



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΚΟΠΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΕΡΑΣΜΑ ΕΜΠΟΔΙΟΥ

Σπουδαστές:

ΚΩΤΣΗ ΓΑΛΑΤΙΑ: Α.Μ. 1669

ΜΠΕΣΣΟΝΟΒΑ ΕΥΓΕΝΙΑ: Α.Μ. 1748

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. ΤΣΕΠΗΣ ΗΛΙΑΣ

ΑΙΓΙΟ - 2016

THE EFFECT OF MUSCLE FATIGUE ON LANDING AFTER CROSSING AN OBSTACLE

KOTSI GALATIA: 1669

BESSONOVA EVGENIA: 1748

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η κόπωση είναι αποτέλεσμα οποιασδήποτε άσκησης - εργασίας και επέρχεται σε όλα τα άτομα ανεξαιρέτως φύλου, ηλικίας, φυσικής κατάστασης, υγείας, είδος σύσπασης, έντασης όπως επίσης και διάρκεια άσκησης. Ως μυϊκή κόπωση χαρακτηρίζεται η αναστρέψιμη απώλεια μυϊκής δύναμης ή ισχύος, εξαιτίας τροποποιήσεων περιφερικών και κεντρικών επιπέδων κατά την διάρκεια εν εξελίξει συσταλτικής δραστηριότητας. Σύμφυτη με την κόπωση είναι η μειωμένη ταχύτητα σύσπασης και ο αργός ρυθμός χαλάρωσης των μυών (Κλεισούρας Β.).

Η απώλεια της μυϊκής δύναμης ή της ισχύος κατά τη διάρκεια διαφόρων δραστηριοτήτων έχει ως συνέπεια τη διακοπή αυτών ή και τον τραυματισμό διάφορων ανατομικών δομών. Είναι χρήσιμο λοιπόν να ερευνήσουμε ποιους κινδύνους ενέχει η μυϊκή κόπωση. Για αυτόν το λόγο, στην παρούσα εργασία ερευνούμε τις επιπτώσεις που έχει η κόπωση σε τέσσερις διαφορετικές μυϊκές ομάδες των κάτω άκρων στην προσγείωση μετά από υπερπήδηση εμποδίου.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή για την έννοια της κόπωσης και τις επιπτώσεις αυτής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το πρωτόκολλο που εφαρμόστηκε στους δοκιμαζόμενους, τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν όπως επίσης την διαδικασία που ακολουθήθηκε έτσι ώστε να επέλθει η κόπωση στον τετρακέφαλο, τον οπίσθιο μηριαίο, τον μέσο γλουτιαίο και τον γαστροκνήμιο.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των αποτελεσμάτων για κάθε μία μυϊκή ομάδα ξεχωριστά, για να φανεί ακριβώς η σχέση της κόπωσης με τους συγκεκριμένους μύες στην προσγείωση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθενται αναλυτικά τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, γίνεται αιτιολόγηση αυτών και συγκρίνονται τα παρόντα αποτελέσματα με αποτελέσματα άλλων παρόμοιων ερευνών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο καταγράφονται οι περιορισμοί της έρευνας.

Τέλος, το έκτο κεφάλαιο αναφέρεται στα συμπεράσματα που απορρέουν από τα δύο προηγούμενα κεφάλαια.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεξαγωγή της έρευνας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά

- Τον εισηγητή και καθηγητή μας Δρ. Ηλία Τσέπη για τον πολύτιμο χρόνο και την υπέρμετρη βοήθειά του τόσο στη διεξαγωγή όσο και στη βελτίωση της συγγραφής αυτής της ερευνητικής πτυχιακής εργασίας. Επιπρόσθετα, θα θέλαμε να τον ευχαριστήσουμε για την εμπιστοσύνη και την παραχώρηση του εργαστηρίου Εμβιομηχανικής του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος όπου πραγματοποιήθηκαν όλες οι δοκιμασίες.
- Τον πανεπιστημιακό υπότροφο Γκρίλια Παναγιώτη, ο οποίος μας βοήθησε ιδιαίτερα αφιερώνοντας προσωπικό χρόνο για την εκπαίδευσή μας στη χρήση του ισοκινητικού δυναμόμετρου Biodex 3 Pro, του δυναμοδαπέδου, καθώς και του δυναμόμετρου χειρός, το οποίο και μας εμπιστεύτηκε με την παραχώρησή του ώστε να πραγματοποιηθεί η μέτρηση της δύναμης του μέσου γλουτιαίου μυός.
- Όλους τους δοκιμαζόμενους που μας αφιέρωσαν τον πολύτιμο τους χρόνο για την εκπόνηση του ιδιαίτερα απαιτητικού πρωτοκόλλου κόπωσης μας και τη διαδικασία της φωτογράφισης.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Στην παρούσα μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση της κόπωσης σε τέσσερις διαφορετικές μυϊκές ομάδες κατά τη διάρκεια της προσγείωσης μετά από πέρασμα εμποδίου.

Μέθοδος: Εικοσιτέσσερις υγιείς άνδρες ηλικίας 18-28 συμμετείχαν στην έρευνα. Με τη βοήθεια του ισοκινητικού δυναμόμετρου Biodex 3 Pro, υπέστησαν κόπωση στον γαστροκνήμιο, τον τετρακέφαλο και τους οπίσθιους μηριαίους, και με τη βοήθεια εξωτερικού βάρους 1-8 κιλά υπέστησαν κόπωση στον μέσο γλουτιαίο. Έπειτα από τη μείωση της κατά 50% μέγιστης ισομετρικής δύναμης των παραπάνω μυών, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν έξι προσγειώσεις στο δυναμοδάπεδο, από όπου συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν οι παράμετροι της μέγιστης δύναμης στο μετωπιαίο επίπεδο καθώς και του χρόνου για τη μέγιστη δύναμη των μυών.

Αποτελέσματα: Βρέθηκε πως η κόπωση δεν επηρέασε σημαντικά τη μέγιστη μυϊκή δύναμη στο μετωπιαίο επίπεδο, ωστόσο ο χρόνος για τη μέγιστη δύναμη φάνηκε ότι επηρεάστηκε σημαντικά στον γαστροκνήμιο μυ (υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά).

Συμπεράσματα: Αποδείχθηκε πως η επίδραση της κόπωσης αλληλοεπιδρά με το χρόνο για τη μέγιστη δύναμη του γαστροκνημίου μύος και όχι με τη μέγιστη δύναμη των τεσσάρων μυών στο μετωπιαίο επίπεδο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	3
Ευχαριστίες	4
Περίληψη	5
Συνομογραφίες	8
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή	9
Κεφάλαιο 2. Μεθοδολογία	17
2.1. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην διεξαγωγή της έρευνας	17
2.1.1. Ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex System-3 pro (Biodex Medical Systems inc, NY-USA)	18
2.1.2. Δυναμόμετρο χειρός Nicholas Manual Muscle Tester (MMT) Instrument Company Model 01160 by Lafayette	18
2.1.3. Δυναμοδάπεδο AMTI BP400600 OP	20
2.1.4. Borg Scale	21
2.2. Δοκιμαζόμενοι	23
2.3. Διαδικασία	23
2.3.1. Σωματομετρήσεις	23
2.3.2. Προθέρμανση	24
2.3.3. Κινηματική ανάλυση προ κόπωσης	25
2.3.4. Τοποθέτηση δοκιμαζομένων – Μέτρηση μέγιστης δύναμης	25
2.3.5. Πρωτόκολλο κόπωσης	29
2.3.6. Προσγείωση στο δυναμοδάπεδο	35
2.3.7. Αποθεραπεία	37

2.4. Στατιστική ανάλυση	37
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα	39
3.1. Τετρακέφαλος	39
3.2. Οπίσθιοι μηριαίοι	41
3.3. Γαστροκνήμιος	43
3.4. Μέσος γλουτιαίος	45
3.5 Στατιστική ανάλυση	47
Κεφάλαιο 4. Συζήτηση	50
Κεφάλαιο 5. Περιορισμοί	58
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- Κ.Ν.Σ: κεντρικό νευρικό σύστημα.
- Π.Ν.Σ: περιφερικό νευρικό σύστημα.
- K: potassium (kalium), κάλιο.
- Na: natrium, νάτριο.
- Ca: calcium, ασβέστιο.
- ATP: adenosine triphosphate, τριφοσφορική αδενοσίνη.
- Π.Χ.Σ: πρόσθιος χιαστός σύνδεσμος.
- Κ.Σ: καρδιακή συχνότητα (heart rate).
- 3-D: τρισδιάστατος.
- N: Newton, μονάδα μέτρησης δύναμης.
- DOMS: delayed onset muscle soreness, καθυστερημένης έναρξης μυϊκός πόνος.
- SPSS: software package used for statistical analysis, λογισμικό σύστημα που χρησιμοποιείται για τη στατιστική ανάλυση.
- MMT: manual muscle tester, δυναμόμετρο χειρός.
- EMG: electromyography, ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.
- NEMG: normalized electromyography, κανονικοποιημένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δεδομένου της πολυπλοκότητας του φαινομένου της κόπωσης οι μηχανισμοί που διέπουν τη μείωση της μέγιστης ικανότητας παραγωγής δύναμης εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της μυϊκής δραστηριότητας. Κριτικής σημασίας μεταβλητές είναι το πρότυπο μυϊκής ενεργοποίησης, ο τύπος της μυϊκής ομάδας που εμπλέκεται και το είδος της μυϊκής σύσπασης (Martin V. et al., 2010, Enoka R. M. & Stuart D. G. 1992, Κλεισούρας Β.). Ωστόσο, η ένταση και η διάρκεια της δραστηριότητας αποτελούν τους πιο σημαντικούς παράγοντες. Έτσι, σε παρατεταμένη υπό-μέγιστη προσπάθεια η κόπωση οφείλεται σε εξάντληση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου, σε υπογλυκαιμία, σε υπερθερμία και αφυδάτωση. Αντίθετα σε βραχύβιες προσπάθειες υψηλής έντασης οι παράγοντες αυτοί αποκλείονται ως γενεσιουργός του αιτία.

Κάποιοι από τους πρωταρχικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη μυϊκή κόπωση είναι: το είδος των μυϊκών ινών, η ισομετρική άσκηση, οι χειρωνακτικές δραστηριότητες, η αυξημένη θερμοκρασία στο περιβάλλον, το φύλο και οι ελεύθερες ρίζες. Το είδος των μυϊκών ινών επηρεάζουν την κόπωση καθώς οι μυϊκές ίνες ταχείας συστολής (IIb type) είναι γλυκολυτικές και ευαίσθητες στην κόπωση, σε αντίθεση με τις ίνες βραδείας συστολής (I type) οι οποίες είναι οξειδωτικές και επομένως ανεκτικές στην κόπωση μιας και έχουν χαμηλότερο κατώφλι διέγερσης και δραστηριοποιούνται με μικρότερη νευρική εκφόρτιση. Επιπλέον, οι ίνες βραδείας συστολής επηρεάζονται λιγότερο στην κόπωση επειδή είναι πλούσιες στην μυοσφαιρίνη την οποία αποθηκεύει το οξυγόνο (οξειδωτικές ίνες) ως αποτέλεσμα να επηρεάζονται λιγότερο από την υποξία. Ενώ οι ενδιάμεσες ίνες (IIa) που είναι οξειδογλυκολυτικές είναι ημιανθεκτικές στην κόπωση. Από το παραπάνω συνεπάγεται πως η σειρά με την οποία επιστρατεύονται οι μυϊκές ίνες κατά την άσκηση είναι η εξής: type I → type IIa → type IIb (Κλεισούρας Β.).

Κατά την διάρκεια παρατεταμένης ισομετρικής σύσπασης αυξάνεται η ενδομυϊκή πίεση και ξεπερνά την αρτηριακή πίεση του αίματος με αποτέλεσμα την ισχαιμία του μυός. Για παράδειγμα, σε δραστηριότητες που έχουν ένταση περίπου 20-25% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης παρατηρείται μερικό φράξιμο αρτηριών και μείωση της ροής του αίματος στους μυς και αυτή η μείωση αυξάνεται καθώς αυξάνεται η προσπάθεια. Σε προσπάθειες έντασης 50% της μέγιστης ισομετρικής σύσπασης η κυκλοφορία του αίματος διακόπτεται εντελώς ως

συνέπεια η μυϊκή αντοχή να μειώνεται αισθητά. Στη μείωση της κυκλοφορίας του αίματος παίζει ρόλο και η μέγιστη μυϊκή δύναμη. Άτομα δηλαδή που εμφανίζουν χαμηλά ποσοστά μυϊκής δύναμης είναι σε θέση να διατηρήσουν την σύσπαση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αντίθετα από τα άτομα με υψηλά ποσοστά μυϊκής δύναμης. Έτσι το δυνατό άτομο βρίσκεται σε μειονεκτική θέση και το αδύναμο σε πλεονεκτική (Fulco C. S., 1995).

Το θερμό περιβάλλον φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά τόσο την μυϊκή δύναμη και αντοχή όσο και την ταχύτητα σύσπασης. Έρευνες έχουν δείξει πως όσο πιο γρήγορα η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος φτάσει ~ 40° τόσο πιο γρήγορα επέρχεται η κόπωση. Η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος, όπως είναι αναμενόμενο, επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Nielsen B., 1993).

Το φύλο θεωρείται πρωταρχικός παράγοντας που επηρεάζει την κόπωση γιατί έχει φανεί πως οι γυναίκες έχουν μεγαλύτερη αντοχή και αντίσταση στην κόπωση σε σχέση με τους άνδρες και αυτό αποδίδεται στις διαφορές στη μυϊκή μάζα, στα ενεργειακά υποστρώματα, στο είδος των μυϊκών ινών αλλά και στη νευρομυϊκή δραστηριοποίηση (Sandra K., 2001).

Τέλος, οι ελεύθερες ρίζες οι οποίες είναι υποπροϊόντα αερόβιου μεταβολισμού, προκαλούν βλάβες στο σαρκοπλασματικό δίκτυο και στην ακτίνη – μυοσίνη, με συνέπεια τη μείωση της απελευθέρωσης Ca² και του αριθμού των εγκάρσιων γεφυρών και έτσι επέρχεται η μυϊκή κόπωση (Hiemstra L. A. et al., 2001).

Η μυϊκή κόπωση αναπτύσσεται σε διάφορα σημεία του σώματος και έτσι διακρίνεται σε κεντρική και περιφερική, όπου η νευρομυϊκή σύναψη αποτελεί διαχωριστικό σημείο. 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- μυοσίνη) των μυοϊνιδίων, όπου παράγεται η δύναμη.

Η κεντρική μυϊκή κόπωση χαρακτηρίζεται ως ασκησιογενής μείωση της μυϊκής δύναμης που προκαλείται από μειωμένη πυροδότηση κινητικών νευρώνων. Από αυτό πρακτικά συνεπάγεται πως κατά την 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 παράγει ο μυς την κατάλληλη δύναμη. Μπορεί να προκληθεί από οποιαδήποτε δομή πάνω από την νευρομυϊκή σύναψη, από το κεντρικό νευρικό σύστημα έως τα περιφερικά νεύρα και ίσως είναι αποτέλεσμα ενός

συνδυασμού από εσωτερικές νευρομυϊκές ιδιότητες, όπως κατάργηση αντανεκλαστικών ή παρεμπόδιση και αναστολή των κυττάρων Renshaw (Piccoli M. B. et al., 2015).

Πιθανές πηγές κεντρικής μυϊκής κόπωσης 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. 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.

Ωστόσο, κατά την ανάπτυξη μυϊκής κόπωσης, οι κινητικές ώσεις μειώνονται εξαιτίας αναστολής διεγερσιμότητας κινητικών νευρώνων σε επίπεδο νωτιαίου μυελού (Κλεισούρας Β.). Αυτή η μείωση διεγερτικών ώσεων θεωρείται ως ένας κεντρικός προστατευτικός μηχανισμός, που στοχεύει στον περιορισμό της μυϊκής εργασίας κατά την διάρκεια παρατεταμένης δραστηριότητας, για την πρόληψη εκτεταμένης διατάραξης ομοιόστασης, μυϊκής κάκωσης και βιολογικής βλάβης.

Αυτή η υπόθεση αποδεικνύεται και από έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην οποία οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να τρέξουν σε κυλιόμενο δάπεδο χωρίς κλίση για 24 ώρες. Η ενεργοποίηση του γαστροκνημίου και του έσω και έξω πλατύ καταγράφηκε με ηλεκτρομυογράφημα έτσι ώστε να δοκιμαστεί η υπόθεση πως η κεντρική κόπωση είναι η κύρια εξήγηση μείωσης δύναμης και ως επακόλουθο, η έκταση της περιφερικής κόπωσης είναι περιορισμένη. Κατά την διεξαγωγή της δοκιμασίας, για αποφυγή της υπερθερμίας και της υπογλυκαιμίας, οι εξεταζόμενοι τρέφονταν με γεύματα που περιέχουν υδατάνθρακες, ενεργειακές μπάρες, ποτά – υγρά και ψύχονταν με ανεμιστήρα. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την υπόθεση αυτή καθώς παρατηρήθηκε τεράστια μείωση κεντρικής ενεργοποίησης ειδικά στους εκτείνοντες του γόνατος όπου το ποσοστό ήταν ~41% έναντι του 30% του γαστροκνημίου όπως επίσης και περιορισμένης έκτασης περιφερικές αλλοιώσεις. Επιπλέον, παρατηρήθηκε δραματική μείωση δύναμης η οποία σταθεροποιήθηκε εν εξελίξει ακραίας διάρκειας δραστηριότητας. Αυτή η σχέση μπορεί να αντικατοπτρίζει τη συμμετοχή των προστατευτικών μηχανισμών για να αποφευχθεί η εκτεταμένη μυϊκή βλάβη.

Η περιφερική κόπωση είναι η μείωση της μυϊκής δύναμης και/ ή ισχύος παρά την μέγιστη δραστηριοποίηση των κινητικών μονάδων και αντανεκλά τοπικές αλλαγές σε επίπεδο μυϊκό.

Η μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης μπορεί να προέρχεται από 1) αποτυχία μετάδοσης ενεργειακού δυναμικού στην κυτταρική μεμβράνη, 2) αποτυχία ζεύξης διέγερσης - συστολής που σχετίζεται με τη διαταραχή απελευθέρωσης ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, 3) απενεργοποίηση - αδρανοποίηση του κύκλου των εγκάρσιων γεφυρών που σχετίζεται με τη διαθεσιμότητα ασβεστίου και την παροχή ATP, 4) ανεπάρκεια μυϊκής ενέργειας και 5) συσσώρευση μεταβολιτών στα μυϊκά κύτταρα (Κλεισούρας Β.).

Η αποτυχία μετάδοσης ενεργειακού δυναμικού σχετίζεται άμεσα από την συγκέντρωση ιόντων K και Na. Η μεταφορά των ιόντων γίνεται μέσω της αντλίας Na, K-ATPάσης που διασπά τα ATP και απελευθερώνει ενέργεια. Σε έντονες δραστηριότητες έχει παρατηρηθεί διατάραξη της ομαλής λειτουργίας αυτής της αντλίας με συνέπεια την πόλωση του κυττάρου δηλαδή, την αυξημένη συσσώρευση K στο εξωτερικό της κυτταρικής μεμβράνης και μείωση στο εσωτερικό του κυττάρου και τη μείωση του μεγέθους και της συχνότητας του ενεργειακού δυναμικού. Αρκετές έρευνες έχουν σημειώσει υψηλά επίπεδα K στο αίμα των εξεταζόμενων ύστερα από έντονη μυϊκή προσπάθεια και ενοχοποίησαν το K για τη μείωση του ενεργειακού δυναμικού στην κυτταρική μεμβράνη και τον επακόλουθο κάματο. Ωστόσο, αυτή η υπόθεση έχει αμφισβητηθεί από άλλους ερευνητές οι οποίοι υποστηρίζουν πως αυτή η μείωση του ενεργειακού δυναμικού αποτελεί αμυντικό μηχανισμό προστασίας των κυττάρων από πιθανή εξάντληση ATP και Ca (Edwards R. et al., 1981, Lindinger M. et al., 1991, Fitts P., 1994).

Η αναποτελεσματική ζεύξη διέγερσης - 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 αυλό του σαρκοπλασματικού δικτύου και που επηρεάζονται από ιόντα υδρογόνου (Favero T., 1999).

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 Ca²⁺ και τα αποθέματα ATP.

Ανάλογα το είδος, την ένταση και τη διάρκεια της μυϊκής προσπάθειας σπαταλιέται η μυϊκή ενέργεια. Αυτό σημαίνει πως σε αερόβιες προσπάθειες (δηλαδή μεγάλη διάρκεια με μέγιστη ένταση), η κόπωση αποδίδεται σε μείωση ή εξάντληση των αποθεμάτων μυϊκού

γλυκογόνου και υπογλυκαιμία. Από την άλλη πλευρά, σε αναερόβιες προσπάθειες όπου η ένταση είναι υπέρ-μέγιστη και η διάρκεια μικρή, η κόπωση οφείλεται σε εξάντληση αποθεμάτων φωσφοκρεατίνης και στην αυξημένη συσσώρευση των ιόντων υδρογόνου.

