

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΩΝ ΜΥΩΝ  
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ  
ΠΕΤΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΙΔΙΑ ΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ**

του

Κωνσταντίνου Ν. Σωτηρόπουλου

Διδακτορική διατριβή που υποβάλλεται

Στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του  
διδακτορικού 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.

Κομοτηνή

2010

Εγκεκριμένο από το καθηγητικό σώμα:

---

1<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

---

2<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Δούδα Ελένη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

---

3<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Πυλιανίδης Θεόφιλος, Αναπληρωτής Καθηγητής

---



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 10007/1  
Ημερ. Εισ.: 07/11/2011  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
796.325  
ΣΩΤ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000107761

## **ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής ΤΕΦΑΑ- ΔΠΘ.

Δούδα Ελένη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΕΦΑΑ - ΔΠΘ

Πυλιανίδης Θεόφιλος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΤΕΦΑΑ - ΔΠΘ

Λαπαρίδης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΤΕΦΑΑ - ΔΠΘ

Γούργουλης Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής ΤΕΦΑΑ - ΔΠΘ

Ζέτου Ελένη, Επίκουρος Καθηγήτρια ΤΕΦΑΑ - ΔΠΘ

Σμήλιος Ηλίας, Λέκτορας ΤΕΦΑΑ - ΔΠΘ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κωνσταντίνος Ν. Σωτηρόπουλος: Προσαρμογές στη δραστηριότητα των ανταγωνιστών μυών κατά την εκτέλεση δυναμικών ασκήσεων σε αθλητές πετοσφαίρισης και παιδιά σχολικής ηλικίας.  
(Με την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Σάββα Τοκμακίδη)

Η αντιθετική προπόνηση περιλαμβάνει την εκτέλεση ενός σετ μιας άσκησης με ένα βαρύ φορτίο και κατόπιν την εκτέλεση ενός δεύτερου σετ της ίδιας ή άλλης άσκησης με ένα ελαφρύ φορτίο με στόχο την επίτευξη υψηλότερης απόδοσης κατά την εκτέλεση του δεύτερου σετ. Στην παρούσα διατριβή εξετάστηκε η επίδραση που είχαν, στα πλαίσια μιας προπονητικής μονάδας αντιθετικής προπόνησης, στην ισχύ και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (ΗΜΓ) των μυών του μηρού: i) ο αριθμός των σετ σε σχέση με το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκτέλεση του πρώτου σετ, ii) η διάρκεια του διαλείμματος μεταξύ των δύο σετ ασκήσεων σε σχέση με το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο σετ, iii) η εκτέλεση σετ με εναλλαγή φορτίων (βαρύ - ελαφρύ - βαρύ ή ελαφρύ - βαρύ - ελαφρύ) έναντι της εκτέλεσης σετ με σταθερά φορτία. Επιπλέον, μελετήθηκε η επίδραση της διάρκειας του διαλείμματος μεταξύ βαρέος και ελαφρού φορτίου, κατά την εκτέλεση άσκησης για τα άνω άκρα από έφηβους αθλητές, στην παραγόμενη ισχύ κατά την εκτέλεση με ελαφρύ φορτίο.

Για τη διερεύνηση του πρώτου ζητήματος, 22 πετοσφαιριστές (21,3±1,2 ετών) χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και στα πλαίσια 4 ενοτήτων όπου εναλλάσσονταν 6 επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που παράγονταν η μέγιστη ισχύς για τη μια ομάδα και 3 εκρηκτικά ημικαθίσματα με το 90% της μίας μέγιστης επανάληψης (1-ME) για την άλλη ομάδα με 3 κάθετα άλματα με ταλάντευση (ΑΤ). Στο σύνολο του δείγματος το ΑΤ κατά τη 1<sup>η</sup> ενότητα ήταν υψηλότερο ( $p<0,05$ ) των αλμάτων μετά από τη γενική προθέρμανση και την τελευταία ενότητα κατά 3,1% και 2,94%, αντίστοιχα. Η ΗΜΓ των εκτεινόντων την κνήμη μετά από την προθέρμανση ήταν υψηλότερη ( $p<0,05$ ) από την ΗΜΓ των τριών τελευταίων ενοτήτων.

Για τη διερεύνηση του δεύτερου ζητήματος 12 πετοσφαιριστές (26,08±3,25 ετών) εκτέλεσαν 1 σετ 6 αλμάτων με το φορτίο: α) που παράγονταν η μέγιστη ισχύς (ΦΜΙ), β) αυξημένο κατά 30% από το φορτίο της μέγιστης ισχύος (ΦΥ), γ) μειωμένο

κατά 30% από το φορτίο της μέγιστης ισχύος (ΦΧ) και δ) δίχως φορτίο (ΦΕ). Κατά το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης εκτέλεσαν επαναλαμβανόμενα άλματα (ΕΑ) δίχως φορτίο. Η ισχύς 5 min μετά από τη χρήση του ΦΥ υπερέιχε ( $p < 0,05$ ) της ισχύος μετά την προθέρμανση και τη χρήση του ΦΕ κατά 10,7% και 12,8%, αντίστοιχα. Η ΗΜΓ του τετρακέφαλου στο 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από το ΦΥ και στο 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από το ΦΧ υπερέιχε ( $p < 0,05$ ) της ΗΜΓ μετά από το ΦΕ και μετά από την προθέρμανση.

Για τη διερεύνηση του τρίτου ζητήματος 11 πετοσφαιριστές (25,9±3,2 ετών) εκτέλεσαν 5 σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με πρόσθετο φορτίο με τέσσερις διαφορετικές αλληλουχίες φορτίων: α) όλα τα σετ με φορτίο κατά 30% ελαφρύτερο από αυτό που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς (ΕΕΕ), β) όλα τα σετ με φορτίο κατά 30% βαρύτερο από αυτό που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς (ΒΒΒ), γ) την εναλλαγή φορτίων από σετ σε σετ με το πρώτο σετ να εκτελείται με το ελαφρύ φορτίο (ΕΒΕ) και δ) την εναλλαγή φορτίων από σετ σε σετ με το πρώτο σετ να εκτελείται με το βαρύ φορτίο (ΒΕΒ). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ισχύς και η ΗΜΓ του τετρακέφαλου μηριαίου κατά την εκτέλεση των σετ με το χαμηλό φορτίο ήταν υψηλότερες ( $p < 0,05$ ) μόνο όταν προηγούνταν εκτέλεση των σετ με βαρύ φορτίο. Σε κάθε άλλη περίπτωση δεν υπήρξε μεταβολή της ισχύος και της ΗΜΓ των μυών του μηρού ( $p > 0,05$ ).

Για την επίτευξη του τέταρτου ζητήματος 11 έφηβοι πετοσφαιριστές (17,4±0,48 ετών) εκτέλεσαν 1 σετ 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με φορτίο 60% της 1-ΜΕ. Τρία λεπτά πριν και κατά το 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης αξιολογήθηκε η μέση ισχύς κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης 1 σετ 3 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με φορτίο 30% της 1-ΜΕ. Ως συνθήκη ελέγχου ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία δίχως να εκτελεσθεί το σετ των 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με το 60% της 1-ΜΕ. Διαπιστώθηκε ότι κατά το 3<sup>ο</sup> min και το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η ισχύς αυξήθηκε σε σχέση με την αρχική μέτρηση και τη συνθήκη ελέγχου ( $p < 0,05$ ).

Συμπεραίνεται ότι: i) η νευρομυϊκή απόδοση των κάτω άκρων αυξάνεται άμεσα μετά από την εκτέλεση ενός μόνο σετ άσκησης είτε με μέτριο είτε με μέγιστο φορτίο, ii) όταν κατά τη διάρκεια ενός σετ βαλλιστικής άσκησης των κάτω άκρων χρησιμοποιούνται υπομέγιστα φορτία το διάλειμμα που πρέπει να μεσολαβήσει έως την εκτέλεση ενός σετ παρόμοιας άσκησης δίχως φορτίο πρέπει να είναι 5 min προκειμένου να αυξηθεί η νευρομυϊκή απόδοση, iii) η βαλλιστική προπόνηση με χαμηλά ή/και υπομέγιστα φορτία μπορεί να αυξήσει άμεσα τη νευρομυϊκή απόδοση των κάτω άκρων μόνον όταν τα φορτία εναλλάσσονται από σετ σε σετ με το υπομέγιστο να προηγείται

του χαμηλού και iv) η αντιθετική προπόνηση σε έφηβους αθλητές αυξάνει την απόδοση στο άνω μέρος του σώματος όταν ο χρόνος αποκατάστασης μεταξύ ενός σετ βαλλιστικής άσκησης με μέτριο φορτίο με ένα σετ με χαμηλό φορτίο είναι 3-5 min.

**Λέξεις κλειδιά:** μυϊκή ισχύς, αντιθετική μέθοδος, έφηβοι

## ABSTRACT

Konstantinos N. Sotiropoulos: Adaptations in muscle activation during the execution of dynamic exercises in volleyball athletes and adolescents.  
(Under the supervision of Professor Savvas P. Tokmakidis)

Contrast training involves the execution of a set with a heavy load followed by the execution of a set of the same of another exercise with a lighter load with the aim to increase neuromuscular activation and performance during the second set. The present thesis examined the effects, within the context of a contrast training session, on lower body mechanical power and electromyographic activity (EMG) of the thigh muscles of: i) the number of exercise sets in relation to the load used at the heavy set at the performance of the second set, ii) the rest interval between the two sets in relation to the load used for the execution of the first set, iii) the execution of sets with alternating loads (heavy-light-heavy or light-heavy-light) in comparison to the execution of sets with constant loads. Furthermore, the effects of rest interval between a heavy loaded set and a light loaded set of an upper body exercise on the power production during the light loaded set in adolescents was explored.

In a first study, 22 volleyball players ( $21.3 \pm 1.2$  years old) were divided in two groups and one groups executed 4 sets of 6 repeated jumps with the load producing the maximum mechanical power and the other group 4 sets 3 explosive half-squats with 90% of 1-RM, alternated with 3 countermovement jumps (CMJ). In the total sample, after the first set, CMJ was higher ( $p < .05$ ) than the CMJs after the general warm-up and the last exercise set by 3.1% and 2.94%, respectively. The EMG activity of the knee extensors after the general and the specific warm-up was higher ( $p < .05$ ) than the EMG activity during the last three sets.

In the second study, 12 volleyball players ( $26.08 \pm 3.25$  years old) performed 1 set of 6 repeated jumps with the load producing: a) the maximum power output (MP) b) the maximum power output increased by 30% (MP+30%) c) the maximum power output reduced by 30% (MP-30%) and d) without any load (C). At the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> min of recovery they performed repeated jumps without load. Power output at the 5<sup>th</sup> minute after the MP+30% protocol was higher ( $p < .05$ ) than the power output after the

warm-up and the execution of the C protocol by 10.7% and 12.8%, respectively. Moreover, EMG of the quadriceps femoris at the 3<sup>rd</sup>, 5<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> min after the execution of the MP+30% protocol and at the 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> min after the MP-30% protocol, was higher ( $p<.05$ ) than before warm-up and the C protocol.

To examine the third purpose of the thesis, 11 volleyball players ( $25.9\pm 3.2$  years old) performed 5 sets of repeated jumps with four different sequences of loads: a) all sets with a low load (70% of the load maximal mechanical power is produced; LLL) b) all sets with a heavy load (130% of the load maximal mechanical power is produced; HHH) c) with alternation of loads from set to set with the first set executed with the lower load (LHL) and d) with alternation of loads from set to set with the first set executed with the heavier load (HLH). The results showed that power and EMG of the quadriceps femoris during the execution of the sets with the low load were higher ( $p<.05$ ) only when sets with the high load preceded their execution. In any other case there were no changes ( $p>.05$ ) in power output and the EMG activity of the thigh muscles.

For the study of the fourth purpose, 11 volleyball players ( $17.4\pm 0.48$  years old) performed 1 set of 5 ballistic bench presses with 60% of 1-RM. Three minutes before and at the 3<sup>rd</sup> and 5<sup>th</sup> min of the recovery the power output was measured during the execution of 1 set of 3 ballistic bench presses with 30% of 1-RM. In another occasion, as a control session, the subjects performed only the sets with the 30% of 1-RM load. At the 3<sup>rd</sup> and at the 5<sup>th</sup> min of the recovery power output was higher compared to the initial value and the respective control session time points.

The above results show: i) neuromuscular performance of the lower limbs is increased after the execution of only 1 set of either a moderate or a high load, ii) when submaximal loads are used as a heavy load a 5 min rest interval should be applied so an increment in the performance during 1 set of repeated jumps can be seen, iii) an alternation of heavy and light loads sets is preferable to executions of sets with only light loads due to a higher power output achieved with the lighter load with the first sequence and iv) when the contrast method is applied in adolescents increases power output of the upper body with a light load are observed when previously, 3 - 5 min, a set with a heavier load is executed.

**Key words:** power, contrast training, pubescent



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής Καθηγητή κ. Τοκμακίδη Σάββα, κ. Δούδα Ελένη Αναπληρώτρια Καθηγήτρια και κ. Πυλιανίδη Θεόφιλο Αναπληρωτή Καθηγητή, για την επίβλεψη της παρούσης διατριβής καθώς και για τις ουσιώδεις παρατηρήσεις και διορθώσεις τους. Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω τον κ. Ηλία Σμήλιο Λέκτορα του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ και τους φίλους και συνεργάτες κ.κ. Χρίστου Μάριο και Σπαΐα Άγγελο δίχως τη συνεργασία και τη βοήθεια των οποίων η ολοκλήρωση της παρούσης διατριβής θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη. Τέλος πιστεύω πως αξίζουν πολλές ευχαριστίες στα άτομα που συμμετείχαν στα ερευνητικά προγράμματα.

---

*Στη Μαρίνα και το Νικόλα*

---

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	ii
ABSTRACT .....	v
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ .....	xvii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
Προσδιορισμός του προβλήματος .....	1
Σκοπός της εργασίας .....	4
Σημασία της έρευνας .....	4
Ερευνητικές Υποθέσεις .....	5
Μηδενικές Υποθέσεις .....	9
Περιορισμοί της έρευνας .....	12
Οριοθετήσεις .....	13
Θεωρητικοί και λειτουργικοί ορισμοί .....	13
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	15
Ασκησιογενής Υπερενεργοποίηση .....	15
Μυογενής μηχανισμός παραγωγής ασκησιογενούς υπερνεργοποίησης .....	15
Συχνότητα διέγερσης .....	17
Τύπος μυϊκής σύσπασης .....	19
Τύπος μυϊκών ινών .....	19
Νευρογενής μηχανισμός παραγωγής ασκησιογενούς υπερνεργοποίησης .....	19
Μεταβολές στην αρχιτεκτονική του μυός .....	20
Η κόπωση .....	21
Κεντρική κόπωση .....	21
Περιφερειακή κόπωση .....	22
Αλληλεπίδραση ασκησιογενούς υπερνεργοποίησης και κόπωσης .....	22
Ο ρόλος της ασκησιογενούς υπερνεργοποίησης στην αθλητική απόδοση .....	23
Δραστηριότητες αντοχής .....	23
Δραστηριότητες δύναμης και ταχύτητας .....	26

Μεταβολές της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας .....	27
Μεταβολές στο πλάτος του H-reflex .....	28
Ασκησιογενής υπερενεργοποίηση του H-reflex και απόδοση .....	30
Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης .....	31
Μορφές άσκησης για την παραγωγή ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης .....	31
Άσκηση με ηλεκτροδιέγερση .....	32
Άσκηση με ισομετρικές συσπάσεις .....	34
Άσκηση με ισοκινητικές συσπάσεις .....	39
Άσκηση με ελεύθερα φορτία .....	40
Άσκηση με υψηλά φορτία .....	41
Άσκηση με μέτρια φορτία .....	45
Άσκηση με χαμηλά φορτία .....	47
Επίδραση του διαλείμματος κατά την αντιθετική προπόνηση .....	50
Αντιθετική προπόνηση και έφηβοι .....	52
Ανακεφαλαίωση .....	55
III. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	61
I <sup>η</sup> Μελέτη .....	61
Εισαγωγή .....	61
Μεθοδολογία .....	62
Δείγμα .....	62
Πειραματικός σχεδιασμός... .....	62
Περιγραφή των δοκιμασιών .....	63
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά-Σύσταση σώματος .....	63
Μία μέγιστη επανάληψη .....	64
Ταχοδυναμική Σχέση .....	64
Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη .....	65
Ύψος άλματος .....	65
Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα .....	66
Διαδικασία μέτρησης .....	67
Στατιστική ανάλυση .....	68
Αποτελέσματα .....	68
Κατακόρυφο άλμα .....	68

Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα .....	69
Ορθός μηριαίος .....	69
Έξω πλατύς .....	69
Έσω πλατύς .....	72
Τετρακέφαλος μηριαίος .....	72
Δικέφαλος μηριαίος .....	73
Συζήτηση .....	77
1 <sup>η</sup> ενότητα και γενική προθέρμανση .....	82
1 <sup>η</sup> ενότητα και ειδική προθέρμανση .....	84
2 <sup>η</sup> έως 4 <sup>η</sup> ενότητα και γενική και ειδική προθέρμανση .....	86
2 <sup>η</sup> Μελέτη .....	87
Εισαγωγή .....	87
Μεθοδολογία .....	88
Δείγμα .....	88
Πειραματικός σχεδιασμός... .....	89
Περιγραφή των δοκιμασιών .....	89
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά-Σύσταση σώματος .....	89
Μία μέγιστη επανάληψη .....	90
Ταχοδυναμική Σχέση .....	90
Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη .....	91
Ύψος άλματος .....	92
Ισχύς .....	92
Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα .....	92
Διαδικασία μέτρησης .....	93
Στατιστική ανάλυση .....	94
Αποτελέσματα .....	94
Ισχύς .....	94
Ύψος άλματος .....	96
Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα .....	97
Ορθός μηριαίος .....	97
Έξω πλατύς .....	101
Έσω πλατύς .....	101
Τετρακέφαλος μηριαίος .....	101

Δικέφαλος μηριαίος .....	104
Συζήτηση .....	108
Υπομέγιστα φορτία .....	109
Χαμηλά και μέτρια φορτία .....	113
3 <sup>η</sup> Μελέτη .....	118
Εισαγωγή .....	118
Μεθοδολογία .....	119
Δείγμα .....	119
Πειραματικός σχεδιασμός... ..	119
Περιγραφή των δοκιμασιών .....	121
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά-Σύσταση σώματος .....	121
Μία μέγιστη επανάληψη .....	122
Ταχοδυναμική Σχέση .....	122
Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη .....	123
Ισχύς .....	123
Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα .....	124
Διαδικασία μέτρησης .....	125
Στατιστική ανάλυση .....	126
Αποτελέσματα .....	126
Μεταβολή της Ισχύος στα πρωτόκολλα EEE και EBE .....	127
Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας στα πρωτόκολλα EEE και EBE .....	128
Ορθός μηριαίος .....	128
Έξω πλατύς .....	130
Έσω πλατύς .....	131
Τετρακέφαλος μηριαίος .....	132
Δικέφαλος μηριαίος .....	132
Μεταβολή της Ισχύος στα πρωτόκολλα BBB και BEB .....	134
Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας στα πρωτόκολλα BBB και BEB .....	134
Ορθός μηριαίος .....	134
Έξω πλατύς .....	135
Έσω πλατύς .....	136

Τετρακέφαλος μηριαίος .....	136
Δικέφαλος μηριαίος .....	139
Συζήτηση .....	139
4 <sup>η</sup> Μελέτη .....	145
Εισαγωγή .....	145
Μεθοδολογία .....	145
Δείγμα .....	145
Πειραματικός σχεδιασμός... .....	146
Περιγραφή των δοκιμασιών .....	147
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά-Σύσταση σώματος .....	147
Μία μέγιστη επανάληψη .....	147
Ισχύς .....	148
Διαδικασία μέτρησης .....	148
Στατιστική ανάλυση .....	149
Αποτελέσματα .....	149
Ισχύς .....	149
Συζήτηση .....	152
IV. ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	158
V. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	164
Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες .....	165
VI. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	166

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>Πίνακας 1.</b> Χρονοδιάγραμμα μεταβολής της απόδοσης μετά από παρέμβαση άσκησης με ελεύθερα φορτία .....	53
<b>Πίνακας 2.</b> Μεταβολή της απόδοσης μετά από παρέμβαση άσκησης με ελεύθερα φορτία .....	57
<b>Πίνακας 3.</b> Χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων της 1 <sup>ης</sup> μελέτης .....	64
<b>Πίνακας 4.</b> Μεταβολή του κατακόρυφου άλματος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού και του έξω πλατύ μηριαίου κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων αντιθετικής προπόνησης με ελεύθερα φορτία .....	75
<b>Πίνακας 5.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ, του τετρακέφαλου και του δικέφαλου μηριαίου κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων αντιθετικής προπόνησης με ελεύθερα φορτία .....	76
<b>Πίνακας 6.</b> Μεταβολή του μέσου ύψους και της μέσης ισχύος σε σειρά επαναλαμβανόμενων αλμάτων πριν και μετά την εφαρμογή τεσσάρων διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης .....	97
<b>Πίνακας 7.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού, του έξω και έσω πλατύ μηριαίων κατά την εκτέλεση σειράς επαναλαμβανόμενων αλμάτων πριν και μετά την εφαρμογή τεσσάρων διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης .....	105
<b>Πίνακας 8.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου και του δικέφαλου μηριαίου κατά την εκτέλεση σειράς επαναλαμβανόμενων αλμάτων πριν και μετά την εφαρμογή τεσσάρων διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης .....	106
<b>Πίνακας 9.</b> Μεταβολή της ισχύος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των καμπτήρων και εκτεινόντων την κνήμη κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης .....	129
<b>Πίνακας 10.</b> Μεταβολή της ισχύος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των καμπτήρων και εκτεινόντων την κνήμη κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης .....	138
<b>Πίνακας 11.</b> Μεταβολή της ισχύος του άνω μέρους του σώματος κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης .....	151



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 1.</b> Απεικόνιση της φωσφορυλίωσης των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης στους γραμμωτούς μύες. Προσαρμογή από Sweeney και συν. (1993) .....	16
<b>Σχήμα 2.</b> Απεικόνιση της δράσης του προτεινόμενου μηχανισμού φωσφορυλίωσης των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης στους γραμμωτούς μύες. Προσαρμογή από Sweeney και συν. (1993) .....	18
<b>Σχήμα 3.</b> Επίδραση του τύπου μυϊκής σύσπασης στη σχέση δύναμης-ταχύτητας και φάσμα συχνοτήτων εντός του οποίου αναπτύσσεται η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση. Προσαρμογή από Sale (2002) .....	18
<b>Σχήμα 4.</b> Στρατηγική αξιοποίησης της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης σε δραστηριότητες δύναμης/ισχύος. Προσαρμογή από Sale (2002) .....	26
<b>Σχήμα 5.</b> Υποθετική επίδραση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης στη σχέση φορτίου-ταχύτητας. Προσαρμογή από Sale (2002) .....	26
<b>Σχήμα 6.</b> Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας της 1 <sup>ης</sup> μελέτης .....	63
<b>Σχήμα 7.</b> Ταχοδυναμική καμπύλη και προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο υπολογίστηκε η μέγιστη ισχύς κατά την 1 <sup>η</sup> μελέτη .....	66
<b>Σχήμα 8.</b> Μεταβολή του άλματος με ταλάντευση σε κάθε ομάδα .....	70
<b>Σχήμα 9.</b> Διαφορές μεταξύ των μετρήσεων του άλματος με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος .....	70
<b>Σχήμα 10.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού μηριαίου κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση σε κάθε ομάδα .....	71
<b>Σχήμα 11.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατύ μηριαίου κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος .....	71
<b>Σχήμα 12.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ μηριαίου κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος .....	73
<b>Σχήμα 13.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου μηριαίου κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος .....	74

<b>Σχήμα 14.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του δικέφαλου μηριαίου κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση σε κάθε ομάδα .....	74
<b>Σχήμα 15.</b> Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας της 2 <sup>ης</sup> μελέτης .....	90
<b>Σχήμα 16.</b> Ταχοδυναμική καμπύλη και προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο υπολογίστηκε η μέγιστη ισχύς κατά την 2 <sup>η</sup> μελέτη .....	91
<b>Σχήμα 17.</b> Μεταβολή της ισχύος πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με διαφορετικά φορτία .....	95
<b>Σχήμα 18.</b> Μεταβολή του μέσου ύψους των επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως φορτίο πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ αντίστοιχων αλμάτων με διαφορετικά φορτία .....	96
<b>Σχήμα 19.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού μηριαίου πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με διαφορετικά φορτία .....	99
<b>Σχήμα 20.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατύ μηριαίου πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με διαφορετικά φορτία .....	100
<b>Σχήμα 21.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατύ μηριαίου πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με πρόσθετο φορτίο .....	100
<b>Σχήμα 22.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ μηριαίου πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με διαφορετικά φορτία .....	104
<b>Σχήμα 23.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου μηριαίου πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με διαφορετικά φορτία .....	107
<b>Σχήμα 24.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του δικέφαλου μηριαίου πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με διαφορετικά φορτία .....	108
<b>Σχήμα 25.</b> Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας στο πρώτο από τα τέσσερα πρωτοκόλλα της 3 <sup>ης</sup> μελέτης .....	120
<b>Σχήμα 26.</b> Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας στο δεύτερο από τα τέσσερα πρωτοκόλλα της 3 <sup>ης</sup> μελέτης .....	120
<b>Σχήμα 27.</b> Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας στο τρίτο από τα τέσσερα πρωτοκόλλα της 3 <sup>ης</sup> μελέτης .....	121

<b>Σχήμα 28.</b> Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας στο τελευταίο από τα τέσσερα πρωτοκόλλα της 3 <sup>ης</sup> μελέτης .....	121
<b>Σχήμα 29.</b> Ταχοδυναμική καμπύλη και προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο υπολογίσθηκε η μέγιστη ισχύς κατά την 3 <sup>η</sup> μελέτη .....	124
<b>Σχήμα 30.</b> Μεταβολή της ισχύος στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	128
<b>Σχήμα 31.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	130
<b>Σχήμα 32.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατύ μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	131
<b>Σχήμα 33.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	132
<b>Σχήμα 34.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	133
<b>Σχήμα 35.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του δικέφαλου μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	133
<b>Σχήμα 36.</b> Μεταβολή της ισχύος στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	134
<b>Σχήμα 37.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του ορθού μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	135
<b>Σχήμα 38.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατύ μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	136
<b>Σχήμα 39.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έσω πλατύ μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	137
<b>Σχήμα 40.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	137

<b>Σχήμα 41.</b> Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του δικέφαλου μηριαίου στο πλαίσιο δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης που εκτελούνται με διαφορετικά φορτία .....	139
<b>Σχήμα 42.</b> Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας της 4 <sup>ης</sup> μελέτης .....	146
<b>Σχήμα 43.</b> Μεταβολή της ισχύος κατά την εκτέλεση βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο δίχως και μετά από την εκτέλεση ενός σετ πιέσεων πάγκου με φορτίο 60% της 1-ME.....	150
<b>Σχήμα 44.</b> Συσχέτιση της μεταβολής της ισχύος κατά το 5 <sup>ο</sup> min της αποκατάστασης μετά από την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με φορτίο 60% της 1-ME και της σχετικής δύναμης στις πιέσεις πάγκου.....	151

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

ΑΥ	Ασκησιογενής Υπερενεργοποίηση
ΑΦ	Άσκηση με ελεύθερα φορτία
BBB	Πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με βαριά φορτία
BEB	Πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης η οποία περιλαμβάνει εναλλαγή σειρών με βαριά και ελαφριά φορτία
CMJ	Κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση δίχως αιώρηση των χεριών
ΔΜ	Δικέφαλος Μηριαίος μυς
ΕΑ	Επαναλαμβανόμενα Άλματα
ΕΑΦ	Επαναλαμβανόμενα Άλματα με Φορτίο
ΕΑΦΜΙ	Επαναλαμβανόμενα Άλματα με το Φορτίο που αποδίδεται η Μέγιστη μηχανική Ισχύς
ΕΑΦΥ	Επαναλαμβανόμενα Άλματα με Φορτίο Υπομέγιστο
ΕΑΦΧ	Επαναλαμβανόμενα Άλματα με Φορτίο Χαμηλό
ΕΒΕ	Πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης η οποία περιλαμβάνει εναλλαγή σειρών με ελαφριά και βαριά φορτία
ΕΕΕ	Πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με ελαφριά φορτία
ΕΞΠ	Έξω Πλατύς μηριαίος μυς
ΕΣΠ	Έσω Πλατύς μηριαίος μυς
ΗΜΓ	Ηλεκτρομυογραφική Δραστηριότητα
H-Reflex	Αντανακλαστικό του Hoffmann
ΚΝΣ	Κεντρικό Νευρικό Σύστημα
ΜΙΔ	Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη
ΟΜ	Ορθός Μηριαίος μυς
ΤΦΜ	Τετρακέφαλος μηριαίος μυς
ΦΕ	Φορτίο Ελέγχου (μηδενικό)

ΦΜΙ	Φορτίο με το οποίο αποδίδεται η Μέγιστη μηχανική Ισχύς
ΦΥ	Φορτίο Υπομέγιστο
ΦΧ	Φορτίο Χαμηλό
1-ME	1 Μέγιστη Επανάληψη

## I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό προσδιορίζεται το πρόβλημα που στοιχειοθετεί τον σκοπό διεξαγωγής της παρούσας διατριβής. Επιπλέον, αναφέρεται η σημασία της έρευνας στον αθλητισμό και διατυπώνονται οι ερευνητικές και οι μηδενικές υποθέσεις καθώς και τα όρια και οι περιορισμοί της. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την καταγραφή της ορολογίας που χρησιμοποιείται συστηματικά στο παρόν κείμενο.

### *Προσδιορισμός του προβλήματος*

Η άμεση επίδραση της άσκησης με αντιστάσεις στην αθλητική απόδοση απασχολεί έντονα τα τελευταία χρόνια την αθλητική και ερευνητική κοινότητα. Έναυσμα για τη διερεύνηση του εν λόγω θέματος αποτέλεσαν οι από εικοσαετίας διατυπωμένες απόψεις Σοβιετικών επιστημόνων, ότι η άσκηση με βάρη με υψηλή ένταση διεγείρει το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) δημιουργώντας ευνοϊκό περιβάλλον για την εκτέλεση εκρηκτικών ενεργειών (Verhoshansky, 1986), αλλά και τα αποτελέσματα μεταγενέστερων μελετών που έδειξαν ότι η ανταπόκριση των σκελετικών μυών σε ένα ηλεκτρικό ή βουλητικό ερέθισμα επηρεάζεται από την προηγηθείσα δραστηριότητά τους (Allen, Lannergren, & Westerblad, 1995; Davis, & Bailey, 1997; Guillich, & Schmidtbleicher, 1996; Trimble, & Harp, 1998). Πιο συγκεκριμένα θεωρείται ότι η επίκαιρη μυϊκή απόδοση είναι αποτέλεσμα της διεκυστίνδας μεταξύ της κόπωσης και της νευρομυϊκής ενεργοποίησης (MacIntosh, & Rassier, 2002; Sale, 2002). Η εν λόγω ενεργοποίηση ονομάζεται ασκησιογενής και το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της με την κόπωση συνήθως προσδιορίζεται μέσω της μέτρησης της μέγιστης παραγόμενης βουλητικής δύναμης ή/και του ρυθμού ανάπτυξής της. Η αναζήτηση της βέλτιστης στρατηγικής για την πρόκληση και αξιοποίηση υψηλής νευρομυϊκής ενεργοποίησης οδήγησε τους ερευνητές στην αντιθετική μέθοδο προπόνησης κατά την οποία παρόμοιες μηχανικά ασκήσεις εναλλάσσονται με τρόπον ώστε η πρώτη από αυτές να εκτελείται με υψηλή και χαμηλή ένταση, αντίστοιχα (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Newton & Kraemer, 1994). Κατά την υλοποίηση της υπάρχει εναλλαγή μεταξύ της ίδιας ή παρόμοιας μηχανικά άσκησης που εκτελούνται με υψηλή και χαμηλή ένταση, αντίστοιχα (Hodgson et al., 2005; Newton & Kraemer, 1994).

Ο συνδυασμός δύο σετ με διαφορετικό φορτίο αναφέρεται ως «ενότητα» και συχνά η αντιθετική προπόνηση περιλαμβάνει περισσότερες από μία (Hodgson et al., 2005). Σύμφωνα με το Chu (1996) κάθε «βαρύ» σετ μιας ενότητας πριμοδοτεί την απόδοση στο «ελαφρύτερο» σετ που ακολουθεί επιδρώντας θετικά στην ποιότητα της συνολικής προπόνησης. Ωστόσο, αυτό φαίνεται ότι δεν ισχύει πάντα καθώς από τις έως σήμερα μελέτες προκύπτουν αντικρουόμενα αποτελέσματα που οφείλονται κυρίως στις διαφορές που υπάρχουν στη μεθοδολογία τους (ένταση της άσκησης, διάλειμμα μεταξύ παρέμβασης και δραστηριότητας, χαρακτηριστικά του δείγματος). Στις περισσότερες από αυτές, κατά την εκτέλεση του «βαρύτερου» σετ κάθε ενότητας χρησιμοποιήθηκε δυναμική άσκηση με υψηλή ένταση η οποία ως επί το πλείστον επέδρασε θετικά στην απόδοση της δραστηριότητας που ακολουθούσε (Chiu, Fry, Weiss, Schilling, Brown, & Smith, 2003; Gourgoulis et al., 2003; Rixon, Lamont, & Bemben, 2007; Villarreal, Gonzalez-Badillo, & Izquierdo, 2007). Πρόσφατα όμως παρουσιάστηκαν και έρευνες στις οποίες χρησιμοποιήθηκε δυναμική άσκηση με μέτρια φορτία (45-65% της 1-ME) με θετική επίδραση στην απόδοση (Baker, 2003; Smilios, Pilianidis, Sotiropoulos, Antonakis, & Tokmakidis, 2005). Το γεγονός αυτό περιέπλεξε τις απόψεις σχετικά με το φορτίο που μπορεί να επιφέρει τη βέλτιστη ασκησιογενή ενεργοποίηση καθιστώντας πλέον αναγκαία την εκπόνηση συγκριτικών μελετών.

Επιπλέον εκτός των προαναφερομένων, υπήρξαν και μελέτες στις οποίες το «βαρύ» σετ της ενότητας δεν επέδρασε (Ebben, Jensen, & Blackard, 2000; Hrysomallis, & Kidgell, 2001; Jones, & Lees, 2003) ή επέδρασε αρνητικά στην απόδοση της δραστηριότητας που ακολουθούσε (Comyns, Harrison, Hennessy, & Jensen, 2006; Jensen, & Ebben, 2003). Στην περίπτωση αυτή η παράμετρος που σύμφωνα με τους ερευνητές καθόρισε το αποτέλεσμα ήταν η διάρκεια του χρόνου αποκατάστασης εντός ή/και μεταξύ των ενοτήτων της αντιθετικής προπόνησης. Σύμφωνα με το Comyns και συν. (2006) ο χρόνος αποκατάστασης πρέπει να είναι επαρκής αλλά και εξατομικευμένος. Οι ερευνητές κατέληξαν σε αυτό το συμπέρασμα αφού 30 sec και 6 min μετά την εφαρμογή 1 σετ ημικαθισμάτων με φορτίο 5-ME βρήκαν μείωση του κατακόρυφου άλματος την οποία όμως εντόπισαν μόνο στο ήμισυ των δοκιμαζομένων. Στους υπόλοιπους από αυτούς το κατακόρυφο άλμα παρουσίασε αύξηση ή δεν μεταβλήθηκε. Στις μελέτες που μετά από δυναμική άσκηση με υψηλή ένταση βρέθηκε βελτίωση της απόδοσης δίχως να εξεταστεί το χρονοδιάγραμμα της, χρησιμοποιήθηκε χρόνος αποκατάστασης που κυμάνθηκε από 3 έως και 20 min. Μάλιστα στις περισσότερες από αυτές ο χρόνος αποκατάστασης που επελέγη ήταν τα 4-5 min



(Chatzopoulos et al., 2007; Comyns et al., 2006; Gilbert, & Lees, 2005; Kilduff, Bevan, Kingsley, Owen, Bennett, Bunce, Hore, Maw, & Cunningham, 2007; Villarreal et al., 2007; Weber, Brown, Coburn, & Zinder, 2008; Young, Jenner, & Griffiths, 1998). Αντίστοιχα στις μελέτες που μετά από δυναμική άσκηση με χαμηλή έως υπομέγιστη ένταση βρέθηκε βελτίωση της απόδοσης χρησιμοποιήθηκε χρόνος αποκατάστασης που κυμάνθηκε από 2 έως και 7 min (Baker, 2003; Radcliffe, & Radcliffe, 1996; Smilios et al., 2005; Thompson, Kackley, Palumbo, & Faigenbaum, 2007; Villarreal et al., 2007). Αν και οι ερευνητές συμφωνούν ως προς την κρισιμότητα της επιλογής του χρόνου αποκατάστασης οι σχετικές μελέτες είναι περιορισμένες (Bevan, Owen, Cunningham, Kingsley, & Kilduff, 2009; Clark, Bryant, & Reaburn, 2006; Comyns et al., 2006; Jensen, & Ebben, 2003; Kilduff et al., 2007). Επιπλέον στις περισσότερες από αυτές ερευνήθηκε το χρονοδιάγραμμα της απόδοσης μετά από άσκηση με υψηλά φορτία (>85% της 1-ME) με αποτέλεσμα να υπάρχει έλλειμμα γνώσης σχετικά με την επίδραση του χρόνου αποκατάστασης στην απόδοση τόσο των ενήλικων όσο και των έφηβων αθλητών μετά από δυναμική άσκηση με χαμηλά, μέτρια ή υπομέγιστα φορτία (25-45%, 45-65% και 65-80% της 1-ME, αντίστοιχα).

Παρά τις ερευνητικές προσπάθειες, οι οποίες έχουν καταβληθεί έως σήμερα για τη διευκρίνιση των προϋποθέσεων που καθιστούν την αντιθετική προπόνηση αποτελεσματική εξακολουθεί μεταξύ άλλων να παραμένει αδιευκρίνιστος ο βέλτιστος αριθμός των ενοτήτων και ο χρόνος αποκατάστασης σε σχέση με την ένταση της άσκησης όπως επίσης και το εάν η επίδραση που φαίνεται να έχει στα πλαίσια μιας ενότητας το «βαρύ» σετ που προηγείται στο «ελαφρύτερο» σετ που ακολουθεί υφίσταται και στην αντίθετη περίπτωση. Επίσης οι περισσότερες μελέτες έχουν εξετάσει την αποτελεσματικότητά της αντιθετικής προπόνησης μέσω των μεταβολών που υφίσταται η απόδοση στη δραστηριότητα που ακολουθεί η οποία όμως περιλαμβάνει μία ή δύο προσπάθειες. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα για την επίδραση της εν λόγω προπόνησης σε μια σειρά προσπαθειών γεγονός το οποίο είναι σύνηθες κατά την προπόνηση για τη βελτίωση της ισχύος. Επίσης παρά το γεγονός ότι η αντιθετική προπόνηση επιδιώκει την αύξηση της απόδοσης μέσω της διέγερσης του ΚΝΣ οι μελέτες που παράλληλα με την απόδοση αξιολόγησαν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών ως ένδειξη του επιπέδου διέγερσης του νευρομυϊκού συστήματος είναι περιορισμένες (Ebben et al., 2000; Jones, & Lees, 2003).

### *Σκοπός της εργασίας*

Η παρούσα διατριβή στοχεύει στην αξιολόγηση της επίδρασης ορισμένων από τις παραμέτρους στις οποίες βασίζεται ο σχεδιασμός της αντιθετικής προπόνησης στην αθλητική απόδοση και συγκεκριμένα στην ισχύ των κάτω και άνω άκρων και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των κυριότερων από τους εμπλεκόμενους μύες. Ειδικότερα η παρούσα διατριβή έχει σκοπό να διερευνήσει:

- την επίδραση του αριθμού των ενοτήτων αλλά και του υψηλού έναντι του μέτριου φορτίου (φορτίου με το οποίο παράγεται η μέγιστη μηχανική ισχύς) κατά την εκτέλεση αλμάτων με φορτίο, στην ισχύ των κάτω άκρων και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και των καμπτήρων της κνήμης κατά την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως φορτίο.
- την επίδραση του χρόνου του διαλείμματος μεταξύ ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με το φορτίο που παράγει: α) τη μέγιστη μηχανική ισχύ, β) 70% της μέγιστης μηχανικής ισχύος και γ) το 130% της μέγιστης μηχανικής ισχύος, στην ισχύ των κάτω άκρων και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και των καμπτήρων την κνήμη κατά την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως πρόσθετο φορτίο.
- την επίδραση του αριθμού των σετ στη μηχανική ισχύ και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά την εκτέλεση 5 σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με σταθερά υπομέγιστο ή χαμηλό φορτίο ή με εναλλαγή υπομέγιστων και χαμηλών φορτίων από σετ σε σετ.
- την επίδραση του χρόνου του διαλείμματος μεταξύ ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο (60% της 1-ME) και ενός αντίστοιχου με χαμηλό φορτίο (30% της 1-ME) στη μηχανική ισχύ που παράγονταν κατά την εκτέλεση του τελευταίου από έφηβους αθλητές.

### *Σημασία της έρευνας*

Η επίδραση της αντιθετικής προπόνησης στην αθλητική απόδοση απασχολεί τα τελευταία χρόνια έντονα τον αθλητικό κόσμο διότι αρκετές φορές είναι απρόβλεπτη. Αυτό φαίνεται να συμβαίνει διότι αν και η επιστημονική έρευνα έχει προχωρήσει αρκετά δεν υπάρχουν ακόμα δεδομένα για την επίδραση όλων των παραμέτρων της επιβάρυνσης στο τελικό αποτέλεσμα, γεγονός το οποίο καθιστά επισφαλές το σχεδιασμό των προπονητικών προγραμμάτων που εφαρμόζονται σε μέτρια προπονημένα άτομα

είτε έχουν άμεσο είτε μακροπρόθεσμο στόχο. Η γνώση σχετικά με την επιλογή του κατάλληλου φορτίου της άσκησης, του αριθμού των ενοτήτων της αλλά και του χρόνου του διαλείμματος μπορεί να συμβάλλει στη διεύρυνση των προπονητικών χειρισμών για το βέλτιστο σχεδιασμό εξατομικευμένων προγραμμάτων.

### *Ερευνητικές υποθέσεις*

#### *1<sup>η</sup> Μελέτη*

1. Η εκτέλεση τεσσάρων σετ αλμάτων με το φορτίο: α) που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς και β) 90% της 1-ME , είναι σε θέση να μεταβάλλει σημαντικά τις τιμές i) του ύψους άλματος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση δίχως φορτίο το οποίο εκτελείται πριν και μετά από κάθε σετ αλμάτων με τα παραπάνω φορτία.
2. Η εκτέλεση τεσσάρων σετ αλμάτων με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς έναντι του φορτίου που αντιστοιχεί στο 90% της 1-ME, επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές i) του ύψους άλματος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση εκτελούμενου πριν και μετά από κάθε σετ αλμάτων με τα παραπάνω φορτία.
3. Η εκτέλεση τεσσάρων σετ αλμάτων με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς ή με το φορτίο που αντιστοιχεί στο 90% της 1-ME μεταβάλλει σημαντικά τις τιμές i) του ύψους άλματος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση εκτελούμενου πριν και μετά από κάθε σετ αλμάτων με τα παραπάνω φορτία.

#### *2<sup>η</sup> Μελέτη*

1. Η παρέμβαση ενός σετ αλμάτων με το φορτίο: α) που επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος β) 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος γ) 30% χαμηλότερο αυτού με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος και δ) δίχως πρόσθετο φορτίο επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές i) της

μέσης ισχύος ii) του μέσου ύψους άλματος και iii) της μέσης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ αλμάτων δίχως φορτίο στο 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση.

2. Η παρέμβαση ενός σετ αλμάτων με το φορτίο που επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος έναντι α) του κατά 30% υψηλότερου φορτίου από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος β) του κατά 30% χαμηλότερου φορτίου από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος γ) ενός σετ αλμάτων δίχως πρόσθετο φορτίο, επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές i) της μέσης ισχύος ii) του μέσου ύψους και iii) της μέσης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη οι οποίες καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ αλμάτων δίχως φορτίο στο 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση.
3. Η παρέμβαση ενός σετ αλμάτων με πρόσθετο φορτίο μεταβάλλει σημαντικά τις τιμές i) της μέσης ισχύος ii) του μέσου ύψους άλματος και iii) της μέσης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ αλμάτων δίχως στο 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση συγκριτικά με τις τιμές που είχαν πριν από αυτή (πριν και μετά την ειδική προθέρμανση). Αντίθετα η παρέμβαση ενός σετ αλμάτων δίχως φορτίο δε μεταβάλλει σημαντικά τις τιμές των παραπάνω παραμέτρων σε σχέση με τις τιμές που είχαν πριν από αυτή (πριν και μετά την ειδική προθέρμανση)

### **3<sup>η</sup> Μελέτη**

1. Η παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο: α) κατά 30% χαμηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος β) κατά 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της κνήμης, που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός σετ αλμάτων που εκτελείται πριν και μετά από κάθε σετ της παρέμβασης με φορτίο

κατά 30% χαμηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος.

2. Η παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος έναντι της παρέμβασης αντίστοιχων σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% χαμηλότερο αυτού με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της κνήμης, που καταγράφονται κατά τη διάρκεια τριών διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% χαμηλότερο αυτού με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος και εκτελούνται πριν και μετά από κάθε σετ της παρέμβασης.
3. Η παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο που διαφέρει κατά 30% από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος μεταβάλλει σημαντικά τις τιμές i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της κνήμης, οι οποίες καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% χαμηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος και εκτελείται πριν και μετά από κάθε σετ της παρέμβασης.
4. Η παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο: α) κατά 30% χαμηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος β) κατά 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της κνήμης, που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός σετ αλμάτων που εκτελείται πριν και μετά από κάθε σετ της παρέμβασης με φορτίο κατά 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος.
5. Η παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος έναντι

της παρέμβασης αντίστοιχων σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% χαμηλότερο αυτού με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της κνήμης, που καταγράφονται κατά τη διάρκεια τριών διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% υψηλότερο αυτού με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος και εκτελούνται πριν και μετά από κάθε σετ της παρέμβασης.

6. Η παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο που διαφέρει κατά 30% από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος μεταβάλλει σημαντικά τις τιμές i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της κνήμης, οι οποίες καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος και εκτελείται πριν και μετά από κάθε σετ της παρέμβασης.

#### **4<sup>η</sup> Μελέτη**

1. Η παρέμβαση ή όχι ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές της μέσης ισχύος που καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο στο 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση.
2. Η παρέμβαση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο έναντι της παρέμβασης κανενός σετ επιφέρει σημαντικά διαφορετική μεταβολή στις τιμές της μέσης ισχύος οι οποίες καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο στο 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση.
3. Η παρέμβαση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο μεταβάλλει σημαντικά τις τιμές της μέσης ισχύος που καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο στο 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης συγκριτικά με τις τιμές που είχαν πριν από την παρέμβαση. Αντίθετα η μη εκτέλεση της προαναφερόμενης παρέμβασης δε μεταβάλλει σημαντικά τις τιμές της μέσης ισχύος σε σχέση με τις τιμές που είχε πριν από αυτή.

## *Μηδενικές υποθέσεις*

### *1<sup>η</sup> Μελέτη*

1. Η εξέλιξη i) του ύψους του άλματος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη δε διαφοροποιούνται κατά τη διάρκεια ενός κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση το οποίο εκτελείται πριν, ενδιάμεσα και μετά το πέρας τεσσάρων διαδοχικών σετ αλμάτων με το φορτίο α) που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς και β) 90% της 1-ME (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «πρωτόκολλο άσκησης» και «μετρήσεις»).
2. Ο μέσος όρος i) του ύψους άλματος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση είναι ίδιος μετά από την παρέμβαση τεσσάρων διαδοχικών σετ αλμάτων α) με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς ή β) με το 90% της 1-ME (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του εξαρτημένου παράγοντα «πρωτόκολλο άσκησης»).
3. Οι μέσοι όροι i) του ύψους των αλμάτων και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης τους πριν, ενδιάμεσα και μετά το πέρας καθενός από τέσσερα διαδοχικά σετ αλμάτων με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς ή ημικαθισμάτων με φορτίο ισοδύναμο του 90% της 1-ME δε διαφέρουν (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «μετρήσεις»).

### *2<sup>η</sup> Μελέτη*

1. Η εξέλιξη των μέσων όρων: i) της ισχύος ii) του ύψους άλματος και iii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της κνήμης που καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ αλμάτων δίχως φορτίο πριν και μετά την επίδραση ενός σετ αλμάτων με το φορτίο: α) που επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος β) 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος γ) 30% χαμηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος δ)

δίχως φορτίο δε διαφέρει (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις»).

2. Ο μέσος όρος: i) της ισχύος ii) του ύψους άλματος και iii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφεται κατά την εκτέλεση ενός σετ αλμάτων δίχως φορτίο είναι ίδιος σε κάθε χρονική στιγμή πριν και μετά την παρέμβαση ενός σετ αλμάτων που εκτελούνται με το φορτίο: α) που επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος β) 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος γ) 30% χαμηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος ή δ) δίχως φορτίο (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του εξαρτημένου παράγοντα «φορτίο άσκησης»).
3. Ο μέσος όρος: i) της ισχύος ii) του ύψους άλματος και iii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφεται κατά την εκτέλεση ενός σετ αλμάτων δίχως φορτίο είναι ίδιος σε όλες τις μετρήσεις που διεξήχθησαν πριν και μετά την παρέμβαση ενός σετ αλμάτων με το φορτίο: α) που επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος β) 30% υψηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος γ) 30% χαμηλότερο από αυτό με το οποίο επιτυγχάνεται η παραγωγή της μέγιστης μηχανικής ισχύος δ) δίχως φορτίο (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «μετρήσεις»).

### **3<sup>η</sup> Μελέτη**

1. Η εξέλιξη των μέσων όρων i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% χαμηλότερο αυτού που αποδίδει τη μέγιστη μηχανική ισχύ και εκτελείται πριν και μετά από καθένα από δύο διαδοχικά σετ αλμάτων με: α) το ίδιο ή β) 30% υψηλότερο φορτίο από αυτό που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, δε διαφέρει (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις»).
2. Ο μέσος όρος: i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της κνήμης που καταγράφονται κατά την



εκτέλεση τριών διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% χαμηλότερο αυτού που αποδίδει τη μέγιστη μηχανική ισχύ είναι ίδιος μετά από την παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με: α) το ίδιο ή β) 30% υψηλότερο φορτίο από αυτό που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του εξαρτημένου παράγοντα «φορτίο άσκησης»).

3. Ο μέσος όρος: i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% χαμηλότερο αυτού που αποδίδει τη μέγιστη μηχανική ισχύ είναι ίδιος σε όλες τις μετρήσεις που διεξήχθησαν πριν και μετά από την παρέμβαση καθενός από δύο διαδοχικά σετ αλμάτων με: α) το ίδιο ή β) 30% υψηλότερο φορτίο από αυτό που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «μετρήσεις»).
4. Η εξέλιξη των μέσων όρων i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά τη διάρκεια ενός σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% υψηλότερο αυτού που αποδίδει τη μέγιστη μηχανική ισχύ και εκτελείται πριν και μετά από καθένα από δύο διαδοχικά σετ αλμάτων με: α) το ίδιο ή β) 30% χαμηλότερο φορτίο από αυτό που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, δε διαφέρει (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις»).
5. Ο μέσος όρος: i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά την εκτέλεση τριών διαδοχικών σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% υψηλότερο αυτού που αποδίδει τη μέγιστη μηχανική ισχύ είναι ίδιος μετά από την παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με: α) το ίδιο ή β) 30% χαμηλότερο φορτίο από αυτό που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του εξαρτημένου παράγοντα «φορτίο άσκησης»).
6. Ο μέσος όρος: i) της ισχύος και ii) της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη που καταγράφονται κατά την εκτέλεση ενός σετ αλμάτων με φορτίο κατά 30% υψηλότερο αυτού που αποδίδει τη μέγιστη μηχανική ισχύ είναι ίδιος σε όλες τις μετρήσεις που διεξήχθησαν πριν και μετά από την παρέμβαση καθενός από δύο διαδοχικά σετ αλμάτων με: α) το ίδιο ή β) 30%

χαμηλότερο φορτίο από αυτό που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «μετρήσεις»).

#### **4<sup>η</sup> Μελέτη**

1. Η εξέλιξη του μέσου όρου της ισχύος που καταγράφεται κατά την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο α) πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο β) δίχως οποιαδήποτε παρέμβαση δε διαφέρει (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις»).
2. Ο μέσος όρος της ισχύος που καταγράφεται σε κάθε χρονική στιγμή κατά την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο είναι ίδιος α) πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο ή β) δίχως οποιαδήποτε παρέμβαση (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του εξαρτημένου παράγοντα «φορτίο άσκησης»).
3. Ο μέσος όρος της ισχύος που καταγράφεται κατά την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο είναι ίδιος σε όλες τις μετρήσεις που διεξήχθησαν α) πριν και μετά από την παρέμβαση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο ή β) δίχως οποιαδήποτε παρέμβαση (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «μετρήσεις»).

#### **Περιορισμοί της έρευνας**

Οι περιορισμοί της παρούσας διατριβής ήταν οι εξής:

- Ο ερευνητής έπρεπε να βασιστεί στην ειλικρίνεια, και στις καλοπροαίρετες προθέσεις των ατόμων των δοκιμαζομένων ότι δεν θα συμμετάσχουν τρεις ημέρες νωρίτερα σε προπόνηση δύναμης.
- Τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν ως προς το προπονητικό επίπεδο των ασκούμενων με ελεύθερα βάρη διότι αφορούν προπονημένους αθλητές και ερασιτεχνικά ασκούμενους μετρίου προπονητικού επιπέδου.
- Οι ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν επελέγησαν με κριτήριο τη δυνατότητα ενεργοποίησης των μεγάλων μυϊκών ομάδων των κάτω και άνω άκρων.

- Τα φορτία που χρησιμοποιήθηκαν κυμάνθηκαν από 30% έως 90% της 1-ME διότι σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ανήκαν στην ομάδα εκείνων με τα οποία προπονείται η μέγιστη ισχύς.

### **Οριοθετήσεις της έρευνας**

Οι οριοθετήσεις της παρούσας μελέτης σχετικά με την επιλογή του δείγματος και τη διαδικασία των μετρήσεων ήταν οι εξής:

- Οι δοκιμαζόμενοι της παρούσας μελέτης δεν έπρεπε να συμμετέχουν 72 ώρες πριν από τις μετρήσεις και κατά τη διάρκεια της ίδιας ημέρας σε αθλητική ή άλλη δραστηριότητα που επιφέρει σωματική κόπωση.
- Όλοι οι συμμετέχοντες στην έρευνα δεν παρουσίαζαν προβλήματα τραυματισμών και δεν ελάμβαναν φαρμακευτική αγωγή κατά τη διάρκεια του τελευταίου μήνα. Αποκλείστηκαν άτομα που παρουσίαζαν κάποιο από τα παραπάνω συμπτώματα.
- Το δείγμα της διατριβής ήταν μόνο άνδρες.

### **Θεωρητικοί και λειτουργικοί ορισμοί**

**Αντιθετική προπόνηση:** η μέθοδος προπόνησης η οποία περιλαμβάνει την εναλλαγή σετ μιας άσκησης που εκτελείται με υψηλό φορτίο με σετ μιας άλλης με παρόμοια μηχανικά χαρακτηριστικά η οποία εκτελείται με χαμηλότερο φορτίο.

**Βαλλιστική άσκηση:** η δυναμική άσκηση που στοχεύει στην ανάπτυξη της ισχύος και προϋποθέτει την επιτάχυνση και επίτευξη της μέγιστης δυνατής ταχύτητας μετατόπισης ενός φορτίου και της επακόλουθης πτήσης του.

**Διάρκεια:** ο χρόνος ανάληψης μεταξύ των σετ μίας άσκησης ή μεταξύ των ασκήσεων μιας προπονητικής μονάδας.

**Ένταση της άσκησης με βάρη:** το βάρος που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση μίας άσκησης σε σχέση με το ποσοστό (%) της μέγιστης δύναμης (1-ME).

**Επανάληψη:** η εκτέλεση μία φορά της κίνησης σε συγκεκριμένο εύρος κίνησης σε μία άσκηση.

**Μέγιστη δύναμη:** το μέγιστο φορτίο που μπορεί να υπερνικηθεί σε μία άσκηση, σε συγκεκριμένη τροχιά κίνησης ορισμένων μελών του σώματος.

**Μία μέγιστη επανάληψη (1ME):** το μέγιστο βάρος με το οποίο μπορεί να εκτελεστεί μία μόνο επανάληψη σε συγκεκριμένη άσκηση. Μέθοδος μέτρησης μέγιστης δύναμης.

**Μυϊκή υπερτροφία:** η αύξηση της μάζας του μυϊκού ιστού.

**Ποσότητα της άσκησης με βάρη:** το συνολικό έργο (J) που παράγεται σε ένα πρόγραμμα κατά την άσκηση με βάρη.

**Πρόγραμμα μέγιστης ισχύος:** πρόγραμμα με βάρη με στόχο την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος μέσω νευρομυϊκών προσαρμογών, η ένταση του οποίου χαρακτηρίζεται από χαμηλή έως υψηλή (30–90% της 1-ME), με μέσο αριθμό επαναλήψεων (3–8) και μέσο διάλειμμα μεταξύ των σετ και των ασκήσεων (2–5 min).

## II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

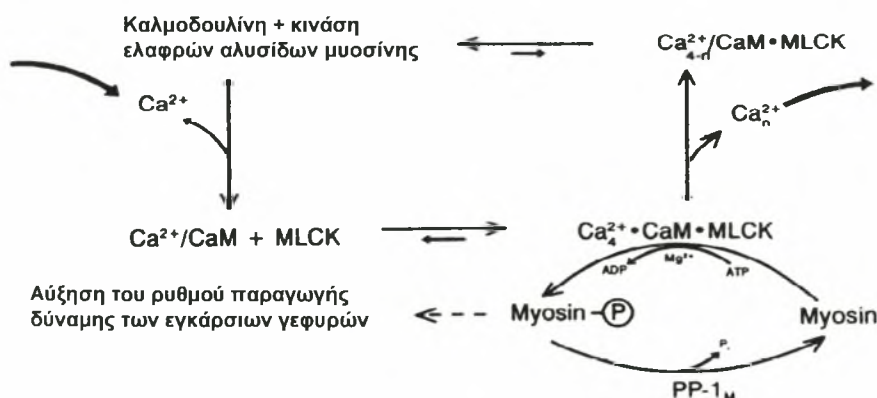
### *Ασκησιογενής Υπερενεργοποίηση*

Η ανταπόκριση των σκελετικών μυών σε ένα ηλεκτρικό ή βουλητικό ερέθισμα επηρεάζεται από την προηγούμενη δραστηριότητά τους (Guillich & Schmidtbleicher, 1996; Trimble, & Harp, 1998). Το πλέον εμφανές αποτέλεσμα αυτής είναι η κόπωση η οποία έχει ως συνέπεια την πτώση της μυϊκής απόδοσης. Ωστόσο, μετά το πέρας της μυϊκής δραστηριότητας και σε συνδυασμό με την κόπωση έχει συχνά καταγραφεί η παρουσία αυξημένης νευρομυϊκής ενεργοποίησης υπό μορφή ηλεκτρικού δυναμικού (H-Reflex, M-wave) που μπορεί να επιφέρει αύξηση της απόδοσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται Ασκησιογενής Υπερενεργοποίηση και υπό προϋποθέσεις «πριμοδοτεί» τη μυϊκή απόδοση σε δραστηριότητες αντοχής και ισχύος. Η φύση του φαίνεται ότι είναι διττή εφόσον η γενεσιουργός διαδικασία θεωρείται ότι λαμβάνει χώρα στο μυϊκό κύτταρο (μυογενής) ή/και στη σπονδυλική στήλη (νευρογενής) (Hodgson et al., 2005; Tubman, MacIntosh, Maki, 1996). Τελευταία βέβαια διαπιστώθηκε ότι στη διαδικασία αυτή συνεισφέρουν και ορισμένες αλλαγές που επέρχονται στην αρχιτεκτονική του μυός (Mahlfeld, Franke, Awiszus, 2004).

### *Μυογενής μηχανισμός παραγωγής ασκησιογενούς υπερνεργοποίησης*

Ο μυογενής είναι ο ευρύτερα διερευνημένος μηχανισμός της ασκησιογενούς υπερνεργοποίησης ενώ το κρίσιμο σημείο στην αλυσίδα παραγωγής του αποτελεί η φωσφορυλίωση των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης (MLC) η οποία καθιστά την ακτομυοσίνη πιο ευαίσθητη στο ασβέστιο που απελευθερώνεται από το σαρκοπλασματικό δίκτυο (Sweeney, Bowman, & Stull, 1993). Η πεποίθηση αυτή βασίζεται αφενός μεν σε μελέτες που έχουν αποδείξει τη σχέση μεταξύ ασκησιογενούς υπερνεργοποίησης και ποσοστού φωσφορυλίωσης και αφετέρου σε πειράματα επί απομονωμένων μυϊκών ινών που έδειξαν ότι μετά από ηλεκτροδιέγερση χαμηλής συχνότητας η δύναμη που παράγεται κατά τη διάρκεια μιας μυϊκής σύσπασης, σε περιβάλλον υπομέγιστης συγκέντρωσης ασβεστίου, αυξάνεται σημαντικά (Klug, Botterman, & Stull, 1982; Manning, & Stull, 1979; Manning, & Stull, 1982; Moore, & Stull, 1984; Persechini, Stull, & Cooke, 1985).

