

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΝΕΥΡΟΜΥΪΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΥΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΒΑΡΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΜΥΪΚΗΣ  
ΥΠΕΡΤΡΟΦΙΑΣ

του  
Νικολάου Συρίβλη

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας στην κατεύθυνση Μεγιστοποίηση αθλητικής επίδοσης και απόδοσης.

Κομοτηνή 2013

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό Σώμα:

---

1<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Πυλιανίδης Θεόφιλος .....

---

2<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Δούδα Ελένη.....

---

3<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Τοκμακίδης Σάββας.....

13459 | 1

© 2013

Συρίβλης Νικόλαος  
ALL RIGHTS RESERVED

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΣΥΡΙΒΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ: Μεταβολές στη νευρομυϊκή λειτουργία με την εκτέλεση δύο προγραμμάτων άσκησης με βάρη για την πρόκληση μυϊκής υπερτροφίας.

(Υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Πυλιανίδη Θεόφιλου)

Σκοπός της μελέτης ήταν να εξετάσει τις μεταβολές στη νευρομυϊκή απόδοση που προκαλεί η άσκηση με βάρη με τη μέθοδο της εκτέλεσης των σετ έως την εξάντληση (ΣΕ) και με τη μέθοδο των κατιόντων σετ (ΚΣ). Δέκα άντρες (ηλικίας 22,4 ± 2 χρονών) εκτέλεσαν τις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών δύο φορές: i) με το σύστημα των ΣΕ, όπου σε κάθε άσκηση εκτελέστηκαν 3 σετ των 8 μέγιστων επαναλήψεων (ΜΕ) με 3 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των σετ και ii) με το σύστημα των ΚΣ, όπου σε κάθε άσκηση εκτελέστηκαν 3 ενότητες των 3 σετ με αρχικό φορτίο 8-ΜΕ και προοδευτική μείωση του φορτίου έτσι ώστε να κρατηθεί σταθερός ο αριθμός των επαναλήψεων, με 4 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των ενοτήτων και 30 δευτερόλεπτα μεταξύ των σετ. Πριν, στη μέση και στο τέλος των προγραμμάτων μετρήθηκαν η μέγιστη ισομετρική δύναμη κατά την έκταση της κνήμης με καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας των μυών του τετρακέφαλου, το ύψος στο άλμα με ταλάντευση και η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Η μέγιστη ισομετρική δύναμη μειώθηκε και με τα δύο πρωτόκολλα ( $p < 0,05$ ) χωρίς να παρατηρηθούν διαφορές ( $p > 0,05$ ) μεταξύ τους. Με τα ΚΣ μειώθηκε η επίδοση στο άλμα με ταλάντευση ( $p < 0,05$ ) ενώ με τα ΣΕ υπήρξε τάση μείωσης ( $p = 0,07$ ). Η συγκέντρωση του γαλακτικού αυξήθηκε ( $p < 0,05$ ) και με τα δύο πρωτόκολλα με μεγαλύτερες συγκεντρώσεις να παρατηρούνται μετά από τα ΚΣ. Τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα άσκησης με βάρη, που χρησιμοποιούνται για την πρόκληση μυϊκής υπερτροφίας, ενεργοποιούν την αναερόβια γλυκόλυση και μειώνουν τη νευρομυϊκή απόδοση με συνέπεια να παρατηρείται μεγαλύτερη κόπωση με την εκτέλεση κατιόν σετ.

Λέξεις κλειδιά: Μυϊκή απόδοση, γαλακτικό, ισομετρική δύναμη, άλμα με ταλάντευση

## ABSTRACT

SIRIVLIS NICKOLAOS: Changes in neuromuscular performance with the execution of two hypertrophy type resistance exercise protocols  
(Under the supervision of Associate Professor Pilianidis Theofilos)

The purpose of the study was to examine the changes in neuromuscular function after resistance exercise with the execution of sets until exhaustion and drop sets. Ten men (age:  $22.4 \pm 2$  yrs) performed the exercises squat and leg press twice: i) with the system of the execution of sets until exhaustion, where at each exercise 3 sets of 8 repetitions maximum (RM) with 3 minutes rest between sets were performed and ii) with the system of the drop sets, where at each exercise 3 units of 3 sets of 8 RM, with a gradual reduction of the load in order to execute the same number of the repetitions, with 4 minutes rest among the units and 30 seconds among the sets, were performed. Before, at the middle and at the end of the protocols maximal isometric force during knee extension along with the electrical activity of the rectus femoris, vastus medialis and vastus lateralis, the height in a countermovement jump, and blood lactate concentrations were measured. Both protocols reduced ( $p < 0.05$ ) maximal isometric force with no differences observed ( $p > 0.05$ ) among them. The drop sets decreased countermovement jump performance ( $p < 0.05$ ) whereas with the execution of sets until exhaustion a smaller decrease was observed ( $p = 0.07$ ). Blood lactate concentration increased ( $p < 0.05$ ) with both protocols with greater concentrations observed after the drop sets. The above resistance training methods that are being used to induce muscle hypertrophy activate anaerobic metabolism and reduce neuromuscular performance with greater fatigue observed with the drop sets method.

Key words: muscle performance, lactate, isometric force, counter movement jump

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστώ θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές της μεταπτυχιακής μου διατριβής κ. Πυλιανίδα Θεόφιλο, Αναπλ. Καθηγητή, την κ. Δούδα Ελένη, Αναπλ. Καθηγήτρια και τον κ. Τοκμακίδη Σάββα, Καθηγητή για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον κ. Ηλία Σμήλιο, Λέκτορα για την συνεργασία, την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές που μου παρείχε στην εκπόνηση της εργασίας μου. Ένα μεγάλο ευχαριστώ και στην αδελφή μου, Χαρούλα, και στις φίλες μου Τάνια και Αναστασία για την σημαντική βοήθεια τους στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Τέλος, αξίζουν πολλές ευχαριστίες σε όλους τους φοιτητές που συμμετείχαν στο ερευνητικό μου πρόγραμμα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	v
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	vi
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	viii
<b>I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	1
Σκοπός.....	3
Λειτουργικοί ορισμοί.....	3
Περιορισμοί της έρευνας.....	4
Ερευνητικές υποθέσεις.....	4
Μηδενικές υποθέσεις.....	4
<b>II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ</b> .....	7
Επίδραση και σύγκριση διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης στη νευρομυϊκή απόδοση.....	7
Μακροχρόνιες επιδράσεις διαφόρων πρωτοκόλλων ενδυνάμωσης στο νευρομυϊκό σύστημα.....	12
Επίδραση του τύπου της μυϊκής ενεργοποίησης.....	16
Επίδραση του χρόνου του διαλείμματος.....	17
Συμπεράσματα από την ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	19
<b>III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b> .....	20
Δείγμα.....	20
Πειραματικός σχεδιασμός.....	20
Μετρήσεις.....	20
Μέτρηση μέγιστης ισομετρικής δύναμης.....	20
Άλμα με ταλάντευση.....	21
Μέτρηση μέγιστης δύναμης και μέγιστου αριθμού επαναλήψεων.....	21

Καταγραφή και επεξεργασία ηλεκτρομυογραφικού σήματος.....	21
Πειραματική διαδικασία.....	22
Στατιστική ανάλυση.....	24
<b>IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>25</b>
Μεταβολές Μέγιστης Ισομετρικής Δύναμης.....	25
Μεταβολές Άλματος με Ταλάντευση.....	26
Μεταβολές Συγκέντρωσης Γαλακτικού στο Αίμα.....	27
Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα του Έσω Πλατύ (VM) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης.....	28
Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα του Ορθού Μηριαίου (RF) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης.....	29
Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα του Έξω Πλατύ (VL) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης.....	30
Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα του Τετρακέφαλου (AQ) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης.....	31
<b>V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>32</b>
<b>VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>35</b>



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Μεταβολή της μέγιστης ισομετρικής δύναμης κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.....	25
Σχήμα 2. Μεταβολή του άλματος με ταλάντευση κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.....	26
Σχήμα 3. Μεταβολή του γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.....	27
Σχήμα 4. Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ (VM)κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.....	28
Σχήμα 5. Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού μηριαίου (RF) κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.....	29
Σχήμα 6. Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατύ (VL) κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.....	30
Σχήμα 7. Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου (AQ) κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.....	31



## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προπόνηση με βάρη αποτελεί μια από τις πιο δημοφιλείς μορφές άσκησης για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης τόσο στα πλαίσια του αγωνιστικού όσο και στα πλαίσια του μαζικού αθλητισμού. Ως προπόνηση δύναμης ορίζεται ως η εξειδικευμένη μορφή προπόνησης, η οποία χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την ικανότητα ενός ατόμου να υπερνικά μια συγκεκριμένη αντίσταση (American Orthopedic Society for Sports Medicine, 1988). Με τον όρο προπόνηση με βάρη ειδικότερα, περιγράφεται η μορφή άσκησης κατά την οποία οι μύες του σώματος δρουν ενάντια σε μια αντίσταση που συνήθως ασκείται από συγκεκριμένο εξοπλισμό. Τα άτομα που συμμετέχουν σε προγράμματα προπόνησης με βάρη έχουν συγκεκριμένους στόχους, όπως τη βελτίωση των αθλητικών επιδόσεων, τη βελτίωση της δύναμης, την αύξηση της μυϊκής μάζας και τη μείωση του σωματικού λίπους. Η αύξηση της δύναμης και της μυϊκής μάζας επιτυγχάνεται μέσω διάφορων προγραμμάτων προπόνησης με βάρη όπου γίνεται ένας κατάλληλος συνδυασμός των παραγόντων της επιβάρυνσης (σετ, επαναλήψεων – αντίστασης, διάλειμμα). Μάλιστα, για την πρόκληση μυϊκής υπερτροφίας υπάρχουν διάφοροι τρόποι εκτέλεσης των επαναλήψεων και των σετ. Σύμφωνα με τη μέθοδο των απλών σετ, σε κάθε άσκηση εκτελείται μόνο ένα σετ ενώ στο σύστημα των πολλαπλών σετ εκτελούνται πολλά σετ με σταθερή αντίσταση. Το σύστημα των πολλαπλών σετ μπορεί να εκτελεστεί με κάθε αντίσταση και για οποιονδήποτε αριθμό επαναλήψεων και σετ, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι του προγράμματος προπόνησης.

Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η μέθοδος των υποστηριζόμενων επαναλήψεων όπου ο ασκούμενος εκτελεί το σετ μέχρις εξάντλησης και κατόπιν εκτελεί μερικές ακόμα επαναλήψεις με βοήθεια από συνασκούμενο και η μέθοδος των μερικών ή στατικών επαναλήψεων όπου ο ασκούμενος εκτελεί το σετ μέχρις ότου καταστεί αδύνατη η εκτέλεση άλλης επανάληψης σε όλο το εύρος της κίνησης της άσκησης και κατόπιν εκτελεί μερικές ακόμη επαναλήψεις στο μισό εύρος της κίνησης (Hartmann & Tunnemann, 1989).

Επίσης, χρησιμοποιείται η μέθοδος των υπερσειρών όπου διακρίνεται σε δυο ξεχωριστά συστήματα. Στο ένα σύστημα εκτελούνται εναλλάξ πολλαπλά σετ δυο ασκήσεων, μια για τους αγωνιστές και μια για τους ανταγωνιστές μύες ενός μέλους του σώματος, χωρίς διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων. Στο άλλο σύστημα εκτελείται από ένα

σετ, μιας σειράς ασκήσεων για την ίδια μυϊκή ομάδα ή του ίδιου μέρους του σώματος. Ο ασκούμενος εκτελεί τη σειρά των ασκήσεων μέχρι εξάντλησης χωρίς χρόνο διαλείμματος μεταξύ τους, αναλαμβάνει για 20-30 δευτερόλεπτα και ύστερα επαναλαμβάνει την ίδια σειρά ασκήσεων.

Η προπόνηση δύναμης οδηγεί σε συγκεκριμένες προσαρμογές στο νευρικό σύστημα και στον μυϊκό ιστό. Αρκετοί παράγοντες, όπως ο τύπος, η ένταση, και η διάρκεια της περιόδου προπόνησης με αντιστάσεις καθορίζουν τη φύση και το μέγεθος των λειτουργικών και των δομικών προσαρμογών του νευρομυϊκού συστήματος. Μια από τις βασικές αρχές της προπόνησης δύναμης με αντιστάσεις είναι ότι μια τυπική περίοδος προπόνησης οδηγεί σε έντονη εξάντληση το νευρομυϊκό σύστημα αλλά και σε μειώσεις της μέγιστης εκούσιας νευρικής ενεργοποίησης και της δύναμης των ασκούμενων μυών. Το μέγεθος αυτής της εξάντλησης που επιφέρει μείωση στη νευρομυϊκή απόδοση συνδέεται με το συνολικό όγκο, την ένταση, την ανάκαμψη μεταξύ των σετ και με το προπονητικό υπόβαθρο του ασκούμενου ατόμου (Kraemer & Hakkinen, 2002). Η καταγραφή των χαρακτηριστικών της νευρικής ενεργοποίησης, μέσω της ηλεκτρομυογραφίας, και της παραγωγής δύναμης χρησιμεύουν στην αξιολόγηση των χαρακτηριστικών της φόρτωσης κατά την διάρκεια των ποικίλων μεθόδων προπόνησης με βάρη προκειμένου να προσαρμοστούν οι περίοδοι προπόνησης σε έναν αθλητή-τρια σε ένα δεδομένο χρόνο (Kraemer & Hakkinen, 2002).

Ωστόσο, οι έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με τις μεταβολές της απόδοσης και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας με την εκτέλεση προπόνησης με βάρη με διάφορους μεθόδους είναι περιορισμένες. Πιο συγκεκριμένα, το 2004 ο Ahtiainen και οι συνεργάτες του μελέτησαν τις νευρομυϊκές μεταβολές σε αθλητές δύναμης και σε μη αθλητές κατά τη διάρκεια προπόνησης με βάρη με δυο πρωτόκολλα άσκησης. Το ένα με τη μέθοδο των υποστηριζόμενων επαναλήψεων και το άλλο με τη μέθοδο της εκτέλεσης των επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης. Τα δυο πρωτόκολλα άσκησης και στα δυο γκρουπ οδήγησαν σε νευρομυϊκή εξάντληση με σημαντική μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των μυών από 32-52%. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το πρωτόκολλο των υποστηριζόμενων επαναλήψεων είναι πιο εφαρμόσιμο απ' το πρωτόκολλο των επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης. Οι ίδιοι ερευνητές (Ahtiainen et al., 2003), εξέτασαν τις νευρομυϊκές μεταβολές κατά την διάρκεια ενός πρωτοκόλλου άσκησης εκτέλεσης των σετ έως την εξάντληση και ενός πρωτοκόλλου άσκησης υποστηριζόμενων επαναλήψεων σε δεκαέξι αθλητές. Η μείωση κατά 56,5% στη μέγιστη ισομετρική δύναμη στο πρόγραμμα υποστηριζόμενων επαναλήψεων ήταν

μεγαλύτερη από τη μείωση κατά 38,3% στο πρώτο πρόγραμμα. Η ισομετρική δύναμη παρέμεινε χαμηλότερη κατά τη διάρκεια της ανάληψης μετά το πρόγραμμα των υποστηριζόμενων επαναλήψεων απ' ότι με το πρόγραμμα εκτέλεσης των σετ έως την εξάντληση. Επίσης, παρατηρήθηκε μείωση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας κατά την εκτέλεση της μέγιστης ισομετρικής σύσπασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το πρωτόκολλο άσκησης υποστηριζόμενων επαναλήψεων προκάλεσε μεγαλύτερες νευρομυϊκές μεταβολές από ότι το πρωτόκολλο άσκησης εκτέλεσης των σετ έως την εξάντληση.