Επιπροσθέτως, κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης συσταλτικής δραστηριότητας από την αποδόμηση της φωσφοκρεατίνης και από την παραγωγή ATP συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες μεταβολιτών υδρογόνου και ανόργανου φωσφορικού, οι οποίες παίζουν ρόλο στην πρόκληση κόπωσης. Συγκεκριμένα, αυτή η συσσώρευση των μεταβολιτών στους μύες, όπως ειπώθηκε και παραπάνω, έχει σαν αποτέλεσμα την αναστολή απελευθέρωσης Ca, την αναστολή της αντλίας νατρίου – καλίου και της ATP-άσης και επομένως μείωση σύνδεσης ακτίνης – μυοσίνης και αδρανοποίηση των εγκάρσιων γεφυρών.

Η κόπωση είναι μια πολυδιάστατη έννοια, για αυτό το λόγο επηρεάζεται από ψυχικές διαταραχές, οργανικές ανωμαλίες στο Κ.Ν.Σ. (κεντρική κόπωση), δυσλειτουργίες στο Π.Ν.Σ. ή από μυοσκελετικές ασθένειες. Παράγοντες που συνεισφέρουν στην αίσθηση της κόπωσης περιλαμβάνουν νευρολογικές και μη νευρολογικές αιτίες. Στις νευρολογικές αιτίες συγκαταλέγονται α) η κεντρική κόπωση, η οποία συμπεριλαμβάνει γνωστικές δυσλειτουργίες και οργανικές ανωμαλίες του Π.Ν.Σ. (νόσος του Parkinson, πολλαπλή σκλήρυνση κατά πλάκας, αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο) και β) η περιφερική κόπωση, η οποία περικλείει το Π.Ν.Σ. και παθήσεις σκελετικών μυών. Από την άλλη στις μη νευρολογικές αιτίες περιλαμβάνονται καρδιακές ανεπάρκειες, πνευμονικές παθήσεις, αιματολογικές διαταραχές, μεταβολικές ασθένειες, νεφρικά προβλήματα, κακοήθειες, σύνδρομο υπέρ - προπόνησης και σύνδρομο χρόνιας κόπωσης.

Οι επιπτώσεις της μείωσης της ικανότητας παραγωγής δύναμης ή ισχύος οδηγούν στον περιορισμό της λειτουργικότητας και μείωση της ποιότητας ζωής. Η κόπωση μπορεί να επέλθει άμεσα μετά την έναρξη της άσκησης οπότε μιλάμε για οξεία μυϊκή κόπωση ή μετά το πέρας μεγάλης χρονικής διάρκειας, παρατεταμένης σύσπασης με υψηλό φορτίο όπου μιλάμε για καθυστερημένη μυϊκή κόπωση. Τα πρώτα δείγματα μυϊκής κόπωσης συχνά κάνουν την εμφάνισή τους αμέσως μετά την έναρξη της σύσπασης, ακόμα και αν το προς εξέταση άτομο είναι σε θέση να συνεχίσει την εκτέλεση της άσκησης.

Η μυϊκή κόπωση υπολογίζεται με ποικίλους τρόπους από τους οποίους οι περισσότεροι χρησιμοποιούμενοι είναι η μέτρηση της μυϊκής δύναμης, της μυϊκής ισχύος και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (EMG). Η μέτρηση της μυϊκής δύναμης μπορεί να υπολογιστεί με την εκτέλεση μέγιστης εκούσιας ισομετρικής σύσπασης ή με

επαναλαμβανόμενες έκκεντρες συστολές με καθορισμένο ποσοστό μέγιστης ισομετρικής δύναμης. Για την καταβολή της μέγιστης ισομετρικής προσπάθειας και για τον περιορισμό νευρικής αναστολής των δοκιμαζομένων κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας θα πρέπει να παροτρύνονται λεκτικά (Gandevia S. C. et al., 1995). Η μυϊκή ισχύ, η οποία αποτελεί πιο αξιόπιστο δείκτη μυϊκής κόπωσης, μετράται με υπερμέγιστη προσπάθεια μικρής διάρκειας σε κυκλοεργόμετρο ή ισοκινητικό δυναμόμετρο (Karatzafiri C. et al., 2000). Το ηλεκτρομυογράφημα καταγράφει, μέσω ηλεκτροδίων συνδεδεμένα σε επιφανειακούς μύες, το ηλεκτρικό δυναμικό που παράγουν και τον αριθμό επιστράτευσης των κινητικών μονάδων και τον ρυθμό πυροδότησης κατά τη διάρκεια αυστηρά ελεγχόμενης ισομετρικής σύσπασης των μυών (Basmajian J. V. et al, 1985). Ο Borg ανέπτυξε μια ψυχοσωματική κλίμακα με στόχο να κωδικοποιήσει την αντίληψη της προσπάθειας για διάφορες χρήσεις και είναι ικανή να καλύψει ένα εύλογο εύρος εντάσεων όπως για παράδειγμα άρση βαρών, περπάτημα, τρέξιμο ή υπομέγιστη σύσπαση.

Η νευρομυϊκή κόπωση είναι ένας παράγοντας που πιθανόν επηρεάζει τον έλεγχο των κάτω άκρων και ως εκ τούτου αυξάνει τον κίνδυνο κάκωσης μη επαφής. Έχει παρατηρηθεί μειωμένη ιδιοδεκτικότητα στις κεντρομόλες νευρομυϊκές οδούς (Hiemstra L. A. et al., 2001, Johnston R. B. et al., 1998) αλλά και καθυστερημένη μυϊκή απάντηση (Nyland J. A. et al., 1997) κατά τη διάρκεια γενικευμένης νευρομυϊκής κόπωσης. Οι τραυματισμοί συνήθως παρατηρούνται σε εξαιρετικά απαιτητικές στιγμές. Σύμφωνα με τον Hawkins και τους συνεργάτες τους, ένα μεγάλο ποσοστό τραυματισμών μη επαφής στην άρθρωση του γόνατος συμβαίνει στα τελευταία 15 λεπτά του πρώτου ημίχρονου και στα τελευταία 30 λεπτά του δεύτερου ημίχρονου στο ποδόσφαιρο. Αυτά τα γεγονότα αντιστοιχούν σε στιγμές στις οποίες οι αθλητές υποκύπτουν στις ψυχικές και φυσιολογικές απαιτήσεις του παιχνιδιού. Ο Wojtys E. M. και οι συνεργάτες του απέδειξαν πως η μεμονωμένη κόπωση στον τετρακέφαλο και στο δικέφαλο μηριαίο σε νεαρά άτομα προκαλεί επικίνδυνη πρόσθια μετατόπιση της κνήμης, η οποία αυξάνει υπερβολικά τα πρόσθια φορτία.

Πρόσφατα, προτάθηκε πως η γενικευμένη νευρομυϊκή κόπωση αυξάνει τον κίνδυνο τραυματισμού του πρόσθιου χιαστού συνδέσμου κατά τη διάρκεια προσγείωσης μετά από άλμα, μέσω αυξημένης επικίνδυνης διατμητικής φόρτισης στην άρθρωση του γόνατος. Τα επικίνδυνα φορτία στο γόνατο προέρχονται από αλλοιωμένο έλεγχο όλου του κάτω άκρου (McLean S. G. et al., 2005). Πραγματοποιήθηκε λοιπόν έρευνα για να διερευνηθούν οι κινητικές και κινηματικές επιπτώσεις της κόπωσης στα κάτω άκρα κατά την διάρκεια της φάσης προσγείωσης μετά από άλμα (McLean S. G. et al., 2006). Η έρευνα επιπλέον

διερεύνησε για ποιο λόγο οι γυναίκες τραυματίζονται πιο συχνά από τους άνδρες. Έτσι συγκρίθηκαν τα κινηματικά δεδομένα από την άρθρωση του γόνατος από δέκα άνδρες και δέκα γυναίκες. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν υγιείς και εξετάστηκε το κυρίαρχο πόδι. Χρησιμοποιήθηκαν ανακλαστές σε καθορισμένα ανατομικά σημεία για την καταγραφή κινηματικών δεδομένων και την αντίδραση εδάφους στη φάση στήριξη σε 3-D από έξι κάμερες υψηλής ταχύτητας. Το πρωτόκολλο διήρκησε τέσσερα λεπτά και αποτελούνταν από μια σειρά αλμάτων. Αρχικά, οι συμμετέχοντες έπρεπε να εκτελέσουν 20 άλματα όσο το δυνατόν πιο γρήγορα με ύψος βήματος 20 cm. Αμέσως μετά εκτελέστηκαν πλειομετρικά άλματα για έξι μέτρα. Τέλος, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν ξανά όσα περισσότερα άλματα ήταν δυνατόν μέσα σε χρονικό διάστημα τεσσάρων λεπτών. Η Κ.Σ. καταγραφόταν παρέχοντας έτσι ένα γενικό-αντικειμενικό μέτρο κόπωσης. Συγκρίθηκε επίσης το ύψος των αλμάτων πριν και μετά την κόπωση. Η Κ.Σ. και το ύψος των αλμάτων αποτέλεσαν μεταβλητές εντός των αναλύσεων.

Παρατηρήθηκε λοιπόν, πως η Κ.Σ. δεν διαφοροποιήθηκε μεταξύ ανδρών και γυναικών. Το φύλο, η κόπωση και το πόδι (κυρίαρχο και μη κυρίαρχο) δεν επηρέασαν τον μέσο χρόνο επαφής εδάφους. Στις γυναίκες όμως μετά την κόπωση σημειώθηκε αυξημένη πελματιαία κάμψη στην αρχική επαφή με το έδαφος, απαγωγή στο γόνατο, μέγιστη έσω στροφή γόνατος και μέγιστος υπτιασμό 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 (και στα δυο πόδια και φύλα). 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. Από καρδιαγγειακή πλευρά και οι δύο ομάδες κουράστηκαν το ίδιο.

Τα συμπεράσματα που απορρέουν από την έρευνα είναι τα παρακάτω:

- οι γυναίκες εκτελούν τη φάση της προσγείωσης με μεγάλη πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής, μέγιστο υπτιασμό, μέγιστη έσω στροφή και απαγωγή γόνατος σε σχέση με τους άνδρες.
- οι γυναίκες εμφανίζουν μειωμένη ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής, αυξημένη προσαγωγή γόνατος νωρίτερα και σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι οι άνδρες κατά

την κόπωση, γεγονός που υποδηλώνει μια πιθανή σχέση με τον αυξημένο ρίσκο κάκωσης μη επαφής του Π.Χ.Σ. που παρατηρείται στις γυναίκες.

Έρευνα πάνω σε πτώματα έχει δείξει πως η αυξημένη απαγωγή ή/ και προσαγωγή του γόνατος συμβάλλει στην αύξηση της φόρτισης του Π.Χ.Σ. (Markolf K. L. et al., 1995). Όμως, την αιτιότητα αυτού του φαινομένου δεν μπορούμε να τη συμπεράνουμε από αυτά τα δεδομένα. Στην έρευνα που διεξήγαγε ο Hewett αναφέρεται πως μία διαφορά μεταξύ των φύλων είναι ο εμβιομηχανικός άξονας περιστροφής στο γόνατο (Hewett T. E. et al., 2005). Παρόμοιες μελέτες δείχνουν αυξημένη ραχιαία και πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής στις γυναίκες (Decker M. et al, 2003). Μια στρατηγική προσγείωσης με μεγάλο εύρος πελματιαίας – ραχιαίας κάμψης προκαλεί μεγαλύτερο σοκ στην ποδοκνημική (Self B. P. et al., 2001) και ως εκ τούτου ελαχιστοποιεί την μεταφορά ενέργειας στο γόνατο και στον Π.Χ.Σ. (Decker M. et al., 2003). Η μειωμένη ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής υποδηλώνει μια διαφοροποιημένη στρατηγική ενεργοποίησης στο μυϊκό σύστημα του αστραγάλου. Αυτή η στρατηγική εμφανίζεται για να μειωθεί το ρίσκο του τραυματισμού του Π.Χ.Σ. Στις γυναίκες παρατηρήθηκε αυξημένος υπτιασμός στην ποδοκνημική σε σύγκριση με τους άνδρες. Ο Kernozek και οι συνεργάτες του υποστηρίζουν πως οι αυξημένες περιστροφές στην ποδοκνημική άρθρωση στο μετωπιαίο επίπεδο αντιπροσωπεύει μια στρατηγική προσγείωσης η οποία ελαχιστοποιεί τη διάδοση ενέργειας στο γόνατο (Kernozek T. W. et al., 2005). Άλλες έρευνες έχουν αποδείξει πως στην άσκηση στην οποία έχει επέλθει εξάντληση ή είναι κοντά στην εξάντληση αυξάνεται η χαλαρότητα στο γόνατο (Wojtys E. M. et al., 1996), η οποία με την σειρά του θέτει σε κίνδυνο τους συνδέσμους (Lattanzio P. J., 1998). Η κόπωση επίσης αυξάνει τα ελλείμματα ιδιοδεκτικότητας στις μυϊκές ατράκτους (Gandevia S. C., 2001) και στα όργανα Golgi (Lattanzio P. J., 1998). Λαμβάνοντας υπόψη πως οι γυναίκες έχουν αυξημένη χαλαρότητα στο γόνατο και έχουν διαφορετικές στρατηγικές μυϊκής ενεργοποίησης κατά τη φάση προσγείωσης, με κυριαρχία τετρακεφάλου συμπεραίνουμε πως είναι πιο εύκολο να τραυματιστούν οι γυναίκες σε σχέση με τους άνδρες.

Όπως φαίνεται, εξαιτίας περιφερικών και κεντρικών αλλαγών που συμβαίνουν κατά την κόπωση, επηρεάζεται η εκτέλεση της δραστηριότητας. Σκοπός της μελέτης μας, είναι να βρεθεί αν και κατά πόσο μπορούν οι μύες των κάτω άκρων να ανταποκριθούν κατά τη διάρκεια της προσγείωσης μετά από πέρασμα εμποδίου, με και χωρίς την επίδραση της κόπωσης. Επιπλέον, είναι αξιοσημείωτο να βρεθεί ποιοι μύες ενεργοποιούνται και ποιοι κουράζονται περισσότερο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στη διεξαγωγή της έρευνας

Κυλίομενος τάπητας και κυκλοεργόμετρο: χρησιμοποιήθηκαν για την προθέρμανση.

Ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex System-3 pro (Biodex Medical Systems inc, NY-USA (βλέπε: 2.1.1.): χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της μέγιστης δύναμης του τετρακεφάλου, των οπίσθιων μηριαίων, του γαστροκνημίου και για το πρωτόκολλο κόπωσης αυτών των μυϊκών ομάδων.

Δυναμόμετρο χειρός Nicolas MMT Lafayette (βλέπε: 2.1.2.): χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης του μέσου γλουτιαίου.

Δυναμοδάπεδο AMTI BP400600 OP (βλέπε: 2.1.3.): χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των δυνάμεων εδαφικής αντίδρασης κατά την προσγείωση μετά την υπερπήδηση εμποδίου.

Borg scale (βλέπε: 2.1.4.): χρησιμοποιήθηκε για την αντιληπτή αίσθηση της κόπωσης.

Επιπλέον, για την πραγματοποίηση του πρωτοκόλλου χρησιμοποιήθηκαν:

Ελεύθερα βάρη (1-8 kg): χρησιμοποιήθηκαν για την κόπωση του μέσου γλουτιαίου.

Εξεταστικό κρεβάτι: χρησιμοποιήθηκε για την κόπωση του μέσου γλουτιαίου.

Χρονόμετρο: για την καταγραφή της συνολικής διάρκειας της κόπωσης κάθε μυϊκής ομάδας.

2.1.1. Ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex System-3 pro (Biodex Medical Systems inc, NY-USA)

Το πολλαπλής χρήσης Biodex system 3 είναι ένα ηλεκτρονικό ισοκινητικό μηχάνημα - δυναμόμετρο υψηλής τεχνολογίας που μπορεί να λειτουργήσει σε κάθε μέρος του σώματος. Μπορεί να λειτουργήσει ως ένα εργαλείο αποκατάστασης, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη διάγνωση και την αξιολόγηση.

Αποτελείται από το δυναμόμετρο, την καρέκλα τοποθέτησης, τους μάντες σταθεροποίησης στην καρέκλα τοποθέτησης, τον πίνακα ελέγχου, τον ελεγκτή και τα εξαρτήματα του δυναμομέτρου.

Όσον αφορά τη λειτουργία του μηχανήματος, αποτελείται από τη λειτουργία ρύθμισης (setup mode), την ισοκινητική λειτουργία (isokinetic mode), την παθητική λειτουργία (passive mode), την ισομετρική λειτουργία (isometric mode), την ισοτονική λειτουργία (isotonic mode) και την έκκεντρη λειτουργία (reactive eccentric mode).

Συνοψίζοντας, το Biodex μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος είναι με έλεγχο του μηχανήματος από τον πίνακα και ο δεύτερος τρόπος είναι με τη χρήση του υπολογιστή για τον έλεγχο του δυναμομέτρου. Και οι δύο είναι αποδεκτοί τρόποι για να χρησιμοποιηθεί το Biodex, όμως το καθένα έχει συγκεκριμένες εφαρμογές για τις οποίες θα λειτουργήσει. Όταν η εκτέλεση μιας προσαρμοσμένης δοκιμασίας είναι η επιθυμητή λειτουργία του ισοκινητικού δυναμομέτρου, ο θεραπευτής μπορεί να χρησιμοποιήσει τον πίνακα ρυθμίσεων (panel set-up). Ωστόσο, όταν η εκτέλεση κάθε είδους δοκιμής σε έναν αθλητή ή όταν χρησιμοποιείται ένα συγκεκριμένο, προκαθορισμένο πρωτόκολλο δοκιμασίας, η συνιστώμενη διαδικασία θα ήταν να χρησιμοποιηθούν οι ρυθμίσεις του υπολογιστή.

2.1.2. Δυναμόμετρο χειρός Nicholas Manual Muscle Tester (MMT) Instrument Company Model 01160 by Lafayette

Το δυναμόμετρο χειρός είναι μία συσκευή χειρός για την αντικειμενική ποσοτικοποίηση της έκκεντρης μυικής δύναμης. Χρησιμοποιώντας το δυναμόμετρο χειρός του Nicholas, η μέγιστη δύναμη που απαιτείται για να διακοπεί μια ισομετρική συστολή μετράται από τη στιγμή που ο εξεταστής εφαρμόζει δύναμη ενάντια στον εξεταζόμενο. Είναι η μόνη εύκολα

χορηγούμενη συσκευή μέτρησης δύναμης που διατίθεται για τον κλινικό, τον εκπαιδευτή και τον προπονητή.

Το MMT είναι αρκετά μικρό σε μέγεθος ώστε να μπορεί να κρατιέται στο ένα χέρι και να διαβάζεται εύκολα. Μία ειδικά σχεδιασμένη δυναμοκυψέλη εξαλείφει σφάλματα που οφείλονται σε μη κάθετη φόρτιση εντός των φυσιολογικών γωνιών εφαρμογής της δύναμης. Το MMT διαθέτει ψηφιακή ακρίβεια και κυμαίνεται από 0,0 έως 199,9 κιλά, που ισοδυναμεί με περίπου 440 κιλά. Το εύρος αυτό επιτρέπει τη δοκιμή των πιο μεγάλων μυϊκών ομάδων. Το μέγεθος και το βάρος του MMT επιτρέπει στον εξεταστή να χρησιμοποιεί τις ίδιες διαδικασίες και τεχνικές διακοπής της δοκιμασίας (break test techniques) χωρίς καμία τροποποίηση της τεχνικής ή τοποθέτησης. Η συσκευή τοποθετείται με απλό τρόπο μεταξύ του χεριού του εξεταστή και το σκέλος που εξεταζόμενου. Η καθοδική δύναμη του εξεταστή μεταδίδεται στο σκέλος μέσω της συσκευής MMT.

Όταν ο δοκιμαζόμενος είναι ισχυρότερος από τον εξεταστή, τότε υπάρχουν αναξιόπιστες ενδείξεις της δύναμης. Είναι δύσκολο να εντοπιστεί η αδυναμία, επειδή το έλλειμμα του δοκιμαζόμενου μπορεί να υπερβαίνει κατά πολύ τη μέγιστη δύναμη του εξεταστή. Ως εκ τούτου, πριν από κάθε δοκιμή ή αξιολόγηση με τη χρήση του Nicholas MMT, ο εξεταστής θα πρέπει να προσδιορίσει την έκταση των δυνατοτήτων μέτρησης της δύναμής του. Ο εξεταστής καθορίζει τη μέγιστη δύναμη που μπορεί να προκαλέσει με το ένα χέρι, και στη συνέχεια με τα δύο χέρια, πιέζοντας το MMT ενάντια στο Force Test Support του εξεταστή.



Εικόνα 2.1.1.2. Δυναμόμετρο χειρός Nicholas MMT Lafayette (τροποποιήθηκε από: <https://www.google.gr/search?q=nicholas+lafayette&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ah>

UKEwjHj7e4_JPQAhVFVRQKHxhFBcQQ_AUICCgB&biw=1366&bih=662#tbm=isch&q=nic
holas+mmt+lafayette)

2.1.3. Δυναμοδάπεδο AMTI BP400600 OP

Το δυναμοδάπεδο AMTI BP400600 OP είναι μια ειδικά σχεδιασμένη πλατφόρμα ακριβούς μέτρησης της δύναμης αντίδρασης εδάφους. Η πλατφόρμα μετρά τις τρεις ορθογώνιες δυνάμεις με τις συντεταγμένες x , y και z . Η υψηλή ευαισθησία, η ακριβής επαναληψιμότητα και η μακροπρόθεσμη σταθερότητα καθιστούν ιδανική την πλατφόρμα για έρευνες καθώς αυτόματα, συλλέγονται δεδομένα σε λογισμικό του υπολογιστή.



