ και απελευθερώνει ενέργεια, στο δεύτερο στάδιο του κύκλου των εγκάρσιων γεφυρών . Σε έντονες δραστηριότητες έχει παρατηρηθεί διατάραξη της ομαλής λειτουργίας αυτής της αντλίας με συνέπεια την πόλωση του κυττάρου δηλαδή, την αυξημένη συσσώρευση Κ στο εξωτερικό της κυτταρικής μεμβράνης και μείωση στο εσωτερικό του κυττάρου και τη μείωση του μεγέθους και της συχνότητας του ενεργειακού δυναμικού (Raven et al, 2013).

ΑΝΤΛΙΑ ΚΑΛΙΟΥ-ΝΑΤΡΙΟΥ



ΕΙΚΟΝΑ 2.2 Αντλία καλίου- νατρίου (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Έρευνες έχουν δείξει υψηλά επίπεδα Κ στο αίμα των εξεταζόμενων ύστερα από έντονη μυϊκή προσπάθεια και ενοχοποίησαν το Κ για τη μείωση του ενεργειακού δυναμικού στην κυτταρική μεμβράνη και τον επακόλουθο μυϊκό κάματο. Ωστόσο, αυτή η υπόθεση έχει αμφισβητηθεί, μιας και υποστηρίζεται πως αυτή η μείωση του ενεργειακού δυναμικού αποτελεί αμυντικό μηχανισμό προστασίας των κυττάρων από πιθανή εξάντληση ΑΤΡ και Ca (ασβέστιο) (Fitts et al, 1996).

Η αναποτελεσματική συζεύξη συστολής οφείλεται στη μειωμένη απελευθέρωση Ca από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, με αποτέλεσμα τη μείωση του ενδοκυτταρικού σήματος για σύσπαση και κατ' επέκταση για παραγωγή δύναμης. Η μειωμένη απελευθέρωση Ca αποδίδεται στην εξασθένιση εξειδικευμένων αισθητήρων που βρίσκονται στον σαρκοπλασματικού δικτύου και που επηρεάζονται από ιόντα υδρογόνου.

Ο αριθμός ενεργοποίησης των εγκάρσιων γεφυρών μέσα στο σαρκομέριο είναι υπεύθυνο για την παραγωγή δύναμης. Επομένως, η απενεργοποίηση του κύκλου των εγκάρσιων γεφυρών έχει σαν αποτέλεσμα τη μειωμένη παραγωγή δύναμης και άρα κόπωση. Η απενεργοποίηση των εγκάρσιων γεφυρών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, επηρεάζεται με την διαθεσιμότητα του Ca και τα αποθέματα ATP.

Θα πρέπει να αναφερθεί, ότι παρόλο που υπάρχει ο διαχωρισμός την κεντρικής και περιφερικής κόπωσης, έχει φάνει ότι κατά την διάρκεια άσκησης με στόχο την περιφερική κόπωση, η αντίληψη της κόπωσης αυξάνεται προοδευτικά και ο νευρομυϊκός έλεγχος των συμμετεχόντων ελαττώνεται. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι συνυπάρχει μία σταδιακή αύξηση της συμμετοχής κεντρικής κόπωσης (Raven et al, 2013).

2.2 ΑΣΚΗΣΙΟΓΕΝΗΣ ΜΥΪΚΟΣ ΠΟΝΟΣ

Το φαινόμενο του ασκησιογενή μυϊκού άλγους παρατηρείται σε αθλητές και ιδιαίτερα σε αγύμναστα άτομα, που μετά από καθιστική ζωή αρχίζουν να γυμνάζονται απότομα με μεγάλες επιβαρύνσεις και ιδιαίτερα με πλειομετρική δράση των μυών. Ο πόνος που αισθάνονται τα άτομα αυτά χαρακτηρίζεται από μυϊκή αδυναμία, πιάσιμο των μυών, δυσκαμψία, άλγος, ευπάθεια και γενικά επώδυνα ερεθίσματα που συνοδεύουν την μυϊκή συστολή. Ανάλογα με την διάρκεια του μπορεί να είναι προσωρινός ή οξύς και διαρκεί λεπτά ή ώρες και μπορεί να είναι καθυστερημένος που διαρκεί μέχρι μία εβδομάδα.

ΠΡΟΣΩΡΙΝΟΣ ΜΥΪΚΟΣ ΠΟΝΟΣ

Ο προσωρινός μυϊκός πόνος παρατηρείται μετά από εξαντλητική προπόνηση και διαρκεί περίπου μέχρι δύο ώρες, προκαλώντας μείωση της μέγιστης δύναμης. Ο πόνος αυτός δεν είναι ιδιαίτερα οδυνηρός και επιδεινώνεται με την άσκηση, ενώ καταπραΰνεται με την διακοπή της. Η αιτία που τον προκαλεί φαίνεται ότι είναι η συσσώρευση προϊόντων όπως το H^+ , που σχετίζεται με την αύξηση παραγωγής γαλακτικού οξέος. Επιπλέον, στην πρόκληση του συμβάλει και η μεταφορά ιόντων καλίου στο εξωκυττάριο περιβάλλον, που προκαλούν οίδημα και ερεθίζουν τις αισθητικές νευρικές απολήξεις.

Εκτός από την εξαντλητική άσκηση, η υπομέγιστη μυϊκή προσπάθεια μπορεί αν αποφραχτεί η κυκλοφορία του αίματος να προκαλέσει προσωρινό μυϊκό πόνο. Ο ισχαιμικός αυτός πόνος που δημιουργεί μια αίσθηση καψίματος, η οποία είναι δυσάρεστη, διακόπτεται μετά το πέρας της άσκησης. Όσο πιο έντονη είναι η προσπάθεια και η μεταβολική της απαίτηση τόσο πιο γρήγορα αναπτύσσεται ο ισχαιμικός πόνος. Αλγογόνος ουσία φαίνεται να είναι τα ιόντα K^+ ,

τα οποία κατά της μυϊκή συστολή μεταφέρονται στο εξωκυττάριο περιβάλλον των μυϊκών ινών και διεγείρουν τους υποδοχείς του πόνου.

ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΟΣ ΜΥΪΚΟΣ ΠΟΝΟΣ

Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος παρατηρείται κυρίως μετά από πλειομετρική άσκηση των μυών. Συνοδεύεται από βλάβη μυοϊνιδίων των μυών που δρουν πλειομετρικά, γεγονός που δεν παρατηρείται από τους ίδιους μύες κατά την μειομετρική σύσπαση. Αυτό εξηγείται από την μεγαλύτερη επιβάρυνση του μυ κατά την πλειομετρική άσκηση, μιάς και επιστρατεύονται λιγότερες μυϊκές ίνες, έτσι οι ίδιες γίνονται ευάλωτες σε βλάβη. Επιπλέον, έπειτα από βιοψίες έχει διαπιστωθεί ότι επιστρατεύονται περισσότερο ίνες ταχείας συστολής. Οι παραπάνω έχουν μεγαλύτερη προδιάθεση για βλάβη, επειδή οι Ζ ζώνες τους, που είναι ο αδύνατος κρίκος μεταβίβασης της δύναμης, είναι πιο λεπτές και αδύναμες απ'ότι στις ίνες βραδείας συστολής (Κλεισούρας, 2011).

2.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΣΤΗ ΝΕΥΡΟΜΥΪΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η κόπωση έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τον ορθοστατικό έλεγχο και μειώνει την απόδοση μέσω της μείωσης την παραγόμενης δύναμης και της ισχύς, επιπλέον συμβάλει στην καθυστέρηση της μυϊκής απάντησης. Δεδομένου αυτών των επιπτώσεων, η κόπωση επηρεάζει αρνητικά την νευρομυϊκή λειτουργία.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η κόπωση επηρεάζει τη νευρομυϊκή λειτουργία. Πιο συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια της εκούσιας σύσπασης, είτε δεν επιστρατεύονται όλοι οι κινητικοί νευρώνες, είτε μερικοί ή όλοι οι κινητικοί νευρώνες δεν πυροδοτούνται με την κατάλληλη συχνότητα και ένταση, έτσι ώστε να παράγεται από το μυ η κατάλληλη δύναμη. Αυτή η μείωση διεγερτικών ώσεων θεωρείται ως ένας κεντρικός προστατευτικός μηχανισμός (Benjamin K. Barry, 2007).

Επιπλέον, η κόπωση επηρεάζει και την φυσιολογική λειτουργία του μυός μέσω των διαδικασιών που αναφέρθηκαν. Η μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης μπορεί να οφείλεται σε αποτυχία μετάδοσης ενεργειακού δυναμικού στην κυτταρική μεμβράνη, αποτυχία συστολής λόγω διαταραχής απελευθέρωση και επαναπρόσληψη ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, απενεργοποίηση του κύκλου των εγκάρσιων γεφυρών, ανεπάρκεια μυϊκής ενέργειας και συσσώρευση μεταβολιτών στα μυϊκά κύτταρα (Raven et al, 2013).

Αρκετά ερευνητικά δεδομένα, αποδεικνύουν μέσω ηλεκτρομυογραφήματος την μείωση της μέγιστης εκούσιας συστολής μετά από κάποια δραστηριότητα κόπωσης. Πιο συγκεκριμένα, σε πρόσφατη έρευνα που έλαβαν μέρος δώδεκα υγιείς άντρες (ηλικία: 23 ± 3 έτη, ύψος: $1,78 \pm 0,09$ μέτρα, σωματική μάζα: $73,6 \pm 9,2$ κιλά). Η μέγιστη εθελοντική συστολή (MVC), η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (EMG), το επίπεδο εθελοντικής ενεργοποίησης (VAL) και η ενίσχυση των νευρικών παλμών μετρήθηκαν πριν και μετά το πρωτόκολλο κόπωσης για τους καμπτήρες και τους εκτείνοντες του γόνατος. Το πρωτόκολλο κόπωσης αφορούσε 6 δευτερόλεπτα ισομετρική με 4 δευτερόλεπτα ξεκούραση μέχρι την ανικανότητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης εκούσιας συστολής και οι μετρήσεις έγιναν πριν και μετά την κόπωση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά την κόπωση υπήρχε σημαντική μείωση της μέγιστης εκούσιας συστολής στους εκτείνοντες και στους καμπτήρες του γόνατος. Επιπλέον, φάνηκε ότι αυξήθηκε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα και στις δύο ομάδες, σε αντίθεση με το επίπεδο εθελοντικής ενεργοποίησης που μειώθηκε μόνο για τους καμπτήρες του γόνατος και η μείωση της ενίσχυσης των νευρικών παλμών και για τις δύο ομάδες (Coratella et al, 2018).

Μια άλλη επίπτωση της κόπωσης είναι η καθυστερημένη ενεργοποίηση. Έχει φανεί σε έρευνα, που πραγματοποιήθηκε κόπωση του τετρακεφάλου μέσω έκκεντρης συστολής σε 20 γυναίκες αθλήτριες, ότι η κόπωση προκάλεσε καθυστερημένη ενεργοποίηση στον τετρακέφαλο που σχετίζεται με τον έλεγχο της άρθρωσης του γόνατος. Ωστόσο γαστροκνήμιος φαίνεται να παρέχει συνεργική και αντισταθμιστική δυναμική σταθεροποίηση του γόνατος σε κλειστή κινητική αλυσίδα κατά τη διάρκεια της κόπωσης του τετρακέφαλου, αφού ενεργοποιήθηκε ταχύτερα (Nyland et al, 1997).

Η ύπαρξη ασκησιογενή μυϊκού πόνου είναι μια σημαντική αρνητική επίπτωση της κόπωσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η συσσώρευση υποπροϊόντων, η βλάβη των σαρκομερίων, ο μυϊκός σπασμός και το οίδημα και η φλεγμονώδη αντίδραση που συμβαίνει μετά από την πλειομετρική άσκηση οφείλονται στην παραγωγή του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (Κλεισούρας, 2011).

Δεν θα πρέπει να παραληφθεί και η μείωση της ιδιοδεκτικής πληροφόρησης που παρατηρείται κατά την διάρκεια της κόπωσης. Αυτό το κομμάτι θα αναλυθεί εκτενώς στο παρακάτω κεφάλαιο. Δεδομένου των παραπάνω, η κοπώση παρέχει μόνο αρνητικές επιπτώσεις στο νευρομυϊκό σύστημα.

2.4 ΚΟΠΩΣΗ ΚΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Κατά την διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων, λόγω της κόπωσης έχει παρατηρηθεί ότι μειώνεται η ικανότητα ορθοστατικού ελέγχου. Στην πραγματικότητα, τα άτομα αισθάνονται αυξημένη κινητικότητα στις αρθρώσεις των κάτω άκρων κυρίως. Αυτή η αρθρική χαλαρότητα έχει συνδεθεί με ελλείματα στην ιδιοδεκτική πληροφόρηση.

Όσον αφορά την περιφερική κόπωση, γίνεται αντιληπτό ότι τα πρωτόκολλα κόπωσης αφορούν την μυϊκή κόπωση. Έχει αποδειχθεί ότι η πληροφόρηση από τις μυϊκές ατράκτους και τα τενόντια όργανα Golgi είναι μειωμένη σε περιπτώσεις κόπωσης. Τόσο μελέτες σε ζώα, όσο και σε ανθρώπους δείχνουν ότι η κόπωση του γαστροκνημίου οδηγεί σε μειωμένη προσαγωγή πληροφόρηση των ιδιοδεκτικών πληροφοριών του μυ. Επιπλέον, έχει φανεί σε ερεύνες, ότι μειώνεται η μέγιστη εκούσια συστολή του γαστροκνημίου, γεγονός που οδηγεί στην μειωμένη ικανότητα σταθερότητας της άρθρωσης της ποδοκνημικής και του γόνατος.

Σχετικά με το τενόντιο όργανο του Golgi υποστηρίζεται η μείωση της λειτουργίας του σε καταστάσεις κόπωσης. Η μείωση αυτή αφορά την στατική απόκριση, την απόκριση κραδασμών, τη μέγιστη δυναμική απόκριση και την δυναμική ευαισθησία. Επιπλέον, και η λειτουργικότητα της μυϊκής ατράκτου φαίνεται να είναι μειωμένη σε καταστάσεις κόπωσης. Αυτό εξηγείται με το γεγονός, ότι σε καταστάσεις κόπωσης η προσαγωγής πληροφόρηση υφίσταται αντανακλαστική-ακούσια αναχαίτιση.

Η κιναισθησία και η αίσθηση της θέσης της άρθρωσης είναι έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες με την ισορροπία. Η θεωρία ότι οι αρθρικοί υποδοχείς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην κιναισθησία και η αίσθηση της θέσης της άρθρωσης έχει ενισχυθεί από την εκδήλωση ιδιοδεκτικών ελλειμμάτων σε άτομα με ενδοαρθρική παθολογία του γόνατος. Μελέτες έχουν δείξει ότι η ηλικία, η αρθρίτιδα και άτομα μετά από αρθροπλαστική γόνατος έχουν μειωμένη κιναισθησία και αίσθηση της θέσης της άρθρωσης του γόνατος με αποτέλεσμα τον μειωμένο έλεγχο του. Έχει φανεί επίσης ότι η μεγαλύτερη συμβολή στην κιναισθησία και την αίσθηση της θέσης της άρθρωσης παρέχεται από τους μυϊκούς υποδοχείς και κυρίως από την μυϊκή άτρακτο. Στην πραγματικότητα, υπάρχει μία αλληλεπίδραση των πληροφοριών από τους μεν και από τους δε, η οποία δημιουργεί την τελική εικόνα της κατάστασης της άρθρωσης στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Σχετικά με την κόπωση έχει διαπιστωθεί ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μετά από την κόπωση και μάλιστα σε κάποιες μελέτες έχει φανεί πρόοδος της κιναισθησίας. Αυτό δικαιολογείται από τους ερευνητές, λόγω της εξάσκησης των συμμετεχόντων (Hiemstra et al, 2001).

2.4.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΙΚΟ ΕΛΕΓΧΟ

Οι δοκιμασίες του ορθοστατικού ελέγχου έχουν δείξει ευαισθησία στην τοπική, γενική και αθλητική κόπωση. Η κόπωση που προκαλείται από την ισοκινητική άσκηση έχει οδηγήσει σε μείωση των επιδόσεων ισορροπίας κατά 12-49% και μείωση των επιδόσεων προσγείωσης κατά 5-17%. Γενικά, πρωτόκολλα κόπωση που αποτελούνται από τρέξιμο ή από σύνθετες δραστηριότητες έχουν οδηγήσει σε 16 - 32% πτώση της ικανότητας ισορροπίας στο ένα άκρο και 4-35% μείωση σε μέτρα προσγείωσης στο ένα άκρο. Εν τω μεταξύ, έχουν αποδειχθεί μειώσεις ισορροπίας και προσγείωσης κατά 65% και 28% μετά από προσομοιωμένο αγώνα ποδοσφαίρου και ποδοσφαίρου νεολαίας του Καναδά (Troester et al, 2018).

Σε έρευνα που έγινε στον Καναδά και συμμετείχαν 13 νέοι υγιείς ενήλικες έγινε διερεύνηση των μεταβολών στον ορθοστατικό έλεγχο και στην στάση που προκαλείται από την κόπωση των μυών της ποδοκνημικής (κυρίως του γαστροκνημίου) κατά τη διάρκεια μονοποδικής στάσης. Επίσης, μελετήθηκαν οι στρατηγικές στάσης στο πρόσθιο-οπίσθιο και στο μεσο-πλάγιο επίπεδο που χρησιμοποιούν οι συμμετέχοντες για να διατηρήσουν την ισορροπία. Δεκατρείς νέοι ενήλικες κλήθηκαν να παραμείνουν ξυπόλητοι στο κυρίαρχο άκρο τους όσο το δυνατόν περισσότερο για 30 δευτερόλεπτα με και χωρίς όραση. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν ορθοστατικές δοκιμασίες πριν και μετά από πρωτόκολλο κόπωσης, στο οποίο έπρεπε να στέκεται ο συμμετέχων στα δάκτυλα των ποδιών μέχρι το σημείο ανικανότητας εκτέλεσης της άσκησης. Οι μετατοπίσεις του κεντρικού άξονα πίεσης (COP) μετρήθηκαν με πλατφόρμα δύναμης και τοποθετήθηκαν ηλεκτρογωνιόμετρα στις αρθρώσεις της ποδοκνημικής, γόνατος και ισχίου του κυρίαρχου σκέλους για την παρακολούθηση των αρθρικών γωνιών. Οι σχέσεις μεταξύ των αλλαγών στις αρθρικές γωνίες και των μετατοπίσεων του COP στο πρόσθιο-οπίσθιο και στο μεσο-πλάγιο επίπεδο ελέγχθηκαν με τη χρήση παραστατικών συσχετίσεων.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν, ότι η περιοχή ταλάντευσης και η ταχύτητα αυξήθηκαν μετά την κόπωση, αλλά μόνο στον παράγοντα χωρίς όραση, όπως επίσης και η οπίσθια μετατόπιση της μέσης θέσης COP. Επιπλέον, μετά την κόπωση οι αρθρώσεις της ποδοκνημικής και του ισχίου ήταν πιο εύκαμπτες. Μέτριες έως καλές σχέσεις μεταξύ μετατοπίσεων COP και γωνιών ποδοκνημικής παρατηρήθηκαν πριν και μετά από κόπωση με και χωρίς όραση, ενώ οι σχέσεις αυτές ήταν χαμηλές για αρθρώσεις ισχίου και γόνατος. Το αίσθημα κόπωσης, λόγω του πρωτοκόλλου δημιούργησε αλλαγές στη στάση του σώματος. Για να αντισταθμίσουν τα αποτελέσματα της κόπωσης, οι συμμετέχοντες αύξησαν την

κάμψη της ποδοκνημικής και των αρθρώσεων του ισχίου, αλλά διατήρησαν τη στρατηγική της ποδοκνημικής ως κυρίαρχη στάση και στα δύο επίπεδα (Boyas et al, 2013).