Η φωσφορυλίωση των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης είναι αποτέλεσμα μιας ακολουθίας βιοχημικών αντιδράσεων οι οποίες πυροδοτούνται από την έλευση δυναμικού ενέργειας στα εγκάρσια σωληνάρια του μυϊκού κυττάρου και την απελευθέρωση ιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) από τους πλευρικούς σάκους του σαρκοπλασματικού δικτύου στο κυτοσόλιο (Γελαδάς, & Τσακόπουλος, 2001). Εντός του κυτοσολίου και σε υψηλή συγκέντρωση βρίσκονται ασβεστιοδεσμευτικές πρωτεΐνες σημαντικότερος εκπρόσωπος των οποίων είναι η καλμοδουλίνη (CaM). Αυτή έχει μορφή αλτήρα με δύο κυκλικά άκρα σε καθένα εκ των οποίων χωροθετούνται δύο θέσεις σύνδεσης  $\text{Ca}^{2+}$  (Sweeney et al., 1993). Στην περίπτωση που η συγκέντρωση του κυτοσολικού  $\text{Ca}^{2+}$  εξασφαλίζει την κάλυψη τουλάχιστον τριών από τις τέσσερις θέσεις σύνδεσης της CaM το σύμπλοκο  $\text{Ca}^{2+}/\text{CaM}$  συνδέεται με το ένζυμο «κινάση των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης» (MLCK) μετατρέποντας την κατάστασή της από ανενεργή σε ενεργή (Σχήμα 1) (Cox, Comte, Fitton, & De Grado, 1985). Η ενεργοποιημένη κινάση καταλύει τη φωσφορυλίωση ενός συγκεκριμένου τμήματος των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης το οποίο λειτουργεί ως μεντεσές προκαλώντας του δομικές αλλαγές (Hodgson et al., 2005). Εξ αιτίας αυτών μειώνεται η μέση απόσταση μεταξύ εγκαρσίων γεφυρών μυοσίνης και λεπτών νηματίων ακτίνης με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ευαισθησία τους στο  $\text{Ca}^{2+}$  (αξιοποιείται καλύτερα το κυτοσολικό  $\text{Ca}^{2+}$  από τις θέσεις σύνδεσης που προσφέρει η ακτίνη) αλλά και ο ρυθμός σύνδεσης τους (Σχήμα 2) (Metzger, Greaser, & Moss, 1989). Ωστόσο έχει διαπιστωθεί ότι η αύξηση του ρυθμού σύνδεσης των εγκαρσίων γεφυρών μυοσίνης-ακτίνης δε συνοδεύεται από μεταβολές στο ρυθμό αποσύνδεσής τους.

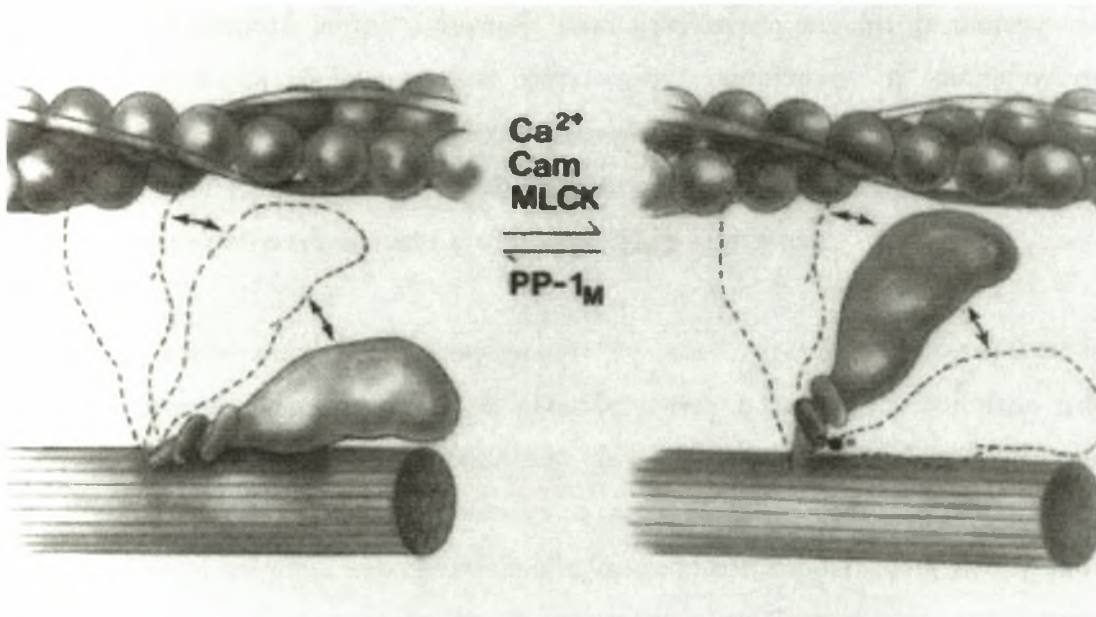


**Σχήμα 1.** Απεικόνιση της φωσφορυλίωσης των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης στους γραμμωτούς μύες. Προσαρμοσμένο από Sweeney και συν. (1993).

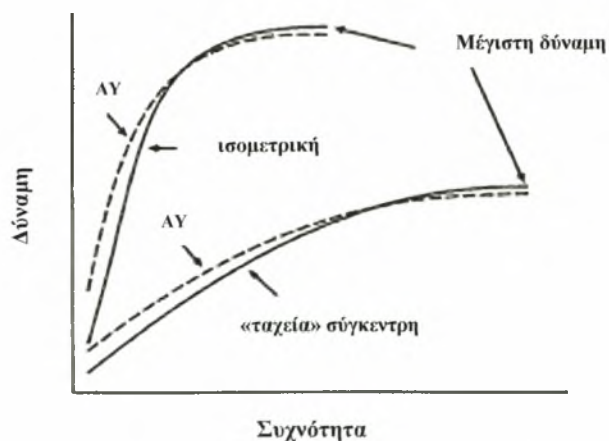
Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την αύξηση του αριθμού των εγκάρσιων γεφυρών που ανά χρονική στιγμή είναι σε σύνδεση με την ακτίνη και ως εκ τούτου του ρυθμού και του μεγέθους της δύναμης που αναπτύσσεται από κάθε κινητική μονάδα (Sweeney, & Stull, 1990; Sweeney et al., 1993). Παράλληλα όταν είναι αναγκαία η διατήρηση συγκεκριμένου μεγέθους δύναμης οι εμπλεκόμενες κινητικές μονάδες πριμοδοτούνται από τα οφέλη της φωσφορυλίωσης των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης (παραγωγή δύναμης σε συνθήκες χαμηλότερης συγκέντρωσης κυτοσολικού  $Ca^{2+}$  λόγω καλύτερης αξιοποίησής του) μειώνοντας τη συχνότητα πυροδότησης δυναμικών ενέργειας και κατά συνέπεια την ενεργειακή δαπάνη για τη μεταφορά  $Ca^{2+}$ . Συμπερασματικά η φωσφορυλίωση θεωρείται ότι αρχικά αυξάνει το ρυθμό ανάπτυξης και το μέγεθος της παραγόμενης δύναμης ενώ κατόπιν συμβάλλει στην οικονομικότερη διατήρησή της επιδρώντας θετικά σε δραστηριότητες ισχύος και αντοχής (Sale, 2002). Οι εν λόγω επιδράσεις ωστόσο φαίνεται ότι εξαρτώνται από παράγοντες όπως είναι α) η συχνότητα διέγερσης, β) το είδος της μυϊκής σύσπασης γ) ο τύπος των μυϊκών ινών και δ) το προπονητικό επίπεδο.

*Συχνότητα διέγερσης.* Ο ρυθμός της φωσφορυλίωσης των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης εξαρτάται από τη συχνότητα με την οποία διεγείρεται ο μυς (Moore, & Stull, 1984). Μετά από διερεύνηση της επίδρασης ενός μεγάλου φάσματος συχνοτήτων διέγερσης στο ρυθμό φωσφορυλίωσης, διαπιστώθηκε ότι οι χαμηλές συχνότητες επαρκούν για την επίτευξη υψηλών τιμών. Αυτό οφείλεται στο χαμηλό ρυθμό απενεργοποίησης της κινάσης των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης αλλά και στη χαμηλή δραστηριότητα του ενζύμου φωσφατάση των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης το οποίο καταλύει την αποφωσφορυλίωσή τους (Klug et al., 1982; Stull, Nunnally, Moore, & Blumenthal, 1985). Πράγματι μετά από ηλεκτρική διέγερση χαμηλής συχνότητας η μεταβολή του ασβεστίου στο κυτοσόλιο του μυϊκού κυττάρου είναι σε θέση να ενεργοποιήσει μόνο κλάσμα της κινάσης των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης. Στο μεσοδιάστημα των διεγέρσεων η ποσότητα  $Ca^{2+}$  μειώνεται ταχύτατα με αποτέλεσμα να μειώνεται σταδιακά και η ποσότητα της ενεργού κινάσης με ρυθμό που όμως είναι βραδύτερος από το ρυθμό ενεργοποίησής της. Κατά συνέπεια εάν πριν την απόλυτη απενεργοποίηση του ενζύμου προκληθεί μια επιπλέον διέγερση θα ενεργοποιήσει μια επιπρόσθετη ποσότητα αυξάνοντας το σύνολο του ενεργού ενζύμου στο κυτοσόλιο και το ρυθμό φωσφορυλίωσης των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης. Ως εκ τούτου ο μηχανισμός δράσης της κινάσης των ρυθμιστικών ελαφρών

αλυσίδων μυοσίνης καθιστά μη απαραίτητη την διαρκή παρουσία υψηλής ποσότητας ασβεστίου στο κυτοσόλιο όπως συμβαίνει μετά από ηλεκτρική διέγερση υψηλής συχνότητας.



**Σχήμα 2.** Απεικόνιση της δράσης του προτεινόμενου μηχανισμού φωσφορυλίωσης των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης στους γραμμωτούς μύες. Προσαρμοσμένο από Sweeney και συν. (1993).



**Σχήμα 3.** Επίδραση του τύπου μυϊκής σύσπασης στη σχέση δύναμης-ταχύτητας και φάσμα συχνοτήτων εντός του οποίου αναπτύσσεται η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση (AY). Προσαρμοσμένο από Sale (2002).



*Τύπος μυϊκής σύσπασης.* Ο τύπος της μυϊκής σύσπασης επιδρά στη σχέση δύναμης και συχνότητας σύσπασης όπως επίσης και στο εύρος των συχνοτήτων που προκαλούν την παραγωγή της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (Sale, 2002). Οι συχνότητες διέγερσης που απαιτούνται προκειμένου με σύγκεντρες συσπάσεις να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό μέγιστης δύναμης είναι υψηλότερες από ότι με ισομετρικές. Επιπλέον κατά τη διάρκεια των σύγκεντρων συσπάσεων η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση εκτείνεται σε ευρύτερο φάσμα συχνοτήτων από ότι κατά τη διάρκεια των ισομετρικών. Εξ αιτίας αυτού ο ρόλος της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης είναι μεγαλύτερος στις σύγκεντρες από ότι στις ισομετρικές συσπάσεις.

*Τύπος μυϊκών ινών.* Είναι αξιοσημείωτο ότι κατά τη διάρκεια μιας αθλητικής δραστηριότητας οι ρυθμιστικές ελαφρές αλυσίδες μυοσίνης των γρήγορων μυϊκών ινών φωσφορυλιώνονται με ταχύτερο ρυθμό από τις αντίστοιχες των αργών μυϊκών ινών (Sweeney et al., 1993). Κατά συνέπεια η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση που παρουσιάζουν οι γρήγορες μυϊκές ίνες υπερτερεί αυτού που παρουσιάζουν οι αργές. Το γεγονός αυτό πιθανόν να οφείλεται στις διαφορές που εμφανίζουν οι τύποι μυϊκών ινών στη δραστικότητα της κινάσης και της φωσφατάσης των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης. Έχει διαπιστωθεί ότι στις αργές μυϊκές ίνες η δραστικότητα της κινάσης των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης είναι τρεις φορές χαμηλότερη ενώ της φωσφατάσης είναι τέσσερις φορές υψηλότερη από ότι είναι στις γρήγορες μυϊκές ίνες (Moore, & Stull, 1984). Επομένως οι μύες που έχουν υψηλό ποσοστό μυϊκών ινών τύπου II ή ακόμα τα άτομα που εντός συγκεκριμένων μυών διαθέτουν μεγαλύτερη αναλογία ινών τύπου II παρουσιάζουν υψηλότερη ασκησιογενή υπερενεργοποίηση (Hamada, Sale, MacDougall, & Tarnopolsky, 2000).

#### ***Νευρογενής μηχανισμός παραγωγής ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης***

Παρά το γεγονός ότι η υπάρχουσα βιβλιογραφία έχει αποδώσει το εν λόγω φαινόμενο σε φυσιολογικές διαδικασίες που συμβαίνουν μέσα στο μυϊκό κύτταρο φαίνεται ότι η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση μπορεί να προκληθεί και λόγω προσαρμογών σε επίπεδο νωτιαίου μυελού (Guillich, & Schmidtbleicher, 1996; Trimble, & Hargr, 1998). Σύμφωνα με αυτή την εκδοχή η προηγηθείσα μυϊκή δραστηριότητα προκαλεί αύξηση της συναπτικής ικανότητας των Ia κεντρομόλων νευρικών απολήξεων και των μετασυναπτικών μεμβρανών των α-κινητικών νευρώνων. Αυτό ενδέχεται να είναι αποτέλεσμα μεταβολών στην ευαισθησία ή/και στις εσωτερικές

ιδιότητες των α-κινητικών νευρώνων ή ακόμα και στην ποσότητα νευροδιαβιβαστή που απελευθερώνεται από τις νευρικές τους απολήξεις (Misiaszek, 2003; Hodgson et al., 2005). Το γεγονός αυτό συνδέεται με τη στρατολόγηση περισσότερων ή/και μεγαλύτερων κινητικών μονάδων αλλά και με την αύξηση της συχνότητας εκφόρτισης των νευρικών τους ώσεων (Hugon, 1973). Στην περίπτωση λοιπόν που ακολουθεί ηλεκτρικό ή βουλητικό ερέθισμα, η εν λόγω νευρομυϊκή ενεργοποίηση έχει θετική επίδραση τόσο στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης όσο και στη μέγιστη δύναμη (Guillich, & Schmidtbleicher, 1996). Τα δύο επικρατέστερα μέτρα αξιολόγησης των όποιων μεταβολών της νευρομυϊκής απόδοσης, ανεξαρτήτως της προέλευσης τους, είναι η δύναμη που παράγεται μετά από μια ηλεκτρική διέγερση και το πλάτος του αντανακλαστικού του Hoffmann (H-reflex) (Enoka, Hutton, Eldred, 1980). Το τελευταίο προκύπτει από την απευθείας ηλεκτρική διέγερση ενός συγκεκριμένου κινητικού νευράξονα (π.χ. οπίσθιου κνημιαίου νεύρου), την αντίδραση του αντανακλαστικού μηχανισμού των αντίστοιχων μυϊκών ινών (μυϊκές άτρακτοι) και την καταγραφή του δυναμικού που μέσω των Ια κεντρομόλων νευρικών απολήξεων και των μετασυναπτικών μεμβρανών φτάνει στη τράπεζα κινητικών μονάδων του ομωνύμου μύος (π.χ. γαστροκνήμιος) (Ebben, 2006; Moritani, 2003). Το πλάτος ολοκληρώματος του αντανακλαστικού του Hoffmann χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της διεγερσιμότητας των α-κινητικών νευρώνων μετά από ερέθισμα και θεωρείται ότι είναι συνάρτηση του αριθμού και του μεγέθους των ενεργοποιημένων κινητικών μονάδων (Hodgson et al., 2005).

### ***Μεταβολές στην αρχιτεκτονική του μύος***

Αν και οι περισσότεροι ερευνητές συγκλίνουν στην άποψη ότι η πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης και οι συνέπειές της στη απόδοση εκπηγάζουν της δράσης των δύο προαναφερομένων μηχανισμών, πρόσφατα παρουσιάστηκαν ενδείξεις ότι σημαντική συνεισφορά στο τελικό αποτέλεσμα έχουν και ορισμένες αλλαγές που επέρχονται στην αρχιτεκτονική του μύος (Tillin, & Bishop, 2009). Συγκεκριμένα ο Mahlfeld και συν. (2004) διαπίστωσαν ότι 3-6 min μετά από 3 μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις διάρκειας 3 sec, η μέση γωνία πτέρωσης των μυϊκών ινών ενός τμήματος του έξω πλατύ μηριαίου μειώθηκε σημαντικά κατά 14,4°. Η εν λόγω γωνία αντανακλά τον προσανατολισμό των μυϊκών ινών σε σχέση με την εν τω βάθει απονεύρωση και έχει διαπιστωθεί ότι η μείωσή της επηρεάζει θετικά τη μετάδοση της δύναμης στους τένοντες και στα οστά (Folland, & Williams, 2007; Fukunaga, Ichinose, Masamitsu,

Kawakami, & Fukashiro, 1997). Μάλιστα στην μελέτη του Mahlfeld και συν. (2004) η μείωση της γωνίας πτέρωσης υπολογίσθηκε ότι συνεισέφερε στην αύξηση της δύναμης σε ποσοστό 1%.

### ***Η κόπωση***

Η ανταπόκριση των σκελετικών μυών σε ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά ή βουλητικά ερεθίσματα επηρεάζεται από την προηγηθείσα δραστηριότητά τους (Guillich, & Schmidtbleicher, 1996; Trimble, & Harp, 1998). Το πλέον ορατό αποτέλεσμα αυτής είναι η κόπωση η οποία ενοχοποιείται για την πτώση της μυϊκής απόδοσης και πιο συγκεκριμένα για τη μείωση της παραγόμενης δύναμης σε επίπεδο χαμηλότερο του αναμενόμενου και διακρίνεται σε κεντρική και περιφερειακή (Rassier, & MacIntosh, 2000).

*Κεντρική κόπωση.* Η κεντρική κόπωση οφείλεται στη μείωση της ικανότητας συγκεκριμένων περιοχών του εγκεφαλικού φλοιού να στέλνουν διεγερτικά σήματα στους κινητικούς νευρώνες ή/και στην ανικανότητα των τελευταίων να διατηρούν τον αρχικό ρυθμό εκπομπής σημάτων εξ αιτίας της ανασταλτικής δράσης των μυοτενόντιων συστημάτων ανίχνευσης του μήκους, της τάσης και της απόσυρσης (μυϊκές άτρακτοι, τενόντια όργανα Golgi). Στην πρώτη περίπτωση η μείωση αποδίδεται στις μεταβολές που παρουσιάζονται στη συγκέντρωση ορισμένων ουσιών (σεροτονίνη, ντοπαμίνη, ακετυλοχολίνη, αμμωνία) που επιδρούν στη ψυχική διάθεση (αντιλαμβανόμενη προσπάθεια) ή στην ταχύτητα μετάδοσης νευρικών ώσεων στο μυ (Davis, & Bailey, 1997). Στη δεύτερη περίπτωση, λίγο μετά την έναρξη της μυϊκής προσπάθειας, οι μυϊκές άτρακτοι στέλνουν μέσω των Ια και ΙΙ προσαγωγών νευρώνων ανασταλτικά σήματα στην τράπεζα κινητικών νευρώνων του νωτιαίου μυελού, περιορίζοντας τη συχνότητα εκπομπής των διεγερτικών τους σημάτων. Στη συνέχεια σε εξάρτηση με τη μεταβολική κατάσταση των μυϊκών ινών και τα χαρακτηριστικά της μυϊκής δραστηριότητας, την πρωτοκαθεδρία στην αποστολή ανασταλτικών σημάτων αναλαμβάνουν οι μικρής διαμέτρου προσαγωγοί ίνες ΙΙΙ και ΙV. Ωστόσο ανεξαρτήτως προέλευσης η κεντρική κόπωση έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της δράσης των ομολόγων με τα κινητικά νεύρα μυϊκών ινών και την ανάλογη μείωση της παραγόμενης δύναμης παρότι οι μυϊκές ίνες θα μπορούσαν να τη διατηρήσουν αμείωτη περαιτέρω. Η προαναφερθείσα ανασταλτική παρέμβαση του κεντρικού νευρικού συστήματος

θεωρείται ότι στοχεύει στην αποτροπή της υπερβολικής προσπάθειας λειτουργώντας ως ασπίδα προστασίας από ενδεχόμενους τραυματισμούς (Bishop, Jones, & Woods, 2008).

*Περιφερειακή κόπωση.* Η περιφερειακή κόπωση στα αρχικά στάδια της μυϊκής προσπάθειας φαίνεται ότι οφείλεται στην οξέωση (αύξηση ιόντων υδρογόνου) και στην αύξηση των Pi λόγω διάσπασης της φωσφοκρεατίνης (PCr). Η μεταβολή στη συγκέντρωση των εν λόγω μεταβολιτών μειώνει αφενός τον αριθμό των εγκάρσιων γεφυρών ακτομυοσίνης που είναι σε σύνδεση και αφετέρου την δύναμη που παράγει κάθε μια από αυτές. Παράλληλα η αύξηση της συγκέντρωσης των ιόντων  $H^+$  έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ευαισθησίας της ακτομυοσίνης στο  $Ca^{2+}$  (Allen et al., 1995). Μια επιπλέον συνιστώσα της περιφερειακής κόπωσης είναι η αναστολή της απελευθέρωσης ιόντων  $Ca^{2+}$  από το σαρκοπλασματικό δίκτυο και συνεπώς η μείωση της συγκέντρωσης του ελεύθερου ασβεστίου στο μυ. Ο μηχανισμός του φαινομένου εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της δραστηριότητας. Έτσι όταν αυτή περιλαμβάνει σύντομες επαναλαμβανόμενες τετανικές συσπάσεις παρατηρείται αύξηση των ιόντων  $Mg^{2+}$  εξ αιτίας της διάσπασης ATP και της χαμηλής χημικής συγγένειας του πρώτου με τα προϊόντα της διάσπασης του δεύτερου. Στην περίπτωση αυτή τα ιόντα  $Mg^{2+}$  αναστέλλουν τη λειτουργία των διαύλων που διαθέτουν οι θύλακες ασβεστίου του σαρκοπλασματικού δικτύου με αποτέλεσμα να μειώνεται η απελευθέρωσή του στο κυττοσόλιο. Όταν όμως η κόπωση προκαλείται από συνεχόμενη υψηλής συχνότητας διέγερση παρατηρείται δυσκολία στη μετάδοση του δυναμικού ενέργειας εντός του συστήματος των εγκάρσιων σωληναρίων T με αποτέλεσμα η συγκέντρωση ασβεστίου να είναι χαμηλότερη στο κέντρο της μυϊκής ίνας σε σχέση με την περιφέρειά της. Στην περίπτωση που η κόπωση προκαλείται από διέγερση χαμηλής συχνότητας η λειτουργία των διαύλων ασβεστίου του σαρκοπλασματικού δικτύου αναστέλλεται λόγω της ευαισθησίας τους στην αυξημένη πρωτεόλυση. Είναι αξιοσημείωτο ότι στην κόπωση χαμηλής συχνότητας παρατηρείται μείωση της δύναμης μόνο στις χαμηλές συχνότητες ενώ στις υψηλές παραμένει αμετάβλητη.

#### ***Αλληλεπίδραση ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης***

Η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι σκελετικοί μύες μετά το πέρας της μυϊκής δραστηριότητας καθορίζεται από την ισορροπία μεταξύ ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης. Ως εκ τούτου ενδέχεται να είναι σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης, εξασθενημένοι ή στην κατάσταση που προηγούνταν της

δραστηριότητας. Ρυθμιστές της εν λόγω ισορροπίας είναι η ένταση και η διάρκεια της προηγηθείσας δραστηριότητας καθώς η όποια αύξησή τους μπορεί να πυροδοτήσει τους μηχανισμούς παραγωγής της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης αλλά ταυτόχρονα να παράγει και μεγαλύτερη κόπωση. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και ο χρόνος της ανάπαυσης που μεσολαβεί έως την αξιολόγηση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης. Η επάρκειά του κρίνεται από το εάν οι μύες έχουν αναλάβει από την κόπωση ενώ παραμένουν σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης (Σχήμα 4). Έχει διαπιστωθεί ότι μετά από υπομέγιστη έως μέγιστη μυϊκή δραστηριότητα χρόνος ανάπαυσης μικρότερος του 1 min δεν επαρκεί ώστε η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση να ισοσκελίσει την κόπωση (Crone, & Nielson, 1989; Enoka et al., 1980; Jensen, & Ebben, 2003; Kilduff et al., 2007; Moore, & Kukulka, 1991; Trimble, & Harp, 1998). Φαίνεται ότι η επίτευξη της ισορροπίας μεταξύ ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης επιτυγχάνεται μόνο μετά από ανάπαυση διάρκειας 1-2 min. Μάλιστα η υπερενεργοποίηση υποσκελίζει την κόπωση μετά το 3<sup>ο</sup> λεπτό ενώ οι μέγιστες τιμές του καταγράφονται μετά από ανάπαυση που ανάλογα με το προπονητικό επίπεδο των ασκουμένων, κυμαίνεται από 5 έως 18,5 λεπτά (Chiu et al., 2003; Clark et al., 2006; Folland, Tomoyoshi, Fimland, 2008; Kilduff et al., 2007).

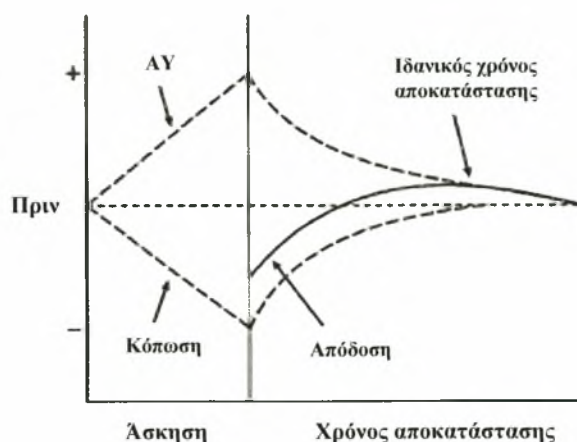
### ***Ο ρόλος της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης στην αθλητική απόδοση***

*Δραστηριότητες αντοχής.* Οι αθλητικές δραστηριότητες που προϋποθέτουν υψηλό επίπεδο μυϊκής αντοχής, περιλαμβάνουν κινήσεις που στη μεγάλη τους πλειοψηφία εκτελούνται με τη χρήση υπομέγιστων μυϊκών συσπάσεων που επαναλαμβάνονται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αμέσως μετά τις πρώτες συσπάσεις φαίνεται ότι ο χαμηλός ρυθμός πυροδότησης των κινητικών μονάδων που ενεργοποιούνται, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την λειτουργία των μηχανισμών παραγωγής της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (Sale, 2002). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις της δραστηριότητας για παραγωγή σταθερής δύναμης, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού πυροδότησης των κινητικών μονάδων προκειμένου να αντισταθμισθεί η επιπλέον δύναμη που οφείλεται στην ασκησιογενή υπερενεργοποίηση. Η μείωση αυτή φαίνεται ότι αναστέλλει τη λειτουργία των μηχανισμών της κόπωσης και πιο συγκεκριμένα της κόπωσης χαμηλής συχνότητας παρατείνοντας τη δραστηριότητα (DeLuca, Foley, & Erim, 1996; Gandevia, 2001; Rassier, & MacIntosh, 2000). Οι Fowles και Green (2003) επιχειρώντας να διευκρινίσουν εάν πράγματι η υπερενεργοποίηση που παράγεται κατά τη διάρκεια της άσκησης με υπομέγιστη ένταση

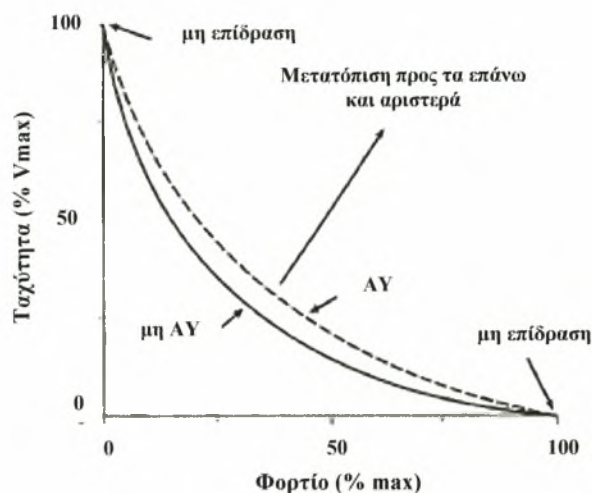
είναι σε θέση να υπερσχύσει της κόπωσης χαμηλής συχνότητας εφήρμοσαν ένα πρόγραμμα άσκησης που περιελάμβανε ισομετρικές συσπάσεις των εκτεινόντων της κνήμης με ένταση αντίστοιχη του 30% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης. Το πρόγραμμα προϋπέθετε εναλλαγή συσπάσεων διάρκειας 1 sec με αντίστοιχα διαλείμματα για χρονικό διάστημα 60 min. Το πρόγραμμα διακόπτονταν για 3 min στο 5°, 20°, 40° και 60° min προκειμένου μέσω ηλεκτρικών διεγέρσεων να εκτιμηθεί η επίδραση της άσκησης στα χαρακτηριστικά της δύναμης και κατ' επέκταση η παρουσία της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και της κόπωσης. Διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης της παραγόμενης δύναμης κατά τις μέγιστες τετανικές συσπάσεις που εκτελέστηκαν αμέσως μετά το 5°, 20°, 40° και 60° min (από 36 έως 42%) αλλά και σημαντική αύξηση της κόπωσης χαμηλής συχνότητας μετά το 40° min της άσκησης. Σύμφωνα με τους ερευνητές στο πρώτο σκέλος της άσκησης η παραγόμενη υπερενεργοποίηση με δεδομένη την απουσία της κόπωσης, συνεισέφερε στην επίτευξη της ζητούμενης υπομέγιστης δύναμης μειώνοντας τη συχνότητα πυροδότησης δυναμικών ενέργειας και κατά συνέπεια την ενεργειακή δαπάνη για τη μεταφορά  $Ca^{2+}$ . Στο δεύτερο σκέλος της άσκησης (μετά το 40° min), παρούσης της κόπωσης, η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση συνεισέφερε στην αποκατάσταση της δύναμης στα πριν από την άσκηση επίπεδα εξασφαλίζοντας τη μετέπειτα παραγωγή της με οικονομικότερο τρόπο. Ωστόσο τα παραπάνω ανατρέπονται όταν για κάποιο λόγο αυξηθεί η ένταση της δραστηριότητας. Σε αυτή την περίπτωση αυξάνεται ο ρυθμός πυροδότησης των ενεργοποιημένων κινητικών μονάδων και η συγκέντρωση  $Ca^{2+}$  στο κυτοσόλιο του μυϊκού κυττάρου. Το γεγονός αυτό (κορεσμός  $Ca^{2+}$ ) καθιστά αμελητέα την επίδραση της υπερενεργοποίησης στην αύξηση της δύναμης και στην αναχαίτιση της κόπωσης η οποία λόγω του αυξημένου ρυθμού πυροδότησης των κινητικών μονάδων, χαρακτηρίζεται ως κόπωση υψηλής συχνότητας. Επομένως στις δραστηριότητες αντοχής που εκτελούνται με τη χρήση υπομέγιστων συσπάσεων χαμηλής συχνότητας, η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση λειτουργεί ως αντίβαρο της κόπωσης.

Αυτό βέβαια δεν αφορά τον γενικό πληθυσμό αλλά μόνο τα κατάλληλα προπονημένα άτομα και πιο συγκεκριμένα τους προπονημένους μύες των εν λόγω ατόμων (Hamada, Sale, & MacDougall, 2000). Σύμφωνα με τους Morana και Perrey (2009) 5-10 υπομέγιστες ισομετρικές συσπάσεις των 5 sec παράγουν αντίστοιχη ασκησιογενή υπερενεργοποίηση σε αθλητές αντοχής και ισχύος. Ωστόσο, ο μεγαλύτερος αριθμός συσπάσεων πριμοδοτεί την απόδοση μόνο των αθλητών αντοχής ενώ μειώνει την απόδοση των αθλητών ισχύος δείχνοντας ότι η παραγόμενη κατά τη

διάρκεια δραστηριοτήτων υπομέγιστης έντασης και μεγάλης διάρκειας υπερενεργοποίηση σχετίζεται με το προπονητικό επίπεδο των ατόμων. Οι ερευνητές κατέληξαν στην άποψη αυτή εφόσον κατά την εφαρμογή ενός δεκάλεπτου προγράμματος επαναλαμβανόμενων υπομέγιστων ισομετρικών συσπάσεων της κνήμης (50% MVC, 5 sec σύσπαση - 5 sec διάλειμμα) σε αθλητές αντοχής διαπίστωσαν σημαντική αύξηση της μέγιστης ροπής. Η αύξηση αυτή κορυφώθηκε στις πρώτες 8-10 συσπάσεις (56%) και διατηρήθηκε έως και το πέρας της άσκησης. Παράλληλα ο χρόνος ανάπτυξης της μέγιστης ροπής μειώθηκε ενώ ο λόγος της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας διά του M-wave αυξήθηκε ανεπαίσθητα και μόνο μετά το 7<sup>ο</sup> min της άσκησης δείχνοντας ότι για τη διατήρηση της προσπάθειας δεν υπήρξε επιστράτευση περισσότερων κινητικών μονάδων ή αύξηση της συχνότητας διέγερσής τους. Κατά συνέπεια η προκληθείσα ασκησιογενής υπερενεργοποίηση φάνηκε ότι ήταν αρκετή ώστε να εξουδετερώσει την επίδραση της κόπωσης καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης. Αντίθετα όταν το ίδιο πρόγραμμα εφαρμόστηκε σε αθλητές ισχύος διαπιστώθηκε αύξηση της μέγιστης ροπής (52%) μόνο κατά τις πρώτες 5-6 συσπάσεις. Στη συνέχεια υπήρξε σταδιακή μείωση της μέγιστης ροπής που με το πέρας της άσκησης έφτασε το 70% της αρχικής της τιμής. Ο χρόνος ανάπτυξης της μέγιστης ροπής παρουσίασε μείωση μόνο στο χρονικό διάστημα από το 1<sup>ο</sup> έως το 4<sup>ο</sup> min της άσκησης ενώ από το 2<sup>ο</sup> min της άσκησης ο λόγος της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας διά του M-wave του έξω πλατύ μηριαίου παρουσίασε αυξητική τάση ξεπερνώντας μετά από το 5<sup>ο</sup> min το 40% της αρχικής του τιμής. Αυτό σύμφωνα με τους ερευνητές έγινε εξ' αιτίας της ενεργοποίησης νέων ξεκούραστων κινητικών μονάδων ή/και της συχνότητας εκφόρτισης τους προκειμένου να επιτευχθεί η διατήρηση της προσπάθειας (Loscher, Cresswell, & Thorstensson, 1996). Ωστόσο, αυτό δεν ήταν αρκετό για το συμψηφισμό των συνεπειών της κόπωσης που όπως φάνηκε οφείλονταν σε περιφερειακούς παράγοντες όπως η μείωση του αριθμού των συνδεδεμένων εγκάρσιων γεφυρών ακτομυοσίνης ή/και της δύναμης που κάθε μια από αυτές παράγαγε. Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξαν από τη διατήρηση της τιμής του M-wave στο ίδιο επίπεδο καθ' όλη τη διάρκεια της προπόνησης αλλά και από τη σταδιακή επαναφορά του χρόνου ανάπτυξης της μέγιστης ροπής στα αρχικά του επίπεδα.



**Σχήμα 4.** Στρατηγική αξιοποίησης της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (AY) σε δραστηριότητες δύναμης/ισχύος. Προσαρμοσμένο από Sale (2002).



**Σχήμα 5.** Υποθετική επίδραση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (AY) στη σχέση φορτίου-ταχύτητας. Προσαρμοσμένο από Sale (2002).

*Δραστηριότητες δύναμης και ταχύτητας.* Η υψηλή απόδοση στις δραστηριότητες δύναμης και ταχύτητας προϋποθέτει τη στρατολόγηση όλων των σχετικών κινητικών μονάδων αλλά και την πυροδότησή τους με την υψηλότερη δυνατή συχνότητα. Σε αυτή την περίπτωση η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση αδυνατεί να πριμοδοτήσει ευθέως την απόδοση διότι δεν μπορεί να αυξήσει επιπλέον τη μέγιστη δύναμη που παράγεται από τις κινητικές μονάδες που ήδη πυροδοτούνται με υψηλό ρυθμό. Ωστόσο φαίνεται ότι η ασκησιογενής υπερενεργοποίηση είναι σε θέση να πριμοδοτήσει έμμεσα την απόδοση αυξάνοντας το ρυθμό ανάπτυξης της παραγόμενης δύναμης. Η επίδρασή της μπορεί να αποδοθεί γραφικά από τη μετατόπιση που ενδεχομένως υφίσταται η καμπύλη



που απεικονίζει τη σχέση φορτίου άσκησης και ταχύτητας κίνησης (Σχήμα 5). Σύμφωνα με το Sale (2002) φαίνεται ότι το μεσαίο τμήμα της εν λόγω καμπύλης μετατοπίζεται προς τα επάνω και δεξιά δίχως ωστόσο να αλλάζουν θέση τα δύο της άκρα. Σε κάθε περίπτωση συνύπαρξης των παραπάνω συνθηκών μπορεί η απόδοση να παρουσιάσει σημαντική αύξηση σε δραστηριότητες όπως είναι τα άλματα, οι ρίψεις και τα λακτίσματα. Ωστόσο, παρόλο που αυτό είναι θεωρητικά πιθανό έως σήμερα δεν υπάρχουν επαρκείς αποδείξεις που να στηρίζουν ευθέως το λειτουργικό όφελος της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης. Οι σχετικές μελέτες έχουν εξετάσει τη λειτουργικότητα του φαινομένου είτε μέσω της ευθείας αξιολόγησης της αθλητικής απόδοσης είτε μέσω της αξιολόγησης άλλων παράλληλων δεικτών της νευρομυϊκής απόδοσης όπως είναι η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών, το πλάτος του αντανακλαστικού του Hoffman ή/και οι ιδιότητες της μυϊκής σύσπασης.

*Μεταβολές της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας.* Η μελέτη των μεταβολών που παρουσιάζονται στο μυοηλεκτρικό σήμα κατά την ηλεκτρομυογραφία επιφανείας, μπορεί να παράσχει μόνο γενική πληροφόρηση για τη δραστηριότητα των εξεταζόμενων κινητικών μονάδων. Αυτό συμβαίνει διότι το ηλεκτρομυογράφημα επιφανείας αντανακλά συνολικά τις περιφερειακές και κεντρικές ιδιότητες του νευρομυϊκού συστήματος (Farina, Merletti, Enoka, 2004). Παρόλα αυτά τελευταία έχει χρησιμοποιηθεί προκειμένου να εξηγήσει εάν η όποια μεταβολή της απόδοσης, ως συνέπεια της παρέμβασης μιας αθλητικής δραστηριότητας, οφείλονταν στην αύξηση της διεγερσιμότητας των εμπλεκόμενων κινητικών μονάδων. Πράγματι, στη μελέτη τους οι Jones και Lees (2003) διερεύνησαν την επίδραση που είχε ένα σετ 5 ημικαθισμάτων στο Smith, με φορτίο 5-ME, στην απόδοση του αργού και του γρήγορου «κύκλου διάτασης-βράχυνσης» αλλά και στην διεγερσιμότητα του νευρομυϊκού συστήματος. Για το σκοπό αυτό πριν και 3, 7 και 10 min μετά από τα ημικαθίσματα αξιολόγησαν τη μέση ισχύ κατά την εκτέλεση 2 κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση και 2 αλμάτων πτώσης από ύψος 40 cm ενώ ταυτόχρονα κατέγραψαν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του ορθού, του έξω πλατύ και του δικέφαλου μηριαίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο η απόδοση όσο και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των καμπτήρων και εκτεινόντων την κνήμη διατηρήθηκαν αμετάβλητες, γεγονός που αποδόθηκε στη διαφορά που είχε το κινητικό πρότυπο της άσκησης στο Smith και των αλμάτων ή/και στο ανεπαρκές φορτίο. Παρόμοια ο Ebben και συν. (2000) βρήκαν ότι ένα σετ 3-5 πιέσεων πάγκου με φορτίο 90-95% της 1-ME δεν

μετέβαλλε την επίδοση σε δυναμικές ρίψεις με ιατρικές μπάλες και την ηλεκτρική δραστηριότητα του μείζονα θωρακικού και της μακράς κεφαλής του δικεφάλου βραχιονίου μυός. Αντίθετα οι Sotiropoulos, Smilios, Christou, Barzouka, Spaias, Douda και Tokmakidis (2010) διαπίστωσαν σημαντική αύξηση της απόδοσης μετά από την εκρηκτική εκτέλεση 2 σετ ημικαθισμάτων έως την ακροστασία με χαμηλά (25 και 35% της 1-ME αντίστοιχα) ή μέτρια φορτία (45 και 65% της 1-ME αντίστοιχα). Συγκεκριμένα 3 min μετά από την προαναφερόμενη άσκηση βρήκαν σημαντική αύξηση του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση και της μέσης μηχανικής ισχύος. Μάλιστα οι εν λόγω μεταβολές συνοδεύτηκαν από αύξηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακεφάλου μηριαίου που μετά από τα χαμηλά φορτία έφτασε το 4.2% ενώ μετά από τα μέτρια το 7,2%. Οι ερευνητές αφού απέδωσαν τη νευρομυϊκή ενεργοποίηση στην υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης θεώρησαν ότι μεταξύ άλλων συνέβαλλε και στην αύξηση της απόδοσης.

*Μεταβολές στο πλάτος του H-reflex.* Όπως έχει προαναφερθεί το αντανακλαστικό του Hoffman είναι ένα μέσο με τη βοήθεια του οποίου οι ερευνητές συχνά υπολογίζουν την ανταπόκριση του νευρομυϊκού συστήματος μετά από ένα βουλητικό ή ηλεκτρικό ερέθισμα. Το πλάτος του θεωρείται ότι είναι συνάρτηση του αριθμού και του μεγέθους των κινητικών μονάδων που επιστρατεύονται κατά τη σύσπαση (Hugon, 1973). Οι όποιες μεταβολές υφίσταται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορούν να εξηγηθούν από αλλαγές α) στη διεγερσιμότητα των κινητικών νευρών ή β) στην ποσότητα του νευροδιαβιβαστή που απελευθερώνεται από τις φυγόκεντρες νευρικές απολήξεις ή ακόμα και γ) στις εσωτερικές ιδιότητες των κινητικών νευρών (Misiasek, 2003). Στην περίπτωση που το ερέθισμα αποτελείται από μία ή περισσότερες βουλητικές συσπάσεις έχει διαπιστωθεί ότι το πλάτος του H-reflex αρχικά μειώνεται ενώ κατόπιν σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζει αύξηση. Η μείωση του H-reflex έχει μελετηθεί επαρκώς (Crone, & Nielson, 1989; Enoka et al., 1980; Guillich, & Schmidtbleicher, 1996; Trimble, & Harp, 1998) και αποδίδεται σε μηχανισμούς που δραστηριοποιούνται σε προσυναπτικό επίπεδο και πιθανότατα συνδέονται με την μείωση της διαθέσιμης ποσότητας νευροδιαβιβαστών εξ αιτίας της προγενέστερης ενεργοποίησης των ομώνυμων Ia κεντρομόλων νευρών ή ενδεχομένως με την αυτογενή ανασταλτική παρέμβαση του ΚΝΣ που στοχεύει τον έλεγχο της μυϊκής δραστηριότητας (Hultborn, Illert, Nielsen, Paul, Ballegaard, Wiese, 1996). Η μείωση του πλάτους του αντανακλαστικού λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της μυϊκής χαλάρωσης και διαρκεί

10-60 δευτερόλεπτα ή ακόμα και περισσότερα λεπτά ανάλογα με τη φύση της μυϊκής δραστηριότητας που προηγείται. Στον αντίποδα των προαναφερομένων φαίνεται ότι το φαινόμενο της αύξησης του H-reflex μετά από βουλητική σύσπαση δεν έχει μελετηθεί ευρέως. Σε μια πρόσφατη αντιπροσωπευτική μελέτη οι Trimble και Harp (1998) εφήρμοσαν άσκηση που περιελάμβανε μέγιστες ισοκινητικές συσπάσεις του τρικέφαλου κνημιαίου (8 σετ των 10 επαναλήψεων) με γωνιακή ταχύτητα 60°. Αμέσως μετά την άσκηση διαπιστώθηκε ότι το ομαλοποιημένο H-reflex του γαστροκνήμιου και του υποκνημίδιου παρουσίασε μείωση κατά 28% και 36% αντίστοιχα. Η αποκατάσταση του για το ήμισυ των ατόμων του δείγματος χρειάστηκε χρόνο 10-60 δευτερολέπτων ενώ για το υπόλοιπο δείγμα 1-3 λεπτών. Τρία λεπτά μετά το πέρας της άσκησης το ομαλοποιημένο H-reflex των εν λόγω μυών παρουσίασε αύξηση σε σχέση με τις τιμές ελέγχου (20% και 17% αντίστοιχα) η οποία διήρκεσε έως το 10<sup>ο</sup> λεπτό και ήταν σημαντική μόνο για τον γαστροκνήμιο. Διαπιστώθηκε όμως ότι η αύξηση αυτή ουσιαστικά δεν οφείλονταν στο σύνολο του δείγματος (10 άτομα) αλλά μόνο σε εκείνα εκ των ατόμων που χρειάστηκαν για την αποκατάσταση του ομαλοποιημένου H-reflex χρόνο μικρότερο από 1 λεπτό. Σύμφωνα με τους συγγραφείς η διαφορετική ανταπόκριση των ατόμων του δείγματος ενδέχεται να οφείλονταν στον τρόπο εκτέλεσης της άσκησης ή στην αδυναμία τους για επίτευξη ιδανικών χρόνων μετάβασης από τις έκκεντρες στις σύγκεντρες συσπάσεις. Ωστόσο παρόμοιες διατομικές διαφορές στο μέγεθος και στο χρονικό προφίλ των μεταβολών που υφίσταται το αντανακλαστικό του Hoffman, διαπιστώθηκαν και από άλλους ερευνητές ανεξάρτητα από το αν αυτές προκλήθηκαν από ηλεκτρικό ή βουλητικό ερέθισμα. Οι Guillich και Schmidbleicher (1996) σε μια παρόμοια μελέτη αξιολόγησαν το πλάτος του H-reflex στο γαστροκνήμιο και τον υποκνημίδιο πριν και μετά την εκτέλεση μιας σειράς 5 μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων. Το διάλειμμα μεταξύ των συσπάσεων ήταν 1 λεπτό ενώ η διάρκεια κάθε προσπάθειας ήταν 5 δευτερόλεπτα. Οι δοκιμαζόμενοι διακρίθηκαν ανάλογα με το προπονητικό τους επίπεδο σε υψηλού επιπέδου αθλητές ταχυδυναμικών αθλημάτων και απροπόνητους σπουδαστές Φυσικής Αγωγής. Όπως και στη μελέτη των Trimble και Harp (1998) τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά την άσκηση το πλάτος του H-reflex υπέστη σημαντική μείωση. Αυτή ήταν ανεξάρτητη του προπονητικού επιπέδου και για την αποκατάστασή της χρειάστηκε χρονικό διάστημα 2,5 έως 3 λεπτών. Στη συνέχεια το πλάτος του αντανακλαστικού παρουσίασε αύξηση η οποία μεταξύ των δύο μυών διέφερε σημαντικά και στο γαστροκνήμιο έφτασε το 32% ενώ στον υποκνημίδιο το 20%. Ωστόσο όταν τα αποτελέσματα εξετάστηκαν ως προς το

προπονητικό επίπεδο διαπιστώθηκε ότι μεταξύ των αθλητών και των απροπόνητων σπουδαστών υπήρξαν σημαντικές διαφορές. Όσον αφορά το γαστροκνήμιο οι μεν πρώτοι παρουσίασαν αύξηση κατά 42% ενώ οι δεύτεροι μόλις κατά 11%. Επιπλέον ο χρόνος κατά τη διάρκεια του οποίου οι αθλητές ευρίσκονταν σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης ήταν σημαντικά μεγαλύτερος από ότι ήταν στους σπουδαστές ( $8,1 \pm 3,6$  min έναντι  $5,9 \pm 3,8$  min). Μάλιστα στην περίπτωση των πρώτων η περίοδος ενεργοποίησης ξεκίνησε το 4<sup>ο</sup> λεπτό μετά την άσκηση και η συνολική της διάρκεια έφτασε τα 11 λεπτά. Όσον αφορά τον υποκνημίδιο παρότι υπήρξε παρόμοια εικόνα οι διαφορές που εντοπίστηκαν μεταξύ των επιπέδων δεν ήταν σημαντικές. Παρόλο που τα αποτελέσματα των παραπάνω μελετών φαίνεται να συμφωνούν ως προς τη αλληλουχία των συνεπειών ενός ερεθίσματος στο πλάτος του H-reflex υπάρχει και η αντίθετη άποψη. Σε μία πρωτογενή μελέτη ο Enoka και συν. (1980) αναφέρουν ότι μετά από μία μέγιστη ισομετρική σύσπαση των καμπτήρων του πέλματος που έχει διάρκεια 5 δευτερόλεπτα το πλάτος του αντανακλαστικού υφίσταται μόνο μείωση. Βέβαια οι ερευνητές κατέγραψαν τις μεταβολές του αντανακλαστικού μόνο για χρονικό διάστημα 1 λεπτού μετά από την άσκηση. Όμως σύμφωνα με τις προηγούμενες μελέτες ο χρόνος αυτός αρκεί μόνο για την καταγραφή της πρόσκαιρης μείωσης του H-reflex και όχι για την καταγραφή των άλλων μεταβολών οι οποίες φαίνεται ότι εμφανίζονται τουλάχιστον 3 λεπτά μετά από το πέρας της άσκησης (Trimble, & Harp, 1998). Ως εκ τούτου εάν η καταγραφή του ηλεκτρικού σήματος είχε παραταθεί πλέον του 1 λεπτού πιθανόν ο Enoka και συν. (1980) να είχαν διαπιστώσει ακόμα και αύξηση του πλάτους του H-reflex.

*Ασκησιογενής υπερενεργοποίηση του H-reflex και απόδοση.* Το πλάτος του H-reflex αντανακλά την ποσότητα δυναμικού ενέργειας που είναι συσσωρευμένο στις τελικές κινητικές πλάκες των κινητικών νεύρων. Ως εκ τούτου όταν μετά από ένα ερέθισμα η τιμή του πλάτους είναι αυξημένη συνεπάγεται ότι είναι ενεργοποιημένες περισσότερες κινητικές μονάδες από ότι προηγουμένως. Μάλιστα στην περίπτωση που το ερέθισμα περιλαμβάνει μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις οι κινητικές μονάδες που ενεργοποιούνται επιπρόσθετα είναι σύμφωνα με την αρχή του μεγέθους οι αμέσως μεγαλύτερες από αυτές που ήταν ήδη ενεργές (Henneman, Somjen, Carpenter, 1965). Αυτό σημαίνει ότι υπό συγκεκριμένες συνθήκες η άσκηση μπορεί να οδηγήσει σε προσωρινή πυροδότηση των εφεδρικών δυναμικού ιδιαίτερα των γρήγορων κινητικών μονάδων με συνέπεια την αύξηση της απόδοσης. Προκειμένου να διερευνηθούν την

υπόθεση αυτή οι Guillich και Schmidtbleicher (1996) αξιολόγησαν την ανάπτυξη της εκρηκτικής δύναμης 8 αθλητών υψηλού προπονητικού επιπέδου πριν και μετά από το παρεμβατικό πρόγραμμα που αναφέρεται παραπάνω. Η αξιολόγηση έγινε με τη βοήθεια μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων (πελματιαίων κάμψεων) οι οποίες εκτελούνταν εκρηκτικά κάθε 2 λεπτά έως και το 13<sup>ο</sup> λεπτό μετά την παρέμβαση. Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η χρονική αλληλουχία των μεταβολών της εκρηκτικής δύναμης ήταν παρεμφερής με αυτή που παρουσίασε το H-reflex. Πιο συγκεκριμένα ενώ αρχικά παρουσίασε σημαντική μείωση μετά από 2,5 έως 3 λεπτά επανήλθε στα επίπεδα ελέγχου. Από το 4<sup>ο</sup> και έως το 13<sup>ο</sup> λεπτό παρουσίασε σημαντική αύξηση η οποία έφτασε το 19%. Μάλιστα η αντιστοιχία μεταξύ του χρόνου εκδήλωσης του μέγιστου πλάτους του H-reflex στον γαστροκνήμιο και της εκρηκτικής δύναμης κατά την πελματιαία κάμψη ήταν εξαιρετικά υψηλή ( $r=0,89$ ). Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης και του χρόνου μεταβολής του πλάτους του H-reflex στον γαστροκνήμιο ήταν  $r=0,90$  ενώ στον υποκνημίδιο ήταν  $r = 0,75$ .

### *Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης*

Η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και της αθλητικής απόδοσης έχει οδηγήσει σε αντικρουόμενα συμπεράσματα. Παρότι θεωρητικά είναι δυνατόν η πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης να πριμοδοτήσει τόσο τις δραστηριότητες της μυϊκής ισχύος όσο και της μυϊκής αντοχής τα αποτελέσματα αρκετών ερευνών δεν συνηγορούν σε αυτό (Sale, 2002; Hamada et al., 2000). Βέβαια είναι αξιοσημείωτο ότι οι σχετικές μελέτες συχνά διαφέρουν στη μεθοδολογία και ειδικότερα στο σχεδιασμό, στα χαρακτηριστικά της άσκησης που προκαλεί την ασκησιογενή υπερενεργοποίηση και στον τρόπο αξιολόγησης της αθλητικής απόδοσης με συνέπεια η εξαγωγή γενικευμένων συμπερασμάτων να είναι επισφαλής. Ως εκ τούτου με σκοπό την ασφαλέστερη εκτίμηση της σχέσης μεταξύ υπερενεργοποίησης και αθλητικής απόδοσης επιχειρείται στη συνέχεια η ταξινόμηση και η παρουσίαση των σχετικών μελετών ως προς τις παραπάνω παραμέτρους.

### *Μορφές άσκησης για την παραγωγή ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης*

Η επίδραση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης στην αθλητική απόδοση και συγκεκριμένα στη μέγιστη βουλητική δύναμη, στο ρυθμό ανάπτυξης της αλλά και στη δρομική οικονομία έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης αρκετών ερευνών. Στις

περισσότερες από αυτές χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές μορφές άσκησης (ισομετρική, ισοκινητική, ισοτονική) και απλώς εξετάστηκε η άμεση επίδρασή τους στη δύναμη και στην ισχύ. Πρόσφατα όμως κάποιοι ερευνητές εκτιμώντας ότι η αντιθετική μέθοδος προπόνησης ενσωματώνει τις αρχές της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης ενώ ταυτόχρονα προσφέρει στην προπονητική οικονομία, προέβησαν στη χρήση της προκειμένου να διαπιστώσουν τις όποιες προσαρμογές υφίσταται το νευρομυϊκό σύστημα. Η εν λόγω μέθοδος περιλαμβάνει το συνδυασμό ασκήσεων που είναι βιομηχανικά παρόμοιες αλλά διαφέρουν στην ένταση. Κατά την εφαρμογή της τα σετ μιας άσκησης που εκτελείται με υψηλή ένταση εναλλάσσονται με τα σετ μιας άσκησης που εκτελείται με χαμηλότερη ένταση ή ενδεχομένως με το σωματικό βάρος (Hodgson et al., 2005; Newton, & Kraemer, 1994). Παρότι θεωρείται ότι η βραχυχρόνια ή μακροχρόνια χρήση της αντιθετικής μεθόδου μπορεί να επιφέρει θετικές προσαρμογές στο νευρομυϊκό σύστημα έως σήμερα δεν υπάρχει ικανός αριθμός μελετών που να επιβεβαιώνει ή να αναιρεί την άποψη αυτή. Αντίθετα οι μελέτες οι οποίες ουσιαστικά εξέτασαν την αξία της μεθόδου μέσα από τις άμεσες επιδράσεις που έχει στο νευρομυϊκό σύστημα είναι αρκετές.

*Άσκηση με ηλεκτροδιέγερση.* Η πρόκληση μέγιστης ή υπομέγιστης τετανικής τάσης σε έναν ή περισσότερους μύες με τη βοήθεια ηλεκτροδιέγερσης υψηλής συχνότητας, φαίνεται ότι αυξάνει σημαντικά τη μηχανική τους ανταπόκριση. Η άμεση επίδραση της άσκησης με ηλεκτροδιέγερση στην αθλητική απόδοση φαίνεται ότι εξαρτάται από την ιδιαιτερότητα που παρουσιάζει το πρότυπο ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων των ασκουμένων μυών. Σύμφωνα με αυτή κατά την εφαρμογή ηλεκτρικού ερεθίσματος σε ένα ή περισσότερους μύες, το ρεύμα διοχετεύεται με ιδιαίτερη ευκολία στις νευρικές απολήξεις που συνδέονται με τις μυϊκές ίνες τύπου II, ακόμα και αν η ένταση του ερεθίσματος είναι υπομέγιστη. Αυτό συνεπάγεται την επιλεκτική ενεργοποίηση των γρήγορων μυϊκών ινών υψηλής απόδοσης και συμβαίνει εξαιτίας της χαμηλής αντίστασης που εμφανίζουν οι άξονες τους στο ηλεκτρικό ρεύμα, όταν προέρχεται από εξωτερική πηγή (Feiereisen, Duchateau, & Hainaut, 1997).

Οι O'Leary, Hope και Sale (1998) διερεύνησαν την αποδοτικότητα της άσκησης με ηλεκτροδιέγερση στη μέγιστη δύναμη των ραχιαίων καμπτήρων του δεξιού πέλματος και στο ρυθμό ανάπτυξής της. Για τον σκοπό αυτό, αφού προκάλεσαν μια μέγιστη τετανική σύσπαση διάρκειας 7 sec, χρησιμοποίησαν σειρά ηλεκτρικών ερεθισμάτων παρόμοιας έντασης, εκ των οποίων το πρώτο εφαρμόστηκε 5 sec μετά την παρέμβαση

και τα υπόλοιπα ανά 30 sec έως και το 8<sup>ο</sup> min. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά από τη μέγιστη τετανική σύσπαση η μέγιστη δύναμη και ο ρυθμός ανάπτυξής της παρουσίασαν σημαντική αύξηση, η οποία έφτασε το 45,1% και το 75% αντίστοιχα και διατηρήθηκε έως και το 5<sup>ο</sup> min μετά την παρέμβαση. Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη οι Requena, Carpeyena, Garcia, Erelina και Paasuke (2008) επιχείρησαν να ενεργοποιήσουν τους εκτεινόντες την κνήμη με παρέμβαση ηλεκτροδιέγερσης ίσης διάρκειας αλλά υπομέγιστης έντασης. Οι μετρήσεις που διεξήγαγαν πριν και μετά την παρέμβαση (2<sup>ο</sup> sec, 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup> min) έδειξαν αύξηση τόσο της μέγιστης δύναμης όσο και του ρυθμού ανάπτυξής της. Η αύξηση της μέγιστης δύναμης ήταν σημαντική μετά το 1<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης και διατηρήθηκε έως και το 10<sup>ο</sup> min. Η υψηλότερη τιμή της κατεγράφη στο 3<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης και ήταν κατά 17% αυξημένη σε σχέση με την τιμή που είχε πριν από την άσκηση. Αξιοσημείωτο είναι ότι ακόμα και κατά το 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η τιμή της μέγιστης δύναμης ήταν κατά 12% υψηλότερη από την αρχική μέτρηση. Όσον αφορά το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης η αύξηση που παρουσίασε ήταν σημαντική αμέσως μετά το πέρας της άσκησης (2<sup>ο</sup> sec) και διατηρήθηκε στο ίδιο περίπου επίπεδο έως και το 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Η υψηλότερη τιμή κατεγράφη στο 3<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης και ήταν κατά 38% αυξημένη σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή που κατεγράφη πριν από την παρέμβαση. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το δυναμικό που αναπτύσσεται εξ αιτίας της άσκησης προμοδοτεί το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης περισσότερο από την μέγιστη δύναμη με συνέπεια αυτός να θεωρείται πιο ευαίσθητος δείκτης της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (Requena et al., 2008). Η εν λόγω ευαισθησία εξηγείται από το γεγονός ότι ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης εξαρτάται άμεσα από το ρυθμό ζεύξης των εγκαρσίων γεφυρών ακτίνης και μυοσίνης σε βαθμό που κάθε αύξηση του ενός να αντανακλάται άμεσα και στον άλλο (Kugelberg, & Thornell; 1983; Sweeney et al. 1990; Sweeney et al. 1993).

Εκτός της άμεσης επίδρασης που έχει η άσκηση με ηλεκτροδιέγερση στην ΑΥ και στην αθλητική απόδοση φαίνεται ότι επιδρά θετικά ακόμα και όταν εφαρμόζεται συστηματικά και μακροχρόνια. Οι Maffiuletti, Pensini, και Martin (2002) εφάρμοσαν ένα πρόγραμμα άσκησης των καμπτήρων του πέλματος που είχε διάρκεια 4 εβδομάδες και περιελάμβανε 16 προπονητικές μονάδες. Σε κάθε μια από αυτές εκτελούνταν 45 ισομετρικές συσπάσεις με ηλεκτροδιέγερση (75 Hz, 400 μs) διάρκειας 4 sec. Μεταξύ των συσπάσεων μεσολαβούσε διάλειμμα 20 sec ενώ η ένταση του ερεθίσματος ήταν η μέγιστη ανεκτή κατά άτομο και κυμάνθηκε από 30-90 mA. Μετά την ολοκλήρωση του

προγράμματος διαπιστώθηκε ότι η μέγιστη ισομετρική δύναμη των ασκουμένων μυών αυξήθηκε σημαντικά στη γωνία άσκησης. Επίσης βρέθηκε ότι σε ισοκινητικές συνθήκες αυξήθηκε σημαντικά η μέγιστη έκκεντρη ροπή και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των καμπτήρων του πέλματος (γωνιακές ταχύτητες  $-120^{\circ}$  και  $-60^{\circ}$ ) ενώ δεν υπήρξε μεταβολή της μέγιστης σύγκεντρης ροπής των ίδιων μυών. Παράλληλα μετά από υπολογισμό της νευρομυϊκής ενεργοποίησης [%νευρομυϊκής ενεργοποίησης =  $(1 - \text{πλάτος τετανικής σύσπασης} \times \text{πλάτος ασκησιογενούς υπερενεργοποιημένης τετανικής σύσπασης}^{-1})$ ] και στη συνέχεια της προκληθείσης ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης [ασκησιογενής υπερενεργοποίηση = νευρομυϊκή ενεργοποίηση πειραματικής ομάδας - νευρομυϊκή ενεργοποίηση ομάδας ελέγχου] διαπιστώθηκε ότι οι παραπάνω μεταβολές συνοδεύτηκαν από σημαντική αύξηση που έφτασε το 11,9%. Τα αποτελέσματα αυτά μπορεί να θεωρηθούν αναμενόμενα εφόσον όπως προαναφέρθηκε κατά την άσκηση με ηλεκτροδιέγερση καταστρατηγείται η αρχή του μεγέθους, με συνέπεια οι κινητικές μονάδες που επιστρατεύονται αρχικά να είναι οι γρήγορες και όχι οι αργές. Ως εκ τούτου οι όποιες προσαρμογές παρουσιάζονται εξ αιτίας της άσκησης αφορούν κυρίως τις γρήγορες. Σύμφωνα με τους Nardone, Romano και Schieppati, (1989) οι τελευταίες δραστηριοποιούνται επιλεκτικά κατά την εκτέλεση των έκκεντρων συσπάσεων και ιδιαίτερα όταν αυτές εκτελούνται με υψηλή ταχύτητα.