Η περαιτέρω μελέτη της μεταβολής στην απόδοση και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά την εκτέλεση διαφόρων προγραμμάτων άσκησης με βάρη μπορεί να εμπλουτίσει τις πληροφορίες που υπάρχουν σχετικά με την επιβάρυνση που προκαλούν στον οργανισμό και τις ιδιαίτερες φυσιολογικές απαιτήσεις τους.

### **Σκοπός**

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει τις μεταβολές στη νευρομυϊκή λειτουργία και απόδοση με την εκτέλεση δύο προγραμμάτων άσκησης με βάρη για την πρόκληση μυϊκής υπερτροφίας το ένα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των κατιόντων σετ και το άλλο με τη μέθοδο των σετ μέχρι εξάντλησης.

### **Λειτουργικοί ορισμοί**

**Μέγιστη δύναμη:** Η ικανότητα του ατόμου να εκτελεί μέγιστες εκούσιες μυϊκές συστολές για την υπερνίκηση υψηλών εξωτερικών αντιστάσεων.

**Ισομετρική δύναμη:** Η μυϊκή ενεργοποίηση κατά την οποία δεν παράγεται κίνηση.

**Ισχύς:** Το μέγιστο παραγόμενο έργο στη μονάδα του χρόνου.

**Επανάληψη:** Η ολοκληρωμένη κίνηση μιας άσκησης.

**Επανάληψη σε ισομετρική άσκηση:** Η ενεργοποίηση της δύναμης ενάντια σε σταθερή αντίσταση για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα π.χ 30 δευτερόλεπτα αποτελεί μια επανάληψη.

**Μία μέγιστη επανάληψη (1-ME):** Είναι το μέγιστο βάρος με το οποίο μπορεί να εκτελεστεί μια μόνο επανάληψη σε συγκεκριμένη άσκηση και αποτελεί μέθοδο μέτρησης της μέγιστης δύναμης.

**Σετ:** Πρόκειται για ένα αριθμό επαναλήψεων που εκτελούνται συνεχόμενα χωρίς διακοπή.

**Σετ έως την εξάντληση:** Η εκτέλεση σ' ένα σετ των επαναλήψεων συνεχόμενα, χωρίς διακοπή, μέχρι ο ασκούμενος να μη μπορεί να εκτελέσει άλλες επαναλήψεις.

*Υποστηριζόμενες επαναλήψεις:* Είναι οι επαναλήψεις που εκτελούνται με την βοήθεια συνασκούμενου αφότου το σετ έχει εκτελεστεί από τον ασκούμενο έως την εξάντληση.

*Υπέρ-σειρές:* Πρόκειται για μια ενότητα όπου δυο ή περισσότερα σετ εκτελούνται διαδοχικά με ελάχιστο χρόνο ανάληψης ανάμεσα τους με πτώση του αριθμού των επαναλήψεων ή του φορτίου που χρησιμοποιείται από σετ σε σετ.

*Κατιόν σετ:* Πρόκειται για μια ενότητα όπου δύο ή περισσότερα σετ εκτελούνται διαδοχικά με ελάχιστο χρόνο ανάληψης μεταξύ τους με σταδιακή μείωση του φορτίου στο κάθε ένα από αυτά και διατήρηση σταθερού αριθμού επαναλήψεων.

*Ηλεκτρομυογραφία:* Τεχνική καταγραφής της ηλεκτρικής δραστηριότητας του μυός κατά τη σύσπασή του.

### **Περιορισμοί της έρευνας**

1. Οι δοκιμαζόμενοι θα είναι άντρες ηλικίας 18-26 χρονών.
2. Οι δοκιμαζόμενοι έχουν τουλάχιστον 1-2 χρόνια προπονητική ηλικία.
3. Η προπονητική διαδικασία θα αποτελείται από ένα συγκεκριμένο αριθμό σετ, επαναλήψεων και χρόνο διαλείμματος.

### **Ερευνητικές υποθέσεις**

Το πρόγραμμα με τη μέθοδο των κατιόντων σετ θα επιφέρει μεγαλύτερη πτώση στη μέγιστη ισομετρική δύναμη σε σύγκριση με τη μέθοδο επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης.

Το πρόγραμμα με τη μέθοδο των κατιόντων σετ θα επιφέρει μεγαλύτερη πτώση στην αλτική ικανότητα συγκριτικά με τη μέθοδο επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης.

Το πρόγραμμα με τη μέθοδο των κατιόντων σετ θα επιφέρει μεγαλύτερη μεταβολή στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα σε σύγκριση με τη μέθοδο των σετ έως την εξάντληση.

### **Μηδενικές υποθέσεις**

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στο πρόγραμμα με τη μέθοδο των κατιόντων σετ και στο πρόγραμμα των επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης στη μέγιστη ισομετρική δύναμη.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση στο άλμα με ταλάντευση στο πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοση στο άλμα με ταλάντευση στο πρόγραμμα των κατιόντων σετ, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στο πρόγραμμα των κατιόντων σετ και στο πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση στο άλμα με ταλάντευση, πριν την έναρξη των προγραμμάτων, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών. .

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στο πρόγραμμα με τη μέθοδο των κατιόντων σετ και στο πρόγραμμα των επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του Έσω Πλατύ (VM) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης στο πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του Ορθού Μηριαίου (RF) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης στο πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του Έξω Πλατύ (VL) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης στο πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του Τετρακέφαλου (AQ) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης στο πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του Έσω Πλατύ (VM) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης στο πρόγραμμα των κατιόντων σετ, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.



Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του Ορθού Μηριαίου (RF) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης στο πρόγραμμα των κατιόντων σετ, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του Έξω Πλατύ (VL) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης στο πρόγραμμα των κατιόντων σετ, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών.

Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του Τετρακέφαλου (AQ) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης στο πρόγραμμα των κατιόντων σετ, πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών

## II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο κεφαλαίο αυτό γίνεται αναφορά σε μελέτες που έχουν εξετάσει την επίδραση διαφόρων προγραμμάτων δύναμης με αντιστάσεις στη νευρομυϊκή λειτουργία και τη μυϊκή υπερτροφία.

### *Επίδραση και σύγκριση διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης στη νευρομυϊκή απόδοση*

Οι Linnamo και συν. (1998) μελέτησαν την άμεση νευρομυϊκή κόπωση και την ανάκαμψη από αυτήν σε άντρες (n=8) και γυναίκες (n=8). Συγκρίθηκαν δύο μέθοδοι προπόνησης: η εκτέλεση μέγιστων επαναλήψεων, έναντι της εκτέλεσης εκρηκτικών επαναλήψεων. Η μέθοδος των μέγιστων επαναλήψεων περιελάμβανε πέντε σετ των 10ΜΕ στις εκτάσεις κνήμης. Η ίδια άσκηση και ο ίδιος αριθμός σετ εκτελέστηκαν στη μέθοδο των εκρηκτικών επαναλήψεων, αλλά με το 40% του βάρους που χρησιμοποιήθηκε στη μέθοδο μέγιστων επαναλήψεων με όσο το δυνατόν πιο εκρηκτική κίνηση. Μετρήθηκαν οι καμπύλες της ισομετρικής δύναμης των εκτεινόντων μυών της κνήμης πριν και μετά από κάθε σετ. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν ύστερα από ανάπαυση 1 ώρας, 2 ωρών, μίας ημέρας και δύο ημερών. Επίσης, καταγράφηκε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα στον έξω πλατύ και στον έσω πλατύ και πάρθηκαν δείγματα αίματος προκειμένου να καθοριστεί η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Αισθητές αλλαγές έλαβαν χώρα και στα δύο φύλα στην παραγωγή δύναμης κατά τη διάρκεια του προγράμματος μέγιστων επαναλήψεων, αλλά και του προγράμματος εκρηκτικών επαναλήψεων, αλλά οι συνολικές μειώσεις ήταν μεγαλύτερες και η ανάκαμψη πιο αργή μετά από το πρόγραμμα μέγιστων επαναλήψεων. Έντονες μειώσεις φάνηκαν και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα. Στους άνδρες, η μείωση στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα για την πρόιμη φάση της συστολής (0-100ms) κατά τη διάρκεια του προγράμματος εκρηκτικών επαναλήψεων ήταν μεγαλύτερη από αυτήν του προγράμματος μέγιστων επαναλήψεων, ενώ η μείωση στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα στη φάση της κορύφωσης της δύναμης (500-1500ms) ήταν παρόμοια. Η αύξηση στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα ήταν μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια του προγράμματος μέγιστων επαναλήψεων και στα δύο φύλα. Συμπεράναν λοιπόν, ότι η μειωμένη ηλεκτρική δραστηριότητα στους μύες συνοδευόμενη από μια συσσώρευση γαλακτικού στο αίμα οδήγησε σε αισθητές μειώσεις στη δύναμη. Η εκρηκτική προπόνηση, ειδικά στους άνδρες, φάνηκε να οδηγεί σε



μεγαλύτερη κεντρική κόπωση από την προπόνηση των μέγιστων επαναλήψεων. Οι γυναίκες δεν μπόρεσαν να επιβαρύνουν τον εαυτό τους όσο οι άντρες, ειδικά στην μέθοδο των εκρηκτικών επαναλήψεων.

Οι ίδιοι ερευνητές (Linnamo et al., 2000) εξέτασαν τις επιδράσεις δυο προγραμμάτων άσκησης, το πρώτο με την μέθοδο των εκρηκτικών επαναλήψεων και το δεύτερο με την μέθοδο των μέγιστων επαναλήψεων στη μέγιστη ισομετρική δύναμη, την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα και το γαλακτικό στο αίμα. Το πρόγραμμα εκρηκτικών επαναλήψεων περιλάμβανε πέντε σετ των δέκα επαναλήψεων στις πιέσεις ποδιών με φορτίο  $40\pm 6\%$  της μέγιστης ισομετρικής δύναμης με γωνία του γονάτου  $100^\circ$  και με όσο το δυνατόν πιο εκρηκτική εκτέλεση. Ο ίδιος αριθμός επαναλήψεων εκτελέστηκε στο πρόγραμμα μέγιστων επαναλήψεων αλλά με μεγαλύτερο βάρος,  $67\pm 7\%$  της μέγιστης ισομετρικής δύναμης. Μετρήθηκαν πριν και μετά τις ασκήσεις, η μέγιστη δύναμη και η κόπωση σε ένα ισομετρικό τεστ με καταγραφή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ μυ. Η μέση δύναμη ήταν υψηλότερη κατά τη διάρκεια προγράμματος εκρηκτικών επαναλήψεων από ότι κατά τη διάρκεια του προγράμματος των μέγιστων επαναλήψεων. Επίσης, στο πρόγραμμα εκρηκτικών επαναλήψεων υπήρχε μεγαλύτερη αύξηση στο γαλακτικό από ότι στο πρόγραμμα μέγιστων επαναλήψεων.

Οι Raastad και Hallen (2000) εξέτασαν τη νευρομυϊκή εξάντληση και ανάκαμψη 10 αθλητών μετά από ένα μέτριο και ένα υψηλής έντασης πρωτόκολλο μυϊκής ενδυνάμωσης. Στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης το φορτίο ήταν στο 100% των 3ME στο κάθισμα και στο 100% των 6ME στις εκτάσεις κνήμης. Στο πρωτόκολλο μέτριας έντασης, το φορτίο ήταν 70% του πρωτοκόλλου υψηλής έντασης. Και τα δυο πρωτόκολλα είχαν διάρκεια 90 λεπτά. Οι συσταλτικές ιδιότητες του τετρακέφαλου εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας ισοκινητικές εκτάσεις της κνήμης, ηλεκτρική διέγερση, και άλματα. Τα τεστ πραγματοποιήθηκαν πριν την άσκηση,  $5\pm 20$  λεπτά μετά την άσκηση, και 33 ώρες μετά την άσκηση. Οι μειώσεις στην δύναμη κατά την έκταση της κνήμης ήταν μεγαλύτερες μετά το πρωτόκολλο υψηλής έντασης ( $12\pm 14\%$ ) συγκρινόμενες με το πρωτόκολλο μέτριας έντασης ( $6\pm 7\%$ ). Παρόμοιες μειώσεις σημειώθηκαν στο κάθετο άλμα, στο κάθισμα μετά το πρωτόκολλο υψηλής έντασης. Επίσης η μείωση της παραγόμενης δύναμης με ηλεκτροδιέγερση ήταν επίσης μεγαλύτερη μετά το πρωτόκολλο υψηλής έντασης και ήταν πιο έντονη στην ηλεκτρική διέγερση με 20Hz από ότι με τη ηλεκτρική διέγερση στα 50Hz.

Οι νευρομυϊκές μεταβολές σε αθλητές δύναμης και σε μη αθλητές κατά τη διάρκεια προπόνησης με βάρη με πρωτόκολλο άσκησης υποστηριζόμενων επαναλήψεων

μελετήθηκαν από τον Ahtiainen και συν. (2004). Στη μελέτη συμμετείχαν οκτώ προπονημένοι αθλητές με εμπειρία στην προπόνηση με αντιστάσεις και οκτώ αθλητές χωρίς εμπειρία στην προπόνηση με βάρη. Ο σχεδιασμός του προγράμματος περιλάμβανε δυο συνθήκες: μια με υποστηριζόμενες επαναλήψεις και μια με μέγιστες επαναλήψεις ως την εξάντληση. Οι μέγιστες επαναλήψεις περιλάμβαναν 4 σετ των 12ΜΕ στο κάθισμα με 2 λεπτά ανάληψη μεταξύ των σετ. Στις υποστηριζόμενες επαναλήψεις η αρχική επιβάρυνση ήταν 8ΜΕ, όπου οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν μόνοι τους 8 επαναλήψεις ως την εξάντληση και κατόπιν άλλες 4 επαναλήψεις με βοήθεια. Τα δυο πρωτόκολλα άσκησης και στα δυο γκρουπ οδήγησαν σε νευρομυϊκή εξάντληση με σημαντική μείωση στην ισομετρική δύναμη και στη μέγιστη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των μυών από 32-52% και συνοδεύονταν από μεγάλη αύξηση του γαλακτικού στο αίμα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τουλάχιστον σε έμπειρους αθλητές το πρωτόκολλο υποστηριζόμενων επαναλήψεων είναι πιο εφαρμόσιμο από το πρωτόκολλο επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης που μπορεί να είναι πιο εύχρηστο.