Είναι πολύ σημαντικό να γίνει αναφορά στις μεταβολές που παρατηρούνται όχι μόνο σε καταστάσεις στατικές, αλλά σε πιο δυναμικές όπως είναι η προσγείωση. Τα άλματα πτώσης (drop jumps) αποτελούν μια σημαντική δραστηριότητα πλειομετρικής άσκησης με στόχο την αύξηση την μυϊκής ισχύος των κάτω άκρων και της βελτίωσης του ύψους του άλματος, δεν παύει όμως να είναι μία λειτουργική κίνηση που συναντάται στην καθημερινή ζωή. Γενικότερα, θεωρείτε μια σημαντική μεταβλητή που πρέπει να ελέγχεται, να γίνετε σωστή εκπαίδευση και προπόνηση των αθλητών και των ατόμων γενικότερα για να μπορούν να εξασφαλιστούν αυτά τα εκπαιδευτικά αποτελέσματα (Stuzik et al, 2016).

Συγκεκριμένα, σε έρευνα που έγινε σε 24 υγιή άτομα (12 γυναίκες και 12 άντρες) αναλύθηκε η επίδραση της κόπωσης στη βιομηχανική της προσγείωσης σε εκφορτώσεις μονοποδικής πτώσης. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 3 προσγειώσεις από υψος 36 εκατοστών σε δυναμοδάπεδο πριν και μετά από πρωτόκολλο κόπωσης.

Με βάση τα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη κάμψη γόνατος και πελματιαία κάμψη μετά την κόπωση και είχαν μεγαλύτερες αιχμής δυνάμεις αντίδρασης εδάφους και χρειάστηκαν μεγαλύτερες χρονικές περιόδους για να σταθεροποιήσουν το σώμα μετά την προσγείωση, ανεξαρτήτως φύλου. Επιπλέον, παρουσίασαν υψηλότερο πρόσθιο-οπίσθιο και κατακόρυφο χρόνο σταθεροποίησης, αλλά πιο σημαντικός φάνηκε ο υψηλότερος μέσο-πλευρικός χρόνος σταθεροποίησης μετά την κόπωση. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο φύλων.

Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι συνολικά η κόπωση επηρεάζει σαφώς τη χαμηλότερη βιομηχανική του σώματος κατά τη διάρκεια των εκφορτώσεων μονοποδικά. Οι αλλαγές αυτές πιθανότατα να αυξάνουν πραγματικά τον κίνδυνο τραυματισμού κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας (Brazen et al, 2010).

Συμπερασματικά, τα ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι οι αρνητικές μεταβολές στην ισορροπία και στην προσγείωση που παρατηρούνται μετά από προγράμματα κόπωσης οφείλονται στον μειωμένο έλεγχο και συντονισμό των μυών των κάτω άκρων και σαφώς και στην μειωμένη ικανότητα παραγωγής δύναμης (Cooper et al, 2018). Συγκριτικά με τους μύες των κάτω άκρων και δεδομένου ότι επηρεάζεται η βιομηχανική περισσότερο της κατώτερης περιοχής του σώματος όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο γαστροκνήμιος διαδραματίζει

πρωταγωνιστικό ρόλο στην διατήρηση της ισορροπίας. Ανατομικά, ο γαστροκνήμιος έχει την ικανότητα να λειτουργεί ταχύτερα σε καταστάσεις διαταραχής της ισορροπίας. Βιοχημικά έχει μεγαλύτερη αναλογία γλυκολυτικών μυϊκών ινών γεγονός που τον κάνει να προσαρμόζεται καλύτερα σε καταστάσεις που απαιτούν διαλείπουσες συστολές. Επιπλέον έχει μακρύτερες ίνες από άλλους μύες της ποδοκνημικής κάτι το οποίο του δίνει πλεονέκτημα στην ταχύτητα βράχυνσης. Γενικότερα, είναι καλύτερα προσαρμοσμένος για να δημιουργήσει τις γρήγορες συστολές που είναι απαραίτητες για τη διόρθωση απρόσμενων διαταραχών ισορροπίας (Dakin et al, 2015).

2.5 ΚΟΠΩΣΗ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ

Οι μεταβολές στη νευρομυϊκή λειτουργία που δημιουργούνται από την κόπωση έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνει την πιθανότητα τραυματισμού των ανθρώπων. Η κόπωση αποτελεί μηχανισμό τραυματισμού για τα κάτω άκρα στους αθλητές. Μπορούν να εμφανίσουν οξεία και παρατεταμένη περίοδο κόπωσης στα περιφερειακά και κεντρικά συστήματα ελέγχου, η τελευταία από τις οποίες θεωρείται κύρια αιτία τραυματισμού. Οι ερευνητές έχουν αποδείξει ότι οι τραυματισμοί εμφανίζονται με υψηλότερο ρυθμό στο τελευταίο διάστημα των αγώνων και το τελευταίο διάστημα της σεζόν (Cortes, 2013).

Ο τραυματισμός του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου αποτελεί συχνό τραυματισμό των ποδοσφαιριστών και έχει συνδεθεί με καταστάσεις κόπωσης. Φαίνεται ότι είναι ένας τραυματισμός, ο οποίος τις περισσότερες φορές συμβαίνει χωρίς επαφή κατά την διάρκεια προσγείωσης από άλμα, σε απότομη αλλαγή κατεύθυνσης, καταστάσεις απότομης επιβράδυνσης- επιτάχυνσης και σε καταστάσεις κλειστής κινητικής αλυσίδας όπου γίνεται έκταση γόνατος σε συνδυασμό με στροφή της κνήμης. Συγκεκριμένα, οι παράγοντες που φαίνεται να αυξάνουν την πιθανότητα ρήξης του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (Εικόνα 2.3) και οφείλονται στην κόπωση είναι η αίσθηση χαλαρότητας της άρθρωσης του γόνατος, η μειωμένη ιδιοδεκτική προσαγωγής πληροφόρηση, αλλαγές στην κινηματική των αρθρώσεων των κάτω άκρων, η καθυστερημένη μυϊκή αντίδραση και η μειωμένη μυϊκή δύναμη των οπίσθιων μηριαίων και του τετρακέφαλου που οδηγεί εκτός από την ανικανότητα διαχείρισης των φορτίων δημιουργεί και πρόσθια μετατόπιση της κνήμης. Με αυτούς τους ελλειμματικούς μηχανισμούς που ακολουθούν τον κάματο, δεν είναι σε θέση να λειτουργήσει το νευρομυϊκό σύστημα αρμονικά (Alentorn-Geli et al, 2009; Hiemstra et al, 2001).



EIKONA2.3 Ρήξη πρόσθιου χιαστού συνδέσμου (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Σε έρευνα που έγινε σε 10 άντρες και 10 γυναίκες αθλητές με σκοπό τον προσδιορισμό της πιθανότητας τραυματισμού του πρόσθιου χιαστού μετά από κόπωση είχε αρνητικά αποτελέσματα για το γυναικείο φύλο. Η κόπωση έγινε με πρωτόκολλο αλμάτων. Στις γυναίκες παρατηρήθηκε μετά την κόπωση αυξημένη πελματιαία κάμψη στην αρχική επαφή με το έδαφος, απαγωγή στο γόνατο, μέγιστη έσω στροφή γόνατος και μέγιστος υπτιασμός ποδοκνημικής συγκριτικά με τους άνδρες. Οι γυναίκες επίσης είχαν μειωμένη ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής. Η κόπωση προκάλεσε σημαντική αύξηση έσω στροφής και απαγωγής στην άρθρωση του γόνατος. Μια οπίσθια κατεύθυνσης διατμηματική δύναμη ήταν εμφανής σε όλη την διάρκεια της φάσης εκφόρτισης. Η οπίσθια αυτή δύναμη ήταν παρόμοια μεταξύ των φύλων πριν και μετά την κόπωση. Η μέγιστη όμως κάμψη και η εμφάνιση της διατμητικής δύναμης στο γόνατο συνέβαινε νωρίτερα στις γυναίκες. Η προσαγωγή στο γόνατο εμφανίστηκε νωρίς στη φάση στήριξης για τις γυναίκες ενώ στους άνδρες στο τέλος της φάσης στήριξης.

Οι τροποποιήσεις που προκαλούνται από την κόπωση στον έλεγχο των κάτω άκρων μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο τραυματισμού χωρίς επαφή στον πρόσθιο χιαστό σύνδεσμο κατά τη διάρκεια των εκφορτώσεων και εξηγούν την αυξημένη πιθανότητα τραυματισμού στις γυναίκες (McLean et al, 2007).

Η κόπωση έχει ενοχοποιηθεί ως παράγοντας αύξησης των πιθανοτήτων τραυματισμού της ποδοκνημικής. Η κόπωση είναι συχνή κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας και έχει αρνητική επίδραση στη βιομηχανική της ποδοκνημικής κατά τη διάρκεια διαφορετικών ενεργειών, όπως άλμα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα διαστρέμματος ποδοκνημικής.

Σε πρόσφατη ανασκόπηση (Jayalath et al, 2018), όπου αναλύθηκαν βιβλιογραφικά δεδομένα που σχετίζονταν με συγκρίσεις της βιομηχανικής της ποδοκνημικής, μεταξύ μιας κατάστασης πριν και μετά από κόπωση παρατηρήθηκαν τα εξής ευρήματα:

Μετά την κόπωση, κατά την αρχική επαφή της προσγείωσης, η ραχιαία κάμψη αυξήθηκε σε μονοποδικό άλμα και η πελματιαία κάμψη αυξήθηκε σε διποδικό άλμα, ενώ στη μέγιστη κάμψη του γόνατος μετά την προσγείωση, η ραχιαία κάμψη μειώθηκε σε διποδικό άλμα αντίθετα με την πελματιαία κάμψη, η οποία αυξήθηκε στο μονοποδικό άλμα. Όσον αφορά την δυναμική των μυών της ποδοκνημικής σημειώθηκε μείωση στην αρχική επαφή και στην κατάσταση μέγιστης κάμψης του γόνατος μετά την προσγείωση σε διποδικό άλμα και μειώθηκε επίσης κατά την φάση απομάκρυνσης σε μονοποδικό άλμα. Τέλος, η δύναμη αντίδρασης εδάφους μειώθηκε κατά την αρχική επαφή και στη μέγιστη κάμψη στο γόνατο κατά την προσγείωση μετά από κόπωση και σε μονοποδικό και σε διποδικό άλμα.

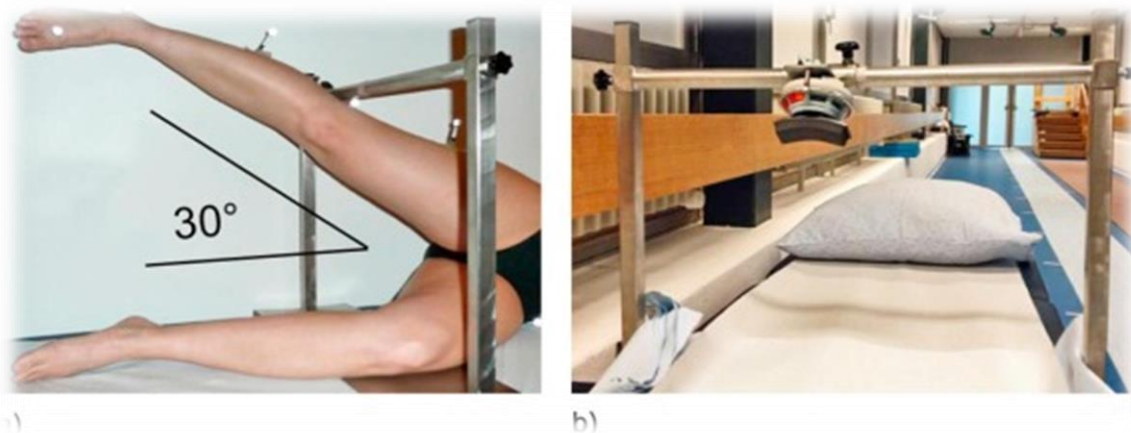
Οι ερευνητές έχουν παρατηρήσει τα αποτελέσματα της κόπωσης κατά τη διάρκεια των προσγειώσεων μονοποδικά ή διποδικά και άλλων καταστάσεων και έχουν δείξει ότι η κόπωση μεταβάλλει τον νευρομυϊκό έλεγχο. Οι ανεπάρκειες στον νευρομυϊκό έλεγχο μπορεί να προδιαθέσουν έναν αθλητή σε αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού κάτω άκρων. Για τους αθλητές που αρχικά δεν παρουσιάζουν τέτοιες ανεπάρκειες στον νευρομυϊκό έλεγχο, η εμφάνιση κόπωσης μπορεί να μειώσει τον νευρομυϊκό έλεγχο σε επίπεδα που αυξάνουν την πιθανότητα τραυματισμού. Όταν συνδυάζονται με προσομοιωμένες εργασίες που απαιτούν διαδικασίες λήψης αποφάσεων, τα αποτελέσματα της κόπωσης ενδέχεται να επιδεινώσουν τους παράγοντες κινδύνου για τραυματισμούς κάτω άκρων (Cortes, 2013).

Οι απαγωγείς του ισχίου και ιδιαίτερα ο μέσος γλουτιαίος είναι σημαντικοί για τη σταθεροποίηση των κάτω άκρων και της λεκάνης κατά τη διάρκεια της στάσης και του βαδίσματος. Πολλές μελέτες έχουν διερευνήσει την επίδραση της κόπωσης του μέσου γλουτιαίου στην μονοποδική ισορροπία και βρήκαν τον εξασθενημένο ορθοστατικό έλεγχο καθώς επίσης και ένα αυξημένο μεσο-πλευρικό κέντρο μετατόπισης πίεσης. Τα ελλείμματα της ισορροπίας και του ορθοστατικού ελέγχου οδηγούν σε αυξημένο κίνδυνο διαστρέμματος της ποδοκνημικής.

Η μειωμένη δύναμη των απαγωγών του ισχίου, μετά από κόπωση, μειώνουν τον ορθοστατικό έλεγχο, ο οποίος είναι μια παράμετρος που συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο διαστρέμματος ποδοκνημικής. Στην πρόσφατη έρευνα, αναλύθηκε η επίδραση της κόπωσης των απαγωγών ισχίου στην ισορροπία και στην οβελιαίου επιπέδου κίνηση της

ποδοκνημικής, αλλά και στην δραστηριοποίηση του γαστροκνημίου και του πρόσθιου κνημιαίου κατά την διάρκεια μονοποδικού πρόσθιου άλματος. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 20 άτομα, 9 γυναίκες και 11 άντρες, ηλικίας από 18-40. Οι μετρήσεις έγιναν με 12 κάμερες συστήματος λήψης κίνησης, δυναμοδάπεδο και με επιφανειακό ηλεκτρομυογράφημα πριν και μετά από πρωτόκολλο κόπωσης των απαγωγών του ισχίου.

Στο πρωτόκολλο κόπωσης, οι συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν σε πλάγια θέση με το μη κυρίαρχο σκέλος τοποθετημένο σε 45° κάμψης του ισχίου και 90° κάμψης γόνατος για να εξασφαλίσει μια σταθερή θέση και κλήθηκαν να κάνουν απαγωγή στο κυρίαρχο σκέλος και να αγγίζουν τη ράβδο (που αντιστοιχεί σε 30° απαγωγής) με ρυθμό 60 φορές ανά λεπτό (Εικόνα 2.4). Όταν δεν ήταν πλέον σε θέση να συμβαδίσουν με αυτό το ρυθμό ή να φτάσουν στο σημείο σταματούσαν και επαναλάμβαναν τη διαδικασία για ένα γύρο ακόμη μέχρι την ανικανότητα εκτέλεσης. Έπειτα ο συμμετέχων προχώρησε απευθείας στη μέτρηση της μέγιστης εκούσιας συστολής. Κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής διαδικασίας δόθηκε έντονη προφορική ενθάρρυνση.



ΕΙΚΟΝΑ 2.4 Ρυθμιζόμενο πλαίσιο με ράβδο απαγωγής για να εξασφαλιστεί απαγωγή ισχίου 30° κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου κόπωσης και ρυθμιζόμενο δυναμόμετρο για τη μέτρηση της μέγιστης εκούσιας συστολής. (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για την διαδικασία και τους δόθηκε χρόνος δοκιμής όλων των σταδίων της έρευνας, με σκοπό να εξοικειωθούν. Έγινε αναγνώριση του κυρίαρχου με του μη κυρίαρχου κάτω άκρου, όταν τους ζητήθηκε να κλωτσήσουν μία μπάλα. Έπειτα είχαν 5 λεπτά ανάπαυση για να ξεκινήσει η διαδικασία χωρίς αρχική κόπωση. Αρχικά έγινε η καταγραφή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του μέσου γλουτιαίου κατά τη διάρκεια

της διποδικής στάσης (για να προσδιοριστεί η μυϊκή δραστηριότητα πριν την κόπωση), πρόσθιο άλμα μονοποδικά και μέτρηση της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής συστολής. Μετά το πρωτόκολλο κόπωσης έγιναν εκ νέου οι μετρήσεις, για να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Όλες οι δοκιμές μετά την κόπωση έπρεπε να πραγματοποιηθούν εντός δύο λεπτών μετά το πρωτόκολλο κόπωσης, επειδή αναμενόταν ότι η πλήρης ανάκτηση μυϊκής δύναμης θα συνέβαινε εντός δύο έως τεσσάρων λεπτών μετά το πρωτόκολλο κόπωσης. Οι συμμετέχοντες που εμφάνισαν περισσότερο από 80% ανάκτηση από την αρχική μέτρηση της μέγιστης εκούσιας συστολής σε σχέση με την μέγιστη εκούσια συστολή επαλήθευσης αποκλείστηκαν για περαιτέρω ανάλυση.

Στα αποτελέσματα φάνηκε ότι, μετά από κόπωση, η μέγιστη γωνία πελματιαίας κάμψης μειώθηκε. Στην έναρξη της δραστηριότητας του γαστροκνημίου παρατηρήθηκε σημαντική καθυστέρηση. Η μέση δραστηριότητα του πρόσθιου κνημιαίου φάνηκε να αυξήθηκε πριν την αρχική επαφή προσγείωσης μονοποδικού άλματος. Ωστόσο δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην μυϊκή δραστηριότητα και στην κινηματική του αστραγάλου μεταξύ των δύο φύλων. Αυτές οι αλλαγές που προέκυψαν θεωρούνται ότι αυξάνουν την πιθανότητα πρόκλησης διαστρέμματος ποδοκνημικής, ειδικά σε καταστάσεις προσγείωσης μετά από μονοποδικό άλμα (Gafner et al, 2018).