Εικόνα 2.1.1.3. Δυναμοπλατφόρμα AMTI BP400600 OP

2.1.4. Borg Scale

Ο Borg, από τον οποίο πήρε και το όνομα της η κλίμακα, ανέπτυξε μια ψυχοσωματική κλίμακα έτσι ώστε να κωδικοποιηθεί η αντίληψη της προσπάθειας κατά την διάρκεια φυσικής άσκησης. Η κλίμακα Borg, αντιστοιχεί το βαθμό δυσκολίας της δραστηριότητας που εκτελείται με αριθμούς από το 6 έως το 20, βασισμένη στην αντίληψη του εξεταζόμενου.

Έτσι ξεκινώντας από την 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 ". 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).

Πίνακας 2.1.4.1. Βαθμονόμηση κλίμακας με αντίστοιχα παραδείγματα

How you might describe your exertion	Borg rating of your exertion	Examples (for most adults <65 years old)
None	6	Reading a book, watching television.
Very, very light	7 to 8	Tying shoes.
Very light	9 to 10	Chores like folding clothes that seem to take little effort.
Fairly light	11 to 12	Walking through the grocery store or other activities that require some effort but not enough to speed up your breathing.
Somewhat hard	13 to 14	Brisk walking or other activities that require moderate effort and speed your heart rate and breathing but don't make you out of breath.
Hard	15 to 16	Bicycling, swimming, or other activities that take vigorous effort and get the heart pounding and make breathing very fast.
Very hard	17 to 18	The highest level of activity you can sustain.
Very, very hard	19 to 20	A finishing kick in a race or other burst of activity that you can't maintain for long.

BORG RPE SCALE	
Rating	Perceived Exertion During Exercise
6	Very, very light
7	
8	
9	Very light
10	
11	Fairly light
12	
13	Somewhat light
14	
15	Hard
16	
17	Very hard
18	
19	Very, very hard
20	

Εικόνα 2.1.4.1 Borg Scale

2.2. Δοκιμαζόμενοι

Οι συμμετέχοντες που προσήλθαν εθελοντικά στην έρευνα ήταν εικοσιτέσσερις νεαροί υγιείς φοιτητές με καλή φυσική κατάσταση, ηλικίας από 18 έως 28. Στην πρώτη μας συνάντηση έγινε λεπτομερής ενημέρωση της διαδικασίας του πρωτοκόλλου κόπωσης που θα ακολουθούσαμε για τον τετρακέφαλο, τους οπίσθιους μηριαίους, τον γαστροκνήμιο και τον μέσο απαγωγό.

Αφού ενημερώθηκαν για την διαδικασία κόπωσης, οι δοκιμαζόμενοι με γραπτή συναίνεση πήραν μέρος στην διεξαγωγή της έρευνας παρέχοντας τους παράλληλα και το δικαίωμα να αποχωρήσουν ή να αποσυρθούν αν το επιθυμήσουν οποιαδήποτε στιγμή κατά την διάρκεια της δοκιμασίας. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν αυστηρά η ίδια για όλους τους δοκιμαζόμενους.

2.3. Διαδικασία

2.3.1. Σωματομετρήσεις

Αρχικά, συλλέχθηκαν πληροφορίες σχετικά με τα ξεχωριστά ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε δοκιμαζόμενου. Συγκεκριμένα, μας ενδιέφερε το βάρος και το ύψος των δοκιμαζόμενων, τα οποία ήταν σημαντικές πληροφορίες για την ρύθμιση παραμέτρων στο ισοκινητικό δυναμόμετρο με την βοήθεια του οποίου επήλθε η μυϊκή κόπωση.



Εικόνα 2.3.1. Ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex System 3-Pro

Στηριζόμενοι στο ύψος του κάθε δοκιμαζόμενου έγινε και η προσαρμογή του εμποδίου κατά την προσγείωση στην force platform, το οποίο υπολογίστηκε στο 15% του συνολικού τους ύψους.

2.3.2. Προθέρμανση

Κατά την έναρξη της διεξαγωγής της δοκιμασίας οι συμμετέχοντες έκαναν προθέρμανση προς αποφυγήν επιπλοκών κατά την διάρκεια της διαδικασίας της κόπωσης.

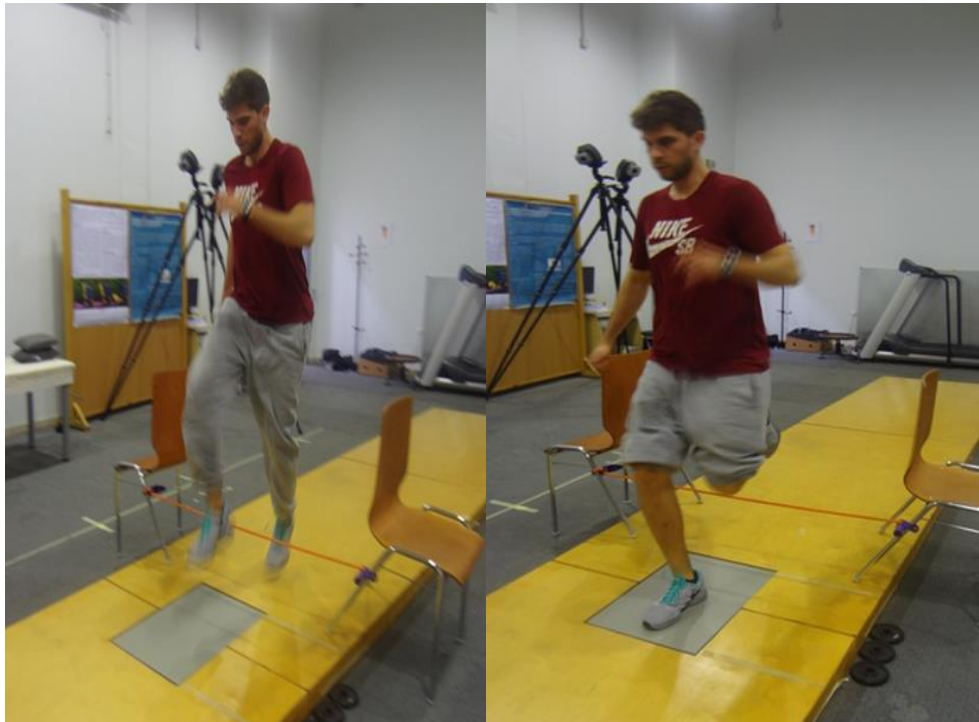
- Γενική προθέρμανση: η γενική προθέρμανση έγινε σε κυλιόμενο δάπεδο ή κυκλοεργόμετρο για δέκα (10) λεπτά με αυξανόμενη ταχύτητα και αντίσταση αντίστοιχα μέχρι την ήπια εφίδρωση.
- Ειδική προθέρμανση - Εξοικείωση με το εμπόδιο: μετά τη δεκάλεπτη προθέρμανση οι δοκιμαζόμενοι περπάτησαν τέσσερα (4) μέτρα πάνω στον διάδρομο μέχρι που έφθασαν στο ειδικά προσαρμοσμένο εμπόδιο και πραγματοποίησαν προσγείωση στο δυναμοδάπεδο μετά από υπερπήδηση εμποδίου. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε έως ότου να κατανοηθεί πλήρως από τον δοκιμαζόμενο.



Εικόνα 2.3.2. Προθέρμανση δοκιμαζόμενου σε κυλιόμενο δάπεδο έως τα όρια της ήπιας εφίδρωσης

2.3.3. Κινηματική ανάλυση προ κόπωσης

Αμέσως μετά την προθέρμανση, ο δοκιμαζόμενος περπάτησε πάνω στον διάδρομο μέχρι που έφθασε μπροστά στο δυναμοδάπεδο και εκτέλεσε έξι προσγειώσεις μετά από υπερπήδηση εμποδίου, με στόχο να εξοικειωθεί ο δοκιμαζόμενος με τη διαδικασία της προσγειώσεως και να αναλυθεί η κινηματική συμπεριφορά του κάτω άκρου πριν τη δοκιμασία της κόπωσης.



Εικόνα 2.3.3.1. Προσγείωση στο δυναμοδάπεδο μετά από υπερπήδηση εμποδίου πριν τη διαδικασία της κόπωσης

2.3.4. Τοποθέτηση δοκιμαζομένων – Μέτρηση μέγιστης δύναμης

Η τοποθέτηση των δοκιμαζομένων για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου κόπωσης για τον τετρακέφαλο, τους οπίσθιους μηριαίους, και τον γαστροκνήμιο έγινε στο ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex. Για τον τετρακέφαλο και τους οπίσθιους μηριαίους, η θέση ήταν ακριβώς η ίδια με την μόνη διαφορά πως η ισομετρική συστολή για τον πρώτο έγινε στις 60° ενώ για τον δεύτερο στις 30°. Για τον γαστροκνήμιο, το εξεταζόμενο κάτω άκρο

τοποθετήθηκε πάνω στο ειδικό εξάρτημα με πλήρη έκταση γόνατος και την ποδοκνημική σε μέση θέση (90°).

Οι δοκιμαζόμενοι κάθισαν στην καρέκλα η οποία ρυθμίστηκε ανάλογα με τα ανατομικά χαρακτηριστικά του κάθε δοκιμαζόμενου ξεχωριστά και σταθεροποιήθηκαν στην καρέκλα με ιμάντες σταθεροποίησης. Οι ιμάντες σταθεροποίησαν τον μηρό πάνω από τους μηριαίους κονδύλους, την κνήμη πάνω από το έσω σφυρό, τη λεκάνη και τον κορμό με δύο ιμάντες οι οποίοι χιάστηκαν. Για τον τετρακέφαλο και τους οπίσθιους μηριαίους, τοποθετήθηκε η κνήμη στο ειδικό εξάρτημα και ευθυγραμμίστηκε ο άξονας περιστροφής του γόνατος των δοκιμαζόμενων με τον άξονα του δυναμόμετρου. Η ευθυγράμμιση έγινε τροποποιώντας το ύψος της καρέκλας ή μετακινώντας τους δοκιμαζόμενους μπρός ή πίσω. Το ειδικό εξάρτημα διαθέτει αισθητήρες οι οποίοι κατέγραψαν και υπολόγισαν το εύρος τροχιάς της άρθρωσης του γόνατος. Τα αποτελέσματα εμφανίζονταν σε μία οθόνη υπολογιστή και από εκεί ρυθμίζονταν διάφοροι παράμετροι. Για τον γαστροκνήμιο εφαρμόστηκε στο ισοκινητικό δυναμόμετρο το ειδικό εξάρτημα που επιτρέπει αλλά και καταγράφει την πελματιαία και ραχιαία κάμψη της ποδοκνημικής. Η ποδοκνημική δέθηκε πάνω στο ειδικό εξάρτημα για να μην χάνεται η επαφή κατά την πελματιαία κάμψη. Δόθηκε έμφαση:

- στον άξονα περιστροφής έτσι ώστε να είναι σε ουδέτερη θέση και να περνάει μέσα από το σώμα του αστραγάλου, το έξω σφυρό και μέσα ή ακριβώς κάτω από το έσω σφυρό και
- στην ελεύθερη κίνηση της ποδοκνημικής άρθρωσης.

Πριν την έναρξη της δοκιμασίας υπολογίστηκε στο ισοκινητικό δυναμόμετρο το εύρος της κάμψης - έκτασης στο γόνατο, της ραχιαίας - πελματιαίας κάμψης της ποδοκνημικής και το βάρος του κάτω άκρου.



Εικόνα 2.3.4.1. Ιμάντες σταθεροποίησης (τροποποιήθηκε από http://osmci.gr/el/facility/isokinetiko_dunamometro)

α. ιμάντες σταθεροποίησης κορμού

β. ιμάντες σταθεροποίησης μηρού πάνω από τους μηριαίους κονδύλους

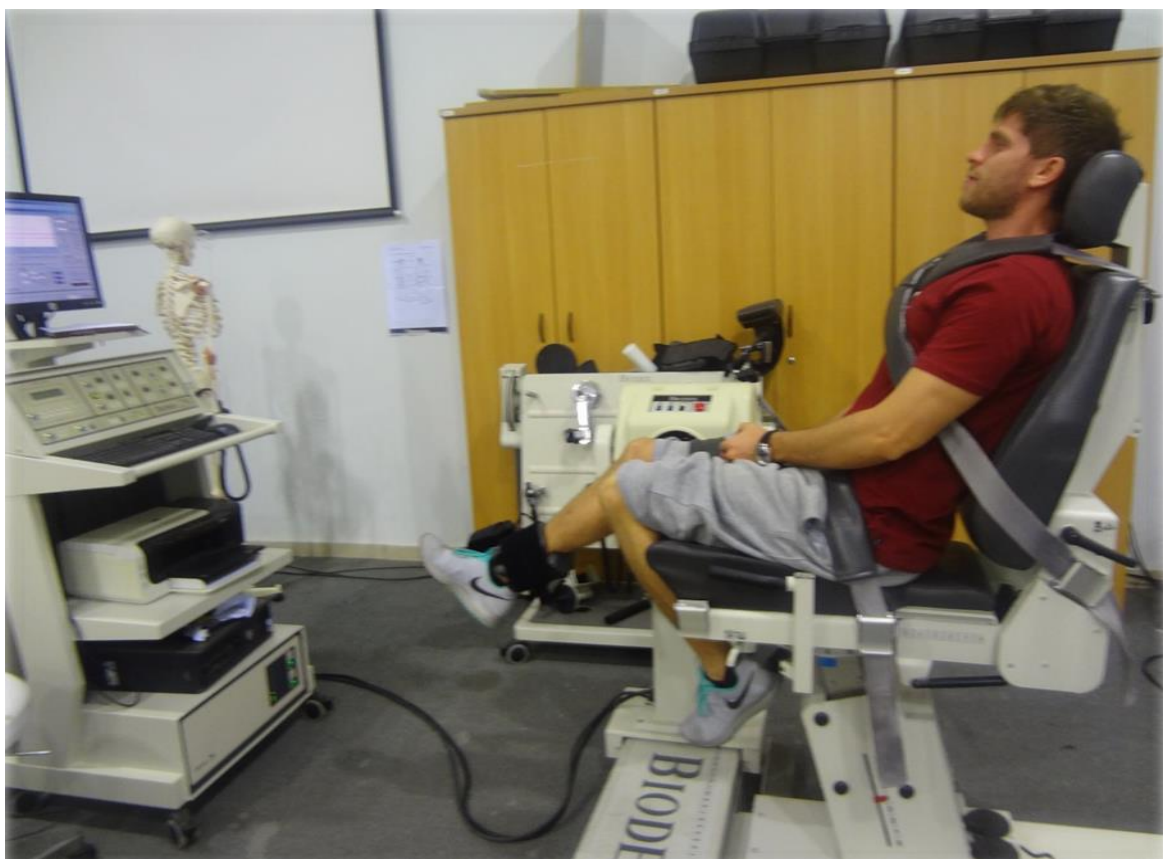
γ. ιμάντες σταθεροποίησης κνήμης πάνω από το έσω σφυρό

δ. ειδικό εξάρτημα για την κάμψη του γόνατος

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η μέγιστη ισομετρική δύναμη του τετρακεφάλου, των οπίσθιων μηριαίων και του γαστροκνημίου ξεχωριστά μέσα από τρεις μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις, διάρκειας τεσσάρων δευτερολέπτων με ενδιάμεσα διαλείμματα 30 δευτερολέπτων. Στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίστηκε στο τέλος η μέγιστη ισομετρική σύσπαση ανάμεσα από τις τρεις επαναλήψεις.



Εικόνα 2.3.4.2. Τοποθέτηση δοκιμαζόμενου στο ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex για την έναρξη της δοκιμασίας κόπωσης του γαστροκνημίου



Εικόνα 2.3.4.3. Έναρξη κόπωσης τετρακεφάλου μέσω ισκινητικού δυναμόμετρου Biodex System 3

Για τον μέσο γλουτιαίο η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: ο δοκιμαζόμενος ξάπλωσε στο θεραπευτικό κρεβάτι του εργαστηρίου σε ύπτια κατάκλιση και του δόθηκε η οδηγία με το " πάμε " να εκτελέσει μέγιστη απαγωγή ισχίου. Πριν την έναρξη της σύσπασης όμως η μία θεραπεύτρια σταθεροποίησε την λεκάνη πιέζοντας πάνω στις πρόσθιες άνω λαγόνιες ακρολοφίες και η άλλη θεραπεύτρια τοποθέτησε το δυναμόμετρο χειρός πέντε εκατοστά πάνω από τον έξω μηριαίο κόνδυλο, το οποίο έπρεπε να σπρώξει ο εξεταζόμενος κατά τη μέτρηση.

Στην αρχή έγιναν κάποιες επαναλήψεις για να εξοικειωθεί ο δοκιμαζόμενος με τη διαδικασία και αμέσως μετά δόθηκε το παράγγελμα και έγινε μέγιστη ισομετρική σύσπαση μέσου γλουτιαίου για να μετρηθεί η μέγιστη δύναμη του μυός. Έγιναν τρεις επαναλήψεις μεταξύ των οποίων μεσολάβησαν διαλείμματα μερικών δευτερολέπτων.



Εικόνα 1.6.1. Μέτρηση μέγιστης δύναμης μέσω γλουτιαίου:

1° βέλος: η θεραπεύτρια σταθεροποιεί τον δοκιμαζόμενο από τις πρόσθιες άνω λαγόνιες ακρολοφίες

2° βέλος: η θεραπεύτρια εφαρμόζει το δυναμόμετρο χειρός 5 cm πάνω από τον μηριαίο κόνδυλο και βάζει αντίσταση στον δοκιμαζόμενο για να καταγραφεί η μέγιστη ισομετρική δύναμη του μέσου γλουτιαίου

2.3.5. Πρωτόκολλο κόπωσης

Η κόπωση των τεσσάρων μυϊκών ομάδων έγινε με τυχαιοποιημένη σειρά όπου οι δύο μυϊκές ομάδες εξετάστηκαν στο κυρίαρχο πόδι και οι άλλες δύο στο μη κυρίαρχο. Το πρωτόκολλο κόπωσης ολοκληρώθηκε σε δύο μέρες, με διάστημα ξεκούρασης το λιγότερο πέντε ημερών μεταξύ τους. Την ημέρα που εξετάζονταν δύο μυϊκές ομάδες, μετά την κόπωση της πρώτης ομάδας υπήρχε ένα διάλειμμα 30 λεπτών για αποθεραπεία και έπειτα ακολουθούσε η κόπωση της δεύτερης μυϊκής ομάδας.

Η διαδικασία της κόπωσης είχε ως εξής: ο δοκιμαζόμενος ξεκινούσε με μέγιστη συστολή από τις 60° για τον τετρακέφαλο, από τις 30° για τους οπίσθιους μηριαίους από τις 0° για τον γαστροκνήμιο, με απαγωγή στο ύψος των ώμων για τον μέσο γλουτιαίο και προσπαθούσε να κρατά το ίχνος της δύναμής του που εμφανίζονταν και αυτό στην οθόνη, πάνω από την γραμμή αναφοράς των 50%. Για να διατηρήσουν τη σύσπαση πάνω από το 50% της μέγιστης, τους δίνονταν λεκτική και οπτική παρότρυνση, με ίδιο τρόπο σε όλους τους δοκιμαζόμενους. Κατά τη διάρκεια της παρατεταμένης σύσπασης εμφανιζόταν η αναμενόμενη σταδιακή μείωση της μέγιστης δύναμης και όταν αυτή έπεφτε κάτω από το 50% για τρεις συνεχόμενες φορές δίνονταν διάλειμμα πέντε δευτερολέπτων. Η διαδικασία τελείωνε όταν πλέον αδυνατούσε να πραγματοποιήσει σύσπαση πάνω από το 50% της μέγιστης σύσπασης των μυϊκών ομάδων. Από τη στιγμή που άρχισε η δοκιμασία μετρήθηκε με χρονόμετρο ο συνολικός χρόνος της δοκιμασίας κόπωσης.



Εικόνα 2.3.5.1. Έναρξη κόπωσης οπίσθιων μηριαίων από τις 30°

Για τον μέσο γλουτιαίο το πρωτόκολλο κόπωσης είχε ως εξής: ο δοκιμαζόμενος από πλάγια κατάκλιση με το εξεταζόμενο πόδι από την πάνω πλευρά κλίθηκε να κρατήσει παρατεταμένα το κάτω άκρο σε απαγωγή στο ύψος των ώμων. Ανάλογα με τη φυσική

κατάσταση και τη μέγιστή του δύναμη ο εξεταζόμενος επιβαρύνθηκε με επιπλέον βάρος στο κάτω τριτημόριο της περόνης. Με λεκτική παρότρυνση προσπάθησε να κρατήσει το κάτω άκρο κοντά στο ύψος του ώμου. Όταν η κόυρασή του ήταν τέτοια που δεν μπορούσε να σηκώσει το πόδι του, του δίνονταν διάλειμμα πέντε με δέκα δευτερόλεπτα. Αυτή η διαδικασία συνεχίστηκε μέχρι να μην είναι σε θέση να σηκώσει το πόδι του στο ύψος των ώμων μετά από διάλειμμα. Τότε ο εξεταζόμενος γύρισε σε ύπτια κατάκλιση, αφού αφαιρέθηκε γρήγορα το εξωτερικό φορτίο, για να ακολουθηθεί η διαδικασία της μέγιστης δύναμης του μέσου γλουτιαίου για να ελεγχθεί αν η δύναμή του μειώθηκε κατά 50% της μέγιστης του δύναμης. Αν στο δυναμόμετρο χειρός δεν είχε μειωθεί η δύναμη κατά το ήμισυ η διαδικασία συνέχιζε όπως πριν. Στη περίπτωση όμως που είχε μειωθεί, ο δοκιμαζόμενος σηκωνόταν γρήγορα από το θεραπευτικό κρεβάτι και πήγαινε να κάνει έξι άλματα στο δυναμοδάπεδο.