Σε άλλη μελέτη ο Ahtiainen και συν. (2003) εξέτασαν σε δεκαέξι αθλητές τις νευρομυϊκές μεταβολές κατά την διάρκεια ενός πρωτοκόλλου άσκησης με εκτέλεση των σετ μέχρι εξάντλησης και ενός πρωτοκόλλου άσκησης με εκτέλεση υποστηριζόμενων επαναλήψεων. Τα πρωτόκολλα περιλάμβαναν 4 σετ πιέσεις ποδιών, 2 σετ κάθισμα και 2 σετ εκτάσεων κνήμης με ένταση 12 ΜΕ με δυο λεπτά διάλειμμα ανάμεσα στα σετ και τέσσερα λεπτά ανάμεσα στις ασκήσεις. Το αρχικό φορτίο ήταν τέτοιο ώστε οι ασκούμενοι να μην μπορούν να εκτελέσουν περισσότερες από 12 επαναλήψεις μόνοι τους. Η μείωση κατά 56,5% στη μέγιστη ισομετρική δύναμη στο πρόγραμμα υποστηριζόμενων επαναλήψεων ήταν μεγαλύτερη από τη μείωση κατά 38,3% στο πρόγραμμα μέγιστων επαναλήψεων. Επίσης, η ισομετρική δύναμη παρέμεινε χαμηλότερη κατά τη διάρκεια της ανάληψης μετά το πρόγραμμα των υποστηριζόμενων επαναλήψεων από ότι με το πρόγραμμα μέγιστων επαναλήψεων. Επίσης, συνδέθηκε με πτώση στην ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών κατά την εκτέλεση μέγιστης ισομετρικής σύσπασης. Οι πληροφορίες υποδεικνύουν πως η άσκηση με υποστηριζόμενες επαναλήψεις προκάλεσε μεγαλύτερες νευρομυϊκές μεταβολές από ότι ένα παραδοσιακό πρόγραμμα μέγιστων επαναλήψεων.

Ο Ahtiainen και συν. (2005) εξέτασαν τις άμεσες και μακροπρόθεσμες ορμονικές και νευρομυϊκές προσαρμογές κατά τη διάρκεια προπόνησης ενδυνάμωσης με βάρη με σκοπό την μυϊκή υπερτροφία σε δεκατρείς άνδρες που ασκούνταν συστηματικά με βάρη. Ο πειραματικός σχεδιασμός στόχευε στη σύγκριση της εκτέλεσης των σετ με μικρό χρόνο

διαλείμματος (2 min) και με μεγάλο χρόνο διαλείμματος (5 min) ανάμεσα στα σετ. Τα πρωτόκολλα άσκησης ήταν όμοια, όσον αφορά τον όγκο της προπόνησης, αλλά διέφεραν σε ότι αφορά την ένταση και το διάλειμμα ανάμεσα στα σετ (υψηλότερη ένταση και μεγαλύτερη ανάπαυση των 5 λεπτών ενάντια σε χαμηλότερη ένταση αλλά πιο σύντομη ανάπαυση των 2 λεπτών). Πριν και αμέσως μετά τα πρωτόκολλα, μετρήθηκαν η μέγιστη ισομετρική δύναμη και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των τετρακέφαλων και το γαλακτικό στο αίμα. Και τα δύο πρωτόκολλα, πριν την πειραματική περίοδο της προπόνησης (μήνας 0) οδήγησαν σε αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού, όπως και σε μειώσεις στη μέγιστη ισομετρική δύναμη και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα πρωτόκολλα. Κατά τη διάρκεια της εξάμηνης περιόδου προπόνησης ενδυνάμωσης παρατηρήθηκαν σημαντικές αυξήσεις 7% στη μέγιστη ισομετρική δύναμη και 16% στη 1ME του δεξιού ποδιού. Η μακροχρόνια εκτέλεση του προγράμματος οδήγησε σε παρόμοια αύξηση της μυϊκής μάζας ανεξάρτητα από το χρόνο του διαλείμματος μεταξύ των σετ. Μέσα στα τυπικά πρωτόκολλα προπόνησης δύναμης με βάρη για την πρόκληση μυϊκής υπερτροφίας που χρησιμοποιήθηκαν, ο χρόνος του διαλείμματος ανάμεσα στα σετ (2 και 5 λεπτά) δεν επηρέασε τις άμεσες μεταβολές στη νευρομυϊκή απόδοση ή τις μακροπρόθεσμες προσαρμογές της προπόνησης στη μυϊκή μάζα και δύναμη σε άντρες που έχουν ήδη υποβληθεί σε προπόνηση δύναμης.

Οι Hakkinen και συν. (1988) ερεύνησαν τις νευρομυϊκές προσαρμογές σε παρατεταμένη προπόνηση δύναμης με αντιστάσεις σε εννέα αρσενικούς αθλητές. Οι μέσες αυξήσεις συνέβησαν μετά από μια συμπληρωματική περίοδο δύο ετών στη μέγιστη νευρική ενεργοποίηση (ολοκληρωμένο ηλεκτρομυογράφημα, IEMG/4.2%,  $p=NS$ ), στη μέγιστη ισομετρική δύναμη της έκτασης των ποδιών (4.9%,  $p=NS$ ), στο μέσο δείκτη της ομόκεντρης δύναμης (4.1%,  $p=NS$ ), στο ολικό αποτέλεσμα της άρσης βαρών (2.8%,  $p<0.05$ ), και στην ολική μέση περιοχή των ινών (5.9%,  $p=NS$ ) του έξω πλατύ.

Σε άλλη μελέτη οι ίδιοι ερευνητές (Hakkinen et al., 1988) ερεύνησαν τις αντιδράσεις στο νευρομυϊκό και ενδοκρινικό σύστημα σε μια πολύ εντατική προπόνηση δύναμης με βάρη μιας εβδομάδας με δυο μονάδες προπόνησης κάθε ημέρα σε οχτώ αρσενικούς αθλητές. Η πρωινή και η απογευματινή προπόνηση κατέληξαν σε έντονες μειώσεις στη μέγιστη ισομετρική δύναμη και στη μέγιστη νευρική ενεργοποίηση (iEMG) των εκτεινόντων μυών των ποδιών.

Ο Ahtiainen και συν. (2003) μελέτησαν τις νευρομυϊκές προσαρμογές μετά από προπόνηση δύναμης με βάρη σε 8 άνδρες έμπειρους αθλητές και σε 8 μη έμπειρους

ασκούμενους. Το πειραματικό σχέδιο αποτέλεσε μια περίοδο 21 εβδομάδων προπόνησης δύναμης. Η μέγιστη ισομετρική δύναμη, και η μια μέγιστη επανάληψη (ME) των εκτιμώντων του δεξιού ποδιού μετρήθηκαν στις εβδομάδες 0, 7, 14 και 21. Οι ασκήσεις της έντονης βαριάς αντίστασης (έκταση των ποδιών, πέντε σετ των 10ME, με 2 min ανάπαυση ανάμεσα στα σετ) έδειξαν σημαντικές αυξήσεις 20.9% στη μέγιστη δύναμη στους όχι δυναμικά εκπαιδευμένους αθλητές κατά τη διάρκεια της περιόδου των 21 εβδομάδων της προπόνησης δύναμης και ήταν μεγαλύτερες από αυτές στους δυναμικά εκπαιδευμένους αθλητές (3.9% και -1.8%).

Ο Smilios και συν. (2010) μελέτησαν α) τη μηχανική ισχύ και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (EMG) κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας ενός πρωτοκόλλου μυϊκής αντοχής και β) τη μέγιστη παράγωγη ισχύος δύναμης και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα χρησιμοποιώντας ένα ελαφρύ και ένα βαρύ φορτίο. Δεκαέξι άνδρες ηλικίας  $20.7 \pm 1.1$  χρόνια εκτέλεσαν τέσσερα σετ των 20 επαναλήψεων με αρχικό φορτίο στο 50% της μιας μέγιστης επανάληψης (1ME) με 2 λεπτά διάλλειμα, στην άσκηση κάθισμα. Επιπλέον οι ασκούμενοι εκτέλεσαν 4 επαναλήψεις με φορτία του 40% και 80% της μιας μέγιστης επανάληψης πριν, αμέσως μετά και 30 λεπτά μετά το τέλος της συνεδρίας. Κατά τη διάρκεια της ομόκεντρης φάσης της ανύψωσης καταγράφηκαν η μέση ισχύς και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα από τον έσω πλατύ (VM), τον έξω πλατύ (VL) και τον ορθό μηριαίο (RF). Η μέση ισχύς δεν μεταβλήθηκε κατά την διάρκεια των 2 πρώτων σετ ενώ μειώθηκε κατά την διάρκεια του τρίτου και του τετάρτου σετ. Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τετρακέφαλου (AQ), VM & VL και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του ορθού μηριαίου αυξήθηκαν μέχρι την εντεκάτη επανάληψη κατά τη διάρκεια κάθε σετ ενώ αυξήθηκε σταδιακά από σετ σε σετ. Η μέγιστη ισχύς και η δραστηριότητα του τετρακέφαλου (AQ), VM & VL με φορτία του 40% και 80% της 1 ME μειώθηκαν μετά τη συνεδρία. Το γαλακτικό στο αίμα έφτασε  $10.2 \pm 2.5$  και  $13.1 \pm 4.1$  mmol/L ύστερα από το δεύτερο και το τέταρτο σετ, αντίστοιχα. Φαίνεται ότι κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας μυϊκής αντοχής με υπομέγιστη παραγωγή δύναμης, η μηχανική ισχύς ενδέχεται σταδιακά να μειωθεί πιθανότατα λόγω της μεταβολικής κόπωσης, ενώ η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα ενδέχεται να αυξηθεί. Ακολουθώντας αυτό το είδος συνεδρίας, η παραγωγή μέγιστης ισχύος και η ενεργοποίηση των μυών με ένα ελαφρύ και ιδιαίτερα με βαρύ φορτίο μειώνονται.

Ένα χρόνο ωρίτερα οι Granacher και συν (2009) διερεύνησαν τις επιπτώσεις της προπόνησης με αντιστάσεις στη δύναμη ηλικιωμένων ατόμων. Σαράντα υγιείς ηλικιωμένοι

(67±1 χρόνο) συμμετείχαν σε αυτήν τη μελέτη. Τα άτομα χωρίστηκαν τυχαία σε μια ομάδα που εκτέλεσε πρόγραμμα δύναμης με αντιστάσεις (n=20) και μια ομάδα ελέγχου (n=20). Το πρόγραμμα διήρκεσε για δεκατρείς εβδομάδες. Η αντίσταση στις ασκήσεις ήταν στο 80% της μιας μέγιστης επανάληψης. Παρατηρήθηκαν βελτιωμένες επιδόσεις στην λειτουργική κίνηση, αλλά και αυξήσεις στην απόδοση δύναμης.

### ***Μακροχρόνιες επιδράσεις διαφόρων πρωτοκόλλων ενδυνάμωσης στο νευρομυϊκό σύστημα***

Οι έρευνες που έχουν γίνει πάνω στη βελτίωση της δύναμης υστερά από προπόνηση με βάρη υποστηρίζουν τη θετική επίδραση μιας τέτοιας προπόνησης. Τα τελευταία χρόνια πολλοί ερευνητές παρουσίασαν μελέτες σχετικά με την επίδραση διαφόρων προγραμμάτων άσκησης με αντιστάσεις στη δύναμη. Οι προσαρμογές στην προπόνηση με βάρη επικεντρώνονται στην ανάπτυξη και στη διατήρηση της κινητικής μονάδας που χρειάζεται για την παραγωγή δύναμης. Προσαρμογές, ωστόσο, παρατηρούνται και σε άλλα φυσιολογικά συστήματα του σώματος όπως π.χ το ερειστικό σύστημα,, το καρδιαγγειακό σύστημα και το ενδοκρινικό σύστημα. Επίσης, τα προγράμματα προπόνησης με αντιστάσεις προκαλούν εξειδικευμένες προσαρμογές. Η ενεργοποίηση συγκεκριμένων μυϊκών ομάδων στην προπόνηση υπαγορεύουν ποιός ιστός άλλα και ποιά φυσιολογικά συστήματα θα επηρεαστούν από την προπόνηση. Η χρονική πορεία της ανάπτυξης του νευρομυϊκού συστήματος φαίνεται ότι κυριαρχείται στην αρχική φάση από νευρικούς παράγοντες. Στην επόμενη φάση της προσαρμογής, η μυϊκή μάζα αυξάνεται και η συστατική μονάδα αρχίζει να συμβάλλει στο μέγιστο στις προσαρμογές. Μια πληθώρα από άλλους παράγοντες μπορεί να επηρεάσει τις προσαρμογές, όπως οι λειτουργικές δυνατότητες του ατόμου, η ηλικία, η διατροφική κατάσταση και ο τρόπος ζωής (π.χ. ύπνος και συνήθειες υγιεινής). Η βέλτιστη προσαρμογή φαίνεται ότι συνδέεται με τη χρήση συγκεκριμένων προγραμμάτων προπόνησης με αντιστάσεις που αντιστοιχούν στους στόχους του ατόμου (Kraemer et al., 1996).

Σε άλλη αξιολογή μελέτη του Hakkinen και συν. (1998) εξετάστηκαν 10 μεσήλικες άντρες (M40/42±2 χρόνια), 11 μεσήλικες γυναίκες (W40/39±3 χρόνια), 11 ηλικιωμένους άντρες (M70/72±3 χρόνια) και 10 ηλικιωμένες γυναίκες (W70/67±3 χρόνια) τις συνέπειες εξάμηνης προπόνησης με βάρη στην ενεργοποίηση των μυών του μηρού, στην εγκάρσια διατομή (CSA) του τετρακεφάλου καθώς και στη μέγιστη και εκρηκτική δύναμη. Η

μέγιστη και η εκρηκτική δύναμη παρέμειναν αμετάβλητες κατά τη διάρκεια μίας περιόδου ελέγχου χωρίς προπόνηση δύναμης. Ύστερα από 6 μήνες προπόνηση, η μέγιστη ισομετρική δύναμη στις εκτάσεις των ποδιών αυξήθηκε  $36\pm 4$  και  $22\pm 2\%$  στους άντρες 40 ετών,  $36\pm 3$  και  $21\pm 3\%$  στους άντρες 70 ετών,  $66\pm 9$  και  $34\pm 4\%$  στις γυναίκες 40 ετών, και  $57\pm 10$  και  $30\pm 3\%$  στις γυναίκες 70 ετών, αντίστοιχα. Όλες οι ομάδες έδειξαν μεγάλη αύξηση στη μέγιστη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω και έσω πλατύ. Σημαντικές αυξήσεις παρατηρήθηκαν και στην ισομετρική δύναμη και στο κάθετο άλμα το οποίο συνοδεύτηκε με αύξηση της ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των τετρακέφαλων. Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του ανταγωνιστή δικέφαλου μηριαίου μυ μειώθηκε κατά τη μέγιστη ισομετρική έκταση της κνήμης και στους άντρες 70 ετών (από  $24\pm 6$  σε  $21\pm 6\%$   $p<0.05$ ) και στις γυναίκες 70 ετών (από  $31\pm 9$  σε  $24\pm 4\%$   $p<0.05$ ) στα ίδια επίπεδα όπως καταγράφηκε για τους άντρες 40 ετών και για γυναίκες 40 ετών. Η CSA του τετρακεφάλου αυξήθηκε στους άντρες 40 ετών 5%, στις γυναίκες 40 ετών 9%, στις γυναίκες 70 ετών 6% και στους άντρες 70 ετών 2%.