ΕΙΚΟΝΑ 2.5 Διάστρεμμα ποδοκνημικής (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Όπως είναι αντιληπτό, η κόπωση των κάτω άκρων έχει αρνητικές επιδράσεις στον νευρομυϊκό έλεγχο και αποτελεί παράγοντα αυξημένου κινδύνου τραυματισμού του πρόσθιου

χιαστού και πρόκλησης διαστρέμματος ποδοκνημικής (Εικόνα 2.5) σε καταστάσεις προσγείωσης μετά από μονοποδικό άλμα.

2.6 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ

Η επιστημονική απόδειξη της κόπωσης ως μέσο αύξησης τραυματισμών, έχει οδηγήσει την επιστημονική κοινότητα να ερευνήσει μεθόδους αποκατάστασης. Η αποκατάσταση της κόπωσης, η οποία γίνεται στα πλαίσια της αποθεραπείας, διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στην αθλητική αποκατάσταση, διότι βελτιώνει την απόδοση των αθλητών ταχύτερα και τους προστατεύει από πιθανούς τραυματισμούς.

ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η κρυοθεραπεία είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνά σε αθλητές και μη. Οι θεραπευτικές επιδράσεις της κρυοθεραπείας βασίζονται στις μεταβολές των φυσιολογικών αποκρίσεων του οργανισμού, λόγω του ψυχρού μέσου. Τα μέσα κρυοθεραπείας που χρησιμοποιούνται είναι η στερεή μορφή πάγου (θρυμματισμένου), τυποποιημένα πακέτα ειδικής γέλης, παγομάλαξη, χρήση ψυχρών εκνεφωμάτων, εμβύθιση σε κρύο νερό και η ολόσωμη έκθεση σε ειδικούς θαλάμους. Μέσω της κρυοθεραπείας μπορεί να επιτευχθεί μείωση: του πόνου, της αιματικής ροής και της θερμοκρασίας, της συσσώρευσης οιδήματος-αιματώματος, του μεταβολισμού, της νευρικής αγωγιμότητας στην περιοχή εφαρμογής (Φουσέκης, 2015).

Έχει παρατηρηθεί ότι η ψύξη της περιοχής που έχει υποστεί κάματο, οδηγεί σε αύξηση του μήκους των μυών, τη μείωση των συγκεντρώσεων του γαλακτικού οξέος και των υπόλοιπων υποπροϊόντων του ανθρώπινου μεταβολισμού, την επανασύνθεση των φωσφορικών αλάτων υψηλής ενέργειας, την αναπλήρωση του οξυγόνου στο αίμα, την αναπλήρωση του σωματικού υγρού και της μυοσφαιρίνης και την υποστήριξη στην αύξηση της κυκλοφορίας και του αερισμού. Αυτό οδηγεί στην ταχύτερη αποκατάσταση της απόδοσης, της μυϊκής δύναμης και της μείωσης του πόνου, όχι μόνο κατά την διάρκεια της κρυοθεραπείας, λόγω της μειωμένης νευρικής αγωγιμότητας, αλλά και μετά την θεραπεία. Φυσικά, δεν παρέχουν όλα τα μέσα κρυοθεραπείας την ίδια αποτελεσματικότητα. Η τοπική κρυοθεραπεία μέσω ειδικής γέλης (Εικόνα 2.6) ή στερεού πάγου, η ολόσωμη έκθεση σε ειδικούς θαλάμους ψύξης (Εικόνα 2.7) και η εμβύθιση άκρου σε κρύα δεξαμενή νερού φαίνεται να είναι τα πιο χρήσιμα μέσα αποκατάστασης της κόπωσης, παρά τα μειονεκτήματα που μπορεί να έχουν (Calleja-Gonzalez, 2018).



ΕΙΚΟΝΑ 2.6 Τοπική κρυοθεραπεία με χρήση ειδικής γέλης (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)



ΕΙΚΟΝΑ 2.7 Θάλαμος ολόσωμης κρυοθεραπείας (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Ενεργητικής αποκατάστασης είναι η χαμηλής έντασης άσκηση που εκτελείται μετά τη προπόνηση ή τον αγώνα. Έρευνες έδειξαν ότι αθλητές που πραγματοποιούσαν χαμηλής έντασης άσκηση, όπως η βόδιση σε διάδρομο (Εικόνα 2.8), για αποθεραπεία μείωσαν τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος γρηγορότερα και παρουσίασαν μεγαλύτερη δύναμη στην επόμενη προπόνηση σε σύγκριση με αυτούς που δεν έκαναν ενεργητική αποθεραπεία. Επίσης βρέθηκε θετική επίδραση και στον ψυχολογικό τομέα αυξάνοντας τη χαλάρωση και την προετοιμασία για την επόμενη προπόνηση ή αγώνα. Έχει διαπιστωθεί ότι η διάρκεια της ενεργητικής άσκησης παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποθεραπεία. Συγκεκριμένα, μετά από αγώνα ράγκμπι, 1 ώρα χαμηλής έντασης άσκηση δεν είχε αντίκτυπο στην κυκλοφοριακή συγκέντρωση της κρεατίνης κινάσης, ενώ 7 λεπτά άσκησης χαμηλής έντασης αύξησαν την κάθαρση της κρεατίνης κινάση. Η σημαντική επίδραση της ενεργητικής άσκησης μπορεί να εξηγηθεί μέσω αυξημένης ροής αίματος στον μυϊκό ιστό, που διευκολύνει την απομάκρυνση μεταβολικών αποβλήτων και μπορεί να συμβάλει στη μείωση των μυϊκών βλαβών και πόνων. Συμπερασματικά η χαμηλής έντασης άσκηση εμφανίζεται να μειώνει σημαντικά το συσσωρευμένο γαλακτικό οξύ στο αίμα και να επιταχύνει την αποθεραπεία των μυών (Dupuy, 2018).

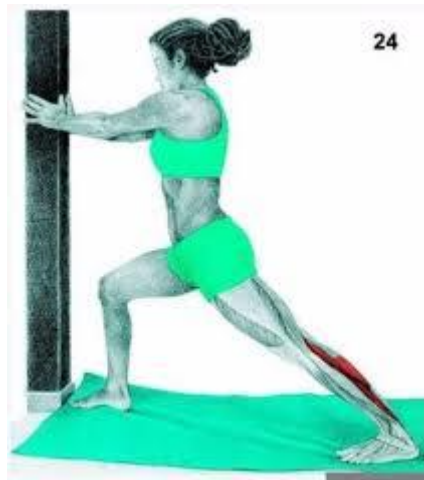


ΕΙΚΟΝΑ 2.8 Βάδιση σε διάδρομο γυμναστικής ως μέσο αποθεραπείας.
(Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

ΔΙΑΤΑΣΕΙΣ

Η διάταση είναι ένα μέσο αποθεραπείας που χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση της οξείας μυϊκής κόπωσης και την βελτίωση της απόδοσης των αθλητών και των ατόμων που ασχολούνται ερασιτεχνικά με αθλητικές δραστηριότητες, Έχει φανεί ότι δεν ωφελεί άμεσα στην μείωση της κόπωσης και μπορεί να οδηγήσει σε τραυματισμό ή μείωση της απόδοσης των αθλητών αν δεν εφαρμοστεί κατάλληλα τόσο όσον αφορά το χρόνο όσο και τη διαδικασία εκτέλεσής της.

Οι στατικές διατάσεις (Εικόνα 2.9) μεταβάλλουν το μήκος του μυ αυξάνοντας την ελαστικότητά του προσωρινά και εκτελούνται στο τέλος της προπόνησης, γιατί στην αρχή αποτελούν παράγοντα μείωσης της απόδοσης των αθλητών κυρίως σε αθλήματα που απαιτούν δύναμη, ισχύ και εκρηκτικότητα. Δεν έχει αποσαφηνιστεί η θετική επίδραση της στατικής διάτασης στην μείωση της κόπωσης, αντίθετα έχει φανεί ότι μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην αποκατάσταση του μυϊκού κάματος.



ΕΙΚΟΝΑ 2.9 Στατική διάταση (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Οι βαλλιστικές διατάσεις εκτελούνται ως προθέρμανση πριν από αθλήματα και είναι ένα είδος ενεργητικής διάτασης που πραγματοποιούνται ταλαντεύσεις στο τέλος του εύρου τροχιάς της εκάστοτε κίνησης. Πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο σε υγιείς αθλητές δυναμικών αθλημάτων, ως μέρος προθέρμανσης και έχει φανεί ότι μόνο σε αυτούς μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα μείωσης καθυστερημένου μυϊκού πόνου, βελτίωση της απόδοσης και πρόληψη τραυματισμών (Φουσέκης, 2015).

Σε έρευνα που έγινε σε 16 άντρες ηλικίας 21-27 ετών, κάθε άτομο πραγματοποίησε επαναλαμβανόμενες ασκήσεις ισομετρικής συστολής των μυών του άνω άκρου, που περιελάμβαναν την ανύψωση και τη συγκράτηση ενός αλτήρα για την πρόκληση μυϊκής κόπωσης. Τέσσερις θεραπείες διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια των περιόδων ανάπαυσης μεταξύ της ισομετρικής συστολής των μυών, στατική διάταση, βαλλιστική διάταση, τοπική κρυοθεραπεία με γέλη και κανένα μέσω αποθεραπείας. Το ηλεκτρομυογράφημα και οι σχετικές μετρήσεις κορεσμού του μυϊκού οξυγόνου πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των ασκήσεων. Η κόπωση των μυών υπολογίστηκε έμμεσα από τη μείωση της μέσης συχνότητας του ηλεκτρομυογραφικού σήματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η στατική διάταση δεν βελτίωσε την μυϊκή κόπωση, αντιθέτως είχε αρνητικά αποτελέσματα για την αποκατάσταση της. Οι βαλλιστικές διατάσεις δεν παρείχαν στατιστικά σημαντική βελτίωση, σε αντίθεση με τον πάγο που φάνηκε ότι ήταν το καλύτερο μέσο αποθεραπείας και βελτίωσης του μυϊκού κάματος (Eguchi et al, 2014).

ΜΑΛΑΞΗ

Η μάλαξη πριν από κάθε αθλητικό γεγονός στοχεύει κυρίως στην προετοιμασία του αθλητή, στην αύξηση της απόδοσής του αλλά και στη μείωση του ρίσκου των αθλητικών κακώσεων. Επιπλέον, έχει θετικά αποτελέσματα στην αποκατάσταση της κόπωσης, αποτελούμενη ως μέρος της αποθεραπείας των αθλητών μετά από το άθλημα. Η μάλαξη βελτιώνει την κυκλοφορία του αίματος και τη ροή των λεμφικών υγρών, βοηθά στην αποβολή των άχρηστων μεταβολικών προϊόντων και του γαλακτικού οξέος, μειώνει τον μυϊκό σπασμό, το οίδημα και τον πόνο, επαναδομεί τους τραυματισμένους ιστούς και βοηθά την ψυχολογική προετοιμασία του αθλητή. Ένα πολύ μεγάλο κομμάτι είναι η πρόληψη αφού οι αθλητές είναι επιρρεπείς σε τραυματισμούς λόγω κόπωσης. Με τη μάλαξη (Εικόνα 2.10) το σώμα είναι καλύτερα προετοιμασμένο για να αποφύγει τους ανεπιθύμητους τραυματισμούς. Με τα παραπάνω επιταχύνεται η αποκατάσταση του αθλητή από τον κάματο και αυξάνεται η απόδοση του.

Η βελτίωση στην αντίληψη του πόνου μπορεί να επηρεάσει την αντίληψη της κόπωσης και φαίνεται ότι η μάλαξη είναι η πιο αποτελεσματική τεχνική για να μειωθεί η αντίληψη της κόπωσης, σε ελίτ αθλητών. Μετά από έντονη ποδηλασία διαπιστώθηκε επίσης, ότι σαφώς η αντίληψη της κόπωσης μειώθηκε πιο αποτελεσματικά με την μάλαξη παρά με παθητική ανάπαυση. Η μείωση της κυκλοφορούσας κορτιζόλης και η αύξηση της συγκέντρωσης βήτα-ενδορφινών έχουν προταθεί για να εξηγήσουν τη μείωση της αντιλαμβανόμενης κόπωσης μετά από μάλαξη. Πράγματι, έχει αναφερθεί αύξηση 16% της συγκέντρωσης των β-ενδορφινών στο πλάσμα μετά από ένα μασάζ 30 λεπτών μετά την άσκηση.

Η μείωση της συγκέντρωσης κρεατίνης κινάσης στο αίμα μπορεί να αντανακλά μια μείωση των μυϊκών βλαβών και επίσης να υποδεικνύει μια ταχύτερη ανάκαμψη μετά την άσκηση αποδεικνύοντας ότι το μασάζ είναι αποτελεσματικό στην ανακούφιση των συμπτωμάτων της προκαλούμενης από σωματική άσκηση μυϊκής κόπωσης (Duruoy, 2018).



ΕΙΚΟΝΑ 2.10 Μάλαξη γαστροκνημίου (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

ΕΝΔΥΜΑΤΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Ενδύματα συμπίεσης είναι τα κομμάτια του ιματισμού όπως κάλτσες, καλσόν, κολάν, μπλούζες κλπ. , που παρέχουν υποστήριξη και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για τους ανθρώπους που η καθημερινότητα τους αναγκάζει να βρίσκονται σε όρθια στάση για μεγάλο χρονικό διάστημα και για άτομα που ασχολούνται με το αθλητισμό. Συνδυάζουν πολλά πλεονεκτήματα και συμβάλλουν στην πρόληψη της κόπωσης. Συγκεκριμένα, ενισχύουν την κυκλοφορία του αίματος έτσι ώστε να μεταφέρεται περισσότερο οξυγόνο σε αυτούς, συμβάλλουν στη γρηγορότερη απομάκρυνση γαλακτικού οξέως από το αίμα, παρατηρείται μείωση του μυϊκού πόνου μετά την άσκηση και γρηγορότερη επαναφορά των αθλητών, συμβάλλοντας αποτελεσματικά στη μείωση του απαιτούμενου χρόνου αποκατάστασης της κόπωσης. Η ευεργετική επίδραση των ενδυμάτων συμπίεσης στην κόπωση και την αντιληπτή κόπωση μπορεί να εξηγηθεί από μια πιθανή μείωση του διαθέσιμου χώρου για διόγκωση και οίδημα λόγω της συμπίεσης που εφαρμόζεται στο άκρο, μικρότερες μεταβολές στην οσμωτική πίεση που θα μπορούσαν να μειώσουν τη διάχυση υγρού στον διάμεσο χώρο και την ταυτόχρονα καλύτερη φλεβική επιστροφή.

Λόγω της σύνθεσής τους απομακρύνουν την υγρασία, ώστε να διατηρείται το σώμα στεγνό και με σταθερή θερμοκρασία και διαθέτουν μόνιμη αντιμικροβιακή κάλυψη, μειώνοντας τις δυσάρεστες οσμές που προκαλούνται από την εφίδρωση, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να χρησιμεύσουν για την προστασία του οργανισμού από την ηλιακή ακτινοβολία καθώς κατασκευάζονται από υλικά υψηλού δείκτη προστασίας. Επιπλέον, τα ενδύματα συμπίεσης μπορούν και ενισχύουν την αθλητική απόδοση και συμβάλλουν στην προστασία των αθλητών από τραυματισμούς που οφείλονται σε ολίσθηση (Dupuy, 2018).

ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΕΓΕΡΣΗ

Η ηλεκτροδιέγερση τα τελευταία χρόνια αποτελεί ένα μέσο προπόνησης και αποκατάστασης. Η αρχή λειτουργίας της ηλεκτρομυοδιέγερσης βασίζεται στη νευρική διέγερση με τη χρήση ηλεκτρικών παλμών που μεταδίδονται μέσω των ηλεκτροδίων. Κατά τη διάρκεια της ηλεκτροδιέγερσης όλες οι μυϊκές ίνες δουλεύουν ταυτόχρονα, γεγονός που την κάνει πολύ αποτελεσματική σε σύγκριση με τις κλασικές μεθόδους προπόνησης. Μπορεί να προπονηθεί επιλεκτικά μόνο μια μυϊκή ομάδα χωρίς την κούραση και την κατανάλωση ενέργειας που συνοδεύει μια κανονική προπόνηση που καταπονεί τον οργανισμό. Επιπλέον, διεγείρονται οι αργές και οι γρήγορες μυϊκές ίνες. Οι γρήγορες μυϊκές ίνες είναι πολύ δύσκολο να διεγερθούν με την κανονική προπόνηση. Στα πλεονεκτήματα της είναι και η γρήγορη αποκατάσταση μετά από τραυματισμό. Η ηλεκτροδιέγερση προσφέρει γρηγορότερα επαναφορά και βελτίωση της κόπωσης, αφού η κυκλοφορία του αίματος αυξάνεται και γίνεται απομάκρυνση των μεταβολικών ουσιών. Βέβαια, εκτός από τις μελέτες που δείχνουν την θετική επίδραση της στην κόπωση, υπάρχουν και αρκετές που δεν δείχνουν στατιστικά σημαντική ή και καθόλου θετική επίδραση της ηλεκτροδιέγερσης στην μείωση της μυϊκής κόπωσης (Khodabukus, 2018; Dupuy, 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΩΣ ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΑΠΟ ΚΟΠΙΑΣΤΙΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Η κρυοθεραπεία είναι μια θεραπευτική μέθοδος, με την οποία επιτυγχάνεται τοπική μείωση της θερμοκρασίας σε μια ανατομική περιοχή τραυματισμένη ή μη κατά την διάρκεια εφαρμογής ενός ψυχρού μέσου.

3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

Η κρυοθεραπεία αποτελεί μια διαδεδομένη μέθοδο αποκατάστασης στην αθλητική και μη κοινότητα, αποτελώντας καθοριστικό παράγοντα της εξέλιξης της αποκατάστασης σε οξείες περιπτώσεις τραυματισμών. Επιπλέον, έχει σημαντική επίδραση σε υποξύ και χρόνια στάδια τραυματισμών. Οι επιδράσεις της βασίζονται κυρίως στις μεταβολές των φυσιολογικών αποκρίσεων του οργανισμού που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια, αλλά και μετά την θεραπεία. Έχει άμεση επίδραση τόσο στο κινητικό όσο και στο αισθητικό σύστημα, γεγονός που της επιτρέπει να χρησιμοποιείται ως μέσο αποθεραπείας, αλλά και ως μέσο αναλγησίας.

Κατά την αρχική επαφή μιας περιοχής με το ψυχρό μέσο, παρατηρείται τοπική αγγειοσυστολή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του μεταβολισμού, άρα και του δευτερεύοντα υποξικού τραυματισμού, αλλά και τον περιορισμό(μείωση) οιδήματος-αιματώματος που μπορεί να υπάρχει. Ωστόσο, η παρακάτω κατηγοριοποίηση θα βοηθήσει στην κατανόηση των μηχανισμών που ευθύνονται για της θετικές επιδράσεις της κρυοθεραπείας και θα γίνει εστίαση στην σχέση της με την κόπωση (Φουσέκης, 2015).