*Άσκηση με ισομετρικές συσπάσεις.* Στα πλαίσια της προετοιμασίας για την εκτέλεση ταχυδυναμικών δραστηριοτήτων, από παλαιότερα, αρκετοί προπονητές χρησιμοποιούσαν μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις [100% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (ΜΙΔ)] επειδή θεωρούσαν ότι επιδρούν θετικά στην απόδοσή των αθλητών τους (Hodgson et al., 2005). Σχετικά πρόσφατα οι Guillich και Schmidtbleicher (1996) διερεύνησαν την επίδραση της άσκησης με υπομέγιστες έως μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις διάρκειας 5 sec (90-100% της ΜΙΔ, 1-5 επαναλήψεις με 5 min διάλειμμα) σε μια σειρά από τεστ για το άνω και κάτω μέρος του σώματος 34 αθλητών ταχυδυναμικών αθλημάτων. Διαπίστωσαν ότι οι μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις αύξησαν σημαντικά τόσο το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης κατά τις πιέσεις οριζοντίου πάγκου όσο και τα κατακόρυφα άλματα με ταλάντευση (3,3%) και από πτώση από ύψος 32 cm. Αντίθετα οι υπομέγιστες ισομετρικές συσπάσεις (3 επαναλήψεις με 90% της ΜΙΔ) δεν είχαν σημαντική επίδραση σε κάποιο από τα προαναφερόμενα τεστ. Αυτό βέβαια μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενο διότι σύμφωνα με την επικρατούσα άποψη το μέγεθος της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης εξαρτάται από την ένταση της άσκησης



σε βαθμό ώστε όταν αυτή είναι χαμηλότερη από 75% της ΜΙΑ να παράγεται λίγο ή καθόλου ΑΥ πριμοδοτώντας ανάλογα τη μέγιστη δύναμη και το ρυθμό ανάπτυξής της (Requena et al., 2008; Vandervoort, Quinlan, & McComas, 1983). Ωστόσο φαίνεται ότι τίποτα δεν είναι απόλυτο μια και πρόσφατα διαπιστώθηκε ότι ακόμα και οι συσπάσεις με ένταση που αντιστοιχεί στο 30% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης είναι δυνατό να πριμοδοτήσουν την απόδοση αρκεί να εφαρμόζονται μετά από δυναμική διάταση των εμπλεκόμενων μυών (Oskouei, & Herzog, 2005). Οι ερευνητές εξ αιτίας του ότι η συντριπτική πλειοψηφία των καθημερινών κινήσεων εκτελούνται με τη βοήθεια μυϊκών συσπάσεων υπομέγιστης έντασης θέλησαν να διερευνήσουν εάν η ακολουθία «ισομετρικής σύσπασης-δυναμικής διάτασης- ισομετρικής σύσπασης» είναι σε θέση να προκαλέσει νευρομυϊκή ενεργοποίηση και να αυξήσει την απόδοση σε σύγκριση με μια «τυπική» ισομετρική σύσπαση αντίστοιχης έντασης και διάρκειας. Από τα αποτελέσματα προέκυψε αύξηση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (αξιολογήθηκε ως η διαφορά στη μέγιστη παραγόμενη δύναμη κατά την διάρκεια τετανικών συσπάσεων πριν και μετά την παρεμβολή της άσκησης) η οποία ήταν ανεξάρτητη από την άσκηση που προηγήθηκε. Ωστόσο αυτή ήταν σημαντική μόνο για το ήμισυ των δοκιμαζομένων και έφτασε το 41% όταν η άσκηση περιελάμβανε σύσπαση-διάταση-σύσπαση και το 36% όταν ήταν «τυπική» ισομετρική άσκηση. Η εν λόγω αύξηση όμως φαίνεται ότι αξιοποιήθηκε στην πράξη μόνο όταν προέρχονταν από την άσκηση που περιελάμβανε «σύσπαση - διάταση - σύσπαση» είτε πριμοδοτώντας άμεσα την δύναμη κατά 6,5%. Επίσης όταν οι συνθήκες επέβαλαν την εφαρμογή σταθερής δύναμης (ίσης με το 30% της μέγιστης ισομετρικής) διαπιστώθηκε μείωση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (22%) γεγονός που αποδόθηκε στην κινητοποίηση λιγότερων κινητικών μονάδων ή/και στη μείωση του ρυθμού πυροδότησής τους (Farina, Arendt-Nielsen, & Graven-Nielsen, 2005). Όπως προαναφέρθηκε από το σύνολο των δοκιμαζομένων μόνο οι μισοί ανταποκρίθηκαν θετικά στην άσκηση. Οι υπόλοιποι δεν παρουσίασαν μεταβολές γεγονός που αποδόθηκε από τους ερευνητές στο χαμηλότερο ποσοστό μυϊκών ιών ταχείας συστολής που ενδεχομένως να είχαν σε σχέση με τους προηγούμενους (Hamada et al., 2000).

Οι French, Kraemer και Cooke (2003) εκτιμώντας ιδιαίτερα το γεγονός ότι η ισομετρική άσκηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα τόσο πριν από την προπόνηση όσο και πριν τον αγώνα θέλησαν να διαπιστώσουν εάν πράγματι μπορούσε να διεγείρει το νευρομυϊκό σύστημα πριμοδοτώντας την απόδοση σε μια σειρά πολυαρθρικών ασκήσεων με εκρηκτική εκτέλεση. Για το σκοπό αυτό εφήρμοσαν σε 14 αθλητές

στίβου δύο πρωτόκολλα άσκησης που περιελάμβαναν 3 μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις των εκτεινόντων την κνήμη και διαφοροποιούνταν μεταξύ τους στη διάρκεια της σύσπασης (3 ή 5 sec). Το διάλειμμα μεταξύ των συσπάσεων ήταν ανεξάρτητο της διάρκειας της και έφτανε τα 3 min. Αμέσως μετά το 1<sup>ο</sup> πρωτόκολλο (3 x 3 sec) διαπίστωσαν ότι το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση δεν μεταβλήθηκε ενώ το άλμα μετά από πτώση από ύψος 30 cm, η μέγιστη παραγόμενη δύναμη και ο ρυθμός ανάπτυξης της κατά τη φάση της ώθησης σημείωσαν σημαντική αύξηση (5,03%, 4,94% και 9,49% αντίστοιχα). Επίσης διαπίστωσαν ότι η μέγιστη ροπή κατά την έκταση της κνήμης στο ισοκινητικό δυναμόμετρο παρουσίασε αύξηση κατά 6,12% η οποία όμως δεν συνοδεύτηκε από μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του έξω πλατύ. Όταν οι παραπάνω μετρήσεις διεξήχθησαν μετά από το 2<sup>ο</sup> πρωτόκολλο που είχε συνολική διάρκεια 15 sec (3x5 sec) δεν διαπιστώθηκαν μεταβολές εκτός της μείωσης που παρατηρήθηκε στη μέγιστη ροπή κατά την έκταση της κνήμης στο ισοκινητικό δυναμόμετρο (3,05%). Οι διαφορετικές φυσιολογικές ανταποκρίσεις των 2 πρωτοκόλλων αποδόθηκαν από τους ερευνητές στη μεγάλη διαφορά που υπήρξε στον όγκο της προπόνησης (67%) και κατά συνέπεια στο ισοζύγιο μεταξύ ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης. Εξ' άλλου παλαιότερες μελέτες έδειξαν ότι όταν η μέγιστη ισομετρική σύσπαση υπερβαίνει σε διάρκεια τα 10 sec το μέγεθος της υπερενεργοποίησης και τα όσα αυτό συνεπάγεται συμπίεζονται σταδιακά εξ αιτίας της κόπωσης. Αντίθετα όταν η διάρκεια της σύσπασης κυμαίνεται από 5 έως 10 sec η ισομετρική άσκηση αποτελεί εξαιρετικό ερέθισμα για την ανάπτυξη της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (Trimble, & Harp, 1998; Vandervoort et al., 1983). Ωστόσο σύμφωνα με τους Tillin και Bishop (2009) οι συνέπειες της άσκησης για την πρόκληση υπερενεργοποίησης φαίνεται να εξαρτώνται όχι μόνο από τα χαρακτηριστικά της αλλά και από αυτά των ασκουμένων. Μεταξύ αυτών το φύλο και το προπονητικό επίπεδο των ασκουμένων έχουν ήδη προκαλέσει το ενδιαφέρον αρκετών ερευνητών.

*α) Άσκηση με ισομετρικές συσπάσεις και φύλο.* Πρόσφατα, ο Rixon και συν. (2007) θέλησαν να δουν την επίδραση της ισομετρικής άσκησης στο κατακόρυφο άλμα και στην παραγόμενη ισχύ ατόμων των δύο φύλων. Για το σκοπό αυτό εφήρμοσαν το αποδοτικότερο από τα πρωτόκολλα της προηγούμενης μελέτης (3 μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις διάρκειας 3 sec) σε 30 άνδρες και γυναίκες αφού προηγουμένως είχαν επέμβει σε 3 σημεία του. Το πρώτο από αυτά αφορούσε την άσκηση κατά την οποία εκτελέστηκαν οι μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις (ημικάθισμα αντί έκτασης της κνήμης) ενώ τα άλλα αφορούσαν το διάλειμμα μεταξύ των συσπάσεων (2 αντί 3 min)

και το χρόνο έναρξης των μετρήσεων μετά από αυτές (3 min αντί άμεσα). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση και η ισχύς που παρήχθη κατά την εκτέλεσή του αυξήθηκαν σημαντικά. Ωστόσο η ανταπόκριση που παρουσίασε η ισχύς διέφερε μεταξύ των φύλων με τους άνδρες να υπερέχουν των γυναικών πιθανόν λόγω της υπεροχής τους (κατά 70%) στη μέγιστη δύναμη (Chiu et al., 2003). Αυτή η εξήγηση ενισχύεται και από τα αποτελέσματα της O'Leary και συν. (1998) που αν και αρχικά δεν βρήκαν διαφορές μεταξύ των φύλων στην ενεργοποίηση και την απόδοση όταν ομαλοποίησαν τις τιμές ως προς τη μέγιστη δύναμη διαπίστωσαν ότι οι γυναίκες υπερεπερέχονταν στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης έναντι των ανδρών. Αν και οι απόψεις σχετικά με την ανταπόκριση των φύλων στην πρόκληση της ΑΥ και στην πριμοδότηση της δραστηριότητας που ακολουθεί δεν είναι ακόμα ξεκάθαρες φαίνεται ότι δεν συμβαίνει το ίδιο και για τις απόψεις σχετικά με την επίδραση του προπονητικού επιπέδου.

*β) Άσκηση με ισομετρικές συσπάσεις και προπονητικό επίπεδο.* Πρόσφατα οι Paasuke, Saapar, Erelaine, Careyeva, Requena και Oorik, (2007) θέλησαν να συγκρίνουν το μέγεθος και τα χρονικά χαρακτηριστικά της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης σε αθλήτριες ισχύος, αντοχής ή αγύμναστες γυναίκες μετά την εκτέλεση μιας μέγιστης ισομετρικής σύσπασης διάρκειας 10 sec. Διαπίστωσαν ότι αμέσως μετά την σύσπαση (2 sec) το δυναμικό ενεργοποίησης πριμοδότησε σημαντικά τη μέγιστη ροπή που παρήχθη κατά τη μέγιστη ισομετρική σύσπαση με χρήση ηλεκτροδιέγερσης και για τις τρεις ομάδες (51, 30 και 44% αντίστοιχα) με την ομάδα των αθλητριών ισχύος να υπερέχει της ομάδας των αθλητριών αντοχής. Στη συνέχεια και έως το 1<sup>ο</sup> min η μέγιστη ροπή παρουσίασε απότομη πτώση αλλά παρέμεινε υψηλότερη από ότι ήταν πριν την άσκηση για όλες τις ομάδες. Ακόμα και κατά το 3<sup>ο</sup> και το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τις τιμές που είχε πριν από την άσκηση αλλά μόνο για τις ομάδες των αθλητριών ισχύος και των απροπόνητων γυναικών (κατά 14 και 13% αντίστοιχα). Αξιοσημείωτο πάντως ήταν ότι οι αθλήτριες ισχύος παρουσίασαν υψηλότερη μέγιστη ροπή από τις αθλήτριες αντοχής όχι μόνον αμέσως μετά την άσκηση αλλά και κατά το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Ανάλογη όμως ήταν και η εικόνα που παρουσίασε μετά την παρέμβαση ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης επιβεβαιώνοντας την άποψη ότι αποτελεί πιο ευαίσθητο δείκτη της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης από ότι η μέγιστη δύναμη (Requena et al., 2008). Πράγματι από την αξιολόγηση των μεταβολών που υπέστη ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης διαπιστώθηκε ότι αμέσως μετά την σύσπαση (2 sec)

αυξήθηκε σημαντικά και για τις 3 ομάδες (κατά 125, 51 και 79% αντίστοιχα) ενώ παρότι κατά το 1<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης σημείωσε πτώση, παρέμεινε υψηλότερος από ότι ήταν πριν από την παρέμβαση. Όμως μετά από το 3<sup>ο</sup> έως και το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης παρέμεινε υψηλός μόνο για τις ομάδες των αθλητριών ισχύος και των απροπόνητων γυναικών με τις πρώτες να παρουσιάζουν θετικότερη ανταπόκριση σε όλες τις μετρήσεις που διεξήχθησαν από το 2<sup>ο</sup> sec έως και το 10<sup>ο</sup> min από ότι παρουσίασαν οι αθλήτριες αντοχής. Οι διαφορές μεταξύ των ομάδων αποδόθηκαν από τους ερευνητές στις μορφολογικές και λειτουργικές αλλαγές εξ αιτίας του τύπου προπόνησης. Είναι γεγονός ότι εν αντιθέσει με την προπόνηση αντοχής, η συστηματική προπόνηση ισχύος προκαλεί υπερτροφία των μυϊκών ινών τύπου II και παράλληλα αυξάνει την ικανότητα τους να ενεργοποιούνται κατά την εφαρμογή μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων δημιουργώντας ευνοϊκές συνθήκες για την παραγωγή υψηλότερης ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (Hamada et al., 2000; MacDougall, 2003; Moore, & Stull, 1984; Sale, 1988).

Από τα προαναφερθέντα φαίνεται ότι η ισομετρική άσκηση αποτελεί ένα εύχρηστο και αποτελεσματικό μέσο για την πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης και την αύξηση της απόδοσης. Ωστόσο υπήρξαν και ορισμένες μελέτες οι οποίες διαπίστωσαν αναντιστοιχία μεταξύ της ενεργοποίησης που η εν λόγω άσκηση ήταν σε θέση να προκαλέσει και της απόδοσης στις δραστηριότητες που ακολουθούσαν. Οι Gossen και Sale (2000) λόγω χάριν παρότι διαπίστωσαν σημαντική νευρομυϊκή ενεργοποίηση στο 20<sup>ο</sup> και 40<sup>ο</sup> sec μετά την εφαρμογή μιας μέγιστης ισομετρικής σύσπασης διάρκειας 10 sec δεν βρήκαν μεταβολή της απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις τους έδειξαν ότι η μέγιστη ταχύτητα κατά την έκταση της κνήμης με τέσσερα διαφορετικά φορτία (15-60% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης) όχι μόνο δεν αυξήθηκε αλλά παρουσίασε πτωτική τάση μετατοπίζοντας την καμπύλη που παρουσιάζει τη σχέση φορτίου-ταχύτητας προς τα κάτω και αριστερά αντί όπως θα ήταν αναμενόμενο προς την αντίθετη κατεύθυνση (Sale, 2002). Οι ερευνητές θεώρησαν ότι αυτό ενδεχομένως να οφείλονταν σε ανεπάρκεια του χρόνου αποκατάστασης ενώ παράλληλα υπέδειξαν ως επαρκέστερο χρόνο τα 4 min. Οι Folland, Tomoyoshi και Fimland (2008) προσπαθώντας να αποφύγουν το ενδεχόμενο της ανεπαρκούς αποκατάστασης μέτρησαν την απόδοση σε εκείνο το χρονικό σημείο, μετά το πέρας της άσκησης, κατά το οποίο το δυναμικό ενεργοποίησης ήταν το βέλτιστο δυνατό. Για τον ακριβή υπολογισμό του χρόνου αποκατάστασης έλαβαν υπόψη τους ότι το χρονοδιάγραμμα εμφάνισης του δυναμικού ενεργοποίησης εξαρτάτο σε μεγάλο βαθμό από το μηχανισμό παραγωγής

του. Αυτό κρίθηκε αναγκαίο εφόσον ήταν ήδη γνωστό ότι ο μυογενής μηχανισμός παραγωγής της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης (φωσφορυλίωση των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης) ανταποκρίνεται άμεσα μετά την άσκηση ενώ ο νευρογενής (αύξηση συναπτικής ικανότητας των Ια κεντρομόλων νευρικών απολήξεων και των μετασυναπτικών μεμβρανών των α-κινητικών νευρώνων) ανταποκρίνεται με σχετική καθυστέρηση (Hodgson et al., 2005; Trimble, & Harp, 1998). Αφού λοιπόν οι ερευνητές εφήρμοσαν μια μέγιστη ισομετρική σύσπαση διάρκειας 10 sec διαπίστωσαν ότι η μυογενούς προέλευσης υπερενεργοποίηση παρουσίασε την υψηλότερη τιμή του 10 sec μετά την άσκηση και διατηρήθηκε έως και 18 min μετά από αυτή ενώ το νευρογενούς προέλευσης παρουσίασε την υψηλότερη τιμή του κατά το 5<sup>ο</sup> min και διατηρήθηκε έως και 11 min μετά την άσκηση. Από τα παραπάνω αποτελέσματα υπολογίστηκε ότι ο βέλτιστος χρόνος αποκατάστασης ήταν τα 5 min. Ωστόσο από τις μετρήσεις που διεξήχθησαν στο 5<sup>ο</sup> λεπτό διαπιστώθηκε ότι η μέγιστη ισοκινητική ροπή κατά την έκταση της κνήμης (γωνιακή ταχύτητα 240<sup>ο</sup>/sec) και ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης κατά την εκτέλεση μέγιστης ισομετρικής σύσπασης δεν παρουσίασαν μεταβολές. Οι ερευνητές απέδωσαν το αμετάβλητο της απόδοσης στο χρόνο αποκατάστασης ο οποίος εάν ήταν μικρότερης διάρκειας (<2 min) θα μπορούσε να αξιοποιηθεί περισσότερο η μυογενούς προέλευσης ασκησιογενής υπερενεργοποίηση. Από τα προαναφερόμενα φαίνεται ότι όταν η άσκηση που χρησιμοποιείται για την πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης είναι ισομετρική η έντασή της πρέπει να είναι μέγιστη ενώ η διάρκειά της δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10 sec. Αυτό που ωστόσο παραμένει αδιευκρίνιστο και χρήζει περαιτέρω μελέτης είναι το διάλειμμα μεταξύ του αρχικού ερεθίσματος και της δραστηριότητας που ακολουθεί.

*Άσκηση με ισοκινητικές συσπάσεις.* Η άσκηση στο ισοκινητικό δυναμόμετρο δεν έχει έως σήμερα χρησιμοποιηθεί ευρέως για την πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης πιθανόν λόγω των δυσκολιών που υπάρχουν για την εξασφάλιση του απαραίτητου εξοπλισμού. Ωστόσο πρόσφατα οι Batista, Ugrinowitsch, Roschel, Lotufo, Ricard και Tricoli (2007) θέλοντας να διαπιστώσουν την δυνατότητα της διαλειμματικής άσκησης να προκαλέσει ασκησιογενή υπερενεργοποίηση χρησιμοποίησαν μια σειρά 10 μέγιστων ισοκινητικών συσπάσεων των εκτεινόντων την κνήμη κάθε μια από τις οποίες εκτελείτο ανά 30 sec. Η γωνιακή ταχύτητα κατά την εκτέλεση της άσκησης ήταν προκαθορισμένη στις 60<sup>ο</sup> / sec. Για την αξιολόγηση της προκληθείσης υπερενεργοποίησης εκτελέστηκαν 3 συνεχόμενες ισοκινητικές συσπάσεις των ίδιων μυών στο 4<sup>ο</sup>, 6<sup>ο</sup>, 8<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup> και στο 12<sup>ο</sup>

min μετά από την παρέμβαση με σκοπό να διαπιστωθεί η διάρκεια του φαινομένου. Από τα αποτελέσματα της μελέτης προέκυψε σημαντική αύξηση της μέγιστης ροπής σε σχέση με την τιμή που είχε καταγραφεί πριν τη διαλειμματική άσκηση σε όλες τις μετρήσεις που διεξήχθησαν έως και το 12<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι και κατά τη διάρκεια της διαλειμματικής άσκησης η μέγιστη ροπή που παρήγαγε κάθε μία από τις 10 ισοκινητικές συσπάσεις πριμοδοτούνταν από κάθε προηγούμενη αυξάνοντας την τιμή της κατά 1,3 N·m ( $\pm 0,79$ ). Αξιοσημείωτο επίσης είναι ότι στα αρχικά στάδια της αποκατάστασης δεν παρουσιάστηκε μείωση της μέγιστης ροπής όπως έχει καταγραφεί αλλού (French et al., 2003; Jensen, & Ebben, 2003). Σύμφωνα με τους συγγραφείς το γεγονός αυτό δεν φαίνεται να οφείλεται στην ισοκίνηση αυτή καθ' εαυτή αλλά στο διαλειμματικό χαρακτήρα της άσκησης (μέγιστη σύσπαση διάρκειας ~1,5 sec, με ανάπαυση ~28,5 sec) ο οποίος αφενός μεν δημιούργησε ευνοϊκό περιβάλλον για την παραγωγή ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και αφετέρου δεν επέτρεψε την υπονόμευσή της από την κόπωση.

*Άσκηση με ελεύθερα φορτία.* Η άσκηση με ελεύθερα φορτία αποτελεί ένα δημοφιλές μέσο για την πρόκληση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και χρησιμοποιείται είτε στα πλαίσια της προθέρμανσης είτε στα πλαίσια της προπόνησης για τη βελτίωση της ισχύος. Μια ολοένα και συχνότερα χρησιμοποιούμενη στρατηγική άσκησης, κυρίως με ελεύθερα φορτία, η οποία βασίζεται στις αρχές που διέπουν την πρόκληση και αξιοποίηση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης είναι η αντιθετική προπόνηση. Αυτή περιλαμβάνει την εκτέλεση 1 σετ άσκησης με υψηλή ένταση πριν από την εκτέλεση μιας ή περισσότερων εκρηκτικών κινήσεων με χαμηλότερο φορτίο και παρόμοια βιομηχανικά χαρακτηριστικά. Ο συνδυασμός αυτός αναφέρεται ως «ενότητα» και συχνά η αντιθετική προπόνηση περιλαμβάνει περισσότερες από μία (Hodgson et al., 2005). Σύμφωνα με το Chu (1996) κάθε «βαρύ» σετ μιας ενότητας πριμοδοτεί την απόδοση στο «ελαφρύτερο» που ακολουθεί επιδρώντας θετικά στην ποιότητα της συνολικής προπόνησης. Παρά την αυξανόμενη δημοτικότητα της αντιθετικής προπόνησης οι μελέτες που αφορούν την άμεση επίδραση της σε ταχυδυναμικές δραστηριότητες συχνά αναφέρουν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Επιπλέον η στάθμιση των αποτελεσμάτων τους παρουσιάζει δυσκολίες κυρίως εξ αιτίας των διαφορών που υπάρχουν στη μεθοδολογία και στο σχεδιασμό τους (μέθοδος άσκησης, ένταση παρέμβασης και δραστηριότητας και διάλειμμα μεταξύ τους). Ωστόσο δεδομένης της πεποίθησης ότι η απόδοση των εκρηκτικών κινήσεων αυξάνεται κυρίως

εάν έχει προηγηθεί άσκηση με υψηλά φορτία θα παρατεθούν οι έως σήμερα γνωστές σχετικές μελέτες με κριτήριο την ένταση της άσκησης και το διάλειμμα που χρησιμοποίησαν (Baker, 2003; Chiu et al., 2003; French et al., 2003; Gourgoulis, Aggeloussis, Kasimatis, Mayromatis, & Garas, 2003; Young, et al., 1998).

α) *Άσκηση με υψηλά φορτία.* Σύμφωνα με το Verhoshansky (1986) η άσκηση με βάρη με υψηλές εντάσεις ( $\geq 80\%$  της 1-ME) διεγείρει το ΚΝΣ δημιουργώντας ευνοϊκό περιβάλλον για την εκτέλεση εκρηκτικών ενεργειών με χαμηλότερες εντάσεις. Επίσης η χρήση δυναμικής άσκησης με ελεύθερα φορτία στα πλαίσια της προθέρμανσης φαίνεται ότι επιδρά θετικά στη βελτίωση της παραγόμενης ισχύος κατά τις δραστηριότητες που ακολουθούν ή στη χειρότερη περίπτωση δεν έχει αρνητική επίδραση (Chiu et al., 2003; Ebben et al., 2000; Gourgoulis et al., 2003; Hrysomallis, & Kidgell, 2001; Jones, & Lees, 2003; Radcliffe, & Radcliffe, 1996; Rixon et al., 2007; Villarreal et al., 2007). Αυτό αποδίδεται κυρίως στις νευρομυϊκές προσαρμογές που συνεπάγεται η εν λόγω άσκηση.

1) *Η άμεση επίδραση ενός σετ άσκησης με υψηλό φορτίο.* Πρόσφατα ο Weber και συν. (2008) θέλοντας να διαπιστώσουν την άμεση επίδραση της άσκησης με υψηλό φορτίο στην απόδοση 1 σετ συνεχόμενων αλμάτων υπέβαλαν 12 αθλητές στίβου σε δύο διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης. Αυτά περιελάμβαναν την εκτέλεση 1 σετ των 5 ημικαθισμάτων με μπάρα με φορτίο 5-ME ή 1 σετ των 5 αλμάτων από ημικάθισμα δίχως φορτίο. Πριν και μετά από τις ασκήσεις (3 min) οι δοκιμαζόμενοι έπρεπε να εκτελέσουν 7 επιπλέον άλματα από ημικάθισμα δίχως φορτίο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξήχθησαν μετά από τα ημικαθίσματα με μπάρα έδειξαν ότι οι δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, το μέσο και το μέγιστο ύψος άλματος αυξήθηκαν σημαντικά κατά 5,8%, 4,7% και 4,6% αντίστοιχα. Αντίθετα μετά από τα 5 άλματα δίχως φορτίο το μέσο και το μέγιστο ύψος άλματος μειώθηκαν ενώ οι δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους δεν μεταβλήθηκαν. Η ανταπόκριση αυτή αποδόθηκε από τους ερευνητές στον συνδυασμό ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης. Θεώρησαν ότι στην περίπτωση του 1<sup>ου</sup> πρωτοκόλλου η υπερενεργοποίηση ήταν αυτή που υπερίσχυσε της κόπωσης υποβαθμίζοντας τις συνέπειές της. Αντίθετα στην περίπτωση του 2<sup>ου</sup> πρωτοκόλλου η παρέμβαση δεν ήταν σε θέση να προκαλέσει επαρκή υπερενεργοποίηση επιτρέποντας στην κόπωση να υπερισχύσει συμπιέζοντας την απόδοση σε επίπεδα χαμηλότερα της αρχικής. Το ίδιο φορτίο αλλά διαφορετικό διάλειμμα χρησιμοποίησαν ο Young και συν. (1998) οι οποίοι 4 min μετά από την εκτέλεση ενός σετ ημικαθισμάτων με μπάρα βρήκαν ότι το μέσο ύψος ενός σετ 5

αλμάτων με φορτίο 19 kg αυξήθηκε σημαντικά κατά 2,89%. Η εικόνα της αντιθετικής προπόνησης φαίνεται να ενισχύεται και από τα αποτελέσματα της μελέτης του Comyns και συν. (2007) οι οποίοι θέλοντας να δουν την επίδραση της άσκησης με υψηλό φορτίο στην απόδοση του γρήγορου κύκλου διάτασης-βράχυνσης υπέβαλλαν 12 αθλητές υψηλού επιπέδου στην εκτέλεση 3 αλμάτων πτώσης αφού προηγουμένως (4 min) είχαν εκτελέσει 1 σετ 3 ημικαθισμάτων με φορτίο 3-ME. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση των χρόνων πτήσης και επαφής κατά 3,4% και 7,8% αντίστοιχα αλλά ταυτόχρονα έδειξαν και αύξηση της μυϊκής αντίδρασης (10,9%) όπως επίσης και αυξητική τάση της αντιδραστικής δύναμης. Σύμφωνα με τους ερευνητές οι εν λόγω μεταβολές ήταν ενδεικτικές της θετικής επίδρασης που είχε η άσκηση με υψηλό φορτίο στην ταχύτητα του γρήγορου κύκλου διάτασης-βράχυνσης και εμμέσως σε δραστηριότητες όπως τα σπριντ και οι αναπηδήσεις. Εξ' άλλου πρόσφατα διαπιστώθηκε ότι 5 min μετά από 10 ημικαθίσματα στο Smith με υψηλό φορτίο (90% της 1-ME, 3 min διάλειμμα μεταξύ τους) η ταχύτητα στις αποστάσεις 0-10m και 0-30m παρουσίασε σημαντική αύξηση που έφτασε το 2,6% και 1,8% αντίστοιχα (Chatzopoulos et al., 2007).

Σε μια άλλη μελέτη ο Kilduff και συν. (2007) αξιολόγησαν τη μέγιστη ισχύ που παράγεται κατά την εκτέλεση ενός άλματος με ταλάντευση ή μιας βαλλιστικής πίεσης πάγκου αφού προηγουμένως υπέβαλλαν 23 αθλητές Ράγκμπυ στην εκτέλεση ενός σετ 3 ημικαθισμάτων ή πιέσεων πάγκου αντίστοιχα (με φορτίο 3-ME). Στις μετρήσεις που διεξήχθησαν αμέσως μετά την άσκηση και ανά 4 min έως και το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης βρέθηκε ότι αμέσως μετά την παρέμβαση η μέγιστη ισχύς σημείωσε σημαντική πτώση που μετά τα ημικαθίσματα έφτασε το 2,9% ενώ μετά τις πιέσεις πάγκου το 4,7%. Στη συνέχεια και από το 8<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η ισχύς παρουσίασε σημαντική αύξηση που μετά από τα ημικαθίσματα έφτασε το 8% (12<sup>ο</sup> min) και διατηρήθηκε έως και το 12<sup>ο</sup> min ενώ μετά από τις πιέσεις πάγκου έφτασε το 5,3% (12<sup>ο</sup> min) και διατηρήθηκε έως και το 16<sup>ο</sup> min. Σε μια άλλη μελέτη ο Rixon και συν. (2007) αξιολόγησαν τη μέση ισχύ και το μέσο ύψος που παρήχθη κατά την εκτέλεση πέντε μέγιστων αλμάτων με ταλάντευση πριν και 3 min μετά από την εκτέλεση ενός σετ 3 ημικαθισμάτων με φορτίο 3-ME. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν άνδρες και γυναίκες με και δίχως εμπειρία στην προπόνηση δύναμης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μόνον οι άνδρες βελτίωσαν σημαντικά το μέσο άλμα και τη μέση ισχύ τους κατά 1,7% και 8%, αντίστοιχα. Αντίθετα στις γυναίκες μόνον η μέση ισχύς παρουσίασε τάση αύξησης (7,4%). Οι ερευνητές απέδωσαν τη διαφορά μεταξύ των φύλων στην υψηλότερη άλιπη



σωματική μάζα των ανδρών και στο υψηλότερο ποσοστό μυϊκών ινών ταχείας συστολής που ενδεχομένως έχουν σε σχέση με τις γυναίκες.

2) *Η άμεση επίδραση περισσότερων σετ άσκησης με υψηλό φορτίο.* Εκτός των ερευνητών που διερεύνησαν την άμεση επίδραση ενός σετ άσκησης με υψηλό φορτίο στην απόδοση των ταχυδυναμικών δραστηριοτήτων που ακολουθούσαν υπήρξαν και άλλοι που χρησιμοποίησαν περισσότερα. Πρόσφατα μάλιστα οι Bevan, Owen, Cunningham, Kingsley και Kilduff (2009) διαπίστωσαν ότι 8 min μετά από 3 σετ των 3 πιέσεων πάγκου με φορτίο 87% της 1-ME το ύψος ρίψης της μπάρας κατά την εκτέλεση βαλλιστικής πίεσης στήθους στο Smith με φορτίο 40% της 1-ME παρουσίασαν σημαντική αύξηση που έφτασε το 5,4%. Παρόμοια, ο Villarreal και συν. (2007) διαπίστωσαν ότι 5 min μετά από προθέρμανση που περιελάμβανε ημικαθίσματα με βάρη με φορτία 80-85% ή 80-95% της 1-ME (4 σετ, 3-4 επαναλήψεις και 6 σετ, 1-4 επαναλήψεις αντίστοιχα) το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση πετοσφαιριστών υψηλού επιπέδου βελτιώθηκε κατά 5,09 και 4,59% αντίστοιχα. Επίσης οι Gilbert και Lees (2005) χρησιμοποιώντας μόνο μέγιστα φορτία εξέτασαν την επίδραση 5 σετ ημικαθισμάτων με μπάρα με φορτίο 1-ME (5 min διάλειμμα μεταξύ των σετ) στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης κατά την εκτέλεση μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων των εκτεινόντων την κνήμη (διάρκειας 3 sec) και στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση. Η επίδραση της παρέμβασης αξιολογήθηκε κατά το 1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 9<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup>, 11<sup>ο</sup>, 19<sup>ο</sup>, 20<sup>ο</sup>, 21<sup>ο</sup>, 59<sup>ο</sup>, 60<sup>ο</sup> και 61<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά την παρέμβαση ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης σημείωσε σημαντική πτώση (12,8%) και διατηρήθηκε χαμηλά έως και το 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Ωστόσο από το 15<sup>ο</sup> έως το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης σημείωσε σημαντική αύξηση που έφτασε το 11,8% ενώ μετά το 20<sup>ο</sup> δεν παρουσίασε διαφορές σε σχέση με την τιμή που είχε πριν την παρέμβαση. Παρόμοια ήταν η εικόνα που παρουσίασε και το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση το οποίο ενώ αρχικά σημείωσε πτώση (έως το 12<sup>ο</sup> min) στη συνέχεια αυξήθηκε σημαντικά (κατά ~9%) λαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή του κατά το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Η μείωση της απόδοσης που παρατηρήθηκε στα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης θεωρήθηκε από τους ερευνητές αναμενόμενη και αποδόθηκε στην επίδραση της κόπωσης εξ' αιτίας των επαναλαμβανόμενων μέγιστων επαναλήψεων. Εξ' άλλου η αλληλεπίδραση της κόπωσης με την ασκησιογενή υπερενεργοποίηση φαίνεται ότι επηρεάζεται όχι μόνο από την ένταση αλλά και από τον όγκο της άσκησης-παρέμβασης (φορτίο x επαναλήψεις x σετ). Ως εκ τούτου, προκειμένου να γίνει αισθητή η παρουσία της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης, η

όποια αύξηση του όγκου της άσκησης πρέπει να ακολουθείται και από αναπροσαρμογή του χρόνου της αποκατάστασης (Tillin & Bishop, 2009).

Παρά το γεγονός ότι αρκετοί ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άσκηση που περιλαμβάνει ισοτονικές συσπάσεις υψηλής έντασης μπορεί να συμβάλλει στην πρόκληση υπερενεργοποίησης η άποψη αυτή αντιμετωπίζεται ακόμα με σκεπτικισμό μια και υπάρχουν μελέτες οι οποίες δεν επιβεβαιώνουν τη λειτουργικότητα της. Σε μια σχετικά πρόσφατη μελέτη ο Ebben και συν. (2000) βρήκαν ότι ένα σετ πιέσεων πάγκου με φορτίο 3 έως 5-ME δεν μετέβαλλε την ηλεκτρική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών και την επίδοση σε δυναμικές ρίψεις με ιατρικές μπάλες. Επίσης οι Hrysomallis και Kidgell (2001) διαπίστωσαν ότι η ίδια άσκηση με το ίδιο φορτίο δεν μετέβαλε την μέγιστη και τη μέση σχετική δύναμη και τον ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης κατά την εκρηκτική εκτέλεση τάσεων-κάμψεων των χεριών. Όσον αφορά το κάτω μέρος του σώματος τελευταία βρέθηκε ότι η άσκηση με υψηλά φορτία (3 σετ των 3 επαναλήψεων με φορτίο 6-ME και 3 min διάλειμμα μεταξύ των σετ) δεν είχε σημαντική επίδραση στην αλτική ικανότητα απροπόνητων ατόμων (Gonzalez-Rave, Machado, Navarro-Valdivielso, & Vilas-Boas, 2009). Ωστόσο σύμφωνα με τους Hanson, Leigh και Mynark (2007) κάτι ανάλογο φαίνεται να ισχύει και για τα προπονημένα άτομα. Στη μελέτη τους οι εν λόγω ερευνητές υπέβαλαν 30 προπονημένα άτομα σε 1 σετ ημικαθισμάτων στο Smith (4 επαναλήψεις με φορτίο 80% της 1-ME) αφού 3 min πριν και 5 min μετά από αυτό εκτέλεσαν 3 μέγιστα κατακόρυφα άλματα με ταλάντευση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξε αύξηση της απόδοσης γεγονός που αποδόθηκε στη διαφορά του κινητικού προτύπου μεταξύ του ημικαθίσματος στο Smith και του κατακόρυφου άλματος. Παρόμοια οι Jones και Lees (2003) διαπίστωσαν ότι ένα σετ ημικαθισμάτων στο Smith με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 85% της 1-ME δεν ήταν σε θέση να αυξήσει τις δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους και την ισχύ που παρήχθη κατά την εκτέλεση 3 κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση και 3 αλμάτων πτώσης από ύψος 40 cm. Επίσης, οι Scott και Docherty (2004) βρήκαν ότι 5 min μετά από μια σειρά 5 ημικαθισμάτων με φορτίο 5-ME η ισχύς των κάτω άκρων δεν μεταβλήθηκε ενώ οι Jensen και Ebben (2003) βρήκαν ότι αμέσως μετά από την ίδια άσκηση το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση μειώθηκε σημαντικά. Στις μετρήσεις όμως που διεξήγαγαν μετά από 1, 2, 3 και 4 min διαπίστωσαν ότι το άλμα αποκαταστάθηκε στο επίπεδο που είχε πριν από την παρέμβαση και μάλιστα κατά το 4<sup>ο</sup> min παρουσίασε τάση αύξησης. Εξ αιτίας αυτού οι ερευνητές θεώρησαν σκόπιμο να προτείνουν ως ελάχιστο χρόνο αποκατάστασης τα 4 min. Ωστόσο επειδή ο χρόνος αποκατάστασης εντός ή/και μεταξύ

των ενοτήτων της αντιθετικής προπόνησης φαίνεται να είναι σημαντική παράμετρος για την επίτευξη υψηλής απόδοσης ενώ ταυτόχρονα διαφέρει μεταξύ των ατόμων ο σχεδιασμός της μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής μόνον όταν είναι εξατομικευμένος. Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξε ο Comyns και συν. (2006) εφόσον 30 sec και 6 min μετά την εφαρμογή 1 σετ ημικαθισμάτων με φορτίο 5-ME βρήκε μείωση του κατακόρυφου άλματος η οποία όμως εντοπίστηκε μόνο στο ήμισυ των δοκιμαζομένων. Στους υπόλοιπους από αυτούς το κατακόρυφο άλμα παρουσίασε αύξηση ή δεν μεταβλήθηκε.

Εν κατακλείδι από τα προαναφερόμενα προκύπτει ότι η άσκηση με υψηλά φορτία δημιουργεί πράγματι, εντός ορισμένων χρονικών ορίων, ευνοϊκό περιβάλλον για την εκτέλεση εκρηκτικών ενεργειών με χαμηλότερα φορτία είτε είναι ενταγμένη στα πλαίσια της προθέρμανσης είτε στα πλαίσια μιας ενότητας αντιθετικής προπόνησης.

*β) Άσκηση με μέτρια φορτία.* Όπως έχει ήδη αναφερθεί η άποψη που επικρατεί για την πρόκληση του δυναμικού νευρομυϊκής ενεργοποίησης μέσω της άσκησης με ελεύθερα φορτία, συνηγορεί υπέρ της χρήσης των υψηλών εντάσεων ( $\geq 80\%$  της 1-ME). Ωστόσο τελευταία φαίνεται ότι υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις και για την αποτελεσματικότητα της χρήσης των μέτριων φορτίων (45-75% της 1-ME). Σύμφωνα με το Baker (2003) για την πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης στα πλαίσια της αντιθετικής προπόνησης όχι μόνο δεν είναι μονόδρομος η χρήση των υψηλών φορτίων αλλά αρκεί η άσκηση που προηγείται να εκτελείται με φορτίο που απλώς είναι υψηλότερο από εκείνο με το οποίο εκτελούνται οι εκρηκτικές κινήσεις που ακολουθούν. Μάλιστα θεωρείται ότι η άσκηση που προηγείται μπορεί να αποτελέσει εξαιρετικό ερέθισμα για το νευρομυϊκό σύστημα αρκεί να εκτελείται περίπου με το διπλάσιο φορτίο από την άσκηση που έπεται. Οι παραπάνω απόψεις βασίστηκαν σε πρόσφατη μελέτη που εκπόνησε ο ίδιος ο Baker (2003) με δείγμα 16 αθλητές υψηλού προπονητικού επιπέδου. Σκοπός της ήταν να διαπιστωθεί η άμεση επίδραση 6 πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο (65% της 1-ME ή  $91,9 \pm 9,3$  kg) στη μέγιστη ισχύ που παράγεται κατά την εκρηκτική εκτέλεση 5 επαναλήψεων της ίδιας άσκησης με χαμηλότερο φορτίο (28,6% της 1-ME ή 50 kg). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πράγματι ότι η ισχύς που παρήχθη 3 min μετά την παρέμβαση ήταν σημαντικά αυξημένη κατά 4,5%. Μάλιστα βασισμένος σε αυτή ο συγγραφέας πρότεινε τη χρήση της εν λόγω στρατηγικής με ανάλογα φορτία στα πλαίσια της τελικής φάσης της προθέρμανσης. Βέβαια ήταν ήδη γνωστό από τη μελέτη των Radcliffe και Radcliffe (1996) ότι η προθέρμανση που περιλαμβάνει 4 σετ των 4 επαναλήψεων της άσκησης

«αρασέ» με φορτίο που αντιστοιχεί στο 75-85% των 4-ME (περίπου 65-70% της 1-ME) βελτιώνει το οριζόντιο άλμα με ταλάντευση κατά 1,5% (3,9 cm).

Σε απόλυτη συμφωνία με τα προαναφερόμενα είναι και τα ευρήματα της μελέτης του Smilios και συν. (2005) ο οποίος διαπίστωσε ότι ακόμα και τα μέτρια φορτία είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντική βελτίωση της ισχύος αρκεί η εκτέλεση της δυναμικής άσκησης που χρησιμοποιείται να είναι εκρηκτική. Πιο συγκεκριμένα μετά από την εκτέλεση 3 σετ των 5 ημικαθισμάτων με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 60% της 1-ME και με 3 min διάλειμμα μεταξύ τους διαπίστωσε ότι το άλμα με ταλάντευση αυξήθηκε μετά από το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> σετ κατά 3,74% και 2,84% αντίστοιχα ενώ στη συνέχεια επανήλθε στα αρχικά επίπεδα. Όταν αντί των ημικαθισμάτων εκτελέστηκαν 5 επαναλαμβανόμενα άλματα με το ίδιο φορτίο διαπιστώθηκε ότι μετά από το 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> σετ το άλμα με ταλάντευση αυξήθηκε κατά 3,41% και 3,6% αντίστοιχα. Επίσης οι Gilbert και Lees (2005) χρησιμοποιώντας το φορτίο με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς εξέτασαν την επίδραση 5 ημικαθισμάτων με μπάρα (5 min διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων) στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης κατά την εκτέλεση μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων των εκτεινόντων την κνήμη (διάρκειας 3 sec) και στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση. Η επίδραση της παρέμβασης αξιολογήθηκε κατά το 1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 9<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup>, 11<sup>ο</sup>, 19<sup>ο</sup>, 20<sup>ο</sup>, 21<sup>ο</sup>, 59<sup>ο</sup>, 60<sup>ο</sup> και 61<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά την παρέμβαση ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης σημείωσε σημαντική αύξηση που κατά το 2<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης έφτασε το 6,7% ενώ στη συνέχεια επανήλθε σταδιακά στα προηγούμενα της παρέμβασης επίπεδα. Παρόμοια εικόνα παρουσίασε και το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση το οποίο έως το 2<sup>ο</sup> min ήταν αυξημένο αλλά στη συνέχεια επανήλθε στα αρχικά επίπεδα. Χρησιμοποιώντας το ίδιο φορτίο αλλά διαφορετική άσκηση ο Villarreal και συν. (2007) βρήκαν ότι 5 min μετά την εκτέλεση 3 σετ των 5 αλμάτων το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση και το άλμα πτώσης από το βέλτιστο ύψος αυξήθηκαν κατά 4,1% και 4,18% αντίστοιχα. Αξιοσημείωτο ήταν ότι η επίδραση της παρέμβασης ήταν αισθητή ακόμα και 6 ώρες μετά το πέρας της μια και το άλμα πτώσης από το βέλτιστο ύψος σημείωσε μικρή περεταίρω αύξηση. Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη ο Sotiropoulos και συν. (2010) βρήκαν ότι 3 min μετά από την εκρηκτική εκτέλεση 2 σετ ημικαθισμάτων με φορτίο 45 και 65% της 1-ME, αντίστοιχα, παρουσιάστηκε αύξηση κατά 3% στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση, κατά 7,3% στη μέση μηχανική ισχύ και κατά 7,2% στη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τετρακεφάλου μηριαίου. Σύμφωνα με τους

ερευνητές η υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης είχε σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της απόδοσης.

Ωστόσο παρά το γεγονός ότι από τα παραπάνω προκύπτει η θετική επίδραση των μέτριων φορτίων στην πρόκληση και αξιοποίηση του δυναμικού νευρομυϊκής ενεργοποίησης φαίνεται ότι αυτή αντιστρέφεται όταν ο όγκος της προπόνησης είναι υψηλός. Σύμφωνα με το Baker (2003) όταν 1,5 και 5 min μετά από την εκτέλεση 3 σετ των 10 πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο (65% της 1-ME) και 1,5 min διάλειμμα μεταξύ τους, μετρήθηκε η ισχύς που παράγεται κατά την εκρηκτική εκτέλεση της ίδιας άσκησης με φορτίο 40 kg διαπιστώθηκε ότι ήταν σημαντικά μειωμένη κατά 18% και 6,6% αντίστοιχα. Με το ίδιο φορτίο αλλά πολύ μικρότερο αριθμό επαναλήψεων ο Comyns και συν. (2007) βρήκαν σημαντική πτώση στην απόδοση του γρήγορου κύκλου διάτασης-βράχυνσης. Συγκεκριμένα αφού υπέβαλλαν 12 αθλητές υψηλού επιπέδου στην εκτέλεση 3 ημικαθισμάτων με φορτίο 65% της 1-ME και μετά από 4 min αξιολόγησαν την επίδοσή τους σε 3 άλματα πτώσης, βρήκαν σημαντική μείωση του χρόνου πτήσης και της αντιδραστικής δύναμης κατά 4,8% και 7,9% αντίστοιχα. Οι μεταβολές αυτές ενδέχεται να οφείλονται στη διαφορά μεταξύ του τύπου της άσκησης που χρησιμοποιήθηκε για τη βελτίωση της απόδοσης και του άλματος πτώσης. Το τελευταίο ανήκει στις δραστηριότητες του «γρήγορου κύκλου διάτασης-βράχυνσης» και είναι πιθανόν για τη βελτίωσή του να ήταν προτιμότερη η χρήση συναφούς άσκησης με πρόσθετο φορτίο. Συμπερασματικά φαίνεται ότι η άσκηση με μέτρια φορτία είναι σε θέση να δημιουργήσει, εντός ορισμένων χρονικών ορίων, ευνοϊκό περιβάλλον για την εκτέλεση εκρηκτικών ενεργειών με χαμηλότερα φορτία ιδιαίτερα όταν η ταχύτητα εκτέλεσής της είναι υψηλή.

γ) *Άσκηση με χαμηλά φορτία.* Η αντιθετική προπόνηση είτε χρησιμοποιείται στα πλαίσια της προθέρμανσης είτε στα πλαίσια μια προπονητικής μονάδας θεωρείται ότι επιδρά θετικά στην ποιότητα του παραγόμενου έργου (Chu, 1996). Ωστόσο όταν ο στόχος της άσκησης είναι η αύξηση της απόδοσης σε κινήσεις υψηλής τεχνικής ακρίβειας είναι πιθανόν η χρήση των υψηλών φορτίων να έχει ανασταλτική δράση. Αντίθετα η χρήση των ίδιων κινήσεων ή μηχανικά παρόμοιων με σχετικά αυξημένο φορτίο είναι δυνατό να έχει θετική επίδραση στην απόδοση (Baker, 2001). Σύμφωνα με τους Burkett, Phillips και Ziuraitis (2005) η αλτική ικανότητα αθλητών κολεγιακού επιπέδου μπορεί να αυξηθεί άμεσα αρκεί στα πλαίσια της ειδικής προθέρμανσης τους να περιλαμβάνονται 5 άλματα με πρόσθετο φορτίο 10% του σωματικού βάρους σε πάγκο ύψους 63,5 cm. Το ίδιο όμως φαίνεται να ισχύει και για τις αθλήτριες αφού οι

Thompson, Kackley, Palumbo και Faigenbaum (2007) βρήκαν ότι το οριζόντιο άλμα με ταλάντευση 16 αθλητριών κολεγιακού επιπέδου αυξήθηκε 2 min μετά από την εκτέλεση μιας σειράς δυναμικών ασκήσεων με πρόσθετο φορτίο (10% του σωματικού βάρους) κατά 2,5% περισσότερο από ότι αυξήθηκε με την εκτέλεση των ίδιων ασκήσεων δίχως φορτίο. Επίσης, ο Smilios και συν. (2005) διαπίστωσαν ότι 3 min μετά από την εκτέλεση 5 αλμάτων με μπάρα με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 30% της 1-ME το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση σημείωσε αύξηση κατά 3,8%. Η αύξηση αυτή διατηρήθηκε (3,98%) ακόμα και μετά από ένα δεύτερο σετ των 5 αλμάτων με μπάρα ενώ 10 min μετά το πέρας της παρέμβασης το άλμα επανήλθε στα αρχικά επίπεδα. Πρόσφατα ο Sotiropoulos και συν. (2010) βρήκαν ότι 3 min μετά από την εκρηκτική εκτέλεση 2 σετ ημικαθισμάτων με φορτίο 25 και 35% της 1-ME, αντίστοιχα, παρουσιάστηκε αύξηση κατά 3,95% στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση, κατά 6,3% στη μέση μηχανική ισχύ και κατά 4,4% στη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τετρακεφάλου μηριαίου. Σύμφωνα με τους ερευνητές η υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης είχε σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της απόδοσης.

Σε μια άλλη μελέτη με δείγμα αθλητές υψηλού προπονητικού επιπέδου ο Baker (2001) διερεύνησε την επίδραση που είχε ένα σετ αλμάτων με πρόσθετο φορτίο στην απόδοση ενός αντίστοιχου με χαμηλότερο. Για το σκοπό αυτό προσδιόρισαν την υψηλότερη μέση ισχύ που παρήχθη κατά τη διάρκεια 2 διαδοχικών σετ των 6 αλμάτων με φορτίο 40 kg. Στη συνέχεια επαναπροσδιόρισαν την ισχύ αφού παρενέβαλλαν μεταξύ των 2 προαναφερομένων σετ 1 επιπλέον σετ της ίδιας άσκησης (3 επαναλήψεις) αλλά με υψηλότερο φορτίο (60 kg). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά την παρέμβαση η ισχύς αυξήθηκε σημαντικά κατά 5,4%. Η αύξηση αυτή αποδόθηκε στην πιθανή μείωση της ανατροφοδότησης των υποδοχέων του συστήματος ανίχνευσης τάσης (τενόντια όργανα Golgi) οι οποίοι για λόγους ασφάλειας κατά τη διάρκεια των ταχύτατων κινήσεων που χαρακτηρίζουν την προπόνηση ισχύος ενεργοποιούν τους μύες που ανταγωνίζονται την κίνηση μειώνοντας παράλληλα την απόδοση. Πρόσφατα ο Clark και συν. (2006) θέλησαν να διαπιστώσουν εάν πράγματι η υψηλότερη μέση επίδοση 9 προπονημένων εφήβων σε πολλαπλά διαδοχικά σετ κατακόρυφων αλμάτων με πρόσθετο φορτίο ήταν δυνατό να αυξηθεί αφού είχε προηγηθεί 1 σετ βιομηχανικά παρόμοιας άσκησης με υψηλότερο φορτίο. Για το σκοπό αυτό, κατά τη διάρκεια 5 διαδοχικών σετ των 6 κατακόρυφων αλμάτων με φορτίο 20 kg και με διάλειμμα 3-4 min μεταξύ των σετ, προσδιόρισαν την υψηλότερη μέση κατακόρυφη μετατόπιση που παρήχθη ανά σετ αφού προηγουμένως είχαν παρεμβάλλει μεταξύ του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> εξ'

αυτών ένα επιπλέον σετ της ίδιας άσκησης με το ίδιο ή με διπλάσιο φορτίο (40 kg ~30% της 1-ME). Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι η απόδοση, μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 40 kg, παρουσίασε αύξηση που κορυφώθηκε κατά το 3<sup>ο</sup> σετ (~10<sup>ο</sup> min) και έφτασε το 8,6% σε σύγκριση με την απόδοση που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 20 kg. Επιπλέον η μέγιστη ισχύς που μετρήθηκε κατά τα τελευταία 50 msec της σύγκεντρης φάσης των αλμάτων παρουσίασε σημαντική αύξηση κατά το 2<sup>ο</sup> σετ μετά την παρέμβαση του υψηλότερου φορτίου (~7<sup>ο</sup> min). Μάλιστα η εν λόγω αύξηση κορυφώθηκε στο επόμενο σετ φθάνοντας το 11,9% σε σχέση με την ισχύ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 20 kg. Σύμφωνα με τους συγγραφείς ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων δείχνει ότι οι αυξήσεις που κατεγράφησαν μεταξύ του 7<sup>ου</sup> και του 10<sup>ου</sup> min μετά την παρέμβαση ενδέχεται να οφείλονται στην αύξηση της ενεργοποίησης των καμπτήρων του πέλματος (γαστροκνήμιος, υποκνημίδιος) οι οποίοι είναι γνωστό ότι δραστηριοποιούνται ιδιαίτερα προς το τέλος της σύγκεντρης φάσης της κίνησης (Bobbert, & Van Ingen Schenau 1988). Από τα παραπάνω θα μπορούσε αβίαστα να θεωρηθεί ότι προκειμένου να επιτευχθεί αύξηση της απόδοσης αρκεί στα πλαίσια μιας ή περισσότερων ενοτήτων αντιθετικής προπόνησης να χρησιμοποιηθούν ασκήσεις με χαμηλά φορτία (30-40% της 1-ME).

Ωστόσο φαίνεται ότι αυτό δεν ισχύει πάντα ή ενδεχομένως ισχύει υπό προϋποθέσεις μια και υπάρχουν απόψεις που αντιτίθενται. Ο Villarreal και συν. (2007) βρήκαν ότι 5 min μετά από την εκτέλεση 3 σετ των 5 ημικαθισμάτων στο Smith με φορτίο 30% της 1-ME η αλτική ικανότητα αθλητών Βόλεϊ υψηλού επιπέδου δε μεταβάλλεται. Παρόμοια ήταν και η διαπίστωση του Hanson και συν. (2007) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι 5 min μετά από την γρήγορη εκτέλεση 8 ημικαθισμάτων στο Smith με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 40% της 1-ME δεν υπήρξε μεταβολή στη μέση απόδοση 3 αλμάτων με ταλάντευση. Σύμφωνα με τους ερευνητές το κινητικό πρότυπο του άλματος με ταλάντευση και του ημικαθίσματος με μπάρα είναι παρόμοιο. Όταν μάλιστα το τελευταίο εκτελείται με τον πλέον δυναμικό τρόπο, σαν άλμα με μπάρα, η ομοιότητα του κινητικού προτύπου είναι μεγαλύτερη. Αντίθετα όταν το ημικάθισμα για λόγους ασφαλείας ή ομοιόμορφης εκτέλεσης εκτελείται στο Smith τα πέλματα είναι ελαφρά εμπρός από τον κατακόρυφο άξονα με αποτέλεσμα τον περιορισμό της πελματιαίας κάμψης και τη μείωση του στρες που δέχονται οι καμπτήρες του πέλματος. Επίσης ο κορμός είναι σε πιο κάθετη θέση σε σχέση με το ημικάθισμα με ελεύθερη μπάρα με αποτέλεσμα να περιορίζεται το εύρος κίνησης της άρθρωσης του ισχίου και

να μειώνεται το στρες που δέχονται οι εκτείνοντες του ισχίου ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται το στρες που δέχονται οι εκτείνοντες την κνήμη.

Συνοψίζοντας τα ευρήματα των παραπάνω μελετών μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η χρήση άσκησης με βάρη με χαμηλά φορτία πριμοδοτεί την απόδοση μόνο στην περίπτωση μιας μηχανικά παρόμοιας κίνησης.

δ) *Η επίδραση του διαλείμματος κατά την αντιθετική προπόνηση.* Η αποτελεσματικότητα της αντιθετικής προπόνησης εξαρτάται από τον επιδέξιο χειρισμό μιας σειράς παραμέτρων μεταξύ των οποίων σημαντική θέση κατέχει το διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων που συνδυάζονται (Robbins, 2003). Παρότι η επιλογή του θεωρείται ότι καθορίζει εάν οι μύες έχουν αναλάβει από την κόπωση ενώ παραμένουν σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης, οι μελέτες που επιχείρησαν να διερευνήσουν ευθέως την επίδρασή του στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι περιορισμένες.

1) *Η επίδραση του διαλείμματος μετά από άσκηση με υψηλή ένταση.* Σε μία από τις πρώτες μελέτες οι Jensen και Ebben (2003) θέλησαν να διευκρινίσουν εάν ένα σετ των 5 ημικαθισμάτων με φορτίο 5-ME ήταν σε θέση να βελτιώσει το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση 21 προπονημένων αθλητών ταχυδυναμικών αθλημάτων και μετά από πόσο χρόνο ανάπαυσης. Αφού αξιολόγησαν το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση πριν αμέσως μετά και 1, 2, 3 και 4 min μετά από την εκτέλεση των ημικαθισμάτων διαπίστωσαν ότι αμέσως μετά από την ίδια άσκηση το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση μειώθηκε σημαντικά. Στη συνέχεια όμως το άλμα αποκαταστάθηκε στο επίπεδο που είχε πριν από την παρέμβαση και μάλιστα κατά το 4<sup>ο</sup> min παρουσίασε τάση αύξησης. Εξ αιτίας αυτού οι ερευνητές θεώρησαν σκόπιμο να προτείνουν ως ελάχιστο χρόνο αποκατάστασης τα 4 min. Ωστόσο επειδή ο χρόνος αποκατάστασης εντός ή/και μεταξύ των ενοτήτων της αντιθετικής προπόνησης φαίνεται να είναι σημαντική παράμετρος για την επίτευξη υψηλής απόδοσης ενώ ταυτόχρονα διαφέρει μεταξύ των ατόμων ο σχεδιασμός της μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής μόνον όταν είναι εξατομικευμένος. Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξαν ο Comyns και συν. (2006) αφού εφήρμοσαν 1 σετ ημικαθισμάτων με φορτίο 5-ME και μετά από 30 sec, 2, 4 και 6 min αξιολόγησαν το κατακόρυφο άλμα με το κυρίαρχο πόδι σε ειδικά κατασκευασμένη πλατφόρμα κύλισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση του χρόνου πτήσης τόσο στο 30<sup>ο</sup> sec όσο και στο 6<sup>ο</sup> min μετά από τα ημικαθίσματα. Αξιοσημείωτο όμως ήταν ότι οι μεταβολές αυτές εντοπίστηκαν μόνο στο ήμισυ των δοκιμαζομένων. Στους υπόλοιπους από αυτούς το κατακόρυφο άλμα παρουσίασε μικρή αύξηση ή δεν μεταβλήθηκε. Σε μια άλλη μελέτη που χρησιμοποιήθηκε το ίδιο φορτίο (5-ME) αλλά



μεγαλύτερο εύρος αποκατάστασης οι Jones και Lees (2003) διερεύνησαν την επίδραση ενός σετ ημικαθισμάτων στο Smith στην απόδοση του αργού και του γρήγορου «κύκλου διάτασης – βράχυνσης» αλλά και το χρονικό προφίλ της επίδρασης αυτής. Για το σκοπό αυτό πριν και 3, 7 και 10 min μετά από τα ημικαθίσματα αξιολόγησαν τη μέση ισχύ κατά την εκτέλεση 2 κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση και 2 αλμάτων πτώσης από ύψος 40 cm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση διατηρήθηκε αμετάβλητη, γεγονός που αποδόθηκε στη διαφορά που είχε το κινητικό πρότυπο της άσκησης στο Smith και των αλμάτων ή/και στο ανεπαρκές φορτίο. Ωστόσο ο Bevan και συν. (2009) αφού χρησιμοποίησαν 3 σετ των 3 πιέσεων πάγκου με φορτίο 87% της 1-ME μελέτησαν την επίδρασή τους στο ύψος ρίψης της μπάρας και στην παραγόμενη μέγιστη ισχύ κατά την εκτέλεση βαλλιστικών πιέσεων στήθους στο Smith με φορτίο 40% της 1-ME. Η αξιολόγηση της απόδοσης έγινε πριν και 15sec, 4, 8, 12, 16, 20 και 24 min μετά από τις πιέσεις πάγκου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά τις πιέσεις πάγκου η απόδοση παρουσίασε σημαντική μείωση που έφτασε το 10,2%. Ωστόσο στη συνέχεια η απόδοση παρουσίασε αύξηση που κορυφώθηκε στο 8<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης φτάνοντας το 5,4% ενώ κατόπιν και έως το 24<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης επανήλθε στα αρχικά της επίπεδα.