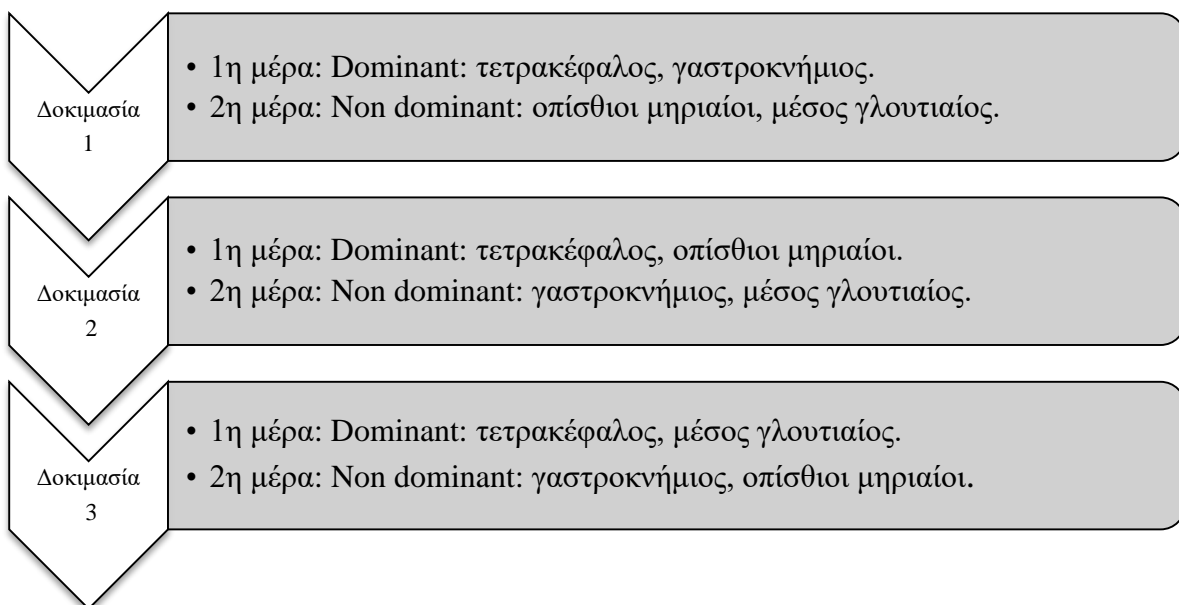


Εικόνα 2.3.5.2. Έναρξη κόπωσης μέσω γλουτιαίου. Ο δοκιμαζόμενος κρατάει παρατεταμένα το κάτω άκρο στο ύψος του ώμου, έχοντας προστεθεί εξωτερικό βάρος στην ποδοκνημική. Η θεραπεύτρια σταθεροποιεί τη λεκάνη του.



Εικόνα 2.3.5.3. Μέτρηση μέγιστης ισομετρικής δύναμης μέσω γλουτιαίου για να υπολογιστεί η απώλεια της δύναμης του μύος έπειτα από την δοκιμασία

Παρακάτω παρατίθεται αυτούσιο το πρωτόκολλο κόπωσης που ακολουθήσαμε:



Δοκιμασία 4

- 1η μέρα : Non dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, μέσος γλουτιαίος.
- 2η μέρα: Dominant: τετρακέφαλος, γαστροκνήμιος.

Δοκιμασία 5

- 1η μέρα : Non dominant: γαστροκνήμιος, μέσος γλουτιαίος.
- 2η μέρα: Dominant: τετρακέφαλος, οπίσθιοι μηριαίοι.

Δοκιμασία 6

- 1η μέρα : Non dominant: γαστροκνήμιος, οπίσθιοι μηριαίοι.
- 2η μέρα: Dominant: τετρακέφαλος, μέσος γλουτιαίος.

Δοκιμασία 7

- 1η μέρα : Non dominant: τετρακέφαλος, γαστροκνήμιος.
- 2η μέρα: Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, μέσος γλουτιαίος.

Δοκιμασία 8

- 1η μέρα : Non dominant: τετρακέφαλος, οπίσθιοι μηριαίοι.
- 2η μέρα: Dominant: γαστροκνήμιος, μέσος γλουτιαίος.

Δοκιμασία 9

- 1η μέρα : Non dominant: τετρακέφαλος, μέσος γλουτιαίος.
- 2η μέρα: Dominant: γαστροκνήμιος, οπίσθιοι μηριαίοι.

Δοκιμασία 10

- 1η μέρα: Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, μέσος γλουτιαίος.
- 2η μέρα: Non dominant: τετρακέφαλος, γαστροκνήμιος.

Δοκιμασία 11

- 1η μέρα: Dominant: γαστροκνήμιος, μέσος γλουτιαίος.
- 2η μέρα: Non dominant: τετρακέφαλος, οπίσθιοι μηριαίοι.

Δοκιμασία 12

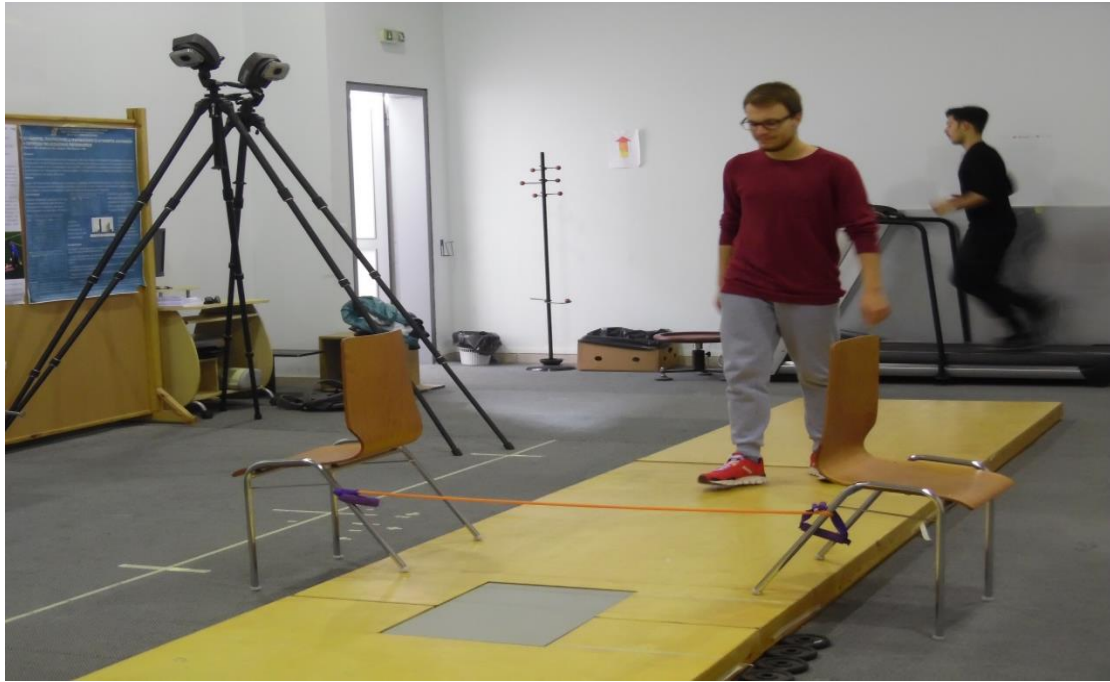
- 1η μέρα: Dominant: γαστροκνήμιος, οπίσθιοι μηριαίοι.
- 2η μέρα: Non dominant: τετρακέφαλος, μέσος γλουτιαίος.

Δοκιμασία 13	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Dominant: γαστροκνήμιος, τετρακέφαλος. • 2η μέρα: Non Dominant: μέσος γλουτιαίος, οπίσθιοι μηριαίοι.
Δοκιμασία 14	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, τετρακέφαλος. • 2η μέρα: Non Dominant: μέσος γλουτιαίος, γαστροκνήμιος.
Δοκιμασία 15	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Dominant: μέσος γλουτιαίος, τετρακέφαλος. • 2η μέρα: Non Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, γαστροκνήμιος.
Δοκιμασία 16	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Non Dominant: μέσος γλουτιαίος, οπίσθιοι μηριαίοι. • 2η μέρα: Dominant: γαστροκνήμιος, τετρακέφαλος.
Δοκιμασία 17	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Non Dominant: μέσος γλουτιαίος, γαστροκνήμιος. • 2η μέρα: Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, τετρακέφαλος.
Δοκιμασία 18	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Non Dominant: μέσος γλουτιαίος, τετρακέφαλος. • 2η μέρα: Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, γαστροκνήμιος.
Δοκιμασία 19	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Non Dominant: γαστροκνήμιος, τετρακέφαλος. • 2η μέρα: Dominant: μέσος γλουτιαίος, οπίσθιοι μηριαίοι.
Δοκιμασία 20	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Non Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, τετρακέφαλος. • 2η μέρα: Dominant: μέσος γλουτιαίος, γαστροκνήμιος.
Δοκιμασία 21	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Non Dominant: μέσος γλουτιαίος, τετρακέφαλος. • 2η μέρα: Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, γαστροκνήμιος.

Δοκιμασία 22	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Dominant: μέσος γλουτιαίος, οπίσθιοι μηριαίοι. • 2η μέρα: Non dominant: γαστροκνήμιος, τετρακέφαλος.
Δοκιμασία 23	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Dominant: μέσος γλουτιαίος, γαστροκνήμιος. • 2η μέρα: Non dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, τετρακέφαλος.
Δοκιμασία 24	<ul style="list-style-type: none"> • 1η μέρα: Dominant: οπίσθιοι μηριαίοι, γαστροκνήμιος. • 2η μέρα: Non dominant: μέσος γλουτιαίος, τετρακέφαλος.

2.3.6. Προσγείωση στο δυναμοδάπεδο

Εφόσον η παραγόμενη δύναμη των εκάστοτε μυϊκών ομάδων έπεφτε κάτω από το 50%, ο δοκιμαζόμενος κατέβαινε γρήγορα από το ισοκινητικό δυναμόμετρο Biodex ή από το εξεταζόμενο κρεβάτι και πήγαινε στο διάδρομο του δυναμοδαπέδου όπου έπρεπε να περπατήσει μια μικρή απόσταση 10 μέτρων μέχρι να φτάσει μπροστά από την δυναμοπλατφόρμα να υπερπηδήσει ένα εμπόδιο ύψους, το οποίο είχε ρυθμιστεί στο 15% του συνολικού ύψους του δοκιμαζόμενου και να προσγειωθεί με το κουρασμένο πόδι στο δυναμοδάπεδο. Στο δυναμοδάπεδο σταθεροποιήθηκε δύο με τρία δευτερόλεπτα για να καταγράψει το λογισμικό τη μυϊκή δραστηριότητα και την εμβιομηχανική της προσγείωσης μετά από κόπωση της κάθε μυϊκής ομάδας. Στην συνέχεια, ο δοκιμαζόμενος επέστρεφε γρήγορα στην αρχή του διαδρόμου του δυναμόμετρου για να επαναλάβει το πέρασμα του εμποδίου. Συνολικά σημειώθηκαν έξι προσγειώσεις στη δυναμοπλατφόρμα. Τελικά, τα δεδομένα αποθηκεύθηκαν με τη μορφή txt στον υπολογιστή τα οποία μετατράπηκαν σε αρχεία excel.



Εικόνα 2.3.6.1. Προετοιμασία για προσγείωση στο δυναμοδάπεδο



Εικόνα 2.3.6.1. Υπερήδηση εμποδίου και προσγείωση στο δυναμοδάπεδο για ανάλυση της εμβιομηχανικής της προσγείωσης έπειτα από κόπωση γαστροκνήμιου μύος

2.3.7. Αποθεραπεία

Στο τέλος της δοκιμασίας της κάθε μυϊκής ομάδας, ο δοκιμαζόμενος έκανε αυτοδιατάσεις προς αποφυγήν καθυστερημένης έναρξης μυϊκού πόνου (DOMS) και ρωτήθηκε για την αντιληπτή αίσθηση κόπωσης με βάση την σωματοαισθητική κλίμακα Borg Scale.

Έπειτα, ακολούθησε ξεκούραση του δοκιμαζομένου 30 λεπτά για επανάληψη της διαδικασίας δυναμομέτρησης και κόπωσης για άλλη μυϊκή ομάδα βάση της τυχαιοποίησης.

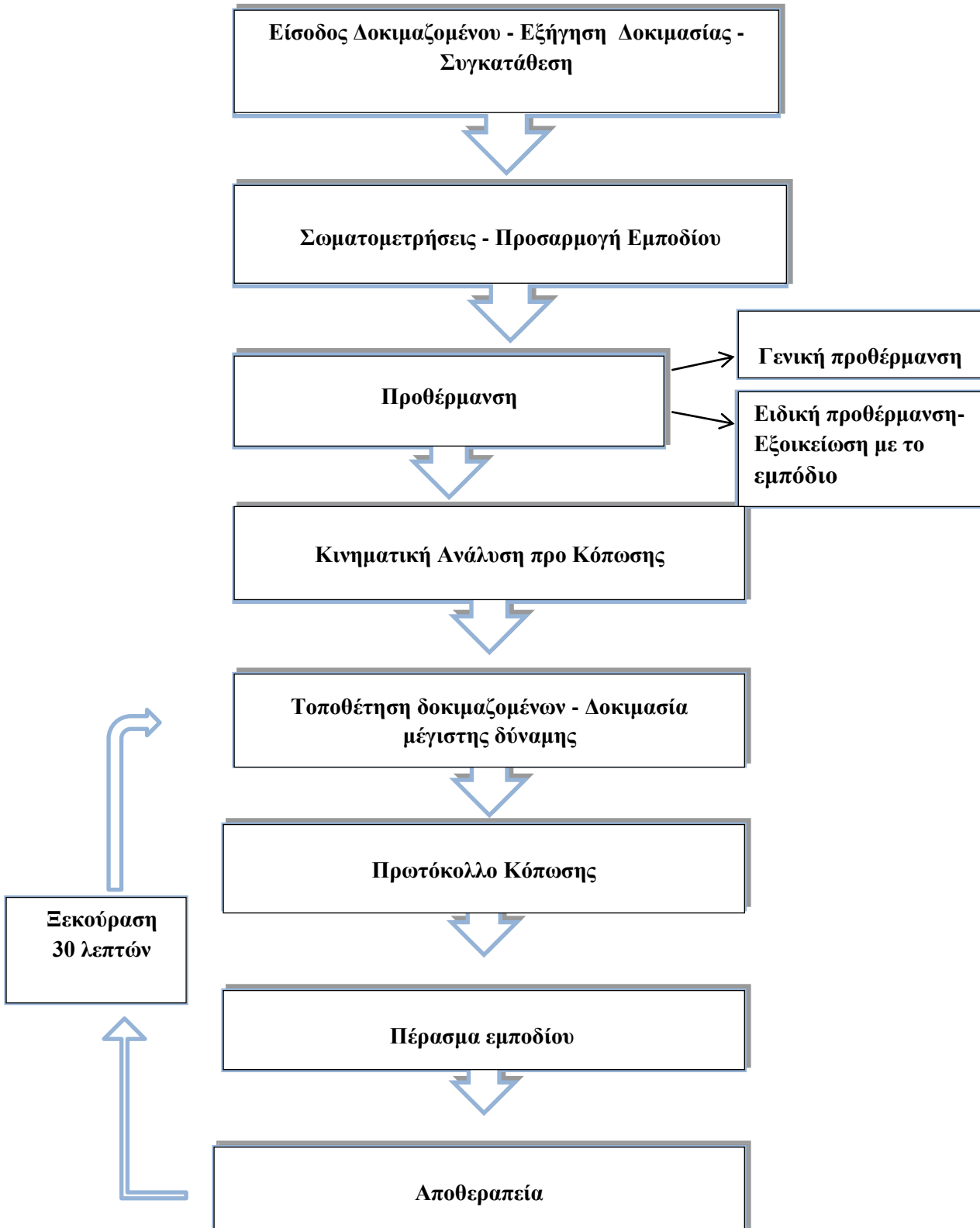
2.4. Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics v20. Έγινε έλεγχος One Way ANOVA για τις μεταβλητές:

- Μέγιστης δύναμης στον μετωπιαίο άξονα (Fx) και
- Χρόνος μέχρι τη μέγιστη δύναμη στο μετωπιαίο επίπεδο (TTPFx)

Στην περίπτωση Στατιστικής Σημαντικότητας ακολούθησε έλεγχος Tuckey για την ανάδειξη των επιμέρους στατιστικώς σημαντικά διαφορών.

2.3.1 Διάγραμμα διαδικασίας

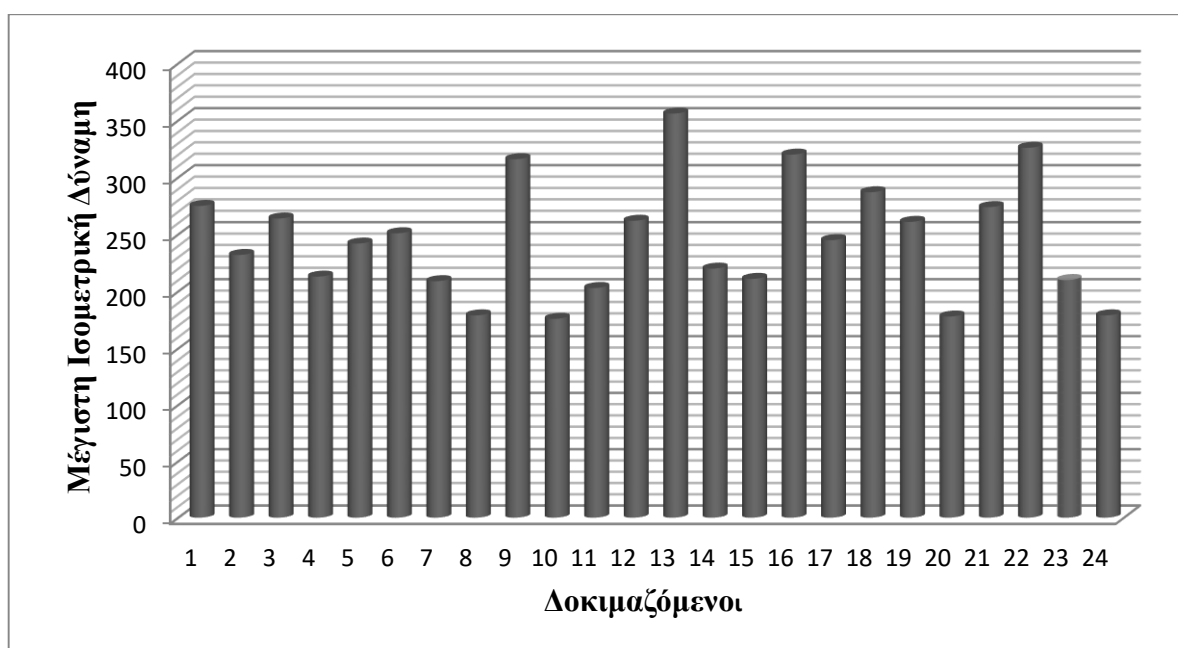


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για την έναρξη της δοκιμασίας κόπωσης της κάθε μυϊκής ομάδας μετρήθηκε η μεμονωμένη μέγιστη παραγόμενη δύναμη αυτών με τρεις μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις, διάρκειας τεσσάρων δευτερολέπτων μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονταν 30 δευτερόλεπτα διάλλειμα, η αντιληπτή αίσθηση κόπωσης και ο συνολικός χρόνος της δοκιμασίας της κόπωσης.