3.2.1 ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Η χρήση ψυχρού μέσου έχει φανεί ότι επηρεάζει την κινητική λειτουργία του σώματος. Συγκεκριμένα, μπορεί να αυξήσει την ισομετρική δύναμη και αντοχή του τετρακεφάλου. Αυτό για να πραγματοποιηθεί χρειάζεται χαμηλή ψύξη και όχι έντονη, γιατί μία έντονη ψύξη θα ελάττωνε την παροχή θρεπτικών συστατικών στον μυ. Επιπλέον, όπως είναι λογικό, δεν έχει μεγάλη διάρκεια, επειδή η μυϊκή δραστηριότητα ευθύνεται για την σημαντική αύξηση του ρυθμού επαναθέρμανσης των μυϊκών ιστών μετά την ψύξη τους. Φυσικά, δεν θα πρέπει να παραληφθεί ότι η ψύξη μπορεί να προκαλέσει αντίθετα αποτελέσματα, δηλαδή μείωση της μυϊκής δύναμης. Η αιτία είναι είτε λόγω της ψύξης, που όπως αναφέρθηκε θα πρέπει να είναι

χαμηλή, είτε λόγω της διάρκειας. Μια παρατεταμένης διάρκειας κρυοθεραπεία έχει αρνητικά αποτελέσματα στην μυϊκή δύναμη.

Άλλος ένας κινητικός παράγοντας που επηρεάζεται από την χαμηλή θερμοκρασία είναι ο μυϊκός τόνος. Ο ίδιος έχει διαπιστωθεί ότι μειώνεται μετά από χρήση ψυχρού μέσου. Αυτό πιθανολογείται ότι οφείλεται στο γεγονός ότι χαμηλές θερμοκρασίες που δημιουργούνται από την κρυοθεραπεία μπορούν να επηρεάσουν την δράση των μυϊκών ατράκτων, των Ια και των δευτερευουσών αισθητικών ινών, των α κινητικών νευρώνων, των γ ινών, των νευρομυϊκών συναρμογών και του ίδιου του μυός, όταν μπορεί να συμβεί αυξημένη στιγμιαία μυϊκή συστολή και χαλάρωση στο μισό χρόνο. Οι μυϊκές άτρακτοι αντιδρούν γρηγορότερα, επειδή η μείωση θερμοκρασίας που χρειάζονται για να ενεργοποιηθούν δεν είναι τόσο μεγάλη σε σχέση με άλλες νευρικές δομές. Παρ' όλα αυτά είναι πιθανό σε μεγαλύτερους βαθμούς ψύξης να επηρεαστούν και άλλες δομές. Επιπλέον, η ευαισθησίας τους μειώνεται ανάλογα με τον βαθμό ψύξης, ως αποτέλεσμα της απευθείας επίδρασης στις αισθητικές απολήξεις ή και επειδή μειώνεται ο ρυθμός πυροδότησης των Ια κεντρομόλων ινών. Με αυτόν τον τρόπο η κρυοθεραπεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μείωση της σπαστικότητας και την βελτίωση της λειτουργικότητας του άνω άκρου σε περιπτώσεις ασθενών με κλινικά σημαντικό τρέμο (νόσος Πάρκινσον).

Αντίθετα με το παραπάνω συμπέρασμα, έχει διαπιστωθεί επίσης, η αύξηση του μυϊκού τόνου για σύντομη περίοδο κατά την διάρκεια ψύξης μίας περιοχής. Συγκεκριμένα, σε ασθενείς όπου εφαρμόστηκε κρύο επίθεμα για μείωση του τόνου αντέδρασαν με επιδείνωση, αποδίδοντας αυτό στην επίδραση του απτικού ερεθισμού. Ακόμη, σε ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας φάνηκε επίσης ότι το κρύο επιδείνωνε την σπαστικότητα. Οι Lehmann και de Lateur (1999) θεωρούν ότι αυτό γίνεται λόγω μίας αρχικής αύξησης της διεγερτικότητας των α κινητικών νευρώνων. Παρόμοια αποτελέσματα αύξησης μυϊκού τόνου παρατηρούνται και κατά την μέθοδο της παγομάλαξης, δίνοντας το συμπέρασμα ότι η χρήση της κατάλληλης μεθόδου ψύξης, σε κατάλληλο χρόνο και θερμοκρασία αναλόγως με την περίπτωση του κάθε ασθενή, επιφέρει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Η μυϊκή απόδοση εξαρτάται από την θερμοκρασία. Η δύναμη, η ταχύτητα και η μέγιστη ισομετρική δύναμη από την διέγερση σε μεγάλες συχνότητες εξαρτώνται από την θερμοκρασία ενώ άλλες δεν επηρεάζονται τόσο συχνά από θερμοκρασίες 25° έως 37° βαθμούς κελσίου. Σε περίπτωση που η μείωση της θερμοκρασίας γίνεται σε λογικά πλαίσια οι μυϊκές συστολές μετά την ψύξη επιβραδύνονται αλλά φτάνουν σε ένα φυσιολογικό επίπεδο

δύναμης. Θερμοκρασίες χαμηλότερες από 27° βαθμών κελσίου μπορεί να μειώσουν την απόδοση των μυών (Watson, 2008).

Η κρυοθεραπεία χρησιμοποιείται ευρέως, ως μέσω αποκατάστασης τραυματισμών και όπως έχει αναφερθεί διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στο οξύ στάδιο. Η ψύξη δημιουργεί τοπική αγγειοσυστολή ελαττώνοντας την αιματική ροή και μειώνοντας τον μεταβολισμό (13% για κάθε 16,7°C μείωση της θερμοκρασίας), δημιουργώντας πτώση των μεταβολικών αναγκών των κυττάρων για οξυγόνο περιορίζοντας τον κίνδυνο για δευτεροπαθή υποξικό τραυματισμό υγιών κυττάρων που υπο-αιματώνονται και υπο-οξυγονώνονται εξαιτίας της συμπίεσης των αγγείων που δημιουργείται από την συσσώρευση οιδήματος της περιοχής. Επιπλέον, μειώνεται η συγκέντρωση οιδήματος-αιματώματος από συνοδές αγγειακές βλάβες (Φουσέκης, 2015).

Πολύ σημαντική είναι επίσης η επίδραση της κρυοθεραπείας στην αποκατάσταση του μυϊκού σπασμού. Έχει φανεί ότι ο πόνος μετά από ένα τραυματισμό επιφέρει μυϊκό σπασμό ως προστατευτικό μηχανισμό. Η ισχαιμία που επικρατεί, λόγω της παρατεταμένης μυϊκής συστολής προκαλεί περισσότερο πόνο και μυϊκό σπασμό δημιουργώντας τελικά ένα φαύλο κύκλο. Ουσιαστικά, η κρυοθεραπεία μειώνοντας το μυϊκό σπασμό και τον πόνο οδηγεί σε αύξηση του εύρους κίνησης και του ρυθμού επούλωσης.

Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι η ψύξη μπορεί να προκαλέσει επιβράδυνση της εκούσιας κινητικότητας και απώλεια της επιδεξιότητας. Τα αποτελέσματα αυτά αποδίδονται στην επιβραδυσμένη νευρική αγωγιμότητα, η οποία σημαίνει την αύξηση του χρόνου μετάδοσης στους νευρικούς βρόχους ανατροφοδότησης και στα αντανάκλαστικά τόξα, στην άμεση επιβράδυνση της μυϊκής συστολής ή στον συνδυασμό των παραγόντων (Robertson et al, 2006).

Σχετικά με την επίδραση της κρυοθεραπείας στην κόπωση, φαίνεται ότι συγκεκριμένες τεχνικές κρυοθεραπείας με συγκεκριμένες παραμέτρους μπορούν να έχουν θετικά αποτελέσματα. Σε έρευνα που έγινε το 2011 σε 9 ελίτ δρομείς συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα της ολόσωμης κρυοθεραπείας (3 λεπτά στους -110°) σε σχέση με την υπέρυθη ακτινοβολία και την παθητική ανάκτηση, έπειτα από κοπιαστική άσκηση. Οι πιο ευεργετικές συνέπειες των περιόδων ανάκαμψης που οργανώθηκαν μέσα στις πρώτες 48 ώρες μετά την κόπωση καταγράφηκαν με τη μέθοδο της ολόσωμης κρυοθεραπείας. Η MVC ανακτήθηκε μετά την πρώτη συνεδρία WBC (μετά από 1 ώρα), ενώ η ανάκτηση χρειάστηκε 24 ώρες με FIR και δεν επιτεύχθηκε με ανάκτηση PAS. Αντίθετα, άλλες έρευνες δεν

ανέφεραν ευεργετική επίδραση 2 συνεδριών WBC για την ανάκτηση της μέγιστης μυϊκής δύναμης μετά από επαναλαμβανόμενες εκκεντρικές συστολές των εκτεινωτών του γόνατος. Ωστόσο, οι συμμετέχοντες δεν ήταν εξειδικευμένοι δρομείς όπως στη μελέτη παραπάνω και ως εκ τούτου δεν είχαν συνηθίσει έκκεντρες συσπάσεις, γεγονός που μπορεί να εξηγήσει αυτή την απουσία θετικού αποτελέσματος του WBC. Επιπρόσθετα, πολλαπλές μελέτες σχετικά με τις συνέπειες της κρυοθεραπείας μέσω εμβάπτισης σε πάγου ή νερού σχετικά με τη μέγιστη ανάκαμψη δύναμης παρουσιάζουν αντιφατικά αποτελέσματα ανάλογα με τη δραστηριότητα και τις εντάσεις της. Ωστόσο, η πλειοψηφία των μελετών δείχνουν ότι η βραχυπρόθεσμη εμβάπτιση ολόκληρου του σώματος είναι επωφελής για την αποκατάσταση της ικανότητας παραγωγής δύναμης και της αντοχής όταν εκτελείται αμέσως μετά την άσκηση.

Αυτό το αποτέλεσμα σχετίζεται με την πτώση της θερμοκρασίας του πυρήνα του σώματος κατά τη διάρκεια της ψυχρής έκθεσης προκαλώντας, μέσω ενός μηχανισμού αγγειοσυστολής, μείωση της διαπερατότητας των αγγείων στα ανοσοκύτταρα και μειώνοντας έτσι το οίδημα και τη φλεγμονώδη διαδικασία και τον πόνο. Όμως, η μεγάλης διάρκειας εμβάπτιση με κρύο μπορεί να είναι επιβλαβής για την ανάκτηση, προκαλώντας αύξηση της TNF- α (προφλεγμονώδης κυτοκίνη), των λεμφοκυττάρων και των μονοκυττάρων. Οι μεταβολές στον αριθμό των κυττάρων αίματος, στις προ- και αντιφλεγμονώδεις κυτοκίνες και οι μεταβολές τόσο στην ολική οξειδωτική όσο και στην αντιοξειδωτική κατάσταση, μετά από έκθεση σε WBC επιβεβαιώνουν τη σημασία του WBC για τη βελτίωση της άμυνας του σώματος και επομένως της ανάρρωσης μετά την άσκηση.

Επιπλέον, μια σχετιζόμενη με το κρύο μείωση της νευρικής δραστηριότητας, σε συνδυασμό με μια αυξημένη συγκέντρωση ενδορφίνης θα μπορούσε να έχει αναλγητική δράση, μειώνοντας την αντίληψη της κόπωσης και του πόνου και επιτρέποντας στα άτομα να αναπτύξουν περισσότερη δύναμη. Η αντίληψη του πόνου ή της κούρασης προσδιορίζεται τόσο από τις φυσιολογικές όσο και από τις ψυχολογικές επιδράσεις και αποτελεί συνεπώς έναν σχετικό δείκτη της ανάκτησης των μυών για την υποστήριξη των φυσιολογικών ευρημάτων.

Παρόμοια με την ικανότητα MVC, η παρούσα μελέτη κατέγραψε ευεργετικά αποτελέσματα του WBC στην ψυχολογική ανάκτηση μέσα σε λίγες ημέρες μετά την άσκηση. Η αίσθηση του πόνου και της κόπωσης που ακολούθησαν μετά την κόπωση μειώθηκαν μετά την πρώτη συνεδρία WBC, ενώ η αίσθηση του πόνου μειώθηκε αργότερα (μετά από 48 ώρες)

χρησιμοποιώντας FIR και δεν καταγράφηκε καμία επίδραση της ανάκτησης PAS. Οι ωφέλιμες επιδράσεις των WBC και FIR τρόπων ανάκαμψης καταγράφηκαν επίσης μετά από 24 ώρες με WBC και μετά από 48 ώρες με FIR. Όλες οι προηγούμενες μελέτες για μεθόδους ψυχρής έκθεσης (π.χ. εφαρμογή πάγου, εμβάπτιση με κρύο νερό) έδειξαν ελάχιστη ή καθόλου επίδραση του κρύου στην ψυχολογική ανάκτηση μετά την άσκηση (Hausswirth et al, 2011).

3.2.2 ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Σχετικά με την επίδραση της κρυοθεραπείας στην αισθητική λειτουργία, η μείωση του πόνου αποτελεί σημαντικό παράγοντα καθορισμού της κρυοθεραπείας σε βασική φυσικοθεραπευτική μέθοδο αποκατάστασης. Κατά την εφαρμογή ψυχρού μέσου στο δέρμα προκαλούνται αρχικά ταυτόχρονες αισθήσεις ψυχρού και πόνου. Σε περίπτωση έντονης ψύξης και οι δύο αισθήσεις καταστέλλονται, αφού αναχαιτίζεται η νευρική αγωγιμότητα. Ωστόσο, η μείωση του πόνου αποδίδεται σε άμεσες και έμμεσες αιτίες.

Το κρύο χρησιμοποιείται ως παράγοντας αντιερεθισμού και θεωρείται ότι οι αντιδράσεις αυτές εξηγούνται με βάση την θεωρία πύλης πόνου. Οι Ad ίνες οι οποίες είναι ευαίσθητες στο κρύο, μεταφέρουν το αίσθημα του πόνου. Όταν το αίσθημα του κρύου είναι πιο έντονο η οδός του πόνου εμποδίζεται από αυτό. Για τις ενέργειες αυτές μεσολαβεί η δράση των υποδοχέων της μορφίνης στο κεντρικό νευρικό σύστημα και ο ρόλος των ενδορφινών και των εγκεφαλινών. Η περιφερική αγωγιμότητα επιβραδύνεται με το κρύο και τελικά σταματάει εντελώς (Watson, 2008).

Ένας άλλος μηχανισμός που μπορεί να μειώνει τον πόνο μέσω της κρυοθεραπείας είναι η άμεση επίδραση της στους αλγοϋποδοχείς. Παρόλο, που το κρύο έχει μικρή επίδραση στην αγωγή των δυναμικών ενέργειας των ιών C, μπορεί να ελαττώσει τον ρυθμό πυροδότησης των αλγοϋποδοχέων. Αυτός, είναι ο ρυθμός, με τον οποίο παράγονται τα δυναμικά ενέργειας των σημάτων του πόνου, μέσω της ελάττωσης του ρυθμού παραγωγής των ερεθιστικών ουσιών (Robertson et al, 2006).

3.3 ΜΕΣΑ ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Οι κυριότεροι τρόποι κρυοθεραπείας είναι πάγος σε στερεή μορφή είτε σε τυποποιημένα πακέτα ειδικής γέλης, παγομάλαξη (Εικόνα 3.1), εμβύθιση σε παγωμένο νερό (Εικόνα 3.2) είτε σε δινόλουτρο, εκνεφώματα χλωριούχου αιθυλίου (Εικόνα 3.3), μηχανήματα παραγωγής κρύου αέρα και ειδικοί θάλαμοι για έκθεση σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες (Φουσέκης, 2015).



ΕΙΚΟΝΑ 3.1 Παγομάλαξη

(Τροποποιημένη από διαδίκτυο)



ΕΙΚΟΝΑ 3.2 Εμβύθιση σε κρύο νερό

(Τροποποιημένη από διαδίκτυο)



ΕΙΚΟΝΑ 3.3 Εκνέφωμα χλωριούχου αιθυλίου

(Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Μελέτες έχουν δείξει, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ότι η ολόσωμη κρυοθεραπεία είτε σε κρυσάουνα είτε σε ειδικούς θαλάμους έχει πολύ θετικά αποτελέσματα στην μείωση της μυϊκής κόπωσης και στην γρήγορη ανάκαμψη των αθλητών. Βέβαια, λόγω κόστους έχει φανεί ότι χρησιμοποιείται περισσότερο η μέθοδος της εμβύθισης σε κρύο νερό και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και η παγομάλαξη, μιας και αποτελούν εξίσου αποτελεσματικές μέθοδοι. Ωστόσο στην έρευνα που θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο για την κρυοθεραπεία χρησιμοποιήθηκαν ειδικά πακέτα γέλης, για λόγους πρακτικούς και επειδή είναι γνωστή η ικανότητα των πακέτων γέλης στην τοπική ψύξη.

Η τοπική κρυοθεραπεία με χρήση ειδικών πακέτων γέλης δεν έχει αποσαφηνιστεί η θετική της επίδραση σε περιπτώσεις μυϊκού κάματος, καθώς υπάρχουν έρευνες που δείχνουν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Θεωρείται γενικά ότι η τοπική ψύξη μπορεί να παρεμβάλει στην αιμάτωση και να έχει θετικά αποτελέσματα στην ανάκτηση του μυός από μια τραυματική πρόκληση, όπως η εκκεντρική άσκηση. Η παρακάτω μελέτη εξέτασε την επίδραση της τοπικής ψύξης στους δείκτες βλάβης των μυών και τις αιμοδυναμικές αλλαγές κατά τη διάρκεια της ανάκαμψης από την εκκεντρική άσκηση. Έντεκα άντρες (ηλικίας $20,2 \pm 0,3$ έτη) πραγματοποίησαν 6 σειρές έκτασης αγκώνα σε 85% κατ 'ανώτατο όριο εθελοντικό φορτίο και έπειτα χωρίστηκαν σε ομάδες τοπικής ψύξης ή σε ομάδα ελέγχου κατά την ανάκτηση με τυχαίο τρόπο διασταύρωσης. Οι ψυχρές συσκευασίες εφαρμόστηκαν στον ασκούμενο μυ για 15 λεπτά στις 0, 3, 24, 48 και 72 ώρες μετά την άσκηση. Η άσκηση αύξησε σημαντικά τα επίπεδα κρεατίνης κινάσης CK και μυοσφαιρίνης MB. Παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες αυξήσεις στην κυκλοφορία του CK-MB και της μυοσφαιρίνης πάνω από το επίπεδο ελέγχου στη δοκιμή ψύξης κατά τη διάρκεια 48-72 ωρών της περιόδου αποκατάστασης μετά την

άσκηση. Το υποκειμενικό αίσθημα κόπωσης ήταν μεγαλύτερο στις 72 ώρες μετά την τοπική ψύξη σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Απομάκρυνση του κρύο πακέτο οδήγησε επίσης σε μια παρατεταμένη ανάκαμψη των μυών συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης σε σύγκριση με την άλλη ομάδα. Μέτρηση της ιντερλευκίνης (IL) -8, της IL-10, της IL-1β και της αντοχής των μυών κατά την ανάκτηση δεν επηρεάστηκε από την ψύξη. Μια μετατόπιση αιχμής στην IL-12p70 σημειώθηκε κατά την ανάκτηση με τοπική ψύξη. Αυτά τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι η τοπική ψύξη, μια κλινική παρέμβαση που χρησιμοποιείται συνήθως, φαίνεται να μην βελτιώνεται αλλά μάλλον καθυστερεί την ανάκτηση από την εκκεντρική μυϊκή βλάβη που προκαλείται από την άσκηση (Tseng et al, 2013).