Σε μια άλλη μελέτη οι Gilbert και Lees (2005) χρησιμοποιώντας μέγιστα φορτία εξέτασαν την επίδραση 5 ημικαθισμάτων με μπάρα με φορτίο 1-ME (5 min διάλειμμα μεταξύ των προσπαθειών) στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης κατά την εκτέλεση μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων των εκτεινόντων την κνήμη (διάρκειας 3 sec) και στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση. Η επίδραση της παρέμβασης αξιολογήθηκε κατά το 1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 9<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup>, 11<sup>ο</sup>, 19<sup>ο</sup>, 20<sup>ο</sup>, 21<sup>ο</sup>, 59<sup>ο</sup>, 60<sup>ο</sup> και 61<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά την παρέμβαση ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης σημείωσε σημαντική πτώση (12,8%) και διατηρήθηκε χαμηλά έως και το 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Ωστόσο από το 15<sup>ο</sup> έως το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης σημείωσε σημαντική αύξηση που έφτασε το 11,8% ενώ μετά το 20<sup>ο</sup> δεν παρουσίασε διαφορές σε σχέση με την τιμή που είχε πριν την παρέμβαση. Παρόμοια ήταν η εικόνα που παρουσίασε και το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση το οποίο ενώ αρχικά σημείωσε πτώση (έως το 12<sup>ο</sup> min) στη συνέχεια αυξήθηκε σημαντικά (κατά ~9%) λαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή του κατά το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Η μείωση της απόδοσης που παρατηρήθηκε στα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης θεωρήθηκε από τους ερευνητές αναμενόμενη και αποδόθηκε στην επίδραση της κόπωσης εξ' αιτίας των επαναλαμβανόμενων μέγιστων επαναλήψεων. Σε μια άλλη μελέτη ο Kilduff και συν.

(2007) αξιολόγησαν τη μέγιστη ισχύ που παράγεται κατά την εκτέλεση ενός άλματος με ταλάντευση ή μιας βαλλιστικής πίεσης πάγκου με φορτίο ισοδύναμο του 40% της 1-ME αφού προηγουμένως υπέβαλλαν 23 αθλητές Ράγκμπυ στην εκτέλεση ενός σετ 3 ημικαθισμάτων ή πιέσεων πάγκου αντίστοιχα (με φορτίο 3-ME). Στις μετρήσεις που διεξήχθησαν αμέσως μετά την άσκηση και ανά 4 min έως και το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης βρέθηκε ότι αμέσως μετά την παρέμβαση η μέγιστη ισχύς σημείωσε σημαντική πτώση που μετά τα ημικαθίσματα έφτασε το 2,9% ενώ μετά τις πιέσεις πάγκου το 4,7%. Στη συνέχεια και από το 8<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η ισχύς παρουσίασε σημαντική αύξηση που μετά από τα ημικαθίσματα έφτασε το 8% (12<sup>ο</sup> min) και διατηρήθηκε έως και το 12<sup>ο</sup> min ενώ μετά από τις πιέσεις πάγκου έφτασε το 5,3% (12<sup>ο</sup> min) και διατηρήθηκε έως και το 16<sup>ο</sup> min.

2) *Η επίδραση του διαλείμματος μετά από άσκηση με μέτρια ένταση.* Στη μοναδική έως σήμερα μελέτη που έγινε προσπάθεια συγκεκριμενοποίησης του ιδανικού χρόνου αποκατάστασης μετά από άσκηση με μέτρια ένταση (45-65% της 1-ME), οι Gilbert και Lees (2005) αφού χρησιμοποίησαν το φορτίο με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς εξέτασαν την επίδραση 5 ημικαθισμάτων με μπάρα (5 min διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων) στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης κατά την εκτέλεση μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων των εκτεινόντων την κνήμη (διάρκειας 3 sec) και στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση. Η επίδραση της παρέμβασης αξιολογήθηκε στο 1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 9<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup>, 11<sup>ο</sup>, 19<sup>ο</sup>, 20<sup>ο</sup>, 21<sup>ο</sup>, 59<sup>ο</sup>, 60<sup>ο</sup> και 61<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά την παρέμβαση ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης σημείωσε σημαντική αύξηση που κατά το 2<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης έφτασε το 6,7% ενώ στη συνέχεια επανήλθε σταδιακά στα προηγούμενα της παρέμβασης επίπεδα. Παρόμοια εικόνα παρουσίασε και το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση το οποίο έως το 2<sup>ο</sup> min ήταν αυξημένο αλλά στη συνέχεια επανήλθε στα αρχικά επίπεδα.

ε) *Αντιθετική προπόνηση και έφηβοι.* Η επίδραση του διαλείμματος μετά από άσκηση με χαμηλή ένταση. Η συνολική επίδραση μιας αθλητικής δραστηριότητας σε μια άλλη που ακολουθεί επηρεάζεται από ένα σύνολο παραμέτρων μεταξύ των οποίων σημαντική θέση κατέχουν τα ατομικά χαρακτηριστικά των ασκουμένων (Hodgson et al., 2005; Tillin & Bishop, 2009). Σύμφωνα με το Robbins (2005) χαρακτηριστικά όπως το προπονητικό επίπεδο, η μέγιστη δύναμη και η σχέση της με τη μυϊκή ισχύ, η κατανομή μυϊκών ινών, το φύλο αλλά και η ηλικία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πριν από την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των σχετικών πρωτοκόλλων άσκησης.

**Πίνακας 1.** Χρονοδιάγραμμα μεταβολής της απόδοσης μετά από παρέμβαση άσκησης με ελεύθερα φορτία

Συγγραφείς	Προπονητικό επίπεδο-φύλο	Μυϊκές ομάδες	Σετ Επανάληψεις Ένταση (% της 1-ME)	Διάρκεια μεταξύ των σετ	Διάρκεια μεταξύ των ασκήσεων	Τεστ-Μεταβολή (%)
Kilduff et al. (2007)	Π - Α	ΚΑ, ΑΑ	1 X 3 X 90 HM & ΠΠ (Smith)		15sec 4, 20min	ΑΤ (ΜΙ ↓2,9%), ΒΠΠ* (ΜΙ ↓4,7%) ΑΤ (ΜΙ ↔), ΒΠΠ* (ΜΙ ↔)
Comyns et al. (2006)	Π - Α >> >> >> Π - Γ >> >> >>	ΚΑ >> >> >> >> >> >>	1 X 5 X 87 HM >> >> >> >> >> >>		30sec 2min 4min 6min 30sec 2min 4min 6min	ΑΤ (ΧΠ ↔, ΔΑΕ ↔) ΑΤ (ΧΠ ↔, ΔΑΕ ↔) ΑΤ (ΧΠ ↔, ΔΑΕ ↔) ΑΤ (ΧΠ ↔, ΔΑΕ ↔) ΑΤ (ΧΠ ↓, ΔΑΕ ↔) ΑΤ (ΧΠ ↔, ΔΑΕ ↔) ΑΤ (ΧΠ ↔, ΔΑΕ ↔) ΑΤ (ΧΠ ↓, ΔΑΕ ↔)
Clark et al. (2006)	Π - Ε >> >>	ΚΑ >> >>	1° Π: 1 X 4-5 X ~30 ΕΑ 2° Π: 1 X 6 X 20kg ΕΑ		4, 13min 7min 10min	ΕΑ <sub>20kg</sub> (Y <sub>1,2</sub> ↔, ΜΙ <sub>1,2</sub> ↔) ΕΑ <sub>20kg</sub> (Y <sub>1,2</sub> ↔, ΜΙ <sub>1,2</sub> ↑) ΕΑ <sub>20kg</sub> (Y <sub>1,2</sub> ↑8,6%, ΜΙ <sub>1,2</sub> ↑11,9%)

(συνεχίζεται)

Π: Πρόπονημένοι, Α: Άνδρες, Γ: Γυναίκες, Ε: Έφηβοι, ΑΑ: Άνω άκρα, ΚΑ: Κάτω άκρα, ΠΠ: Πιέσεις πάγκου, ΗΜ: Ημικάθισμα, 1° Π.: 1° Πρότοκολλο κ.ά., ΕΑ: Επαναλαμβανόμενα άλματα, ΑΤ: Άλμα με τάλαντευση, ΜΙ: Μέγιστη μηχανική ισχύς, ΒΠΠ: Βαλλιστικές πιέσεις πάγκου, ΧΠ: Χρόνος πτήσης κατά το άλμα, ΔΑΕ: Δύναμη αντίδρασης του εδάφους, Υ: Ύψος άλματος, 1-ME: 1 Μέγιστη επανάληψη, ↑: Αύξηση της απόδοσης, ↔: Αμετάβλητη απόδοση, ↓: Μείωση της απόδοσης, \*Εκρηκτική εκτέλεση

Συγγραφείς	Προπονητικό επίπεδο-φύλο	Νυϊκές ομάδες	Σετ Επαναλήψεις Ένταση (% της 1-ME)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων	Τεστ-Μεταβολή (%)
Gilbert & Lees (2005)	Π - Α	ΚΑ	5 X 1 X 1-ME HM	5 min	2, 10min	ΜΙΣ (ΡΑΔ ↓), ΑΤ (Υ ↓)
	>>	>>	>>	>>	15, 20min	ΜΙΣ (ΡΑΔ ↑11,8%), ΑΤ (Υ ↑~8%)
	>>	>>	>>	>>	60min	ΜΙΣ (ΡΑΔ ↔), ΑΤ (Υ ↔)
	>>	>>	5 X 1 X ΦΜΙ HM	>>	2min	ΜΙΣ (ΡΑΔ ↑6,7%), ΑΤ (Υ ↑~3%)
	>>	>>	>>	>>	10-60min	ΜΙΣ (ΡΑΔ ↔), ΑΤ (Υ ↔)
Jones & Lees (2003)	Π - Α	ΚΑ	1 X 4 X 85 HM (Smith)		3, 10, 20min	ΑΤ (Υ ↔, ΜΙ ↔, ΗΜΓ <sub>OM, EEP, ΔM</sub> ↔), ΑΠ <sub>40cm</sub> (Υ ↔, ΗΜΓ <sub>OM, EEP, ΔM</sub> ↔)
	>>	>>	(3 X 1) ΑΤ & (3 X 1) ΑΠ <sub>40cm</sub>		3, 10, 20min	ΑΤ (Υ ↔, ΜΙ ↔, ΗΜΓ <sub>OM, EEP, ΔM</sub> ↔), ΑΠ <sub>40cm</sub> (Υ ↔, ΗΜΓ <sub>OM, EEP, ΔM</sub> ↑)
Jensen & Ebben (2003)	Π - Α	ΚΑ	1 X 5 X 85 HM		10sec	ΑΤ (Υ ↓11,5%, Υ <sub>A</sub> >Υ <sub>Γ</sub> )
	>>	>>	>>		1,2,3,4min	ΑΤ (Υ ↔, Υ <sub>A</sub> >Υ <sub>Γ</sub> )
	Π - Γ	>>	>>		10sec	ΑΤ (Υ ↓3,4%, Υ <sub>A</sub> >Υ <sub>Γ</sub> )
	>>	>>	>>		1,2,3,4min	ΑΤ (Υ ↔, Υ <sub>A</sub> >Υ <sub>Γ</sub> )
	Π, ΥΔ - Α, Γ	ΚΑ	1 X 5 X 85 HM		10sec	ΑΤ (Υ ↔, Υ <sub>ΥΔ</sub> >Υ <sub>ΧΔ</sub> )
	>>	>>	>>		1,2,3,4min	ΑΤ (Υ ↔, Υ <sub>ΥΔ</sub> >Υ <sub>ΧΔ</sub> )
	Π, ΧΔ - Α, Γ	ΚΑ	1 X 5 X 85 HM		10sec	ΑΤ (Υ ↔, Υ <sub>ΥΔ</sub> >Υ <sub>ΧΔ</sub> )
	>>	>>	>>		1,2,3,4min	ΑΤ (Υ ↔, Υ <sub>ΥΔ</sub> >Υ <sub>ΧΔ</sub> )

Π: Προπονημένοι, ΥΔ: Άτομα με υψηλή μέγιστη δύναμη, ΧΔ: Άτομα με χαμηλή μέγιστη δύναμη, Α: Άνδρες, Γ: Γυναίκες, ΚΑ: Κάτω άκρα, ΗΜ: Ημικάθισμα, ΦΜΙ: Φορτίο με το οποίο αποδίδεται η μέγιστη ισχύς, ΑΤ: Άλμα με ταλάντευση, ΑΠ: Άλμα με ταλάντευση, ΑΠ<sub>40cm</sub>: Άλμα από πτώση, Υ: Υψος άλματος, ΜΙ: Μέγιστη μηχανική ισχύς, ΜΙΣ: Μέγιστη ισομετρική σύσπαση, ΡΑΔ: Ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης σε ΜΙΣ, 1-ME: 1 Μέγιστη επανάληψη, ΗΜΓ<sub>OM, EEP, ΔM</sub>: Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα ορθού, έξω πλατά και δικέφαλου μηριαίου μύος, ↑: Αύξηση της απόδοσης, ↔: Αμετάβλητη απόδοση, ↓: Μείωση της απόδοσης, >: Σημαντικά υψηλότερη τιμή

Παρά το γεγονός ότι έως σήμερα αρκετοί ερευνητές έχουν επιχειρήσει να ελέγξουν την επίδραση κάποιων από τα εν λόγω χαρακτηριστικά στην απόδοση, η ηλικία δεν έχει αποτελέσει ακόμη αντικείμενο ενδελεχούς μελέτης. Στη μοναδική μελέτη που οι δοκιμαζόμενοι ήταν έφηβοι ο Clark και συν. (2006) διερεύνησαν εάν η μέση επίδοση σε πολλαπλά διαδοχικά σετ κατακόρυφων αλμάτων με πρόσθετο φορτίο ήταν δυνατό να αυξηθεί αφού είχε προηγηθεί 1 σετ παρόμοιας μηχανικά άσκησης με υψηλότερο φορτίο. Για το σκοπό αυτό, κατά τη διάρκεια 5 διαδοχικών σετ των 6 κατακόρυφων αλμάτων με φορτίο 20 kg και με διάλειμμα 3-4 min μεταξύ των σετ, προσδιόρισαν τη μέση κατακόρυφη μετατόπιση που παρήχθη ανά σετ αφού προηγουμένως είχαν παρεμβάλει μεταξύ του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> εξ' αυτών ένα επιπλέον σετ της ίδιας άσκησης με το ίδιο ή με διπλάσιο φορτίο (40 kg ~30% της 1-ME). Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι η απόδοση, μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 40 kg, παρουσίασε αύξηση που κορυφώθηκε κατά το 3<sup>ο</sup> σετ (~10<sup>ο</sup> min) και έφτασε το 8,6% σε σύγκριση με την απόδοση που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 20 kg. Επιπλέον η μέγιστη ισχύς που μετρήθηκε κατά τα τελευταία 50 msec της σύγκεντρης φάσης των αλμάτων παρουσίασε σημαντική αύξηση κατά το 2<sup>ο</sup> σετ μετά την παρέμβαση του υψηλότερου φορτίου (~7<sup>ο</sup> min). Μάλιστα η εν λόγω αύξηση κορυφώθηκε στο επόμενο σετ φθάνοντας το 11,9% σε σχέση με την ισχύ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 20 kg. Σύμφωνα με τους συγγραφείς ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων δείχνει ότι οι αυξήσεις που κατεγράφησαν μεταξύ του 7<sup>ου</sup> και του 10<sup>ου</sup> min μετά την παρέμβαση ενδέχεται να οφείλονται στην αύξηση της ενεργοποίησης των καμπτήρων του πέλματος (γαστροκνήμιος, υποκνημίδιος) οι οποίοι είναι γνωστό ότι δραστηριοποιούνται ιδιαίτερα προς το τέλος της σύγκεντρης φάσης της κίνησης (Bobbert, & Van Ingen Schenau, 1988).

### **Ανακεφαλαίωση**

Η απόδοση των σκελετικών μυών σε ένα ηλεκτρικό ή βουλητικό ερέθισμα επηρεάζεται από την προηγηθείσα δραστηριότητά τους. Στην εν λόγω αρχή βασίζεται η αντιθετική μέθοδος προπόνησης που περιλαμβάνει το συνδυασμό ασκήσεων που διαφέρουν στην ένταση. Κατά την εφαρμογή της τα σετ μιας άσκησης που εκτελείται με υψηλή ένταση εναλλάσσονται με τα σετ μιας άσκησης που εκτελείται με χαμηλότερη ένταση ή ενδεχομένως με το σωματικό βάρος. Ο τύπος και τα χαρακτηριστικά της άσκησης που προηγείται όπως επίσης και η συνάφεια του

κινητικού της προτύπου με τη δραστηριότητα που έπεται φαίνεται ότι καθορίζουν την απόδοση της τελευταίας.

Όταν η δραστηριότητα που προηγείται είναι άσκηση με ηλεκτροδιέγερση υπομέγιστης έως μέγιστης έντασης η απόδοση των σκελετικών μυών αυξάνεται άμεσα και διατηρείται υψηλή για χρονικό διάστημα 5-10 min. Αντίθετα όταν η άσκηση περιλαμβάνει ισομετρικές συσπάσεις η απόδοση αυξάνεται μόνο όταν η ένταση της είναι μέγιστη και η συνολική της διάρκεια δε ξεπερνά τα 10 sec. Στην περίπτωση αυτή η μεταβολή είναι αισθητή αμέσως μετά το πέρας της άσκησης, έχει διάρκεια έως 10 min και το επίπεδό της φαίνεται ότι εξαρτάται από το προπονητικό επίπεδο των ασκουμένων. Όταν η δραστηριότητα που προηγείται περιλαμβάνει μέγιστες ισοκινητικές συσπάσεις η απόδοση αυξάνεται άμεσα και διατηρείται υψηλή για χρονικό διάστημα έως 12 min.

Από τα ευρήματα των σχετικών μελετών φαίνεται ότι ο συνδυασμός ασκήσεων με ελεύθερα φορτία υψηλής έντασης με πλειομετρικές ή με ασκήσεις χαμηλότερης έντασης, μπορεί να αυξήσει την απόδοση κατά την εκτέλεση των τελευταίων εάν ο χρόνος αποκατάστασης που μεσολαβεί είναι από 8 έως 15 min. Στην περίπτωση που σε ένα αντιθετικό ζεύγος συνδυάζονται άσκηση μέτριας έως χαμηλής έντασης με πλειομετρική άσκηση ή άσκηση χαμηλότερης έντασης, ο χρόνος αποκατάστασης μπορεί να είναι μικρότερος (2-10 min). Ωστόσο εξακολουθεί μεταξύ άλλων να παραμένει αδιευκρίνιστος ο βέλτιστος αριθμός σετ των ασκήσεων που συνδυάζονται και ο χρόνος αποκατάστασης σε σχέση με την ένταση της άσκησης. Επίσης άγνωστο παραμένει και το εάν η επίδραση που φαίνεται να έχει το «βαρύ» σετ που προηγείται στο «ελαφρύτερο» σετ που ακολουθεί υφίσταται και στην αντίθετη περίπτωση. Επιπλέον οι περισσότερες μελέτες έχουν εξετάσει την αποτελεσματικότητά της αντιθετικής προπόνησης μέσω των μεταβολών που υφίσταται η απόδοση στη δραστηριότητα που ακολουθεί η οποία όμως περιλαμβάνει μία ή δύο προσπάθειες. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν ελάχιστα δεδομένα για την επίδραση της εν λόγω προπόνησης σε μια σειρά προσπαθειών γεγονός το οποίο είναι σύνηθες κατά την προπόνηση για τη βελτίωση της ισχύος. Επίσης παρά το γεγονός ότι η αντιθετική προπόνηση επιδιώκει την αύξηση της απόδοσης μέσω της διέγερσης του ΚΝΣ οι μελέτες που παράλληλα με την απόδοση αξιολόγησαν την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών ως ένδειξη του επιπέδου διέγερσης του νευρομυϊκού συστήματος είναι περιορισμένες (Ebben et al., 2000; Jones, & Lees, 2003).

**Πίνακας 2.** Μεταβολή της απόδοσης μετά από παρέμβαση άσκησης με ελεύθερα φορτία

Συγγραφείς	Προπονητικό επίπεδο-φύλο	Μυϊκές ομάδες	Σετ Επαναλήψεις Ένταση (% της 1-ME)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων	Τεστ-Μεταβολή (%)
Sotiropoulos et al. (2010)	M - A	KA	(1 X 5 X 25) & (1 X 5 X 35) HM* (1 X 5 X 45) & (1 X 5 X 65) HM*	3 min >>	3min >>	AT (Y ↑3,95%, MI ↑6,3%, HMΓ <sub>OM, EEP</sub> ↔, HMΓ <sub>EEΠ</sub> ↑5,5%, HMΓ <sub>TP</sub> ↑4,4%) AT (Y ↑3%, MI ↑7,3%, HMΓ <sub>OM, EEP</sub> ↔, HMΓ <sub>EEΠ</sub> ↑10,9%, HMΓ <sub>TP</sub> ↑7,2%)
Bevan et al. (2009)	Π - A	AA	3 X 3 X 87 ΠΠ	4 min	8min	BΠΠ (MI ↑4,2%, Y ↑5,4%)
Weber et al. (2008)	Π-A	KA	1 X 5 X 85 HM		3min	EA (Y ↑5,5%)
Comyns et al. (2007)	Π - A >> >>	KA >> >>	1 X 3 X 65 HM 1 X 3 X 80 HM 1 X 3 X 93 HM		4min >> >>	ΑΠ (Y ↓4,8%, XE ↔, AΔ ↓7,9%, MΣ ↔) ΑΠ (Y ↓4,1%, XE ↔, AΔ ↔, MΣ ↔) ΑΠ (Y ↓3,4%, XE ↓7,8%, AΔ ↔, MΣ ↑10,9%)
Villarreal et al. (2007)	Π - A >> >> >> >> >> >> >>	KA >> >> >> >> >> >>	3 X 5 X ~ 45 AT >> (2 X 4 X 80) & (2 X 3 X 85) HM >> (2 X 4 X 80) & (2 X 2 X 90) HM >> 3 X 5 X 30 HM >>	1 min >> >> >> >> >> >>	5min 6h 5min 6h 5min 6h 5min 6h	AT (Y ↑4,1%), ΑΠ (Y ↑4,2%), ΑΤ <sub>ΦMI</sub> (MI ↑2,5%) AT (Y ↔), ΑΠ (Y ↑), ΑΤ <sub>ΦMI</sub> (MI ↑9,03%) AT (Y ↑5%), ΑΠ (Y ↑3%), ΑΤ <sub>ΦMI</sub> (MI ↑11,4%) AT (Y ↔), ΑΠ (Y ↑), ΑΤ <sub>ΦMI</sub> (MI ↔) AT (Y ↑4,6%), ΑΠ (Y ↑5,5%), ΑΤ <sub>ΦMI</sub> (MI ↑9%) AT (Y ↔), ΑΠ (Y ↑), ΑΤ <sub>ΦMI</sub> (MI ↔) AT (Y ↔), ΑΠ (Y ↔), ΑΤ <sub>ΦMI</sub> (MI ↔) AT (Y ↔), ΑΠ (Y ↔), ΑΤ <sub>ΦMI</sub> (MI ↔)

(συνεχίζεται)

**Π:** Προπονημένοι, **M:** Μέτρια προπονημένοι, **X:** Χαμηλού προπονητικού επιπέδου, **A:** Άνδρες, **Γ:** Γυναίκες, **AA:** Άνω άκρα, **KA:** Κάτω άκρα, **ΠΠ:** Πιέσεις πάγκου, **BΠΠ:** Βαλλιστικές πιέσεις πάγκου, **HM:** Ημικάθισμα, **AT:** Άλμα με ταλάντευση, **ΑΤ<sub>ΦMI</sub>:** Άλμα με ταλάντευση με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς, **EA:** Επαναλαμβανόμενα άλματα με ταλάντευση, **ΑΠ:** Άλμα από πτώση, **XE:** Χρόνος επαφής κατά το ΑΠ, **AΔ:** Αντιδραστική δύναμη, **MΣ:** Μυϊκή σκληρότητα, **Y:** Ύψος άλματος, **MI:** Μέγιστη μηχανική ισχύς, **1-ME:** 1 Μέγιστη επανάληψη, **HMΓ<sub>OM, EEP, EEP,</sub>** **TP, ΔM:** Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα ορθού, έξω πλατύ, έσω πλατύ, τετρακέφαλου και δικέφαλου μηριαίου: Αύξηση της απόδοσης, ↔: Αμετάβλητη απόδοση, ↓: Μείωση της απόδοσης, \* Εγκριτική εκτέλεση

Συγγραφείς	Προπονητικό επίπεδο-φύλο	Μυϊκές ομάδες	Σετ Επανάληψεις Ένταση (% της 1-ME)	Διάρκεια μεταξύ των σετ	Διάρκεια μεταξύ των ασκήσεων	Τεστ-Μεταβολή (%)
Chatzopoulos et al. (2007)	M - A >>	KA >>	10 X 1 X 90 HM >>	3 min >>	3 min 5 min	T <sub>0-10m</sub> ↑, T <sub>0-30m</sub> ↔ T <sub>0-10m</sub> ↑, T <sub>0-30m</sub> ↑
Rixon et al. (2007)	Π, X - A Π, X - Γ Π-A, Γ X-A, Γ	KA >> >> >>	1 X 3 X 90 HM (Smith) >> >> >>	3 min >> >> >>	3 min >> >> >>	AT (Y ↑1,7%, MI ↑8%) AT (Y ↔, MI ↔) AT (Y ↔, MI ↔) AT (Y ↔, MI ↔)
Hanson et al. (2007)	M - A, Γ >>	KA >>	1 X 8 X 40 HM (Smith) 1 X 4 X 80 HM (Smith)	5 min >>	5 min >>	AT (Ω ↔, ΔAE/ΣB ↔) AT (Ω ↔, ΔAE/ΣB ↔)
Smilios et al. (2005)	M - A >> >> >>	KA >> >> >>	1° Π: 3 X 5 X 30 EA 2° Π: 3 X 5 X 60 EA 3° Π: 3 X 5 X 30 HM 4° Π: 3 X 5 X 60 HM	3 min 3 min 3 min 3 min	1 min μετά από κάθε σετ 1 min μετά από κάθε σετ 1 min μετά από κάθε σετ 1 min μετά από κάθε σετ	AT (Y <sub>1σετ</sub> ↑3,8%, Y <sub>2σετ</sub> ↑3,9%) AT (Y <sub>2σετ</sub> ↑3,4%, Y <sub>3σετ</sub> ↑4%) AT (Y ↔) AT (Y <sub>1σετ</sub> ↑3,7%, Y <sub>2σετ</sub> ↑2,9%), (Y <sub>1σετ 4ου Π</sub> > Y <sub>1σετ 2ου Π</sub> )

(συνεχίζεται)

Π: Προπονημένοι, Μ: Μέτρια προπονημένοι, Χ: Χαμηλού προπονητικού επιπέδου, Α: Άνδρες, Γ: Γυναίκες, ΚΑ: Κάτω άκρα, ΗΜ: Ημικάθισμα, 1° Π.: 1° Πρωτόκολλο κ.ά., ΕΑ: Επαναλαμβανόμενα άλματα, Τ: Δρομική ταχύτητα, ΑΤ: Άλμα με ταλάντευση, Υ: Ύψος άλματος, ΜΙ: Μέγιστη μηχανική ισχύς, Ω: Κατακόρυφη ώθηση, ΔΑΕ/ΣΒ: Δύναμη αντίδρασης του εδάφους ομαλοποιημένη ως προς το σωματικό βάρος, 1-ME: 1 Μέγιστη επανάληψη, ↑: Αύξηση της απόδοσης, ↔: Αμετάβλητη απόδοση, ↓: Μείωση της απόδοσης, >: Σημαντικά υψηλότερη τιμή



Συγγραφείς	Προπονητικό επίπεδο-φύλο	Μυϊκές ομάδες	Σετ Επανάληψεις Ένταση (% της 1-ΜΕ)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων	Τεστ-Μεταβολή (%)
Scott & Docherty (2004)	Π - Α	ΚΑ	1 X 5 X 5-ΜΕ ΗΜ		5 min	ΑΤ (Y ↔), ΑΜ (M ↔)
Baker (2003)a	Π - Α	ΑΑ	3 X 10 X 65 ΠΠ 1 X 5 X 40kg ΒΠΠ (Smith)	1,5 min	90sec, 7min 3min	ΒΠΠ <sub>40kg Smith</sub> (MI <sub>90sec</sub> ↓18%, MI <sub>7min</sub> ↓6,7%) ΒΠΠ <sub>40kg Smith</sub> (MI <sub>3min</sub> ↔)
Baker (2003)b	Π - Α >>	ΑΑ >>	1° Π: 1 X 6 X 65 ΠΠ 2° Π: 1 X 5 X 50kg ΒΠΠ (Smith)		3min	ΒΠΠ <sub>50kg Smith</sub> (MI <sub>10Π</sub> > MI <sub>2Π</sub> , 4,5%)
Jensen & Ebben (2003)	Π - Α >> Π - Γ >> Π, ΥΔ - Α, Γ >> Π, ΧΔ - Α, Γ >>	ΚΑ >> >> >> ΚΑ >> ΚΑ >>	1 X 5 X 85 ΗΜ >> >> 1 X 5 X 85 ΗΜ >>		10sec 1,2,3,4min 10sec 1,2,3,4min 10sec 1,2,3,4min 10sec 1,2,3,4min	ΑΤ (Y ↓1,5%, Y <sub>A</sub> >Y <sub>Γ</sub> ) ΑΤ (Y ↔, Y <sub>A</sub> >Y <sub>Γ</sub> ) ΑΤ (Y ↓3,4%, Y <sub>A</sub> >Y <sub>Γ</sub> ) ΑΤ (Y ↔, Y <sub>A</sub> >Y <sub>Γ</sub> ) ΑΤ (Y ↔, Y <sub>ΥΔ</sub> >Y <sub>ΧΔ</sub> ) ΑΤ (Y ↔, Y <sub>ΥΔ</sub> >Y <sub>ΧΔ</sub> ) ΑΤ (Y ↔, Y <sub>ΥΔ</sub> >Y <sub>ΧΔ</sub> ) ΑΤ (Y ↔, Y <sub>ΥΔ</sub> >Y <sub>ΧΔ</sub> )

(συνεχίζεται)

Π: Προπονημένοι, Μ: Μέτρια προπονημένοι, Α: Άνδρες, Γ: Γυναίκες, ΥΔ: Άτομα με υψηλή μέγιστη δύναμη, ΧΔ: Άτομα με χαμηλή μέγιστη δύναμη, ΑΑ: Άνω άκρα, ΚΑ: Κάτω άκρα, 1° Π.: 1° Προτόκολλο κ.ά., ΗΜ: Ημικάθισμα, ΠΠ: Πιέσεις πάγκου, ΒΠΠ: Βαλλιστικές πιέσεις πάγκου, ΑΤ: Άλμα με τάλαντευση, Υ: Ύψος άλματος, ΑΜ: Άλμα σε μήκος άνευ φοράς, Μ: Μήκος άλματος, 1-ΜΕ: 1 Μέγιστη επανάληψη, ΜΙ: Μέγιστη μηχανική ισχύς, †: Αύξηση της απόδοσης, ↔: Αμετάβλητη απόδοση, ↓: Μείωση της απόδοσης, >: Σημαντικά υψηλότερη τιμή

Συγγραφείς	Προπονητικό επίπεδο-φύλο	Μυϊκές ομάδες	Σετ Επαναλήψεις Ένταση (% της 1-ΜΕ)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων	Τεστ-Μεταβολή (%)
Hrysomallis & Kidgell (2001)	M - A >> >>	ΑΑ >> >>	1 X 5 X 5-ΜΕ ΠΠ 3 X 1 ΤΚ* (1 X 5) ΙΜ*	90 sec	3min 3min >>	ΤΚ* (Ω ↔, ΡΑΔ ↔, ΜΔ ↔) ΤΚ* (Ω ↔, ΡΑΔ ↔, ΜΔ ↔)
Young et al. (1998)	M - A	ΚΑ	1 X 5 X 5-ΜΕ ΗΜ		4min	ΕΑ <sub>19kg</sub> (Υ <sub>ΜΤ 5ΕΑ</sub> ↑2,8%)

(συνεχίζεται)

**Μ:** Μέτρια προπονημένοι, **Α:** Άνδρες, **ΑΑ:** Άνω άκρα, **ΚΑ:** Κάτω άκρα, **ΗΜ:** Ημικάθισμα, **ΠΠ:** Πιέσεις πάγκου, **ΤΚ:** Τάσεις και κάμψεις των χεριών από πρηνή θέση, **ΙΜ:** Ρίψη ιατρικής μπάλας, **Ω:** Κατακόρυφη ώθηση, **ΡΑΔ:** Ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης, **ΜΔ:** Μέγιστη δύναμη, **Υ:** Ύψος άλματος, **1-ΜΕ:** 1 Μέγιστη επανάληψη, **ΕΑ<sub>19kg</sub>:** Επαναλαμβανόμενα άλματα με τάλαντευση και φορτίο 19kg, **ΜΤ:** Μέση τιμή, **↑:** Αύξηση της απόδοσης, **↔:** Αμετάβλητη απόδοση, **\*** Εκρηκτική εκτέλεση

### III. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

#### 1<sup>η</sup> Μελέτη

##### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αντιθετική προπόνηση αποτελεί μια στρατηγική άσκησης η οποία βασίζεται στις αρχές που διέπουν την πρόκληση και αξιοποίηση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης. Αυτή περιλαμβάνει την εκτέλεση 1 σετ άσκησης με υψηλή ένταση πριν από την εκτέλεση μιας ή περισσότερων εκρηκτικών κινήσεων με χαμηλότερο φορτίο και παρόμοια βιομηχανικά χαρακτηριστικά. Ο συνδυασμός αυτός αναφέρεται ως «ενότητα» και συχνά η αντιθετική προπόνηση περιλαμβάνει περισσότερες από μία (Hodgson et al., 2005). Σύμφωνα με το Chu (1996) κάθε «βαρύ» σετ μιας ενότητας πριμοδοτεί την απόδοση στο «ελαφρύτερο» σετ που ακολουθεί επιδρώντας θετικά στην ποιότητα της συνολικής προπόνησης. Υπέρ της άποψης αυτής συνηγορούν και τα αποτελέσματα αρκετών ερευνών στις οποίες μετά από την εκτέλεση του βαρύτερου σετ με υψηλό φορτίο ( $\geq 80\%$  της 1-ME) βρέθηκε σημαντική αύξηση του κατακόρυφου άλματος ανεξάρτητα από το αν εκτελούνταν με ή δίχως πρόσθετο φορτίο (Kilduff et al., 2007; Rixon et al., 2007; Weber et al., 2007; Young et al., 1998). Ωστόσο, υπήρξαν και μελέτες οι οποίες χρησιμοποιώντας το ίδιο φορτίο δε βρήκαν μεταβολή στην απόδοση τόσο του αργού όσο και του γρήγορου κύκλου διάτασης-βράχυνσης (Comyns et al., 2007; Hanson et al., 2007; Jones, & Lees, 2003; Jensen, & Ebben, 2003). Επιπλέον, πρόσφατα παρουσιάστηκαν ενδείξεις ότι η βελτίωση της απόδοσης είναι εφικτή ακόμα και όταν το «βαρύ» σετ εκτελείται με μέτριο ή/και χαμηλό φορτίο (Baker et al., 2001; Clark et al., 2006; Comyns et al., 2007; Gilbert, & Lees, 2005; Smilios et al., 2005). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη συγκριτικών στοιχείων δημιουργεί σύγχυση σχετικά με την επιλογή του βέλτιστου φορτίου άσκησης.

Έλλειμμα όμως ερευνητικών στοιχείων υπάρχει και όσον αφορά την επίδραση του αριθμού των ενοτήτων στη συνολική ποιότητα της προπόνησης. Εξάλλου από τις σχετικές μελέτες μόνο μία διερεύνησε την αλληλεπίδραση φορτίου-ενοτήτων χρησιμοποιώντας μόνο μέτρια και χαμηλά φορτία (Smilios et al., 2005). Επίσης, παρότι το φαινόμενο στο οποίο βασίζεται η αντιθετική προπόνηση είναι εν μέρει νευρογενές, δεν υπάρχει επαρκής αριθμός ερευνών που εκτός των μεταβολών της απόδοσης να έχουν μελετήσει την

ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών. Μάλιστα, στη μοναδική έρευνα που έχει μελετηθεί η επίδραση 1 σετ ημικαθισμάτων με μπάρα με υψηλό φορτίο (85% της 1-ME) στην απόδοση του αργού και του γρήγορου κύκλου διάτασης-βράχυνσης εκ παραλλήλου με την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη δε βρέθηκαν μεταβολές σε κάποια από τις παραμέτρους (Jones, & Lees, 2003).

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετήσει την επίδραση του αριθμού των ενοτήτων αλλά και του υψηλού έναντι του μέτριου φορτίου (φορτίου με το οποίο παράγεται η μέγιστη μηχανική ισχύς) κατά την εκτέλεση αλμάτων με φορτίο, στην ισχύ των κάτω άκρων και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και των καμπτήρων της κνήμης κατά την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως φορτίο.

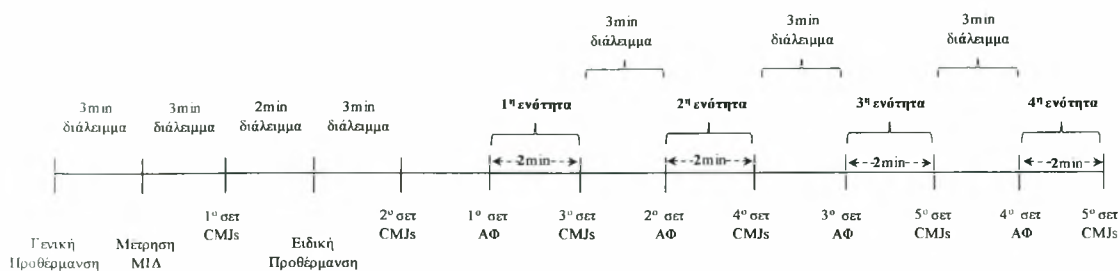
## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### *Δείγμα*

Είκοσι δύο υγιείς άνδρες χωρίς κανένα μυοσκελετικό πρόβλημα, συμμετείχαν εθελοντικά στην έρευνα, αφού προηγουμένως υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης όπου περιγράφονταν ο σκοπός, η πειραματική διαδικασία και οι πιθανοί κίνδυνοι από τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Οι δοκιμαζόμενοι, ήταν ερασιτέχνες αθλητές πετοσφαίρισης με εμπειρία ενός έτους στην προπόνηση δύναμης με ελεύθερα φορτία ενώ τις τελευταίες 12 εβδομάδες προπονούνταν συστηματικά 2-3 φορές την εβδομάδα με φορτία 40-90% της 1-ME με στόχο τη βελτίωση της ισχύος. Τα χαρακτηριστικά του δείγματος περιγράφονται στον Πίνακα 3.

### *Πειραματικός Σχεδιασμός*

Οι δοκιμαζόμενοι χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο ισάριθμες ομάδες οι οποίες εφήρμοσαν διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης με βάρη για τη βελτίωση της ισχύος των κάτω άκρων. Πριν από την εφαρμογή των πρωτοκόλλων και συγκεκριμένα μετά από το γενικό και το ειδικό μέρος της προθέρμανσης κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ενός σετ 3 αλμάτων με ταλάντευση αξιολογήθηκαν το ύψος του άλματος και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των καμπτήρων και των εκτεινόντων την κνήμη. Τα δύο πρωτόκολλα περιελάμβαναν παρόμοιες μηχανικά ασκήσεις και ίδιο αριθμό σετ αλλά διέφεραν μεταξύ τους στο φορτίο της άσκησης και στον αριθμό των επαναλήψεων.



**Σχήμα 6.** Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας. **CMJs:** άλματα με ταλάντευση, **ΑΦ:** άσκηση με πρόσθετο φορτίο, **ΜΙΑ:** μέγιστη ισομετρική δύναμη.

Πιο συγκεκριμένα η μια ομάδα εκτέλεσε 4 ενότητες αντιθετικής προπόνησης κάθε μια από τις οποίες περιείχε 1 σετ των 5 επαναλαμβανόμενων αλμάτων με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς και 1 σετ των 3 αλμάτων με ταλάντευση δίχως πρόσθετο φορτίο ( $n=11$ , ΟΜΙ). Η άλλη ομάδα εκτέλεσε 4 ενότητες αντιθετικής προπόνησης κάθε μια από τις οποίες περιείχε 3 εκρηκτικά ημικαθίσματα με μπάρα με φορτίο ισοδύναμο του 90% της 1-ME και 1 σετ των 3 αλμάτων με ταλάντευση δίχως πρόσθετο φορτίο ( $n=11$ , ΟΥΦ). Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση εντός της κάθε ενότητας αξιολογήθηκαν το ύψος του άλματος και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και των καμπτήρων την κνήμη.

### Περιγραφή των δοκιμασιών

*Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά – Σύσταση σώματος.* Μετά το πέρας της περιόδου προετοιμασίας οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στο εργαστήριο για τη μέτρηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών (σωματική μάζα και ύψος) και του σωματικού λίπους. Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας και του ύψους χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζυγός και αναστημόμετρο Sega, με ακρίβεια 0,1 kg και 0,1 cm αντίστοιχα. Για τον προσδιορισμό του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκαν τρεις επιλεγμένες δερματοπτυχές (στήθους, κοιλιακή, μηριαία) και ο υπολογισμός έγινε με την εξίσωση των Jackson και Pollock (1978). Η μέτρηση των δερματοπτυχών έγινε στη δεξιά πλευρά του σώματος, με τη χρησιμοποίηση δερματοπτυχόμετρου τύπου Harpenden Skinfold Caliber (model: HSK-BL, England), με ακρίβεια 0,2mm, όπως περιγράφεται από τους Malina και Bouchard (1991). Στο κάθε σημείο πραγματοποιούνταν δύο μετρήσεις και αν η διαφορά ήταν μικρότερη του 1mm τότε ο μέσος όρος των μετρήσεων καταγραφόταν και αντιπροσώπευε την τιμή της κάθε δερματοπτυχής (πάχος κάθε σημείου). Αν η διαφορά ήταν μεγαλύτερη από 1 mm, τότε γινόταν και τρίτη μέτρηση.

**Πίνακας 3.** Χαρακτηριστικά δείγματος

Ομάδα	Ηλικία (έτη)	Σωματική μάζα (kg)	Ύψος (cm)	Λίπος (%)	1-ME (kg)
ΟΥΦ	21,1±0,8	76,6±7,2	181,0±5,2	11,6±2,5	187,2±26,8
ΟΜΙ	21,6±1,5	79,6±6,2	180,5±6,8	11,5±2,7	192,3±22,3

Σημείωση: ΟΜΙ ομάδα που ασκήθηκε με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς, ΟΥΦ ομάδα που ασκήθηκε με το 90% της 1-ME

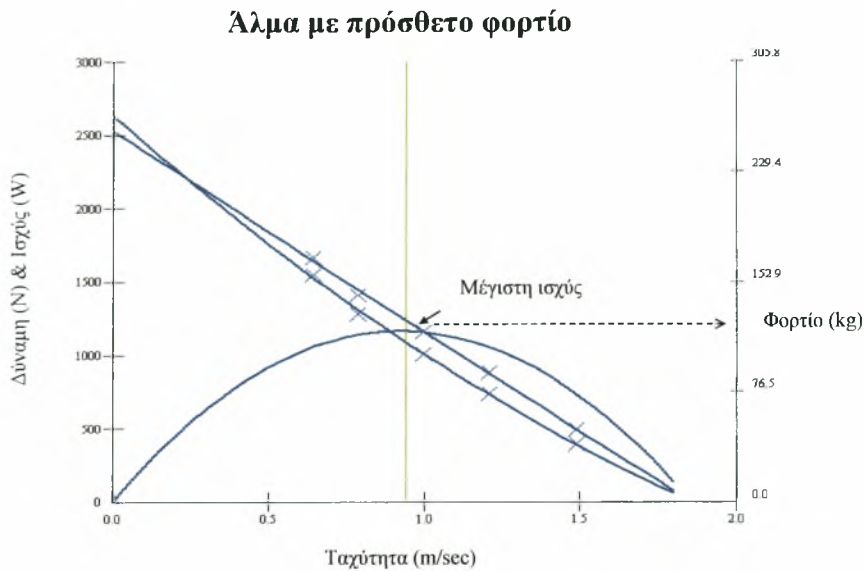
*Μία μέγιστη επανάληψη.* Η μέτρηση της μέγιστης δύναμης στην άσκηση του ημικαθίσματος (90°), έγινε με τη μέθοδο της μιας μέγιστης επανάληψης (1-ME) 4 ημέρες πριν από την εφαρμογή των προπονητικών προγραμμάτων. Αρχικά ως προθέρμανση εκτελέστηκαν 5-8 επαναλήψεις με φορτίο 50-60% της προβλεπόμενης 1-ME, ακολούθως μετά από 2 λεπτά εκτελέστηκαν 2-4 επαναλήψεις στο 70-80% της προβλεπόμενης 1-ME και μετά από 2 λεπτά διάλειμμα εκτελούνταν μία επανάληψη στο 90% της προβλεπόμενης 1-ME. Στο τέλος, εκτελώντας μία επανάληψη, αυξανόταν σταδιακά το φορτίο ( $\approx$  5%) μέχρι ο δοκιμαζόμενος να μη μπορέσει να εκτελέσει μία επανάληψη στο πλήρες εύρος κίνησης (κατέβασμα σε γωνία γόνατος 90° και ακολούθως εκτέλεση πλήρους έκτασης γονάτων 180°). Για τον προσδιορισμό της μέγιστης δύναμης απαιτούνταν 2-3 προσπάθειες, με ενδιάμεσο διάλειμμα 3-5 min.

*Ταχοδυναμική Σχέση.* Σε διαφορετική ημέρα γινόταν ο προσδιορισμός της ταχοδυναμικής σχέσης. Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν προθέρμανση συνολικής διάρκειας 10 λεπτών, η οποία περιλάμβανε 5 min ποδήλατο (60 rpm/min) και 5 λεπτά διατάσεις με έμφαση στα κάτω άκρα. Στη συνέχεια εκτελούσαν την άσκηση των αλμάτων με επιπρόσθετο φορτίο (loaded jump squats, γωνία γόνατος 90°) με φορτία 20, 35, 50, 65 και 80% της 1-ME. Σε κάθε φορτίο εκτελούνταν 2-3 προσπάθειες με διάλειμμα 2-3 min. Σε κάθε φορτίο μετρήθηκαν κατά τη σύγκεντρη φάση της κίνησης η ταχύτητα κίνησης (V), η δύναμη (F) και η παραγόμενη ισχύς (P). Η μέτρηση των μηχανικών παραμέτρων έγινε με τη χρήση του ειδικού κωδικοποιητή σήματος (MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab V6.07). Συνδεδεμένος με το MuscleLab ήταν ένας κωδικοποιητής γραμμικής μετακίνησης, προσαρμοσμένος στη μπάρα με την οποία εκτελέστηκε η άσκηση (μετάδοση σήματος κάθε 3 mm μετακίνησης). Με βάση το φορτίο που είχε δοθεί, υπολογίσθηκαν από το λογισμικό οι

μηχανικές παράμετροι της δύναμης [ $F(N) = (m \times g) + (m \times a)$ ] και της ισχύος [ $P(W) = F \times V$ ]. Σε κάθε φορτίο εκτελέστηκαν τρεις επαναλήψεις και η καλύτερη καταγράφηκε για την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ακολούθως, για την εύρεση του φορτίου με το οποίο παραγόταν η μέγιστη ισχύς για κάθε δοκιμαζόμενο εφαρμόστηκε ένα πολυώνυμο δευτέρου βαθμού ( $y = ax^2 + bx + c$ ) και αναλύοντας τη μέση παραγωγή ισχύος της καλύτερης προσπάθειας για κάθε φορτίο (20, 35, 50, 65 και 80% της 1-ME) προσδιοριζόταν το φορτίο με το οποίο μπορούσε να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ισχύος (Σχήμα 7). Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν τα 2 φορτία που αντιστοιχούσαν στο 70% και 130% του φορτίου με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς.

*Μέγιστη ισομετρική δύναμη.* Για τον προσδιορισμό της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (ΜΙΔ) εκτελέστηκαν με το δεξιό άκρο 2 μέγιστες συσπάσεις διάρκειας 4sec. Εάν η παραγόμενη δύναμη διέφερε περισσότερο από 5% εκτελούνταν και τρίτη σύσπαση. Το διάλειμμα μεταξύ τους ήταν 90 sec. Κατά τη μέτρηση της ΜΙΔ των εκτεινόντων την κνήμη οι γωνίες στις αρθρώσεις του ισχίου και του γόνατος ήταν  $115^\circ$  και  $85^\circ$  αντίστοιχα, ενώ κατά τη μέτρηση της ΜΙΔ των καμπτήρων οι προαναφερόμενες γωνίες ήταν  $165^\circ$  και  $175^\circ$ . Κατά τη διάρκεια της μέτρησης τα άνω άκρα ήταν σταυρωμένα στο στήθος ενώ ο κορμός, η λεκάνη και ο μηρός ήταν ακινητοποιημένοι με τη βοήθεια ειδικών ιμάντων. Η παραγόμενη δύναμη κατεγράφη μέσω ενός ειδικά προσαρμοσμένου πιεζοηλεκτρικού δυναμόμετρου σε ηλεκτρονικό καταγραφέα (συχνότητα λήψης 100 Hz, MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή και ειδικό λογισμικό (Muscle Lab V6.07).

*Ύψος άλματος.* Το ύψος του άλματος με ταλάντευση υπολογίστηκε από το χρόνο πτήσης με τη χρήση ενός δαπέδου αγωγιμότητας συνδεδεμένου με ένα μικροϋπολογιστή (Ergojump, Psion © CM, MAGICA, Rome, Italy) χρησιμοποιώντας τον τύπο: Ύψος άλματος (m) =  $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times \text{χρόνος πτήσης (s)}^2 / 8$  (Bosco et al., 1983). Σε κάθε μέτρηση εκτελούνταν τρία άλματα και στη στατιστική ανάλυση συμπεριλαμβάνονταν το υψηλότερο.



**Σχήμα 7.** Σχέση φορτίου-ταχύτητας και φορτίου-ισχύος. Προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς.

*Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.* Κατά τη σύγκεντρη φάση των κατακόρυφων αλμάτων όπως επίσης και κατά την εκτέλεση των μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων (σε τμήμα σύσπασης χωροθετημένο εντός του πλατύ δύναμης διάρκειας 1,5 sec), μετρήθηκε στο δεξιό μηρό η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (ΗΜΓ) του ορθού μηριαίου (ΟΜ), του έξω πλατύ (ΕΞΠ), έσω πλατύ (ΕΣΠ) και του δικέφαλου μηριαίου (ΔΜ) με τη βοήθεια διπολικών ηλεκτροδίων επιφανείας αργύρου (AE-131, NeuroDyne Medical Co., επιφάνεια ενεργών ηλεκτροδίων 5 mm, απόσταση ηλεκτροδίων 20 mm) τα οποία σταθεροποιήθηκαν επί των μυών σύμφωνα με τις υποδείξεις του SENIAM (Hermens et al. 1999). Πριν την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων η επιδερμίδα ξυρίστηκε και καθαρίστηκε επιμελώς με οινόπνευμα προκειμένου να μειωθεί η μυοηλεκτρική σύνθετη αντίσταση. Το ηλεκτρικό σήμα ενισχύθηκε από κέρδος 600 db με αναλογία απόρριψης κοινού σήματος τα 100 db και φιλτραρίστηκε από φίλτρο διαπερατότητας 6-1500 Hz (Biochip, Grenoble, France). Το Muscle Lab ενίσχυσε και ποσοτικοποίησε το ακατέργαστο μυοηλεκτρικό σήμα υπολογίζοντας την τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγώνου (RMS) μέσω ειδικού εγκατεστημένου κυκλώματος (frequency response 450 kHz, averaging window 100 ms, total error  $\pm$  0.5%). Τα σήματα του γραμμικού καταγραφέα, του δυναμόμετρου και της ποσοτικοποιημένης μυοηλεκτρικής δραστηριότητας κατεγράφησαν και αναλύθηκαν ταυτόχρονα από το Muscle Lab με συχνότητα δειγματοληψίας τα 100 Hz. Η ηλεκτρική δραστηριότητα του τετρακέφαλου



μηριαίου (TM) υπολογίσθηκε ως η μέση τιμή της δραστηριότητας των ΟΜ, ΕΞΠ και ΕΣΠ. Οι τιμές της μυοηλεκτρικής δραστηριότητας που προέκυψαν από την εκτέλεση των κατακόρυφων αλμάτων ομαλοποιήθηκαν ως προς τη βέλτιστη από τις τιμές που κατεγράφησαν κατά την εκτέλεση των μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων οι οποίες πραγματοποιήθηκαν πριν την άσκηση.

### *Διαδικασία Μέτρησης*

Την ημέρα διεξαγωγής των μετρήσεων οι δοκιμαζόμενοι ακολούθησαν κοινό πρόγραμμα γενικής προθέρμανσης που περιελάμβανε 5 min ποδήλατο με επιβάρυνση 60 W, 3 min διατάσεις των κάτω άκρων (εκτεινόντων την κνήμη, ισchioκνημιαίων, γαστροκνήμιου, υποκνημίδιου) και 2 min αλτικές ασκήσεις.

Κατόπιν έγινε η τοποθέτηση ηλεκτροδίων και αμέσως μετά μετρήθηκαν η μέγιστη ισομετρική δύναμη των καμπτήρων και των εκτεινόντων την κνήμη. Στη συνέχεια και μετά από διάλειμμα 3 min εκτελέστηκαν τα τρία αρχικά άλματα με ταλάντευση. Κατά την εκτέλεση των αλμάτων οι δοκιμαζόμενοι κρατούσαν με τα χέρια τους μια μπάρα αλουμινίου που στηρίζονταν στους ώμους τους.

Κατόπιν και συγκεκριμένα μετά από διάλειμμα 2 min ακολούθησε η ειδική προθέρμανση που περιελάμβανε 2 σετ των 5-6 ημικαθισμάτων με μπάρα έως την ακροστασία, με φορτίο το οποίο ισοδυναμούσε με το 60% και 80% του φορτίου της άσκησης αντίστοιχα. Μεταξύ των σετ της ειδικής προθέρμανσης μεσολάβησε διάλειμμα 3 min. Στη συνέχεια και μετά από διάλειμμα 3 min εκτελέστηκε το 2<sup>ο</sup> σετ των αλμάτων με ταλάντευση.

Ακολούθως η ομάδα ΟΜΙ εκτέλεσε 4 ενότητες αντιθετικής προπόνησης κάθε μια από τις οποίες περιελάμβανε 1 σετ των 5 επαναλαμβανόμενων αλμάτων με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς και 1 σετ των 3 αλμάτων με ταλάντευση δίχως πρόσθετο φορτίο. Αντίστοιχα η ομάδα ΟΥΦ εκτέλεσε 4 ενότητες αντιθετικής προπόνησης κάθε μια από τις οποίες περιείχε 3 εκρηκτικά ημικαθίσματα με μπάρα με φορτίο ισοδύναμο του 90% της 1-ΜΕ και 1 σετ των 3 αλμάτων με ταλάντευση δίχως πρόσθετο φορτίο. Το διάλειμμα εντός των ενοτήτων ήταν 2 min ενώ μεταξύ των ενοτήτων ήταν 3 min και για τις δύο ομάδες (Σχήμα 6). Από κάθε σειρά κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση καταγράφονταν και συμπεριλαμβάνονταν στη στατιστική ανάλυση το ύψος του βέλτιστου άλματος και η αντίστοιχη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη.

### **Στατιστική ανάλυση**

Για τον έλεγχο της επίδρασης των δύο διαφορετικών φορτίων στην απόδοση και τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με δύο παράγοντες (φορτίο άσκησης και μετρήσεις) εκ των οποίων ο δεύτερος επαναλαμβάνονταν. Για τη διερεύνηση των σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ .

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκαν δύο πρωτόκολλα άσκησης με βάρη, τα οποία διέφεραν ως προς την ένταση της άσκησης αλλά είχαν κοινό στόχο τη βελτίωση της ισχύος των κάτω άκρων. Για το σκοπό αυτό 22 δοκιμαζόμενοι χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο ισάριθμες ομάδες. Η μια ομάδα εκτέλεσε 4 ενότητες αντιθετικής προπόνησης κάθε μια από τις οποίες περιελάμβανε 1 σετ των 5 επαναλαμβανόμενων αλμάτων με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς και 1 σετ των 3 αλμάτων με ταλάντευση δίχως πρόσθετο φορτίο ( $n=11$ , OMI). Η άλλη ομάδα εκτέλεσε 4 ενότητες αντιθετικής προπόνησης κάθε μια από τις οποίες περιελάμβανε 3 εκρηκτικά ημικαθίσματα με μπάρα με φορτίο ισοδύναμο του 90% της 1-ME και 1 σειρά 3 αλμάτων με ταλάντευση δίχως πρόσθετο φορτίο ( $n=11$ , OΥΦ). Πριν και κατά τη διάρκεια της προπόνησης αξιολογήθηκε η αλτική ικανότητα με τη μέτρηση του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη (Σχήμα 6).

#### **Κατακόρυφο άλμα**

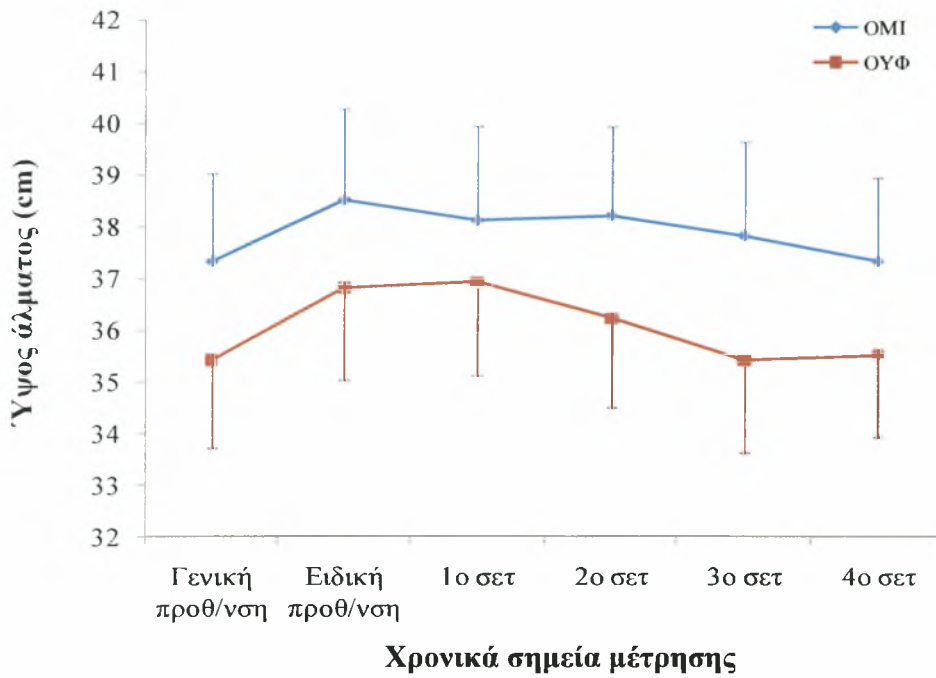
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(i) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «ομάδες» και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=0,677, p > 0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 2(i) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ομάδες» ( $F_{(1, 20)}=0,580, p > 0,05$ ). Αντίθετα διαπιστώθηκε ότι η μηδενική υπόθεση 3(i) δεν ισχύει διότι βρέθηκε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=5,473, p < 0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε ότι στο σύνολο του δείγματος, το κατακόρυφο άλμα που μετρήθηκε μετά από την ειδική προθέρμανση ήταν υψηλότερο αυτών που μετρήθηκαν μετά από τη γενική προθέρμανση και από τα δύο τελευταία σετ της άσκησης με βάρη ενώ το άλμα που μετρήθηκε μετά από το 1<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με τα βάρη υπερέιχε αυτών που μετρήθηκαν

μετά από τη γενική προθέρμανση και από το τελευταίο σετ της άσκησης με βάρη ( $p < 0,05$ ). Συγκεκριμένα το άλμα που μετρήθηκε μετά από την ειδική προθέρμανση ήταν υψηλότερο από τα άλματα που μετρήθηκαν μετά από τη γενική προθέρμανση και μετά από το 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη κατά 3,7% και 2,9% και 3,6% αντίστοιχα. Επίσης το άλμα το οποίο μετρήθηκε μετά από το 1<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με τα βάρη ήταν υψηλότερο από τα άλματα που μετρήθηκαν μετά από τη γενική προθέρμανση και από το τελευταίο σετ της άσκησης με βάρη κατά 3,1% και 2,94%, αντίστοιχα (Σχήματα 8, 9, Πίνακας 4).

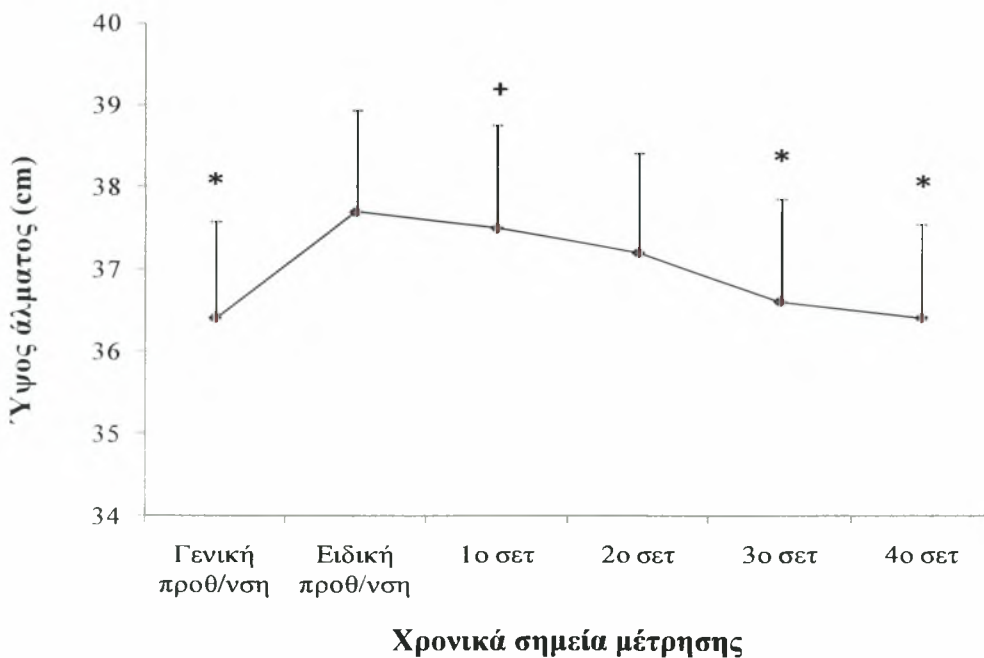
### **Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα**

*Ορθός μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «ομάδες» και «μετρήσεις» ( $F_{(5,100)}=0,322$ ,  $p > 0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «ομάδες» ( $F_{(1, 20)}=0,558$ ,  $p > 0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=1,891$ ,  $p > 0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 10, Πίνακας 4).