Ο Hakkinen και συν. (2000) σε άλλη έρευνα εξέτασαν τις προσαρμογές εξάμηνης προπόνησης αντιστάσεων (2 ημέρες/εβδομάδα) που σχεδιάστηκε για να αναπτυχθεί η ισομετρική δύναμη, η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (EMG) των μυών του μηρού. Ένα σύνολο 10 μεσήλικων αντρών (M40,  $42\pm 2$ ), 11 μεσήλικων γυναικών (W40,  $39\pm 3$ ), 11 ηλικιωμένων ανδρών (M70,  $72\pm 3$ ) και 10 ηλικιωμένων γυναικών (W70,  $67\pm 3$ ) λειτούργησαν ως δείγμα. Η μέγιστη και η εκρηκτική δύναμη παρέμειναν αμετάβλητες κατά τη διάρκεια μιας περιόδου ελέγχου ενός μήνα. Ύστερα από εξάμηνη προπόνηση, η μέγιστη ισομετρική δύναμη και η 1ME αυξήθηκαν στους άντρες 40 ετών  $28\pm 14$  και  $27\pm 7\%$ , στους άντρες 70 ετών  $27\pm 17$  και  $21\pm 9\%$ , στις γυναίκες 40 ετών  $27\pm 19$  και  $35\pm 14\%$  και στις γυναίκες 70 ετών  $26\pm 14$  και  $31\pm 14\%$ , αντίστοιχα. Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω και του έσω πλατύ αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της προπόνησης σε όλες τις ομάδες. Τα πορίσματα στηρίζουν την έννοια του σημαντικού ρόλου των νευρικών προσαρμογών στην ανάπτυξη της δύναμης στους μεσήλικους και στους ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες. Οι γυναίκες και των δύο ηλικιακών ομάδων εμφανίζονται να ανταποκρίνονται υπερτροφικά στο ολικό πρωτόκολλο της προπόνησης δύναμης που εκτελέστηκε δύο φορές την εβδομάδα συμπεριλαμβάνοντας ασκήσεις που σχεδιάστηκαν και για την μέγιστη δύναμη και για την ανάπτυξη της δύναμης, καθώς ένα τέτοιο πρόγραμμα έχει περιορισμένα αποτελέσματα στην μυϊκή υπερτροφία στους άνδρες.

Το 2001 ο Hakkinen και συν. εξέτασαν τις επιδράσεις της προπόνησης δύναμης για 21 εβδομάδες σε 10 ηλικιωμένες γυναίκες ( $64\pm 3$  χρόνια). Αξιολόγησαν το

ηλεκτρομυογράφημα, τη μέγιστη ισομετρική δύναμη, τη μέγιστη δύναμη και τον ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης των τετρακέφαλων. Ύστερα από 21 εβδομάδες προπόνησης η μέγιστη δύναμη αυξήθηκε 37% και η 1ME 29%, συνοδευόμενη από μια αύξηση στο ρυθμό της ανάπτυξης της δύναμης. Επίσης, η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω πλατύ αυξήθηκε. Οι νευρικές προσαρμογές και η απόδοση του σκελετικού μυ που ασκήθηκε επέφερε υπερτροφία ακόμη και στις μεγαλύτερες γυναίκες. Το μέγεθος και η χρονική διάρκεια της έντονης άσκησης ενδέχεται να είναι σημαντικοί φυσιολογικοί δείκτες των προσαρμογών κατά τη διάρκεια της προπόνησης δύναμης ακόμη και σε μεγαλύτερες γυναίκες.

Μια μελέτη που ερεύνησε τους παράγοντες βελτίωσης της δύναμης μετά από πρόγραμμα με βάρη σε 13 άτομα προεφηβικής ηλικίας (9-11χρ.), οι οποίοι δε γυμνάζονταν συστηματικά, ήταν αυτή των Ramsay και συν. (1990). Μετά τη χρησιμοποίηση προγράμματος διάρκειας 20 εβδομάδων με προοδευτική αύξηση της αντίστασης (70-85% της 1ME) και συχνότητας τρεις φορές την εβδομάδα η βελτίωση της δύναμης αποδόθηκε σε νευρομυϊκούς παράγοντες. Η ικανότητα συντονισμού, η τάση για σημαντική βελτίωση στο ποσοστό κινητοποίησης των κινητικών μονάδων κατά 13,2 και 17,4% για τους καμπτήρες του αγκώνα και τους εκτεινόντες των γονάτων, αντίστοιχα, και ο καλύτερος συντονισμός των εμπλεκόμενων μυϊκών ομάδων ήταν οι πιο καθοριστικοί παράγοντες για την βελτίωση της δύναμης. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Ozmun και συν. (1994). Μετά από εφαρμογή προγράμματος με βάρη (3\*7-10 ME), διάρκειας οχτώ εβδομάδων και με συχνότητα τρεις φορές την εβδομάδα, σε 5 αγόρια και 3 κορίτσια προεφηβικής ηλικίας (9-12χρ.), παράλληλα με τη σημαντική βελτίωση της δύναμης παρατηρήθηκε και αύξηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας κατά 16,8% ενώ δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στη μυϊκή μάζα.

Ο Suetta και συν. (2004) μελέτησαν τις νευρομυϊκές προσαρμογές που έχουν προκληθεί από την προπόνηση σε ηλικιωμένους ανθρώπους, οι οποίοι συνέρχονται από μια περίοδο χαλάρωσης. Εξέτασαν την επίδραση τριών τύπων προγραμμάτων προπόνησης στην μέγιστη μυϊκή δύναμη, την εκρηκτική μυϊκή δύναμη, τη μυϊκή ενεργοποίηση, και το μυϊκό μέγεθος. Τριάντα-έξι άτομα (60-86 ετών) επιλέχτηκαν τυχαία σε ένα πρόγραμμα αποκατάστασης 12 εβδομάδων που αποτελούνταν ή από 1) προπόνηση δύναμης (3 φορές /εβδομάδα για 12 εβδομάδες), 2) ηλεκτρικό μυϊκό ερέθισμα (1 ώρα/ εβδομάδα για 12 εβδομάδες), ή 3) κανονική αποκατάσταση (1 ώρα/ ημέρα για 12 εβδομάδες). Και δημιουργήθηκε και μια ομάδα ελέγχου. Τριάντα άτομα ολοκλήρωσαν την δοκιμασία. Στην ομάδα της προπόνησης δύναμης παρατηρήθηκαν σημαντικές αυξήσεις στη μέγιστη

ισομετρική μυϊκή δύναμη (24%). Δεν σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στις δύο άλλες ομάδες προπόνησης. Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω πλατύ ήταν μεγαλύτερη στην προπόνηση δύναμης από την ομάδα της κανονικής αποκατάστασης σε 5 και 12 εβδομάδες. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή φυσιοθεραπεία και το ηλεκτρικό ερέθισμα, η προπόνηση δύναμης αύξησε τη μυϊκή μάζα, τη μέγιστη ισομετρική δύναμη, την ορθού μηριαίου, και την μυϊκή ενεργοποίηση στους ηλικιωμένους άντρες και γυναίκες που συνέρχονται από μακρόχρονη μυϊκή αχρηστία. Η βελτίωση στη μυϊκή μάζα και στη νευρική λειτουργία πιθανόν να έχει σημαντικές λειτουργικές επιπτώσεις στα ηλικιωμένα άτομα..

Σε έρευνα του Cacchio και συν. (2007), μελετήθηκαν οι συνέπειες ενός προγράμματος προπόνησης με αντιστάσεις διάρκειας 8 εβδομάδων στις πιέσεις στήθους σε 1ME. Είκοσι υγιείς μη ασκούμενες γυναίκες ηλικίας  $24.8 \pm 1$  χρόνια, επιλέχθηκαν τυχαία και αξιολογήθηκαν πριν και μετά το πρόγραμμα της προπόνησης δύναμης. Τα σήματα της μυϊκής δραστηριότητας καταγράφηκαν από την επιφάνεια της ηλεκτρομυογραφίας (sEMG) από οχτώ μύες ενώ κάθε άτομο εκτελούσε την άσκηση. Η μυϊκή δύναμη καθορίστηκε από τεστ 1 μέγιστης επανάληψης (1ME) για κάθε άτομο. Παρατηρήθηκε ευπροσάρμοστη αλλαγή στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα σε όλους τους μύες μετά την προπόνηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προπόνηση με αντιστάσεις σε άτομα που δεν έκαναν άσκηση λειτουργεί αποτελεσματικά στη βελτίωση του μυϊκού συντονισμού.

Οι Lamas και συν. (2012), μελέτησαν τα αποτελέσματα προγράμματος προπόνησης δύναμης και προπόνησης με αντιστάσεις στις νευρομυϊκές προσαρμογές και στις αλλαγές στην εκτέλεση κάθετου άλματος. Σαράντα σωματικά δραστήριοι άνδρες ( $178.2 \pm 7.0$  εκ.  $75.1 \pm 8.6$  κιλά,  $23.6 \pm 3.5$  χρονών) με τουλάχιστον δύο χρόνια εμπειρίας στην προπόνηση με αντιστάσεις χωρίστηκαν σε 3 ομάδες. Μια ομάδα που εκτέλεσε πρόγραμμα προπόνησης ισχύος (ST n=14), μια ομάδα που εκτέλεσε πρόγραμμα προπόνησης δύναμης (PT n=14) και μια ομάδα ελέγχου (C n=14). Τα προγράμματα εκτελέστηκαν κατά τη διάρκεια οχτώ εβδομάδων, με συχνότητα προπόνησης 3 φορές την εβδομάδα. Η μέγιστη ισομετρική δύναμη και η ενεργοποίηση των μυών, αξιολογήθηκαν πριν και μετά την πειραματική περίοδο με την εκτέλεση των ασκήσεων του ημικαθίσματος (SJ) και του άλματος με ταλάντευση (CMJ). Η μέγιστη ισομετρική δύναμη αυξήθηκε ( $p < 0.05$ ) το ίδιο και για τις ομάδες ST και PT ( $p < 0.05$ ). Το ύψος του άλματος με ταλάντευση (CMJ) αυξήθηκε μόνο στη ομάδα PT ( $p < 0.05$ ). Συμπερασματικά, οι



νευρομυϊκές προσαρμογές ήταν παρόμοιες μεταξύ των ομάδων. Η PT ήταν πιο αποτελεσματική από την ST στο ύψος της εκτέλεσης του άλματος.

### ***Επίδραση του τύπου της μυϊκής ενεργοποίησης***

Οι Linnamo και συν. (2000) μέτρησαν την έκκεντρη και την ομόκεντρη δύναμη και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (EMG) κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά από μέγιστη έκκεντρη (EA) και ομόκεντρη (OA) άσκηση και κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάληψης της πρώτης εβδομάδας προγράμματος άσκησης με βάρη. Οκτώ άνδρες εκτέλεσαν έκκεντρες και ομόκεντρες κάμψεις του αγκώνα σε δύο ξεχωριστές περιόδους άσκησης. Συγκρίνοντας τις μέγιστες έκκεντρες και ομόκεντρες δράσεις πριν τις ασκήσεις, η μέση δύναμη ήταν υψηλότερη στην έκκεντρη παρά στην ομόκεντρη ενεργοποίηση του μυός. Η μέση έκκεντρη δύναμη μειώθηκε 53.3% μετά την έκκεντρη άσκηση και 30.6% μετά την ομόκεντρη άσκηση, ενώ η μέση ομόκεντρη δύναμη μειώθηκε 49.9% μετά την ομόκεντρη άσκηση και 38.4% μετά την έκκεντρη άσκηση. Η μέση συχνότητα των δικέφαλων βραχιόνων μυών του βραχίονα στην έκκεντρη δράση μειώθηκε κατά τη διάρκεια τόσο της έκκεντρης όσο και της ομόκεντρης άσκησης. Κατά την ομόκεντρη άσκηση, η μέση συχνότητα του δικέφαλου βραχιόνιου μυ μειώθηκε ενώ δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην έκκεντρη άσκηση. Η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα αυξήθηκε και με τους δύο τύπους μυϊκής ενεργοποίησης.

Ο Masuda και συν. (1999), εξέτασαν την επίδραση των τύπων της μυϊκής ενεργοποίησης στη ταχύτητα μετάδοσης της μυϊκής ίνας στον έξω πλατύ δεκαεννέα υγιών ενήλικων ανδρών (n=19). Τα άτομα εκτέλεσαν έκταση του γονάτου στατικά και δυναμικά μέχρι εξάντλησης. Η στατική συστολή ήταν μια συνεχής ισομετρική έκταση του γονάτου στη γωνία των 90° με δύναμη 50% της μέγιστης εκούσιας συστολής. Η δυναμική συστολή ήταν μια επαναλαμβανόμενη ισοτονική έκταση του γονάτου ανάμεσα στις γωνίες 90° και 180° με την ίδια εφαρμογή δύναμης, 50% της μέγιστης εκούσιας συστολής, με συχνότητα 10 φορές ανά λεπτό. Κατά τη διάρκεια της στατικής συστολής, η ταχύτητα μετάδοσης της μυϊκής ίνας μειώθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια της άσκησης ( $p < 0.01$ ). Από την άλλη, κατά τη διάρκεια της δυναμικής συστολής, η μετάδοση της ταχύτητας της μυϊκής ίνας δεν άλλαξε σημαντικά κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μετάδοση της ταχύτητας της μυϊκής ίνας επηρεάζεται από την μεταβολική κατάσταση στον μυ.

Ο Pasquet και συν. (2000), συνέκριναν τη συμβολή των κεντρικών και περιφερειακών διαδικασιών στην εξάντληση των μυών της ποδοκνημικής άρθρωσης από

ασκήσεις που εκτελέστηκαν κατά τη διάρκεια ομόκεντρων και έκκεντρων συστολών. Το δείγμα του αποτελέσαν 8 άνδρες και 2 γυναίκες. Κάθε άσκηση αποτελούνταν από πέντε σετ των 30 επαναλήψεων. Κατά τη διάρκεια των ασκήσεων καταγράφηκε και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τετρακέφαλου. Πριν, κατά τη διάρκεια, και ύστερα από τα σετ, η δράση και οι συσταλτικές του ιδιότητες του μυ καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια ισομετρικών συνθηκών. Συγκρινόμενες με τις έκκεντρες συστολές, οι ομόκεντρες συστολές κατέληξαν σε μεγαλύτερη ( $p < 0.05$ ) απώλεια δύναμης και μείωση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας. Αυτή η διαφορά ήταν πιο έντονη κατά τη διάρκεια των τεσσάρων πρώτων σετ αλλά μειώθηκε κατά τη διάρκεια του τελευταίου σετ. Το συμπέρασμα είναι ότι παρατηρήθηκαν μεγαλύτερες μεταβολές στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια των ομόκεντρων συστολών, που πιθανόν να συνδέονται με υψηλότερη ανάγκη για ενέργεια απ' ότι οι έκκεντρες συστολές.