Η εμβάπτιση σε κρύο νερό (CWI) και η παγομάλαξη (IM) είναι συνήθως χρησιμοποιούμενες θεραπείες για την πρόληψη της καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS). Σε μελέτη που σχεδιάστηκε για να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα του IM και του CWI στη μείωση της θερμοκρασίας των ιστών και το πιθανό όφελος στην πρόληψη του DOMS 36 άτομα, χωρισμένα σε τρεις ομάδες των δώδεκα, ανάλογα με τη μορφή ανάκτησης: παγομάλαξη (IM), εμβάπτιση με κρύο νερό (CWI) ή παθητική ανάκαμψη (PAS). Όλοι οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να πηδήσουν όσο το δυνατόν ψηλότερα για ένα λεπτό. Η θερμική απεικόνιση διεξήχθη σε κατάσταση ηρεμίας, αμέσως μετά την άσκηση, αμέσως μετά τη δοκιμή, μετά την θεραπεία αποκατάστασης και μετά από 30 λεπτά ανάπαυσης. Τα επίπεδα πόνου αξιολογήθηκαν με τη χρήση της Κλίμακας VAS.

Μετά την εφαρμογή της επιλεγμένης μεθόδου για την υποστήριξη της ανάκτησης, το επίπεδο LA μειώθηκε κατά 4. 25 mmol / L στην ομάδα IM και 4,96 mmol / L στην ομάδα CWI (IM έναντι CWI $p > 0,05$). Η μείωση της συγκέντρωσης γαλακτικού σε 2,75 mmol / L στην ομάδα PAS ήταν σημαντικά χαμηλότερη από ό, τι στις άλλες ομάδες (IM έναντι PAS $p < 0,05$ / CWI έναντι PAS $p < 0,01$). Και στις δύο ομάδες, η Tsk μετά από 30 λεπτά ήταν σημαντικά χαμηλότερη ($\Delta Tsk \sim 0.5 \text{ }^\circ \text{C}$) από ό, τι σε κατάσταση ηρεμίας ($p < 0.05$). Με τη σειρά τους, η Tsk στην ομάδα PAS επέστρεψε στις τιμές ηρεμίας ($p > 0.05$). Εβδομήντα δύο ώρες μετά την άσκηση παρατηρήθηκε σαφής μείωση της δυσφορίας στις ομάδες IM και CWI σε σύγκριση με την ομάδα PAS. Οι δύο εφαρμοζόμενες θεραπείες έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές τόσο στη αποβολή του γαλακτικού οξέος όσο και στην πρόληψη του DOMS. Ανάλογα με την κατάσταση του αθλητή συνιστάται η χρήση του IM όταν οι αθλητές έχουν συμπτώματα σε εντοπισμένο μυϊκό σημείο ή μικρού μεγέθους μυ. Από την άλλη πλευρά, το CWI συνιστάται σε περιπτώσεις μεγαλύτερης μυϊκής βλάβης ή κόπωσης (Adameczyk et al, 2016).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η εφαρμογή της κρυοθεραπείας μπορεί να είναι είτε στατική είτε δυναμική. Η διαφορά τους είναι ότι η στατική περιλαμβάνει τοποθέτηση ψυχρών επιθεμάτων σε μια περιοχή για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ενώ η δυναμική περιλαμβάνει είτε κίνηση του ψυχρού μέσου πάνω και γύρω από τον τραυματισμένο ιστό ή την κίνηση του τραυματισμένου μέλους μέσα στο ψυχρό μέσο. Η δυναμική εφαρμογή τα τελευταία χρόνια περιλαμβάνει δύο συνδυαστικές τεχνικές κινησιοθεραπείας με χρήση κρυοθεραπείας. Είτε την κίνηση του ψυχρού μέσου πάνω και γύρω από τον τραυματισμένο ιστό, είτε την κίνηση του τραυματισμένου μέλους μέσα στο ψυχρό μέσο, όπως στις περιπτώσεις της κινησιοθεραπείας μέσα σε παγωμένο νερό.

Ο χρόνος εφαρμογής εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι οι ατομικοί (ευαισθησία), η έκταση του τραυματισμού, η μέθοδος κρυοθεραπείας και το βάθος της τραυματισμένης περιοχής. Όταν η περιοχή που θα εφαρμοστεί η κρυοθεραπεία είναι μικρή ο χρόνος εφαρμογής κυμαίνεται από 10 έως 15 λεπτά ενώ αν η περιοχή είναι μεγαλύτερη ο χρόνος εφαρμογής κυμαίνεται από 20 έως 30 λεπτά. Μετά τα 30 λεπτά εφαρμογής δεν υπάρχει κάποια σημαντική μεταβολή, συγκεκριμένα η εφαρμογή ψυχρών επιθεμάτων για εφαρμογή 20 λεπτών οδηγεί σε μια σημαντική μείωση της θερμοκρασίας του δέρματος που κυμαίνεται από 13,1 βαθμούς κελσίου έως και 20,3 βαθμούς κελσίου (Kennet J. et al, 2007; Merrick M. et al, 1993).

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Η αποτελεσματικότητα των εφαρμογών κρυοθεραπείας σχετίζεται με πολλούς παράγοντες:

- Το μέγεθος της ανατομικής περιοχής, διότι όσο μεγαλύτερη επιφάνεια σώματος θεραπεύεται τόσο μεγαλύτερη η ανταλλαγή θερμικής ενέργειας
- Η μέθοδος και η διάρκεια κρυοθεραπείας, γιατί μεγαλύτερη χρονική εφαρμογή οδηγεί σε μεγαλύτερες προσαρμογές
- Η διαφορά θερμοκρασίας στο ψυχρό μέσο και στον τραυματισμένο ιστό, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της περιοχής τόσο μεγαλύτερη θα είναι η πτώση της τοπικής θερμοκρασίας
- Η παρουσία λιπώδους ιστού, επειδή δρα ως μονωτικό υλικό μειώνοντας τις θεραπευτικές επιδράσεις της κρυοθεραπείας και δημιουργώντας απαιτήσεις για μεγαλύτερη διάρκεια εφαρμογής (Φουσέκης, 2015).

3.4 ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

Οι αντενδείξεις που ακολουθούν την μέθοδο της κρυοθεραπείας είναι οι εξής:

- Οξύ εμπύρετο νόσημα
- Υπαισθησία
- Υπερευαισθησία, αλλεργία στο κρύο
- Κυκλοφορικές διαταραχές και καρδιαγγειακά νοσήματα
- Σύνδρομο Raynaud's
- Ασθένειες που συνδέονται με κρυοσφαιριναμία
- Κνίδωση εκ ψύχους
- Ανοικτά έλκη, μολυσμένοι ή κατεστραμμένοι ιστοί (π.χ. από δερματοπάθειες)

(Watson, 2008).

Ωστόσο εκτός από τις αντενδείξεις μπορούν να ελλοχεύουν κίνδυνοι, λόγω επιπλοκών. Η πιο συχνή επιπλοκή που μπορεί να συμβεί κατά την διάρκεια της κρυοθεραπείας είναι το κρυοπάγημα και η βλάβη κάποιου επιφανειακού νεύρου, λόγω της παρατεταμένης έκθεσης της περιοχής στο κρύο περιβάλλον. Έτσι για την αποφυγή τέτοιων φαινομένων συνίσταται η χρήση κάποιου ενδιάμεσου υλικού και όχι η άμεση έκθεση της περιοχής στο ψυχρό επίθεμα ή τον πάγο. Τέτοια μέσα μπορεί να είναι μία νωπή πετσέτα ή κάποιος αφρώδης επίδεσμος προστασίας (Φουσέκης, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΣΚΟΠΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο σκοπός της ερευνητικής πτυχιακής εργασίας είναι η επίδραση της περιφερικής κόπωσης και η αποτελεσματικότητα της κρυοθεραπείας στην αποκατάσταση της ισορροπίας και του κινητικού ελέγχου κατά τη προσγείωση.

4.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην ερευνητική εργασία έλαβαν μέρος 27 φοιτητές του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας του τμήματος Φυσικοθεραπείας, εκ των οποίων ένας φοιτητής αποκλείστηκε λόγω σφάλματος κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Από τους 26 φοιτητές, ήταν 13 άντρες και 13 γυναίκες ηλικίας από 20 έως 24 ετών, με ύψους $1,71 \pm 0,17$ μέτρα, και βάρος 69 ± 29 κιλά. Αρχικά, ενημερώθηκαν για την διαδικασία των μετρήσεων και έπειτα συμπλήρωσαν δύο ερωτηματολόγια και μία καρτέλα με τα ατομικά τους στοιχεία. Οι συμμετέχοντες θα έπρεπε να μην έχουν κάποιο σοβαρό τραυματισμό των κάτω άκρων τον τελευταίο χρόνο. Το πρώτο ερωτηματολόγιο αφορούσε την αξιολόγηση της πλευρίωσης των κάτω άκρων, το οποίο είναι το WFQ-R στην ελληνική έκδοση, μιας και οι μετρήσεις γίνονταν στο επικρατές κάτω άκρο του ατόμου. Το δεύτερο ερωτηματολόγιο αφορούσε ενοχλήσεις ή τραυματισμούς που μπορεί να είχε το άτομο το τελευταίο χρόνο και είναι το NORDIC MEDICAL QUESTIONNAIRE στην ελληνική έκδοση (Antonopoulou M. et al, 2004; Kapreli E. et al, 2015).

Έπειτα, στους συμμετέχοντες αναφέρθηκε η διαδικασία των μετρήσεων με κάθε λεπτομέρεια και έγινε η εξοικείωση των δοκιμασιών στο δυναμοδάπεδο. Όταν ολοκληρώθηκε η εξοικείωση οι συμμετέχοντες έκαναν μία προθέρμανση που περιελάμβανε ήπιο περπάτημα στον χώρο, γρήγορο πλάγιο βηματισμό δεξιά και αριστερά, περιαγωγή ποδοκνημικής και αυτοδιατάσεις γαστροκνημίου και υποκνημιδίου.

Στην πρώτη μέτρηση, οι δοκιμαζόμενοι έκαναν τρεις μετρήσεις μονοποδικής στατικής ισορροπίας στο δυναμοδάπεδο και τρεις μετρήσεις προσγείωσης στο δυναμοδάπεδο πριν, μετά την κόπωση και μετά την μέθοδο αποκατάστασης μόνο στο επικρατές κάτω άκρο. Στη δεύτερη μέτρηση, έκαναν ακριβώς το ίδιο πρόγραμμα με την μόνη διαφορά ότι άλλαξε η μέθοδος αποκατάστασης. Τυχαιοποιημένα, κάποια άτομα έκαναν την πρώτη συνεδρία αποκατάσταση με τοπική κρυοθεραπεία στο γαστροκνήμιο και την δεύτερη συνεδρία έκαναν 10 λεπτά περπάτημα στον διάδρομο και αντίθετα.

Κατά την μονοποδική στατική μέτρηση (Εικόνα 4.1), οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να σταθούν για 20 δευτερόλεπτα μονοποδικά πάνω στο δυναμοδάπεδο με τα χέρια στις λαγόνιες ακρολοφίες. Στην ευθεία των ματιών τους υπήρχε ένα σημάδι στον τοίχο, το οποίο έπρεπε να κοιτάνε καθ' όλη την διάρκεια της μέτρησης. Φυσικά, σε περίπτωση πτώσης ή έντονης ταλάντευσης της λεκάνης ή ακόμη και επαφής των δύο κάτω άκρων η μέτρηση θεωρούταν άκυρη και επαναλαμβανόταν.



ΕΙΚΟΝΑ 4.1 _Μονοποδική στατική μέτρηση (Εικόνα από προσωπικό αρχείο)

Όσον αφορά την δυναμική μέτρηση, οι συμμετέχοντες μετά από εξοικείωση, έπρεπε να προσγειωθούν μονοποδικά στο δυναμοδάπεδο (Εικόνα 4.3) με το επικρατές κάτω άκρο, ενώ η αρχική τους θέση (Εικόνα 4.2) ήταν σε ένα ξύλινο κουτί ύψους 39 εκατοστών, χωρίς να κάνουν άλμα. Η πτώση αυτή είναι γνωστή ως drop jump (Brazen et al, 2010).



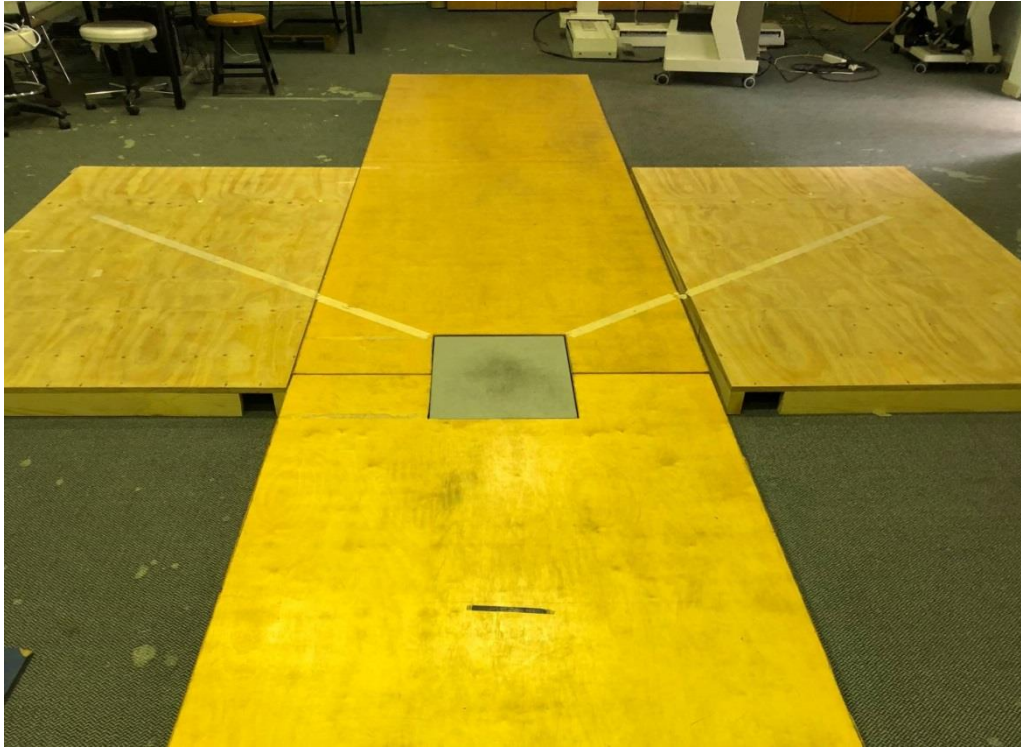
ΕΙΚΟΝΑ 4.2 Αρχική θέση drop jump (Εικόνα από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 4.3 Μονοποδική προσγείωση (Εικόνα από προσωπικό αρχείο)

ΔΥΝΑΜΟΔΑΠΕΔΟ

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να αναφερθούμε στο δυναμοδάπεδο (Εικόνα 4.4) που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις αυτής της ερευνητικής πτυχιακής εργασίας, το οποίο είναι το AMTI FORCE AND MOTION BP400600-OP.

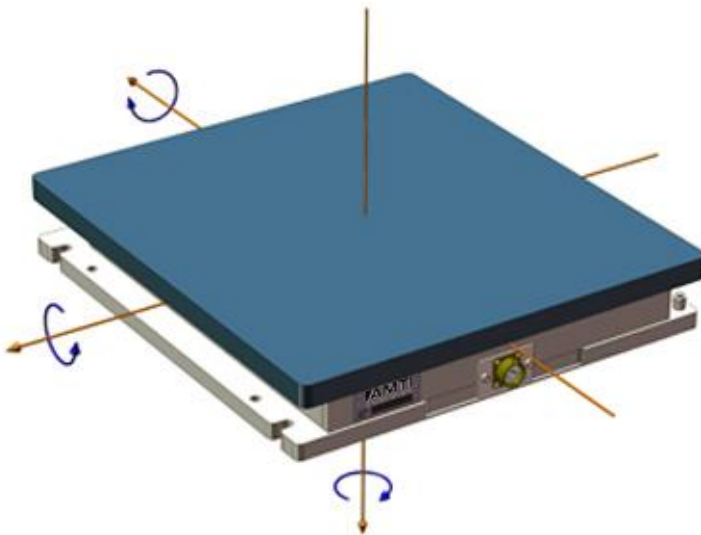


ΕΙΚΟΝΑ 4.4 Δυναμοδάπεδο AMTI (Εικόνα από προσωπικό αρχείο)

Οι πλάκες δύναμης χρησιμοποιούνται τακτικά στις έρευνες και στις κλινικές μελέτες για την ισορροπία, το βάδισμα και τις αθλητικές επιδόσεις, γιατί μετράνε τις δυνάμεις τη στιγμή που εφαρμόζονται επάνω στην επίστρωση της κατά τη διάρκεια στατικής και δυναμικής (βηματισμός, άλμα) κατάστασης. Εξωτερικά αποτελείται από δύο μεταλλικές πλάκες, ενώ εσωτερικά από ένα κύκλωμα αισθητήρων δύναμης. Οι αισθητήρες αυτοί μπορεί να είναι ηλεκτρικά ελάσματα, αισθητήρες πιεζοαντίστασης και πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι. Κατά την εφαρμογή μιας δύναμης πάνω στην πλατφόρμα προκαλείται μεταβολή του σχήματος (σε αισθητήρα πιεζοαντίστασης) ή του ηλεκτρικού φορτίου (σε πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους), η οποία καταγράφεται ως αλλαγή της τάσης του ρεύματος και η οποία είναι ανάλογη του μεγέθους της εξωτερικά εφαρμοζόμενης δύναμης. Η AMTI πλατφόρμα που χρησιμοποιήθηκε φέρει πιεζοηλεκτρικές αντιστάσεις (Goldie et al, 1989).

Το BP400600-OR παρέχει ακρίβεια σε βιομηχανικές μετρήσεις. Έχει αναλογία πλάτους προς μήκος 2:3, κατάλληλη για εγκαταστάσεις πλατφόρμας που παρέχουν την ευελιξία για διάφορες δραστηριότητες και μήκη βημάτων. Βασικές λειτουργίες απόδοσης περιλαμβάνουν η μέση ακρίβεια COP μόνο ενός κλάσματος ενός χιλιοστού (συνήθως λιγότερο από 0,4 mm), οι τιμές διάβρωσης τυπικά $\pm 0,2\%$ του φορτίου που εφαρμόζεται, ακρίβεια μέτρησης τυπικά $\pm 0,25\%$ του εφαρμοζόμενου φορτίου βαθμονόμησης.

Οι συνιστώσες της δύναμης ενεργούν κατά μήκος των αξόνων ενός ορθογώνιου συστήματος συντεταγμένων x, y, z είναι οι F_x, F_y και F_z , αντίστοιχα. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 4.5), τα βέλη δείχνουν προς την κατεύθυνση της θετικής δύναμης κατά μήκος κάθε άξονα, ακολουθώντας τον κανόνα του δεξιού χεριού. Οι F_x και F_y είναι οι συνιστώσες της οριζόντιας ή της διατμητικής δύναμης και η F_z αντιπροσωπεύει την κατακόρυφη δύναμη.



ΕΙΚΟΝΑ 4.5 Συντεταγμένες πλάκας δύναμης (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Οι M_x, M_y και M_z είναι οι ροπές στους τρεις άξονες, μετωπιαίο, προσθιοπίσθιο και κατακόρυφο, αντίστοιχα. Οι θετικές στιγμές καθορίζονται σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού. Όταν κοιτάζετε κάτω από έναν άξονα (προς τη θετική κατεύθυνση), οι θετικές στιγμές έχουν περιστροφή δεξιόστροφα.