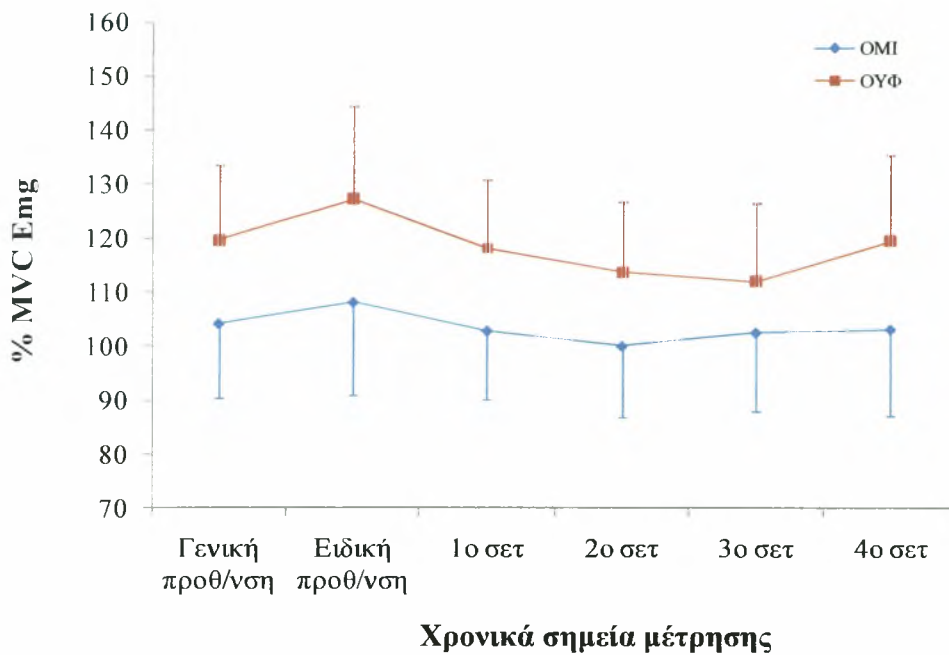
*Έξω πλατύς:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «ομάδες» και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=0,676$ ,  $p > 0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 2(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ομάδες» ( $F_{(1, 20)}=1,074$ ,  $p > 0,05$ ). Αντίθετα διαπιστώθηκε ότι η μηδενική υπόθεση 3(ii) δεν ισχύει διότι βρέθηκε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=5,054$ ,  $p < 0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το άλμα που εκτελέστηκε μετά την ειδική προθέρμανση και της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τη διάρκεια των αλμάτων που εκτελέστηκαν μετά από το 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με τα βάρη ( $p < 0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τα άλματα που εκτελέστηκαν μετά από το 1<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη ( $p < 0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη μετά την ειδική προθέρμανση ήταν υψηλότερη από την ΗΜΓ που κατεγράφη μετά το 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη κατά 9,8% και 12,6% αντίστοιχα. Επίσης η ΗΜΓ που κατεγράφη μετά το 1<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη μετά το 4<sup>ο</sup> σετ κατά 8.5% (Σχήμα 11, Πίνακας 4).



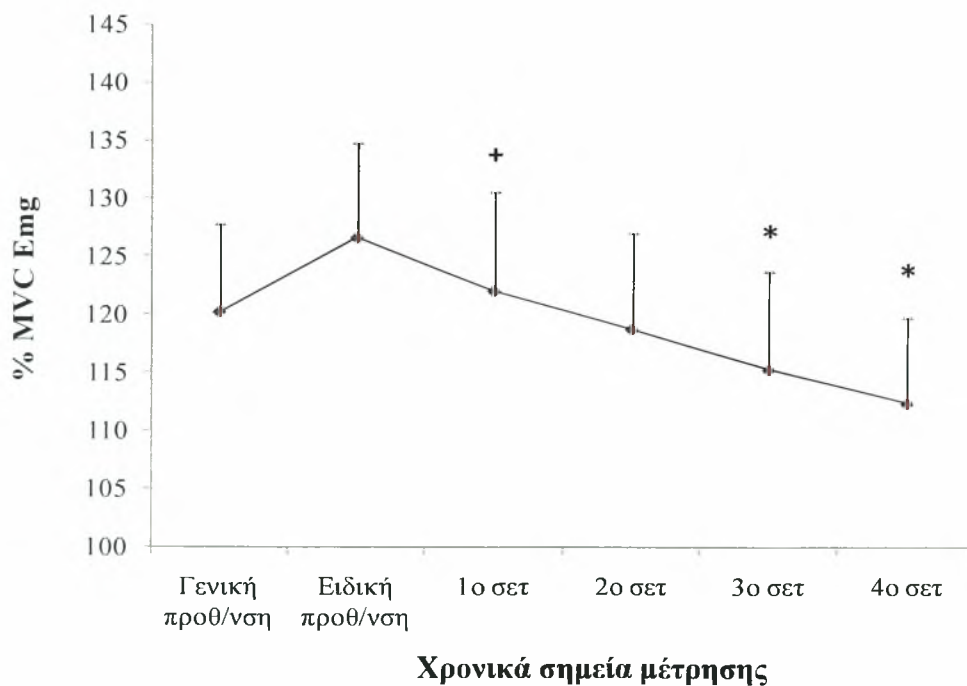
**Σχήμα 8.** Μεταβολή του άλατος με ταλάντευση σε κάθε ομάδα ( $X \pm SE$ ). **ΟΜΙ** ομάδα η οποία ασκήθηκε με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς, **ΟΥΦ** ομάδα η οποία ασκήθηκε με φορτίο ισοδύναμο του 90% της 1-ΜΕ.



**Σχήμα 9.** Διαφορές μεταξύ των μετρήσεων του άλατος με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος ( $X \pm SE$ ). \*  $p < 0,05$  από το άλμα μετά την ειδική προθέρμανση, +  $p < 0,05$  από τα άλματα μετά από τη γενική προθέρμανση και το τελευταίο σετ της άσκησης με βάρη.



**Σχήμα 10.** Μεταβολή της ΗΜΓ του ορθού μηριαίου μυ κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση σε κάθε ομάδα ( $X \pm SE$ ). **ΟΜΙ** ομάδα η οποία ασκήθηκε με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς, **ΟΥΦ** ομάδα η οποία ασκήθηκε με φορτίο ισοδύναμο του 90% της 1-ME.



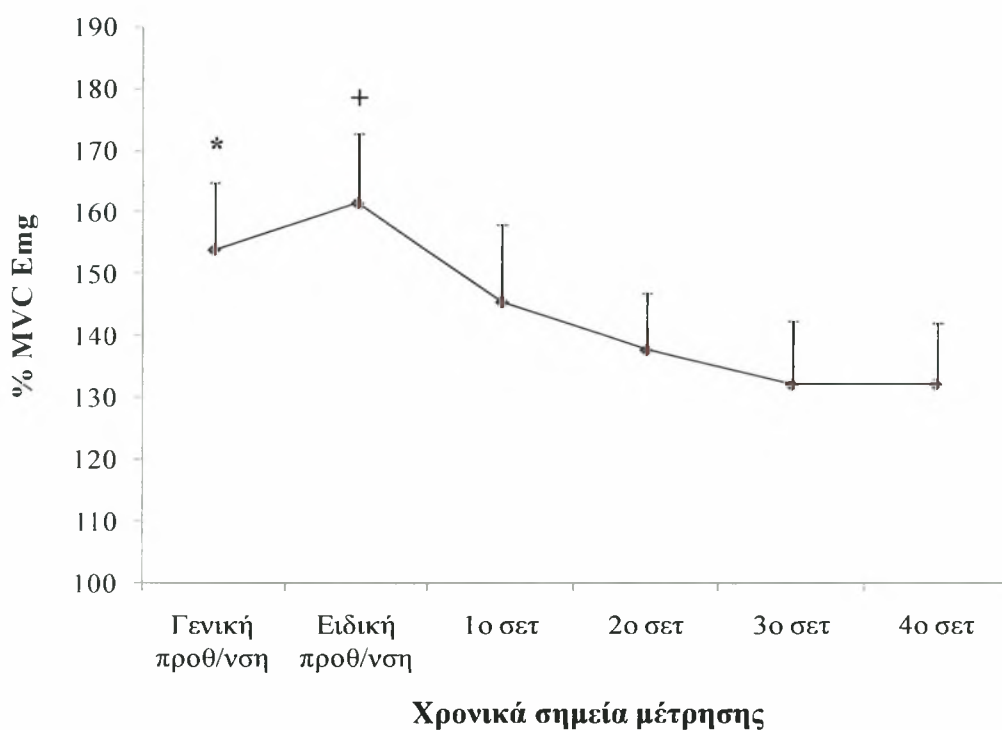
**Σχήμα 11.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έξω πλατύ μηριαίου μυ κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος ( $X \pm SE$ ). \*  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο άλμα μετά από την ειδική προθέρμανση, +  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο άλμα μετά από το 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη.

*Έσω πλατύς:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «ομάδες» και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=0,355, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 2(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ομάδες» ( $F_{(1, 20)}=0,144, p>0,05$ ). Αντίθετα διαπιστώθηκε ότι η μηδενική υπόθεση 3(ii) δεν ισχύει διότι βρέθηκε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=11,863, p<0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τα άλματα που εκτελέστηκαν μετά τη γενική και ειδική προθέρμανση και της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τη διάρκεια των αλμάτων που εκτελέστηκαν μετά από το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με τα βάρη ( $p<0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το άλμα που εκτελέστηκε μετά την ειδική προθέρμανση διέφερε στατιστικά σημαντικά και από την ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το άλμα που εκτελέστηκε μετά το 1<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με τα βάρη ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη μετά τη γενική προθέρμανση ήταν υψηλότερη από την ΗΜΓ που κατεγράφη μετά το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη κατά 11,9%, 17% και 16,4%, αντίστοιχα. Επίσης η ΗΜΓ που κατεγράφη μετά την ειδική προθέρμανση ήταν υψηλότερη από την ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από τα τέσσερα σετ της άσκησης με βάρη, αρχής γενομένης εκ του πρώτου, κατά 11%, 17,3%, 22,7% και 22,3%, αντίστοιχα (Σχήμα 12, Πίνακας 5).

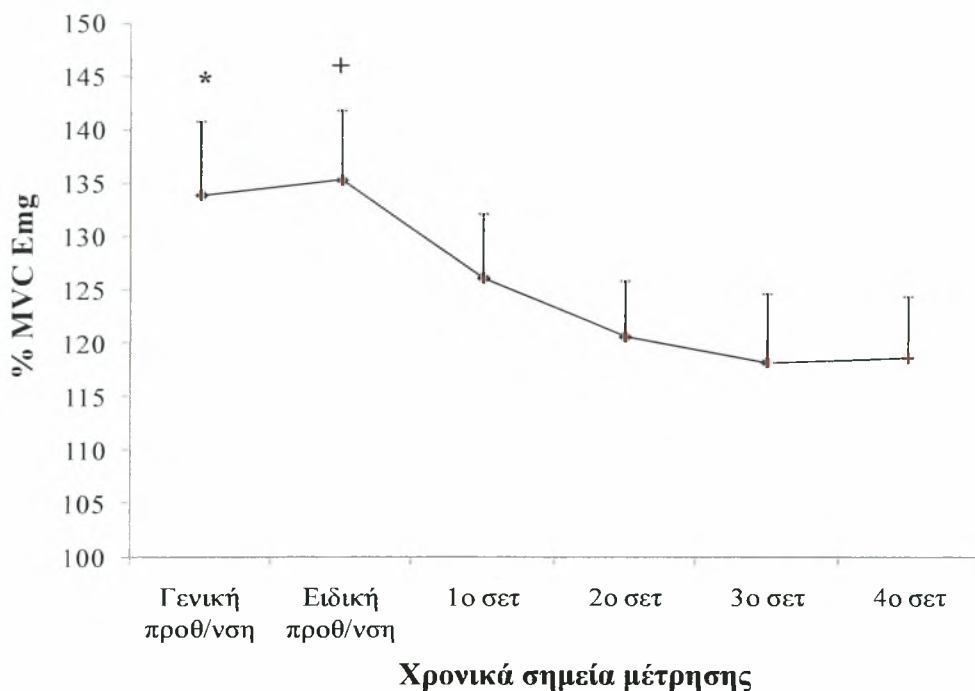
*Τετρακέφαλος μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «ομάδες» και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=0,871, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 2(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ομάδες» ( $F_{(1, 20)}=0,271, p>0,05$ ). Αντίθετα διαπιστώθηκε ότι η μηδενική υπόθεση 3(ii) δεν ισχύει διότι βρέθηκε σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=9,764, p<0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τα άλματα που εκτελέστηκαν μετά τη γενική και ειδική προθέρμανση και της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τη διάρκεια των αλμάτων που εκτελέστηκαν μετά από το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με τα βάρη ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη ήταν χαμηλότερη από την ΗΜΓ που κατεγράφη μετά τη γενική προθέρμανση κατά 11,1%,

13,4% και 12,9% ενώ μετά την ειδική προθέρμανση κατά 12,3%, 14,6% και 14,1%, αντίστοιχα. (Σχήμα 13, Πίνακας 5).

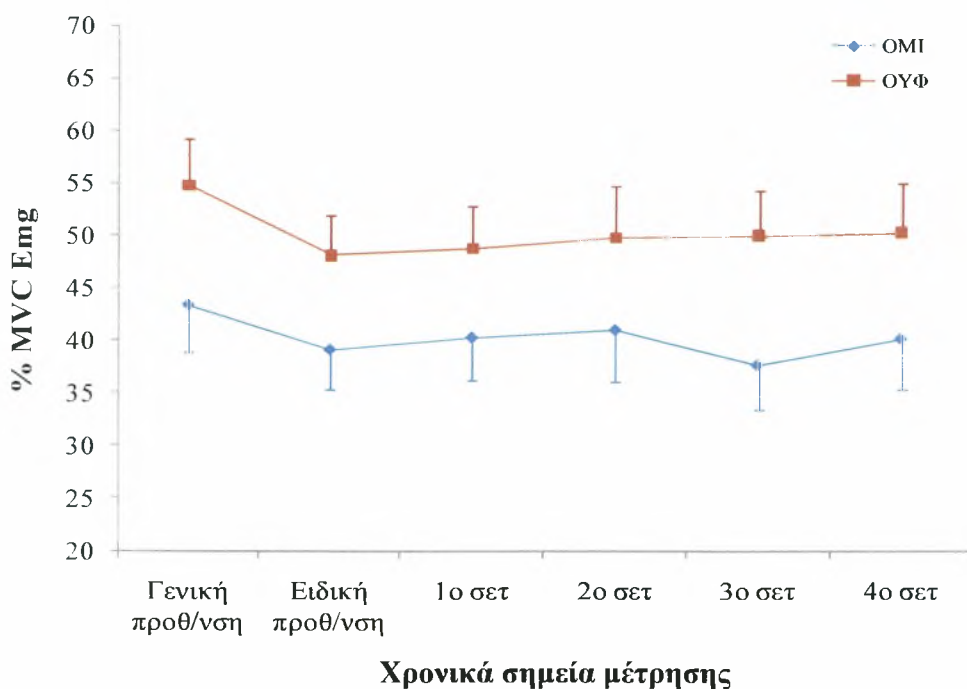
*Δικέφαλος μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=0,340, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «ομάδες» ( $F_{(1, 20)}=3,035, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 100)}=2,220, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 14, Πίνακας 5).



**Σχήμα 12.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έσω πλατύ μηριαίου μυ κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος ( $X\pm SE$ ). \*  $p<0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα άλματα μετά από το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη, +  $p<0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα άλματα μετά από το 1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη.



**Σχήμα 13.** Μεταβολή της ΗΜΓ του τετρακέφαλου μηριαίου κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος ( $X \pm SE$ ). \* +  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα άλματα μετά από το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη.



**Σχήμα 14.** Μεταβολή της ΗΜΓ του δικέφαλου μηριαίου μν κατά την εκτέλεση των αλμάτων με ταλάντευση σε κάθε ομάδα ( $X \pm SE$ ). **ΟΜΙ** ομάδα η οποία ασκήθηκε με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς, **ΟΥΦ** ομάδα η οποία ασκήθηκε με φορτίο ισοδύναμο του 90% της 1-ΜΕ.



**Πίνακας 4.** Μεταβολή του κατακόρυφου άλματος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (ΗΜΓ) του ορθού (ΟΜ) και του έξω πλατύ μηριαίου (ΕΞΠ) κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων αντιθετικής προπόνησης με ελεύθερα φορτία ( $X \pm SD$ ).

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ				
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΟΜΙ	ΟΥΦ	ΟΜΙ&ΟΥΦ
	ΓΠ	37,3±6,07	35,4±5,1	36,4±5,6 <sup>a</sup>
	ΕΠ	38,5±6,2	36,8±5,3	37,7±5,7
CMJ (cm)	1 <sup>ο</sup> σετ	38,1±6,7	36,8±5,1	37,5±5,8 <sup>b</sup>
	2 <sup>ο</sup> σετ	38,2±6,6	36,2±4,5	37,2±5,7
	3 <sup>ο</sup> σετ	37,8±6,6	35,4±5	36,6±5,8 <sup>a</sup>
	4 <sup>ο</sup> σετ	37,2±5,9	35,5±4,8	36,4±5,3 <sup>a</sup>
	ΓΠ	104,1±37,9	119,6±53,1	111,8±45,7
	ΕΠ	108,1±38,5	127,3±71,6	117,7±56
ΗΜΓ ΟΜ (% ΜΙΣ)	1 <sup>ο</sup> σετ	102±39,5	118,1±45,7	110,1±42,4
	2 <sup>ο</sup> σετ	100±27,7	113,7±55,1	106,9±43,1
	3 <sup>ο</sup> σετ	102,5±32,9	112±60	107,2±47,6
	4 <sup>ο</sup> σετ	103,1±29,8	119±58,6	111,3±52,3
	ΓΠ	111,4±39,5	112,8±30,8	120,1±35,7
	ΕΠ	116,5±40,8	136,6±35	126,6±38,5
ΗΜΓ ΕΞΠ (% ΜΙΣ)	1 <sup>ο</sup> σετ	111,6±45,9	132,2±33,4	121,9±40,6 <sup>c</sup>
	2 <sup>ο</sup> σετ	112,5±46,9	124,8±29,5	118,7±38,7
	3 <sup>ο</sup> σετ	107,9±47,1	122,5±30,9	115,2±39,6 <sup>d</sup>
	4 <sup>ο</sup> σετ	106±39,8	118,5±29,2	112,3±34,6 <sup>d</sup>

Σημείωση: **ΟΜΙ** ομάδα που ασκήθηκε με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς, **ΟΥΦ** ομάδα που ασκήθηκε με το 90% της 1-ΜΕ, **ΜΙΣ** μέγιστη ισομετρική σύσπαση, **ΓΠ** γενική προθέρμανση, **ΕΠ** ειδική προθέρμανση, <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από το κατακόρυφο άλμα που εκτελέστηκε μετά από την ειδική προθέρμανση, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από τα άλματα που εκτελέστηκαν μετά από τη γενική προθέρμανση και το 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη, <sup>c</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο άλμα μετά από το 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη, <sup>d</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο άλμα μετά από την ειδική προθέρμανση.

**Πίνακας 5.** Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (ΗΜΓ) του έσω πλατύ (ΕΣΠ) του τετρακέφαλου (ΤΜ) και του δικέφαλου μηριαίου (ΔΜ) κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων αντιθετικής προπόνησης με ελεύθερα φορτία ( $X \pm SD$ ).

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ				
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΟΜΙ	ΟΥΦ	ΟΜΙ&ΟΥΦ
ΗΜΓ ΕΣΠ (% ΜΙΣ)	ΓΠ	158,2±61,3	149,4±36,8	153,8±49,5 <sup>a</sup>
	ΕΠ	167,1±64,6	155,6±39,7	161,3±52,7 <sup>b</sup>
	1 <sup>ο</sup> σετ	149,1±77,6	141,5±31	145,3±57,8
	2 <sup>ο</sup> σετ	143,2±56,1	131,8±24,6	137,5±42,7
	3 <sup>ο</sup> σετ	135,4±65,2	127,6±22	131,5±47,7
ΗΜΓ ΤΜ (% ΜΙΣ)	4 <sup>ο</sup> σετ	132±61,8	132,1±25	132,1±46
	ΓΠ	135,2±38,9	132,6±23,9	133,9±31,6 <sup>a</sup>
	ΕΠ	130,8±30,6	139,8±30	135,3±29,9 <sup>a</sup>
	1 <sup>ο</sup> σετ	121,4±31,7	130,6±25	126±28,3
	2 <sup>ο</sup> σετ	117,6±24	123,5±25,7	120,5±24,5
ΗΜΓ ΔΜ (% ΜΙΣ)	3 <sup>ο</sup> σετ	115,6±32,5	120,7±27,2	118,1±29,3
	4 <sup>ο</sup> σετ	113,8±27,7	123,4±27	118,6±27,1
	ΓΠ	43,3±11,2	54,7±17,7	49±15,6
	ΕΠ	39±9,2	48±15,3	43,5±13,1
	1 <sup>ο</sup> σετ	40,1±9,9	48,6±16,5	44,4±14
2 <sup>ο</sup> σετ	41±13,2	49,7±19	45,3±16,6	
	3 <sup>ο</sup> σετ	37,5±8,1	49,9±18,2	43,7±15,1
	4 <sup>ο</sup> σετ	40,1±8,9	50,2±20,6	45,1±16,3

Σημείωση: **ΟΜΙ** ομάδα που ασκήθηκε με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς, **ΟΥΦ** ομάδα που ασκήθηκε με το 90% της 1-ΜΕ, **ΜΙΣ** μέγιστη ισομετρική σύσπαση, **ΓΠ** γενική προθέρμανση, **ΕΠ** ειδική προθέρμανση, <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα άλματα μετά από το 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα άλματα μετά από το 1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση δύο πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης με βάρη στο κατακόρυφο άλμα και την ηλεκτρική δραστηριότητα των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη. Τα κοινά σημεία των δύο πρωτοκόλλων ήταν η μέθοδος προπόνησης και το κινητικό πρότυπο των ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκαν ενώ το σημείο στο οποίο διαφοροποιούνταν ήταν το φορτίο της άσκησης. Έτσι παρόλο που και στα δύο πρωτόκολλα χρησιμοποιήθηκε η αντιθετική μέθοδος, στο ένα από αυτά εναλλάσσονταν οι ασκήσεις «άλμα με μπάρα» με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς και «άλμα με ταλάντευση» ενώ στο άλλο πρωτόκολλο εναλλάσσονταν οι ασκήσεις «ημικάθισμα με μπάρα» με το φορτίο που αντιστοιχούσε στο 90% της 1-ME και «άλμα με ταλάντευση».

Από τα αποτελέσματα της μελέτης φάνηκε ότι η ανταπόκριση αλλά και η εξέλιξη που παρουσίασε το άλμα με ταλάντευση τόσο πριν όσο και κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των δύο πρωτοκόλλων της αντιθετικής προπόνησης με τα διαφορετικά φορτία ήταν παρόμοια. Ωστόσο ανεξαρτήτως πρωτοκόλλου η απόδοση παρουσίασε σημαντικές μεταβολές οι οποίες εντοπίστηκαν στα άλματα μετά από την ειδική προθέρμανση και μετά το 1<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη. Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι μετά από την ειδική προθέρμανση και το 1<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με βάρη το άλμα με ταλάντευση παρουσίασε αύξηση που έφτασε το 3,7% και 3,1% αντίστοιχα. Στη συνέχεια το άλμα με ταλάντευση παρουσίασε μείωση, που ήταν σημαντική μόνο μετά από τα δύο τελευταία σετ της άσκησης με βάρη, φτάνοντας ουσιαστικά στο επίπεδο των τιμών που είχε μετά τη γενική προθέρμανση. Η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων την κνήμη μετά την ειδική προθέρμανση παρουσίασε τάση αύξησης (5,3%) ενώ κατά την υλοποίηση της αντιθετικής προπόνησης παρουσίασε σημαντική μείωση.

Σύμφωνα με αποτελέσματα αρκετών μελετών η εκτέλεση δυναμικής άσκησης με βάρη πριν από μια σειρά εκρηκτικών αθλητικών κινήσεων φαίνεται ότι επιδρά θετικά στη βελτίωση της ισχύος που παράγεται κατά την εκτέλεσή τους ή στη χειρότερη περίπτωση δεν έχει αρνητική επίδραση (Chiu et al., 2003; Ebben et al., 2000; Gourgoulis et al., 2003; Hrysomallis, & Kidgell, 2001; Jones et al., 2003; Radcliffe, & Radcliffe, 1996; Rixon et al., 2007; Villarreal et al., 2007). Αυτό αποδίδεται κυρίως στις νευρομυϊκές προσαρμογές που συνεπάγεται η εν λόγω άσκηση μια και το κεντρικό νευρικό σύστημα φαίνεται ότι διεγείρεται μετά από την εκτέλεση ασκήσεων με υψηλά φορτία με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την εκτέλεση

συναφών ασκήσεων με ελαφρότερα φορτία (Verhoshansky, 1986). Η σημασία της προθέρμανσης στην επίδοση της δραστηριότητας που ακολουθεί ιδιαίτερα εάν αυτή είναι ταχυδυναμικού χαρακτήρα οδήγησε αρκετούς ερευνητές στην μελέτη της επίδρασης της δυναμικής άσκησης με ελεύθερα φορτία. Μεταξύ αυτών ο Villarreal και συν (2007) διαπίστωσαν ότι η προθέρμανση που περιλαμβάνει δυναμική άσκηση με βάρη με υψηλά φορτία, αυξάνει σημαντικά το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση πετοσφαιριστών υψηλού επιπέδου. Επίσης ο Gourgoulis και συν. (2003) βρήκαν ότι αμέσως μετά από την εκρηκτική εκτέλεση ημικαθισμάτων με ελεύθερη μπάρα (5 σετ των 2 επαναλήψεων) και με φορτία που κυμαίνονταν από 20% έως 90% της 1-ME, το άλμα με ταλάντευση παρουσίασε αύξηση 2,39% που αποδόθηκε στην πιθανή ενεργοποίηση ή/και στο συγχρονισμό των κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης εξ αιτίας της χρήσης των υψηλών φορτίων. Αν και σύμφωνα με άλλους ερευνητές η δυναμική άσκηση με βάρη και υψηλά φορτία (>80% της 1-ME) δεν είναι πάντα σε θέση να διεγείρει το νευρομυϊκό σύστημα και να μεταβάλει την ισχύ της δραστηριότητας που ακολουθεί, φαίνεται ότι τις περισσότερες φορές έχει θετική επίδραση. (Young et al 1998, Ebben et al 2000, Jones et al 2003).

Ωστόσο από τα αποτελέσματα τόσο της παρούσας όσο και της μελέτης του Smilios και συν. (2005) προκύπτει ότι η χρήση των υψηλών φορτίων δεν είναι πανάκεια. Αυτοί διαπίστωσαν ότι ακόμα και τα μέτρια φορτία είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντική βελτίωση της ισχύος αρκεί η εκτέλεση της δυναμικής άσκησης που επιλέγεται να είναι εκρηκτική. Πιο συγκεκριμένα βρήκαν ότι μετά από προθέρμανση που περιελάμβανε 2 σετ των 5 επαναλήψεων ημικαθίσματα με βάρη με φορτίο 60% της 1-ME το άλμα με ταλάντευση αυξήθηκε κατά 2,84%. Η αντίστοιχη αύξηση που προέκυψε στην παρούσα μελέτη μετά από παρέμβαση 2 σετ με 45% και 65% της 1-ME, αντίστοιχα έφτασε το 3,7%. Επιπλέον η εν λόγω μεταβολή συνοδεύτηκε από τάση αύξησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας των εκτεινόντων την κνήμη. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ένταση της άσκησης ήταν μέτρια φαίνεται ότι η παράμετρος που συνετέλεσε στην μικρή αύξηση της νευρομυϊκής ενεργοποίησης ήταν η ταχύτητα εκτέλεσης. Πράγματι σύμφωνα με τους Duchateau, Semmler, και Enoka (2006) η ταχύτητα μιας δυναμικής συστολής για την παραγωγή συγκεκριμένης δύναμης καθορίζει τον αριθμό των κινητικών μονάδων οι οποίες επιστρατεύονται δίχως βέβαια να παραβιάζει την «αρχή του μεγέθους» (Young, 1993). Έτσι σε μια ταχεία μυϊκή συστολή ενεργοποιούνται έως και τριπλάσιες κινητικές μονάδες σε σχέση με μια αργή, γεγονός που οφείλεται στην πτώση που εμφανίζει το κατώφλι ενεργοποίησής τους εξ αιτίας της ταχύτητας κίνησης.

Στην παρούσα μελέτη όμως προέκυψαν αντίστοιχες αυξήσεις της ισχύος ακόμα και μετά από τη χρήση χαμηλών εντάσεων (25% και 35% της 1-ME) γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με αποτελέσματα άλλων μελετών οι οποίες δε διαπίστωσαν μεταβολές (Koch et al., 2003; Smilios et al., 2005; Villarreal et al., 2007). Σε αυτές αν και χρησιμοποιήθηκε η ίδια άσκηση και το ίδιο φορτίο διέφεραν από την παρούσα μελέτη στον τρόπο εκτέλεσης της άσκησης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην εν λόγω μελέτη τόσο η καθοδική όσο και η ανοδική φάση κάθε επανάληψης εκτελούνταν με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα ενώ ο χρόνος μετάβασης από την πρώτη στη δεύτερη φάση ήταν ο συντομότερος δυνατός. Επιπλέον, η διαδοχή των επαναλήψεων ήταν άμεση ενώ το μήκος μετατόπισης του φορτίου κατά τις φάσεις καθόδου και ανόδου κάθε επανάληψης ήταν αυξημένο σε σχέση με τις άλλες μελέτες εξ αιτίας της ακροστασίας (πελματιαίας κάμψης) που έδινε στην άσκηση κατά κάποιο τρόπο βαλλιστικό χαρακτήρα. Το γεγονός αυτό φαίνεται ότι συνετέλεσε στην ενεργοποίηση των εμπλεκόμενων μυών και στη δημιουργία δυναμικού δράσης το οποίο μετά από την παρεμβολή επαρκούς ανάληψης (3 min) επέδρασε θετικά στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης και κατά συνέπεια στο κατακόρυφο άλμα (Sale, 2002). Εξ άλλου οι αυξήσεις που παρατηρήθηκαν μετά από την άσκηση με βάρη χαμηλής και μέτριας έντασης στο άλμα με ταλάντευση και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων την κνήμη, πιστοποιούν με σχετική ασφάλεια την ύπαρξη του εν λόγω δυναμικού. Ωστόσο, σύμφωνα με το Farina και συν. (2004) το ηλεκτρομυογράφημα επιφανείας αντανακλά συνολικά τις περιφερειακές και κεντρικές ιδιότητες του νευρομυϊκού συστήματος με αποτέλεσμα οι μεταβολές που προκύπτουν από την αξιολόγηση του μυοηλεκτρικού σήματος να παρέχουν απλώς γενική πληροφόρηση για τη δραστηριότητα των εξεταζόμενων κινητικών μονάδων. Κατά συνέπεια για τη βέλτιστη αξιολόγηση της διεγερσιμότητας του νευρομυϊκού συστήματος θα ήταν ασφαλέστερη η χρήση της μεθόδου της ηλεκτροδιέγερσης η οποία όμως στην παρούσα μελέτη δεν ήταν διαθέσιμη. Παρά τις αδυναμίες του το ηλεκτρομυογράφημα επιφανείας παραμένει η μοναδική μέθοδος που έχει χρησιμοποιηθεί στις σχετικές μελέτες προκειμένου να εξηγήσει εάν οι μεταβολές της απόδοσης οφείλονται σε μεταβολές της διεγερσιμότητας των εμπλεκόμενων κινητικών μονάδων. Βέβαια, είναι αξιοσημείωτο ότι έως σήμερα από το σύνολο των εν λόγω μελετών είναι ελάχιστες αυτές που παράλληλα με την απόδοση αξιολόγησαν και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα. Επιπλέον, το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε σε αυτές ήταν μόνον υψηλό ( $\geq 5$ -ME) ενώ στην παρούσα μελέτη εκτός αυτού αξιολογήθηκε και η επίδραση του φορτίου με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς. Ο

Ebben και συν. (2000), λόγω χάριν, χρησιμοποίησαν ένα σετ 3-5 πιέσεων πάγκου με φορτίο 90-95% της 1-ΜΕ αφού προηγουμένως και μετά από αυτό κατέγραψαν την επίδοση και την ΗΜΓ του μείζονα θωρακικού και της μακράς κεφαλής του δικεφάλου βραχιονίου μυός κατά τη διάρκεια δυναμικών ρίψεων με ιατρικές μπάλες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα δεν προέκυψε μεταβολή τόσο της επίδοσης όσο και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας. Παρόμοια, σε μια πιο πρόσφατη μελέτη οι Jones και Lees (2003) διερεύνησαν την επίδραση που είχε ένα σετ 5 ημικαθισμάτων στο Smith, με φορτίο 5-ΜΕ, στην απόδοση του αργού και του γρήγορου «κύκλου διάτασης-βράχυνσης» αλλά και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του ορθού, του έξω πλατύ και του δικεφάλου μηριαίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο η απόδοση όσο και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των καμπτήρων και εκτεινόντων την κνήμη διατηρήθηκαν αμετάβλητες, γεγονός που αποδόθηκε στη διαφορά που είχε το κινητικό πρότυπο της άσκησης στο Smith και των αλμάτων.

Η διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων της παρούσης και προγενέστερων μελετών ενδέχεται να οφείλεται και σε άλλες παραμέτρους όπως είναι το προπονητικό επίπεδο των δοκιμαζόμενων, η επιλογή του τρόπου αξιολόγησης της ισχύος (τεστ) πριν και μετά την παρέμβαση ή/και το διάλειμμα μεταξύ παρέμβασης και μέτρησης. Στη μελέτη του Koch και συν. (2003) για παράδειγμα, αν και στην προθέρμανση χρησιμοποιήθηκε το ημικάθισμα με μπάρα, η αξιολόγηση της ισχύος των κάτω άκρων έγινε με το άλμα σε μήκος άνευ φοράς το κινητικό πρότυπο του οποίου δεν ήταν τόσο συναφές με την προηγηθείσα άσκηση όσο είναι το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση (Isear, Erickson, & Worrell, 1997; Robertson, & Fleming, 1987). Επιπλέον, το προπονητικό επίπεδο των δοκιμαζόμενων ήταν ανομοιογενές εφόσον το 65% από αυτούς είχαν προπονητική εμπειρία μόλις 6 εβδομάδων ενώ οι υπόλοιποι είχαν εμπειρία αρκετών ετών. Επίσης οι μετρήσεις διεξήχθησαν αμέσως μετά την άσκηση με τα βάρη γεγονός που δεν επέτρεψε την μεσολάβηση διαλείμματος. Σύμφωνα με το Sale (2002) η άσκηση για την παραγωγή ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης επιφέρει παράλληλα με αυτή και κόπωση. Η αλληλεπίδραση υπερενεργοποίησης και κόπωσης καθορίζει την επίκαιρη κατάσταση στην οποία βρίσκεται το νευρομυϊκό σύστημα. Αυτή ενδέχεται να είναι σταθερή, όπως στην περίπτωση που υπάρχει απόλυτη ισορροπία μεταξύ κόπωσης και ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης, ή ασταθής όπως στην περίπτωση που η κόπωση υπερέχει ή μειονεκτεί έναντι της υπερενεργοποίησης (Robbins, 2005). Ωστόσο η επίτευξη της όποιας ισορροπίας φαίνεται ότι εξαρτάται από το προπονητικό επίπεδο των ασκουμένων. Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες τα προπονημένα άτομα εμφανίζουν

υψηλότερη αντίσταση στην κόπωση και κατά συνέπεια υψηλότερη ασκησιογενή υπερενεργοποίηση από τα απροπόνητα (Chiu et al., 2003; Gourgoulis et al., 2003; Hamada et al., 2000; Young et al., 1998). Ως εκ τούτου η στρατηγική επιλογής του διαλείμματος που ακολουθεί την άσκηση και στοχεύει στην επαρκή ανάληψη από την προκληθείσα κόπωση και στην αξιοποίηση της υπερενεργοποίησης, θα πρέπει να είναι ανάλογη του προπονητικού επιπέδου. Έτσι λοιπόν αν και στη μελέτη του Koch και συν. (2003) η ένταση της άσκησης και ο αριθμός των επαναλήψεων ήταν χαμηλός (3 σετ X 3 επαναλήψεις με 20-40% της 1-ME) η έλλειψη διαλείμματος ενδέχεται να λειτούργησε για το μείζον δείγμα ως αναστολέας της απόδοσης, μη επιτρέποντας στην παραγόμενη υπερενεργοποίηση να υπερκεράσει την ταυτόχρονη παρουσία της κόπωσης. Η άποψη αυτή φαίνεται ότι επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της μελέτης του Gourgoulis και συν. (2003) οι οποίοι αμέσως μετά τη δυναμική άσκηση που εφάρμοσαν, διαπίστωσαν ότι οι δυνατότεροι από τους δοκιμαζόμενους παρουσίασαν αύξηση του άλματος με ταλάντευση (4,01%) εν αντιθέσει με τους λιγότερο δυνατούς που δεν παρουσίασαν μεταβολή. Από τα προαναφερόμενα φαίνεται ότι η πρόκληση και η αξιοποίηση του δυναμικού νευρομυϊκής ενεργοποίησης κατά τη δραστηριότητα που ακολουθεί εξαρτάται από πολλές παραμέτρους. Το είδος της μυϊκής συστολής, η μορφή, η ένταση και η ταχύτητα εκτέλεσης της άσκησης είναι μόνο κάποιες από αυτές και ο έλεγχός τους δεν μπορεί να οδηγήσει σε γενικευμένα συμπεράσματα. Πάραυτα η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η προθέρμανση μέτρια προπονημένων ατόμων όταν περιλαμβάνει δυναμική άσκηση με ελεύθερα βάρη με χαμηλές ή μέτριες εντάσεις και εκρηκτική εκτέλεση είναι σε θέση να προκαλέσει ενεργοποίηση των εκτεινόντων την κνήμη και να αυξήσει σημαντικά το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση.

Ωστόσο, οι αρχές της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης αξιοποιήθηκαν από αθλητές και προπονητές όχι μόνο στα πλαίσια της προθέρμανσης για την προπόνηση ή τον αγώνα αλλά και για τη βελτιστοποίηση αυτής καθαυτής της προπόνησης. Πρώτοι οι Σοβιετικοί αξιοποιώντας τις παρατηρήσεις τους σχετικά με τις άμεσες νευρομυϊκές προσαρμογές που έπονται της άσκησης με υψηλά φορτία προχώρησαν στο σχεδιασμό της αντιθετικής μεθόδου προπόνησης. Κατά την υλοποίησή της συνδυάζονται μηχανικά παρόμοιες ασκήσεις σε μία ή περισσότερες ενότητες με τρόπο ώστε η πρώτη να εκτελείται με υψηλό φορτίο ενώ η επόμενη να εκτελείται με υψηλή ταχύτητα και χαμηλότερο έως μηδενικό φορτίο αναλόγως του στόχου που έχει τεθεί. Σύμφωνα με τους Fleck και Kontor (1986) ο προσανατολισμός της άσκησης που προηγείται εντός της κάθε ενότητας είναι η δύναμη ενώ αυτής που έπεται είναι η ισχύς. Από

προπονητική άποψη θεωρείται ότι κάθε σετ της άσκησης που προηγείται συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης κατά την εκτέλεση του σετ της άσκησης που έπεται με συνέπεια να βελτιώνεται η συνολική ποιότητα της προπονητικής μονάδας (Chu, 1996). Η επίτευξη της βέλτιστης δυνατής ποιότητας του παρεχόμενου προπονητικού έργου οδήγησε στην εκπόνηση αρκετών μελετών οι περισσότερες εκ των οποίων κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι πράγματι το φορτίο με το οποίο εκτελείται η άσκηση που προηγείται θα πρέπει να είναι υψηλό ( $\geq 80\%$  της 1-ME). Ωστόσο σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι αυτό δεν είναι απόλυτο μια και η ποιότητα της προπόνησης, όπως αξιολογήθηκε από την επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση, δε διαφοροποιήθηκε όταν αντί του υψηλού φορτίου (90% της 1-ME) χρησιμοποιήθηκε μέτριο (50-55% της 1-ME).

*1<sup>η</sup> ενότητα και ΓΠ:* Η αύξηση που σημειώθηκε στην επίδοση (3,1%) στα πλαίσια της πρώτης προπονητικής ενότητας θα μπορούσε να θεωρηθεί αναμενόμενη εάν αυτή οφείλονταν μόνο στην προγενέστερη χρήση υψηλού φορτίου μια και παρόμοιες αυξήσεις έχουν καταγραφεί και αλλού. Πράγματι σε μια από τις πλέον πρόσφατες μελέτες ο Weber και συν. (2008) διαπίστωσαν ότι 3 min μετά από 1 σετ 5 ημικαθισμάτων με μπάρα με φορτίο 5-ME το μέσο και το μέγιστο ύψος 7 αλμάτων από ημικάθισμα αυξήθηκαν σημαντικά κατά 4,7% και 4,6% αντίστοιχα. Επίσης ο Young και συν. (1998) βρήκαν ότι 4 min μετά από την εκτέλεση ενός σετ ημικαθισμάτων με μπάρα με φορτίο 5-ME το μέσο ύψος ενός σετ 5 αλμάτων με φορτίο 19 kg αυξήθηκε κατά 2,89%. Σε μια άλλη μελέτη ο Comyns και συν. (2007) διαπίστωσαν ότι μετά από 1 σετ 3 ημικαθισμάτων με φορτίο 3-ME μειώθηκε κατά 7,8% ο χρόνος επαφής με το έδαφος κατά την εκτέλεση 3 αλμάτων πτώσης ενώ ταυτόχρονα παρουσιάστηκε αύξηση της μυϊκής αντίδρασης κατά 10,9% όπως επίσης και αυξητική τάση της αντιδραστικής δύναμης. Παρόμοιες θετικές επιδράσεις της άσκησης με υψηλό φορτίο στην απόδοση του γρήγορου κύκλου διάτασης-βράχυνσης διαπίστωσε και ο Chatzopoulos και συν. (2007) εφόσον 5 min μετά από 10 ημικαθίσματα στο Smith με υψηλό φορτίο (90% της 1-ME, 3 min διάλειμμα μεταξύ τους) βρήκαν σημαντική αύξηση της ταχύτητας στις αποστάσεις 0-10m 0-30m που έφτασε το 2,6% και 1,8% αντίστοιχα. Ωστόσο όπως έχει ήδη αναφερθεί η παρούσα μελέτη καταδεικνύει ότι ακόμα και τα μέτρια φορτία είναι δυνατό να προκαλέσουν παρόμοια αύξηση της επίδοσης. Με αυτό φαίνεται να συμφωνούν και ο Smilios και συν. (2005) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι ακόμα και τα μέτρια φορτία είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντική βελτίωση της ισχύος αρκεί η εκτέλεση της δυναμικής άσκησης που χρησιμοποιείται να είναι εκρηκτική. Πιο



συγκεκριμένα βρήκαν ότι 2 min μετά από την εκτέλεση 1 σετ των 5 ημικαθισμάτων με φορτίο 60% της 1-ME, το άλμα με ταλάντευση αυξήθηκε σημαντικά κατά 3,74%. Την ίδια άποψη φαίνεται να έχει και ο Baker (2003) ο οποίος βρήκε ότι 3 min μετά την εκτέλεση 6 πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο (65% της 1-ME ή  $91,9 \pm 9,3$  kg) η μέγιστη ισχύς που παρήχθη κατά την εκρηκτική εκτέλεση 5 επαναλήψεων της ίδιας άσκησης με χαμηλότερο φορτίο (28,6% της 1-ME ή 50 kg) αυξήθηκε σημαντικά κατά 4,5%. Ο ερευνητής μάλιστα δηλώνει ότι όταν ο στόχος είναι η πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης τότε η χρήση των υψηλών φορτίων δεν είναι μονόδρομος αλλά αρκεί η άσκηση που προηγείται να εκτελείται με φορτίο που απλώς είναι σημαντικά υψηλότερο από εκείνο με το οποίο εκτελούνται οι εκρηκτικές κινήσεις που ακολουθούν. Μάλιστα θεωρεί ότι η άσκηση που προηγείται μπορεί να αποτελέσει εξαιρετικό ερέθισμα για το νευρομυϊκό σύστημα όταν εκτελείται με περίπου το διπλάσιο φορτίο από την άσκηση που έπεται. Στην παρούσα μελέτη η άσκηση που προηγούνταν στα πλαίσια της αντιθετικής προπόνησης περιελάμβανε συνδυασμό εκρηκτικών ημικαθισμάτων με μπάρα με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 90% της 1-ME ή αλμάτων με μπάρα με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 51,2% της 1-ME και κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση δίχως πρόσθετο φορτίο (με το βάρος του σώματος). Στην πρώτη περίπτωση το φορτίο της άσκησης που προηγούνταν ήταν κατά 3,2 φορές υψηλότερο αυτής που έπονταν ( $245,1$  kg έναντι  $76,6$  kg) ενώ στη δεύτερη το φορτίο της άσκησης που προηγούνταν ήταν περίπου διπλάσιο αυτής που έπονταν ( $178,1$  kg έναντι  $79,6$  kg).

Ωστόσο, και στις δύο περιπτώσεις η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα δεν παρουσίασε μεταβολή σε σχέση με την τιμή που είχε μετά από τη γενική προθέρμανση ενώ μειώθηκε κατά 12,3% σε σχέση με την τιμή που είχε μετά από την ειδική προθέρμανση. Αυτό ίσως να οφείλεται στη σχέση της τελευταίας με το διάλειμμα μεταξύ της άσκησης με το πρόσθετο φορτίο και του άλματος με ταλάντευση. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα αντανακλά σε κάποιο βαθμό την κατάσταση του νευρομυϊκού συστήματος συνεπεία της σχέσης μεταξύ της κόπωσης και του νευρογενούς προέλευσης δυναμικού ενεργοποίησης (Gandevia, 2001; Jones, & Lees, 2003). Ωστόσο η προέλευση του τελευταίου δεν είναι μόνο νευρογενής αλλά και μυογενής (Tubman et al., 1996). Κατά συνέπεια η καταγεγραμμένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα αντανακλά μόνο μέρος της νευρομυϊκής ενεργοποίησης και όχι το σύνολο της. Αντίθετα οι μεταβολές στο κατακόρυφο άλμα είναι αποτέλεσμα της σχέσης μεταξύ της συνολικής ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και της κόπωσης. Ως εκ τούτου η αύξηση που παρουσιάστηκε στο κατακόρυφο άλμα

της 1<sup>ης</sup> ενότητας σε σχέση με το άλμα μετά τη γενική προθέρμανση (3,1%) μπορεί να αποδοθεί στην πριμοδότηση τόσο της μυογενούς όσο και της νευρογενούς υπερενεργοποίησης. Η ασυμφωνία μεταξύ της απόδοσης και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας μπορεί επιπλέον να αποδοθεί και στη διαφορά που φαίνεται ότι υπάρχει στο χρονοδιάγραμμα εμφάνισης της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης αναλόγως του μηχανισμού παραγωγής της. Έχει διαπιστωθεί ότι ο μυογενής μηχανισμός παραγωγής της υπερενεργοποίησης ανταποκρίνεται άμεσα μετά από την άσκηση ενώ ο νευρογενής ανταποκρίνεται με σχετική καθυστέρηση (Folland et al., 2008; Trimble, & Harp, 1998,). Πρόσφατα ο Folland και συν. (2008) διαπίστωσαν ότι ενώ η μυογενούς προέλευσης υπερενεργοποίηση παρουσίασε την υψηλότερη τιμή της 10 sec μετά την παρέμβαση και διατηρήθηκε έως και 18 min μετά από αυτή η νευρογενούς προέλευσης παρουσίασε την υψηλότερη τιμή της κατά το 5<sup>ο</sup> min και διατηρήθηκε έως και 11 min μετά την παρέμβαση. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό το διάλειμμα των 2 min να ήταν επαρκές για την πριμοδότηση του άλματος της 1<sup>ης</sup> ενότητας, σε σχέση με την τιμή που είχε μετά τη γενική προθέρμανση, αλλά ανεπαρκές για την ευνοϊκή ρύθμιση της ισορροπίας μεταξύ της νευρογενούς υπερενεργοποίησης και της κόπωσης υπέρ της πρώτης, όπως άλλωστε φάνηκε και από την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών.

*1<sup>η</sup> ενότητα και EII:* Από τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης δε βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των αλμάτων που εκτελέστηκαν κατά την 1<sup>η</sup> ενότητα και μετά την ειδική προθέρμανση. Αντίθετα, η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έσω πλατύ μηριαίου μειώθηκε κατά την 1<sup>η</sup> ενότητα κατά 11%. Άλλες μελέτες που χρησιμοποίησαν παρόμοιες εντάσεις τόσο κατά την ειδική προθέρμανση όσο και κατά την παρέμβαση διαπίστωσαν άλλοτε αύξηση της απόδοσης του αργού ή/και του γρήγορου κύκλου «διάτασης-βράχυνσης» (Smilios et al., 2005; Villarreal et al., 2007) και άλλοτε μη μεταβολή (Ebben et al., 2000, Jones, & Lees, 2003).

Η διαφορετική ανταπόκριση που παρουσιάζεται στην απόδοση και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα παρά το γεγονός ότι αξιολογείται μετά από παρόμοιας έντασης άσκηση φαίνεται ότι οφείλεται στο μεγάλο αριθμό παραμέτρων από τις οποίες εξαρτάται η ανάπτυξη της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και η μεταφορά της στην αθλητική απόδοση. Σύμφωνα με τους Tillin και Bishop (2009) εκτός της έντασης της άσκησης οι παράμετροι που φαίνεται να επηρεάζουν τη σχέση ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης και κατά συνέπεια της απόδοσης είναι ο τύπος της άσκησης, ο όγκος της προπόνησης, το προπονητικό επίπεδο των

ασκουμένων, η μέγιστη δύναμη, η σχέση μεταξύ της δύναμης και της ισχύος τους, η κατανομή των μυϊκών ινών, το διάλειμμα μεταξύ της παρέμβασης και της μέτρησης και το επίπεδο ομοιότητας μεταξύ της άσκησης που χρησιμοποιείται στην παρέμβαση και αυτής που αξιολογεί την απόδοση. Έτσι η έλλειψη μεταβολών στη μελέτη των Jones & Lees (2003) ενδέχεται να οφείλεται στη διαφορά του κινητικού προτύπου μεταξύ των ημικαθισμάτων που εκτελέστηκαν στο Smith και των αλμάτων με ταλάντευση και από πτώση. Στη μελέτη του Ebben και συν. (2000) η έλλειψη μεταβολών ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι η μυϊκή μάζα των εμπλεκόμενων μυών (μείζων θωρακικός, τρικέφαλος βραχιόνιος) ήταν κατά πολύ μικρότερη της μάζας των μυών των κάτω άκρων που στις περισσότερες από τις σχετικές μελέτες έχουν επιβαρυνθεί (Chiu et al., 2003; Comyns et al., 2007; Gilbert, & Lees, 2005; Gonzalez-Rave et al., 2009; Gourgoulis et al., 2003; Hanson et al., 2007; Kilduff et al., 2007; Scott, & Docherty, 2004; Villarreal et al., 2007; Weber et al., 2008; Young et al., 1998) με συνέπεια οι υψηλές εντάσεις που θεωρούνταν απαραίτητες για την πριμοδότηση των τελευταίων να ήταν υπερβολικές για τους πρώτους (Baker, 2003).

Στην παρούσα μελέτη το αμετάβλητο της απόδοσης φαίνεται ότι οφείλεται στο συνδυασμό προπονητικού επιπέδου και διαλείμματος. Σύμφωνα με το Chiu και συν. (2003) το προπονητικό επίπεδο των δοκιμαζομένων φαίνεται ότι επιδρά στην ισορροπία ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης με τρόπον ώστε τα άτομα υψηλού προπονητικού επιπέδου να αναπτύσσουν μεγαλύτερη αντίσταση στην κόπωση από τα άτομα χαμηλότερου προπονητικού επιπέδου. Έτσι ενώ στην παρούσα μελέτη η άσκηση με το υψηλότερο φορτίο που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της πρώτης ενότητας μπορεί να λειτούργησε αθροιστικά στην παραγωγή της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης, πιθανά να λειτούργησε αρνητικά για το ισοζύγιο υπερενεργοποίησης-κόπωσης λόγω του μετρίου προπονητικού επιπέδου των δοκιμαζομένων (ερασιτεχνικά ασκούμενοι με προπονητική εμπειρία 1 έτους) και της σχετικά χαμηλής αντίστασης που φαίνεται ότι παρουσίασαν στην κόπωση. Σύμφωνα με το υποθετικό μοντέλο του Sale (2002) που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης όταν ο όγκος της προπόνησης είναι χαμηλός το δυναμικό ενεργοποίησης επικρατεί της κόπωσης γεγονός που γίνεται άμεσα αντιληπτό και στις δραστηριότητες ισχύος που ενδεχομένως ακολουθούν. Καθώς όμως αυξάνεται ο όγκος της προπόνησης, βαθμιαία αυξάνεται και η κόπωση επικρατώντας του δυναμικού και επηρεάζοντας αρνητικά την απόδοση. Ωστόσο η κόπωση μειώνεται με ταχύτερο ρυθμό από την υπερενεργοποίηση με συνέπεια το τελευταίο να επικρατεί όχι

πλέον άμεσα μετά την άσκηση αλλά σε κάποιο ύστερο χρονικό σημείο της αποκατάστασης πριμοδοτώντας ανάλογα την απόδοση. Έτσι στην παρούσα μελέτη είναι πολύ πιθανό η μεταβολή του χρονοδιαγράμματος εμφάνισης της κόπωσης εξαιτίας της βαθμιαίας αύξησης του όγκου σε συνδυασμό με τη μη προσαρμογή του διαλείμματος που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της πρώτης ενότητας να μη επέτρεψε στην ασκησιογενή υπερενεργοποίηση να επικρατήσει της κόπωσης καθλώνοντας την επίδοση στο επίπεδο που είχε μετά την ειδική προθέρμανση και μειώνοντας την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έσω πλατύ μηριαίου.

*2<sup>η</sup> έως 4<sup>η</sup> ενότητα και ΓΠ και ΕΠ:* Κατά την εξέλιξη της προπόνησης και συγκεκριμένα από τη 2<sup>η</sup> ενότητα η απόδοση άρχισε να παρουσιάζει μικρή μείωση σε σχέση με τις τιμές που είχε μετά από την ειδική προθέρμανση και κατά τη 1<sup>η</sup> ενότητα. Ωστόσο, σε σχέση με την τιμή που είχε μετά τη γενική προθέρμανση η απόδοση διατηρήθηκε σε επίπεδο που ήταν υψηλότερο (2.5%) αλλά όχι στατιστικώς σημαντικά. Κατά τις δύο τελευταίες ενότητες η απόδοση επανήλθε στο επίπεδο που είχε μετά τη γενική προθέρμανση. Η σημαντική μείωση που παρουσίασε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά την εξέλιξη της προπόνησης από τη 2<sup>η</sup> έως και την 4<sup>η</sup> ενότητα ενδέχεται να οφείλεται στην υπερίσχυση της κόπωσης έναντι της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης γεγονός που μπορεί εν μέρει να εξηγήσει και τη σταδιακή μείωση της απόδοσης. Στη μοναδική έως σήμερα γνωστή μελέτη που εξέτασε την επίδραση περισσότερων από ένα διαδοχικών σετ άσκησης με ελεύθερα φορτία στο κατακόρυφο άλμα ο Smilios και συν. (2005) διαπίστωσαν ότι 2min μετά από 2 σετ αλμάτων με μπάρα με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 30% ή στο 60% της 1-ME η απόδοση παρουσίασε αύξηση κατά 3,4% και 3,9% αντίστοιχα, σε σχέση με την τιμή που είχε μετά τη γενική προθέρμανση. Αντίστοιχη αύξηση (3,9%) όμως παρουσιάσθηκε και μετά από το 3<sup>ο</sup> σετ των αλμάτων με μπάρα αλλά μόνο με το φορτίο που αντιστοιχούσε στο 60% της 1-ME. Η διαφορά των αποτελεσμάτων της παρούσης και της μελέτης του Smilios και συν. (2005) ιδιαίτερα στην ανταπόκριση μετά από το 3<sup>ο</sup> σετ των αλμάτων με μπάρα ίσως να οφείλεται στη διαφορά του φορτίου που ενώ στην τελευταία μελέτη αντιστοιχούσε στο 60% στην παρούσα αντιστοιχούσε περίπου στο 50% της 1-ME ή ακόμα και στα χαρακτηριστικά του δείγματος.

## 2<sup>η</sup> Μελέτη

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκτέλεση μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων ή δυναμικών ασκήσεων με υψηλά φορτία πριν από δραστηριότητες ισχύος έχει διαπιστωθεί ότι προκαλούν μεταβολή της μυϊκής απόδοσης (French et al., 2003; Young et al., 1998). Η μεταβολή αυτή είναι αποτέλεσμα της ισορροπίας μεταξύ της κόπωσης και της νευρομυϊκής ενεργοποίησης που προκαλούνται από την άσκηση που προηγείται. Ένας εκ των ρυθμιστών της εν λόγω ισορροπίας είναι ο χρόνος ανάπαυσης που μεσολαβεί έως την εκτέλεση της δραστηριότητας που ακολουθεί. Η πρόκληση και η βέλτιστη διαχείριση αυτής της κατάστασης αποτελεί ουσιαστικά και την αρχή επί της οποίας βασίζεται η αντιθετική μέθοδος. Σύμφωνα με το Robbins (2003) η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εξαρτάται από τον επιδέξιο χειρισμό μιας σειράς παραμέτρων μεταξύ των οποίων σημαντική θέση κατέχουν το διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων που συνδυάζονται και το φορτίο με το οποίο εκτελείται η άσκηση που προηγείται.

Παρότι η επιλογή των εν λόγω παραμέτρων θεωρείται ότι καθορίζει σε μεγάλο βαθμό εάν οι μύες έχουν αναλάβει από την κόπωση ενώ παραμένουν σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης, οι μελέτες που επιχειρήσαν να διερευνήσουν ευθέως την επίδρασή τους στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι περιορισμένες. Επιπλέον οι περισσότερες από αυτές εξέτασαν την επίδραση του διαλείμματος στην απόδοση μετά από τη χρήση άσκησης με υψηλό φορτίο ( $\geq 5$ -ME) καταλήγοντας σε αντικρουόμενα συμπεράσματα. Σε μία από τις πρώτες μελέτες οι Jensen και Ebben (2003) διαπίστωσαν ότι αμέσως μετά από 1 σετ 5 ημικαθισμάτων το κατακόρυφο άλμα μειώθηκε σημαντικά. Στη συνέχεια όμως και έως το 4<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης αποκαταστάθηκε στο επίπεδο που είχε πριν από την παρέμβαση. Πρόσφατα ο Comyns και συν. (2006) διαπίστωσαν ότι 30 sec μετά από παρόμοια άσκηση η απόδοση μειώθηκε σημαντικά και διατηρήθηκε χαμηλή έως και 6 min μετά το πέρας της άσκησης. Σε αντίθεση με τα προαναφερόμενα ο Kilduff και συν. (2007) αφού υπέβαλλαν 23 αθλητές Ράγκμπυ στην εκτέλεση ενός σετ 3 ημικαθισμάτων με φορτίο 3-ME διαπίστωσαν ότι μετά από ανάπαυση 8 min παρουσιάστηκε αύξηση της ισχύος η οποία διατηρήθηκε έως και το 12<sup>ο</sup> min (8%).

Στη μοναδική μελέτη που το φορτίο της παρέμβασης ήταν χαμηλό (~30% της 1-ME) ο Clark και συν. (2006) βρήκαν σημαντική αύξηση της απόδοσης στο ~10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης (8,6%). Σε μια άλλη μελέτη οι Gilbert και Lees (2005) συνέκριναν

την επίδραση του διαλείμματος στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση, μετά από τη χρήση δύο διαφορετικών φορτίων (το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς ή το 100% της 1-ME). Στην πρώτη περίπτωση διαπίστωσαν ότι αμέσως μετά την παρέμβαση και έως το 2<sup>ο</sup> min η απόδοση αυξήθηκε σημαντικά ενώ στη συνέχεια επανήλθε στα αρχικά επίπεδα. Στη δεύτερη περίπτωση η απόδοση παρουσίασε αύξηση αλλά μεταξύ του 15<sup>ου</sup> και 20<sup>ου</sup> min της αποκατάστασης, για να επανέλθει κατόπιν στα αρχικά επίπεδα.

Παρότι το φαινόμενο στο οποίο βασίζεται η αντιθετική προπόνηση είναι εν μέρει νευρογενές, μόνο μία έρευνα εξέτασε την επίδραση του διαλείμματος στην απόδοση των κάτω άκρων και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών μετά από τη χρήση άσκησης με υψηλό φορτίο, δίχως ωστόσο να διαπιστώσει μεταβολή σε κάποια από τις παραμέτρους (Jones, & Lees, 2003).

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετήσει την επίδραση του χρόνου του διαλείμματος μεταξύ ενός σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με το φορτίο που παράγει: α) τη μέγιστη μηχανική ισχύ, β) το 70% της μέγιστης μηχανικής ισχύος και γ) το 130% της μέγιστης μηχανικής ισχύος, στην ισχύ των κάτω άκρων και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και των καμπτήρων την κνήμη κατά την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως πρόσθετο φορτίο.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### *Δείγμα*

Δώδεκα υγιείς άνδρες χωρίς κανένα μυοσκελετικό πρόβλημα, συμμετείχαν εθελοντικά στην έρευνα, αφού προηγουμένως υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης όπου περιγράφονταν ο σκοπός, η πειραματική διαδικασία και οι πιθανοί κίνδυνοι από τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν αθλητές πετοσφαίρισης εθνικής κατηγορίας, και κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου προπονούσαν συστηματικά με ελεύθερα βάρη με σκοπό τη βελτίωση της ισχύος (3 προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα με φορτία 50-90% της 1-ME). Η ηλικία των δοκιμαζομένων ήταν  $26,08 \pm 3,25$  έτη, η σωματική μάζα και το λίπος τους ήταν  $83,12 \pm 4,6$  kg και  $11,6 \pm 2,5\%$  αντίστοιχα, το ύψος τους  $189,4 \pm 4,4$  cm ενώ η μέγιστη δύναμή τους στο ημικάθισμα με μπάρα ήταν  $188,5 \pm 23,5$  kg.