Οι Tanimoto και Ishii (2006) ερεύνησαν τις άμεσες και τις μακροπρόθεσμες συνέπειες των ασκήσεων δύναμης στην έκταση του γονάτου. Αυτός ο τύπος άσκησης αναμενόταν να βελτιώσει το ενδομυϊκό περιβάλλον, το οποίο ενδέχεται να αποτελεί παράγοντα της μυϊκής υπερτροφίας. Είκοσι τέσσερις υγιείς νέοι άνδρες που δεν ασκούσαν συστηματικά με βάρη χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες ( $n=8$  η κάθε μια) και εκτέλεσαν τα παρακάτω προγράμματα ασκήσεων με αντιστάσεις: α) χαμηλή ένταση (50% της 1ME) σε αργή κίνηση, β) υψηλή ένταση (80% της 1ME) με κανονική ταχύτητα, γ) χαμηλή ένταση με κανονική ταχύτητα. Κάθε περίοδος άσκησης αποτελούνταν από τρία σετ, τα οποία εκτελούνταν τρεις φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες. Η προπόνηση επέφερε σημαντικές αυξήσεις στην ισομετρική δύναμη κατά την έκταση της κνήμης και στους τρεις τύπους άσκησης.

### ***Επίδραση του χρόνου του διαλείμματος***

Την διερεύνηση της επίδρασης τριών διαφορετικών χρόνων διαλείμματος στην απόδοση στις πιέσεις πάγκου και στο ημικάθισμα, σύγκριναν σε μια αξιολογη μελέτη οι Willardson & Burkett (2006). Εκτελέστηκαν 5 σετ ημικαθίσματα και πιέσεις πάγκου με διάλειμμα 30 sec, 1 min και 2 min μεταξύ των σετ. Σε κάθε άσκηση παρατηρήθηκε σημαντική πτώση στον αριθμό των επαναλήψεων που εκτελέστηκαν μεταξύ του πρώτου και του πέμπτου σετ. Οι διαφορές δεν ήταν σημαντικές μεταξύ των διαλειμμάτων των 30 sec και του 1 min και μεταξύ του 1 min και των 2 min. Στις πιέσεις πάγκου, υπήρξαν σημαντικές διαφορές στη δυνατότητα να εκτελεστούν οι επαναλήψεις μεταξύ των διαλειμμάτων των 30 sec και των 2 min και μεταξύ των διαλειμμάτων του 1 και των 2

min. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι όταν χρησιμοποιείται σύντομο διάλειμμα για την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης, η ένταση πρέπει να είναι χαμηλή.

Σκοπός μιας ακόμα μελέτης (Willardson & Burkett, 2006), ήταν να συγκριθεί η επίδραση τριών διαφορετικών προγραμμάτων στις πιέσεις πάγκου. Δέκα έξι προπονημένα άτομα υποβλήθηκαν σε δυο προπονητικές συνεδρίες την εβδομάδα για διάστημα τριών εβδομάδων. Κατά τη διάρκεια της πρώτης συνεδρίας κάθε εβδομάδας, εκτελέστηκαν 5 διαδοχικά σετ στις πιέσεις πάγκου με φορτίο 80% της 1ME και με 1, 2, 3 min διάλειμμα μεταξύ των σετ. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης συνεδρίας κάθε εβδομάδας οι ίδιες διαδικασίες επαναλήφθηκαν με 50% της 1ME. Οι συνολικές επαναλήψεις που ολοκληρώνονται είχαν σχέση με το χρόνο του διαλείμματος και με το φορτίο. Για κάθε φορτίο όταν μεσολαβούσαν 3 min διαλείμματος μεταξύ των σετ εκτελέστηκε μεγαλύτερος αριθμός επαναλήψεων έναντι της ανάληψης 2 min ή 1 min μεταξύ των σετ. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να εφαρμοστούν στην εβδομαδιαία προπόνηση πιέσεων πάγκου με υψηλές (80% 1ME) και χαμηλές (50% 1ME) εντάσεις. Όταν ο στόχος της προπόνησης είναι η ανάπτυξη μέγιστης δύναμης, 3 min διαλείμματος πρέπει να χρησιμοποιηθούν για να αποφευχθεί σημαντική πτώση στον αριθμό των επαναλήψεων. Η δυνατότητα να μην μειώνεται ο αριθμός των επαναλήψεων κρατώντας την ένταση σταθερή μπορεί να οδηγήσει σε έναν υψηλότερο όγκο προπόνησης και συνεπώς μεγαλύτερα κέρδη σε μυϊκή δύναμη.

Ο Piirainen και συν. (2011) συνέκριναν τις αλλαγές στη νευρομυϊκή και αεροβική ικανότητα με την εκτέλεση προγράμματος δύναμης διάρκειας 7 εβδομάδων που περιλάμβανε 3 προπονήσεις ανά εβδομάδα (3 σετ των 10 μέγιστων επαναλήψεων). Συμμετείχαν 24 άντρες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ίσες ομάδες, 21 από αυτούς ολοκλήρωσαν τη μελέτη (ομάδα A n=12, ομάδα ελέγχου n=9). Η καρδιακή συχνότητα εξαρτώμενη από το χρόνο αποκατάστασης, καθορίστηκε με οθόνη Polar FT80 HR. Οι ομάδες ελέγχου χρησιμοποίησαν σταθερές περιόδους ανάκαμψης δύο λεπτών ανάμεσα στα σετ. Η ομόκεντρη έκταση του γόνατος (1 μέγιστη επανάληψη), η κάμψη του γόνατος (10 μέγιστες επαναλήψεις) και η μέγιστη VO<sub>2</sub> μετρήθηκαν πριν και μετά την προπόνηση. Στην ομάδα A, η αύξηση στη δύναμη ήταν πιο υψηλή ( $p < 0.05$ ) απ' ό τι στην ομάδα ελέγχου ( $p < 0.001$ ). Η νευρομυϊκή ενεργοποίηση με βάση την περίοδο αποκατάστασης βάση της καρδιακής συχνότητας ενδέχεται να είναι πιο αποτελεσματική σε αυτού του είδους την προπόνηση μυϊκής υπερτροφίας.

### ***Συμπεράσματα από την ανασκόπηση βιβλιογραφίας***

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι:

- Η προπόνηση με βάρη βελτιώνει σημαντικά τη δύναμη.
- Τα ερευνητικά δεδομένα για τις μεταβολές στη νευρομυϊκή λειτουργία μέσω προγραμμάτων δύναμης με βάρη, είναι ελλιπή.
- Η αύξηση της δύναμης στα αρχικά στάδια που επέρχεται μετά την εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης με βάρη για την πρόκληση μυϊκής υπερτροφίας οφείλονται κατά κύριο λόγο στη βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας του νευρικού συστήματος.

### III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### *Δείγμα*

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν δέκα άνδρες ηλικίας  $22,4 \pm 2$  χρονών, ύψους  $1,76 \pm 0,07$  μέτρα, σωματικής μάζας  $73,4 \pm 8,6$  κιλά) που ασκούσαν συστηματικά με βάρη τουλάχιστον για ένα χρόνο.

#### *Πειραματικός σχεδιασμός*

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν οι μεταβολές στη απόδοση και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια εκτέλεσης δυο προγραμμάτων με βάρη που έχουν ως στόχο την μυϊκή υπερτροφία. Στο ένα πρόγραμμα η ένταση ήταν 8 ΜΕ και εκτελέστηκαν 3 σετ των 8 επαναλήψεων με 4 λεπτά διάλειμμα στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. Στο δεύτερο πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε αρχικά το ίδιο φορτίο (8-ΜΕ) και εκτελέστηκαν 3 ενότητες με 4 λεπτά διάλειμμα. Η κάθε ενότητα περιελάμβανε 3 κατιόν σετ των 8 επαναλήψεων με 30 δευτερόλεπτα διάλειμμα, με προοδευτική μείωση του φορτίου, ώστε να κρατηθεί σταθερός ο αριθμός των επαναλήψεων στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών. Πριν την έναρξη των προγραμμάτων, μετά την άσκηση «κάθισμα» και στο τέλος των προγραμμάτων μετρήθηκε η μέγιστη ισομετρική δύναμη κατά την έκταση της κνήμης με ταυτόχρονη καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητα του ορθού μηριαίου και των έξω και έσω πλατύ μυών, το ύψος στο άλμα με ταλάντευση και η συγκέντρωση του γαλακτικού προκειμένου να εκτιμηθεί η ενεργοποίηση του αναερόβιου μεταβολισμού. Τα δυο προγράμματα εκτελέστηκαν με ενδιάμεσο διάστημα μιας εβδομάδας, με τυχαία σειρά και με αντιστάθμιση.

#### *Μετρήσεις*

##### *Μέγιστη ισομετρική δύναμη*

Η ισομετρική δύναμη κατά την έκταση κνήμης μετρήθηκε με πιεζοηλεκτρικό δυναμόμετρο συνδεδεμένο με σύστημα αποκωδικοποίησης εξοπλισμένο με λογισμικό (Muscle Lab, Model PFMA 3010e, Ergotest Technology A.S., Langensund, Norway; συχνότητα δειγματοληψίας 100 Hz). Από τους ασκούμενους ζητήθηκε να εκτελέσουν έκταση της κνήμης στο 100% της δύναμης τους σε μηχανήμα εκτάσεων κνήμης. Η γωνία του άξονα του μηχανήματος είχε σταθεροποιηθεί σε γωνία γόνατος 75 μοιρών. Οι

δοκιμαζόμενοι δέθηκαν πάνω στο κάθισμα του μηχανήματος ώστε να μη σηκώνεται το σώμα κατά την εκτέλεση της άσκησης και εκτελούσαν για 6 δευτερόλεπτα μέγιστη ισομετρική σύσπαση με το ένα πόδι.

### ***Άλμα με ταλάντευση***

Το ύψος στο άλμα με ταλάντευση υπολογίστηκε από το χρόνο πτήσης του άλματος με τη χρήση ενός δαπέδου αγωγιμότητας συνδεδεμένο με ένα μικροϋπολογιστή (Ergojump, Psion<sup>®</sup> CM, MAGICA, Rome, Italy) (Bosco et al., 1983). Κατά την εκτέλεση του άλματος οι δοκιμαζόμενοι είχαν τα χέρια στη μεσολαβή και δόθηκε εντολή να διατηρούν τον κορμό κάθετο σε όλη τη φάση εκτέλεσης του άλματος. Οι ασκούμενοι εκτέλεσαν 3 άλματα κάθε φορά πριν την έναρξη των προγραμμάτων, μετά την άσκηση «κάθισμα» και στο τέλος των προγραμμάτων. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το υψηλότερο άλμα.

### ***Μέτρηση μέγιστης δύναμης και μέγιστου αριθμού επαναλήψεων***

Η μέγιστη δύναμη στην άσκηση κάθισμα μετρήθηκε με την μέθοδο της 1 μέγιστης επανάληψης (1-ME). Ως προθέρμανση εκτελέστηκαν αρχικά 5 – 8 επαναλήψεις με βάρος 50 – 60% της προβλεπόμενης 1-ME. Μετά από 2 λεπτά διάλειμμα εκτελέστηκαν 2 – 4 επαναλήψεις με βάρος 70 – 80% της προβλεπόμενης 1-ME και μετά από 2 λεπτά διάλειμμα μια επανάληψη στο 90% της προβλεπόμενης 1-ME. Κατόπιν, εκτελώντας μόνο μια επανάληψη αυξήθηκε σταδιακά το φορτίο ώσπου ο δοκιμαζόμενος να μην μπορεί να εκτελέσει μια επανάληψη στο πλήρες εύρος κίνησης της άσκησης. Το διάλειμμα μεταξύ της εκτέλεσης μιας επανάληψης στα προοδευτικά αυξανόμενα φορτία ήταν 3 – 5 λεπτά.

Για τον προσδιορισμό του φορτίου των 8-ME, αρχικά ζητήθηκε από τους δοκιμαζόμενους να εκτελέσουν 8 επαναλήψεις με το 80% της 1-ME. Αν εκτελούσαν επιτυχώς τις 8 επαναλήψεις τότε το φορτίο αυξάνονταν κατά 5% και εκτελούσαν 8 επαναλήψεις. Αν δεν μπορούσαν να εκτελέσουν 8 επαναλήψεις στο 80% της 1-ME τότε το φορτίο μειώνονταν κατά 5% και η προσπάθεια επαναλαμβάνονταν μέχρι να προσδιοριστεί το φορτίο των 8-ME. Μεταξύ των προσπαθειών μεσολαβούσε διάλειμμα 5 λεπτών.

### ***Καταγραφή και επεξεργασία ηλεκτρομυογραφικού σήματος***

Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έσω πλατύ, του έξω πλατύ και του ορθού μηριαίου καταγράφηκε με διπολικά αργύρου – αργύρου χλωρίου ηλεκτρόδια επιφανείας τοποθετημένα στον κατά μήκος άξονα της γαστέρας των μυών με ενδο-

ηλεκτροδιακή απόσταση 2 cm σύμφωνα τις οδηγίες SENIAM (Freriks & Hermens, 1999). Για τη μείωση της ηλεκτρικής αντίστασης αφαιρέθηκαν από το δέρμα οι τρίχες και οι νεκρές μονωτικές στοιβάδες της επιδερμίδας με ξύρισμα, έντονο τρίψιμο και καθάρισμα με οινόπνευμα. Το ηλεκτρομυογραφικό σήμα περνούσε μέσα από ενισχυτή σήματος (κέρδος ενίσχυσης x 600, υψηλοδιαβατό και κατωδιαβατό φίλτρο συχνότητας 6 και 1500 Hz, αντίστοιχα• Biochip Grenoble, France), το ακατέργαστο ενισχυμένο σήμα μετατρέπονταν σε μέση τιμή της ρίζας μέσω των τετραγώνων (EMGrms) με χρονική περίοδο ομαλοποίησης 100 ms και κατόπιν γίνονταν λήψη του σήματος με συχνότητα 100 Hz (Muscle Lab, Model PFMA 3010e, Ergotest Technology A.S., Langensund, Norway). Η ισομετρική δύναμη και η ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών καταγράφονταν ταυτόχρονα. Επίσης, η ανάλυση των δύο παραμέτρων γίνονταν ταυτόχρονα μέσω χρονικά εναρμονισμένων γραφικών με ειδικό λογισμικό (Muscle Lab v. 6.07).

### ***Πειραματική διαδικασία***

Οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν σε τέσσερις συνεδρίες, την ίδια ώρα της ημέρας και με τουλάχιστον πέντε ημέρες ανάπαυσης μεταξύ των συνεδριών. Στις δυο πρώτες συνεδρίες βρέθηκε η μέγιστη δύναμη στις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών, αντίστοιχα, και στις επόμενες δυο συνεδρίες πραγματοποιήθηκε το κυρίως πρόγραμμα της μελέτης. Από τους συμμετέχοντες στην παρούσα μελέτη ζητήθηκε να μην συμμετέχουν σε καμία αθλητική δραστηριότητα μια μέρα πριν και μετά την κάθε ερευνητική συνεδρία, καθώς και να έχει προηγηθεί, της ημέρας των μετρήσεων, πλήρης οκτάωρος ύπνος και διακοπή λήψης συμπληρωμάτων διατροφής ή άλλων φαρμάκων που πιθανόν να επηρεάσουν την απόδοσή τους. Πριν από την εκτέλεση του κάθε προγράμματος γινόταν προθέρμανση για 10 λεπτά η οποία περιελάμβανε διατάσεις των μυών που θα επιβαρύνονταν. Επίσης, για την αποφυγή τραυματισμών, πριν από την εκτέλεση της κάθε άσκησης γίνονταν ειδική προθέρμανση με βάρη πραγματοποιώντας δύο σετ με ένταση 50 και 80% του βάρους που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί εκτελώντας 6 επαναλήψεις σε κάθε σετ.