3.1. Τετρακέφαλος

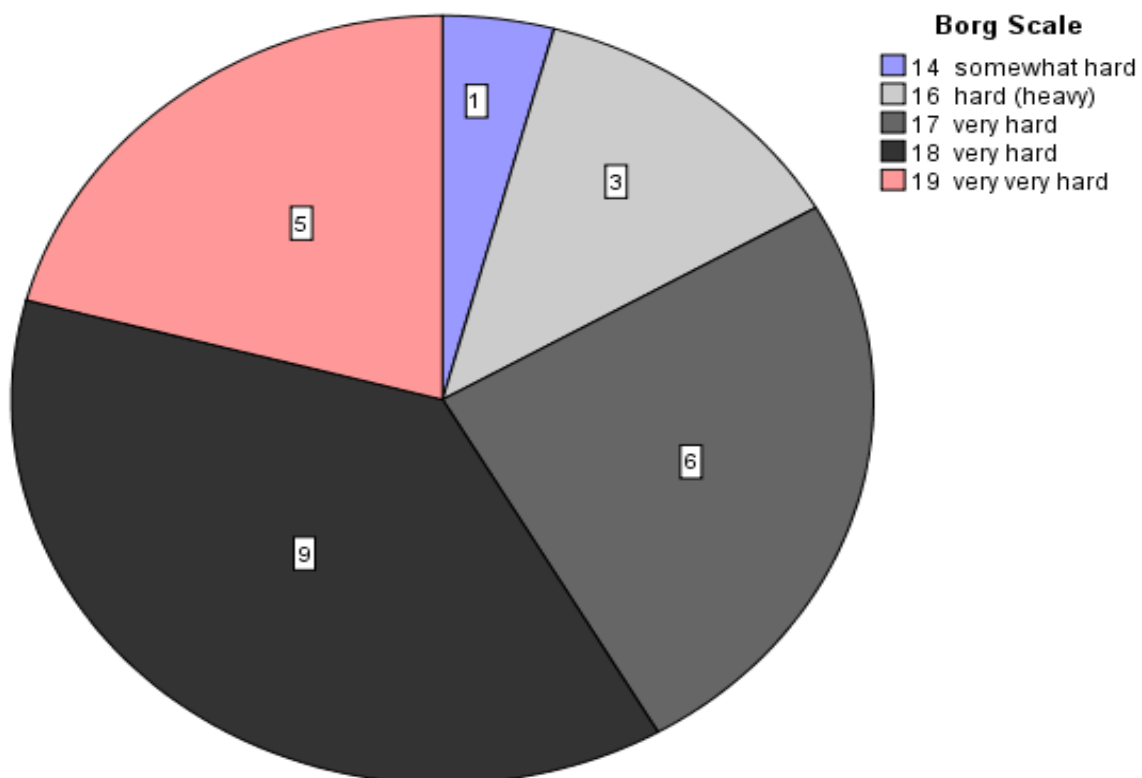
Κατά μέσο όρο η μέγιστη δύναμη του τετρακεφάλου πριν την κόπωση στο δείγμα ήταν 245,37 N. Η μεγαλύτερη σύσπαση που καταγράφηκε ανάμεσα στους 24 δοκιμαζόμενους ήταν η 356 N και η μικρότερη η 176 N. Αφότου οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποιούσαν και τις έξι προσγειώσεις στο δυναμοδάπεδο, ρωτήθηκαν για την αντιληπτή αίσθηση της κόπωσης με βάση την Borg scale. Η αίσθηση κόπωσης στον τετρακέφαλο των εξεταζόμενων ήταν κατά μέσο όρο 17,54 η οποία χαρακτηρίζεται ως πολύ δύσκολη άσκηση. Η μικρότερη τιμή που καταγράφηκε στην Borg Scale ήταν η 14 και η μεγαλύτερη η 19. Επιπροσθέτως, καταγράφηκε ο συνολικός χρόνος από την στιγμή που άρχισε η μέγιστη ισομετρική σύσπαση του τετρακεφάλου μέχρι τη στιγμή που η δύναμη θα έπεφτε κάτω από το 50% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης. Κατά μέσο όρο ο χρόνος που απαιτήθηκε για να μειωθεί η δύναμη του τετρακεφάλου κατά το ήμισυ ήταν 03:10 λεπτά.



Γράφημα 3.1.1. Μέγιστες ισομετρικές τιμές του τετρακεφάλου μύος

Πίνακας 3.1.1. Συνοπτικός πίνακας αίσθησης κόπωσης τετρακεφάλου

	N	Minimum	Maximum	Mean
Borg Scale τετρακεφάλου	24	14	19	17,54



Γράφημα 3.1.2. Ποσοστιαία κατανομή αίσθησης κόπωσης του τετρακεφάλου των δοκιμαζόμενων με βάση την κλίμακα Borg

Πίνακας 3.1.2 Συγκεντρωτικός πίνακας χρόνου κόπωσης τετρακεφάλου

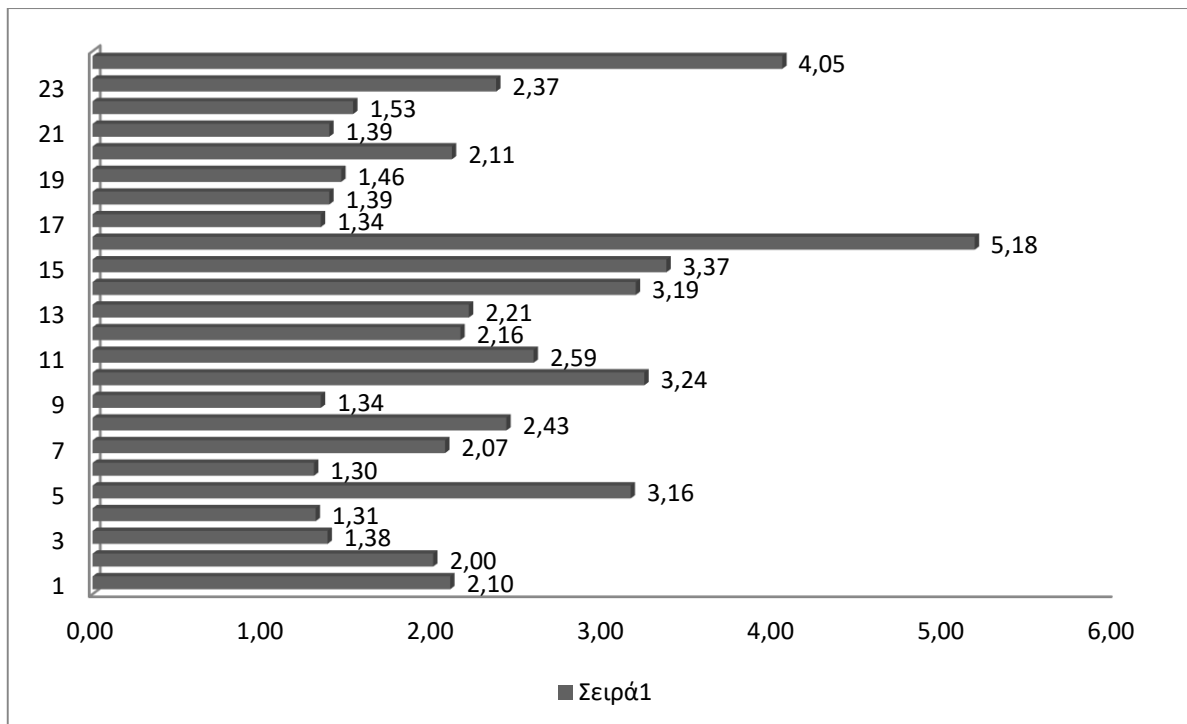
	N	Minimum	Maximum	Mean
Χρόνος τετρακεφάλου	24	1,37	5,41	3,10

3.2. Οπίσθιοι Μηριαίοι

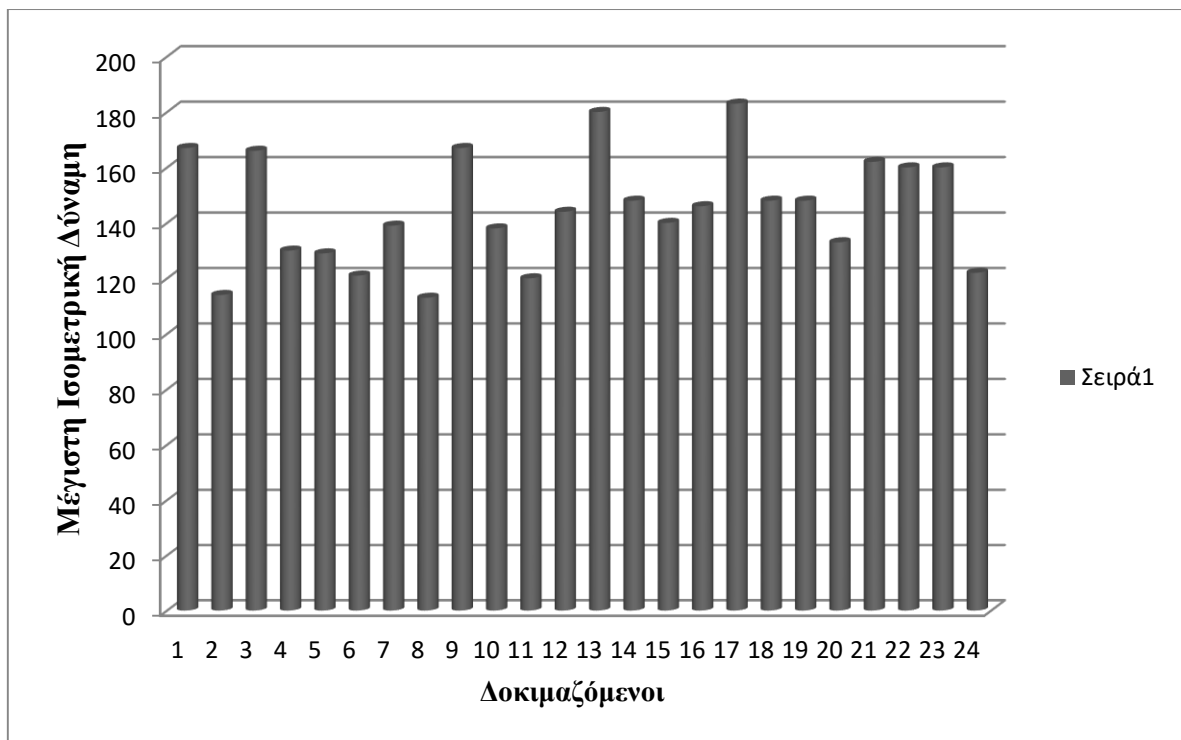
Η μέγιστη δύναμη των οπίσθιων μηριαίων του δείγματος κατά μέσο όρο υπολογίστηκε στα 144,92 N. Η μεγαλύτερη τιμή που καταγράφηκε κατά την σύσπαση ήταν η 183 N και η μικρότερη η 113 N. Κατά μέσο όρο η αίσθηση δυσκολίας της κόπωσης των οπίσθιων μηριαίων του δείγματος ήταν 17,3. Αναλυτικότερα, από τους εξεταζόμενους οι εννιά απάντησαν πως η δυσκολία της δοκιμασίας που αισθάνονταν κατατάσσεται στο 17, οι επτά στο 18, οι τέσσερις στο 15 και οι υπόλοιποι τέσσερις στο 19. Τέλος, οι εξεταζόμενοι έκαναν αυτοδιάταση των οπίσθιων μηριαίων για να μειωθεί ο κίνδυνος καθυστερημένης έναρξης μυϊκός πόνος (DOMS). Τέλος ο χρόνος που χρειάστηκε για να επέλθει η κόπωση στο δείγμα ήταν κατά μέσο όρο 02:28 min.

Πίνακας 3.2.1. Συνοπτικός πίνακας χρόνος κόπωσης οπίσθιων μηριαίων

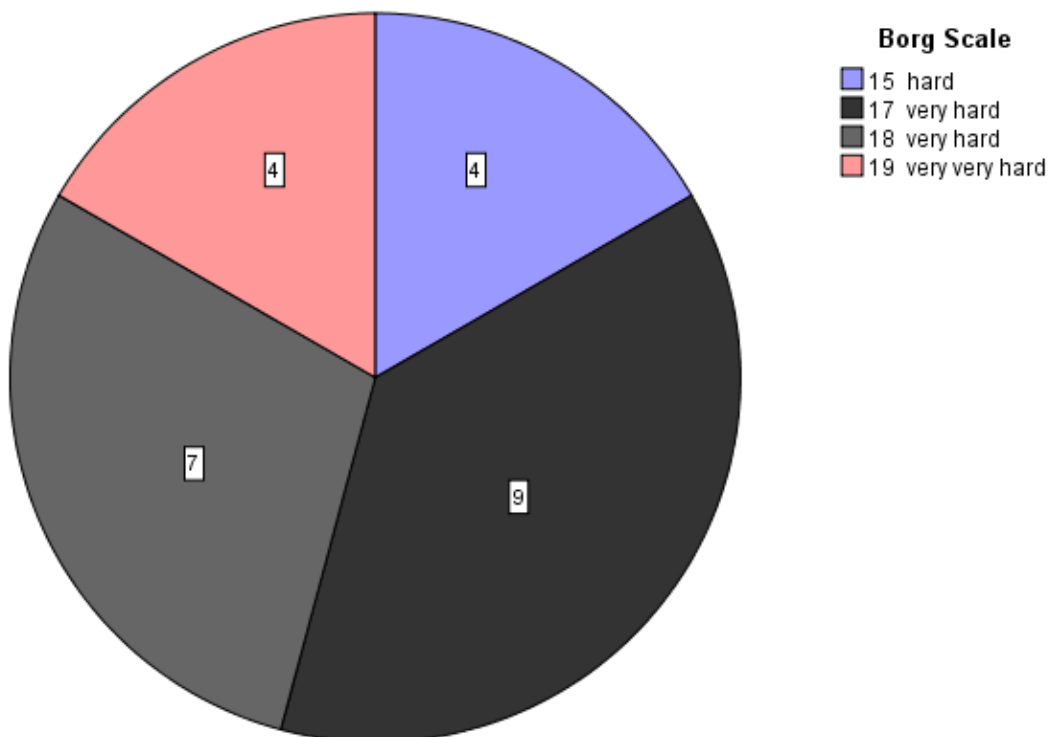
	N	Minimum	Maximum	Mean
Χρόνος κόπωσης οπίσθιων μηριαίων	24	1,30	5,18	2,28



Διάγραμμα 3.2.1. Διασπορά χρόνων κόπωσης οπίσθιων μηριαίων των εξεταζόμενων



Γράφημα 3.2.1. Μέγιστη παραγόμενη ισομετρική δύναμη οπίσθιων μηριαίων ανά δοκιμαζόμενο



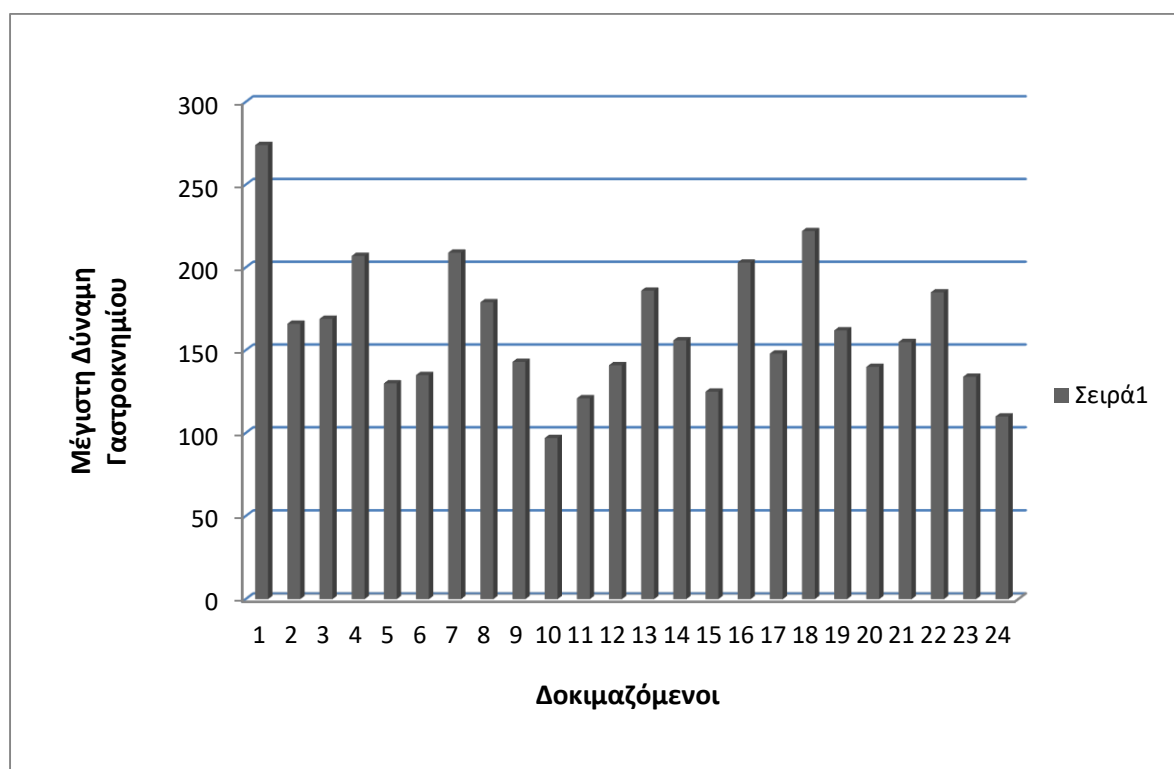
Γράφημα 3.2.2. Κατανομή αντιληπτής αίσθησης δυσκολίας διαδικασίας κόπωσης οπίσθιων μηριαίων

3.3. Γαστροκνήμιος

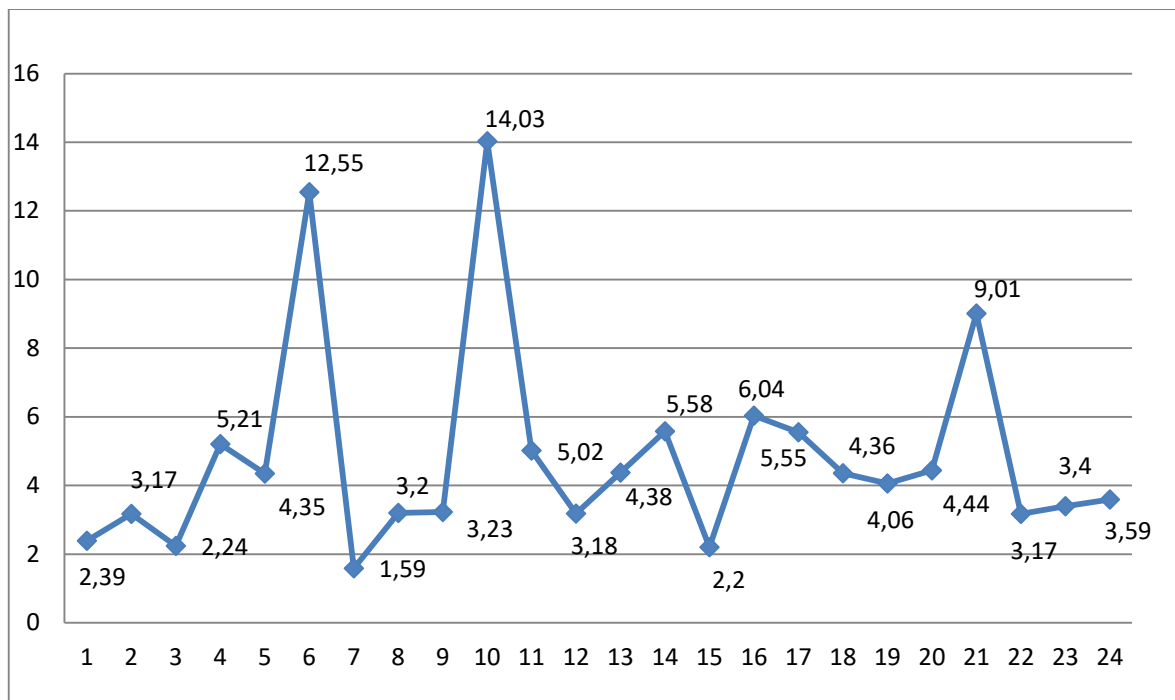
Η μέγιστη δύναμη του γαστροκνημίου στο δείγμα κατά μέσο όρο ήταν 163 N. Η μικρότερη αναγραφόμενη σύσπαση ήταν η 97 N και η μεγαλύτερη η 274 N. Κατά τη διάρκεια της κόπωσης του γαστροκνήμιου καταγράφηκε ο χρόνος που χρειάστηκε για να μειωθεί η δύναμη του γαστροκνημίου 50% της αρχικής μέγιστης σύσπασης του, ο οποίος κατά μέσο όρο ήταν 04:83 min. Ο μικρότερος χρόνος που χρειάστηκε για να επέλθει κόπωση ήταν 01:59 min και ο μεγαλύτερος 14:03 min. Κατά μέσο όρο η αντιληπτή αίσθηση κόπωσης του γαστροκνημίου στο δείγμα ήταν στο 17,20. Αναλυτικότερα, στο δείγμα το 29,17% απάντησε πως η κόπωση που ένιωσαν κατά την δοκιμασία του γαστροκνημίου ήταν στο 16 της κλίμακας Borg. Το 25% απάντησε 17 και το άλλο 25% απάντησε 19, το 12,50% απάντησε 18 ενώ μόνο το 8,33% απάντησε 15.