### ***Πειραματικός Σχεδιασμός***

Οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν σε 4 διαφορετικά προγράμματα άσκησης καθένα από τα οποία εκτελούνταν σε ξεχωριστή ημέρα με τυχαία σειρά και αντιστάθμιση. Το χρονικό διάστημα μεταξύ των προγραμμάτων ήταν κατ' ελάχιστο 96 ώρες. Κάθε πρόγραμμα περιελάμβανε 1 σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με α) το φορτίο που παράγονταν η μέγιστη ισχύς (ΦΜΙ) ή β) το φορτίο που παράγονταν η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30% (ΦΥ) ή γ) το φορτίο που παράγονταν η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30% (ΦΧ) είτε δ) δίχως πρόσθετο φορτίο (ΦΕ). Τέσσερα λεπτά πριν και κατά το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης εκτελούνταν 1 σετ 6 επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως πρόσθετο φορτίο. Από κάθε σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως φορτίο αξιολογήθηκαν οι μέσες τιμές της ισχύος, του ύψους και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη (Σχήμα 15).

### ***Περιγραφή των δοκιμασιών***

*Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά – Σύσταση σώματος.* Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στο εργαστήριο για τη μέτρηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών (σωματική μάζα και ύψος) και του σωματικού λίπους. Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας και του ύψους χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζυγός και αναστημόμετρο Sega, με ακρίβεια 0,1 kg και 0,1 cm αντίστοιχα. Για την εύρεση του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκαν επιλεγμένες δερματοπτυχές (στήθους, κοιλιακή, μηριαία) και ο υπολογισμός έγινε με την εξίσωση των Jackson και Pollock (1978). Για τον προσδιορισμό του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκαν τρεις επιλεγμένες δερματοπτυχές (στήθους, κοιλιακή, μηριαία) και ο υπολογισμός έγινε με την εξίσωση των Jackson και Pollock (1978). Η μέτρηση των δερματοπτυχών έγινε στη δεξιά πλευρά του σώματος, με τη χρησιμοποίηση δερματοπτυχόμετρου τύπου Harpenden Skinfold Caliber (model: HSK-BL, England), με ακρίβεια 0,2 mm, όπως περιγράφεται από τους Malina και Bouchard (1991). Στο κάθε σημείο πραγματοποιούνταν δύο μετρήσεις και αν η διαφορά ήταν μικρότερη του 1 mm, τότε ο μέσος όρος των μετρήσεων καταγραφόταν και αντιπροσώπευε την τιμή της κάθε δερματοπτυχής (πάχος κάθε σημείου). Αν η διαφορά ήταν μεγαλύτερη από 1 mm, τότε γίνονταν και τρίτη μέτρηση.



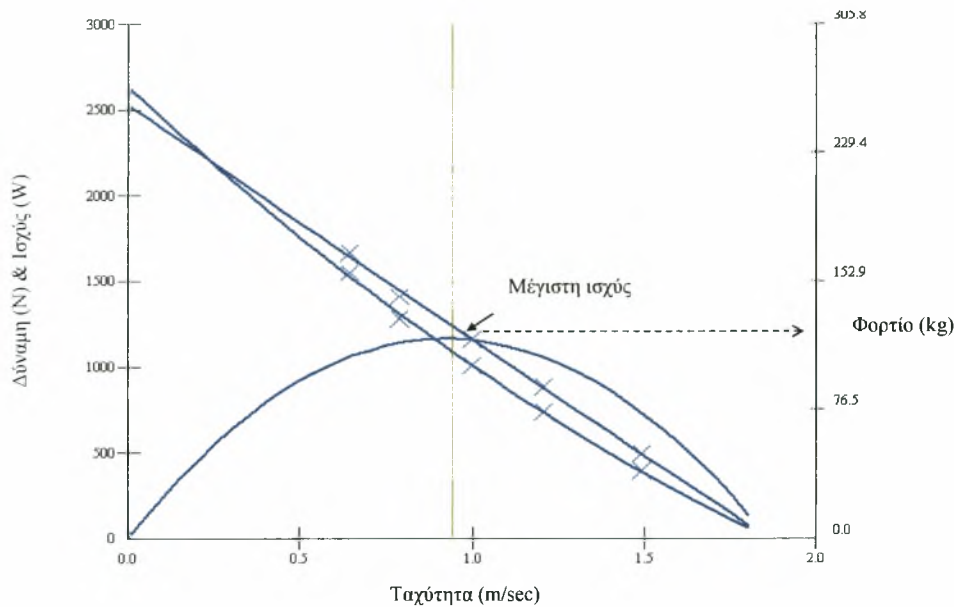
**Σχήμα 15.** Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας. **ΕΑ:** επαναλαμβανόμενα άλματα δίχως φορτίο, **ΕΑΦ:** επαναλαμβανόμενα άλματα με φορτίο, **ΜΙΑ:** μέγιστη ισομετρική δύναμη.

*Μία μέγιστη επανάληψη.* Η μέτρηση της μέγιστης δύναμης στην άσκηση του καθίσματος ( $90^\circ$ ), έγινε με τη μέθοδο της μιας μέγιστης επανάληψης (1-ME) 4 ημέρες πριν από την εφαρμογή των προπονητικών προγραμμάτων. Αρχικά ως προθέρμανση εκτελέστηκαν 5-8 επαναλήψεις με φορτίο 50-60% της προβλεπόμενης 1-ME, ακολούθως μετά από 2 λεπτά εκτελέστηκαν 2-4 επαναλήψεις στο 70-80% της προβλεπόμενης 1-ME και μετά από 2 λεπτά διάλειμμα εκτελούνταν μία επανάληψη στο 90% της προβλεπόμενης 1-ME. Στο τέλος, εκτελώντας μία επανάληψη, αυξανόταν σταδιακά το φορτίο ( $\approx 5\%$ ) μέχρι ο δοκιμαζόμενος να μη μπορέσει να εκτελέσει μία επανάληψη στο πλήρες εύρος κίνησης (κατέβασμα σε γωνία γόνατος  $90^\circ$  και ακολούθως εκτέλεση πλήρους έκτασης γονάτων  $180^\circ$ ). Για τον προσδιορισμό της μέγιστης δύναμης απαιτούνταν 2-3 προσπάθειες, με ενδιάμεσο διάλειμμα 3-5 min.

*Ταχοδυναμική Σχέση.* Σε διαφορετική μέρα γινόταν μέτρηση της ταχοδυναμικής σχέσης. Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν προθέρμανση συνολικής διάρκειας 10 λεπτών, η οποία περιλάμβανε 5 min ποδήλατο (60 rpm/min) και 5 λεπτά διατάσεις με έμφαση στα κάτω άκρα. Στη συνέχεια εκτελούσαν την άσκηση των αλμάτων με επιπρόσθετο φορτίο (loaded jump squats, γωνία γόνατος  $90^\circ$ ) με φορτία 20, 35, 50, 65 και 80% της 1-ME. Σε κάθε φορτίο εκτελούνταν 2-3 προσπάθειες και λαμβάνονταν υπόψη η καλύτερη. Το διάλειμμα μεταξύ των προσπαθειών ήταν 2-3 min. Σε κάθε φορτίο μετρήθηκαν η ταχύτητα κίνησης (V), η δύναμη (F) και η παραγόμενη ισχύς (P). Η μέτρηση των μηχανικών παραμέτρων έγινε με τη χρήση του ειδικού κωδικοποιητή σήματος (MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένου με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab V6.07). Συνδεδεμένος με το MuscleLab ήταν ένας κωδικοποιητής γραμμικής μετακίνησης, προσαρμοσμένος στη μπάρα με την οποία εκτελέστηκε η άσκηση (μετάδοση σήματος κάθε 3 mm μετακίνησης). Με βάση το φορτίο που είχε δοθεί, υπολογίζονται από το λογισμικό οι μηχανικές παράμετροι της δύναμης  $[F(N) = (m \times g) + (m \times a)]$  και της



### Άλμα με πρόσθετο φορτίο



**Σχήμα 16.** Σχέση φορτίου-ταχύτητας και φορτίου-ισχύος. Προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς.

ισχύος [ $P(W) = F \times V$ ]. Σε κάθε φορτίο εκτελέστηκαν τρεις επαναλήψεις και η καλύτερη καταγράφηκε για την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ακολούθως, για την εύρεση του φορτίου με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς για κάθε δοκιμαζόμενο εφαρμόστηκε ένα πολυώνυμο δευτέρου βαθμού ( $y = ax^2 + bx + c$ ) και αναλύοντας τη μέση παραγωγή ισχύος της καλύτερης προσπάθειας για κάθε φορτίο (20, 35, 50, 65 και 80% της 1-ME) προσδιοριζόταν το φορτίο με το οποίο μπορούσε να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ισχύος. (Σχήμα 16). Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν τα 2 φορτία που αντιστοιχούσαν στο 70% και 130% του φορτίου με το οποίο επιτυγχάνονταν η μέγιστη ισχύς.

*Μέγιστη ισομετρική δύναμη.* Για τον προσδιορισμό της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (ΜΙΔ) εκτελέστηκαν με το δεξιό άκρο 2 μέγιστες συσπάσεις διάρκειας 4sec. Εάν η παραγόμενη δύναμη διέφερε περισσότερο από 5% εκτελούνταν και τρίτη σύσπαση. Το διάλειμμα μεταξύ τους ήταν 90 sec. Κατά τη μέτρηση της ΜΙΔ των εκτεινόντων την κνήμη οι γωνίες στις αρθρώσεις του ισχίου και του γόνατος ήταν  $115^\circ$  και  $85^\circ$ , αντίστοιχα ενώ κατά τη μέτρηση της ΜΙΔ των καμπτήρων οι προαναφερόμενες γωνίες ήταν  $165^\circ$  και  $175^\circ$ . Κατά τη διάρκεια της μέτρησης τα άνω άκρα ήταν σταυρωμένα στο στήθος ενώ ο κορμός, η λεκάνη και ο μηρός ήταν ακινητοποιημένοι

με τη βοήθεια ειδικών ιμάντων. Η παραγόμενη δύναμη κατεγράφη μέσω ενός ειδικά προσαρμοσμένου πιεζοηλεκτρικού δυναμόμετρου σε ηλεκτρονικό καταγραφέα (συχνότητα λήψης 100 Hz, MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή και ειδικό λογισμικό (Muscle Lab V6.07). Από τις προσπάθειες που εκτελέστηκαν αξιοποιήθηκαν περαιτέρω τα δεδομένα τα οποία προέκυψαν από τη βέλτιστη.

*Ύψος άλματος.* Το ύψος των επαναλαμβανόμενων αλμάτων με ταλάντευση υπολογίστηκε από το χρόνο πτήσης τους με τη χρήση ενός δαπέδου αγωγιμότητας συνδεδεμένο με ένα μικροϋπολογιστή (Ergojump, Psion<sup>®</sup> CM, MAGICA, Rome, Italy).

*Ισχύς.* Σε κάθε κατακόρυφο άλμα μετρήθηκε η παραγόμενη ισχύς (P) με τη χρήση του ειδικού κωδικοποιητή σήματος (MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένου με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab V6.07). Συνδεδεμένος με το MuscleLab ήταν ένας κωδικοποιητής γραμμικής μετακίνησης, προσαρμοσμένος σε μια μπάρα με την οποία εκτελούνταν η άσκηση (μετάδοση σήματος κάθε 3 mm μετακίνησης). Με βάση το φορτίο που είχε δοθεί, υπολογίζονταν από το λογισμικό οι μηχανικές παράμετροι της δύναμης [ $F(N) = (m \times g) + (m \times a)$ ] και της ισχύος [ $P(W) = F \times V$ ].

*Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.* Κατά τη σύγκεντρη φάση των κατακόρυφων αλμάτων όπως επίσης και κατά την εκτέλεση των μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων (σε τμήμα σύσπασης χωροθετημένο εντός του πλατό δύναμης διάρκειας 1,5 sec), μετρήθηκε στο δεξιό μηρό η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (ΗΜΓ) του ΟΜ, του ΕΞΠ και ΕΣΠ και του ΔΜ με τη βοήθεια διπολικών ηλεκτροδίων επιφανείας αργύρου (AE-131, NeuroDyne Medical Co., επιφάνεια ενεργών ηλεκτροδίων 5 mm, απόσταση ηλεκτροδίων 20 mm) τα οποία σταθεροποιήθηκαν επί των μυών σύμφωνα με τις υποδείξεις του SENIAM (Hermens et al. 1999). Πριν την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων η επιδερμίδα ξυρίστηκε και καθαρίστηκε επιμελώς με οινόπνευμα προκειμένου να μειωθεί η μυοηλεκτρική σύνθετη αντίσταση. Το ηλεκτρικό σήμα ενισχύθηκε από κέρδος 600 db με αναλογία απόρριψης κοινού σήματος τα 100 db και φιλτραρίστηκε από φίλτρο διαπερατότητας 6-1500 Hz (Biochip, Grenoble, France). Το Muscle Lab ενίσχυσε και ποσοτικοποίησε το ακατέργαστο μυοηλεκτρικό σήμα υπολογίζοντας την τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγώνου του (RMS) μέσω ειδικού εγκατεστημένου

κυκλώματος (frequency response 450 kHz, averaging window 100 ms, total error  $\pm$  0.5%). Τα σήματα του γραμμικού καταγραφέα, του δυναμόμετρου και της ποσοτικοποιημένης μυοηλεκτρικής δραστηριότητας κατεγράφησαν και αναλύθηκαν ταυτόχρονα από το Muscle Lab με συχνότητα δειγματοληψίας τα 100 Hz. Η ηλεκτρική δραστηριότητα του τετρακέφαλου (ΤΦΜ) υπολογίσθηκε ως η μέση τιμή της δραστηριότητας των ΟΜ, ΕΞΠ και ΕΣΠ. Οι τιμές της μυοηλεκτρικής δραστηριότητας που προέκυψαν από την εκτέλεση των κατακόρυφων αλμάτων ομαλοποιήθηκαν ως προς τις τιμές που κατεγράφησαν κατά την εκτέλεση των μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων οι οποίες πραγματοποιήθηκαν πριν από την άσκηση.

*Διαδικασία Μέτρησης.* Την ημέρα διεξαγωγής των μετρήσεων οι δοκιμαζόμενοι ακολούθησαν κοινό πρόγραμμα γενικής προθέρμανσης που περιείχε 5 min ποδήλατο με επιβάρυνση 60 W, 3 min διατάσεις των κάτω άκρων (εκτεινόντων την κνήμη, ισchioκνημιαίων, γαστροκνήμιου, υποκνημίδιου) και 2 min αλτικές ασκήσεις. Οι αλτικές ασκήσεις περιελάμβαναν skipping (12 m), αναπηδήσεις με μικρή κάμψη των γονάτων (8 επαναλήψεις), άλματα με ταλάντευση και αιώρηση των χεριών (6 επαναλήψεις).

Στη συνέχεια έγινε η τοποθέτηση ηλεκτροδίων και αμέσως μετά ακολούθησε η ειδική προθέρμανση που περιελάμβανε 1 σετ των 6 ημικαθισμάτων με μπάρα με το 60% του φορτίου της άσκησης και 2 σετ των 5 αλμάτων με φορτία ισοδύναμα με το 60 και 80% του φορτίου της άσκησης αντίστοιχα. Μεταξύ των σετ της ειδικής προθέρμανσης μεσολαβούσε διάλειμμα 2 min.

Στη συνέχεια και μετά από 4 min μετρήθηκαν η μέγιστη ισομετρική δύναμη των καμπτήρων και των εκτεινόντων την κνήμη ενώ μετά από αντίστοιχο διάλειμμα εκτελέσθηκε το 1<sup>ο</sup> σετ των 6 επαναλαμβανόμενων αλμάτων με ταλάντευση. Κατά την εκτέλεση των αλμάτων οι δοκιμαζόμενοι κρατούσαν με τα χέρια τους μια μπάρα αλουμινίου που στηρίζονταν στους ώμους τους όπως ακριβώς στηρίζονταν η μπάρα κατά την εκτέλεση των αλμάτων με το πρόσθετο φορτίο.

Ακολούθως και συγκεκριμένα μετά από διάλειμμα 4 min εκτελέσθηκε 1 σετ 6 επαναλαμβανόμενων αλμάτων (ΕΑΦ) με το φορτίο α) με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς (ΦΜΙ) β) με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30% (ΦΥ) γ) με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30% (ΦΧ) και δ) δίχως φορτίο (ΦΕ). Κατόπιν και συγκεκριμένα κατά το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης εκτελέσθηκαν αντίστοιχα σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως φορτίο (Σχήμα 15). Από κάθε σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως φορτίο

υπολογίσθηκαν και συμπεριελήφθησαν στη στατιστική ανάλυση οι μέσες τιμές της ισχύος, του ύψους και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη.

### **Στατιστική ανάλυση**

Για τον έλεγχο της επίδρασης των διαφορετικών φορτίων στην απόδοση και τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα στις διάφορες χρονικές στιγμές (πριν από τα επαναλαμβανόμενα άλματα με το πρόσθετο φορτίο, στο 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup>, και 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης), χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με δύο παράγοντες (φορτίο άσκησης, μετρήσεις) οι οποίοι επαναλαμβάνονταν. Για τη διερεύνηση των σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ .

### **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

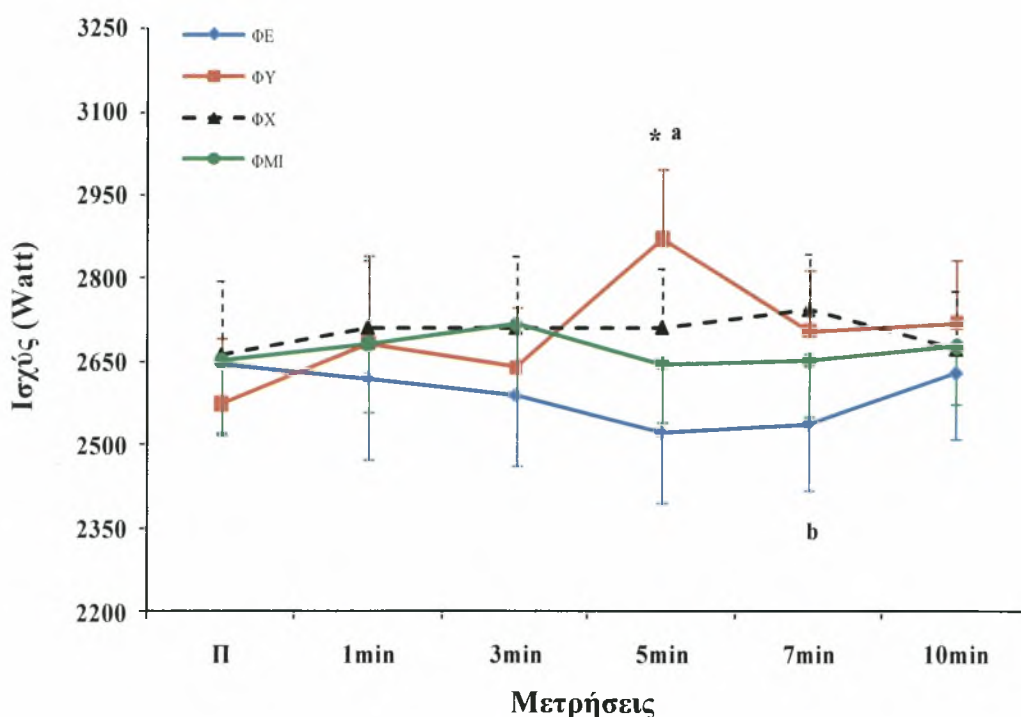
Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκαν τέσσερα πρωτόκολλα άσκησης καθένα από τα οποία περιελάμβανε 1 σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων α) με το φορτίο που παράγονταν η μέγιστη ισχύς (ΦΜΙ) β) με το φορτίο που παράγονταν η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30% (ΦΥ) γ) με το φορτίο που παράγονταν η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30% (ΦΧ) δ) δίχως πρόσθετο φορτίο (ΦΕ). Μετά από την προθέρμανση όπως επίσης και κατά το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης αξιολογήθηκαν το μέσο ύψος και η μέση ισχύς σε αντίστοιχα σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως φορτίο και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη.

### **Ισχύς**

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση 1(i) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(15, 165)}=1,985, p < 0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε ότι η ισχύς που παρήχθη κατά τη διάρκεια των ΕΑ, τα οποία εκτελέστηκαν 5 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ισχύ που παρήχθη κατά τη διάρκεια των ΕΑ που εκτελέστηκαν στο αντίστοιχο χρονικό σημείο μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p < 0,05$ ). Συγκεκριμένα η ισχύς που παρήχθη 5 min μετά από την παρέμβαση

των αλμάτων με το ΦΥ υπερέιχε της ισχύος που παρήχθη 5 min μετά από την εκτέλεση των αλμάτων με το ΦΕ κατά 13,9% (Πίνακας 6).

Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι η ισχύς που παρήχθη κατά τη διάρκεια των ΕΑ, τα οποία εκτελέστηκαν 5 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ισχύ που παρήχθη 5 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ισχύς που παρήχθη κατά το 5<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ υπερέιχε της ισχύος που παρήχθη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ κατά 8,5% (Σχήμα 17, Πίνακας 6).



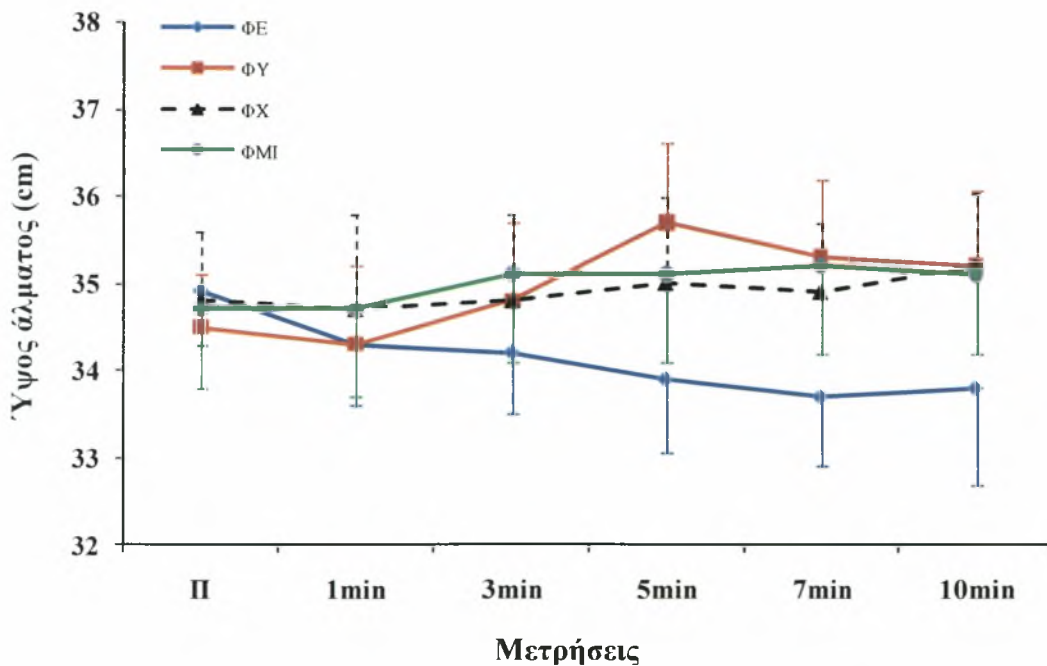
**Σχήμα 17.** Μεταβολή της ισχύος πριν και μετά από την παρέμβαση 1 σετ αλμάτων με διαφορετικά φορτία ( $X\pm SE$ ). **ΦΕ** άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, **Π** προθέρμανση, \*  $p<0,05$  από την ισχύ που παρήχθη μετά από την προθέρμανση και το 1<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης, <sup>a</sup>  $p<0,05$  από την ισχύ που παρήχθη μετά από τα άλματα με ΦΕ και ΦΜΙ, <sup>b</sup>  $p<0,05$  από την ισχύ που παρήχθη μετά από τα άλματα με το ΦΧ.

Επιπλέον η ισχύς που παρήχθη κατά τη διάρκεια των ΕΑ, τα οποία εκτελέστηκαν 5 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ισχύ που παρήχθη μετά από την προθέρμανση και το 1<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ισχύς που παρήχθη κατά το 5<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση

των αλμάτων με το ΦΥ υπερέχει της ισχύος που παρήχθη μετά την προθέρμανση κατά 10,8%. (Σχήμα 17, Πίνακας 6). Επίσης η ισχύς που παρήχθη κατά τη διάρκεια των ΕΑ, τα οποία εκτελέστηκαν 7 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ισχύ που παρήχθη 7 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p < 0,05$ ). Συγκεκριμένα η ισχύς που παρήχθη κατά το 7<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ υπερέχει της ισχύος που παρήχθη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ κατά 8,2% (Σχήμα 17, Πίνακας 6).

### Ύψος άλματος

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(15, 165)}=1,023, p > 0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(3, 33)}=1,229, p > 0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 55)}=0,371, p > 0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 18, Πίνακας 6).



**Σχήμα 18.** Μεταβολή του μέσου ύψους των επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως φορτίο πριν και μετά την παρέμβαση 1 σετ αλμάτων με διαφορετικά φορτία ( $X \pm SE$ ). **ΦΕ** άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο

κατά 30%, **ΦΜΙ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, **Π** προθέρμανση.

**Πίνακας 6.** Μεταβολή του μέσου ύψους και της μέσης ισχύος των επαναλαμβανόμενων αλμάτων (ΕΑ) ( $X \pm SD$ ).

		ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ				
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΦΕ	ΦΥ	ΦΧ	ΦΜΙ	
Ύψος ΕΑ (cm)	Π	34,9±2,1	34,5±2,3	34,8±3	34,7±3,1	
	1 <sup>ο</sup> min	34,3±2,5	34,3±3,2	34,7±3,9	34,7±3,6	
	3 <sup>ο</sup> min	34,2±2,5	34,8±3,1	34,8±3,4	35,1±3,6	
	5 <sup>ο</sup> min	33,9±2,9	35,7±3,1	35±3,3	35,1±3,7	
	7 <sup>ο</sup> min	33,7±2,8	35,3±3,1	34,9±2,8	35,2±3,4	
	10 <sup>ο</sup> min	33,8±4,1	35,2±3	35,2±3	35,1±3,2	
	Ισχύς ΕΑ (Watt)	Π	2645±429,7	2537,2±412	2663,3±460,2	2651,3±343,7
1 <sup>ο</sup> min		2619,6±498,7	2682,6±542,8	2712,7±423,7	2681,4±418,9	
3 <sup>ο</sup> min		2589,1±441,6	2638,9±374,4	2712,5±439	2716,9±426,9	
5 <sup>ο</sup> min		2521,1±439*	2870,8±440 <sup>a</sup>	2712,6±361,2	2645,6±367,8*	
7 <sup>ο</sup> min		2537,1±407,1 <sup>b</sup>	2705±380,6	2744,4±352,1	2651,8±368,4	
10 <sup>ο</sup> min		2629,2±402,9	2719,8±390,3	2674,6±357	2676,8±411,2	

Σημείωση: **ΦΕ** επαναλαμβανόμενα άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, **Π** προθέρμανση, \*  $p < 0,05$  από την ισχύ που παρήχθη μετά από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από την ισχύ που παρήχθη κατά τα άλματα μετά από τη Π και το 1<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από την ισχύ που παρήχθη μετά από τα άλματα με το ΦΧ.

### Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα

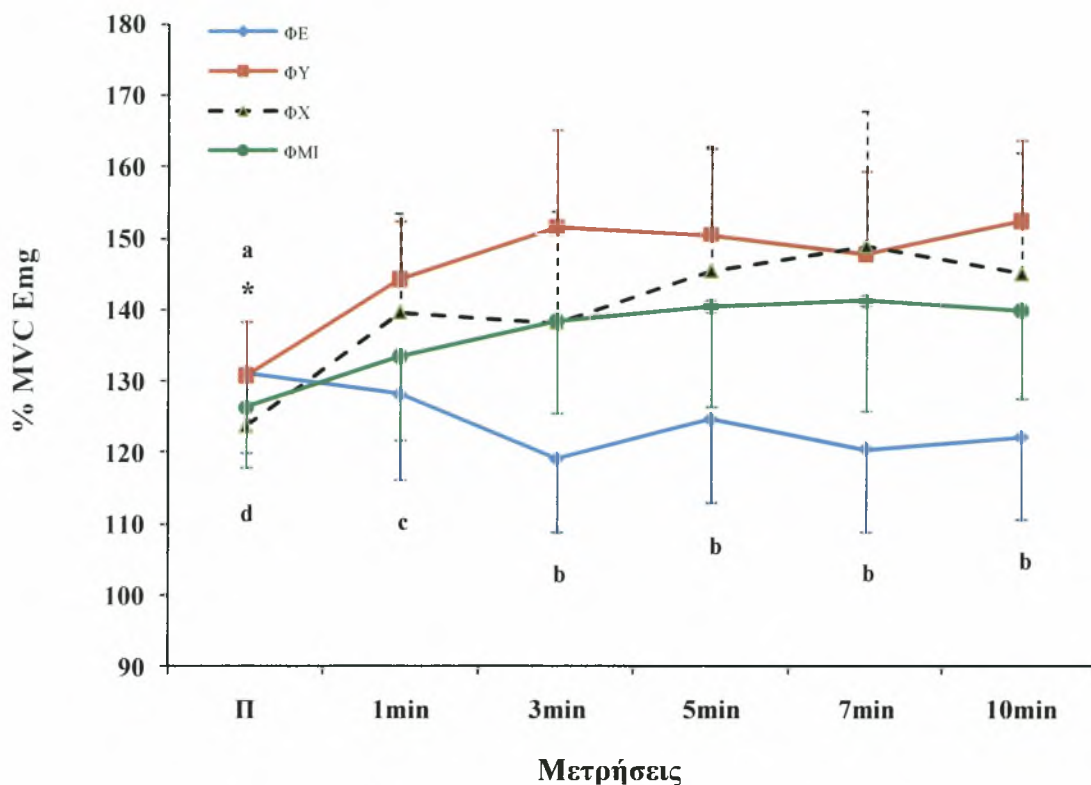
**Ορθός μηριαίος:** Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση 1(iii) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(15, 165)}=3,137, p < 0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 1, 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p < 0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 3 min μετά από την παρέμβαση των

αλμάτων με το ΦΥ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στο ίδιο χρονικό σημείο μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ ( $p<0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p<0,05$ ). Επιπλέον διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη 1, 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ υπερέιχε της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ κατά 12,7%, 27,3%, 20,7%, 22,8% και 24,9% αντίστοιχα ενώ η ΗΜΓ που κατεγράφη 3 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ υπερέιχε της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ κατά 9,5%. Παράλληλα η ΗΜΓ που κατεγράφη 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ υπερέιχε της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ κατά 16,3%, 12,8%, 17,3% και 14,6% αντίστοιχα. Επίσης η ΗΜΓ που κατεγράφη 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ υπερέιχε της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ κατά 16,1%, 16,7%, 23,7% και 18,8% αντίστοιχα.

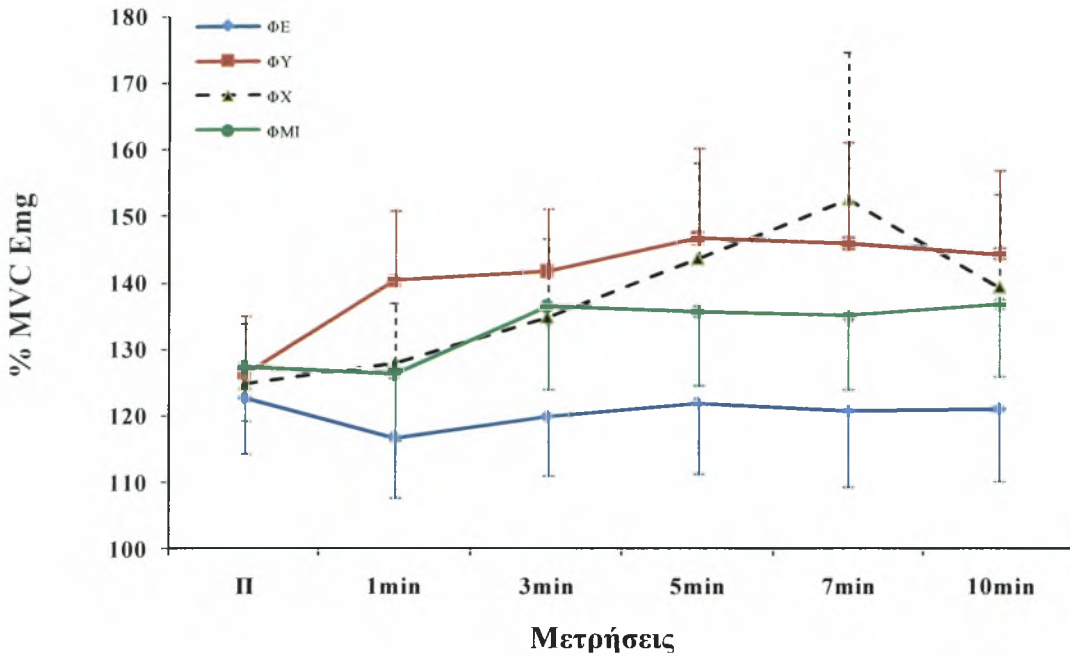
Επιπλέον από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ και της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 3°, 5°, 7° και 10° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη μετά την προθέρμανση κατά 15,9%, 15,1%, 13% και 16,6% αντίστοιχα. Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 5 και 7 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ και της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 3° και 5° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη μετά την προθέρμανση κατά 11,1% και 11,8% αντίστοιχα. Επίσης διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 1, 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ και της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 1°, 3°, 5°, 7°, και 10° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ ήταν υψηλότερη



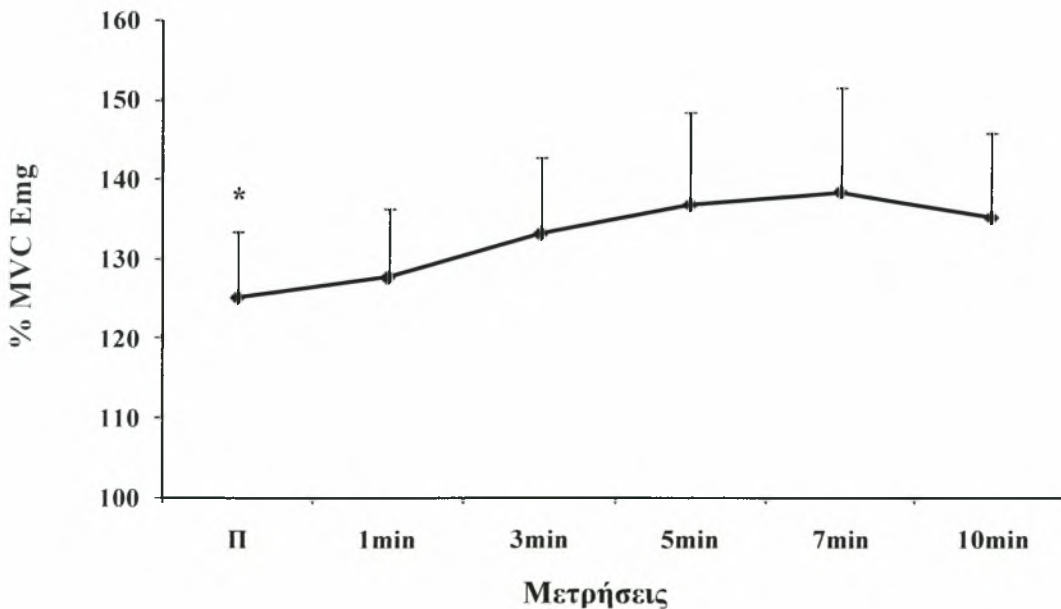
αυτής που κατεγράφη μετά την προθέρμανση κατά 12,9%, 11,7%, 17,5%, 20,4% και 17.2% αντίστοιχα (Σχήμα 19, Πίνακας 7).



**Σχήμα 19.** Μεταβολή της ΗΜΓ του ορθού μηριαίου πριν και μετά την παρέμβαση 1 σετ αλμάτων με διαφορετικά φορτία ( $X \pm SE$ ). **ΦΕ** άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, **Π** προθέρμανση, \*  $p < 0,05$  από το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΧ, <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από το 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από τα άλματα με τα ΦΧ, ΦΥ και ΦΜΙ, <sup>c</sup>  $p < 0,05$  από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>d</sup>  $p < 0,05$  από το 5<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΜΙ.



**Σχήμα 20.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έξω πλατύ μηριαίου πριν και μετά την παρέμβαση 1 σετ αλμάτων με διαφορετικά φορτία ( $X \pm SE$ ). **ΦΕ** άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, **Π** προθέρμανση.



**Σχήμα 21.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έξω πλατύ μηριαίου πριν και μετά την παρέμβαση 1 σετ αλμάτων με πρόσθετο φορτίο ( $X \pm SE$ ). **Π** προθέρμανση, \*  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 5<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση.

*Έξω πλατός:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(iii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(15, 165)}=1,546, p>0,05$ ). Ωστόσο απορρίφθηκαν οι μηδενικές υποθέσεις 2(iii) και 3(iii) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(3, 33)}=3,195, p<0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 55)}=3,862, p<0,05$ ) αντίστοιχα. Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη σε κάθε χρονική στιγμή πριν και μετά την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ και της ΗΜΓ που κατεγράφη σε κάθε χρονική στιγμή πριν και μετά την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη πριν και μετά την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ υπερείχε της ΗΜΓ που κατεγράφη πριν και μετά την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ κατά 17,1% (Σχήμα 20, Πίνακας 7). Επιπλέον από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά την διάρκεια των αλμάτων τα οποία εκτελέστηκαν μετά από την προθέρμανση και της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά την διάρκεια των αλμάτων τα οποία εκτελέστηκαν 5 και 7 min μετά από την παρέμβαση ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά την διάρκεια των αλμάτων τα οποία εκτελέστηκαν 5 και 7 min μετά την παρέμβαση ήταν υψηλότερη κατά 9,3% και 10,4% αντίστοιχα από την ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση. (Σχήμα 20, Πίνακας 7).

*Έσω πλατός:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(iii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(15, 165)}=1,486, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(iii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(3, 33)}=1,795, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 55)}=0,571, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 22, Πίνακας 7).

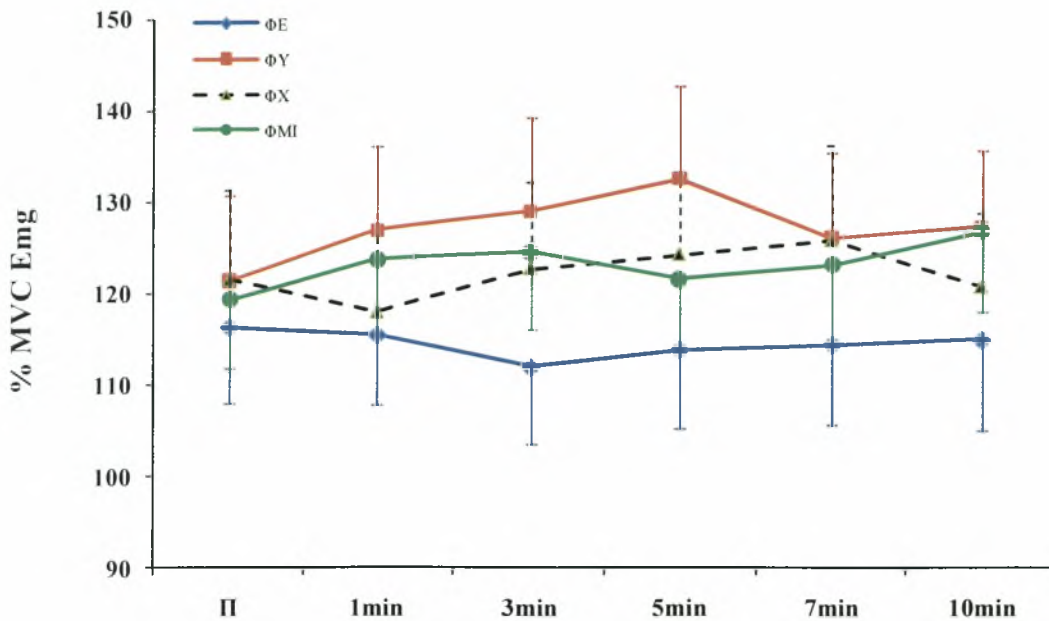
*Τετρακέφαλος μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση 1(iii) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(15, 165)}=3,831, p<0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στα

αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p < 0,05$ ). Επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 1 και 5 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ ( $p < 0,05$ ). Παράλληλα στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 1 και 3 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΥ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ ( $p < 0,05$ ). Επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p < 0,05$ ). Επιπλέον στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 1°, 3°, 5°, 7° και 10° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΕ ( $p < 0,05$ ). Παράλληλα στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 7° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ και της ΗΜΓ που κατεγράφη στο ίδιο χρονικό σημείο μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ ( $p < 0,05$ ).

Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την ειδική προθέρμανση και κατά το 1°, 3°, 5°, 7° και 10° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΥ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΕ κατά 14,2%, 20,4%, 19,3%, 18,2% και 18,5% αντίστοιχα. Επίσης η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 1° και το 5° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΥ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΜΙ κατά 7,3% και 8,1% αντίστοιχα. Παράλληλα η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 1° και το 3° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΥ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΧ κατά 6,8% και 6,7% αντίστοιχα. Επίσης η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 3°, 5°, 7° και 10° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΜΙ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΕ κατά 13,9%, 10,4%, 12,3% και 12,7% αντίστοιχα. Επίσης η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 1°, 3°, 5°, 7° και 10° min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέστηκαν με το ΦΧ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που

εκτελέσθηκαν με το ΦΕ κατά 7%, 12,8%, 14,7%, 20,3% και 13,1% αντίστοιχα. Ακόμα η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 7<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέσθηκαν με το ΦΧ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη στο αντίστοιχο χρονικό σημείο μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΜΙ κατά 7%.

Εκτός των προαναφερομένων από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση και της ΗΜΓ που κατεγράφη 1, 3, 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέσθηκαν με το ΦΥ ( $p<0,05$ ). Επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε και μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση και της ΗΜΓ που κατεγράφη 3 min, 7 min και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων που εκτελέσθηκαν με το ΦΜΙ ( $p<0,05$ ). Επιπλέον στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση και της ΗΜΓ που κατεγράφη 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ ( $p<0,05$ ). Επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε μεταξύ της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τη διάρκεια των αλμάτων τα οποία εκτελέσθηκαν 1 και 3 min μετά από την παρέμβαση με το ΦΧ και της ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 7<sup>ο</sup> min ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΥ ήταν υψηλότερη από την ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση κατά 8,7%, 11,6%, 13,6%, 10,9% και 12,1% αντίστοιχα. Επίσης η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά την διάρκεια των αλμάτων τα οποία εκτελέσθηκαν 3, 7 και 10 min μετά από τα άλματα με το ΦΜΙ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη πριν και μετά από την προθέρμανση κατά 7,1%, 7% και 8,1% αντίστοιχα. Παράλληλα η ΗΜΓ που κατεγράφη 5, 7 και 10 min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη μετά από την προθέρμανση κατά 11,7%, 15,5% και 9,4% αντίστοιχα. Επίσης η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 7<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ΦΧ ήταν υψηλότερη αυτής που κατεγράφη 1<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> min κατά 10,9% και 8% αντίστοιχα (Σχήμα 23, Πίνακας 8).



### Μετρήσεις

**Σχήμα 22.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έσω πλατύ μηριαίου πριν και μετά από την παρέμβαση 1 σετ αλμάτων με διαφορετικά φορτία ( $X \pm SE$ ). **ΦΕ** άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, **Π** προθέρμανση.

*Δικέφαλος μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(iii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(15, 165)}=1,001, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(iii) και 3(iii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(3, 33)}=0,334, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(5, 55)}=1,454, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 24, Πίνακας 8).

**Πίνακας 7.** Μεταβολή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (ΗΜΓ) των ορθού (ΟΜ), έξω (ΕΞΠ) και έσω πλατύ μηριαίων (ΕΣΠ) κατά τη διάρκεια των επαναλαμβανόμενων αλμάτων ( $X \pm SD$ ).

		ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ				
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΦΕ	ΦΥ	ΦΧ	ΦΜΙ	
ΗΜΓ ΟΜ (% ΜΙΣ)	Π	131,2±39,1	130,8±26,6 <sup>a</sup>	123,7±21,6 *	126,3±28,9 <sup>d</sup>	
	1 <sup>ο</sup> min	128,1±41,6 <sup>c</sup>	144,3±28,5	139,6±48,9	133,5±40,7	
	3 <sup>ο</sup> min	119±35,3 <sup>b</sup>	151,5±47,7	138,1±54,1	138,4±44,9	
	5 <sup>ο</sup> min	124,6±40,7 <sup>b</sup>	150,5±41,9	145,4±60,6	140,5±48,8	
	7 <sup>ο</sup> min	120,4±40,1 <sup>b</sup>	147,8±40,5	148,9±65,9	141,1±53,3	
	10 <sup>ο</sup> min	122,1±39,2 <sup>b</sup>	152,4±40,1	144,9±58,9	139,9±42,7	
ΗΜΓ ΕΞΠ (% ΜΙΣ)	Π	122,6±28,8	126,3±29,6	124,6±31,9	127,2±28	
	1 <sup>ο</sup> min	116,6±30,8	140,2±36,7	127,7±31,9	126,2±34,1	
	3 <sup>ο</sup> min	119,7±30,2	141,7±32,7	134,7±40,9	136,4±43	
	5 <sup>ο</sup> min	121,6±30,9	146,7±47,2	143,5±50,2	135,6±38,3	
	7 <sup>ο</sup> min	120,4±38,4	145,8±52,9	152,6±76,7	134,8±38,1	
	10 <sup>ο</sup> min	120,8±36,8	144,2±44,3	139,2±48,5	136,7±37,4	
ΗΜΓ ΕΣΠ (% ΜΙΣ)	Π	116,3±28,9	121,3±32,3	121,5±34,5	119,3±26,3	
	1 <sup>ο</sup> min	115,4±26,4	126,8±32,3	117,9±30,5	123,6±28,4	
	3 <sup>ο</sup> min	111,9±28,9	128,9±35,4	122,7±33,1	124,5±29,5	
	5 <sup>ο</sup> min	113,8±29,5	132,5±34,8	124,2±30,8	121,5±27,4	
	7 <sup>ο</sup> min	114,4±30,5	126±32,2	125,8±36,6	123,1±28	
	10 <sup>ο</sup> min	114,9±34,4	127,2±28,8	120,7±28,1	126,7±30,6	

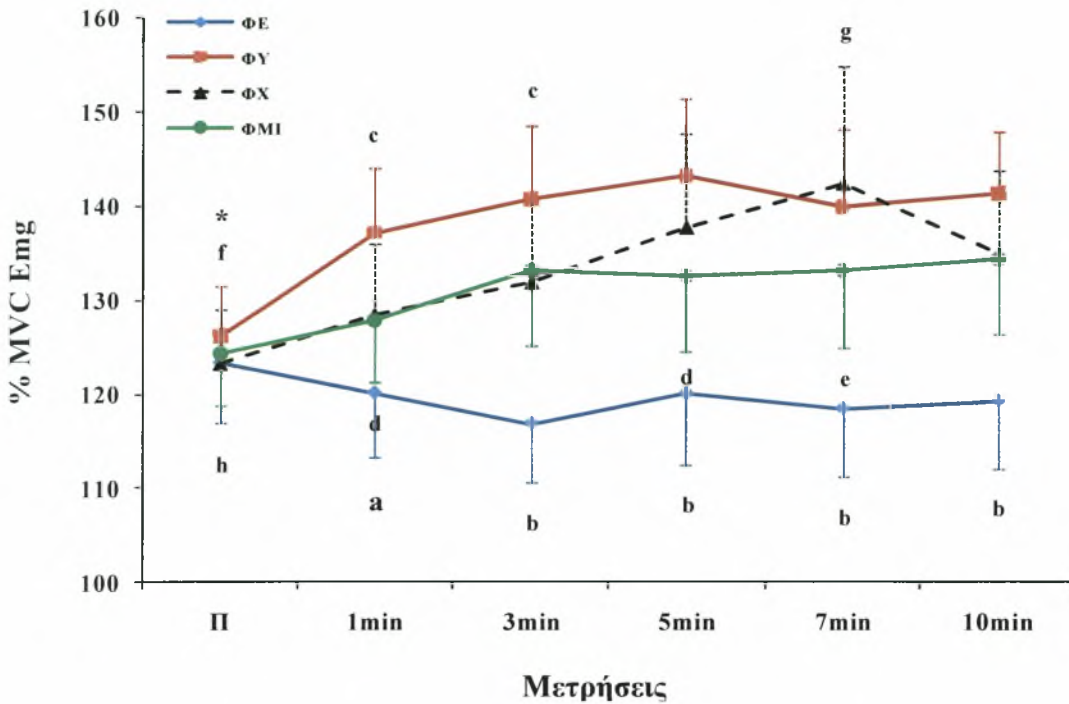
Σημείωση: **ΦΕ** επαναλαμβανόμενα άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς, **ΜΙΣ** μέγιστη ισομετρική σύσπαση, **Π** προθέρμανση, \*  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΧ, <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από τα άλματα με τα ΦΥ, ΦΧ και ΦΜΙ, <sup>c</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο αντίστοιχο χρονικό σημείο μετά από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>d</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη κατά το 5<sup>ο</sup> και 7<sup>ο</sup> min.

**Πίνακας 8.** Μεταβολή ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (ΗΜΓ) του τετρακέφαλου (ΤΜ) και του δικέφαλου μηριαίου (ΔΜ) κατά τη διάρκεια των επαναλαμβανόμενων αλμάτων ( $X \pm SD$ ).

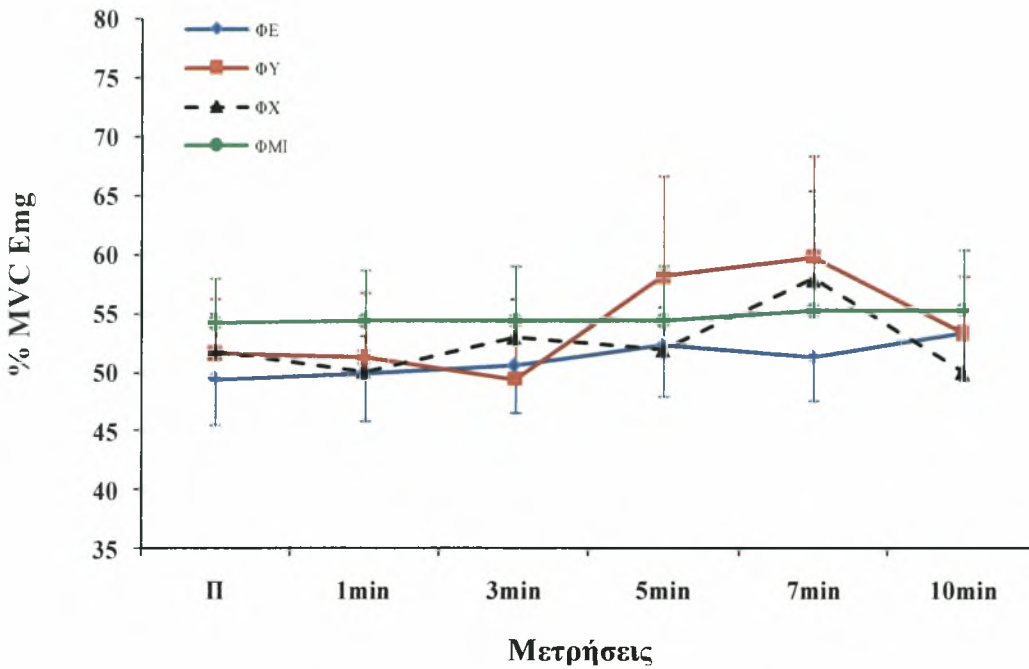
		ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ			
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΦΕ	ΦΥ	ΦΧ	ΦΜΙ
ΗΜΓ ΤΜ (% ΜΙΣ)	Π	123,4±21,9	126,1±18,3 *	123,3±20,1 <sup>f</sup>	124,3±18,9 <sup>h</sup>
	1 <sup>o</sup> min	120±23,9 <sup>a</sup>	137,1±24,2 <sup>c</sup>	128,4±26,4 <sup>g</sup>	127,8±22,8 <sup>d</sup>
	3 <sup>o</sup> min	116,8±21,8 <sup>b</sup>	140,7±27,2 <sup>c</sup>	131,9±31,2 <sup>g</sup>	133,1±27,7
	5 <sup>o</sup> min	120±26,1 <sup>b</sup>	143,2±28,4	137,7±34,5	132,5±27,8 <sup>d</sup>
	7 <sup>o</sup> min	118,4±25,1 <sup>b</sup>	139,9±28,5	142,4±43,3 <sup>e</sup>	133±27,9
	10 <sup>o</sup> min	119,2±25,1 <sup>b</sup>	141,3±22,5	134,9±31	134,4±27,9
ΗΜΓ ΔΜ (% ΜΙΣ)	Π	49,3±13,3	51,6±15,7	51,7±11,2	54,1±13,2
	1 <sup>o</sup> min	49,8±13,5	51,1±19,5	50±10	54,3±15,2
	3 <sup>o</sup> min	50,4±13,4	49,3±17,3	53±11,6	54,3±15,9
	5 <sup>o</sup> min	52,2±14,4	58,1±29,5	51,8±12,9	54,3±16,3
	7 <sup>o</sup> min	51,1±12,5	59,8±29,2	57,9±26,1	55,2±14,7
	10 <sup>o</sup> min	53,3±13,7	53,2±17	50±13,8	55,3±17,5

Σημείωση: **ΦΕ** επαναλαμβανόμενα άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** επαναλαμβανόμενα άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς, **ΜΙΣ** μέγιστη ισομετρική σύσπαση, **Π** προθέρμανση, \*  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο 1<sup>o</sup>, 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup> και 10<sup>o</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>f</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο 5<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup> και 10<sup>o</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΧ, <sup>g</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο 7<sup>o</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΧ, <sup>h</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο 3<sup>o</sup>, 7<sup>o</sup> και 10<sup>o</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΜΙ, <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο αντίστοιχο χρονικό σημείο μετά από τα άλματα με το ΦΥ και το ΦΧ, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από τα άλματα με τα ΦΥ, ΦΜΙ και ΦΧ, <sup>c</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από τα άλματα με το ΦΧ, <sup>d</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα αντίστοιχα χρονικά σημεία μετά από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>e</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ που κατεγράφη στο αντίστοιχο χρονικό σημείο μετά από τα άλματα με το ΦΜΙ.





**Σχήμα 23.** Μεταβολή της ΗΜΓ του τετρακέφαλου μηριαίου πριν και μετά την παρέμβαση 1 σετ αλμάτων με διαφορετικά φορτία ( $X \pm SE$ ). **ΦΕ** άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, **Π** προθέρμανση, \*  $p < 0,05$  από το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>f</sup>  $p < 0,05$  από το 5<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΧ, <sup>g</sup>  $p < 0,05$  από το 1<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΧ, <sup>h</sup>  $p < 0,05$  από το 3<sup>ο</sup>, 7<sup>ο</sup> και 10<sup>ο</sup> min μετά από τα άλματα με το ΦΜΙ, <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από τα άλματα με το ΦΥ και το ΦΧ, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από τα άλματα με τα ΦΥ, ΦΜΙ και ΦΧ, <sup>c</sup>  $p < 0,05$  από τα άλματα με το ΦΧ, <sup>d</sup>  $p < 0,05$  από τα άλματα με το ΦΥ, <sup>e</sup>  $p < 0,05$  από τα άλματα με το ΦΧ.



**Σχήμα 24.** Μεταβολή της ΗΜΓ του δικέφαλου μηριαίου πριν και μετά την παρέμβαση 1 σετ αλμάτων με διαφορετικά φορτία ( $X \pm SE$ ). **ΦΕ** άλματα δίχως πρόσθετο φορτίο, **ΦΥ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς αυξημένο κατά 30%, **ΦΧ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη ισχύς μειωμένο κατά 30%, **ΦΜΙ** άλματα με το φορτίο που αποδίδεται η μέγιστη μηχανική ισχύς, **Π** προθέρμανση.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η επίδραση του διαλείμματος μεταξύ της άσκησης «επαναλαμβανόμενα άλματα με πρόσθετο φορτίο» με τέσσερα επίπεδα έντασης α) το φορτίο με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς ή β) το 130% του φορτίου με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς ή γ) το 70% του εν λόγω φορτίου ή ακόμα δ) μηδενικό φορτίο και της άσκησης «επαναλαμβανόμενα άλματα», στην ισχύ και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και των καμπτήρων την κνήμη κατά την εκτέλεση της δεύτερης.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης φάνηκε ότι όταν η άσκηση «επαναλαμβανόμενα άλματα με πρόσθετο φορτίο» εκτελέστηκε με το φορτίο που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς (52% της 1-ME) δεν προκλήθηκε μεταβολή της απόδοσης στην άσκηση «επαναλαμβανόμενα άλματα» εντός του χρονικού πλαισίου αξιολόγησης. Αντίθετα όταν η πρώτη άσκηση εκτελέστηκε με το 70% και 130% του εν λόγω φορτίου (35% και 69,5% της 1-ME) η απόδοση παρουσίασε σημαντική αύξηση. Ωστόσο διαπιστώθηκε ότι το χρονοδιάγραμμα ανταπόκρισης της απόδοσης ήταν διαφορετικό

αναλόγως του φορτίου το οποίο χρησιμοποιήθηκε. Συγκεκριμένα μετά από τη χρήση του χαμηλότερου φορτίου η απόδοση παρουσίασε αυξητική τάση η οποία κορυφώθηκε στο 7<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης όπου διαπιστώθηκε ότι υπερείχε σημαντικά από την απόδοση που κατεγράφη μετά από τη χρήση του μηδενικού φορτίου. Όταν η άσκηση «επαναλαμβανόμενα άλματα με πρόσθετο φορτίο» εκτελέστηκε με το υψηλότερο φορτίο η απόδοση παρουσίασε ανοδική τάση η οποία κατά το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης εξελίχθηκε σε σημαντική αύξηση σε σχέση με την τιμή που είχε τόσο μετά από την προθέρμανση όσο και μετά από το 1<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Μάλιστα κατά το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η απόδοση υπερείχε σημαντικά ακόμα και αυτής που κατεγράφη μετά από τη χρήση του μηδενικού φορτίου.

*Υπομέγιστα φορτία:* Όπως έχει ήδη αναφερθεί όταν η άσκηση «επαναλαμβανόμενα άλματα με πρόσθετο φορτίο» εκτελέστηκε με το 130% του φορτίου με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς (69,5% της 1-ME) η απόδοση παρουσίασε ανοδική τάση από το 1<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης για να εξελιχθεί σε σημαντική αύξηση κατά το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Είναι γνωστό ότι η ανταπόκριση των σκελετικών μυών σε ηλεκτρικά ή βουλητικά ερεθίσματα επηρεάζεται από την προηγούμενη δραστηριότητά τους (Guillich, & Schmidtbleicher, 1996; Trimble et al., 1998). Το πλέον εμφανές αποτέλεσμα αυτής είναι η κόπωση η οποία έχει ως συνέπεια την πτώση της μυϊκής απόδοσης. Ωστόσο μετά το πέρας της μυϊκής δραστηριότητας και σε συνδυασμό με την κόπωση έχει συχνά καταγραφεί η παρουσία αυξημένης νευρομυϊκής ενεργοποίησης. Ως εκ τούτου η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι σκελετικοί μύες μετά το πέρας της μυϊκής δραστηριότητας καθορίζεται από την ισορροπία μεταξύ νευρομυϊκής ενεργοποίησης και κόπωσης. Ένας εκ των ρυθμιστών της εν λόγω ισορροπίας είναι ο χρόνος ανάπαυσης που μεσολαβεί έως την αξιολόγηση του επιπέδου της ενεργοποίησης. Η επάρκειά του κρίνεται από το εάν οι μύες έχουν αναλάβει από την κόπωση ενώ παραμένουν σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης. Η πρόκληση και η βέλτιστη διαχείριση αυτής της κατάστασης αποτελεί ουσιαστικά και την αρχή επί της οποίας βασίζεται η αντιθετική μέθοδος. Αν και οι ερευνητές συμφωνούν για την κρισιμότητα της επιλογής του χρόνου ανάπαυσης οι σχετικές μελέτες είναι περιορισμένες. Σε κάποιες από αυτές στις οποίες χρησιμοποιήθηκε ηλεκτροδιέγερση διαπιστώθηκε σχετικά άμεση αύξηση της νευρομυϊκής ενεργοποίησης και της απόδοσης που κορυφώθηκαν στο 3<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης (O'Leary et al., 1998; Requena et al., 2008). Σε κάποιες άλλες στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν μέγιστες

ισομετρικές συσπάσεις κατεγράφη άμεση αύξηση της νευρομυϊκής ενεργοποίησης (Folland et al., 2008; French et al., 2003; Gossen, & Sale, 2000; Paasuke et al., 2007) η οποία ωστόσο δεν συνοδεύτηκε πάντα και από αύξηση της απόδοσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μετά από υπομέγιστη έως μέγιστη μυϊκή δραστηριότητα χρόνος ανάπαυσης μικρότερος του 1 min δεν ήταν αρκετός ώστε η αποτελεσματικότητα των μηχανισμών παραγωγής της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης να ισοσκελίσει την αποτελεσματικότητα των αντίστοιχων μηχανισμών της κόπωσης (Crone, & Nielson, 1989; Enoka et al., 1980; Moore, & Kukulka, 1991; Trimble, & Harp, 1998). Φαίνεται ότι η επίτευξη της ισορροπίας μεταξύ ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης επιτυγχάνεται μόνο μετά από ανάπαυση διάρκειας 1-2 min. Μάλιστα πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ως κατάλληλο χρόνο ανάπαυσης τα 2-4min (Baudry, & Duchateau, 2007; Folland et al., 2008; Gossen, & Sale, 2000; Rixon et al., 2007).