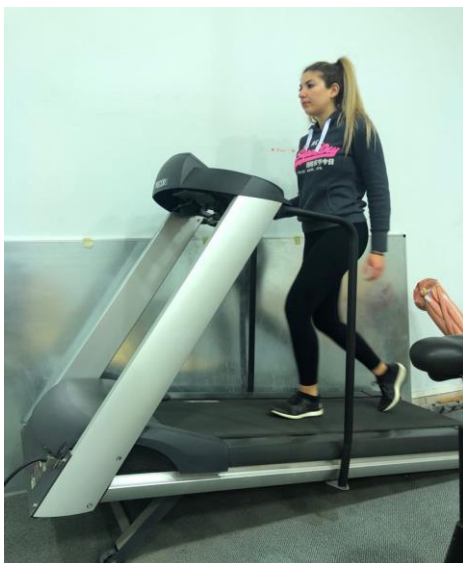
Οι πλάκες δύναμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωριστά ή να διευθετηθούν σε μορφή διαδρόμου, να εγκατασταθούν ή να είναι φορητές. Ένα πλήρες σύστημα πλάκας δύναμης αποτελείται από την πλάκα δύναμης: OPT , BP ή OR σειρά, έναν ενισχυτή, έναν υπολογιστή ή σύστημα απόκτησης δεδομένων, το υλικό συναρμολόγησης, τα καλώδια διασύνδεσης και

το λογισμικό εξαγωγής δεδομένων της AMTI. Όπως και με το σύστημα σταθερής πλάκας δύναμης, για να ολοκληρωθεί το σύστημά χρειάζεται να γίνει σύνδεση με έναν υπολογιστή με εγκατεστημένο λειτουργικό σύστημα Windows.

Οι εφαρμογές στατικής ισορροπίας είναι μοναδικές στο ότι δημιουργούν συνήθως πολύ μικρές δυνάμεις και συνεπώς πολύ μικρή ορατή κίνηση. Τα κατακόρυφα φορτία σπάνια υπερβαίνουν το σωματικό βάρος και οι οριζόντιες δυνάμεις είναι πολύ μικρές. Προκειμένου να επιτευχθεί η υψηλότερη ανάλυση COP προτιμάτε η επιλογή χαμηλότερης χωρητικότητα πλάκα δύναμης: 4450 Newtons (1000 lb.) και ως εκ τούτου την υψηλότερη ευαισθησία (<https://www.amti.biz>).

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΚΟΠΩΣΗΣ

Το πρωτόκολλο κόπωσης είχε αφιερώσει τον διάδρομο βάρδιας PRECOR USA όπου οι συμμετέχοντες βάρδιζαν ήπια αρχικά (Εικόνα 4.6), ενώ στη συνέχεια η ταχύτητα ανέβαινε αναλόγως με την ικανότητα του κάθε συμμετέχοντα. Ο διάδρομος ήταν ρυθμισμένος στις 15° κλίση και με αρχική ταχύτητα 3km/h κάθε 40 δευτερόλεπτα περίπου η ταχύτητα ανέβαινε 0,5km/h μέχρι να αναφέρει το άτομο την ανικανότητα εκτέλεσης λόγω ‘σφιζίμο’ γαστροκνημίου και λόγω καρδιοαναπνευστικού παράγοντα. Μετά από αυτό, το άτομο εκτελούσε 3 σετ των 10 επαναλήψεων πλειομετρική άσκηση γαστροκνημίου πάνω σε σκαλοπάτι (Εικόνα 4.7), (Εικόνα 4.8). Σε περιπτώσεις που δεν υποστήριζαν ανικανότητα εκτέλεσης, εκτελούσαν μερικές επαναλήψεις ακόμη.

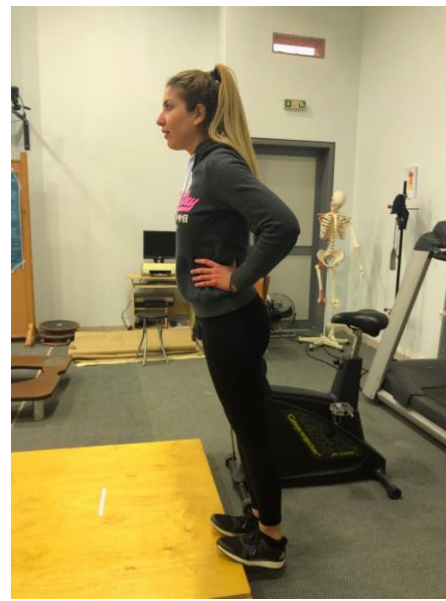


ΕΙΚΟΝΑ 4.6 Βάρδια σε ανηφορικό διάδρομο

(Εικόνα από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 4.7 Πλειομετρική άσκηση
γαστροκνημίου πάνω σε σκαλοπάτι, αρχική
θέση (Εικόνα από προσωπικό αρχείο)



ΕΙΚΟΝΑ 4.8 Τελική θέση
(Εικόνα από προσωπικό αρχείο)

ΚΛΙΜΑΚΑ BORG

Η κλίμακα Borg, αντιστοιχεί το βαθμό δυσκολίας της δραστηριότητας που εκτελείται με αριθμούς από το 6 έως το 20 και είναι βασισμένη στην αντίληψη του εξεταζόμενου. Αποτελεί μια ψυχοσωματική κλίμακα κωδικοποίησης της αντίληψης προσπάθειας κατά τη διάρκεια της φυσικής άσκησης. Η μικρότερη τιμή της κλίμακας, το 6 η προσπάθεια χαρακτηρίζεται ως "καμία αίσθηση της προσπάθειας" και η μεγαλύτερη τιμή το 20 χαρακτηρίζεται ως "πολύ - πολύ σκληρή προσπάθεια" (Εικόνα 4.9). Μέτρια ή ελαφρώς δύσκολη προσπάθεια αντιστοιχεί στο 11-14, ενώ από το 15 και πάνω η προσπάθεια χαρακτηρίζεται από "δύσκολη" έως "πολύ - πολύ δύσκολη" (Borg, 1982). Η κλίμακα αυτή χρησιμοποιήθηκε στην τροποποιημένη της μορφή (Εικόνα 4.10) κατά την διάρκεια της κόπωσης μαζί με την ερώτηση 'Πως νιώθεις τις γάμπες σου;'.

Rating	Perceived Exertion
6	No exertion
7	Extremely light
8	
9	Very light
10	
11	Light
12	
13	Somewhat hard
14	
15	Hard
16	
17	Very hard
18	
19	Extremely hard
20	Maximal exertion

Table 1. The Borg Rating of Perceived Exertion Scale

ΕΙΚΟΝΑ 4.9 Η κλίμακα Borg (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

Rating	Descriptor
0	Rest
1	Very, Very Easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	-
7	Very Hard
8	-
9	-
10	Maximal

ΕΙΚΟΝΑ 4.10 Η τροποποιημένη κλίμακα Borg (Τροποποιημένη από διαδίκτυο)

ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η αποκατάσταση του γαστροκνημίου μετά από το πρόγραμμα κόπωσης έγινε με την χρήση ψυχρών τοπικών πακέτων γέλης. Τα άτομα τυχαία είτε την πρώτη είτε την δεύτερη μέτρηση έκανα 10 λεπτά κρυοθεραπεία έχοντας μία νωπή πετσέτα ανάμεσα στο δέρμα και στο ψυχρό επίθεμα. Η άλλη μέθοδος αποκατάστασης εκτός της κρυοθεραπείας ήταν ενεργητική. Οι συμμετέχοντες καλούνταν να κάνουν 10 λεπτά ήπιο περπάτημα στον διάδρομο χωρίς κλίση (Εικόνα 4.11).



ΕΙΚΟΝΑ 4.11 Βάδιση σε διάδρομο (Εικόνα από προσωπικό αρχείο)

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΑΡΧΙΚΗ

- Εξοικείωση
- Προθέρμανση
- 3 βασικές μετρήσεις μονοποδικής στατικής ισορροπίας 20'' στο δυναμοδάπεδο
- 3 βασικές μετρήσεις μονοποδικού drop jump στο δυναμοδάπεδο



ΚΟΠΩΣΗ

- Κόπωση σε ανηφορικό διάδρομο
- Κόπωση γαστροκνημίου πλειομετρικά 3 σετ των 10 επαναλήψεων
- 3 μετρήσεις μονοποδικής στατικής ισορροπίας 20'' στο δυναμοδάπεδο
- 3 μετρήσεις μονοποδικού drop jump στο δυναμοδάπεδο



ΑΠΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

- 10' τοπική κρυοθεραπεία στο γαστροκνημίο εναλλακτικά 10' βάρδια σε διάδρομο χωρίς κλίση
- 3 τελικές μετρήσεις μονοποδικής στατικής ισορροπίας 20'' στο δυναμοδάπεδο
- 3 τελικές μετρήσεις μονοποδικού drop jump στο δυναμοδάπεδο

4.3 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

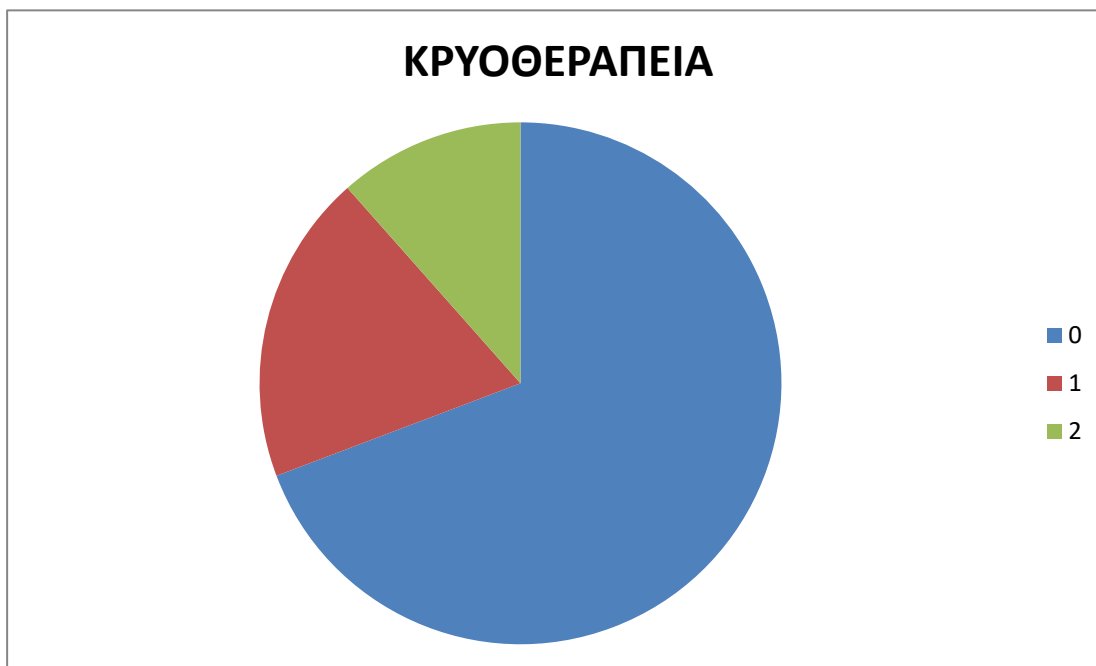
Η σύγκριση των μεταβλητών του δυναμοδάπεδου μεταξύ των τριών χρόνων μέτρησης (αρχική, μετά κόπωσης, μετά-αποθεραπείας), ελέγχθηκε με Repeated ANOVA για τρεις παράγοντες (αρχική, κόπωση, αποθεραπεία). Για τον μετά-ANOVA έλεγχο στις περιπτώσεις στατιστικώς σημαντικής διαφοράς χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία Bonferroni. Επιπλέον, οι συγκρίσεις των δύο μεθόδων, κρυοθεραπείας και βιάδισης, έγιναν με t-test για ανεξάρτητα δείγματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

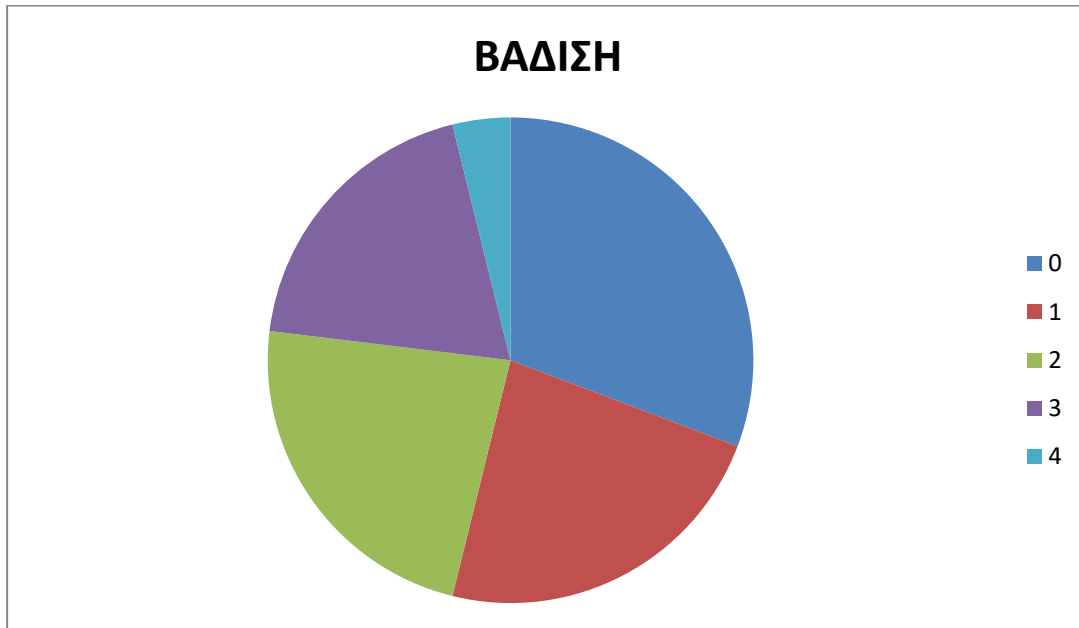
Σύμφωνα με την καταγραφή της υποκειμενικής αίσθησης της προσπάθειας με βάση την τροποποιημένη κλίμακα Borg παρακάτω είναι τα αποτελέσματα των μετρήσεων με την μέθοδο της κρυοθεραπείας, στον πρώτο πίνακα, και της βάρδισης στον δεύτερο πίνακα.

5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ BORG



Με βάση την τροποποιημένη κλίμακα BORG το 69% των συμμετεχόντων ανέφερε αίσθηση κόπωσης 0, το 19% ανέφερε αίσθηση κόπωσης 1 και το 12% ανέφερε αίσθηση κόπωσης 2 μετά από κρυοθεραπεία στο γαστροκνήμιο.

5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΛΙΜΑΚΑΣ BORG



Με βάση την τροποποιημένη κλίμακα BORG σχετικά με την αίσθηση κόπωσης μετά από ενεργητική βόλτα σε διάδρομο το 31% ανέφερε 0, το 23% 1, το 23% 2, το 19% 3 και το 4% 4.

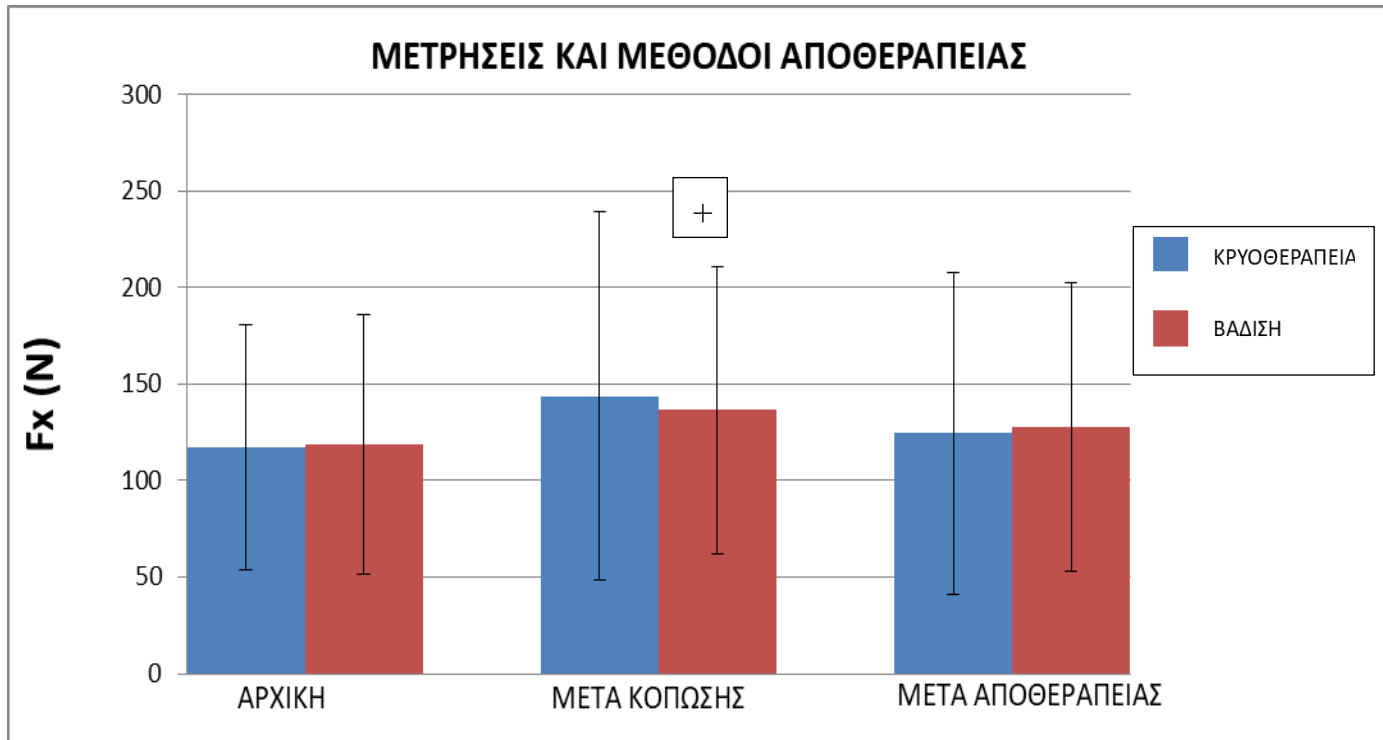
5.3 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

	ΑΡΧΙΚΗ		ΚΟΠΩΣΗ		ΑΠΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	
ΜΕΘΟΔΟΣ MEAN	ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	ΒΑΔΙΣΗ	ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	ΒΑΔΙΣΗ	ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	ΒΑΔΙΣΗ
COPx (mm)	-7,1	-12,7	-6,6	-15,8	-11,6	-19,6
COPAbs (mm)	27,2	42,3	31,6	36,5	36	42,3
Velx (mm/sec)	0,1	0	0,1	-0,1	-0,1	-0,2
VelAbs (mm/sec)	0,2	0,3	0	0,1	0,3	0,2

Οι μετρήσεις στις δυο συνθήκες (πάγος, βάδιση) έδειξαν ότι οι αρχικές τιμές των μεταβλητών δεν διέφεραν σημαντικά με εξαίρεση την μεταβλητή COPAbs ($p=0,004$).