Πίνακας 3.3.1. Συγκεντρωτικός πίνακας χρόνων που απαιτήθηκαν για την κόπωση του γαστροκνημίου

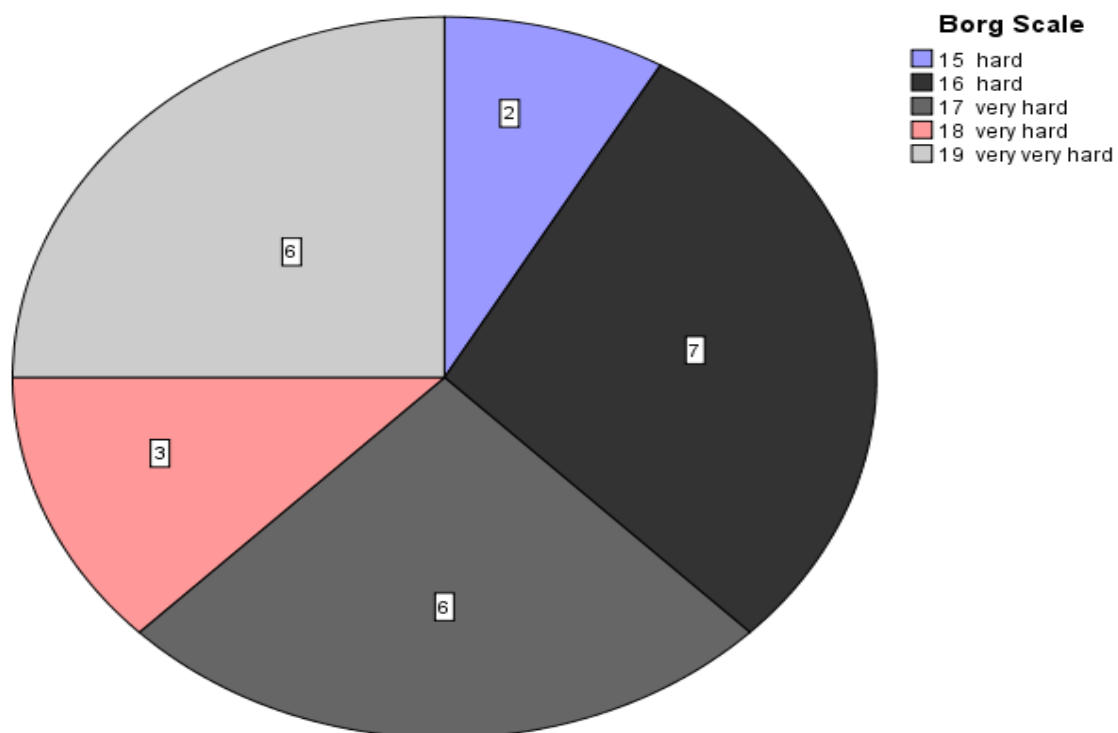
	N	Minimum	Maximum	Mean
Χρόνος Κόπωσης Γαστροκνημίου	24	1,59	14,03	4,83



Γράφημα 3.3.1. Τιμές μέγιστης ισομετρικής δύναμης γαστροκνήμιου μυός κάθε δοκιμαζόμενου



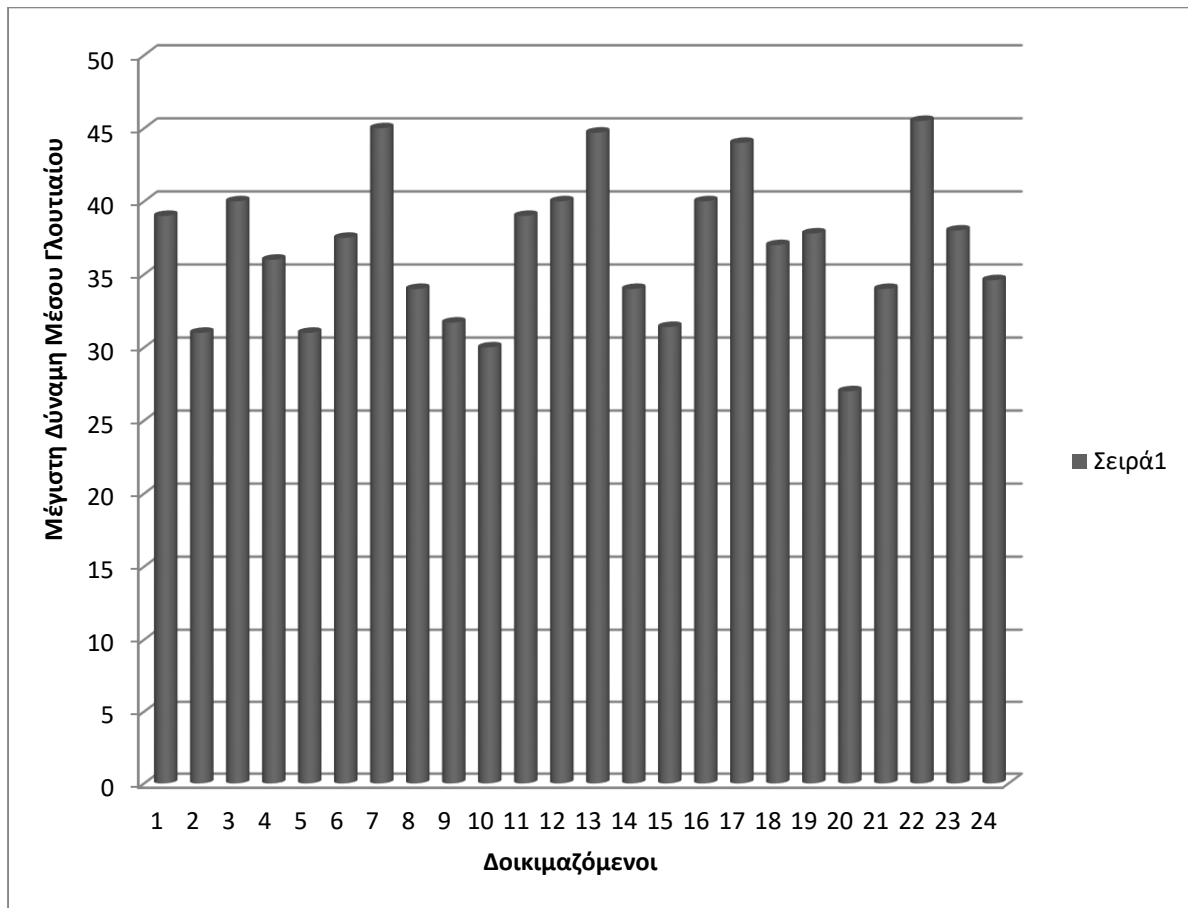
Γράφημα 3.3.2. Χρόνοι που απαιτήθηκαν για να μειωθεί η μέγιστη δύναμη του γαστροκνημίου κατά το ήμισυ στο δείγμα



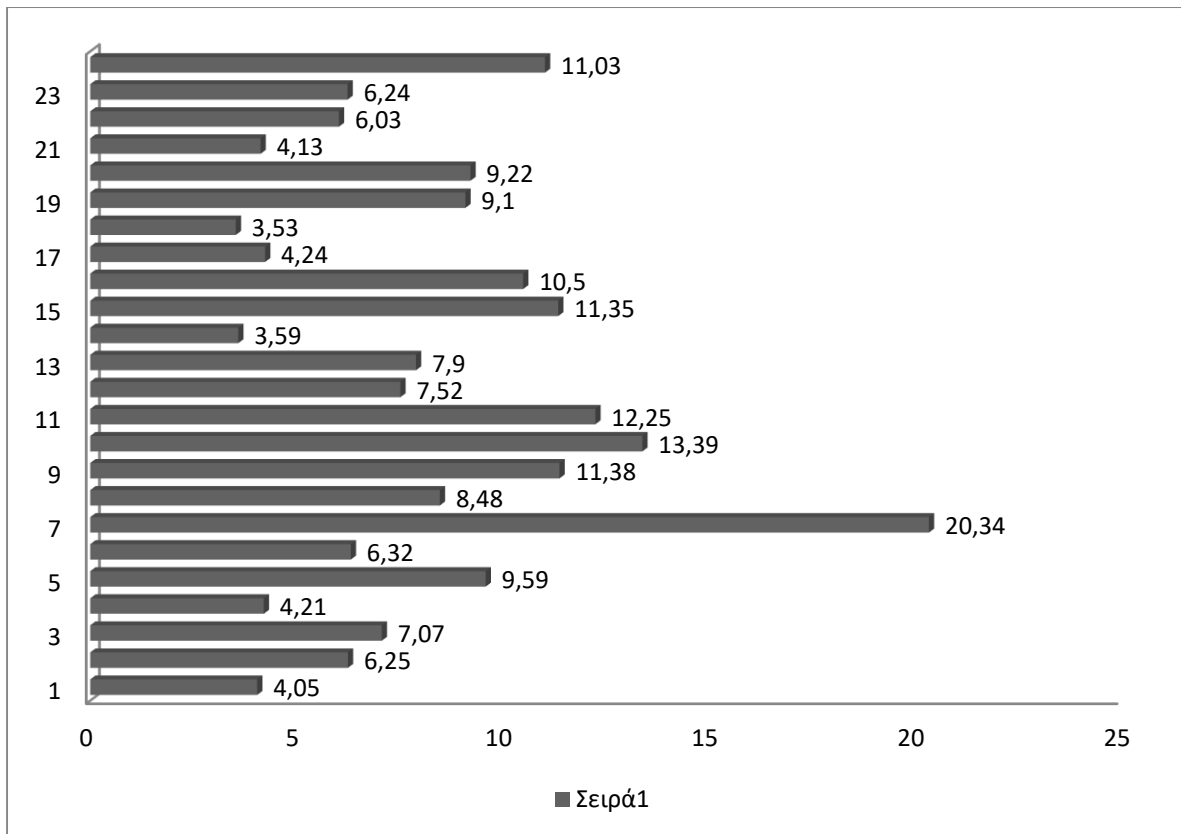
Γράφημα 3.3.3. Κατανομή αντιληπτής αίσθησης δυσκολίας κόπωσης γαστροκνημίου με βάση την κλίμακα Borg

3.4. Μέσος γλουτιαίος

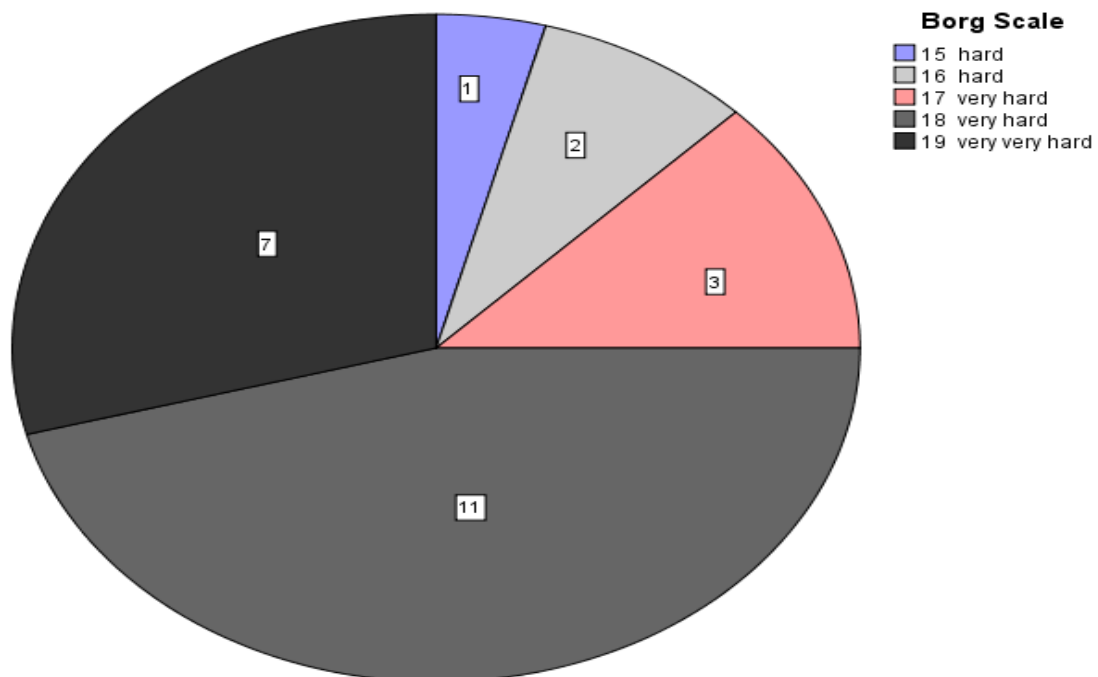
Μετά από τρεις μέγιστες συσπάσεις του μέσου γλουτιαίου η δύναμη που καταγράφηκε στο δείγμα ήταν κατά μέσο όρο 36.75 N. Η μικρότερη σύσπαση εντοπίζεται στα 27 N και η μεγαλύτερη στα 45,5 N. Ο μεγαλύτερος χρόνος που χρειάστηκε για να επέλθει η κόπωση ήταν 20:34 min, ο μικρότερος ήταν 03:53 min ενώ κατά μέσο όρο οι δοκιμαζόμενοι του δείγματος έχασαν την μισή τους δύναμη σε 08:24 min. Κατά μέσο όρο η αντιληπτή αίσθηση κόπωσης του μέσου γλουτιαίου στο δείγμα ήταν 17,9. Αναλυτικότερα, έντεκα από τους δοκιμαζόμενους στηριζόμενοι στην κλίμακα Borg κατέταξαν την κόπωση του μέσου γλουτιαίου στο 18, επτά στο 19, τρεις στο 17, δύο στο 16 και μόνο ένας στο 15.



Γράφημα 3.4.1. Μέγιστη παραγόμενη ισομετρική δύναμη μέσου γλουτιαίου ανά δοκιμαζόμενο



Γράφημα 3.4.2. Χρόνοι που απαιτήθηκαν για να μειωθεί η μέγιστη δύναμη του μέσου γλουτιαίου 50%



Γράφημα 3.4.3. Κατανομή αντιληπτής αίσθησης δυσκολίας διαδικασίας κόπωσης του μέσου γλουτιαίου με βάση την κλίμακα Borg

Πίνακας 3.4.1. Συγκεντρωτικός πίνακας μέγιστης ισομετρικής δύναμης, αντιληπτής αίσθησης κόπωσης και συνολικού χρόνου κόπωσης για κάθε μυϊκή ομάδα

Μεταβλητές	Τετρακέφαλος	Οπίσθιοι Μηριαίοι	Γαστροκνήμιος	Μέσος γλουτιαίος
Μέγιστη ισομετρική δύναμη	245,37	144,92	163	36,75
Borg Scale	17,54	17,3	17,20	17,9
Χρόνος κόπωσης	03:10	02:28	04:83	08:24

3.5 Στατιστική ανάλυση

Κατά την διάρκεια της ανάλυσης των δεδομένων εξετάστηκε ο χρόνος μέχρι την μέγιστη δύναμη στο μετωπιαίο επίπεδο (TTPFx) με μονάδα μέτρησης το 1 εκατοστό του δευτερολέπτου. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας στον οποίο αναγράφονται οι μέσοι όροι των χρόνων του μέσου γλουτιαίου, του γαστροκνημίου, των οπίσθιων μηριαίων, του τετρακεφάλου και οι μέσοι όροι πριν την κόπωση. Επιπροσθέτως, εξετάστηκε η τυπική απόκλιση κάθε συνθήκης.

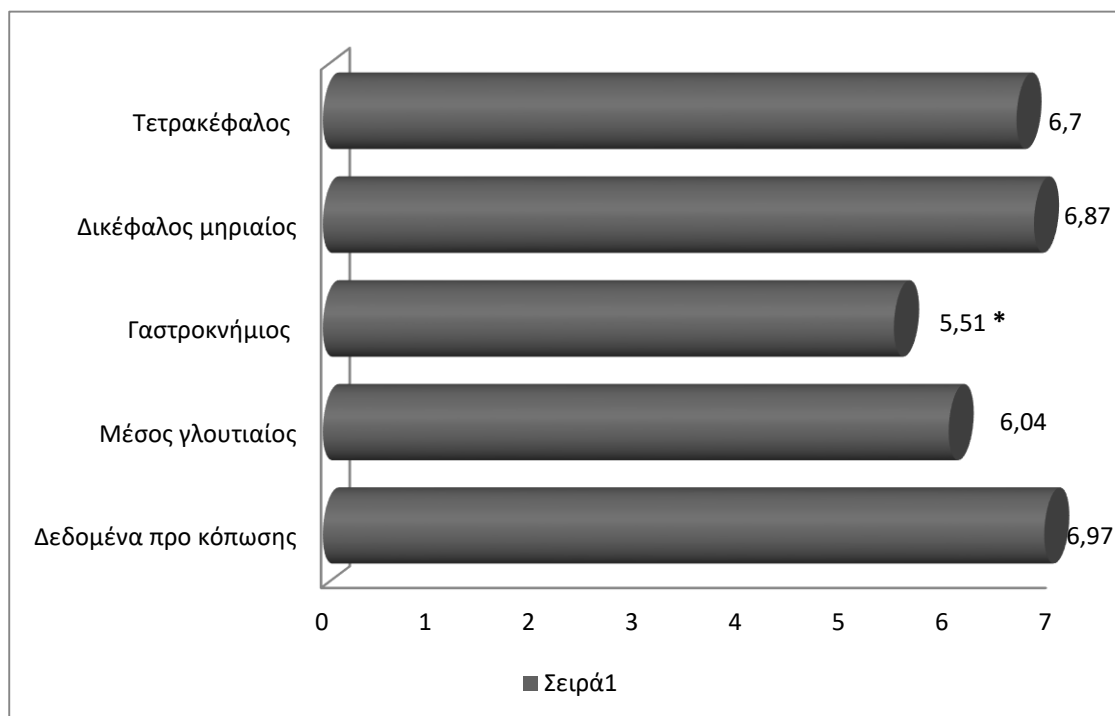
Πίνακας 3.5.1. Περιγραφικά στοιχεία χρόνου μέχρι την μέγιστη δύναμη στο μετωπιαίο επίπεδο

Συνθήκη	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Δεδομένα προ κόπωσης	6,97	1,68
Μέσος γλουτιαίος	6,04	1,79
Γαστροκνήμιος	5,51	1,24
Οπίσθιοι μηριαίοι	6,87	1,95
Τετρακέφαλος	6,70	2,22

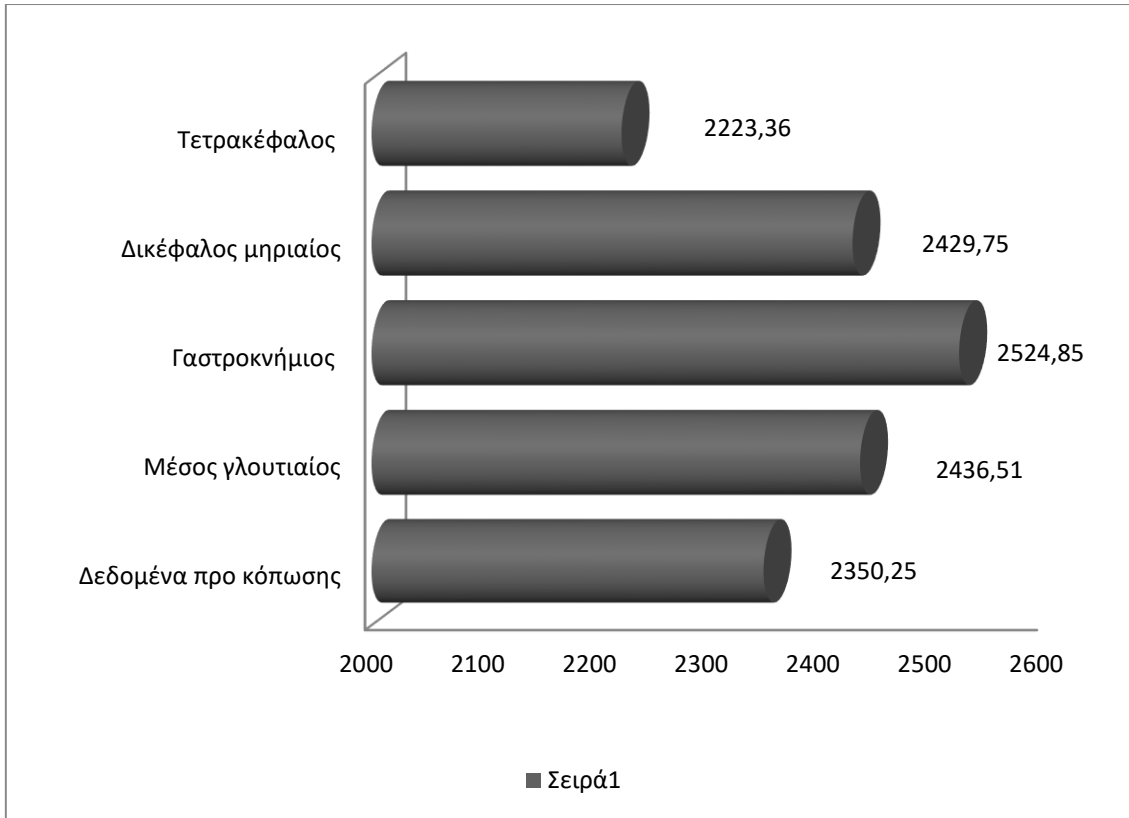
Μια ακόμα παράμετρος που εξετάστηκε στην έρευνα ήταν η μέγιστη δύναμη στον μετωπιαίο άξονα (Fx) με μονάδα μέτρησης την N. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας στον οποίο εμφανίζεται η μέγιστη δύναμη και η τυπική απόκλιση κάθε συνθήκης.

Πίνακα 3.5.2. Περιγραφικά στοιχεία μέγιστης δύναμης Fx

Συνθήκη	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Δεδομένα προ κόπωσης	2350,25	429,88
Μέσος γλουτιαίος	2436,51	391,47
Γαστροκνήμιος	2524,85	341,09
Οπίσθιοι μηριαίοι	2429,75	319,48
Τετρακέφαλος	2223,36	436,55
Total	2394,37	392.64



Διάγραμμα 3.5.1. * Στατιστικά σημαντική διαφορά $p < 0,005$. Χρόνοι μέχρι τη μέγιστη δύναμη στο μετωπιαίο επίπεδο



Διάγραμμα 3.5.2. Μέγιστη δύναμη στο μετωπιαίο επίπεδο ανά συνθήκη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός της ερευνητικής μας εργασίας ήταν να καταγραφούν οι επιπτώσεις της κόπωσης μεμονωμένα σε τέσσερις διαφορετικές μυϊκές ομάδες (γαστροκνήμιος, τετρακέφαλος, οπίσθιοι μηριαίοι και μέσος γλουτιαίος) των κάτω άκρων στο πέρασμα εμποδίου, ώστε να διερευνηθεί ο βαθμός συνεισφοράς της καθεμιάς μυϊκής ομάδας στη λειτουργική αυτή δραστηριότητα.