Ωστόσο αυτό δεν φαίνεται να ισχύει και στην περίπτωση που η άσκηση-παρέμβαση έχει δυναμικό χαρακτήρα (Tillin, & Bishop, 2009). Σύμφωνα με το Babault και συν. (2006) μεταξύ των μυϊκών συσπάσεων ισομετρικού και δυναμικού χαρακτήρα έχουν διαπιστωθεί σημαντικές διαφορές στην ανταπόκριση της κόπωσης μια και οι πρώτες προκαλούν μεγαλύτερη κεντρική ενώ οι άλλες μεγαλύτερη περιφερειακή κόπωση. Ο χαρακτήρας όμως της άσκησης θεωρείται ότι επηρεάζει την απόδοση των μηχανισμών παραγωγής της υπερενεργοποίησης με τρόπον ώστε μετά από την ισομετρική άσκηση να ενεργοποιείται κυρίως ο μυογενής μηχανισμός ενώ μετά από τη δυναμική άσκηση ο νευρογενής (Tillin, & Bishop, 2009). Τα παραπάνω σε συνδυασμό με τη διαφορετική ανταπόκριση των δύο μηχανισμών ως προς στο χρόνο εμφάνισης της μέγιστης τιμής της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης, θεωρείται ότι έχουν σημαντική επίδραση στο χρόνο αποκατάστασης μεταξύ της δυναμικής άσκησης που προηγείται και της εκρηκτικής δραστηριότητας που ακολουθεί στα πλαίσια της αντιθετικής προπόνησης (Folland et al., 2008; Tillin, & Bishop, 2009). Στην παρούσα μελέτη φάνηκε ότι ο βέλτιστος χρόνος ανάπαυσης μετά από άσκηση με υπομέγιστο φορτίο ήταν τα 5 min γεγονός που συμφωνεί με αρκετές από τις σχετικές μελέτες που χρησιμοποίησαν δυναμική άσκηση και χρόνο ανάπαυσης από 3 έως 5min (Baker, 2001; Chatzopoulos et al., 2007; Comyns et al., 2007; Smilios et al., 2005; Villarreal et al., 2007; Weber et al., 2008; Young et al., 1998). Η διαφορά της παρούσης από άλλες μελέτες που προτείνουν μικρότερο ή μεγαλύτερο χρόνο αποκατάστασης (έως 2 min ή 7 έως 18,5 min φαίνεται να οφείλεται στη διαφορετική μεθοδολογική τους προσέγγιση

και πιο συγκεκριμένα στον έλεγχο των κυριοτέρων από τις παραμέτρους που φαίνεται να επηρεάζουν την πρόκληση αλλά και το χρονοδιάγραμμα της εμφάνισης της υπερενεργοποίησης (Clark et al., 2006; Gilbert, & Lees, 2005; Gourgoulis et al., 2003; Kilduff et al., 2007; Thompson et al., 2007). Όπως έχει ήδη αναφερθεί σημαντική θέση μεταξύ αυτών κατέχουν η συνάφεια της παρέμβασης και της δραστηριότητας που ακολουθεί, το προπονητικό επίπεδο, η ένταση αλλά και ο συνολικός προπονητικός όγκος της παρέμβασης. Ο τελευταίος φαίνεται ότι επηρεάζει ευθέως την ισορροπία ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης και κόπωσης και κατ' επέκταση το χρόνο αποκατάστασης (French et al., 2003; Gourgoulis et al., 2003; Paasuke et al., 2007). Σύμφωνα με τους Tillin και Bishop (2009) στην περίπτωση που ο προπονητικός όγκος της άσκησης-παρέμβασης είναι χαμηλός η υπερενεργοποίηση αναπτύσσεται συντομότερα από την κόπωση και το διάλειμμα μπορεί να είναι μικρό. Όσο όμως ο προπονητικός όγκος της παρέμβασης αυξάνεται τόσο περισσότερο ανατρέπεται και η ισορροπία ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης - κόπωσης υπέρ της τελευταίας. Σε κάθε τέτοια περίπτωση για την αποκατάστασή της εν λόγω ισορροπίας και την εκ νέου ανατροπή της υπέρ της υπερενεργοποίησης ενδέχεται να είναι απαραίτητος μεγαλύτερος χρόνος αποκατάστασης.

Σε μία από τις πλέον πρόσφατες μελέτες οι Gilbert & Lees (2005) χρησιμοποιώντας μόνο μέγιστα φορτία εξέτασαν την επίδραση 5 σετ ημικαθισμάτων με μπάρα (5 min διάλειμμα μεταξύ των σετ) στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης κατά την εκτέλεση μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων των εκτεινόντων την κνήμη (διάρκειας 3 sec) και στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση. Η επίδραση της παρέμβασης αξιολογήθηκε κατά το 1<sup>ο</sup>, 2<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup>, 9<sup>ο</sup>, 10<sup>ο</sup>, 11<sup>ο</sup>, 19<sup>ο</sup>, 20<sup>ο</sup>, 21<sup>ο</sup>, 59<sup>ο</sup>, 60<sup>ο</sup> και 61<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά την παρέμβαση ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης σημείωσε σημαντική πτώση (12,8%) και διατηρήθηκε χαμηλά έως και το 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Ωστόσο από το 15<sup>ο</sup> έως το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης σημείωσε σημαντική αύξηση που έφτασε το 11,8% ενώ μετά το 20<sup>ο</sup> δεν παρουσίασε διαφορές σε σχέση με την τιμή που είχε πριν την παρέμβαση. Παρόμοια ήταν η εικόνα που παρουσίασε και το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση το οποίο ενώ αρχικά σημείωσε πτώση (έως το 12<sup>ο</sup> min) στη συνέχεια αυξήθηκε σημαντικά (κατά ~9%) λαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή του κατά το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Η μείωση της απόδοσης που παρατηρήθηκε στα πρώτα λεπτά της αποκατάστασης θεωρήθηκε από τους ερευνητές αναμενόμενη και αποδόθηκε στην επίδραση της κόπωσης εξ' αιτίας των επαναλαμβανόμενων μέγιστων επαναλήψεων. Όταν όμως οι

ίδιοι ερευνητές χρησιμοποίησαν την ίδια άσκηση αλλά με το φορτίο με το οποίο αποδίδεται η μέγιστη ισχύς (5 σετ ημικαθισμάτων με μπάρα με 5 min διάλειμμα μεταξύ των σετ) διαπίστωσαν ότι αμέσως μετά την παρέμβαση ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης και το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση σημείωσαν σημαντική αύξηση που κατά το 2<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης κορυφώθηκε ενώ στη συνέχεια επανήλθε σταδιακά στο αρχικό επίπεδο. Σε μία άλλη από τις μελέτες που εξέτασαν την επίδραση του διαλείμματος μετά από άσκηση με υψηλό φορτίο οι Jensen και Ebben (2003) αξιολόγησαν το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση πριν, αμέσως μετά και 1, 2, 3 και 4 min μετά από 5 ημικαθίσματα με φορτίο 5-ME. Διαπίστωσαν ότι αμέσως μετά από την άσκηση το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση μειώθηκε σημαντικά ενώ στη συνέχεια αποκαταστάθηκε στο επίπεδο που είχε πριν από την παρέμβαση και μάλιστα κατά το 4<sup>ο</sup> min παρουσίασε τάση αύξησης. Εξ αιτίας αυτού οι ερευνητές θεώρησαν σκόπιμο να προτείνουν ως ελάχιστο χρόνο αποκατάστασης τα 4 min.

Ωστόσο επειδή ο χρόνος αποκατάστασης εντός ή/και μεταξύ των ενοτήτων της αντιθετικής προπόνησης φαίνεται να είναι σημαντική παράμετρος για την επίτευξη υψηλής απόδοσης ενώ ταυτόχρονα διαφέρει μεταξύ των ατόμων ο σχεδιασμός της μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής μόνον όταν είναι εξατομικευμένος. Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξαν ο Comyns και συν. (2006) αφού εφήρμοσαν 1 σετ ημικαθισμάτων με φορτίο 5-ME και μετά από 30 sec, 2, 4 και 6 min αξιολόγησαν το κατακόρυφο άλμα με το κυρίαρχο πόδι σε ειδικά κατασκευασμένη πλατφόρμα κύλισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση του χρόνου πτήσης τόσο στο 30<sup>ο</sup> sec όσο και στο 6<sup>ο</sup> min μετά από τα ημικαθίσματα. Αξιοσημείωτο όμως ήταν ότι οι μεταβολές αυτές εντοπίστηκαν μόνο στο ήμισυ των δοκιμαζομένων. Στους υπόλοιπους από αυτούς το κατακόρυφο άλμα παρουσίασε μικρή αύξηση ή δεν μεταβλήθηκε. Σε μια άλλη μελέτη που χρησιμοποιήθηκε το ίδιο φορτίο (5-ME) αλλά μεγαλύτερο εύρος αποκατάστασης οι Jones και Lees (2003) διερεύνησαν την επίδραση ενός σετ ημικαθισμάτων στο Smith στην απόδοση του αργού και του γρήγορου «κύκλου διάτασης – βράχυνσης» αλλά και το χρονικό προφίλ της επίδρασης αυτής. Για το σκοπό αυτό πριν και 3, 7 και 10 min μετά από τα ημικαθίσματα αξιολόγησαν τη μέση ισχύ κατά την εκτέλεση 2 κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση και 2 αλμάτων πτώσης από ύψος 40 cm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση διατηρήθηκε αμετάβλητη, γεγονός που αποδόθηκε στη διαφορά που είχε το κινητικό πρότυπο της άσκησης στο Smith και των αλμάτων ή/και στο ανεπαρκές φορτίο. Ωστόσο ο Bevan και συν. (2009) αφού χρησιμοποίησαν 3 σετ των 3 πιέσεων πάγκου με φορτίο 87% της 1-ME μελέτησαν την

επίδρασή τους στο ύψος ρίψης της μπάρας και στην παραγόμενη μέγιστη ισχύ κατά την εκτέλεση βαλλιστικών πιέσεων στήθους στο Smith με φορτίο 40% της 1-ME. Η αξιολόγηση της απόδοσης έγινε πριν και 15sec, 4, 8, 12, 16, 20 και 24 min μετά από τις πιέσεις πάγκου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά τις πιέσεις πάγκου η απόδοση παρουσίασε σημαντική μείωση που έφτασε το 10,2%. Ωστόσο στη συνέχεια η απόδοση παρουσίασε αύξηση που κορυφώθηκε στο 8<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης φτάνοντας το 5,4% ενώ κατόπιν και έως το 24<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης επανήλθε στα αρχικά της επίπεδα. Σε μια άλλη μελέτη ο Kilduff και συν. (2007) αξιολόγησαν τη μέγιστη ισχύ που παράγεται κατά την εκτέλεση ενός άλματος με ταλάντευση ή μιας βαλλιστικής πίεσης πάγκου αφού προηγουμένως υπέβαλλαν 23 αθλητές Ράγκμπυ στην εκτέλεση ενός σετ 3 ημικαθισμάτων ή πιέσεων πάγκου αντίστοιχα (με φορτίο 3-ME). Στις μετρήσεις που διεξήχθησαν αμέσως μετά την άσκηση και ανά 4 min έως και το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης βρέθηκε ότι αμέσως μετά την παρέμβαση η μέγιστη ισχύς σημείωσε σημαντική πτώση που μετά τα ημικαθίσματα έφτασε το 2,9% ενώ μετά τις πιέσεις πάγκου το 4,7%. Στη συνέχεια και από το 8<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η ισχύς παρουσίασε σημαντική αύξηση που μετά από τα ημικαθίσματα έφτασε το 8% (12<sup>ο</sup> min) και διατηρήθηκε έως και το 12<sup>ο</sup> min ενώ μετά από τις πιέσεις πάγκου έφτασε το 5,3% (12<sup>ο</sup> min) και διατηρήθηκε έως και το 16<sup>ο</sup> min.

*Χαμηλά και μέτρια φορτία:* Όπως έχει ήδη αναφερθεί όταν η άσκηση «επαναλαμβανόμενα άλματα με πρόσθετο φορτίο» εκτελέστηκε με το μέτριο και το χαμηλό φορτίο η απόδοση παρουσίασε ανοδική τάση σε σχέση με το επίπεδο που είχε μετά από την προθέρμανση. Στην πρώτη περίπτωση η υψηλότερη τιμή της απόδοσης εντοπίστηκε στο 3<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης και έφτασε το 2,5% ενώ στη δεύτερη εντοπίστηκε στο 7<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης και έφτασε το 3,1%. Στα εν λόγω χρονικά σημεία όμως κατεγράφησαν και οι υψηλότερες τιμές της απόδοσης σε σχέση με τις τιμές που προέκυψαν μετά από την άσκηση με το μηδενικό φορτίο. Από αυτές βέβαια σημαντικά υψηλότερη ήταν μόνο η τιμή που κατεγράφη 7 min μετά από την άσκηση με το χαμηλό φορτίο (8,2%). Σε απόλυτη συμφωνία με την παρούσα μελέτη ο Clark και συν. (2006) διαπίστωσαν ότι 7-10 min αποκατάστασης ήταν αρκετά ώστε μετά από την εκτέλεση 1 σετ αλμάτων με φορτίο 40 kg (~30% της 1-ME) η μέση επίδοση 9 αθλητών Ράγκμπυ σε 1 σετ αλμάτων με φορτίο 20 kg να αυξηθεί σημαντικά ως προς τη συνθήκη ελέγχου αλλά όχι ως προς την αρχική μέτρηση. Αντίθετα, ο Smilios και συν. (2005) διαπίστωσαν ότι 3 min μετά από την εκτέλεση 5 αλμάτων με φορτίο 30% της 1-ME το

κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση αυξήθηκε κατά 3,8% σε σχέση με την αρχική μέτρηση. Η αύξηση αυτή διατηρήθηκε (3,98%) ακόμα και μετά από ένα δεύτερο σετ αλμάτων με το ίδιο φορτίο ενώ 10 min μετά το πέρας της παρέμβασης επανήλθε στα αρχικά επίπεδα. Η διαφοροποίηση μεταξύ των αποτελεσμάτων της παρούσης και της μελέτης του Smilios και συν. (2005) φαίνεται ότι οφείλεται σε διαφορές στη μεθοδολογία. Επί παραδείγματι ενώ στην παρούσα μελέτη υπήρξε συνθήκη ελέγχου στην μελέτη του Smilios και συν. (2005) δεν υπήρξε. Επιπλέον οι αθλητές της παρούσης μελέτης ήταν πετοσφαιριστές εξοικειωμένοι με την προπόνηση ισχύος στα περιεχόμενα της οποίας σημαντική θέση κατείχαν και τα επαναλαμβανόμενα άλματα με φορτία 30-50% της 1-ME. Ο συνήθης αριθμός των σετ που εκτελούνταν κατά τη διάρκεια της προπόνησης κυμαίνονταν από 2-4 ανάλογα με την προπονητική μονάδα και τη θέση της στον αγωνιστικό μικρόκυκλο. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό η επίδραση του ενός μόνο σετ με το χαμηλό φορτίο να μην ήταν αρκετή ώστε να πριμοδοτήσει την απόδοση των αθλητών λόγω της εξοικείωσης που ήδη είχαν με μεγαλύτερο αριθμό σετ. Εξάλλου έχει ήδη διαπιστωθεί ότι η απόδοση στη δραστηριότητα που ακολουθεί την άσκηση-παρέμβαση επηρεάζεται σημαντικά από το συνδυασμό παραμέτρων μεταξύ των οποίων κυρίαρχη θέση κατέχουν το προπονητικό επίπεδο, η ένταση της άσκησης, ο προπονητικός όγκος της άσκησης-παρέμβασης και ο χρόνος αποκατάστασης που ακολουθεί (French et al., 2003; Tillin, & Bishop, 2009). Ενδέχεται λοιπόν όπως θεωρείται ότι υπάρχει μια μέγιστη τιμή να υπάρχει αντίστοιχα και ένα κατώφλι προπονητικού όγκου προκειμένου η άσκηση-παρέμβαση να συνεισφέρει σημαντικά στην απόδοση. Στη μελέτη του Smilios και συν. (2005) οι δοκιμαζόμενοι ήταν διαφορετικού προπονητικού επιπέδου από ότι οι δοκιμαζόμενοι της παρούσης μελέτης. Εξάλλου όπως αναφέρεται κατά τη διάρκεια της μελέτης οι πρώτοι βρίσκονταν σε μεταβατική περίοδο και το επίπεδο της μέγιστης δύναμης τους στο ημικάθισμα με μπάρα ήταν  $127 \pm 11,8$ kg. Αντίθετα οι δοκιμαζόμενοι της παρούσης μελέτης κατά τη διάρκεια των μετρήσεων προπονούνταν για τη βελτίωση της ισχύος και η μέγιστη δύναμή τους στο ημικάθισμα με μπάρα ήταν  $188,5 \pm 23,5$ kg. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό το κατώφλι του προπονητικού όγκου που ήταν απαραίτητο για την βελτίωση της απόδοσης των τελευταίων να ήταν υψηλότερο από το αντίστοιχο όσων μετείχαν στη μελέτη του Smilios και συν. (2005). Επιπλέον η άσκηση που εκτελούνταν στην τελευταία μετά από την παρέμβαση, περιελάμβανε 2 μέγιστα κατακόρυφα άλματα με ταλάντευση από τα οποία στην στατιστική ανάλυση λαμβάνονταν υπόψη μόνο το βέλτιστο. Αντίθετα στην παρούσα μελέτη το μέτρο αξιολόγησης της απόδοσης ήταν



διαφορετικό μια και η άσκηση που εκτελούνταν μετά από την παρέμβαση ήταν 6 επαναλαμβανόμενα άλματα με ταλάντευση και στη στατιστική ανάλυση λαμβάνονταν υπόψη η μέση τιμή τους. Εξάλλου, ο σκοπός της μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της βαλλιστικής άσκησης με πρόσθετο φορτίο σε μια σειρά αλμάτων δεδομένης της συχνής τους χρήσης ως βασικής συνιστώσας των προπονητικών προγραμμάτων για τη βελτίωση τη ισχύος. Ως εκ τούτου είναι πολύ πιθανόν η ασυμφωνία των δύο μελετών να οφείλεται στη διαφορά των μέτρων αξιολόγησης και ενδεχομένως της ευαισθησίας τους στις όποιες μεταβολές της νευρομυϊκής λειτουργίας.

Οι προαναφερόμενες μεταβολές συνοδεύτηκαν από αύξηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακέφαλου μηριαίου η οποία μετά από την άσκηση με το μέτριο φορτίο ήταν σημαντική μετά από το 3<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης ενώ μετά από την άσκηση με το χαμηλό φορτίο ήταν σημαντική μετά από το 5<sup>ο</sup> min. Οι αυξήσεις αυτές μπορούν να αποδοθούν στο βαλλιστικό χαρακτήρα της άσκησης και στην υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης της. Σύμφωνα με το Duchateau και συν. (2006) η ταχύτητα μιας δυναμικής συστολής για την παραγωγή συγκεκριμένης δύναμης καθορίζει τον αριθμό των κινητικών μονάδων οι οποίες επιστρατεύονται δίχως βέβαια να παραβιάζει την «αρχή του μεγέθους». Έτσι σε μια ταχεία μυϊκή σύσπαση ενεργοποιούνται έως και τριπλάσιες κινητικές μονάδες σε σχέση με μια αργή, γεγονός που οφείλεται στην πτώση που εμφανίζει το κατώφλι ενεργοποίησής τους εξ αιτίας της ταχύτητας κίνησης (Desmedt, & Godaux, 1977). Έτσι λοιπόν είναι πολύ πιθανόν η αύξηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας να οφείλεται στην επιστράτευση μεγαλύτερου αριθμού των κινητικών μονάδων. Η ασυμφωνία μεταξύ απόδοσης και ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στο φορτίο του οποίου το χαμηλό μέγεθος δεν ήταν αρκετό για την ενεργοποίηση των μεγάλων κινητικών μονάδων που θα μπορούσαν να αποδώσουν υψηλότερες τιμές δύναμης και ισχύος. Φαίνεται λοιπόν ότι η αύξηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας οφείλονταν κυρίως σε αύξηση της ενεργοποίησης των μικρών κινητικών μονάδων οι οποίες αν και συνεισέφεραν στην απόδοση δεν κατάφεραν να την βελτιώσουν σημαντικά. Εξάλλου δεν μπορεί να θεωρηθεί τυχαίο το γεγονός ότι παρότι η απόδοση δεν αυξήθηκε σημαντικά παρουσίασε ανοδική τάση με τις υψηλότερες τιμές της να καταγράφονται στα ίδια χρονικά σημεία που κατεγράφησαν οι αντίστοιχες τιμές της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακεφάλου. Βέβαια όπως έχει ήδη αναφερθεί η πριμοδότηση της απόδοσης των σκελετικών μυών ως συνέπεια της προηγηθείσας δραστηριότητας τους είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας μηχανισμών που

δραστηριοποιούνται τόσο στη σπονδυλική στήλη όσο και εντός του μυϊκού κυττάρου. Έτσι ενώ με την καταγραφή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας αξιολογείται με σχετική ασφάλεια η δραστηριοποίηση του πρώτου εξ αυτών παραμένει άγνωστη η δραστηριοποίηση και ο βαθμός συνεισφοράς του τελευταίου. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό το ερέθισμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη να ήταν ανεπαρκές για την πλήρη δραστηριοποίηση του μυογενούς μηχανισμού παραγωγής της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης με συνέπεια να έχει μειωμένη συνεισφορά στην απόδοση. Πιθανόν για τους ίδιους λόγους να μην υπήρξαν σημαντικές μεταβολές στην απόδοση ακόμα και όταν κατά τη διάρκεια της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε το φορτίο με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς. Ωστόσο, στο 3<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης το μέσο ύψος των επαναλαμβανόμενων αλμάτων παρουσίασε μικρή αύξηση κατά 2,5% ενώ η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τετρακέφαλου αυξήθηκε σημαντικά κατά 7,1%. Με το ίδιο ακριβώς φορτίο οι Gilbert & Lees (2005) βρήκαν ότι 2 min μετά από 5 ημικαθίσματα η απόδοση αυξήθηκε σημαντικά κατά 6,7%. Επίσης ο Smilios και συν. (2005) χρησιμοποιώντας ως παρέμβαση τα «επαναλαμβανόμενα άλματα με πρόσθετο φορτίο» που αντιστοιχούσε στο 60% της 1-ME, διαπίστωσαν ότι προκειμένου να υπάρξει σημαντική βελτίωση της απόδοσης ήταν αναγκαία η εκτέλεση 2 σετ αν και η αυξητική της τάση ήταν ορατή ακόμα και μετά από το πέρας του πρώτου εξ αυτών.

Στην παρούσα μελέτη φάνηκε ότι η απόδοση πριμοδοτήθηκε σε σχέση με την τιμή που είχε μετά από την προθέρμανση μόνον όταν κατά την παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε το υπομέγιστο φορτίο (69,5% της 1-ME) και μετά από χρόνο αποκατάστασης που έφτανε τα 5 min. Η διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων που εφαρμόστηκαν ήταν στην ένταση και στον προπονητικό όγκο της άσκησης-παρέμβασης. Πρόσφατα όμως έχει διαπιστωθεί ότι υπό συγκεκριμένες συνθήκες τόσο οι χαμηλές όσο και οι μέτριες εντάσεις ήταν σε θέση να προκαλέσουν ασκησιογενή υπερενεργοποίηση (Baker, 2003; Gilbert, & Lees, 2005; Smilios et al., 2005). Είναι λοιπόν πολύ πιθανό στην παρούσα μελέτη ο ρυθμιστικός παράγων όσον αφορά το επίπεδο της παραγόμενης υπερενεργοποίησης να ήταν ο προπονητικός όγκος της άσκησης-παρέμβασης. Υπολογίστηκε ότι όταν η τελευταία εκτελούνταν με το υπομέγιστο φορτίο ο προπονητικός της όγκος υπερείχε αυτού που είχε όταν εκτελούνταν με το μέτριο και το χαμηλότερο φορτίο κατά 33,3% και 97,3% αντίστοιχα. Η ισοστάθμιση των παραπάνω διαφορών μέσω της αύξησης των επαναλήψεων ή των σετ ενδεχομένως να μετέβαλε την απόδοση ακόμα και μετά από την άσκηση με τα μέτρια ή και τα χαμηλά φορτία. Εξάλλου ο Smilios και συν. (2005) χρησιμοποιώντας μέτρια φορτία (60% της 1-ME)

διαπίστωσαν ότι ένα σετ των 5 αλμάτων με μπάρα και δεν ήταν αρκετό ώστε να αυξήσει σημαντικά το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση ενώ τα δύο και τρία σετ το βελτίωσαν κατά 3,41% και 3,96% αντίστοιχα. Ως εκ τούτου είναι πολύ πιθανόν η αυξητική τάση που κατεγράφη στην απόδοση και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων την κνήμη μετά από τα επαναλαμβανόμενα άλματα με το χαμηλό και μέτριο φορτίο, να μετατρέπονταν σε σημαντική βελτίωση εάν η παρέμβαση περιελάμβανε περισσότερες επαναλήψεις ή σετ αλμάτων με φορτίο. Αυτό βέβαια παραμένει αδιευκρίνιστο και μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο μελλοντικής έρευνας σχετικής με το ιδανικό πρωτόκολλο άσκησης για την πρόκληση και αξιοποίηση της ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης.

### 3<sup>η</sup> Μελέτη

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δυναμική άσκηση με βάρη είτε χρησιμοποιείται στα πλαίσια της προθέρμανσης είτε στα πλαίσια της προπόνησης για τη βελτίωση της ισχύος αποτελεί ένα δημοφιλές μέσο για τη διέγερση του νευρομυϊκού συστήματος και την ποιοτικότερη εκτέλεση των ενεργειών που ενδεχομένως ακολουθούν και έχουν εκρηκτικό χαρακτήρα. Από τις έως τώρα γνωστές μελέτες οι περισσότερες εξέτασαν την επίδραση ενός σετ άσκησης με βάρη σε ένα ή περισσότερα διαδοχικά σετ πλειομετρικής άσκησης με χαμηλότερο ή δίχως πρόσθετο φορτίο άλλοτε βρίσκοντας μεταβολή στην απόδοση (Baker et al., 2001; Clark et al., 2006; Kilduff et al., 2007; Rixon et al., 2007; Smilios et al., 2005; Young et al., 1998; Weber et al., 2007) και άλλοτε όχι (Comyns et al., 2007; Hanson et al., 2007; Jensen, & Ebben, 2003; Jones, & Lees, 2003). Ωστόσο παρότι οι όποιες μεταβολές της απόδοσης απεδόθησαν στη διεγερσιμότητα του ΚΝΣ οι μελέτες στις οποίες παράλληλα με την απόδοση αξιολογήθηκε και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών είναι περιορισμένες (Ebben et al., 2000; Jones, & Lees, 2003).

Επίσης από το σύνολο των μελετών η μοναδική η οποία εξέτασε την επίδραση περισσότερων του ενός σετ άσκησης με βάρη στην πλειομετρική άσκηση με την οποία κάθε ένα από αυτά εναλλάσσονταν ήταν του Smilios και συν. (2005). Σε αυτή διαπιστώθηκε ότι το άλμα με ταλάντευση αυξήθηκε μετά από το 2<sup>ο</sup> και το 3<sup>ο</sup> σετ 5 επαναλαμβανόμενων αλμάτων με μέτριο φορτίο κατά 3,41% και 3,6% αντίστοιχα. Όταν όμως τα επαναλαμβανόμενα άλματα εκτελέστηκαν με χαμηλό φορτίο το άλμα με ταλάντευση σημείωσε αύξηση μετά από το 1<sup>ο</sup> σετ και το 2<sup>ο</sup> σετ για να επανέλθει στη συνέχεια στα αρχικά επίπεδα. Ωστόσο στην παραπάνω μελέτη η πλειομετρική άσκηση εκτελούνταν δίχως πρόσθετο φορτίο και περιελάμβανε μόνο 2 επαναλήψεις. Κατά συνέπεια παραμένει άγνωστη η επίδραση πολλαπλών σετ άσκησης με πρόσθετο φορτίο σε αντίστοιχες σειρές προσπαθειών με το ίδιο ή διαφορετικό φορτίο γεγονός το οποίο είναι σύνηθες κατά την προπόνηση για τη βελτίωση της ισχύος.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση του αριθμού των σετ στη μηχανική ισχύ και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των καμπτήρων και εκτεινόντων την κνήμη κατά την εκτέλεση 5 σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με σταθερά υπομέγιστο ή χαμηλό φορτίο ή με εναλλαγή υπομέγιστων και χαμηλών φορτίων από σετ σε σετ.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### *Δείγμα*

Ένδεκα υγιείς άνδρες χωρίς κανένα μυοσκελετικό πρόβλημα, συμμετείχαν εθελοντικά στην έρευνα, αφού προηγουμένως υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης όπου περιγράφονταν ο σκοπός, η πειραματική διαδικασία και οι πιθανοί κίνδυνοι από τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν αθλητές πετοσφαίρισης εθνικής κατηγορίας και κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου προπονούνταν συστηματικά με ελεύθερα βάρη με σκοπό τη βελτίωση της ισχύος (3 προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα με φορτία 50-90% της 1-ME). Η ηλικία των δοκιμαζομένων ήταν  $25,9 \pm 3,2$  έτη η σωματική μάζα και το λίπος τους ήταν  $82,3 \pm 5,1$  kg και  $11,7 \pm 2,6\%$  αντίστοιχα, το ύψος τους  $187,3 \pm 6,5$  cm ενώ η μέγιστη δύναμή τους στο ημικάθισμα με μπάρα ήταν  $185,9 \pm 23,6$  kg.

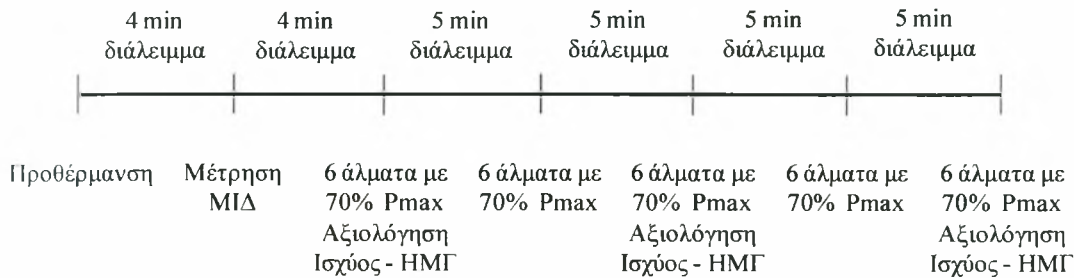
### *Πειραματικός Σχεδιασμός*

Οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν σε 4 διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης καθένα από τα οποία εκτελέστηκε σε ξεχωριστή ημέρα με τυχαία σειρά και αντιστάθμιση. Το χρονικό διάστημα μεταξύ των πρωτοκόλλων ήταν κατ' ελάχιστο 96 ώρες ενώ καθένα από αυτά περιελάμβανε 5 σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με πρόσθετο φορτίο.

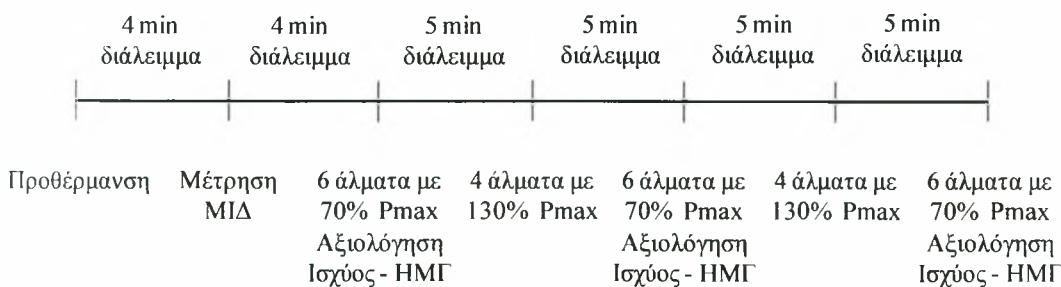
Στο πρώτο πρωτόκολλο το φορτίο της άσκησης ήταν σταθερό και ισοδυναμούσε με το 70% του φορτίου με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς. Σε κάθε σετ εκτελούνταν 6 επαναλήψεις (Ελαφρύ-Ελαφρύ-Ελαφρύ, Σχήμα 25). Στο δεύτερο πρωτόκολλο το φορτίο της άσκησης εναλλάσσονταν από σετ σε σετ με τρόπον ώστε στο 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται 6 άλματα με το 70% του φορτίου με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς ενώ στο 2<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται 4 άλματα με το 130% του φορτίου που παράγονταν η μέγιστη ισχύς (Ελαφρύ-Βαρύ-Ελαφρύ, Σχήμα 26).

Στο τρίτο πρωτόκολλο το φορτίο της άσκησης ήταν σταθερό και ισοδυναμούσε με το 130% του φορτίου με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς. Σε κάθε σετ εκτελούνταν 4 επαναλήψεις (Βαρύ-Βαρύ-Βαρύ, Σχήμα 27). Στο τέταρτο πρωτόκολλο το φορτίο της άσκησης εναλλάσσονταν από σετ σε σετ με τρόπον ώστε στο 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται 4 άλματα με το 130% του φορτίου με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς ενώ στο 2<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται 6 άλματα με το 70% του φορτίου που παράγονταν η μέγιστη ισχύς (Βαρύ-Ελαφρύ-Βαρύ, Σχήμα 28). Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του 1<sup>ου</sup>, 3<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> σετ των επαναλαμβανόμενων αλμάτων

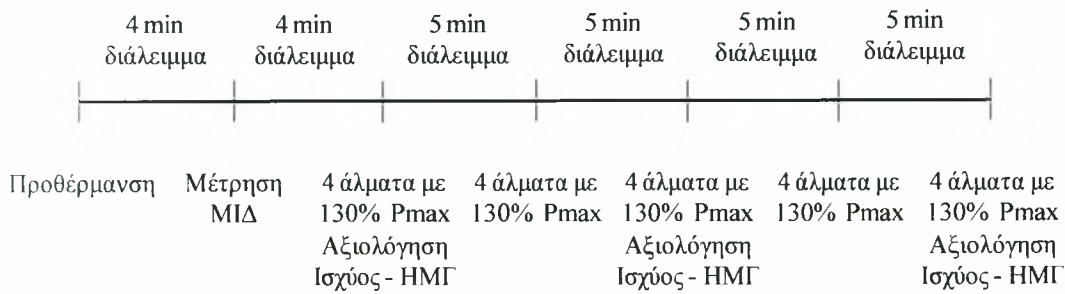
αξιολογήθηκαν σε κάθε πρωτόκολλο η μέση μηχανική ισχύς και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και των καμπτήρων την κνήμη.



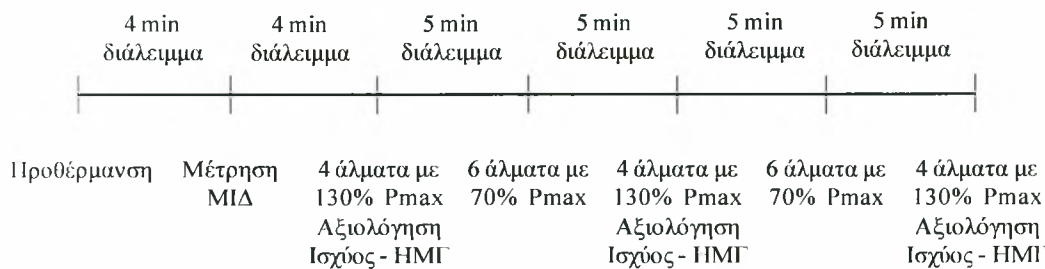
**Σχήμα 25.** Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας στο πρωτόκολλο EEE, **ΜΙΑ:** μέγιστη ισομετρική δύναμη, **70% Pmax:** επαναλαμβανόμενα άλματα με το 70% του φορτίου που παράγονταν η μέγιστη ισχύς, **ΗΜΓ:** ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.



**Σχήμα 26.** Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας στο πρωτόκολλο EBE, **ΜΙΑ:** μέγιστη ισομετρική δύναμη, **70% Pmax:** επαναλαμβανόμενα άλματα με το 70% του φορτίου που παράγονταν η μέγιστη ισχύς, **130% Pmax:** επαναλαμβανόμενα άλματα με το 130% του φορτίου που παράγονταν η μέγιστη ισχύς, **ΗΜΓ:** ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.



**Σχήμα 27.** Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας στο πρωτόκολλο BBB, **ΜΙΔ:** μέγιστη ισομετρική δύναμη, **130% Pmax:** επαναλαμβανόμενα άλματα με το 130% του φορτίου που παράγονταν η μέγιστη ισχύς, **ΗΜΓ:** ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.



**Σχήμα 28.** Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας στο πρωτόκολλο BEB, **ΜΙΔ:** μέγιστη ισομετρική δύναμη, **130% Pmax:** επαναλαμβανόμενα άλματα με το 130% του φορτίου που παράγονταν η μέγιστη ισχύς, **70% Pmax:** επαναλαμβανόμενα άλματα με το 70% του φορτίου που παράγονταν η μέγιστη ισχύς, **ΗΜΓ:** ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.

### Περιγραφή των δοκιμασιών

*Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά – Σύσταση σώματος.* Μετά το πέρας της περιόδου προετοιμασίας οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στο εργαστήριο για τη μέτρηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών (σωματική μάζα και ύψος) και του σωματικού λίπους. Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας και του ύψους χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζυγός και αναστημόμετρο Sega, με ακρίβεια 0,1kg και 0,1cm αντίστοιχα. Για την εύρεση του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκαν επιλεγμένες δερματοπτυχές (στήθους, κοιλιακή, μηριαία) και ο υπολογισμός έγινε με την εξίσωση των Jackson και

Pollock (1978). Για τον προσδιορισμό του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκαν τρεις επιλεγμένες δερματοπτυχές (στήθους, κοιλιακή, μηριαία) και ο υπολογισμός έγινε με την εξίσωση των Jackson και Pollock (1978). Η μέτρηση των δερματοπτυχών έγινε στη δεξιά πλευρά του σώματος, με τη χρησιμοποίηση δερματοπτυχόμετρου τύπου Harpenden Skinfold Caliber (model: HSK-BL, England), με ακρίβεια 0,2 mm, όπως περιγράφεται από τους Malina και Bouchard (1991). Στο κάθε σημείο πραγματοποιούνταν δύο μετρήσεις και αν η διαφορά ήταν μικρότερη του 1 mm, τότε ο μέσος όρος των μετρήσεων καταγραφόταν και αντιπροσώπευε την τιμή της κάθε δερματοπτυχής (πάχος κάθε σημείου). Αν η διαφορά ήταν μεγαλύτερη από 1 mm, τότε γινόταν και τρίτη μέτρηση.

*Μία μέγιστη επανάληψη.* Η μέτρηση της μέγιστης δύναμης στην άσκηση του καθίσματος ( $90^\circ$ ), έγινε με τη μέθοδο της μιας μέγιστης επανάληψης (1-ME) 4 ημέρες πριν από την εφαρμογή των προπονητικών προγραμμάτων. Αρχικά ως προθέρμανση εκτελούνταν 5-8 επαναλήψεις με φορτίο 50-60% της προβλεπόμενης 1-ME, ακολούθως μετά από 2 λεπτά εκτελούνταν 2-4 επαναλήψεις στο 70-80% της προβλεπόμενης 1-ME και μετά από 2 λεπτά διάλειμμα εκτελούνταν μία επανάληψη στο 90% της προβλεπόμενης 1-ME. Στο τέλος, εκτελώντας μία επανάληψη, αυξανόταν σταδιακά το φορτίο ( $\approx 5\%$ ) μέχρι ο δοκιμαζόμενος να μη μπορέσει να εκτελέσει μία επανάληψη στο πλήρες εύρος κίνησης (κατέβασμα σε γωνία γόνατος  $90^\circ$  και ακολούθως εκτέλεση πλήρους έκτασης γονάτων  $180^\circ$ ). Για τον προσδιορισμό της μέγιστης δύναμης απαιτούνταν 2-3 προσπάθειες, με ενδιάμεσο διάλειμμα 3-5 min.

*Ταχοδυναμική σχέση.* Σε διαφορετική μέρα γινόταν μέτρηση της ταχοδυναμικής σχέσης. Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν προθέρμανση συνολικής διάρκειας 10 λεπτών, η οποία περιλάμβανε 5 min ποδήλατο (60 rpm/min) και 5 λεπτά διατάσεις με έμφαση στα κάτω άκρα. Στη συνέχεια εκτελούσαν την άσκηση των αλμάτων με επιπρόσθετο φορτίο (loaded jump squats, γωνία γόνατος  $90^\circ$ ) με φορτία 20, 35, 50, 65 και 80% της 1-ME. Σε κάθε φορτίο εκτελούνταν 2-3 προσπάθειες και λαμβάνονταν υπόψη η καλύτερη. Το διάλειμμα μεταξύ των προσπαθειών ήταν 2-3 min. Σε κάθε φορτίο μετρήθηκαν η ταχύτητα κίνησης (V), η δύναμη (F) και η παραγόμενη ισχύς (P). Η μέτρηση των μηχανικών παραμέτρων έγινε με τη χρήση του ειδικού κωδικοποιητή σήματος (MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab V6.07).

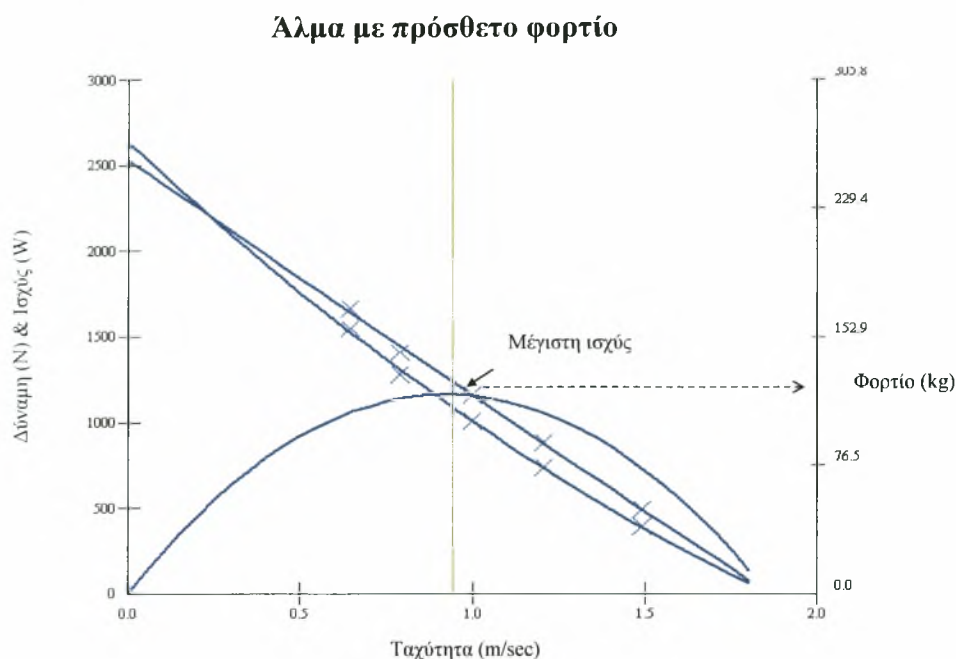


Συνδεδεμένος με το MuscleLab ήταν ένας κωδικοποιητής γραμμικής μετακίνησης, προσαρμοσμένος στη μπάρα με την οποία εκτελέστηκε η άσκηση (μετάδοση σήματος κάθε 3 mm μετακίνησης). Με βάση το φορτίο που είχε δοθεί, υπολογίζονται από το λογισμικό οι μηχανικές παράμετροι της δύναμης [ $F(N) = (m \times g) + (m \times a)$ ] και της ισχύος [ $P(W) = F \times V$ ]. Σε κάθε φορτίο εκτελέστηκαν τρεις επαναλήψεις και η καλύτερη καταγράφηκε για την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Ακολούθως, για την εύρεση του φορτίου με το οποίο παραγόταν η μέγιστη ισχύς για κάθε δοκιμαζόμενο εφαρμόστηκε ένα πολυώνυμο δευτέρου βαθμού ( $y = ax^2 + bx + c$ ) και αναλύοντας τη μέση παραγωγή ισχύος της καλύτερης προσπάθειας για κάθε φορτίο (20, 35, 50, 65 και 80% της 1-ME) προσδιοριζόταν το φορτίο με το οποίο μπορούσε να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ισχύος. (Σχήμα 29). Στη συνέχεια προσδιορίστηκαν τα 2 φορτία που αντιστοιχούσαν στο 70% και 130% του φορτίου με το οποίο επιτυγχάνονταν η μέγιστη ισχύς.

*Μέγιστη ισομετρική δύναμη.* Για τον προσδιορισμό της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (ΜΙΔ) εκτελέστηκαν με το δεξιό άκρο 2 μέγιστες συσπάσεις διάρκειας 4sec. Εάν η παραγόμενη δύναμη διέφερε περισσότερο από 5% εκτελούνταν και τρίτη σύσπαση. Το διάλειμμα μεταξύ τους ήταν 90 sec. Κατά τη μέτρηση της ΜΙΔ των εκτεινόντων την κνήμη οι γωνίες στις αρθρώσεις του ισχίου και του γόνατος ήταν 115° και 85°, αντίστοιχα ενώ κατά τη μέτρηση της ΜΙΔ των καμπτήρων οι προαναφερόμενες γωνίες ήταν 165° και 175°. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης τα άνω άκρα ήταν σταυρωμένα στο στήθος ενώ ο κορμός, η λεκάνη και ο μηρός ήταν ακινητοποιημένοι με τη βοήθεια ειδικών ιμάντων. Η παραγόμενη δύναμη κατεγράφη μέσω ενός ειδικά προσαρμοσμένου πιεζοηλεκτρικού δυναμόμετρου σε ηλεκτρονικό καταγραφέα (συχνότητα λήψης 100 Hz, MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή και ειδικό λογισμικό (Muscle Lab V6.07). Από τις προσπάθειες που εκτελέστηκαν συμπεριελήφθη στην στατιστική ανάλυση η καλύτερη.

*Ισχύς.* Σε κάθε κατακόρυφο άλμα μετρήθηκε η παραγόμενη ισχύς (P) με τη χρήση του ειδικού κωδικοποιητή σήματος (MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένου με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab V6.07). Συνδεδεμένος με το MuscleLab ήταν ένας κωδικοποιητής γραμμικής μετακίνησης, προσαρμοσμένος σε μια μπάρα με την οποία εκτελούνταν η άσκηση (μετάδοση σήματος κάθε 3 mm μετακίνησης). Με βάση το φορτίο που είχε

δοθεί, υπολογίζονταν από το λογισμικό οι μηχανικές παράμετροι της δύναμης [ $F(N) = (m \times g) + (m \times a)$ ] και της ισχύος [ $P(W) = F \times V$ ].



**Σχήμα 29.** Σχέση φορτίου-ταχύτητας και φορτίου-ισχύος. Προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο παράγονταν η μέγιστη ισχύς.

*Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.* Κατά τη σύγκεντρη φάση των κατακόρυφων αλμάτων όπως επίσης και κατά την εκτέλεση των μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων (σε τμήμα σύσπασης χωροθετημένο εντός του πλατό δύναμης διάρκειας 1,5 sec), μετρήθηκε στο δεξιό μηρό η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (ΗΜΓ) του ΟΜ, του ΕΞΠ και ΕΣΠ και του ΔΜ με τη βοήθεια διπολικών ηλεκτροδίων επιφανείας αργύρου (ΑΕ-131, NeuroDyne Medical Co., επιφάνεια ενεργών ηλεκτροδίων 5 mm, απόσταση ηλεκτροδίων 20 mm) τα οποία σταθεροποιήθηκαν επί των μυών σύμφωνα με τις υποδείξεις του SENIAM (Hermens et al. 1999). Πριν την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων η επιδερμίδα ξυρίστηκε και καθαρίστηκε επιμελώς με οινόπνευμα προκειμένου να μειωθεί η μυοηλεκτρική σύνθετη αντίσταση. Το ηλεκτρικό σήμα ενισχύθηκε από κέρδος 600 db με αναλογία απόρριψης κοινού σήματος τα 100 db και φιλτραρίστηκε από φίλτρο διαπερατότητας 6-1500 Hz (Biochip, Grenoble, France). Το Muscle Lab ενίσχυσε και ποσοτικοποίησε το ακατέργαστο μυοηλεκτρικό σήμα υπολογίζοντας την τετραγωνική ρίζα του μέσου τετραγώνου του (*RMS*) μέσω ειδικού εγκατεστημένου

κυκλώματος (frequency response 450 kHz, averaging window 100 ms, total error  $\pm$  0.5%). Τα σήματα του γραμμικού καταγραφέα, του δυναμόμετρου και της ποσοτικοποιημένης μυοηλεκτρικής δραστηριότητας κατεγράφησαν και αναλύθηκαν ταυτόχρονα από το Muscle Lab με συχνότητα δειγματοληψίας τα 100 Hz. Η ηλεκτρική δραστηριότητα του τετρακέφαλου (ΤΦΜ) υπολογίσθηκε ως η μέση τιμή της δραστηριότητας των ΟΜ, ΕΞΠ και ΕΣΠ. Οι τιμές της μυοηλεκτρικής δραστηριότητας που προέκυψαν από την εκτέλεση των επαναλαμβανόμενων αλμάτων ομαλοποιήθηκαν ως προς τις τιμές που κατεγράφησαν κατά την εκτέλεση των μέγιστων ισομετρικών συσπάσεων που πραγματοποιήθηκαν πριν την άσκηση.

*Διαδικασία Μέτρησης.* Την ημέρα διεξαγωγής των μετρήσεων οι δοκιμαζόμενοι ακολούθησαν κοινό πρόγραμμα γενικής προθέρμανσης που περιείχε 5 min ποδήλατο με επιβάρυνση 60 W και 3 min διατάσεις των κάτω άκρων (εκτεινόντων την κνήμη, ισchioκνημιαίων, γαστροκνήμιου, υποκνημίδιου). Στη συνέχεια ακολούθησε ειδική προθέρμανση που περιελάμβανε 3 σετ της άσκησης «ημικάθισμα με μπάρα» με φορτία που αντιστοιχούσαν στο 40%, 55% και 70% του υψηλότερου από τα φορτία που θα χρησιμοποιούνταν κατά τη διάρκεια της βαλλιστικής προπόνησης και αλτικές ασκήσεις διάρκειας 2 min. Το διάλειμμα μεταξύ των σετ και μετά από το πέρας των ημικαθισμάτων ήταν 2 min. Στη συνέχεια έγινε η τοποθέτηση ηλεκτροδίων και 4 min μετά το πέρας της ειδικής προθέρμανσης μετρήθηκαν η μέγιστη ισομετρική δύναμη των καμπτήρων και των εκτεινόντων την κνήμη και κατεγράφη η ηλεκτρομυογραφική τους δραστηριότητα. Ακολούθως και συγκεκριμένα μετά από διάλειμμα 4 min εκτελέστηκε κάθε ένα από τα τέσσερα πρωτόκολλα βαλλιστικής προπόνησης. Σε κάθε πρωτόκολλο προπόνησης το διάλειμμα μεταξύ των σετ ήταν 5 min.

Το πρώτο πρωτόκολλο προϋπέθετε την εκτέλεση όλων των σετ με το 70% του φορτίου που αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς (EEE). Σε κάθε σετ εκτελούνταν 6 επαναλαμβανόμενα άλματα (Σχήμα 25).

Το δεύτερο πρωτόκολλο προϋπέθετε την εναλλαγή φορτίων και επαναλήψεων από σετ σε σετ με τρόπον ώστε τα 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται με το 70% του φορτίου που αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς και να περιλαμβάνουν 6 επαναλήψεις ενώ τα 2<sup>ο</sup>, 4<sup>ο</sup> και 6<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται με το 130% του φορτίου που αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς και να περιλαμβάνουν 4 επαναλήψεις (EBE) (Σχήμα 26).

Το τρίτο πρωτόκολλο προϋπέθετε την εκτέλεση όλων των σετ με το 130% του φορτίου που αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς (BBB). Σε κάθε σετ εκτελούνταν 4 επαναλαμβανόμενα άλματα (Σχήμα 27).

Το τέταρτο πρωτόκολλο προϋπέθετε την εναλλαγή φορτίων και επαναλήψεων από σετ σε σετ με τρόπον ώστε τα 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται με το 130% του φορτίου που αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς και να περιλαμβάνουν 4 ΕΑΦΥ ενώ τα 2<sup>ο</sup>, 4<sup>ο</sup> και 6<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται με το 70% του φορτίου που αποδίδονταν η μέγιστη μηχανική ισχύς και να περιλαμβάνουν 6 επαναλήψεις (BEB) (Σχήμα 28).

#### *Στατιστική ανάλυση.*

Για τον έλεγχο της επίδρασης του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε στο 2<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ των πρωτοκόλλων ΕΕΕ και ΕΒΕ, στην ισχύ και τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα που κατεγράφησαν κατά την εκτέλεση του 3<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> σετ, χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με δύο παράγοντες (φορτίο άσκησης και μετρήσεις) οι οποίοι επαναλαμβάνονταν. Η ίδια στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της επίδρασης του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε στο 2<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ των πρωτοκόλλων BBB και BEB, στην ισχύ και τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα που κατεγράφησαν κατά την εκτέλεση του 3<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> σετ της άσκησης.

Για τη διερεύνηση των σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ .

## **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκαν 4 πρωτόκολλα βαλλιστικής προπόνησης τα οποία περιελάμβαναν 5 σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με πρόσθετο φορτίο. Το πρώτο πρωτόκολλο προϋπέθετε την εκτέλεση όλων των σετ με το 70% του φορτίου που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς (ΕΕΕ). Το δεύτερο πρωτόκολλο προϋπέθετε την εναλλαγή φορτίων με τρόπον ώστε το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> σετ των αλμάτων να εκτελούνται με το 70% του φορτίου με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς ενώ το 2<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται με το 130% του φορτίου με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς (ΕΒΕ). Το τρίτο πρωτόκολλο προϋπέθετε την εκτέλεση όλων των σετ με το 130% του φορτίου που αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς (BBB). Το τέταρτο πρωτόκολλο προϋπέθετε την εναλλαγή φορτίων με τρόπον ώστε το 1<sup>ο</sup>, 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> σετ των αλμάτων να εκτελούνται με το 130% του φορτίου με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς ενώ το 2<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> σετ να εκτελούνται με

το 70% του φορτίου με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς (BEB). Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των πρωτοκόλλων αξιολογήθηκαν η μέση ισχύς και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και των καμπτήρων την κνήμη.

Προκειμένου να διαπιστωθεί η επίδραση του βαρύτερου στο ελαφρύ φορτίο έγινε σύγκριση μεταξύ των δύο πρώτων πρωτοκόλλων στις τιμές που προέκυψαν κατά την εκτέλεση του 1<sup>ου</sup>, 3<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων. Αντίστοιχα προκειμένου να διαπιστωθεί η επίδραση του ελαφρύτερου στο βαρύ φορτίο έγινε σύγκριση μεταξύ του 3<sup>ου</sup> και του 4<sup>ου</sup> πρωτοκόλλου στις τιμές που προέκυψαν κατά την εκτέλεση του 1<sup>ου</sup>, 3<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων.

**Μεταβολές της ισχύος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας κατά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων ΕΕΕ και ΕΒΕ.**

### *Ισχύς*

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση 1(i) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=6,181, p<0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε ότι η ισχύς που παρήχθη κατά τη διάρκεια των αλμάτων με το ελαφρύ φορτίο, τα οποία εκτελέστηκαν μετά από την παρέμβαση δύο σετ αλμάτων με βαρύτερο φορτίο διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ισχύ που παρήχθη κατά τη διάρκεια των αλμάτων με το ελαφρύ φορτίο τα οποία εκτελέστηκαν μετά από την παρέμβαση δύο σετ αλμάτων με παρόμοιο φορτίο ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ισχύς που παρήχθη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το βαρύτερο φορτίο υπερέιχε της ισχύος που παρήχθη μετά από την παρέμβαση των αλμάτων με το ελαφρύ κατά 8,5%.

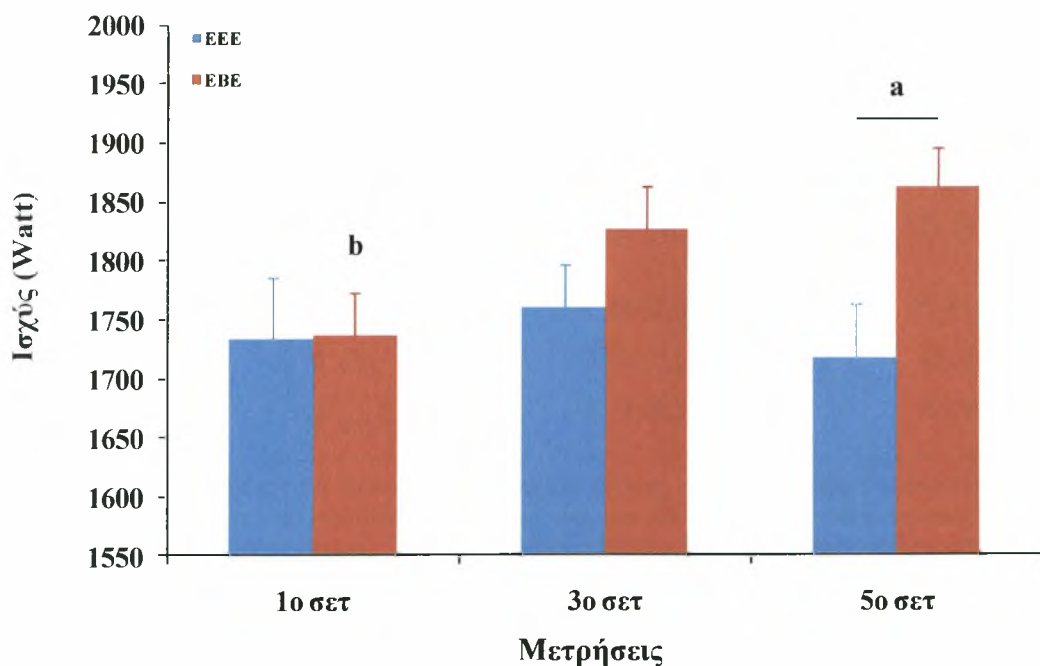
Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι η ισχύς που παρήχθη, στα πλαίσια του πρωτοκόλλου ΕΒΕ, κατά τη διάρκεια του 1<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων με το ελαφρύ φορτίο διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ισχύ που παρήχθη κατά τη διάρκεια του 3<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων με το ίδιο φορτίο ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ισχύς που παρήχθη κατά τη διάρκεια του 1<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων με το ελαφρύ φορτίο ήταν χαμηλότερη από την ισχύ που παρήχθη κατά τη διάρκεια του 3<sup>ου</sup> και 5<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων με το ίδιο φορτίο κατά 5,2% και 7,3% αντίστοιχα (Σχήμα 30, Πίνακας 9).

Επιπλέον από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι η μηδενική υπόθεση 3(i) ισχύει διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα

«μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=2,312, p>0,05$ ) ενώ η μηδενική υπόθεση 2(i) απορρίφθηκε διότι βρέθηκε στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=6,321, p<0,05$ ). Συγκεκριμένα διαπιστώθηκε ότι η ισχύς που παρήχθη κατά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου ΕΒΕ υπερέχει της ισχύος που παρήχθη κατά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου ΕΕΕ κατά 4,1%.

### Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα

*Ορθός μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,143, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,001, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,813, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 31, Πίνακας 9).

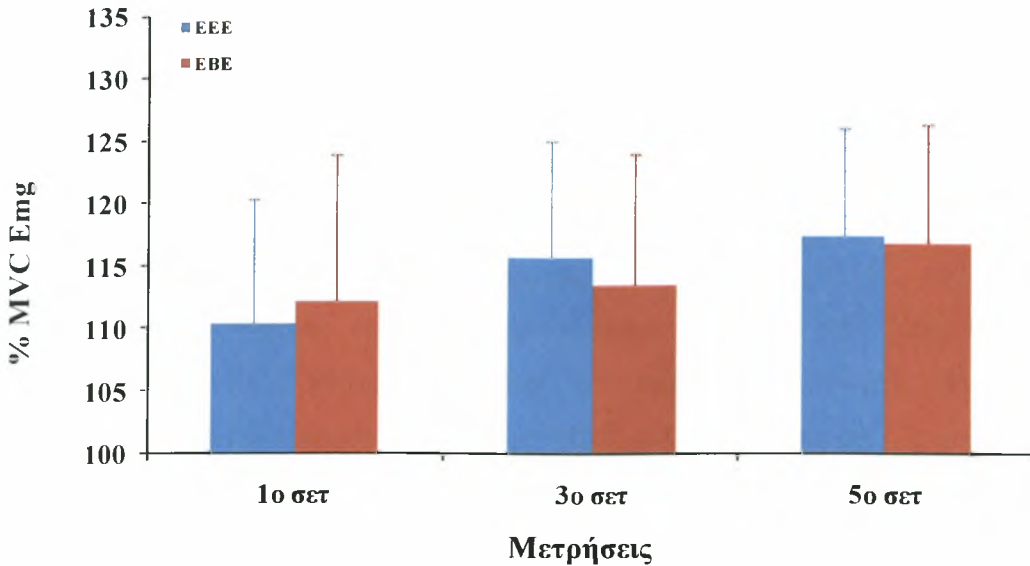


**Σχήμα 30.** Μεταβολή της ισχύος στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με ελαφρύ φορτίο (ΕΕΕ) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή ελαφρών και υπομέγιστων φορτίων (ΕΒΕ) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ). <sup>a</sup>  $p<0,05$  από το ΕΕΕ, <sup>b</sup>  $p<0,05$  από το 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> σετ.

**Πίνακας 9.** Μεταβολή της ισχύος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (ΗΜΓ) των καμπτήρων και εκτεινόντων την κνήμη κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης ( $X \pm SD$ ).

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ	
		ΕΕΕ	ΕΒΕ
Ισχύς (Watt)	1 <sup>ο</sup> σετ	1732,9±175,5	1736,7±120,2
	3 <sup>ο</sup> σετ	1760,8±120,8	1826,6±121,4 <sup>b</sup>
	5 <sup>ο</sup> σετ	1717,1±154,8	1863,2±108,1 <sup>a,b</sup>
ΗΜΓ ΟΜ (% ΜΙΑ)	1 <sup>ο</sup> σετ	110,3±32,9	112,2±39
	3 <sup>ο</sup> σετ	115,6±31,5	113,4±35,4
	5 <sup>ο</sup> σετ	117,3±28,8	116,7±31,7
ΗΜΓ ΕΞΠ (% ΜΙΑ)	1 <sup>ο</sup> σετ	115,9±25,1	116,5±23,8
	3 <sup>ο</sup> σετ	121,5±25,4	119,8±18,5 <sup>c</sup>
	5 <sup>ο</sup> σετ	116,8±26,9	128,1±25,7 <sup>a,b</sup>
ΗΜΓ ΕΣΠ (% ΜΙΑ)	1 <sup>ο</sup> σετ	121,7±24	120,8±24,5
	3 <sup>ο</sup> σετ	119,8±19,7	121,6±26,5
	5 <sup>ο</sup> σετ	116,4±20	122,6±28,9
ΗΜΓ ΤΜ (% ΜΙΑ)	1 <sup>ο</sup> σετ	116±16,5	116,5±21,1
	3 <sup>ο</sup> σετ	119±17,6	118,3±17,1
	5 <sup>ο</sup> σετ	116,8±18,1	122,5±17,9
ΗΜΓ ΔΜ (% ΜΙΑ)	1 <sup>ο</sup> σετ	47,9±16,9	45,1±17,5
	3 <sup>ο</sup> σετ	49,6±18,6	46,3±20
	5 <sup>ο</sup> σετ	49,4±18,3	46,5±20

Σημείωση: ΕΕΕ βαλλιστική προπόνηση με χαμηλό φορτίο, ΕΒΕ βαλλιστική προπόνηση με εναλλαγή χαμηλών και υπομέγιστων φορτίων από σετ σε σετ, ΟΜ ορθός μηριαίος μυς, ΕΞΠ έξω πλατύς μηριαίος μυς, ΕΣΠ έσω πλατύς μηριαίος μυς, ΤΜ τετρακέφαλος μηριαίος μυς, ΔΜ δικέφαλος μηριαίος μυς, ΜΙΑ μέγιστη ισομετρική δύναμη, <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από την τιμή που κατεγράφη στο αντίστοιχο σετ του πρωτοκόλλου ΕΕΕ, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από την τιμή που κατεγράφη στο 1<sup>ο</sup> σετ του ίδιου πρωτοκόλλου, <sup>c</sup>  $p < 0,05$  από την τιμή που κατεγράφη στο 5<sup>ο</sup> σετ του ίδιου πρωτοκόλλου.