5.4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ (DROP JUMP)

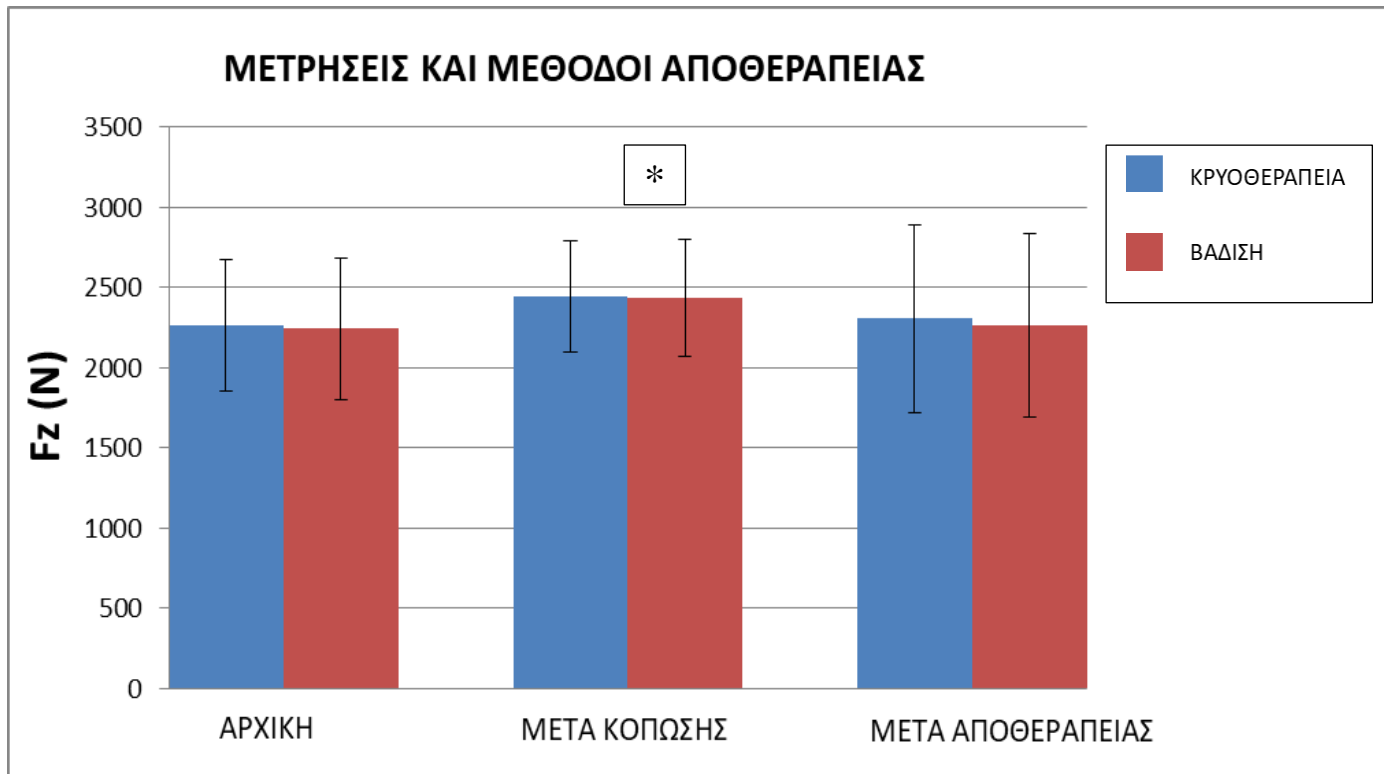
Διάγραμμα της Fx κατά τη μονοποδική προσγείωση (drop jump) για τις τρεις μετρήσεις με μέθοδο αποθεραπείας την κρυοθεραπεία και την βάδιση.



+ Μη στατιστικά σημαντική διαφορά αλλά με τάση σημαντικότητας ($p=0,077$), πιθανώς λόγω χαμηλής στατιστικής ισχύος (observed power= 0,507-μικρό δείγμα)

5.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ (DROP JUMP)

Διάγραμμα της Fz κατά τη μονοποδική προσγείωση (drop jump) για τις τρεις μετρήσεις με μέθοδο αποθεραπείας την κρυοθεραπεία και την βάδιση.



* Ο μετα-ANOVA έλεγχος κατά Bonferroni ανέδειξε σημαντική διαφορά μεταξύ των 2 πρώτων μετρήσεων (αρχικής και κόπωσης) για την μέθοδο της κρυοθεραπείας ($p=0,021$) και για την μέθοδο της βάδισης ($p=0,009$).

5.6 ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗΣ

	ΑΡΧΙΚΗ		ΚΟΠΩΣΗ		ΑΠΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	
ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΑΝ	ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	ΒΑΔΙΣΗ	ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	ΒΑΔΙΣΗ	ΚΡΥΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	ΒΑΔΙΣΗ
T _x (sec)	62,1154	51,9231	57,3077	54,0385	83,4615	55,1923
T _z (sec)	57,3077	55,1923	54,2308	52,5	53,8462	54,6154

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την στατιστική ανάλυση που έγινε και τα παραπάνω διαγράμματα προέκυψαν κάποια σημαντικά αποτελέσματα. Εξετάστηκε η επίδραση την κόπωσης από ανηφορικό διάδρομο στην ικανότητα ισορροπίας και προσγείωσης. Επιπλέον, έγινε σύγκριση δύο ευρέως διαδεδομένων μεθόδων αποθεραπείας, της κρυοθεραπείας και την απλής ενεργητικής βάρδισης, με σκοπό την εξακρίβωση της πιο αποτελεσματικής εκ των δύο σε καταστάσεις περιφερικής κόπωσης του γαστροκνημίου.

Σχετικά με την μέτρηση της μονοποδικής ισορροπίας του επικρατούς κάτω άκρου πριν και μετά την κόπωση δεν προέκυψε κάποιο στατιστικά σημαντικό δεδομένο, όπως προβλεπόταν βάσει άλλων ερευνών. Μια πιθανή εξήγηση είναι η ανικανότητα εκτέλεσης της πρώτης μονοποδικής ισορροπιστικής μέτρησης από τους συμμετέχοντες μετά την κόπωση. Οι συμμετέχοντες σε ποσοστό 77% αδυνατούσαν να ισορροπήσουν 20 δευτερόλεπτα στην δυναμοπλατόρμα και χρειάζοντουσαν μέσο όρο 2 ανεπιτυχείς προσπάθειες ούτως ώστε να την πραγματοποιήσουν. Όλες οι δοκιμές μετά την κόπωση έπρεπε να πραγματοποιηθούν εντός δύο λεπτών μετά το πρωτόκολλο κόπωσης, επειδή η πλήρης ανάκτηση μυϊκής δύναμης συμβαίνει εντός δύο έως τεσσάρων λεπτών μετά το πρωτόκολλο κόπωσης (Gafner et al, 2018). Σε συνδυασμό με το χαμηλό αριθμό δείγματος (26 άτομα) δεν προέκυψε το αναμενόμενο αποτέλεσμα.

Επίσης, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι σε μία αντίστοιχη έρευνα σημαντικό αποτέλεσμα σχετικά με την μονοποδική ισορροπία πριν και μετά από κόπωση προέκυψε μόνο στην ομάδα των ατόμων που έκαναν την μέτρηση χωρίς όραση. Στην έρευνα που έγινε στον Καναδά (Boyas et al, 2013) και συμμετείχαν 13 νέοι υγιείς ενήλικες έγινε διερεύνηση των μεταβολών στον ορθοστατικό έλεγχο και στην στάση που προκαλείται από την κόπωση των μυών της ποδοκνημικής (κυρίως του γαστροκνημίου) κατά τη διάρκεια μονοποδικής στάσης σε δυναμοδάπεδο και τοποθετήθηκαν ηλεκτρογωνιόμετρα στις αρθρώσεις της ποδοκνημικής, γόνατος και ισχίου του κυρίαρχου σκέλους για την παρακολούθηση των αρθρικών γωνιών. Επίσης, μελετήθηκαν οι στρατηγικές στάσης στο προσθιο-οπίσθιο και στο μεσο-πλάγιο επίπεδο που χρησιμοποιούν οι συμμετέχοντες για να διατηρήσουν την ισορροπία. Το πρωτόκολλο κόπωσης αποτελούταν από πλειομετρική πελματιαία κάμψη μέχρι την ανικανότητα εκτέλεσης, όπως και στο πρωτόκολλο της παρούσας έρευνας. Στην

συγκεκριμένη μελέτη κλήθηκαν να παραμείνουν ξυπόλητοι στο κυρίαρχο άκρο τους όσο το δυνατόν περισσότερο για 30 δευτερόλεπτα με και χωρίς όραση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η περιοχή ταλάντευσης και η ταχύτητα αυξήθηκαν στατιστικώς σημαντική μετά την κόπωση μόνο για τον παράγοντα χωρίς όραση. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι η απότυχια παρουσίασης στατιστικώς σημαντικών αποτελεσμάτων, εκτός από το μικρό δείγμα και την ανικανότητα των συμμετεχόντων να πραγματοποιήσουν την μέτρηση μονοποδικής ισορροπία μετά την κόπωση, μπορεί να οφείλεται και στην διαδικασία των μετρήσεων ισορροπίας, η οποία γινόταν με όραση. Επιπλέον, υπάρχει διαφορά συγκριτικά με τα δύο πρωτόκολλα, στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο δεν πραγματοποιούσε κόπωση σε ανηφορικό διάδρομο.

Στις μετρήσεις της μονοποδικής προσγείωσης (drop jump) τα αποτελέσματα ήταν στατιστικώς σημαντικά και με τάση σημαντικότητας. Συγκεκριμένα, η Fx παράμετρος την ημέρα μέτρησης με μέθοδο κρυοθεραπείας φάνηκε να έχει μη στατιστικά σημαντική διαφορά, αλλά με τάση σημαντικότητας ($p=0,077$), πιθανώς λόγω χαμηλής στατιστικής ισχύος (observed power= 0,507-μικρό δείγμα) συγκριτικά με την αρχική και μετά κόπωσης φάση.

Η Fz παράμετρος με μετα-ANOVA έλεγχο κατά Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της αρχικής και της μετά κόπωσης κατάστασης τόσο την ημέρα της κρυοθεραπείας ($p=0,021$), όσο και την ημέρα της βάρδισης ($p=0,009$). Αυτό αποτελεί βασικό παράγοντα, ότι η κόπωση επηρεάζει αρνητικά την διαχείριση των κάθετων φορτίων στην ποδοκνημική κατά την προσγείωση, γεγονός που οδηγεί εύλογα στο συμπέρασμα της αύξησης των πιθανοτήτων τραυματισμού της άρθρωσης.

Σε έρευνα (Brazen et al, 2010), που σχετίζεται με τα παραπάνω αποτελέσματα αλλά και με την μέθοδο των μετρήσεων, η οποία έγινε σε 24 υγιή άτομα (12 γυναίκες και 12 άντρες) αναλύθηκε η επίδραση της κόπωσης στη βιομηχανική της προσγείωσης και των εκφορτίσεων της μονοποδικής πτώσης. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 3 προσγειώσεις από ύψος 36 εκατοστών σε δυναμοδάπεδο πριν και μετά από πρωτόκολλο κόπωσης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη κάμψη γόνατος και πελματιαία κάμψη μετά την κόπωση. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν μεγαλύτερης αιχμής δυνάμεις αντίδρασης εδάφους και χρειάστηκαν μεγαλύτερες χρονικές περιόδους για να σταθεροποιηθεί το σώμα μετά την προσγείωση, ανεξαρτήτως φύλου και παρουσίασαν υψηλότερο πρόσθιο-οπίσθιο και κατακόρυφο χρόνο σταθεροποίησης, αλλά πιο σημαντικός φάνηκε ο υψηλότερος μέσο-

πλευρικός χρόνος σταθεροποίησης μετά την κόπωση. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο φύλων. Επομένως, προκύπτει το συμπέρασμα ότι αντίστοιχα και στις δυο έρευνες βρέθηκε στατιστική σημαντικότητα μεταξύ της αρχικής και της μετά κόπωσης Fz και Fx (με τάση για σημαντικότητα), άλλα δεν προέκυψαν τα ίδια αποτελέσματα και για την Tx και Tz. Το μικρό δείγμα αν και αποτελεί έναν παράγοντα αποτυχίας, στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι σχεδόν ίδιο, 24 άτομα έναντι 26. Ίσως, η αποτυχία να οφείλεται στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε και στην διαδικασία διεξαγωγής των μετρήσεων. Επιπλέον, στην έρευνα (Brazen et al, 2010), δεν είναι γνωστό με λεπτομέρειες το πρωτόκολλο κόπωσης.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι συνολικά η κόπωση επηρεάζει σαφώς τη χαμηλότερη βιομηχανική του σώματος κατά τη διάρκεια των εκφορτώσεων μονοποδικά. Οι αλλαγές αυτές πιθανότατα να αυξάνουν πραγματικά τον κίνδυνο τραυματισμού κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας (Brazen et al, 2010).

Συμπερασματικά, τα ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι οι αρνητικές μεταβολές στην ισορροπία και στην προσγείωση που παρατηρούνται μετά από προγράμματα κόπωσης οφείλονται στον μειωμένο έλεγχο και συντονισμό των μυών των κάτω άκρων και σαφώς και στην μειωμένη ικανότητα παραγωγής δύναμης (Cooper et al, 2018).

Κρίνεται σημαντικό να αναφερθεί ότι στο τμήμα της έρευνας σχετικά με την αποτελεσματικότητα της κρυοθεραπείας έναντι της βιάδισης, καμία μέθοδος δεν αποδείχθηκε να έχει στατιστικά σημαντική διαφορά σχετικά με την μετά κόπωση και μετά αποθεραπεία φάση τόσο κατά το t-test για ανεξάρτητα δείγματα όσο και κατά το Repeated ANOVA. Με βάση ερευνών και ανασκοπήσεων δεν προκύπτει κάποιο δεδομένο, που θέτει την μία μέθοδο αποτελεσματικότερη από την άλλη (Dupuy, 2018; Calleja-Gonzalez, 2018).

Σε μία επόμενη έρευνα θα ήταν χρήσιμο να ληφθεί υπόψιν ο παράγοντας της ανικανότητας των συμμετεχόντων εκτέλεσης μονοποδικής ισορροπίας ακριβώς μετά από κόπωση.

ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Κλείνοντας είναι απαραίτητο να αναφερθούν οι περιορισμοί που υπήρχαν κατά την διεξαγωγή της έρευνας. Ένας από αυτούς αποτελεί ο κοπιαστικός χαρακτήρας που εμπόδισε στην συλλογή μεγαλύτερου αριθμού δείγματος. Επιπλέον, η κατάσταση του λογισμικού συστήματος οδήγησε σε μη καταγραφή δεδομένων σε κάποιες περιπτώσεις, γεγονός που εξανάγκασε την εκ νέου εκτέλεση των μετρήσεων. Τέλος, η διεξαγωγή παράλληλα κι άλλων πτυχιακών ερευνών αποτέλεσε παράγοντα καθυστέρησης των μετρήσεων και υπερλειτουργίας της δυναμοπλατφόρμας, λόγω κοινής χρήσης αίθουσας και μηχανημάτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή την ερευνητική εργασία είναι η Fz, όπου με μετα-ANOVA έλεγχο κατά Bonferroni ανέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της αρχικής και της μετά κόπωσης κατάστασης τόσο την ημέρα της κρυοθεραπείας ($p=0,021$), όσο και την ημέρα της βάρδισης ($p=0,009$). Μη σημαντική, αλλά με τάση για σημαντικότητα ($p=0,077$), ανέδειξε η Fx παράμετρος την ημέρα μέτρησης με μέθοδο κρυοθεραπείας, πιθανώς λόγω χαμηλής στατιστικής ισχύος (observed power= 0,507-μικρό δείγμα) συγκριτικά με την αρχική και μετά κόπωσης φάση.

Σχετικά με την αποτυχία παρουσίασης στατιστικώς σημαντικών αποτελεσμάτων, σε αντίθεση με το αναμενόμενο, στους παράγοντες CoPx, CoAbs, Velx, VelAbs της μονοποδικής μέτρησης ισορροπίας, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, πιθανώς οφείλεται ο μικρός αριθμός δείγματος, η ανικανότητα εκτέλεσης μονοποδικής ισορροπίας αμέσως μετά από την κόπωση, λόγω αυξημένης αστάθειας και η διεξαγωγή των μετρήσεων με όραση. Όσον αφορά τους παράγοντες Tx και Tz, πιθανώς να οφείλεται σε σφάλμα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

1. **Αμπατζίδης, Γ., Τσαλιγόπουλος, Μ.,** 1995, Η αιθουσαία λειτουργία και η συμβολή της στην ισορροπία του σώματος, Γαληνός
2. **Hall, J. Susan.** 2005. Εμβιομηχανική, τέταρτη έκδοση, Αθήνα, Παρισσιανού Α.Ε.
3. **Hamill, J. Knutzen, K.** 2013. Βασική Βιο-Μηχανική της Ανθρώπινης Κίνησης, δεύτερη έκδοση, Κύπρος, Broken Hill Publishers
4. **Oatis, A.C.,** 2012, Κινησιολογία: Η Μηχανική και η Παθομηχανική της ανθρώπινης κίνησης I-II, Εκδόσεις Gotsis
5. **Raven, P.B., Wasserman, D.H., Squires, G.W., Jr., Murray, D.T.,** 2013, Φυσιολογία της Άσκησης: Μια Ολιστική Προσέγγιση, USA, Ιατρικές εκδόσεις Λαγός Δημήτριος
6. **Silbernagl, S. & Desropoulos, A.** 2010, Εγχειρίδιο Φυσικοθεραπείας, δεύτερη έκδοση, Αθήνα. Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης
7. **Victor, M. Ropper, A. H.** 2003, Νευρολογία, δεύτερη έκδοση, Αθήνα, Ιατρικές Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης
8. **Λογοθέτης, Ι.** 1988, Νευρολογία, Θεσσαλονίκη, University Studio Press
9. **Πλέσσας, Τ. Σ.** 2010, Φυσιολογία του Ανθρώπου, Αθήνα, Εκδόσεις Φάρμακον-Τύπος
10. **Φουσέκης, Κ. Α.** 2015, Εφαρμοσμένη Αθλητική Φυσικοθεραπεία, Broken Hill Publishers
11. **Watson , T.,** 2008, Electrotherapy: Evidence-Based Practice. , Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης Α.Ε.
12. **Robertson, V., Ward, A., Low, J., Reed, A.,** 2006, Ηλεκτροθεραπεία Βασικές Αρχές και Πρακτική Εφαρμογή, Αττική, Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισσιάνου Α.Ε.,
13. **Κλεισούρας, Β.,** 2011, Εργοφυσιολογία, Αθήνα, Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης Α.Ε.

ΑΡΘΡΑ

1. **Agrawal, Y., Carey, J.P., Hoffman, H.J., Sklare, D.A., Schubert, M.C.,** 2011, The modified Romberg Balance Test: normative data in U.S. adults. Otol Neurotol., 32(8): 1309–1311.
2. **Ahmadi, M., Nodehi Moghadam, A., Bakhshi, M., Rezaeian, T., Pahnabi, G.** 2017, The duration effects of lumbar extensor muscle fatigue on postural control in soccer players. Dec Medical Journal of the Islamic Republic of Iran. 20; 31: 112
3. **Alentorn-Geli, E., Myer, G.D., Silvers, H.J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., Cugat, R.,** 2009, Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors, Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc., 17(7):705-29.