Έγινε επιλογή να αναλυθούν τα δεδομένα στο μετωπιαίο επίπεδο στο οποίο η ισορροπία είναι πιο επιρρεπής σε απώλεια. Χρησιμοποιήθηκαν δύο μεταβλητές: η μέγιστη δύναμη και ο χρόνος για τη μέγιστη τιμή στο μετωπιαίο επίπεδο. Και στις δύο παραμέτρους βρήκαμε τη χρησιμότητα κάθε μυϊκής ομάδας, μετά από το πέρασμα εμποδίου ρυθμιζόμενο στο 15% του συνολικού ύψους του δοκιμαζομένου, και όχι την ολιστική κόπωση στην κλειστή κινητική αλυσίδα. Με βάση την πρώτη μεταβλητή, φάνηκε πως ως προς τη μέγιστη δύναμη δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές. Αναλυτικότερα, βρέθηκε πως η μέση τιμή της μέγιστης Fx ήταν μεγαλύτερη κατά φθίνουσα σειρά μετά από κόπωση του γαστροκνήμιου (2524,85), του μέσου γλουτιαίου (2436,51), των οπίσθιων μηριαίων (2429,75) και τέλος του τετρακέφαλου (2223,36). Όπως προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

Όσον αφορά τη δεύτερη μεταβλητή, η ανάλυση ANOVA ανέδειξε στατιστική σημαντικότητα ($p=0,028$) ως προς τον χρόνο της μέγιστης δύναμης για τη μέγιστη τιμή. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές κυμαίνονταν σε παρόμοια επίπεδα μεταξύ του τετρακεφάλου, οπίσθιων μηριαίων και μέσου γλουτιαίου. Αναλυτικότερα, όπως ήδη φάνηκε από τα ευρήματα, σε συνθήκες κόπωσης χρειάστηκε (κατά φθίνουσα σειρά) περισσότερος χρόνος για την πρόκληση της μέγιστης δύναμης από τους οπίσθιους μηριαίους με τιμή 6.87, από τον τετρακέφαλο με τιμή 6.70 και τέλος λιγότερο χρόνο από τον μέσο γλουτιαίο με τιμή 6.07. Όπως έδειξε και η μετά-ANOVA ανάλυση (Post-hoc Tuckey), μετά την κόπωση του γαστροκνημίου, η μέγιστη δύναμη στο μετωπιαίο άξονα ήταν μικρότερη. Δηλαδή ο χρόνος για την ανάπτυξη μέγιστης δύναμης στο μετωπιαίο επίπεδο ήταν σημαντικά συντομότερος στην περίπτωση της κόπωσης του γαστροκνημίου με την τιμή να φτάνει στο 5.51.

Ο λόγος που επιλέχθηκε να γίνει η παραπάνω έρευνα ήταν για να αποδειχθεί και να συζητηθεί τι ακριβώς προκαλείται στις παραπάνω μυϊκές ομάδες υπό συνθήκες κόπωσης. Έγιναν υποθέσεις, από τις οποίες κάποιες διαψεύστηκαν λόγω των διαφορετικών ευρημάτων

που θα αναμενόταν. Αρχικά, υποθέσαμε πως ως προς τη μέγιστη μυϊκή δύναμη προ και μετά κόπωσης θα υπήρχαν σημαντικές διαφορές διότι όπως προκύπτει και από τη βιβλιογραφία, η κόπωση μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη μέγιστη μυϊκή δύναμη σε δραστηριότητες όπως την υπερπήδηση εμποδίων. Ύστερα, έγινε η υπόθεση πως ο χρόνος για την ανάπτυξη μέγιστης δύναμης στο μετωπιαίο επίπεδο θα επηρεάζε περισσότερο τους απαγωγούς λόγω του ότι οι απαγωγοί βρίσκονται στο μετωπιαίο επίπεδο και λιγότερο τον γαστροκνήμιο, τον τετρακέφαλο και τους οπίσθιους μηριαίους. Στις επόμενες παραγράφους θα αναλυθούν και θα δικαιολογηθούν οι υποθέσεις, οι οποίες φάνηκε να μην συμβαδίζουν ακριβώς με τα αποτελέσματα των ευρημάτων.

Αιτιολογώντας τα παραπάνω αποτελέσματα, όσον αφορά τις τιμές της μεταβλητής της μέγιστης δύναμης, θα αναμενόταν οι τιμές μετά την κόπωση να ήταν χαμηλότερες από τις συνθήκες προ κόπωσης, ωστόσο δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά. Πιθανώς αυτό να οφείλεται στο ότι η επιλεκτική κόπωση της μιας μυϊκής ομάδας αναπληρώνεται από άλλες κινήσεις εντός της κινητικής αλυσίδας. Όσον αφορά τη δεύτερη μεταβλητή, ο χρόνος για την ανάπτυξη μέγιστης δύναμης στο μετωπιαίο επίπεδο ήταν σημαντικά συντομότερος στην περίπτωση της κόπωσης του γαστροκνημίου. Αυτό σημαίνει ότι σε συνθήκες κόπωσης ήταν πιο απότομη η ανάπτυξη της δύναμης, η οποία προέρχεται από τη μεταφορά βάρους στο μετωπιαίο άξονα. Θα αναμενόταν αυτό να συμβαίνει με την κόπωση των απαγωγών ισχίου που βρίσκονται στο μετωπιαίο επίπεδο αλλά φαίνεται ότι πάλι η κινητική αλυσίδα συγκαλύπτει το έλλειμά τους ίσως διότι κατά την προσγείωση γίνεται κάμψη ισχίου γόνατος και ποδοκνημικής, αποσβαίνοντας φορτία και στην ουσία μεταφέροντας την κίνηση στο οβελιαίο επίπεδο. Η κόπωση του γαστροκνημίου πιθανώς να οδήγησε σε πιο απότομη φόρτιση στο μετωπιαίο επίπεδο, διότι είναι ο μυς που βρίσκεται κοντύτερα στην επιφάνεια επαφής με το έδαφος, με πιο άμεση επίπτωση στον έλεγχο των κινήσεων. Ωστόσο, το παραπάνω αποτέλεσμα μπορεί να δικαιολογηθεί από το πρωτόκολλο κόπωσης των απαγωγών καθώς και από την αναξιοπιστία του δυναμομέτρου, το οποίο δεν έδειχνε ακριβείς τιμές μέγιστων συσπάσεων του μέσου γλουτιαίου, πράγμα που σημαίνει πως πιθανώς οι απαγωγοί των δοκιμαζομένων να μην έφτασαν τελικά στη μέγιστη μυϊκή τους κόπωση και άρα τα αποτελέσματα να μην έδειξαν μειωμένο χρόνο ανάπτυξης μέγιστης δύναμης στο μετωπιαίο επίπεδο πρώτα στους απαγωγούς.

Μία σχετική μελέτη (Smith M. P. et al., 2009), η οποία ασχολήθηκε με τις επιδράσεις της κόπωσης στα δύο φύλα στο μετωπιαίο επίπεδο του γόνατος και τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους κατά τη διάρκεια της προσγείωσης επιβεβαιώνει πως η κόπωση, αλλά όχι το

φύλο επηρεάζει τον νευρομυϊκό έλεγχο κατά την εκτέλεση προσγείωσης. Τα αποτελέσματα της MANOVA έδειξαν σημαντική ($p \leq 0.05$) διαφορά μεταξύ των καταστάσεων προ-κόπωσης και κόπωσης, αλλά δεν υπήρχαν σημαντικές ($p > 0.05$) διαφορές που παρατηρούνται ως προς το φύλο ή η κόπωση από την αλληλεπίδραση των δύο φύλων. Συγκρίνοντας την έρευνα του Smith με τη δική μας, προκύπτουν πολλές διαφορές όσον αφορά τους χρόνους των τιμών των δυνάμεων στους μύες προ και μετά κόπωσης καθώς ακολουθήθηκε διαφορετικό πρωτόκολλο. Στο πρωτόκολλο των Smith et al. οι δοκιμαζόμενοι «κούραζαν» όλες τις μυϊκές ομάδες ταυτόχρονα, σπρώχνοντας ισομετρικά μία μπάρα άσκησης (exercise bar) που ήταν αλυσοδεμένη στον τοίχο έχοντας τα γόνατά τους λυγισμένα στις σε γωνία 60 μοιρών και έπειτα υπερπηδούσαν εμπόδιο ύψους 50 εκατοστών. Πιο αναλυτικά, οι μετρήσεις του τετρακεφάλου χωρίστηκαν στις δύο κεφαλές του, όπου ο έξω πλατύς μηριαίος είχε τιμές 7.4 προ και 33.2 μετά κόπωσης και ο έσω πλατύς μηριαίος 9.4 προ και 20.3 μετά κόπωσης, ενώ στη δική μας έρευνα εξετάστηκε ολόκληρος ο τετρακέφαλος όπου είχε τιμές 6.97 προ και 6.7 μετά κόπωσης. Με τον ίδιο τρόπο χωρίστηκαν και οι δύο κεφαλές του δικεφάλου μηριαίου, όπου η έσω κεφαλή του δικεφάλου μηριαίου έδειξε τιμές 9.8 προ και 28.3 μετά κόπωσης και η έξω κεφαλή την ίδια τιμή 36.2 προ και μετά κόπωσης, ενώ στη δική μας έρευνα ολόκληρος ο δικεφάλος μηριαίος έδειξε τιμές 6.97 προ και 6.87 μετά κόπωσης. Τέλος, συγκρίνοντας τον γαστροκνήμιο στην έρευνα του Smith με την παρούσα έρευνα, φαίνεται πως στην πρώτη οι τιμές του γαστροκνημίου είναι 7.2 προ και 31.3 μετά κόπωσης, ενώ στη δεύτερη 6.97 προ και 5.51 μετά κόπωσης. Οι παραπάνω τιμές αφορούν μόνο τους άνδρες, εφόσον σκοπός μας ήταν να συγκριθούν οι διαφορές των τιμών και στις δύο έρευνες μόνο μεταξύ ανδρών και όχι γυναικών. Ωστόσο, δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τα αποτελέσματα των δύο φύλων στην έρευνα του Smith. Τα παραπάνω αποτελέσματα αποδεικνύουν πως σε αντίθεση με τη δική μας έρευνα, υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά προ και μετά κόπωσης στη μυϊκή δύναμη όπως θα αναμενόταν. Αυτό επιβεβαιώνεται και πάλι από το διαφορετικό πρωτόκολλο κόπωσης. Πιθανώς το πρωτόκολλο του Smith να επηρέασε περισσότερο τις μυϊκές ομάδες και γι αυτό να υπήρξε σημαντική διαφορά ως προς τις τιμές των δυνάμεων προ και μετά κόπωσης. Επιπλέον, μια άλλη σκέψη είναι πως ρόλο έπαιξε και το διαφορετικό ύψος του εμποδίου που υπερπήδησαν οι συμμετέχοντες. Προφανώς το ύψος του εμποδίου παίζει μεγάλο ρόλο στις δυνάμεις που δημιουργούνται κατά την προσγείωση ιδιαίτερα σε συνθήκες κόπωσης, άρα όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος, τόσο πιο πολύ επηρεάζει τις δυνάμεις που κατανέμονται και δημιουργούνται στους μύες που υπέστησαν την κόπωση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μιας άλλης μελέτης (Pappas E. et al., 2007) η οποία ασχολήθηκε με τις επιπτώσεις του φύλου και της κόπωσης στην εμβιομηχανική των αμφοτερόπλευρων προσγειώσεων από άλμα (μέγιστες τιμές), μετά το πρωτόκολλο κόπωσης παρατηρήθηκε πως οι επιπτώσεις της κόπωσης και του φύλου ήταν στατιστικά σημαντικές, αλλά δεν υπήρξε κάποια αλληλεπίδραση μεταξύ της κόπωσης και του φύλου. Μετά την κόπωση και τα δύο φύλα προσγειώθηκαν με αυξημένη κατακόρυφη δύναμη αντίδρασης εδάφους, μέγιστη κανονικοποιημένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (NEMG) του ορθού μηριαίου και με αυξημένη απαγωγή ποδιού (6.6). Παρόμοια αποτελέσματα, αν και μετρήθηκαν μόνο οι δυνάμεις του μέσου γλουτιαίου στο δυναμοδάπεδο, φάνηκαν και στη δική μας έρευνα. Συγκρίνοντας την έρευνα του Pappas με τη δική μας, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη δραστηριότητα των απαγωγών πριν και μετά την κόπωση. Ακολούθως, ο Pappas ανέλυσε τις μέγιστες τιμές των επιδράσεων της κόπωσης όσον αφορά τις εμβιομηχανικές παραμέτρους που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια της προσγείωσης, παράμετροι που δεν χρησιμοποιήθηκαν στη δική μας έρευνα. Επίσης, μια άλλη αντιπαράθεση με τη δική μας έρευνα είναι πως στην παραπάνω μελέτη, καταγράφηκε η κανονικοποιημένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (NEMG) των μυών των κάτω άκρων (ορθός μηριαίος, δικέφαλος μηριαίος και γαστροκνήμιος), και έδειξε στατιστική σημαντικότητα της επίδρασης της κόπωσης στον δικέφαλο μηριαίο και στον γαστροκνήμιο, αλλά όχι στον ορθό μηριαίο.

Μια παλαιότερη έρευνα (Rozzi S. L. et al., 1999), ασχολήθηκε με τις επιδράσεις της μυϊκής κόπωσης στη χαλαρότητα της άρθρωσης του γόνατος και τα νευρομυϊκά χαρακτηριστικά σε θυληκούς και αρσενικούς αθλητές. Συγκρίνοντας την έρευνα του Rozzi με τη δική μας, βρέθηκαν ομοιότητες ως προς την καταγραφή των χρόνων των μυικών συστολών. Ο Rozzi απομονώνοντας πρώτα τις μυϊκές ομάδες, κατέληξε πως η προκαλούμενη μυϊκή κόπωση αύξησε σημαντικά την έναρξη του χρόνου συστολής της έσω κεφαλής του δικεφάλου μηριαίου (medial hamstring) και της έξω κεφαλής του γαστροκνημίου (lateral gastrocnemius), αλλά όχι της έξω κεφαλής του δικεφάλου μηριαίου (lateral hamstring) και της έσω κεφαλής του γαστροκνημίου (medial gastrocnemius). Η μυϊκή κόπωση δεν επηρέασε σημαντικά την έναρξη του χρόνου της συστολής άλλων μυών. Όσον αφορά τον τετρακέφαλο, η μυϊκή κόπωση αύξησε σημαντικά την πρώτη επαφή του έσω και έξω πλατύ μηριαίου. Αντιπαραθέτοντας τα αποτελέσματα της έρευνάς μας με του Rozzi, παρατηρήθηκε πως ο χρόνος μέχρι τη μέγιστη συστολή και ιδιαίτερα μετά την κόπωση του γαστροκνημίου ήταν σημαντικά μικρότερος (5.51) από το χρόνο συστολής των

υπολοίπων μυών, ενώ αντιθέτως ο Rozzi παρατήρησε την έναρξη του χρόνου συστολής πολύ μικρότερη στον δικέφαλο μηριαίο (έσω κεφαλή 4.75 και έξω κεφαλή 1.85). Η διαφορά αυτή πιθανώς να οφείλεται στο διαφορετικό πρωτόκολλο κόπωσης που ακολουθήθηκε στην έρευνα, όπου ενώ στη δική μας έρευνα εξετάσαμε ξεχωριστά την κόπωση του κάθε ενός από του 4 βασικούς μύες των κάτω άκρων (τετρακέφαλος, οπίσθιοι μηριαίοι, γαστροκνήμιος, μέσος γλουτιαίος) με ισομετρικές συσπάσεις, οι ερευνητές της παραπάνω μελέτης εστίασαν στη μέγιστη σύγκεντρη συστολή των εκτεινόντων και των καμπτήρων του γόνατος, γεγονός που ίσως να επηρέασε παραπάνω τον δικέφαλο μηριαίο ως κυριότερο καμπτήρα του γόνατος, παρά τον γαστροκνήμιο που όντας διάρθριος μυς, επηρεάζεται περισσότερο στην πελματιαία κάμψη της ποδοκνημικής.

Άλλη μελέτη (Hatton A. L. et al., 2012), η οποία ερεύνησε τις επιδράσεις της κόπωσης συλλήβδην των μυών των κάτω άκρων μετά από υπερπήδηση εμποδίου κατά τη διάρκεια της βάρδισης σε ηλικιωμένους ασχολήθηκε περισσότερο με κινητικές και κινηματικές παραμέτρους καθώς και με τη μεταβλητή του ομαλοποιημένου κατακόρυφου ρυθμού εκφόρτωσης, παράμετροι και μεταβλητές που δεν χρησιμοποιήθηκαν στη δική μας μελέτη, διότι η δική μας έρευνα επικεντρώθηκε στις μεταβλητές της μέγιστης δύναμης στον μετωπιαίο άξονα (Fx) και στον χρόνο μέχρι τη μέγιστη δύναμη στο μετωπιαίο επίπεδο. Η Hatton χρησιμοποίησε κατά το πέρασμα εμποδίου δύο διαφορετικά ύψη, 10% (δηλ. 7.6-9.9 εκ.) και 20% (δηλ. 15.2-19.8) του συνολικού μήκους του κάτω άκρου και έδειξε ότι ο ομαλοποιημένος κατακόρυφος ρυθμός εκφόρτισης (vertical loading rate of the lead limb) του ποδιού που ξεκινά τη βάρδιση, μετά το πέρασμα από ένα χαμηλού ύψους εμπόδιο (10%), ήταν σημαντικά μεγαλύτερος σε συνθήκες κόπωσης από ένα πιο υψηλού ύψους εμπόδιο (20%). Το εύρημα αυτό, μπορεί να δικαιολογηθεί από τη λειτουργία του Περιφερικού Νευρικού Συστήματος (Π.Ν.Σ.) του δοκιμαζομένου, όπου για το πέρασμα ενός χαμηλού εμποδίου δεν απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή και δραστηριοποίηση των μυών, κάτι που μπορεί να δημιουργεί κίνδυνο πτώσεων, σε αντίθεση με το υψηλό εμπόδιο όπου το Π.Ν.Σ. προετοιμάζεται έτσι, ώστε απαιτείται μεγαλύτερη ενεργοποίηση του μυϊκού συστήματος για να γίνει το πέρασμα χωρίς πτώσεις. Παρ'όλα αυτά, δεν παρατηρήθηκαν άλλες σημαντικές διαφορές μεταξύ των υπολοίπων κινηματικών παραμέτρων μετά το πέρασμα των 10% και 20% εμποδίων αντίστοιχα. Όπως προέκυψαν και από προηγούμενες μελέτες, έτσι και τα ευρήματα της Hatton που επιβεβαιώνουν πως η κόπωση επηρεάζει τη δύναμη των μυών των κάτω άκρων και τον τρόπο προσγείωσης έπειτα από υπερπήδηση εμποδίου στους

ηλικιωμένους, έρχονται σε αντιπαράθεση με την έρευνά μας όπου πάλι αποδεικνύεται πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά προ και μετά συνθήκες κόπωσης.

Σε μία εκτενή έρευνα (Barbieri F. A. et al., 2014), η οποία ασχολήθηκε με άτομα ηλικίας 20-79, βρέθηκε πως οι κύριες επιδράσεις της κόπωσης (των μυών του δεξιού κάτω άκρου) στη βάδιση και στο πέρασμα εμποδίου ήταν το μεγαλύτερο μήκος διασκελισμού και πλάτος βήματος, η μικρότερη διάρκεια διασκελισμού και η υψηλότερη ταχύτητα διασκελισμού, με το πόδι που υπέστη μυϊκή κόπωση. Αξίζει να σημειωθεί πως οι παραπάνω παράμετροι δεν χρησιμοποιήθηκαν στη δική μας έρευνα. Επιπλέον, εδώ τίθεται ένας προβληματισμός, καθώς ενώ στην έρευνα του Barbieri βρέθηκε πως η μέγιστη σύσπαση πριν την κόπωση ήταν μεγαλύτερη απ'ότι μετά την κόπωση, γεγονός που δικαιολογεί τις επιδράσεις της κόπωσης κατά τη διάρκεια της υπερπήδησης εμποδίου, στη δική μας έρευνα μόνο στην περίπτωση του τετρακεφάλου (2223,36) φάνηκε να επιδρά η κόπωση χωρίς βέβαια στατιστικά σημαντική διαφορά. Θα υποθέταμε πως οι μέγιστες μυϊκές συσπάσεις θα ήταν στις ηλικίες 20-29, διότι όπως προκύπτει από βιβλιογραφίες, η μέγιστη μυϊκή δύναμη παρατηρείται κατά μέσο όρο στην ηλικία των 25. Ωστόσο, οι υποθέσεις μας διαψεύστηκαν καθώς παρατηρήθηκε πως μεταξύ των ηλικιών 30-49 οι μέγιστες μυϊκές συσπάσεις πριν (4012,97 – 3610,14) και μετά (3320,91 – 3293,85) την κόπωση ήταν σημαντικά μεγαλύτερες από τις υπόλοιπες ηλικίες. Το παραπάνω εύρημα μπορεί να δικαιολογηθεί από τη σωματική μάζα των ηλικιών αυτών, η οποία δείχνει να είναι μεγαλύτερη από τις υπόλοιπες ομάδες και άρα τη μεγαλύτερη κατανομή φορτίων και δυνάμεων. Επιπλέον, όσον αφορά τη μέγιστη μυϊκή δύναμη μεταξύ των ηλικιών 20-29, οι τιμές πριν (3269,28) την κόπωση ήταν μεγαλύτερες σε σχέση με τις τιμές από την παρούσα έρευνα (2859,23). Αξίζει να σημειωθεί πως σε συνθήκες κόπωσης, φαίνεται να συμβαδίζουν τα αποτελέσματά μας με του Barbieri, καθώς αποδεικνύεται πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέγιστη μυϊκή σύσπαση μεταξύ των ηλικιών 18-29 [(τιμές μετά κόπωσης 2878,65 (Barbieri) και 2859,23 (παρούσα μελέτη)].