Στο πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τα παρακάτω:

- Προθέρμανση: 10 λεπτά τρέξιμο σε εργοδιάδρομο.
- Προθέρμανση με βάρη
  1. Μέτρηση ισομετρικής δύναμης κατά την έκταση της κνήμης.
  2. Μέτρηση του ύψους στο άλμα με ταλάντευση.

3. Κάθισμα, 3 σετ x 8 επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης με σταθερά κιλά και με 4 min διάλειμμα.
  4. Μέτρηση ισομετρικής δύναμης κατά την έκταση της κνήμης ένα λεπτό μετά την άσκηση.
  5. Μέτρηση γαλακτικού τρία λεπτά μετά την άσκηση.
  6. Μέτρηση του ύψους στο άλμα με ταλάντευση πέντε λεπτά\* μετά την άσκηση.
  7. Πιέσεις ποδιών, 3 σετ x 8 επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης με σταθερά κιλά και με 4 min διάλειμμα.
  8. Μέτρηση ισομετρικής δύναμης κατά την έκταση της κνήμης ένα λεπτό μετά την άσκηση.
  9. Μέτρηση γαλακτικού τρία λεπτά μετά την άσκηση.
  10. Μέτρηση του ύψους στο άλμα με ταλάντευση πέντε λεπτά\* μετά την άσκηση
- Το διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων κάθισμα και πιέσεις ποδιών ήταν 6 λεπτά.

Στο πρόγραμμα των κατιόντων σετ οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τα παρακάτω:

- Προθέρμανση: 10 λεπτά τρέξιμο σε εργοδιάδρομο.
- Προθέρμανση με βάρη
  1. Μέτρηση ισομετρικής δύναμης κατά την έκταση της κνήμης.
  2. Μέτρηση του ύψους στο άλμα με ταλάντευση.
  3. Κάθισμα, 3 ενότητες x 3 σετ x 8 επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης, με 4 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των ενοτήτων και 30 δευτερόλεπτα διάλειμμα μεταξύ των σετ με προοδευτική μείωση του φορτίου από σετ σε σετ.
  4. Μέτρηση ισομετρικής δύναμης κατά την έκταση της κνήμης ένα λεπτό μετά την άσκηση.
  5. Μέτρηση γαλακτικού τρία λεπτά μετά την άσκηση.
  6. Μέτρηση του ύψους στο άλμα με ταλάντευση πέντε λεπτά\* μετά την άσκηση.
  7. Πιέσεις ποδιών, 3 ενότητες x 3 σετ x 8 επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης, με 4 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των ενοτήτων και 30 δευτερόλεπτα διάλειμμα μεταξύ των σετ με προοδευτική μείωση του φορτίου από σετ σε σετ.
  8. Μέτρηση ισομετρικής δύναμης κατά την έκταση της κνήμης ένα λεπτό μετά την άσκηση.
  9. Μέτρηση γαλακτικού τρία λεπτά μετά την άσκηση.



10. Μέτρηση του ύψους στο άλμα με ταλάντευση πέντε λεπτά μετά την άσκηση. Ο χρόνος των πέντε λεπτών ήταν αναγκαίος για την ετοιμασία των ατόμων για τη μέτρηση του άλματος και της ισομετρικής έκτασης της κνήμης.

Το διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων κάθισμα και πιέσεις ποδιών ήταν 6 λεπτά.

### ***Στατιστική ανάλυση***

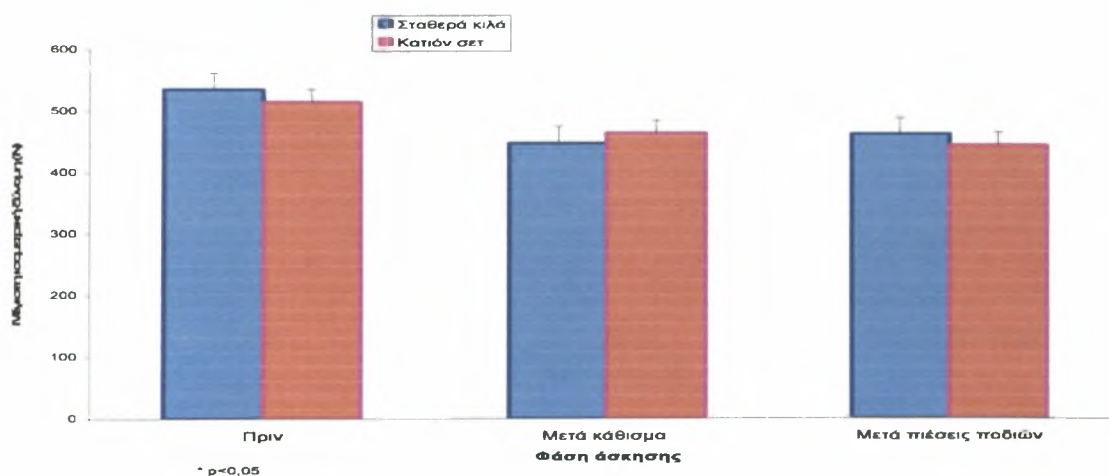
Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) δυο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δυο παράγοντες [πρωτόκολλο άσκησης (σετ έως την εξάντληση και κατιόν σετ) x χρονική στιγμή μέτρησης (πριν, στη μέση και αμέσως μετά το πρωτόκολλο)]. Επιμέρους διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εξετάστηκαν με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0.05$ .

#### IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι μεταβολές των μέσων τιμών των μεταβλητών μεταξύ των τριών φάσεων (πριν την έναρξη του προγράμματος, μετά την άσκηση κάθισμα και μετά την άσκηση πιέσεις ποδιών) σε κάθε πρόγραμμα άσκησης (κατιόν σετ και σετ έως την εξάντληση) αξιολογήθηκαν μέσω ανάλυσης της μεταβλητότητας για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (ANOVA για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις), ενώ επιμέρους κατά ζεύγη συγκρίσεις πραγματοποιηθήκαν μέσω post-hoc ανάλυσης (Tukey test).

##### Μεταβολή της μέγιστης ισομετρικής δύναμης

Κατά τη διάρκεια του προγράμματος με την εκτέλεση των σετ έως την εξάντληση παρατηρήθηκε σημαντική μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης ( $F_{(2,18)}=3.83$ ,  $p=0,04$ ). Πιο συγκεκριμένα η μέγιστη ισομετρική δύναμη μειώθηκε σημαντικά μετά το κάθισμα ( $p=0,046$ ), ενώ μετά τις πιέσεις ποδιών ( $p=0,11$ ) δεν διέφερε σημαντικά σε σύγκριση με τις τιμές πριν το πρόγραμμα. Επίσης, η μέγιστη ισομετρική δύναμη μεταβλήθηκε σημαντικά κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ ( $F_{(2,18)}=4.98$ ,  $p=0,02$ ). Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη ισομετρική δύναμη στη μέση του προγράμματος (μετά το κάθισμα) παρουσίασε μια πτωτική τάση, όχι όμως στατιστικά σημαντική ( $p=0,1$ ), ενώ μειώθηκε σημαντικά στο τέλος του προγράμματος (μετά τις πιέσεις ποδιών) ( $p=0,02$ ) (Σχήμα 1).

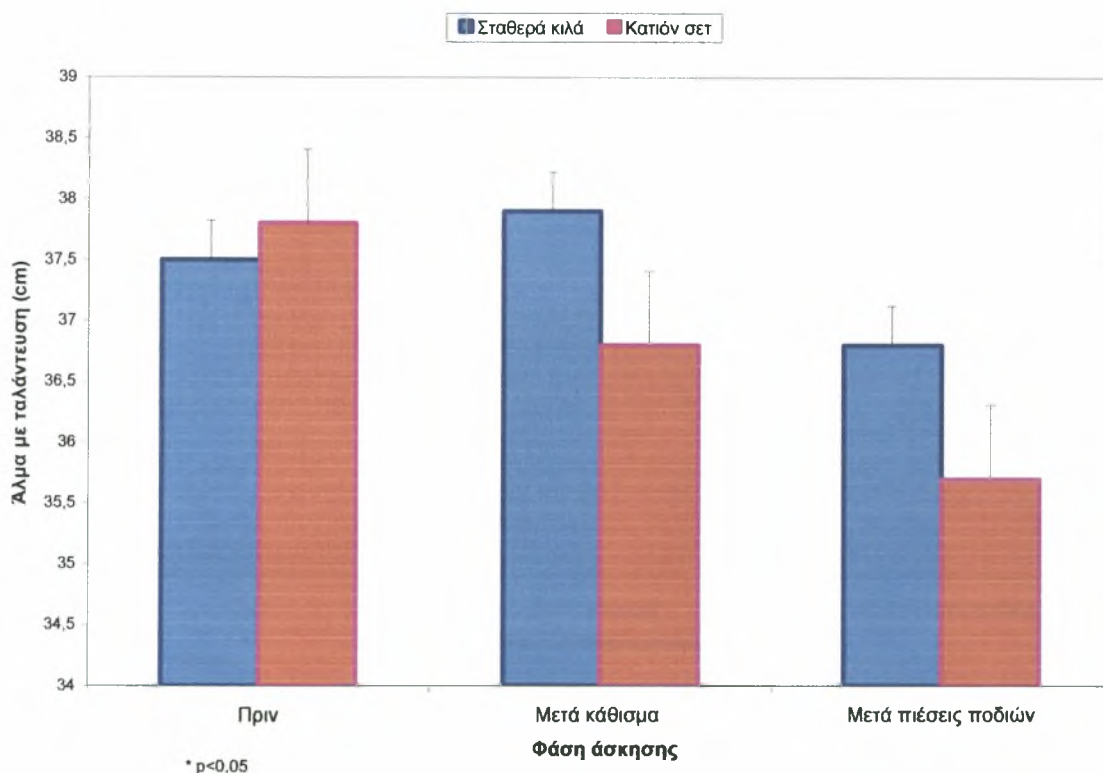


Σχήμα 1. Μεταβολή της μέγιστης ισομετρικής δύναμης κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.

Η ανάλυση 2 x 3 ANOVA (2 προγράμματα: σταθερά κιλά και των κατιόντων σετ x 3 χρονικές στιγμές: πριν το κάθε πρόγραμμα, μετά το κάθισμα και μετά τις πιέσεις ποδιών) δεν υπέδειξε σημαντική διαφορά στη μέγιστη ισομετρική δύναμη μεταξύ των δύο προγραμμάτων ( $F_{(2,18)}=1,026$ ,  $p=0,38$ ). Δηλαδή, στα δύο προγράμματα η μεταβολή της μέγιστης ισομετρικής δύναμης ήταν παρόμοια.

### Μεταβολές του άλματος με ταλάντευση

Κατά τη διάρκεια του προγράμματος με εκτέλεση των σετ έως την εξάντληση δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στο άλμα με ταλάντευση ( $F_{(2,18)}=3,11$ ,  $p=0,07$ ). Παρόλα αυτά παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης του άλματος με ταλάντευση στο τέλος του προγράμματος (μετά τις πιέσεις ποδιών) σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές πριν την έναρξη του προγράμματος ( $p=0,06$ ). Όμως, κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του άλματος με ταλάντευση ( $F_{(2,18)}=3,91$ ,  $p=0,04$ ). Πιο συγκεκριμένα το άλμα βρέθηκε να είναι σημαντικά μειωμένο στο τέλος του προγράμματος (μετά τις πιέσεις ποδιών) σε σύγκριση με το άλμα πριν την έναρξη του προγράμματος ( $p=0,03$ ) (Σχήμα 2).

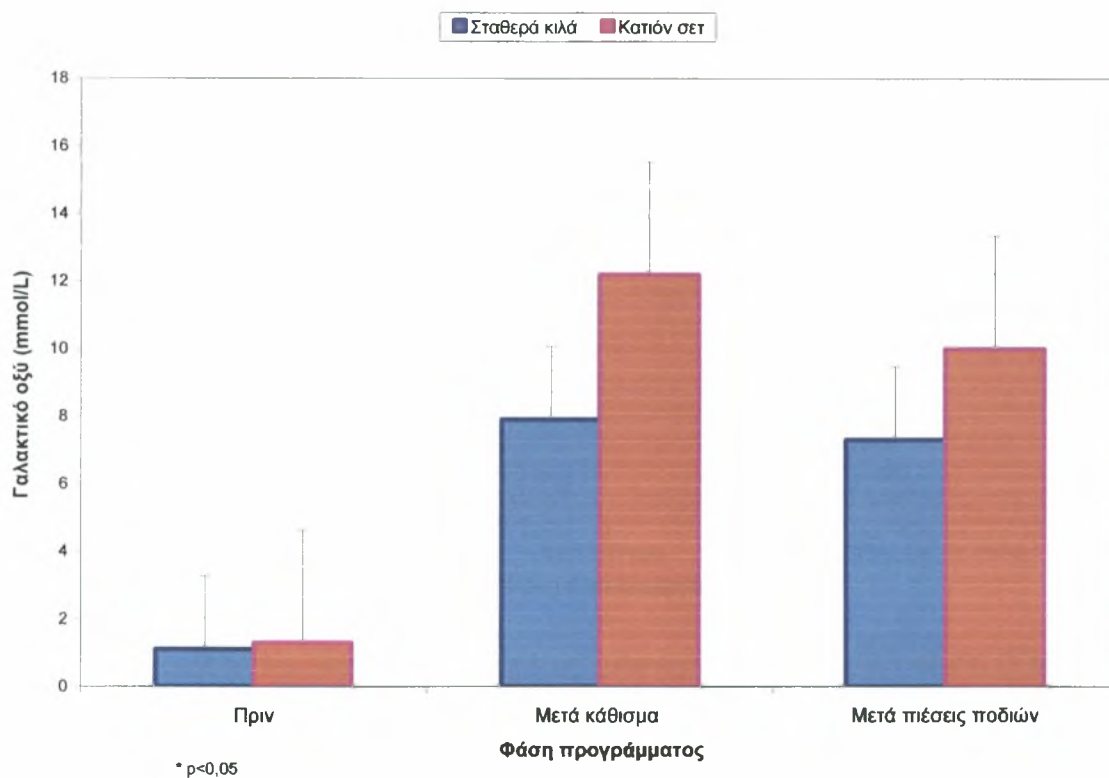


**Σχήμα 2.** Μεταβολή της επίδοσης του άλματος με ταλάντευση κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.

Η ανάλυση 2 x 3 ANOVA (2 προγράμματα: σταθερά κιλά και των κατιόντων σετ – 3 χρονικές στιγμές: πριν το κάθε πρόγραμμα, μετά το κάθισμα και μετά τις πιέσεις ποδιών) δεν υπέδειξε σημαντική διαφορά στη μεταβλητότητα του άλματος με ταλάντευση μεταξύ των δύο προγραμμάτων ( $F_{(2,18)}=1,59$ ,  $p=0,23$ ). Δηλαδή, και τα 2 προγράμματα είχαν τελικά παρόμοια επίδραση στο άλμα με ταλάντευση.