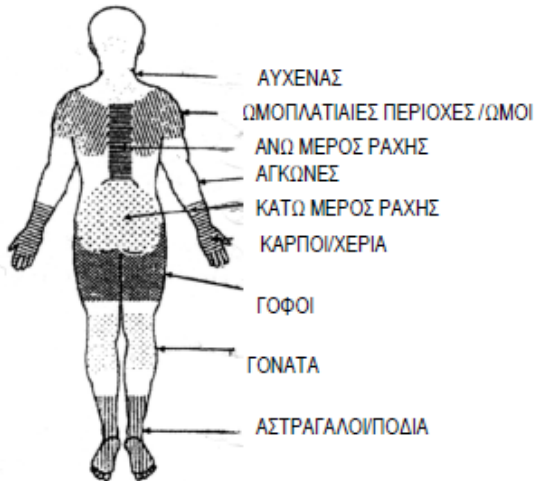
4. **Benjamin K. Barry, Roger M. Enoka**, 2007, The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later, *Integrative and Comparative Biology*, 465–473
5. **Bigland-Ritchie, B., Johansson, R., Lippold, O.C.J., Woods, J.J.**, 1983, Contractile speed and EMG changes during fatigue of sustained maximal voluntary contractions, *J Neurophysiol* , 24-313
6. **Boyas, S., Hajj, M., Bilodeau, M.**, 2013, Influence of ankle plantarflexor fatigue on postural sway, lower limb articular angles, and postural strategies during unipedal quiet standing. ,*Gait Posture*, 37(4):547-51
7. **Brazen, D.M., Todd, M.K., Ambegaonkar, J.P., Wunderlich, R., Peterson, C.**, 2010, The effect of fatigue on landing biomechanics in single-leg drop landings. *Clin J Sport Med.*, 20(4):286-92.
8. **Cohen, H., Blatchly, C.A., Gombash, L.L.** 1993. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther*, 73, 346-351.
9. **Cooper, C.N., Dabbs, N.C., Davis, J., Sauls, N.M.**, 2018, Effects of Lower-Body Muscular Fatigue on Vertical Jump and Balance Performance. *J Strength Cond*
10. **Coratella, G., Grosprêtre, S., Gimenez, P., Mourot, L.**, 2018, Greater fatigability in knee-flexors vs. knee-extensors after a standardized fatiguing protocol., *Eur J Sport Sci.*, 18(8):1110-1118.
11. **Cug, M., Wikstrom, E.A.**, 2014 May, Learning Effects Associated With the Least Stable Level of the Biodex® Stability System During Dual and Single Limb Stance, *Journal of Sports Science & Medicine.*; 13(2): 387-392
12. **Dakin, C.J., Héroux, M.E., Luu, B.L., Inglis, J.T., Blouin, J.S.**, 2015, Vestibular contribution to balance control in the medial gastrocnemius and soleus. *Journal of Neurophysiology*, 115(3): 1289-1297
13. **Edwards, R.H.T., Porter, R., Whelan, J.**, 1981, Human muscle function and fatigue, *Human muscle fatigue: physiological mechanisms* , LondonPitman Medical Ltd, 1-18
14. **Enoka, R.M., Stuart, D.G.**, 1992, Neurobiology of muscle fatigue, *J Appl Physiol*, 48-1631
15. **Fitts, R.H., McDonald, K.S., Schluter, J.M.**, 1991, The determinants of skeletal muscle force and power: their adaptability with changes in activity pattern. *J Biomech*, 111-22. Review.
16. **Gafner, S.C., Hoewel, V., Punt, I.M., Schmid, S., Armand, S., Allet, L.**, 2018, Hip-abductor fatigue influences sagittal plane ankle kinematics and shank muscle activity during a single-leg forward jump. , *J Electromyogr Kinesiol.*, 12;43:75-81.
17. **Goldie, P.A., Bach, T.M., Evans, O.M.**, 1989, Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil.*;70(7):510-7.
18. **Hiemstra, L.A., Lo, I.K., Fowler, P.J.**, 2001, Effect of Fatigue on Knee Proprioception: Implications for Dynamic Stabilization, *J Orthop Sports Phys Ther.*, 31(10):598-605.
19. **Jayalath, J.L.R., de Noronha, M., Weerakkody, N., Bini, R.**, 2018, Effects of fatigue on ankle biomechanics during jumps: A systematic review., *J Electromyogr Kinesiol.*, 42:81-91.
20. **Kinney Lapiere, T. L., Liddle, S., Bain, C.**1997, A comparison of static and dynamic standing balance in older and men versus woman, Canada
21. **Martin, V., Kerhervé, H., Messonnier, L.A., Banfi, J.C., Geysant, A., Bonnefoy, R., Féasson, L., Millet, G.Y.**, 2010, Central and peripheral contributions to neuromuscular fatigue induced by a 24-h treadmill run, *J Appl Physiol*, 108(5):1224-33

22. **McLean, S.G., Fellin, R.E., Suedekum, N., Calabrese, G., Passerallo, A., Joy S.,** 2007, Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies, *Med Sci Sports Exerc.*, 39(3):502-14
23. **Nelson Cortes, Eric Greska, Roger Kollock, Jatin Ambegaonkar, James, A. Onate,** 2013, Changes in Lower Extremity Biomechanics Due to a Short-Term Fatigue Protocol, *J Athl Train*, 48(3): 306–313
24. **Nielsen, B., Hales, J.R., Strange, S., Christensen, N.J., Warberg, J., Saltin, B.,**1993, Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment, *J Physiol*,460:85-467
25. **Nyland, J.A., Caborn, D.N., Shapiro, R., Johnson, D.L.,** 1997, Fatigue after eccentric quadriceps femoris work produces earlier gastrocnemius and delayed quadriceps femoris activation during crossover cutting among normal athletic women. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*,5(3):162-7.
26. **Perrin, P., Perrin C., Boura, M., Ufholtz, H., Conraux, C.** 1989, Static and dynamic posturography, application to a population of young athletes
27. **Pickerill, M.L., Harter, R.A.,** 2011 Nov-Dec, Validity and Reliability of Limits-of-Stability Testing: A Comparison of 2 Postural Stability Evaluation Devices. *Journal of Athletic Training.*; 46(6): 600-606
28. **Razak, A.H., Zayegh, A., Begg, R.K., Wahab, Y. Sensors,** 2012, Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review. Basel, Switzerland. 23; 12(7): 9884-9912
29. **Sherrill, C.** 1998, Adapted physical activity, recreation and sport
30. **Struzik, A., Juras, G., Pietraszewski, B., Rokita, A.,** 2016, Effect of drop jump technique on the reactive strength index, *Journal of Human Kinetics*, 52: 157-164
31. **Takeda, K., Mani, H., Hasegawa, N., Sato, Y., Tanaka, S., Maejima, H., Asaka, T.,** 2017, Adaptation effects in static postural control by providing simultaneous visual feedback of center of pressure and center of gravity, *J Physiol Anthropol.*, 36(1):31
32. **Tinetti, M. E. Speechley, M., Ginter, S. F.** 1988, Risk factors for falls among elderly persons living in the community, *New England Journal Medicine*
33. **Troester, J.C., Jasmin, J.G., Duffield, R.,** 2018, Reliability of Single-Leg Balance and Landing Tests in Rugby Union; Prospect of Using Postural Control to Monitor Fatigue. *J Sports Sci Med.*, 17(2):174-180
34. **Van Lieshout, R., Reijneveld, E.A., Van den Berg, S.M., Haerkens, G.M., Koenders, N.H., De Leeuw, A.J., Van Oorsouw, R.G., Paap, D., Scheffer, E., Weterings, S., Stukstette, M.J.,** 2016, *International Journal of Sports Physical Therapy.*; 11(3): 356-365
35. **Winter, D. A.** 1995, Human balance and posture control during standing and walking, *Gait Posture*
36. **Woollacott, M. H., Shumway-Cook,A.** 1989, Development of posture and gait across the lifespan, Columbia
37. **Calleja-Gonzalez, J., Mielgo-Ayuso, J., Sergej Ostojic ORCID Icon, Jones, T.M., Caparros, T., Terrados, N.,** 2018, Evidence-based post-exercise recovery strategies in rugby: a narrative review
38. **Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., Dugué, B.,**2018, An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis, *Frontiers in Physiology*, 9: 403
39. **Eguchi, Y., Jinde, M., Murooka, K., Konno, Y., Ohta, M., Yamato, H.,** 2014, Stretching versus transitory icing: which is the more effective treatment for

- attenuating muscle fatigue after repeated manual labor?, *Eur J. Appl Physiol.*, ;114(12):2617-23.
40. **Khodabukus, A., Madden, L., Prabhu, N.K., Koves, T.R., Jackman, C.P., Muoio, D.M., Bursac, N.**, 2018, Electrical stimulation increases hypertrophy and metabolic flux in tissue-engineered human skeletal muscle, *Biomaterials.*, pii: S0142-9612(18)30618-5.
 41. **Hausswirth, C., Louis, J., Bieuzen, F., Pournot, H., Fournier, J., Filliard, J.R., Brisswalter, J.**, 2011, Effects of Whole-Body Cryotherapy vs. Far-Infrared vs. Passive Modalities on Recovery from Exercise-Induced Muscle Damage in Highly-Trained Runners., *PLoS One.* ; 6(12): e27749
 42. **Adamczyk, J.G., Krasowska, I., Boguszewski, D., Reaburn, P.**, 2016, The use of thermal imaging to assess the effectiveness of ice massage and cold-water immersion as methods for supporting post-exercise recovery, *J Therm Biol.*, ;60:20-5.
 43. **Tseng, C.Y., Lee, J.P., Tsai, Y.S., Lee, S.D., Kao, C.L., Liu, T.C., Lai, C., Harris, M.B., Kuo, C.H.**, 2013, Topical cooling (icing) delays recovery from eccentric exercise-induced muscle damage, *J Strength Cond Res.*;27(5):1354-61.
 44. **Borg, G.A.**, 1982, The Borg Scale of Perceived Exertion, published Harvard T.H., School of public health.
 45. **Antonopoulou, M., Ekdahl, C., Sgantzos, M., Antonakis, N., Lionis, C.**, 2004, Translation and standardisation into Greek of the standardised general Nordic questionnaire for the musculoskeletal symptoms, *Eur J. Gen Pract.*;10(1):33-4.
 46. **Kapreli, E., Stavridis, G., Billis, V., Strimpakos, N., Athanasopoulos, S.**, 2015, Waterloo Footedness Questionnaire (WFQ-R): cross-cultural adaptation and psychometric properties of Greek version, *Physiotherapy*; 101(1):e721

ΕΝΟΧΛΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟ ΜΥΟΣΚΕΛΕΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ – NORDIC MEDICAL QUESTIONNAIRE

ΕΤΟΣ ΓΕΝΝΗΣΗΣ	ΑΥΞ . ΑΡΙΘΜΟΣ
ΑΝΔΡΑΣ <input type="checkbox"/> ΓΥΝΑΙΚΑ <input type="checkbox"/>	Ποια θέση παίζεται?



Αυτή η εικόνα δείχνει περίπου τις περιοχές του σώματος που αναφέρονται στο ερωτηματολόγιο. Θα πρέπει μόνος/η σας να αναφέρετε σε ποια περιοχή του σώματος σας εντοπίζονται τα πιθανά ενοχλήματα σας.

Επι πόσα χρόνια και μήνες παίζετε basket;

ΧΡΟΝΙΑ..... + ΜΗΝΕΣ

Ποιό είναι το εβδομαδιαίο ωράριο προπονήσεων κατά μέσο όρο τον τελευταίο χρόνο;

ΩΡΕΣ

Πόσο ζυγίζετε;Kg

Τι ύψος έχετε;Cm

Απαιτούνται από όλους	Απαντούνται μόνο από τους έχοντες ενοχλήματα	
Είχατε ποτέ ενοχλήματα (πόνος τοπικός ή διάχυτος, δυσφορία) τους τελευταίους 12 μήνες στο/ στα:	Είχατε κάποια φορά κατά τους τελευταίους 12 μήνες πρόβλημα να εκτελέσετε τις αθλητικές δραστηριότητες σας λόγω των ενοχλημάτων;	Είχατε καθόλου ενοχλήματα τα τελευταία 7 εικοσιτετράωρα;
ΑΥΧΕΝΑ Όχι Ναί	Όχι Ναι	Όχι Ναι
ΩΜΟΠΛΑΤΙΑΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ / ΩΜΟΥΣ Όχι Ναι, στην δεξιά περιοχή Ναί, στην αριστερή περιοχή Ναί, και στις δυο περιοχές	Όχι Ναι	Όχι Ναι
ΑΓΚΩΝΕΣ Όχι Ναί, στον δεξιό Ναί, στον αριστερό Ναι, και στους δυο αγκώνες	Όχι Ναι	Όχι Ναι
ΚΑΡΠΟΙ / ΧΕΡΙΑ Όχι Ναί, στον δεξιό Ναί, στον αριστερό Ναι, και στους δυο καρπούς/χέρια	Όχι Ναι	Όχι Ναι
ΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΡΑΧΗΣ (θωρακική περιοχή) Όχι Ναί	Όχι Ναι	Όχι Ναι
ΚΑΤΩ ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΡΑΧΗΣ (οσφυϊκή/ ιερή περιοχή) Όχι Ναί	Όχι Ναι	Όχι Ναι
ΕΝΑ ΓΟΦΟ ή ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΔΥΟ ΓΟΦΟΥΣ Όχι Ναί	Όχι Ναι	Όχι Ναι
ΕΝΑ ΓΟΝΑΤΟ ή ΚΑΙ ΣΤΑ ΔΥΟ ΓΟΝΑΤΑ Όχι Ναί	Όχι Ναι	Όχι Ναι
ΕΝΑ ΑΣΤΡΑΓΑΛΟ/ΠΟΔΙ ή ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ ΔΥΟ ΑΣΤΡΑΓΑΛΟΥΣ/ΠΟΔΙΑ Όχι Ναι	Όχι Ναί	Όχι Ναι

Ερωτηματολόγιο WFQ-R (Greek)
(Ελληνική Έκδοση)

ΟΔΗΓΙΕΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ

Το ερωτηματολόγιο αυτό έχει συνταχθεί με σκοπό την αξιολόγηση της πλευριώσης του κάτω άκρου, δηλαδή ποιου άκρου χρησιμοποιείτε για συγκεκριμένες δραστηριότητες. Παρακαλούμε απαντήστε σε κάθε μια από τις πιο κάτω ερωτήσεις επιλέγοντας μια απάντηση που περιγράφει καλύτερα την χρήση του κάθε άκρου για διάφορες δραστηριότητες. Για κάθε ερώτηση πιθανόν να σας αντιπροσωπεύουν περισσότερες των μία απαντήσεων αλλά παρακαλούμε επιλέξτε **μόνο** την απάντηση που σας αντιπροσωπεύει καλύτερα.

1. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να κλοτσήσεις μια ακίνητη μπάλα σε έναν στόχο ευθεία μπροστά σου;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

2. Εάν έπρεπε να σταθείς σε ένα πόδι, ποιο πόδι θα ήταν αυτό;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

3. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να στρώσεις την άμμο στην παραλία;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

4. Εάν έπρεπε να ανέβεις πάνω σε μια καρέκλα, ποιο πόδι θα έβαζες πρώτο πάνω στην καρέκλα;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

5. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να πατήσεις ένα γρήγορα κινούμενο έντομο;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

6. Εάν έπρεπε να ισορροπήσεις στο ένα πόδι πάνω σε μια γραμμή τρένου, ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

WFQ-R-GREEK

Translated into Greek by: Kaprell, E.; Stavridis, G. Billis, V.; Stimpakos, N.; Athanasopoulos, S.
Technological Educational Institute (T.E.I) of Lamia, Department of Physiotherapy, Lamia, Greece
Sports Physiotherapy Laboratory, Department of Sports Medicine and Biology of Exercise, National & Kapodistrian University of Athens, Greece

7. Εάν ήθελες να σηκώσεις ένα βόλο με τα δάκτυλα του ποδιού σου, ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

8. Εάν έπρεπε να κάνεις κουτσό με το ένα πόδι, ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

9. Ποιο πόδι θα χρησιμοποιούσες για να μπορέσεις να κώσεις ένα φυτάρι μέσα στο έδαφος;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

10. Όταν κάποιος στέκεται όρθιος σε θέση ανάπαυσης, αρχικά βάζει το περισσότερο από το βάρος του σώματός του σε ένα πόδι, αφήνοντας το άλλο ελαφρά λυγισμένο. Σε ποιο πόδι θα έβαζες το περισσότερο βάρος σου πρώτα;

-2	Πάντα αριστερό
-1	Συνήθως αριστερό
0	Εξίσου και τα δυο
+1	Συνήθως δεξί
+2	Πάντα δεξί

ΟΔΗΓΙΕΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Το ερωτηματολόγιο αυτό αποτελείται από 10 ερωτήματα στα οποία ο εξεταζόμενος καλείται να απαντήσει προφορικά. Το κάθε ερώτημα αναφέρεται σε μια δραστηριότητα και ο εξεταζόμενος καλείται να απαντήσει εάν την πραγματοποιεί με κάποιο συγκεκριμένο κάτω άκρο. Υπάρχουν 5 είδη απαντήσεων: (α) αριστερό πάντα, (β) αριστερό συνήθως, (γ) και τα δύο, (δ) δεξί συνήθως και (ε) δεξί πάντα, που βαθμολογούνται με μια κλίμακα από το -2 έως το +2 αντίστοιχα. Τα μισά από αυτά τα ερωτήματα (ερωτήματα 1, 3, 5, 7 και 9) αξιολογούν την προτίμηση χρησιμοποίησης του ενός κάτω άκρου για τον επιδέξιο χειρισμό ενός αντικειμένου (όπως η κλοτσιά μιας μπάλας, η ανύψωση ενός μάρμαρου με το πόδι κλπ) και το άθροισμα των απαντήσεων αποδίδει βαθμολογία πλευρίωσης κίνησης WFQ_M (mobility), λαμβάνοντας τιμές από -10 έως +10. Τα υπόλοιπα ερωτήματα (ερωτήματα 2, 4, 6, 8 και 10) αξιολογούν την προτίμηση χρησιμοποίησης του ενός κάτω άκρου για την διασφάλιση στήριξης κατά τη διεξαγωγή μιας δραστηριότητας (όπως η στάση σε ένα πόδι ισορροπώντας πάνω στην ράγα του σιδηροδρόμου κλπ) και το άθροισμα των απαντήσεων αποδίδει βαθμολογία πλευρίωσης σταθεροποίησης WFQ_S (stability), λαμβάνοντας τιμές από -10 έως +10. Άτομα τα οποία έχουν θετικό άθροισμα απαντήσεων θεωρούνται άτομα με δεξιά πλευρίωση κάτω άκρου, ενώ άτομα τα οποία έχουν αρνητικό άθροισμα απαντήσεων θεωρούνται άτομα με αριστερή πλευρίωση κάτω άκρου.

WFQ_{total}
Τελική
βαθμολογία (-20
έως +20)

WFQ_M
Τελική
βαθμολογία (-10
έως +10)

WFQ_S
Τελική
βαθμολογία (-10
έως +10)

WFQ-R-GREEK

Translated into Greek by: Kapreli, E.; Stavridis, G. Billis, V.; Strimpakos, N.; Athanasopoulos, S.
 Technical Educational Institute (T.E.I.) of Lamia, Department of Physiotherapy, Lamia, Greece
 Sports Physiotherapy Laboratory, Department of Sports Medicine and Biology of Exercise, National & Kapodistrian University of Athens, Greece