Οι Puddle D. L. και Maulder P. S. (2013) σε έρευνα προσγειώσεων Parkour και απλής τεχνικής προσγειώσης ανέλυσαν τη μέγιστη κάθετη δύναμη κατά τη διάρκεια της προσγειώσης, το χρόνο για τη μέγιστη κάθετη δύναμη και τα ποσοστά φόρτισης. Βρέθηκε λοιπόν, πως σε σχέση με μια απλή τεχνική προσγείωση, ο χρόνος για τη μέγιστη κάθετη δύναμη ήταν μεγαλύτερος, καθώς επίσης παρατηρήθηκε μειωμένη κάθετη δύναμη και μειωμένος ρυθμός εκφόρτισης κατά τη διάρκεια προσγειώσεων Parkour. Το εύρημα αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από την υπόθεση ότι οι τεχνικές Parkour επιτρέπουν στο

νευρομυϊκό σύστημα περισσότερο χρόνο (80ms vs. 50ms) για να ανταποκριθούν στις δυνάμεις που δημιουργούνται κατά της διάρκειας της προσγείωσης παρά στην απλή προσγείωση και συνάμα την αποφυγή τραυματισμών. Έτσι, προκύπτει το συμπέρασμα πως η απλή τεχνική προσγείωσης όπως αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνά μας απαιτεί λιγότερο χρόνο για τη μέγιστη δύναμη κατά τη διάρκεια της προσγείωσης από ότι η προσγείωση Parkour, όπου απαιτεί περισσότερο χρόνο για τη μέγιστη μυϊκή δύναμη.

Διαφορετικό πρωτόκολλο χρησιμοποιήσαν και άλλοι ερευνητές. Ο Bobbert M. F. et al. (2011), συλλέγοντας κινηματικά δεδομένα, δύναμη αντίδρασης εδάφους και ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα μυών, μελέτησε την επίδραση της επιλεκτικής κόπωσης των πελματιαίων καμπτήρων στο δεξί κάτω άκρο, σε δοκιμασίες αλμάτων προ και μετά κόπωσης με προσγειώσεις σε βαθύ κάθισμα και με τα δύο πόδια, και ισχυρίστηκε ότι η απώλεια του έργου των καταπονημένων πελματιαίων καμπτήρων οδηγεί επίσης στην απώλεια των υπολοίπων μη καταπονημένων μυών. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί σε αναντιστοιχία μεταξύ του ελέγχου και των μυοσκελετικών ιδιοτήτων και όχι μόνο στη μείωση του έργου των πελματιαίων καμπτήρων. Παρότι στην έρευνά μας δεν χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της κόπωσης στα άλματα καθεαυτού, παρά μόνο στην προσγείωση μετά από πέρασμα εμποδίου υπό συνθήκες κόπωσης, αξίζει να σημειωθεί πως στην έρευνα του Bobbert βρέθηκε μειωμένη ισομετρική δύναμη των δεξιών πελματιαίων καμπτήρων κατά 70%. στη δοκιμασία αλμάτων με συνθήκες κόπωσης. Επιπλέον, βρέθηκε πως το μέγιστο επίπεδο ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (smoothed rectified EMG) στα άλματα κόπωσης μειώθηκε περισσότερο από 35% στους δεξιούς πελματιαίους καμπτήρες και περίπου 20% στους δεξιούς οπίσθιους μηριαίους αλλά όχι σε άλλους μύες καθώς επίσης και το καθαρό έργο των αρθρώσεων μειώθηκε όχι μόνο στον δεξιό αστράγαλο (70%) αλλά και στο δεξί ισχίο (40%). Από τα παραπάνω ευρήματα, απορρέει το συμπέρασμα πως η κόπωση παίζει ιδιαίτερο ρόλο στον τρόπο των αλμάτων καθώς και στις δυνάμεις που κατανέμονται σε όλο το μυοσκελετικό σύστημα των καταπονημένων κάτω άκρων.

Συνοψίζοντας, φαίνεται πως η έρευνά αντιπαρατίθεται με άλλες μελέτες, καθώς υπάρχουν πολλές διαφορές όσον αφορά τις μεθόδους, τα υλικά, τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν και τα αποτελέσματα που προέκυψαν. Παρά δείγματος χάριν, στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν και αναλύθηκαν μόνο δύο μεταβλητές, η μέγιστη δύναμη στον μετωπιαίο άξονα και ο χρόνος μέχρι τη μέγιστη τιμή στο μετωπιαίο επίπεδο. Ο λόγος που δεν αναλύθηκαν παραπάνω μεταβλητές όπως οι συντεταγμένες του κέντρου πίεσης και η κατανομή των δυνάμεων κάτω από το πέλμα είναι λόγω προβλημάτων που

αντιμετωπίσαμε στην καταγραφή τους. Ωστόσο, έγινε η προσπάθεια να αποδειχθούν κάποια κοινά σημεία, όπως οι ακριβείς επιδράσεις της κόπωσης που αναλύθηκαν περαιτέρω και από τη βιβλιογραφία, συμπληρώνοντας κατά κάποιο τρόπο τη συλλογιστική μας πορεία. Παρ' όλα αυτά, γίνεται η προσπάθεια σε μελλοντική έρευνα να συλλέξουμε και να αναλύσουμε τις παραπάνω μεταβλητές, καθώς δρομολογείται ένα πρόγραμμα και συγκεκριμένα το λογισμικό της Matlab προκειμένου να εξεταστούν περισσότερες πληροφορίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Η έρευνά μας πραγματοποιήθηκε σε εργαστηριακό περιβάλλον και συγκεκριμένα στο εργαστήριο εμβιομηχανικής του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας. Στην έρευνα αυτή υπήρχαν αρκετοί περιορισμοί και δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε σε βάθος χώρου και χρόνου ως προς το δείγμα, τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε, το χωροχρονικό περιθώριο διεξαγωγής της έρευνας, τη συλλογή δεδομένων και την καταγραφή και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Όσον αφορά τον αριθμό του δείγματός μας, αυτός ήταν μικρός. Υπήρξε δυσκολία στη συλλογή και των εικοσιτεσσάρων δοκιμαζομένων, καθώς αρκετοί από αυτούς δεν ήταν πρόθυμοι για μια τέτοια δοκιμασία. Επιπλέον, κάποια από τα δείγματα δεν ξαναήρθαν μετά την πρώτη δοκιμασία, κι έτσι μπήκαμε στον κόπο να τους αντικαταστήσαμε με άλλους καινούριους δοκιμαζομένους ώστε υπάρξουν ακριβή αποτελέσματα.

Όσον αφορά τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε, το ισοκινητικό μηχάνημα Biodex δεν είχε εξάρτημα αλλά ούτε ειδικό κάθισμα για τη μέτρηση των απαγωγών μυών. Έτσι, υποχρεωθήκαμε να χρησιμοποιήσουμε το δυναμόμετρο χειρός για την καταγραφή της μέγιστης μυϊκής δύναμης των δοκιμαζομένων καθώς και το φυσικοθεραπευτικό κρεβάτι με τα βαράκια για τη δοκιμασία της κόπωσης. Το δυναμόμετρο χειρός στην περίπτωση που ο δοκιμαζόμενος είναι ισχυρότερος από τον εξεταστή, πιθανώς να δείχνει αναξιόπιστες τιμές της δύναμης καθώς επίσης είναι δύσκολο να εντοπιστεί η αδυναμία. Ως απόρροια, ο χρόνος μέχρι την κόπωση του μέσου γλουτιαίου ήταν μεγαλύτερος σε σχέση με τους χρόνους των υπολοίπων μυών, καθώς χρειάστηκαν πολλές επαναλήψεις στις ισομετρικές συστολές, ώστε το δυναμόμετρο χειρός να δείξει τιμή μέγιστης μυϊκής δύναμης κάτω από το 50%.

Περιορισμοί υπήρξαν και στο χωροχρόνο διεξαγωγής της έρευνάς μας. Αναφορικά με το χρόνο, δεν υπήρξε ο επιθυμητός χρόνος για τη μέτρηση των μυών. Ιδανικά, η δοκιμασία κόπωσης του κάθε μυ θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί ανά συνεδρία, δηλαδή τέσσερις φορές μέσα σε τρεις με τέσσερις εβδομάδες και όχι δύο, όπως έγινε. Ωστόσο, κάτι τέτοιο δεν συνέβη, διότι θα απαιτούσε πολύ χρόνο από εμάς και ενεργή συμμετοχή από τους δοκιμαζομένους. Για τον χώρο διεξαγωγής της έρευνας, οι δοκιμασίες θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν σε έναν πιο διαμορφωμένο χώρο όπως ένα στάδιο, ένα γυμναστήριο ή ένα φυσικοθεραπευτήριο ώστε οι δοκιμαζόμενοι να έχουν την ελευθερία να επιλέξουν τον τρόπο προθέρμανσής τους, να μπορεί το πρωτόκολλο κόπωσης μυών να πραγματοποιηθεί με διαφορετικά, πιο σύγχρονα μηχανήματα και πιο αξιόπιστες συσκευές που θα απαιτούν

λιγότερο χρόνο για την ολοκλήρωση της έρευνας και τέλος η αποθεραπεία να γίνεται με τεχνητά μέσα ώστε η κόπωση των μυών να αποχωρεί πιο γρήγορα.

Σχετικά με τη συλλογή δεδομένων και ανάλυση αποτελεσμάτων, υπήρξαν κάποια εμπόδια. Αρχικά, υπήρξαν απώλειες σε δεδομένα κόπωσης τετρακεφάλου από έναν δοκιμαζόμενο, γεγονός που αντί για εικοσιτέσσερις μετρήσεις τετρακεφάλων, είχαμε εικοσιτρείς. Έπειτα, επειδή το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε αδυνατούσε να μετατρέψει τα δεδομένα της κόπωσης των μυών από το δυναμοδάπεδο σε excel, χρειάστηκε οι μετατροπές να γίνουν από εμάς, κάτι που ήταν αρκετά χρονοβόρο και κουραστικό. Επιπλέον και πιο σημαντικό, είναι πως δεν αναλύθηκαν όλες οι μεταβλητές που θα αναμένονταν. Αναλύθηκαν μόνο η μέγιστη δύναμη στο μετωπιαίο επίπεδο και ο χρόνος για τη μέγιστη τιμή, ενώ δεν αναλύθηκε η κάθετη δύναμη αντίδρασης του εδάφους, η συνολική απόσταση από το κέντρο πίεσης του πέλματος και οι δυνάμεις στο οβελιαίο επίπεδο, διότι δεν υπήρχε υπολογιστική δυνατότητα μέσα στο χρόνο για περαιτέρω ανάλυση καθώς ούτε και το πρόγραμμα που θα μπορούσε να επεξεργαστεί και να αναλύσει τα δεδομένα μας.

Καταλήγοντας, μια έρευνα χωρίς περιορισμούς δεν θεωρείται έρευνα. Όπως σε άλλες μελέτες, έτσι και στη δική μας δεν έλειψαν οι περιορισμοί και οι δυσκολίες. Είναι αποδεκτό πως χρειάζεται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να υπάρχει μια ολιστική προσέγγιση σχετικά με τις ακριβείς επιπτώσεις της κόπωσης μετά από το πέρασμα εμποδίου. Την παρούσα χρονική στιγμή δρομολογείται το πρόγραμμα της Matlab, το οποίο θα αναλύσει όλες τις παραμέτρους τις οποίες δεν καταφέραμε μέχρι στιγμής να τις αναλύσουμε. Σε μελλοντική έρευνα ευελπιστούμε πως θα έχουμε πλέον συλλέξει και επεξεργαστεί όλες τις παραμέτρους που αφορούν τις δυνάμεις στο οβελιαίο επίπεδο, τις συντεταγμένες του κέντρου δύναμης και την αντίδραση του εδάφους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ολοκληρώνοντας, όπως είναι κοινά αποδεκτό, η κόπωση παίζει καθοριστικό παράγοντα στην εκτέλεση και συνέχιση δραστηριοτήτων. Στην παρούσα έρευνα που διεξήχθη, βρέθηκε πως η μέγιστη παραγόμενη δύναμη των μυών στο μετωπιαίο επίπεδο δεν έπαιξε ρόλο καθώς δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά. Ωστόσο, παρατηρήθηκε μειωμένος ο χρόνος παραγωγής μέγιστης δύναμης στους τέσσερις μύες που εξετάστηκαν και ιδιαίτερα στον γαστροκνήμιο, κάτι που σύμφωνα με τη βιβλιογραφία θα μπορούσε να δημιουργήσει προϋποθέσεις για λανθασμένη τεχνική που πιθανώς να οδηγεί σε τραυματισμό.

Μελλοντικές μελέτες θα εμπλουτίσουν το συλλογισμό της παρούσας έρευνας, διευρύνοντας περαιτέρω τις ακριβείς επιπτώσεις της κόπωσης τόσο στο οβελιαίο, όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο, ασχολούμενες και με τις δυνάμεις που κατανέμονται από το κέντρο πίεσης του πέλματος.

Φόρμα συγκατάθεσης συμμετοχής

Τίτλος μελέτης: Η επίδραση της μυϊκής κόπωσης στην προσγείωση μετά από πέρασμα εμποδίου.

	ΝΑΙ	ΟΧΙ
Μου έχουν δοθεί διευκρινήσεις για τον σκοπό της μελέτης.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Έχω ενημερωθεί αναλυτικά για το ρόλο μου στην μελέτη.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Οι ερωτήσεις μου σχετικά με τη μελέτη έχουν απαντηθεί ικανοποιητικά.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Κατανόω ότι δεν είμαι υποχρεωμένος/η να λάβω μέρος στην παρούσα μελέτη και έχω δικαίωμα να σταματήσω τη συνέντευξη χωρίς να προβώ σε εξηγήσεις και χωρίς αυτό να με επηρεάζει με οποιοδήποτε τρόπο.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Κατανόω ότι οποιαδήποτε προσωπική πληροφορία λόγω της συμμετοχής μου σε αυτή τη μελέτη θα είναι απόρρητη και εμπιστευτική.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Εγώ, ο/η κάτωθι υπογραφόμενος/η, συμφωνώ να λάβω μέρος σε αυτή τη μελέτη.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Υπογραφή συμμετέχοντα:

Όνομα συμμετέχοντα:

Υπογραφή ερευνητή: 

Όνομα ερευνητή: Κώστας Γαλάτια
Μπεσσόνοβα Ευγενία

Ημερομηνία: 04/11/2016

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Martin V. et al., 2010, **Central and peripheral contributions to neuromuscular fatigue induced by a 24-h treadmill run**, *Journal of Applied Physiology*, Vol. 108 no. 5, 1224-1233.
2. Enoka R. M. et al., 1992, **Neurobiology of muscle fatigue**, *J Appl Physiol.*, 72(5):1631-48.
3. Piccoli M. B. et al., 2015, **Evaluation of Central and Peripheral Fatigue in the Quadriceps Using Fractal Dimension and Conduction Velocity in Young Females**, *PLoS One*. [online] Διαθέσιμο από: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0123921>.
4. Amann M., 2011, **Central and Peripheral Fatigue: Interaction during Cycling Exercise in Humans**, *Med Sci Sports Exerc.*, 43(11):2039-45.
5. Finsterer J., 2012, **Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise**, *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13:218.
6. Noakes T. D., Jun 2000, **Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance**, *Scand J Med Sci Sports*, 10(3):123-45.
7. Κλεισούρας Β., **Εργοφυσιολογία**, Εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
8. Fulco C. S. et al., 1995, **Quantitation of progressive muscle fatigue during dynamic leg exercise in humans**, *Journal of Applied Physiology.* ;79(6):2154-62.
9. Nielsen B. et al., 1993, **Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment**, *J Physiol.*, 460:467-85.
10. Hunter S. K. et al., 2001, **Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions**, *J Appl Physiol.*, 91(6):2686-94.
11. Hiemstra L. A. et al., 2001, **Effect of Fatigue on Knee Proprioception: Implications for Dynamic Stabilization**, *J Orthop Sports Phys Ther.*, 31(10):598-605.
12. Johnston R. B. et al., 1998, **Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance**, *Med Sci Sports Exerc.*, 30(12):1703-7.
13. Nyland J. A. et al., 1997, **The effect of quadriceps femoris, hamstring, and placebo eccentric fatigue on knee and ankle dynamics during crossover cutting**, *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, [online] Διαθέσιμο από: www.jospt.org.
14. Nyland J. A. et al., 1997, **Fatigue after eccentric quadriceps femoris work produces earlier gastrocnemius and delayed quadriceps femoris activation during crossover cutting among normal athletic women**, [online] Διαθέσιμο από: <http://link.springer.com/article/10.1007/s001670050045>.
15. McLean S. G. et al., 2005, **Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury**, *Clin. Biomech (Bristol, Avon)*, 20(8):863-70.
16. McLean S. G. et al., 1995, **Impact of Fatigue on Gender-Based High-Risk Landing Strategies**, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *Med Sci Sports Exerc.*, 39(3):502-14.
17. Markolf K. L. et al., 1995, **Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces**, *J Orthop Res.*, 13(6):930-5.

18. Hewett T. E. et al., 2005, **Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study**, *Am J Sports Med.*, 33(4):492-501.
19. Decker M. G. et al., 2003, **Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing**, *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 18(7):662-9.
20. Self B. P. et al., 2001, **Ankle biomechanics during four landing techniques**, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 1338-1344.
21. Kernozek T. W. et al., 2005, **Gender differences in frontal and sagittal plane biomechanics during drop landings**, *Med Sci Sports Exerc.*, 37(6):1003-12; discussion 1013.
22. Wojtys E. M. et al., 1996, **The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees**, *Am J Sports Med.*, 24(5):615-21.
23. Lattanzio P. J. et al., 1998, **Knee proprioception: a review of mechanisms, measurements, and implications of muscular fatigue**, *Orthopedics, Volume 21- Issue 4*: 463-471.
24. Gandevia S. C., 2001, **Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue**, *Physiological Reviews*, Vol. 81 no. 4, 1725-1789.
25. Smith M. P. et al., 2009 Sep 1, **Effects of fatigue on frontal plane knee motion, muscle activity, and ground reaction forces in men and women during landing**, *J Sports Sci Med.*, 8(3): 419-427.
26. Pappas E. et al., 2007 Mar 6, **The Effect of Gender and Fatigue on the Biomechanics of Bilateral Landings from a Jump: Peak Values**, *J Sports Sci Med.*, 6(1): 77-84.
27. Rozzi S. L. et al., 1999, **Effects of Muscular Fatigue on Knee Joint Laxity and Neuromuscular Characteristics of Male and Female Athletes**, *Journal of Athletic Training*, 34(2): 106-114.
28. Barbieri F. A. et al., 2014 Mar, **Interactions of age and leg muscle fatigue on unobstructed walking and obstacle crossing**, *Gait & Posture*, 39 985-990.
29. Hatton A. L. et al., 2013, **The effect of lower limb muscle fatigue on obstacle negotiation during walking in older adults**, *Gait & Posture*, 37(4).
30. Bobbert M. F. et al., 2011, **Effects of Fatigue of Plantarflexors on Control and Performance in Vertical Jumping**, *Med Sci Sports Exerc.*, 43(4):673-84.
31. Puddle D. L. et al., 1 March 2013, **Ground Reaction Forces and Loading Rates Associated with Parkour and Traditional Drop Landing Techniques**, *J Sports Sci Med.*, 12(1): 122-129.
32. **Biodex System 3 Pro Application/Operation Manual**, 835-000, 835-002, Biodex Medical Systems, Inc. 20 Ramsay Road, Shirley, New York, 11967-4704.
33. **Ισοκινητικό Δυναμόμετρο**, 2008, [online] Διαθέσιμο από: http://osmci.gr/el/facility/isokinetiko_dunamometro
34. **AMTI BP400600 Force Platform**, *Iso 9001:2000 Certified Force and Motion AMTI Interface Force Measurements Ltd Unit 19 Wellington Business Park, Dukes Ride, Crowthorne, Berkshire, RG45 6LS. U.K.*
35. **Lafayette 01160 Manual Muscle Tester Manual**, 3700 Sagamore Parkway North, Lafayette, IN 47903 USA, Lafayette Instrument Co. Europe 4 Park Road, Sileby, Loughborough, Leics., LE12 7TJ. UK.
36. Borg G.A, 1982, **The Borg Scale of Perceived Exertion**, published Harvard T.H. School of public health.