### Μεταβολές Συγκέντρωσης Γαλακτικού στο Αίμα

Παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα κατά τη διάρκεια τόσο του προγράμματος με την εκτέλεση των σετ έως την εξάντληση όσο και του προγράμματος των κατιόντων σετ ( $F_{(2,18)}=116,61$ ,  $p<0,01$ ). Πιο συγκεκριμένα η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα αυξήθηκε σημαντικά στη μέση (μετά το κάθισμα  $F_{(2,18)}=102,91$ ,  $p<0,01$ ) και στο τέλος (μετά τις πιέσεις ποδιών) και στα δύο προγράμματα (Σχήμα 3).



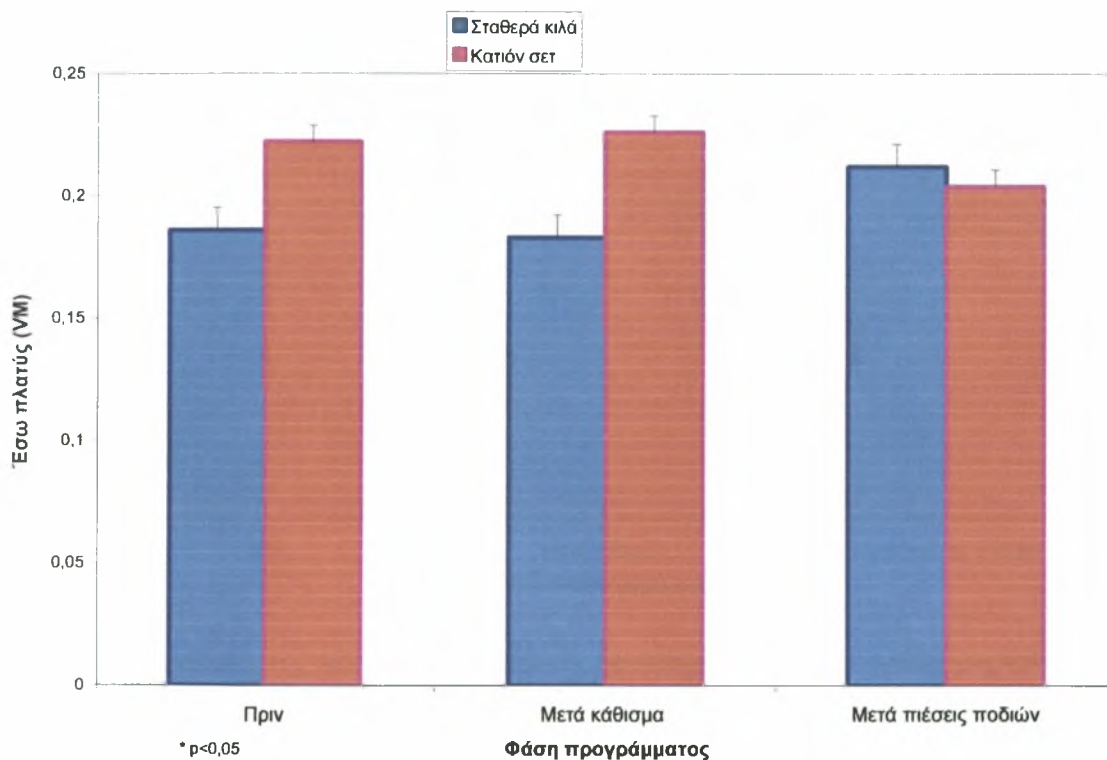
Σχήμα 3. Μεταβολή της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.

Η ανάλυση 2 x 3 ANOVA (2 προγράμματα: σταθερά κιλά και των κατιόντων σετ – 3 χρονικές στιγμές: πριν το κάθε πρόγραμμα, μετά το κάθισμα και μετά τις πιέσεις ποδιών) υπέδειξε σημαντική διαφορά στη μεταβολή του γαλακτικού μεταξύ των δύο

προγραμμάτων ( $F_{(2,18)}=11,22, p=0,04$ ). Πιο συγκεκριμένα, η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα ήταν υψηλότερη μετά τις ασκήσεις κάθισμα και πιέσεις ποδιών κατά τη διάρκεια του προγράμματος κατιόντων σετ απ' ότι στο πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση.

#### *Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα του Έσω Πλατύ (VM) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης*

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ (VM) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης, κατά τη διάρκεια του προγράμματος με την εκτέλεση των σετ έως την εξάντληση ( $F_{(2,18)}=0,45, p=0,79$ ) και κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ ( $F_{(2,18)}=0,39, p=0,68$ ) (Σχήμα 4).

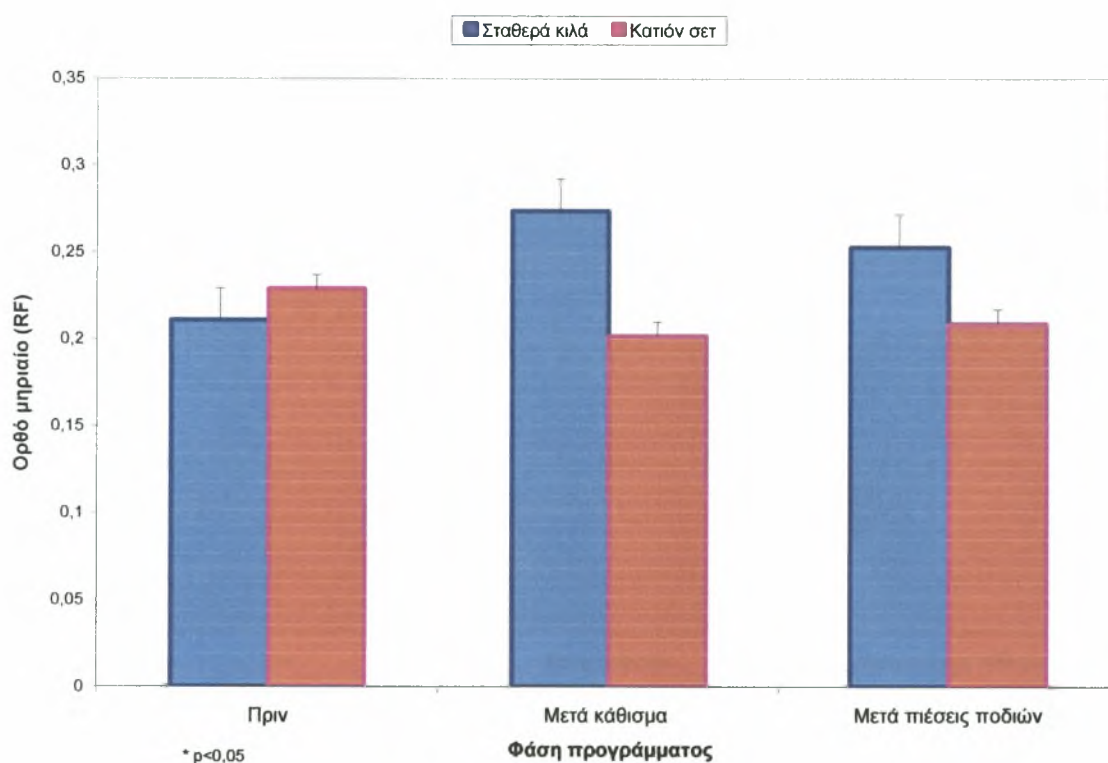


**Σχήμα 4.** Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ (VM) κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.

Η ανάλυση 2 x 3 ANOVA (2 προγράμματα: σταθερά κιλά και των κατιόντων σετ – 3 χρονικές στιγμές: πριν το κάθε πρόγραμμα, μετά το κάθισμα και μετά τις πιέσεις ποδιών) δεν υπέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβλητότητα της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ μεταξύ των δύο προγραμμάτων ( $F_{(2,18)}=0,43, p=0,66$ ).

### Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα του Ορθού Μηριαίου (RF) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού μηριαίου (RF) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης, κατά τη διάρκεια του προγράμματος με την εκτέλεση των σετ έως την εξάντληση ( $F_{(2,18)}=0,26$ ,  $p=0,78$ ) και κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ ( $F_{(2,18)}=0,02$ ,  $p=0,98$ ) (Σχήμα 5).

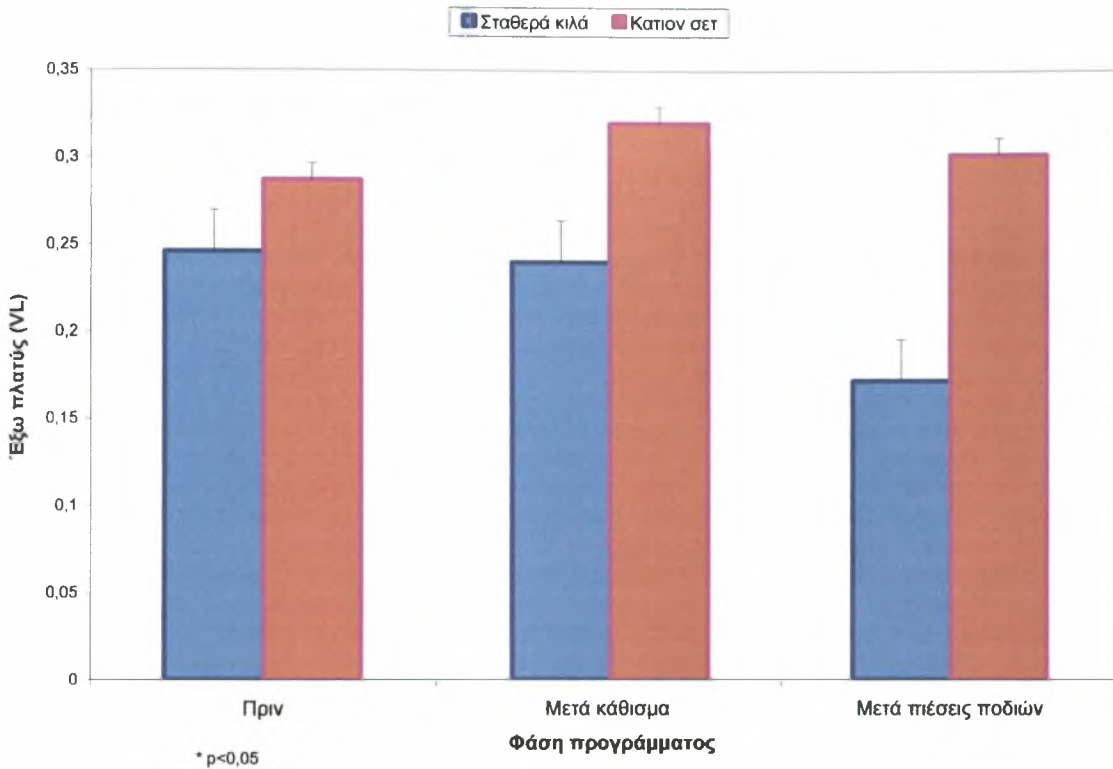


**Σχήμα 5.** Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού μηριαίου (RF) κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.

Η ανάλυση 2 x 3 ANOVA (2 προγράμματα: σταθερά κιλά και των κατιόντων σετ – 3 χρονικές στιγμές: πριν το κάθε πρόγραμμα, μετά το κάθισμα και μετά τις πιέσεις ποδιών) δεν υπέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβλητότητα της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού μηριαίου μεταξύ των δύο προγραμμάτων ( $F_{(2,18)}=0,14$ ,  $p=0,87$ ).

### Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα του Έξω Πλατού (VL) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατού (VL) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης, κατά τη διάρκεια του προγράμματος με την εκτέλεση των σετ έως την εξάντληση ( $F_{(2,18)}=0,93$ ,  $p=0,41$ ) και κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ ( $F_{(2,18)}=0,35$ ,  $p=0,71$ ) (Σχήμα 6).

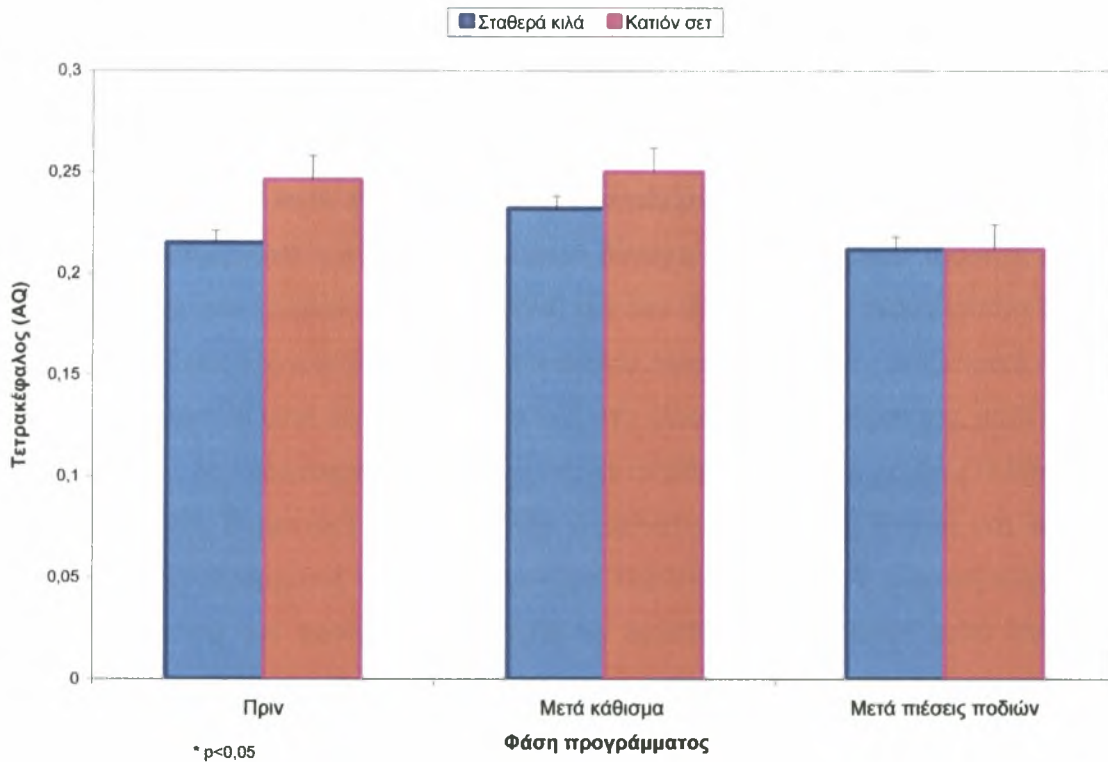


Σχήμα 6. Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατού (VL) κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.

Η ανάλυση 2 x 3 ANOVA (2 προγράμματα: σταθερά κιλά και των κατιόντων σετ – 3 χρονικές στιγμές: πριν το κάθε πρόγραμμα, μετά το κάθισμα και μετά τις πιέσεις ποδιών) δεν υπέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβλητότητα της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατού μεταξύ των δύο προγραμμάτων ( $F_{(2,18)}=0,19$ ,  $p=0,83$ ).

### Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα του Τετρακέφαλου (AQ) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακεφάλου (AQ) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης, κατά τη διάρκεια του προγράμματος με την εκτέλεση των σετ έως την εξάντληση ( $F_{(2,18)}=0,25$ ,  $p=0,78$ ) και κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ ( $F_{(2,18)}=0,31$ ,  $p=0,74$ ) (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακεφάλου (AQ) κατά τη διάρκεια των δύο προγραμμάτων άσκησης.

Η ανάλυση 2 x 3 ANOVA (2 προγράμματα: σταθερά κιλά και των κατιόντων σετ – 3 χρονικές στιγμές: πριν το κάθε πρόγραμμα, μετά το κάθισμα και μετά τις πιέσεις ποδιών) δεν υπέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβλητότητα της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου μεταξύ των δύο προγραμμάτων ( $F_{(2,18)}=0,08$ ,  $p=0,92$ ).





## V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας ήταν να εισαγάγει νέα δεδομένα στα είδη υπάρχοντα που σχετίζονται με την επίδραση διαφόρων προγραμμάτων δύναμης με αντιστάσεις στην νευρομυϊκή λειτουργία και τη μυϊκή υπερτροφία. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας υποδεικνύουν αρκετές μεταβολές στην νευρομυϊκή λειτουργία και απόδοση με την εκτέλεση δύο προγραμμάτων άσκησης με βάρη για την πρόκληση μυϊκής υπερτροφίας το ένα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των κατιόντων σετ και το άλλο τη μέθοδο των σετ μέχρι εξάντλησης.

Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια του προγράμματος των σετ έως την εξάντληση μεταβλήθηκε σημαντικά η μέγιστη ισομετρική δύναμη. Παρατηρήθηκε αισθητή μείωση της. Σε έρευνες των Linnamo και συν. (1998) και των ιδίων το 2000 παρατηρούμε μείωση κατά την εκτέλεση προγράμματος μέγιστων επαναλήψεων. Η μέγιστη ισομετρική δύναμη μειώθηκε σημαντικά μετά στο ημικάθισμα ενώ στο τέλος του προγράμματος, μετά από τις πύσεις ποδιών, δεν παρατηρήθηκε μείωση της σε αντίθεση με άλλες μελέτες (Linnamo et al., 1998, 2000). Σημαντική μεταβολή είχε η μέγιστη ισομετρική δύναμη και κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ. Πιο συγκεκριμένα η μέγιστη ισομετρική δύναμη στη μέση του προγράμματος, μετά το ημικάθισμα, μειώθηκε πολύ λίγο, ενώ μειώθηκε σημαντικά στο τέλος του προγράμματος.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι σύμφωνα με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών, που αναφέρουν ότι μετά από προπόνηση δύναμης με αντιστάσεις με την μέθοδο των σετ ως την εξάντληση η μέγιστη ισομετρική δύναμη παρουσιάζει αξιόλογη μείωση (Ahtiainen et al., 2004; Ahtiainen et al., 2005; Hakkinen et al., 1988; Hakkinen et al., 2000; Hakkinen et al., 2003; Suetta et al., 2004). Ωστόσο, σε μελέτη των Ahtiainen και συν., 2003 και Lamas και συν., 2012 παρουσιάστηκε αύξηση. Στη παρούσα μελέτη βρέθηκε ότι η μέγιστη ισομετρική δύναμη παρουσίασε αξιόλογη τελική μείωση τόσο ύστερα από το πρόγραμμα των σετ έως την εξάντληση όσο και με το πρόγραμμα των κατιόντων σετ. Η μέγιστη ισομετρική δύναμη μειώθηκε και με τα δύο πρωτόκολλα με μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται κατά τη διάρκεια εκτέλεσης προγράμματος των σετ έως την εξάντληση.

Στο άλμα με ταλάντευση κατά τη διάρκεια του προγράμματος με σταθερά κιλά δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή αλλά παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης ( $p=0,07$ ). στο

τέλος του προγράμματος (μετά από τις πιέσεις ποδιών) σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές πριν την έναρξη του προγράμματος. Όμως, και κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του άλματος με ταλάντευση στο τέλος του προγράμματος (μετά τις πιέσεις ποδιών) σε σύγκριση με το άλμα πριν την έναρξη του προγράμματος. Η ανάλυση δεν υπέδειξε σημαντική διαφορά στη μεταβλητότητα του άλματος με ταλάντευση μεταξύ των δύο προγραμμάτων. Δηλαδή, και τα 2 προγράμματα είχαν τελικά παρόμοια επίδραση στο άλμα με ταλάντευση σε αντίθεση βέβαια με έρευνα των Hakkinen και συν., (1998) όπου ύστερα από πρόγραμμα προπόνησης δύναμης το άλμα των ασκούμενων αυξήθηκε. Παρόμοιο αποτέλεσμα είχε νεότερη έρευνα των Lamas και συν., (2012) οι οποίοι παρατήρησαν αύξηση του ύψους του άλματος με ταλάντευση στο δείγμα τους ύστερα από πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις.

Η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα τόσο κατά τη διάρκεια του προγράμματος με σταθερά κιλά όσο και του προγράμματος των κατιόντων σετ αυξήθηκε σημαντικά. Με μεγαλύτερες, όμως, συγκεντρώσεις να παρατηρούνται στη μέση και στο τέλος των δύο προγραμμάτων. Και αυτό γιατί η άσκηση έγινε εντονότερη. Τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας έρχονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Ahtiainen et al., 2004; Ahtiainen et al., 2005; Linnamo et al., 1998; Linnamo et al., 2000), που αναφέρουν ότι μετά από προπόνηση δύναμης με αντιστάσεις η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέως στο αίμα αυξάνεται σημαντικά. Η έντονη άσκηση είναι ο παράγοντας αύξησης της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέως.

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ (VM), του ορθού μηριαίου (RF), και του έξω πλατύ (VL) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης, τόσο κατά τη διάρκεια του προγράμματος με σταθερά κιλά όσο και κατά τη διάρκεια του προγράμματος των κατιόντων σετ. Δεν παρουσιάστηκε δηλαδή στατιστικά σημαντική διαφορά στη μεταβλητότητα της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακεφάλου (AQ) κατά την ισομετρική έκταση κνήμης, μεταξύ των 2 προγραμμάτων. Ωστόσο, υπάρχουν μελέτες που αναφέρουν ότι μετά από προπόνηση δύναμης με αντιστάσεις η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα παρουσιάζει μεταβολή όπως υπέδειξαν το 1998 και το 2000 ο Hakkinen και συν. οι οποίοι παρατήρησαν αύξηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου ύστερα από εξάμηνο πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις σε ηλικιωμένα άτομα. Ένα χρόνο αργότερα οι ίδιοι (Hakkinen et al., 2001) παρατήρησαν αύξηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατύ υστερά από πρόγραμμα αντιστάσεων 21 εβδομάδων σε γυναίκες. Με τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών

συμφωνούν και τα αποτελέσματα νεότερων ερευνών (Smilios et al., 2010) σε αντίθεση με δυο έρευνες των Ahtiainen και συν. (2004, 2005) όπου παρατηρήθηκε μείωση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ (VM), του ορθού μηριαίου (RF), και του έξω πλατύ (VL) ύστερα από εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης με αντιστάσεις σε αθλητές.

Συμπερασματικά, από τα παραπάνω προκύπτει ότι η άσκηση με βάρη, με τη μέθοδο της εκτέλεσης των σετ έως την εξάντληση και με τη μέθοδο των κατιόντων σετ, που χρησιμοποιείται για την πρόκληση μυϊκής υπερτροφίας, ενεργοποιεί την αναερόβια γλυκόλυση και μειώνει τη νευρομυϊκή απόδοση, με μεγαλύτερη κόπωση να παρατηρείται με την εκτέλεση των κατιόντων σετ. Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η εκτέλεση ενός προγράμματος που περιλαμβάνει σετ ως την εξάντληση και ενός προγράμματος που περιλαμβάνει κατιόν σετ βοηθά στην ανάπτυξη της μυϊκής μάζας και την επίτευξη καλύτερων νευρομυϊκών προσαρμογών, μακροχρόνια κάτι που θα είχε σίγουρα πολλαπλά θετικά αποτελέσματα στην προπόνηση πολλών αθλητών.

## VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahtiainen JP., Pakarinen A., Alen M., Kraemer WJ., Hakkinen K. (2005). Short vs. Long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *Journal of Strength Cond Resistance*, 3, 572-82.
- Ahtiainen JP., Pakarinen A., Kraemer WJ., Andhakkinen K. (2004). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus no athletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29(5), 527-543.
- Ahtiainen JP., Pakarinen A., Kraemer WJ., Andhakkinen K. (2003). Acute hormonal and netromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 24, 410-418.
- Ahtiainen JP., Pakarinen A., Alen M., Kraemer WJ., Hakkinen K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 555-563.
- American Orthopedic society for Sports Medicine (1988). *Proceedings of the conference on strength training and prepubescent*, Chicago, AOSSM.
- American College of Sports Medicine (2002). *Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults*,
- Bosco C., Bell A., Astrua M., Tihani J., Pozzo R., Kellis S., Tsarpela O., Foti C., Manno R. and Tranquilli C. (1995). A dynamometer for evaluation dynamic muscle work. *European Journal of Applied Physiology*, 70, 379-386.
- Bosco C., Luhtanen P., Komi P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. Journal of Applied Physiology*, 51, 129-135
- Cacchio A., Don R., Ranavolo A., Guerra E., McCaw S.T., Procaccianti R., Camerota F., Frascarelli M., Santilli V. (2007). Effects of 8-week strength training with two models of chest press machines on muscular activity pattern and strength. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10, 1016-1026

- Freriks, B, and Hermens, H. J. (1999). *SENIAM 9: European recommendations for surface electromyography*, ISBN: 90-75452-14-4 (CD-rom). Roessingh Research and Development .
- Gerdle B., Karlsson S., Crenshaw AG., Elert J., Friden J. (2000). The influence of muscle fibre proportions and areas upon EMG during maximal dynamic knee extensions. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 2-10.
- Granacher U, Gruber M, Gollhofer A. (2009). Resistance training and neuromuscular performance in seniors. *International journal of sports medicine*, 9, 652-7.
- Hakkinen K., Alen M., Kraemer WJ., Gorostiaga E., Izquierdo M., Rusco H., Mikkola J., Hakkinen A., Valkeinen H., Kaarakainen E., Romu S., Erola V., Ahtiainen J., Paavolainen L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 42-52.
- Hakkinen K., Pakarinen A., Kraemer WJ. , Hakkinen A. , Valkeinen H., Alen M. (2001). Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force , and serum hormones during strength training in older women. *Journal of Applied Physiology*, 91, 569-580.
- Hakkinen K., Kallinen M., Izquierdo M., Jokelainen K., Lassila H., Malkia E., Kraemer WJ., Newton RU., Alen M. (1998). Changes in agonist- antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle- aged and older people. *Journal of Applied Physiology*, 84, 1341- 1349.
- Hakkinen K., Pakarinen A., Alen M., Kauhanen H., Komi PV. (1988). Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *Journal of Applied Physiology*, 65: 2406-12.
- Hakkinen K., Pakarinen A., Alen M., Kauhanen H., Komi PV. (1988). Daily hormonal and neuromuscular responses to intensive strength training in 1 week. *International Journal of Sports Medicine*, 9, 422-8.
- Hartmann J., Tunnemann H. (1989). *Σύγχρονη προπόνηση δύναμης*. εκδ. Σαλτο.
- Kawakami Y., Ichinose Y., Fukunaga T., (1998). Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. *Journal of Applied Physiology*, 85, 398-404.
- Kraemer WJ., Fleck SJ. (2004). *Designing resistance training programs*, 3<sup>rd</sup> ed. Human Kinetics, Champaign,IL, U.S.A.
- Kraemer WJ., Hakkinen K. (2002). *Strength training for sports*. Blackwell science.

- Kraemer WJ. , Fleck SJ. , Evans WJ. (1996). Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exercise Sport Science Review*, 24, 363-97.
- Kraemer WJ, Steven SJ. (1996). *Ανάπτυξη δύναμης σε παιδιά και έφηβους*. εκδ. Σαλτο.
- Lamas L, Ugrinowitsch C, Rodacki A, Pereira G, Mattos E, Kohn A, Tricoli V. (2012). Effects of strength and power training on neuromuscular adaptations and jumping movement pattern and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Linnamo V. , Newton RU. , Hakkinen K. , Komi P V. , Davie A. , McGuigan M., Triplett-McBride T. (2000). Neuromuscular responses to explosive and heavy resistance loading. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10, 417-424.
- Linnamo V., Bottas R., Komi PV. (2000). Force and EMG power spectrum during and after eccentric and concentric fatigue. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10, 293-300.
- Linnamo V., Hakkinen K., Komi PV. (1998). Neuromuscular fatigue and recovery in maximal compared to explosive strength loading. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 176-181.
- Masuda K., Masuda T., Sadoyama T., Inaki M., Katsuta S. (1999). Changes in surface EMG parameters during static and dynamic fatiguing contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9, 39-46.
- McArdle W., Katch F., Katch V. (2001). *Φυσιολογία της άσκησης*. Ιατρικές εκδόσεις Πασχαλίδης.
- Ozmun J.C, Mikesky A.E and Surburg P.R, (1994). Neyromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Medicine Science Sports Exercise*, 26(4), 510-514.
- Pasquet B., Carpentier A., Duchateau J., Hainaut K. (2000). Muscle fatigue during concentric and eccentric contractions. *Muscle Nerve*, 23, 1727-1735.
- Raastad T., Hallen J. (2000). Recovery of skeletal muscle contractility after high and moderate intensity strength exercise. *European Journal of Applied Physiology* 82, 206-214.
- Ramsay J.A., Weltman A., Cahill B.R., Janey C.A., Tippett S.R., Katch F.I. (1987). Strength training for prepubescent males: Is it safe? *Medicine Science Sports Exercise*, 25(5),605-614.
- Piirainen JM, Tanskanen M, Nissilä J, Kaarela J, Väärälä A, Sippola N, Linnamo V. (2011). Effects of a heart rate-based recovery period on hormonal, neuromuscular,

- and aerobic performance responses during 7 weeks of strength training in men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8, 2265-73.
- Smilios, I., Hakkinen, K., Tokmakidis, S. (2010). Power output and electromyographic activity during and after a moderate load muscular endurance session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (8), 2122–2131.
- Shimano T., Kraemer WJ., Spiering BA., Volek JS., Hatfield DL., Silvestre R., Vingren JL, Fragala MS., Maresh CM., Fleck SJ., Newton RU, Spreuwenberg LP., Hakkinen K. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *Journal of Strength Cond Resistance*, 20, 819-23.
- Suetta C., Aagaard P., Rosted A., Jakobsen AK., Duus B., Kjaer M., Magnusson SP. (2004). Training- induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. *Journal of Applied Physiology*, 97, 1954-1961.
- Signorile JF, Applegate B, Duque M, Cole N, Zink A. (2002). Selective recruitment of the triceps surae muscles with changes in knee angle. *Journal of Strength Cond. Resistance*, 16, 433-9.
- Tanimoto M., Ishii N. (2006). Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *Journal of Applied Physiology*, 100, 1150-1157.
- Willardson JM., Burkett LN. (2006). The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 400–403.
- Willardson JM., Burkett LN. (2006). The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs light loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 396–399.