**Σχήμα 31.** Μεταβολή της ΗΜΓ του ορθού μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με ελαφρύ φορτίο (ΕΕΕ) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή ελαφρών και υπομέγιστων φορτίων (ΕΒΕ) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).

*Έξω πλατύς:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=4,703, p<0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε ότι η ΗΜΓ που κατεγράφη στα πλαίσια του πρωτοκόλλου ΕΒΕ μετά από την παρέμβαση των δύο σετ αλμάτων με το βαρύ φορτίο διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ΗΜΓ που κατεγράφη στα πλαίσια του πρωτοκόλλου ΕΕΕ μετά από την παρέμβαση αντίστοιχων σετ αλμάτων με ελαφρύτερο φορτίο ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση των δύο σετ αλμάτων με το βαρύ φορτίο υπερέιχε της ΗΜΓ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση των αντίστοιχων σετ αλμάτων με το ελαφρύτερο φορτίο κατά 9,7%.

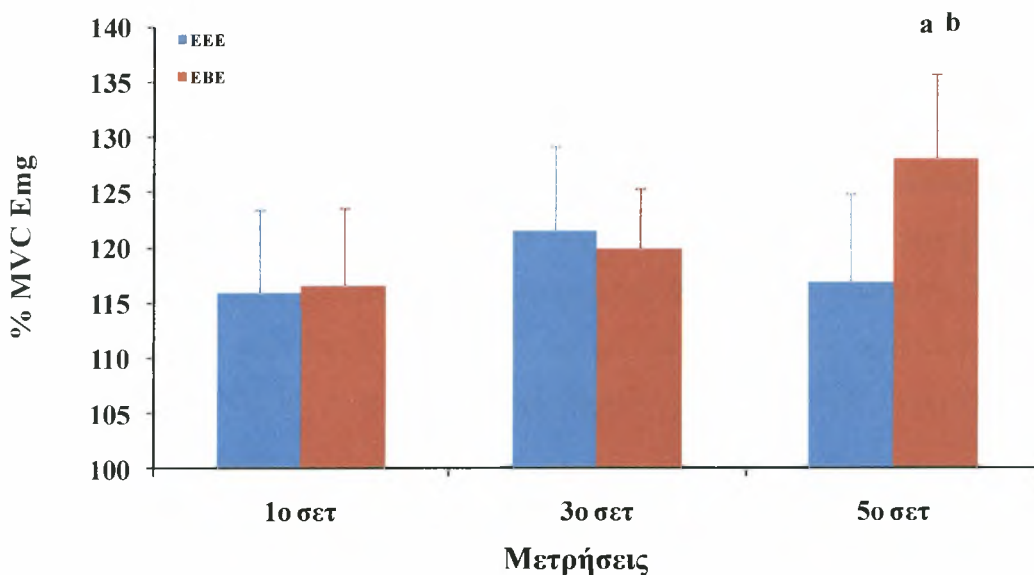
Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι η ΗΜΓ που κατεγράφη στα πλαίσια του πρωτοκόλλου ΕΒΕ κατά τη διάρκεια του 5<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων με το ελαφρύ φορτίο διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τη διάρκεια του 1<sup>ου</sup> και του 3<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων με το ίδιο φορτίο ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ΗΜΓ που κατεγράφη κατά τη διάρκεια του 5<sup>ου</sup> σετ των αλμάτων με το ελαφρύ φορτίο υπερέιχε αυτής που κατεγράφη κατά τη διάρκεια του 1<sup>ου</sup> και του 3<sup>ου</sup> σετ κατά 10% και 6,9% αντίστοιχα (Σχήμα 32, Πίνακας 9).

Επίσης από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες

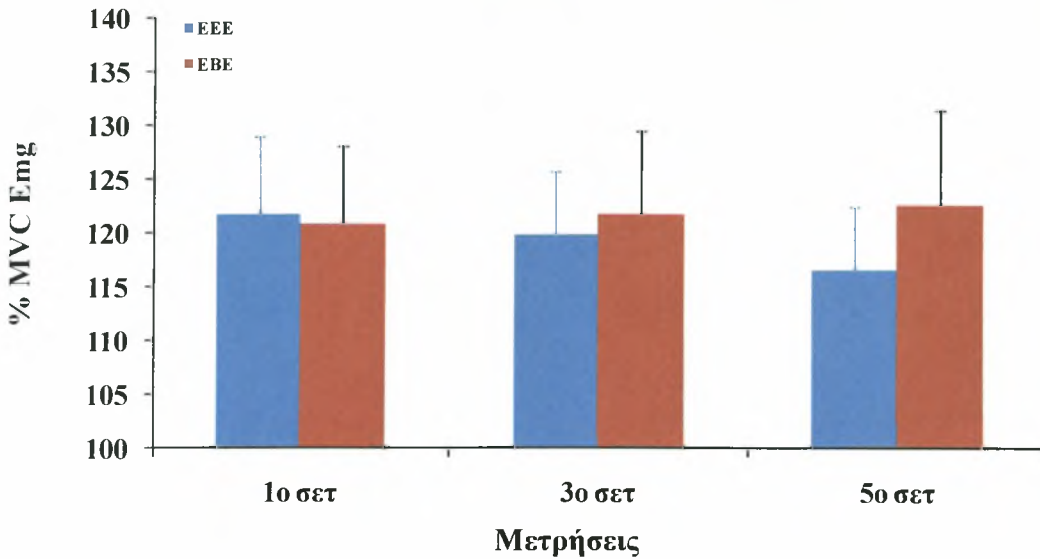


επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,271, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=2,524, p>0,05$ ) αντίστοιχα.

*Εσω πλατύς:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,562, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,176, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,098, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 33, Πίνακας 9).



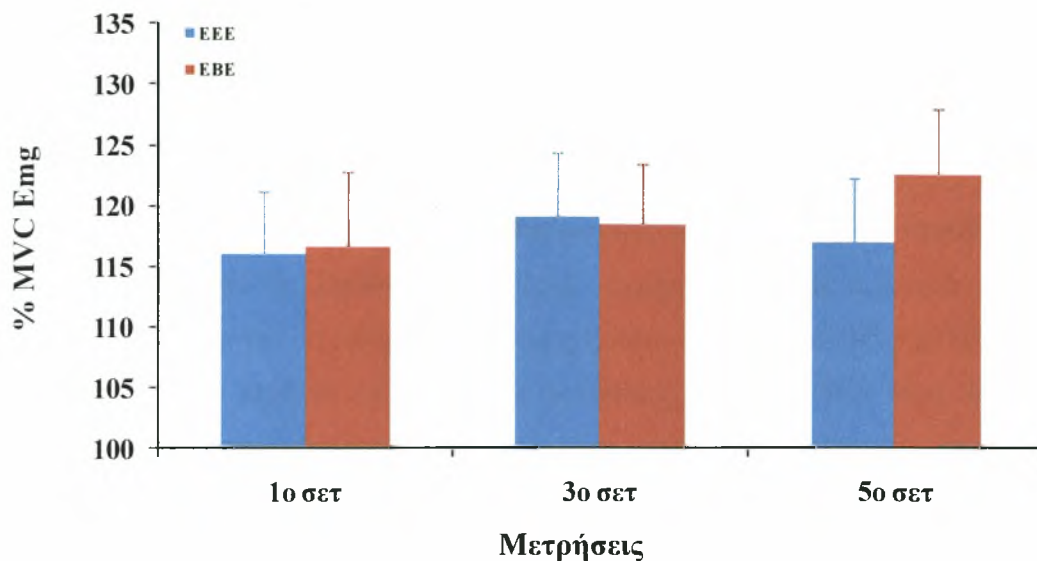
**Σχήμα 32.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έξω πλατύ μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με ελαφρύ φορτίο (ΕΕΕ) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή ελαφρών και υπομέγιστων φορτίων (ΕΒΕ) από σετ σε σετ ( $\bar{X} \pm SE$ ). <sup>a</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ του αντίστοιχου σετ του ΕΕΕ, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  από την ΗΜΓ του 1<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> σετ του ΕΒΕ.



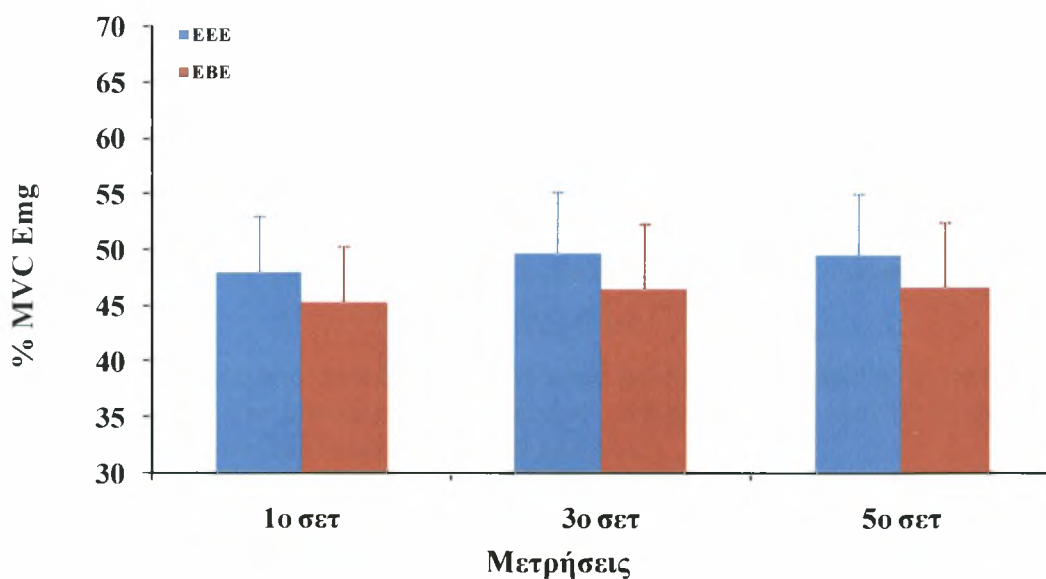
**Σχήμα 33.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έσω πλατύ μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με ελαφρύ φορτίο (EEE) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή ελαφρών και υπομέγιστων φορτίων (EBE) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).

*Τετρακέφαλος μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=1,561, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,234, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,862, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 34, Πίνακας 9).

*Δικέφαλος μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 1(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,062, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 2(ii) και 3(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=1,127, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=1,009, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 35, Πίνακας 9).



**Σχήμα 34.** Μεταβολή της ΗΜΓ του τετρακέφαλου μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με ελαφρύ φορτίο (ΕΕΕ) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή ελαφρών και υπομέγιστων φορτίων (ΕΒΕ) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).

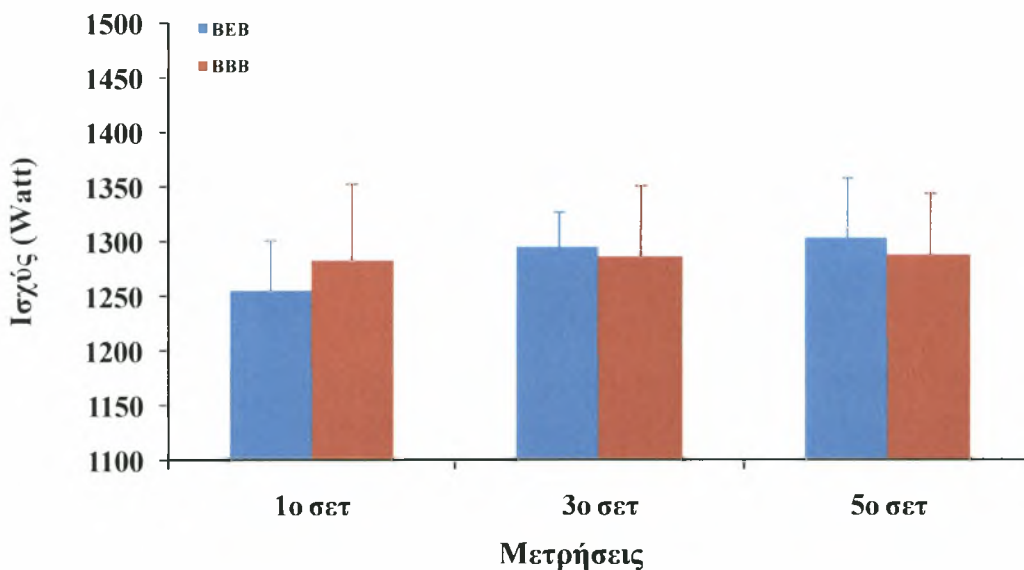


**Σχήμα 35.** Μεταβολή της ΗΜΓ του δικέφαλου μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με ελαφρύ φορτίο (ΕΕΕ) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή ελαφρών και υπομέγιστων φορτίων (ΕΒΕ) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).

**Μεταβολές της ισχύος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας κατά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων BBB και BEB.**

### Ισχύς

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 7(i) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,366, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 8(i) και 9(i) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,002, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,314, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 36, Πίνακας 10).



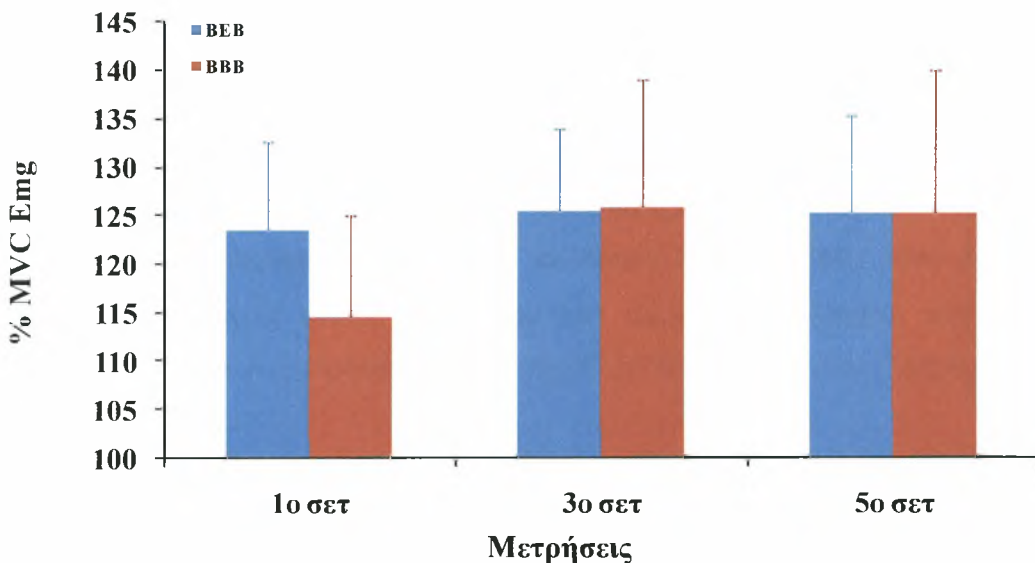
**Σχήμα 36.** Μεταβολή της ισχύος στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με υπομέγιστο φορτίο (BBB) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή υπομέγιστων και ελαφρών φορτίων (BEB) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).

### Ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα

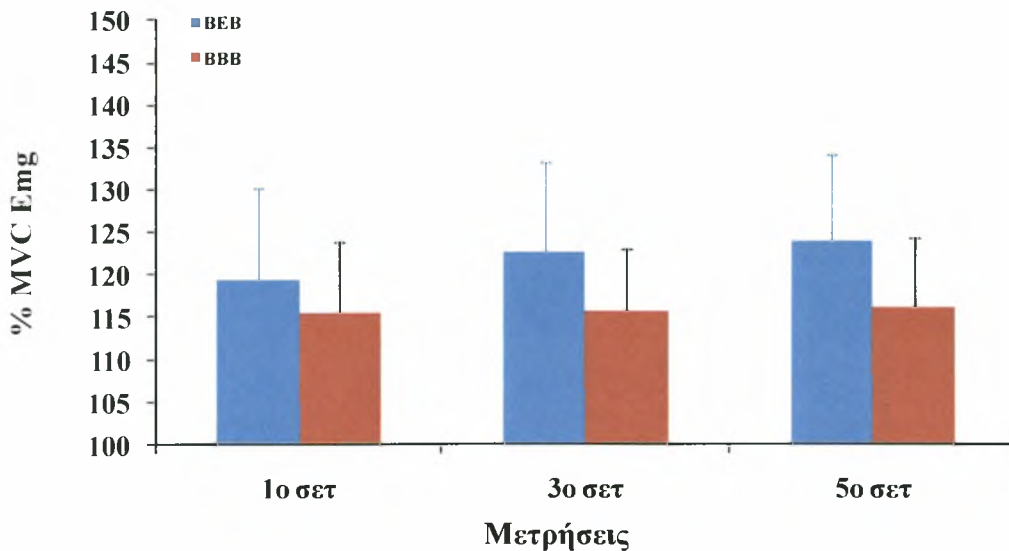
*Ορθός μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 7(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,772, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 8(ii) και 9(ii) διότι δε βρέθηκαν

στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,100, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=1,172, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 37, Πίνακας 10).

*Έξω πλατύς:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 7(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,279, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 8(ii) και 9(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=1,209, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,478, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 38, Πίνακας 10).



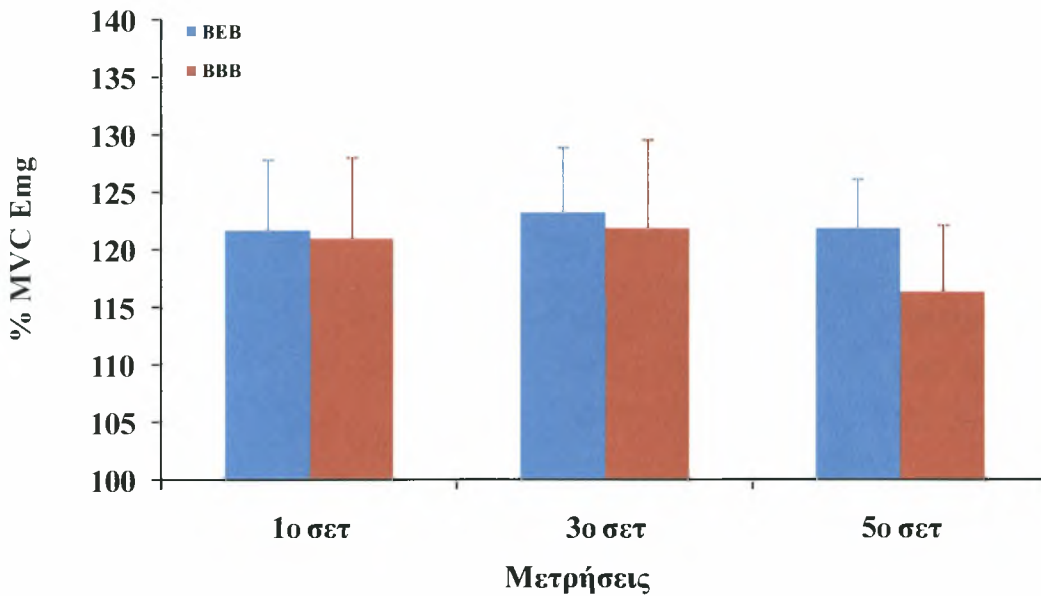
**Σχήμα 37.** Μεταβολή της ΗΜΓ του ορθού μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με υπομέγιστο φορτίο (BBB) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή υπομέγιστων και ελαφρών φορτίων (BEB) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).



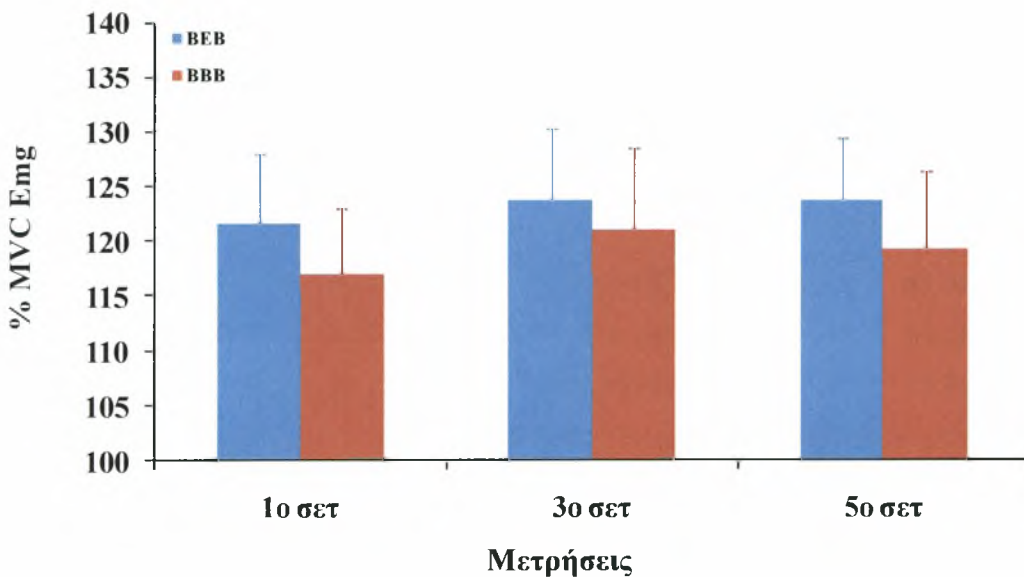
**Σχήμα 38.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έξω πλατύ μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με υπομέγιστο φορτίο (BBB) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή υπομέγιστων και ελαφρών φορτίων (BEB) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).

*Εσω πλατύς:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 7(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,397, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 8(ii) και 9(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,268, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,289, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 39, Πίνακας 10).

*Τετρακέφαλος μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 7(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,117, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 8(ii) και 9(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,737, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,840, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 40, Πίνακας 10).



**Σχήμα 39.** Μεταβολή της ΗΜΓ του έσω πλατύ μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με υπομέγιστο φορτίο (ΒΒΒ) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή υπομέγιστων και ελαφρών φορτίων (ΒΕΒ) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).



**Σχήμα 40.** Μεταβολή της ΗΜΓ του τετρακέφαλου μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με υπομέγιστο φορτίο (ΒΒΒ) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή υπομέγιστων και ελαφρών φορτίων (ΒΕΒ) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).

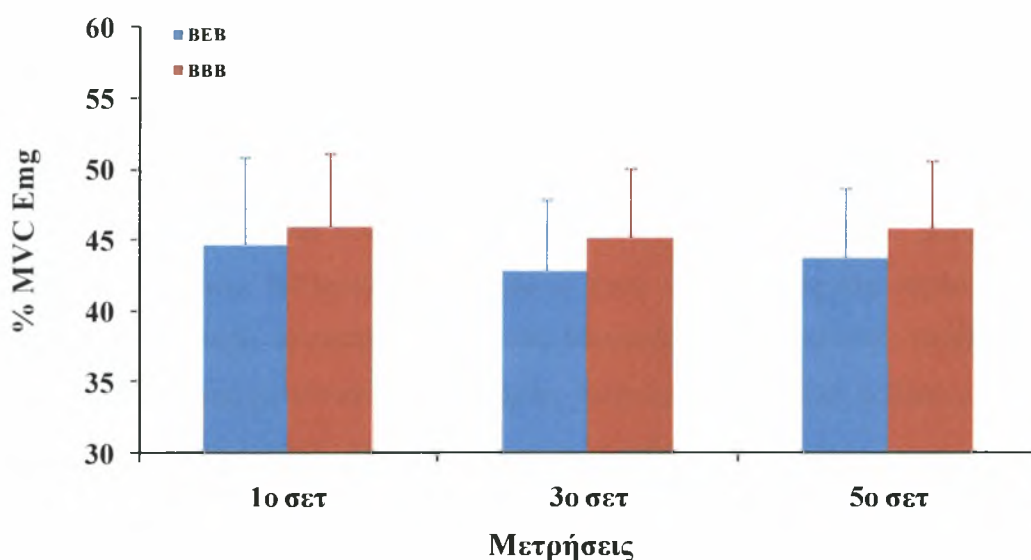
**Πίνακας 10.** Μεταβολή της ισχύος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας (ΗΜΓ) των καμπτήρων και εκτεινόντων την κνήμη κατά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης ( $X \pm SD$ ).

		ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ	
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ		ΒΕΒ	ΒΒΒ
Ισχύς (Watt)	1 <sup>ο</sup> σετ	1254,7±156,7	1282,9±235,2
	3 <sup>ο</sup> σετ	1294,5±110,7	1285,7±216,7
	5 <sup>ο</sup> σετ	1302,7±184,9	1287,9±187,3
ΗΜΓ ΟΜ (% ΜΙΔ)	1 <sup>ο</sup> σετ	123,4±30,4	114,6±35,1
	3 <sup>ο</sup> σετ	125,4±28,4	125,7±44,2
	5 <sup>ο</sup> σετ	125,2±33,5	125,2±49,2
ΗΜΓ ΕΞΠ (% ΜΙΔ)	1 <sup>ο</sup> σετ	119,4±35,8	115,3±28,7
	3 <sup>ο</sup> σετ	122,5±35,7	115,8±24,3
	5 <sup>ο</sup> σετ	123,9±34,1	116±27,6
ΗΜΓ ΕΣΠ (% ΜΙΔ)	1 <sup>ο</sup> σετ	121,8±20,7	120,9±24,1
	3 <sup>ο</sup> σετ	123,2±19,3	121,9±26,2
	5 <sup>ο</sup> σετ	121,9±14,5	116,4±19,8
ΗΜΓ ΤΜ (% ΜΙΔ)	1 <sup>ο</sup> σετ	121,5±21,6	116,9±20
	3 <sup>ο</sup> σετ	123,7±21,9	121,1±24,4
	5 <sup>ο</sup> σετ	123,7±19,1	119,2±24
ΗΜΓ ΔΜ (% ΜΙΔ)	1 <sup>ο</sup> σετ	44,6±20,9	45,9±17,5
	3 <sup>ο</sup> σετ	42,8±16,9	45,1±16,4
	5 <sup>ο</sup> σετ	43,6±16,8	45,7±16,1

Σημείωση: ΒΕΒ βαλλιστική προπόνηση με εναλλαγή υπομέγιστων και χαμηλών φορτίων από σετ σε σετ, ΕΒΕ βαλλιστική προπόνηση με υπομέγιστο φορτίο, ΟΜ ορθός μηριαίος μυς, ΕΞΠ έξω πλατύς μηριαίος μυς, ΕΣΠ έσω πλατύς μηριαίος μυς, ΤΜ τετρακέφαλος μηριαίος μυς, ΔΜ δικέφαλος μηριαίος μυς, ΜΙΔ μέγιστη ισομετρική δύναμη.



*Δικέφαλος μηριαίος:* Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης διαπιστώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση 7(ii) διότι δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,188, p>0,05$ ). Επίσης διαπιστώθηκε ότι ισχύουν οι μηδενικές υποθέσεις 8(ii) και 9(ii) διότι δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές κύριες επιδράσεις των παραγόντων «φορτίο άσκησης» ( $F_{(1, 10)}=0,492, p>0,05$ ) και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)}=0,483, p>0,05$ ) αντίστοιχα (Σχήμα 41, Πίνακας 10).



**Σχήμα 41.** Μεταβολή της ΗΜΓ του δικέφαλου μηριαίου μυ στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με υπομέγιστο φορτίο (BBB) και στο πρωτόκολλο βαλλιστικής προπόνησης με εναλλαγή υπομέγιστων και ελαφρών φορτίων (BEB) από σετ σε σετ ( $X \pm SE$ ).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η δυναμική άσκηση με βάρη είτε χρησιμοποιείται στα πλαίσια της προθέρμανσης είτε στα πλαίσια της προπόνησης για τη βελτίωση της ισχύος αποτελεί ένα δημοφιλές μέσο για τη διέγερση του νευρομυϊκού συστήματος και την ποιοτικότερη εκτέλεση των ενεργειών που ενδεχομένως ακολουθούν και έχουν εκρηκτικό χαρακτήρα. Από τις έως τώρα γνωστές μελέτες οι περισσότερες εξέτασαν την επίδραση ενός ή πλέον διαδοχικών σετ άσκησης με βάρη σε ένα ή περισσότερα διαδοχικά σετ πλειομετρικής άσκησης με χαμηλότερο ή δίχως πρόσθετο φορτίο. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε η εξέλιξη της απόδοσης και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας των κυριοτέρων

από τους εμπλεκόμενους μύες στα πλαίσια τεσσάρων πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης τα οποία περιελάμβαναν 5 σετ επαναλαμβανόμενων αλμάτων με ελεύθερα βάρη και χαμηλά (36% της 1-ME) ή/και υπομέγιστα φορτία (70% της 1-ME). Τα δύο από τα πρωτόκολλα εκτελούνταν με σταθερά χαμηλό ή υπομέγιστο φορτίο ενώ τα υπόλοιπα εκτελούνταν με εναλλαγή των χαμηλών και υπομέγιστων φορτίων από σετ σε σετ. Από τα αποτελέσματα της μελέτης φάνηκε ότι η βαλλιστική άσκηση με τη χρήση σταθερά χαμηλού ή υπομέγιστου φορτίου δεν μετέβαλλε την ισχύ των κάτω άκρων και την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εμπλεκόμενων μυών, που κατεγράφη στα πλαίσια της εκτέλεσής της. Παρόμοια, όταν η άσκηση είχε αντιθετικό χαρακτήρα και περιελάμβανε εναλλαγή σετ ελαφρού με βαρύ φορτίο, η ισχύς η οποία κατεγράφη στα πλαίσια της εκτέλεσης των σετ με το βαρύ φορτίο παρέμεινε αμετάβλητη. Αντίθετα όταν η άσκηση είχε αντιθετικό χαρακτήρα η ισχύς που κατεγράφη στα πλαίσια των σετ που εκτελέστηκαν με το ελαφρύ φορτίο παρουσίασε σημαντική αύξηση. Η βελτίωση αυτή συνοδεύτηκε από αυξήσεις στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων την κνήμη εκ των οποίων σημαντική ήταν μόνον αυτή που αφορούσε τον έξω πλατύ μηριαίο. Μάλιστα αξιοσημείωτο ήταν ότι οι τιμές της ισχύος και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας που κατεγράφησαν κατά την εκτέλεση των «ελαφρών» σετ της αντιθετικής προπόνησης υπερέιχαν σημαντικά ακόμα και από τις αντίστοιχες της βαλλιστικής προπόνησης με τα χαμηλά φορτία.

Ανάλογη εικόνα παρουσίασαν τα αποτελέσματα και άλλων μελετών στις οποίες χρησιμοποιήθηκε βαλλιστική άσκηση με σταθερό φορτίο (Clark et al., 2006; Baker, 2003). Στην πιο πρόσφατη από αυτές ο Clark και συν. (2006) αφού υπέβαλλαν 9 προπονημένους έφηβους σε 6 σετ αλμάτων με χαμηλό φορτίο (~15% της 1-ME) διαπίστωσαν ότι τόσο η μέση όσο και η μέγιστη ισχύς που παράγονταν σε κάθε σετ δεν μεταβλήθηκε. Παρόμοια όμως ήταν η διαπίστωση και του Baker (2003) ο οποίος δε βρήκε μεταβολή της ισχύος παρότι σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις χρησιμοποίησε από 2 διαδοχικά σετ των 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο (~35% και ~40% της 1-ME αντίστοιχα). Σύμφωνα με το Chu (1996) το πλεονέκτημα της αντιθετικής προπόνησης έγκειται στο ότι η άσκηση που προηγείται βελτιώνει την απόδοση στην άσκηση που ακολουθεί με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συνολική ποιότητα της προπόνησης. Αν και αρκετοί ερευνητές θεωρούν ότι αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την εναλλαγή των υψηλών με χαμηλότερα φορτία, τα ευρήματα της παρούσης μελέτης επιβεβαιώνουν την άποψη του Baker (2001) ότι όταν ο στόχος είναι η πρόκληση ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης αρκεί η άσκηση που προηγείται να

εκτελείται με φορτίο που απλώς είναι σημαντικά υψηλότερο από εκείνο με το οποίο εκτελείται η άσκηση που ακολουθεί. Μάλιστα το γεγονός ότι στην παρούσα μελέτη το υπομέγιστο φορτίο που χρησιμοποιήθηκε κατά την αντιθετική προπόνηση ήταν διπλάσιο του χαμηλού (70% έναντι 36% της 1-ME) είναι σε απόλυτη συμφωνία με τη θέση του Baker (2003) ότι μια ανάλογη αντίθεση αρκεί για τη διέγερση του νευρομυϊκού συστήματος και την αύξηση της απόδοσης. Η εν λόγω θέση βασίσθηκε στα ευρήματα της σχετικής μελέτης που έδειξε ότι η μέγιστη ισχύς που παράγεται κατά την εκρηκτική εκτέλεση 5 πιέσεων πάγκου με φορτίο αντίστοιχο του 28,6% της 1-ME (50 kg) αυξάνεται σημαντικά (4,5%) μόνο στην περίπτωση που προηγούνται 6 επαναλήψεις της ίδιας άσκησης αλλά με φορτίο 65% της 1-ME (91,9±9,3 kg) που ήταν περίπου διπλάσιο (Baker, 2003). Παρόμοια ο Clark και συν. (2006) διαπίστωσαν ότι η επίδοση 9 προπονημένων έφηβων σε ένα σετ αλμάτων με πρόσθετο φορτίο 20 kg αυξήθηκε σημαντικά μετά από ένα αντίστοιχο σετ αλμάτων με διπλάσιο φορτίο (40 kg ~30% της 1-ME). Η αύξηση αυτή ήταν ορατή κατά το 10<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης και έφτασε το 8,6%.

Υπάρχουν αρκετές θεωρίες σχετικά με τη φύση των μηχανισμών που ενδέχεται να ευθύνονται για την άμεση αύξηση της απόδοσης κατά τη διάρκεια της αντιθετικής προπόνησης (Gulich, & Schmidtbleicher, 1996; Young et al., 1998). Σύμφωνα με την άποψη που επικρατεί η φύση των εν λόγω μηχανισμών είναι διττή μια και η δράση τους λαμβάνει χώρα στο μυϊκό κύτταρο (μυογενής) ή και στη σπονδυλική στήλη (νευρογενής) (Hodgson et al., 2005; Tubman et al., 1996). Ο μυογενής είναι ο ευρύτερα διερευνημένος μηχανισμός ενώ το κρίσιμο σημείο της λειτουργίας του εντοπίζεται στη φωσφορυλίωση και στην πρόκληση δομικών αλλαγών σε ένα συγκεκριμένο τμήμα των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης (Hodgson et al. 2005). Αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση της μέσης απόστασης μεταξύ των εγκάρσιων γεφυρών μυοσίνης και των λεπτών νηματίων ακτίνης, την αύξηση της ευαισθησίας τους στο Ca<sup>2+</sup> (αξιοποιείται καλύτερα το κυτοσολικό Ca<sup>2+</sup> από τις θέσεις σύνδεσης που προσφέρει η ακτίνη) αλλά και την αύξηση στο ρυθμό σύνδεσής τους (Metzger et al., 1989). Ωστόσο έχει διαπιστωθεί ότι η αύξηση του ρυθμού σύνδεσης εγκάρσιων γεφυρών μυοσίνης με την ακτίνη δεν συνοδεύεται από μεταβολές στο ρυθμό αποσύνδεσής τους. Το γεγονός αυτό έχει ως συνέπεια την αύξηση του αριθμού των εγκάρσιων γεφυρών που ανά χρονική στιγμή είναι σε σύνδεση με την ακτίνη και ως εκ τούτου του ρυθμού και του μεγέθους της δύναμης που αναπτύσσεται από κάθε κινητική μονάδα (Sweeney et al., 1990; Sweeney et al., 1993). Η δραστηριοποίηση του νευρογενούς μηχανισμού έχει ως συνέπεια την

αύξηση της συναπτικής ικανότητας των Ια κεντρομόλων νευρικών απολήξεων και των μετασυναπτικών μεμβρανών των α-κινητικών νευρώνων. Αυτό ενδέχεται να είναι αποτέλεσμα μεταβολών στην ευαισθησία ή/και στις εσωτερικές ιδιότητες των α-κινητικών νευρώνων ή ακόμα και στην ποσότητα νευροδιαβιβαστή που απελευθερώνεται από τις νευρικές τους απολήξεις (Hodgson et al., 2005; Misiaszek, 2003). Το γεγονός αυτό συνδέεται με τη στρατολόγηση περισσότερων ή/και μεγαλύτερων κινητικών μονάδων αλλά και με την αύξηση της συχνότητας εκφόρτισης των νευρικών τους ώσεων (Hugon, 1973). Στην περίπτωση λοιπόν που ακολουθεί ηλεκτρικό ή βουλητικό ερέθισμα, η εν λόγω νευρομυϊκή ενεργοποίηση έχει θετική επίδραση τόσο στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης όσο και στη μέγιστη δύναμη (Guillich, & Schmidtbleicher, 1996). Αν και οι περισσότεροι ερευνητές συγκλίνουν στην άποψη ότι η πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης και οι συνέπειές της στη απόδοση εκπηγάζουν της δράσης των προαναφερομένων μηχανισμών, πρόσφατα παρουσιάστηκαν ενδείξεις ότι σημαντική συνεισφορά στο τελικό αποτέλεσμα έχουν και ορισμένες αλλαγές που επέρχονται στην αρχιτεκτονική του μυός (Tillin, & Bishop, 2009). Συγκεκριμένα ο Mahlfeld και συν. (2004) διαπίστωσαν ότι 3-6 min μετά από 3 μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις διάρκειας 3 sec, η μέση γωνία πτέρωσης των μυϊκών ινών ενός τμήματος του έξω πλατύ μηριαίου μειώθηκε σημαντικά κατά 14,4°. Η εν λόγω γωνία αντανakλά τον προσανατολισμό των μυϊκών ινών σε σχέση με την εν τω βάθει απονεύρωση και έχει διαπιστωθεί ότι η μείωσή της επηρεάζει θετικά τη μετάδοση της δύναμης στους τένοντες και στα οστά (Folland, & Williams, 2007; Fukunaga, Ichinose, Masamitsu, Kawakami, & Fukashiro, 1997). Μάλιστα στην μελέτη του Mahlfeld και συν. (2004) η μείωση της γωνίας πτέρωσης υπολογίστηκε ότι συνεισέφερε στην αύξηση της δύναμης σε ποσοστό 1%.

Στην παρούσα μελέτη η καταγραφή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας επέτρεψε την αξιολόγηση της δράσης του νευρογενούς μηχανισμού με σχετική επιφύλαξη βέβαια λόγω της μη διαθεσιμότητας των βέλτιστων δυνατών μεθόδων (Hoffman reflex). Είναι εξάλλου γνωστό ότι τα αποτελέσματα του ηλεκτρομυογραφήματος αντανakλούν σε κάποιο βαθμό την κατάσταση του νευρομυϊκού συστήματος συνεπεία της σχέσης μεταξύ της κόπωσης και του νευρογενούς προέλευσης δυναμικού ενεργοποίησης (Jones, & Lees, 2003; Gandevia, 2001). Ωστόσο όπως προαναφέρθηκε η προέλευση του δυναμικού νευρομυϊκής ενεργοποίησης δεν είναι μόνο νευρογενής αλλά και μυογενής (Tubman et al., 1996). Κατά συνέπεια η καταγεγραμμένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα αντανakλά

μόνο μέρος του δυναμικού και όχι το σύνολο του. Αντίθετα οι μεταβολές της μέσης μηχανικής ισχύος είναι αποτέλεσμα της σχέσης μεταξύ του συνολικού δυναμικού και της κόπωσης. Αυτή εξηγεί κατά κάποιο τρόπο και την αναντιστοιχία που εντοπίστηκε στην παρούσα μελέτη μεταξύ της ισχύος και ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας. Πιο διεξοδικά οι προαναφερθείσες μεταβολές μπορεί να εξηγηθούν με τη βοήθεια του υποθετικού μοντέλου του Sale (2002) το οποίο απεικονίζει τη σχέση μεταξύ του δυναμικού νευρομυϊκής ενεργοποίησης και της κόπωσης. Όταν ο όγκος της προπόνησης είναι χαμηλός το δυναμικό ενεργοποίησης επικρατεί της κόπωσης γεγονός που γίνεται άμεσα αντιληπτό και στις δραστηριότητες ισχύος που ακολουθούν. Καθώς όμως με την προσθήκη επιπλέον σετ αυξάνεται ο όγκος της προπόνησης, βαθμιαία αυξάνεται και η κόπωση επικρατώντας του δυναμικού και επηρεάζοντας αρνητικά την απόδοση. Ωστόσο η κόπωση μειώνεται με ταχύτερο ρυθμό από το δυναμικό με συνέπεια το τελευταίο να επικρατεί όχι πλέον άμεσα μετά την άσκηση αλλά σε κάποιο ύστερο χρονικό σημείο της αποκατάστασης πριμοδοτώντας ανάλογα την απόδοση. Ως εκ τούτου ένας εκ των ρυθμιστών της εν λόγω ισορροπίας είναι ο χρόνος ανάπαυσης που μεσολαβεί έως την αξιολόγηση της απόδοσης. Η επάρκειά του κρίνεται από το εάν οι μύες έχουν αναλάβει από την κόπωση ενώ παραμένουν σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης.

Η πρόκληση και η βέλτιστη διαχείριση αυτής της κατάστασης αποτελεί ουσιαστικά και την αρχή επί της οποίας βασίζεται η αντιθετική μέθοδος. Στην παρούσα μελέτη το διάλειμμα που χρησιμοποιήθηκε (5 min) φαίνεται ότι ήταν αρκετό ώστε η νευρομυϊκή ενεργοποίηση που προκάλεσε η άσκηση με το υπομέγιστο φορτίο να υπερисχύσει της κόπωσης δημιουργώντας ένα σταδιακά αυξανόμενο απόθεμα δυναμικού. Εξάλλου αυτό ήταν ιδιαίτερα εμφανές με το πέρας της αντιθετικής προπόνησης μια και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω πλατύ σημείωσε σημαντική αύξηση τόσο σε σχέση με την τιμή που είχε πριν από την παρέμβαση του υπομέγιστου φορτίου όσο και σε σχέση με την αντίστοιχη τιμή που κατεγράφη στην βαλλιστική προπόνηση με το χαμηλό φορτίο. Η ενεργοποίηση αυτή φαίνεται ότι πριμοδότησε ανάλογα την παραγόμενη ισχύ αυξάνοντάς τη ως προς τις τιμές που είχε πριν από την παρέμβαση και στο τελευταίο σετ της βαλλιστικής προπόνησης με το χαμηλό φορτίο κατά 7.3% και 8.5%, αντίστοιχα. Το μέγεθος της επίδρασης που είχε στα πλαίσια της αντιθετικής προπόνησης η άσκηση με το υπομέγιστο φορτίο στην αντίστοιχη με το χαμηλό, μπορεί να αξιολογηθεί καλύτερα εάν ληφθεί υπόψη ότι οι παραπάνω διαφορές δεν οφείλονταν

στη μείωση που παρουσίασε η απόδοση κατά την τυπική βαλλιστική προπόνηση δεδομένου ότι αυτή παρέμεινε αμετάβλητη.

Οι θετικές επιπτώσεις της βαλλιστικής άσκησης με τα υπομέγιστα φορτία στην αντίστοιχη με τα χαμηλά φορτία δεν φάνηκε να ισχύουν και στην αντίθετη περίπτωση. Πράγματι τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν το σετ που προηγούνταν εκτελείτο με το χαμηλό φορτίο δεν ήταν σε θέση να πριμοδοτήσει την ισχύ που παράγονταν κατά το σετ που εκτελούνταν με το υπομέγιστο. Βέβαια ακόμα και σε αυτή την περίπτωση με το πέρασ της προπόνησης παρουσιάσθηκε μικρή αύξηση της ισχύος (3.8%). Ωστόσο αυτή δεν μπορεί να αποδοθεί στην επίδραση του χαμηλού φορτίου μια και όταν η ισχύς αξιολογήθηκε πριν και μετά από την παρέμβαση δύο διαδοχικών σετ αλμάτων με χαμηλό φορτίο δε βρέθηκαν διαφορές. Επίσης διαφορές δεν υπήρξαν ακόμα και όταν η ισχύς συγκρίθηκε με αυτή που παρήχθη κατά την τυπική βαλλιστική προπόνηση με το υπομέγιστο φορτίο. Η προαναφερόμενη μικρή αύξηση φαίνεται ότι οφείλονταν στην επίδραση αυτών καθ' εαυτών των σετ με το υπομέγιστο φορτίο που στην προκειμένη περίπτωση εκτελούνταν εναλλάξ και μετά από κάθε σετ με χαμηλό φορτίο. Ωστόσο η εικόνα που παρουσίασε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων την κνήμη κατά την εξέλιξη της προπόνησης δεν φάνηκε να μπορεί να εξηγήσει τις προαναφερόμενες μεταβολές. Πιθανά η μικρή τάση βελτίωσης της ισχύος να οφείλονταν στη δράση του μυογενούς μηχανισμού παραγωγής δυναμικού υπερενεργοποίησης ή ακόμα και σε αλλαγές της αρχιτεκτονικής των εμπλεκόμενων μυών μια και ο αντίστοιχος νευρογενής μηχανισμός φάνηκε ότι ήταν σχετικά αμέτοχος (Folland, & Williams, 2007; Fukunaga et al., 1997; Mahlfeld et al., 2004; Sweeney et al., 1990; Sweeney et al., 1993).

Ως εκ τούτου τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης καταδεικνύουν ότι η βαλλιστική προπόνηση που εκτελείται με χαμηλά ή/και υπομέγιστα φορτία μπορεί να διεγείρει το νευρομυϊκό σύστημα βελτιώνοντας άμεσα την αποδοτικότητά του μόνον όταν έχει αντιθετικό χαρακτήρα και τα φορτία που χρησιμοποιούνται εναλλάσσονται από σετ σε σετ με τρόπον ώστε το «βαρύ» σετ να προηγείται του «ελαφρού». Σε κάθε άλλη περίπτωση η βαλλιστική προπόνηση μειονεκτεί ποιοτικά δίχως ωστόσο να επηρεάζει αρνητικά την απόδοση γεγονός που αποδεικνύεται από την εξέλιξη που παρουσίασαν η ισχύς και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων την κνήμη κατά την εκτέλεση των σχετικών πρωτοκόλλων.

## 4<sup>η</sup> Μελέτη

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποτελεσματικότητα της αντιθετικής προπόνησης εξαρτάται από τον επιδέξιο χειρισμό μιας σειράς παραμέτρων μεταξύ των οποίων σημαντική θέση κατέχει το διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων που συνδυάζονται (Robbins, 2003). Παρότι η επιλογή του θεωρείται ότι καθορίζει εάν οι μύες έχουν αναλάβει από την κόπωση ενώ παραμένουν σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης, οι μελέτες που επιχειρήσαν να διερευνήσουν ευθέως την επίδρασή του στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου είναι περιορισμένες και είχαν ως δοκιμαζόμενους ενήλικα άτομα. Στη μοναδική μελέτη η οποία είχε ως δοκιμαζόμενους αθλητές εφηβικής ηλικίας ο Clark και συν. (2006) χρησιμοποιώντας άλματα με πρόσθετο φορτίο (40 kg) διαπίστωσαν σημαντική αύξηση της απόδοσης που κορυφώθηκε μεταξύ του 7<sup>ου</sup> και του 10<sup>ου</sup> min της αποκατάστασης. Ωστόσο εκτός της προαναφερόμενης οι περισσότερες από τις σχετικές έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει κυρίως πρωτόκολλα άσκησης για τα κάτω άκρα (Bevan et al., 2009; Comyns et al., 2006; Gilbert & Lees, 2005; Jensen & Ebben, 2003; Jones & Lees, 2003; Kilduff et al., 2007). Στη μοναδική που χρησιμοποιήθηκε άσκηση για το άνω μέρος του σώματος (3 σετ των 3 πιέσεων πάγκου με φορτίο 87% της 1-ME) ο Bevan και συν. (2009) μελέτησαν την επίδρασή της στο ύψος ρίψης της μπάρας και στη μέγιστη ισχύ κατά την εκτέλεση βαλλιστικών πιέσεων στήθους με φορτίο 40% της 1-ME. Διαπίστωσαν ότι αμέσως μετά από τις πιέσεις πάγκου η απόδοση μειώθηκε σημαντικά ενώ στη συνέχεια παρουσίασε αύξηση που κορυφώθηκε στο 8<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης. Κατόπιν επανήλθε στα αρχικά της επίπεδα.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να μελετήσει την επίδραση του χρόνου αποκατάστασης μεταξύ ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο και ενός αντίστοιχου με χαμηλό φορτίο στη μηχανική ισχύ που παράγονταν κατά την εκτέλεση του τελευταίου από έφηβους αθλητές πετοσφαίρισης.

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

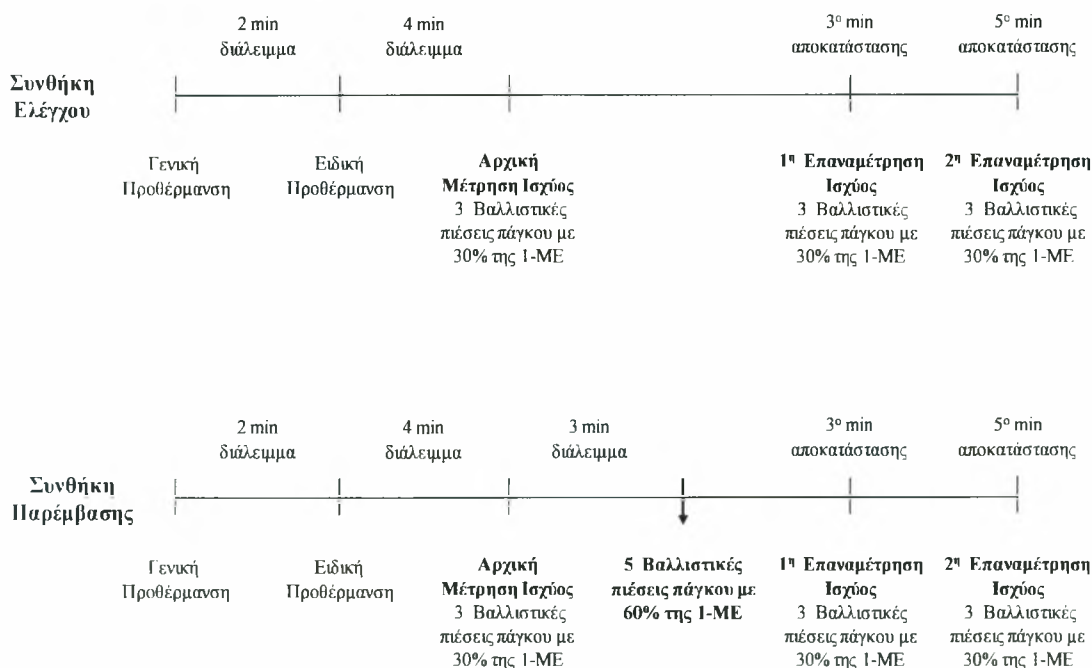
#### *Δείγμα*

Ένδεκα υγιείς έφηβοι χωρίς κανένα μυοσκελετικό πρόβλημα, συμμετείχαν εθελοντικά στην έρευνα, αφού προηγουμένως υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης όπου περιγράφονταν ο σκοπός, η πειραματική διαδικασία και οι πιθανοί κίνδυνοι από τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν αθλητές πετοσφαίρισης και κατά τη διάρκεια του τελευταίου εξαμήνου προπονούνταν συστηματικά με ελεύθερα βάρη με

σκοπό τη βελτίωση της ισχύος (2 προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα με φορτία 40-60% της 1-ME). Η ηλικία των δοκιμαζομένων ήταν  $17,4 \pm 0,48$  έτη, η σωματική μάζα και το λίπος τους ήταν  $77,8 \pm 7,6$  kg και  $11,6 \pm 1,9\%$  αντίστοιχα, το ύψος τους  $184,7 \pm 6,4$  cm ενώ η μέγιστη δύναμή τους στις πιέσεις οριζοντίου πάγκου ήταν  $73,4 \pm 6,9$  kg.

### Πειραματικός Σχεδιασμός

Η παρούσα μελέτη επιχείρησε να διευκρινίσει εάν η εκτέλεση ενός σετ 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο ήταν σε θέση να βελτιώσει την ισχύ που παράγονταν κατά την εκτέλεση της άσκησης βαλλιστικές πιέσεις οριζοντίου πάγκου με χαμηλό φορτίο. Για το σκοπό αυτό οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν 3 διαδοχικές επισκέψεις στο εργαστήριο με τρόπον ώστε στην πρώτη από αυτές να ολοκληρωθεί η μέτρηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, της σύστασης του σώματος και της μέγιστης δύναμης στην άσκηση πιέσεις οριζοντίου πάγκου. Μετά από 96 ώρες με τυχαία σειρά και αντιστάθμιση διεξήχθησαν οι 2 επιπλέον επισκέψεις με χρονική διαφορά τουλάχιστον 72 ωρών. Στη μία από αυτές οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 1 σετ 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με φορτίο ισοδύναμο του 60% της 1-ME (Παρέμβαση, Σχήμα 42).



Σχήμα 42. Σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας.



Τρία λεπτά πριν και κατά το 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης αξιολογήθηκε η μέση παραγόμενη ισχύς κατά τη διάρκεια της άσκησης βαλλιστικές πιέσεις οριζοντίου πάγκου με φορτίο ισοδύναμο του 30% της 1-ME. Στην άλλη επίσκεψη οι δοκιμαζόμενοι ακολούθησαν την ίδια διαδικασία δίχως ωστόσο να εκτελέσουν το σετ των 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με το 60% της 1-ME (Συνθήκη Ελέγχου, Σχήμα 42).

### *Περιγραφή των δοκιμασιών*

*Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά – Σύσταση σώματος.* Μετά το πέρας της περιόδου προετοιμασίας οι δοκιμαζόμενοι προσήλθαν στο εργαστήριο για τη μέτρηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών (σωματική μάζα και ύψος) και του σωματικού λίπους. Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας και του ύψους χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός ζυγός και αναστημόμετρο Sega, με ακρίβεια 0,1 kg και 0,1 cm αντίστοιχα. Για τον προσδιορισμό του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκαν δύο επιλεγμένες δερματοπτυχές (υποπλάτια και μηριαία) και ο υπολογισμός έγινε με την εξίσωση των Sloan και Weir (1970). Η μέτρηση των δερματοπτυχών έγινε στη δεξιά πλευρά του σώματος, με τη χρησιμοποίηση δερματοπτυχόμετρου τύπου Harpenden Skinfold Caliber (model: HSK-BL, England), με ακρίβεια 0,2 mm, όπως περιγράφεται από τους Malina και Bouchard (1991). Στο κάθε σημείο πραγματοποιούνταν δύο μετρήσεις και αν η διαφορά ήταν μικρότερη του 1 mm, τότε ο μέσος όρος των μετρήσεων καταγραφόταν και αντιπροσώπευε την τιμή της κάθε δερματοπτυχής (πάχος κάθε σημείου). Αν η διαφορά ήταν μεγαλύτερη από 1 mm, τότε γινόταν και τρίτη μέτρηση.

*Μία μέγιστη επανάληψη.* Η μέτρηση της μέγιστης δύναμης στην άσκηση των πιέσεων οριζοντίου πάγκου, έγινε με τη μέθοδο της μιας μέγιστης επανάληψης (1-ME) στο Smith, 4 ημέρες πριν από την εφαρμογή των προπονητικών προγραμμάτων. Αρχικά ως προθέρμανση εκτελούνταν 5-8 επαναλήψεις με φορτίο 50-60% της προβλεπόμενης 1-ME, ακολούθως μετά από 2 λεπτά εκτελούνταν 2-4 επαναλήψεις στο 70-80% της προβλεπόμενης 1-ME. Μετά από 2 λεπτά διάλειμμα εκτελούνταν μία επανάληψη στο 90% της προβλεπόμενης 1-ME. Στο τέλος, εκτελώντας μία επανάληψη, αυξανόταν σταδιακά το φορτίο ( $\approx 5\%$ ) μέχρι ο δοκιμαζόμενος να μη μπορέσει να εκτελέσει μία επανάληψη στο πλήρες εύρος κίνησης. Για τον προσδιορισμό της μέγιστης δύναμης απαιτούνταν 2-3 προσπάθειες, με ενδιάμεσο διάλειμμα 3-5 min.

*Ισχύς.* Σε κάθε βαλλιστική πίεση πάγκου μετρήθηκε η παραγόμενη ισχύς (P) με τη χρήση του ειδικού κωδικοποιητή σήματος (MuscleLab, Model PFMA 3010e, Ergotest A.S, Langensund, Norway) συνδεδεμένου με ηλεκτρονικό υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (MuscleLab V6.07). Συνδεδεμένος με το MuscleLab ήταν ένας κωδικοποιητής γραμμικής μετακίνησης, προσαρμοσμένος στη μπάρα ενός Smith με τη χρήση του οποίου εκτελούνταν η άσκηση (μετάδοση σήματος κάθε 3 mm μετακίνησης). Με βάση το φορτίο που είχε δοθεί, υπολογίζονταν από το λογισμικό οι μηχανικές παράμετροι της δύναμης [ $F(N) = (m \times g) + (m \times a)$ ] και της ισχύος [ $P(W) = F \times V$ ]. Πριν από κάθε επανάληψη και μετά από την ολοκλήρωση της έκκεντρης φάσης της κίνησης οι δοκιμαζόμενοι διατηρούσαν τη μπάρα ακίνητη στο προκαθορισμένο σημείο (2 cm υψηλότερα από το στήθος) για χρονικό διάστημα 1 sec ενώ στη συνέχεια εφαρμόζαν τη μέγιστη δυνατή ώθηση. Κατά τη διάρκεια της σύγκεντρης φάσης της κίνησης καταγράφονταν η μέση παραγόμενη ισχύς. Σε κάθε μέτρηση εκτελούνταν 3 διαδοχικές προσπάθειες με χρονική διαφορά 10-15 sec, από τις οποίες στη στατιστική ανάλυση λαμβάνονταν υπόψη η καλύτερη. Με πιλοτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν στο εργαστήριό μας βρέθηκε ότι ο συντελεστής ενδοταξικής συσχέτισης (ICC) ήταν  $r=0,99$  τόσο κατά την αρχική μέτρηση όσο και κατά τις μετρήσεις στο 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης

*Διαδικασία Μέτρησης.* Την ημέρα διεξαγωγής των μετρήσεων οι δοκιμαζόμενοι ακολούθησαν πρόγραμμα γενικής προθέρμανσης που περιελάμβανε 2 min διατάσεις του στήθους και των άνω άκρων (μείζονα θωρακικού, τρικέφαλου βραχιόνιου) και τάσεις-κάμψεις των χεριών από πρηνή θέση (10 επαναλήψεις). Μετά από διάλειμμα 2 min ακολούθησε η ειδική προθέρμανση που περιελάμβανε, 2 σετ των 5 πιέσεων οριζοντίου πάγκου στο Smith με το 60% και 80% του φορτίου της άσκησης, αντίστοιχα. Μεταξύ των σετ της ειδικής προθέρμανσης μεσολαβούσε διάλειμμα 2 min.

Στη συνέχεια και μετά από 4 min διάλειμμα ακολούθησε η αρχική μέτρηση της ισχύος κατά την εκτέλεση 3 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου στο Smith με φορτίο ισοδύναμο του 30% της 1-ME. Ακολούθως και συγκεκριμένα μετά από διάλειμμα 3 min εκτελέστηκε 1 σετ 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου στο Smith με φορτίο ισοδύναμο του 60% της 1-ME. Κατόπιν και συγκεκριμένα κατά το 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης ακολούθησε επαναξιολόγηση της ισχύος μέσω της εκτέλεσης της άσκησης των βαλλιστικών πιέσεων πάγκου στο Smith με το φορτίο που ισοδυναμούσε στο 30% της 1-ME (Σχήμα 42). Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων κατά την υλοποίηση

της συνθήκης ελέγχου εφαρμόστηκε η ίδια ακριβώς διαδικασία δίχως την παρεμβολή του σετ των 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με το υψηλότερο φορτίο.

*Στατιστική ανάλυση.* Για τον έλεγχο της επίδρασης των διαφορετικών φορτίων στην απόδοση και τη μυοηλεκτρική δραστηριότητα στις διάφορες χρονικές στιγμές (πριν από τις βαλλιστικές πιέσεις πάγκου με το φορτίο που ισοδυναμούσε στο 60% της 1-ME, στο 3<sup>ο</sup> και στο 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης), χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με δύο παράγοντες (φορτίο άσκησης και μετρήσεις) οι οποίοι επαναλαμβάνονταν. Για τη διερεύνηση των σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ . Για τη διερεύνηση πιθανής σχέσης μεταξύ της σχετικής δύναμης και της μεταβολής της ισχύος στο 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης (ισχύς κατά το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης - ισχύς κατά την αρχική μέτρηση) χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης του Pearson. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη επιχείρησε να διευκρινίσει εάν η εκτέλεση ενός σετ 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο ήταν σε θέση α) να μεταβάλει την ισχύ που παράγονταν κατά την εκτέλεση ενός δεύτερου σετ με χαμηλό φορτίο και β) στην περίπτωση αυτή πιο θα μπορούσε να είναι το βέλτιστο διάλειμμα. Για το σκοπό αυτό εκτελέστηκε 1 σετ 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με φορτίο ισοδύναμο του 60% της 1-ME αφού 3 min πριν και κατά το 3<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης αξιολογήθηκε η μέση παραγόμενη ισχύς κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ενός σετ 3 επαναλήψεων της ίδιας άσκησης με φορτίο ισοδύναμο του 30% της 1-ME (Παρέμβαση). Για τον έλεγχο της επίδρασης που μπορεί να είχε το χαμηλό φορτίο στην απόδοση επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία δίχως την εκτέλεση του σετ των βαλλιστικών πιέσεων με το μέτριο φορτίο (Συνθήκη Ελέγχου).

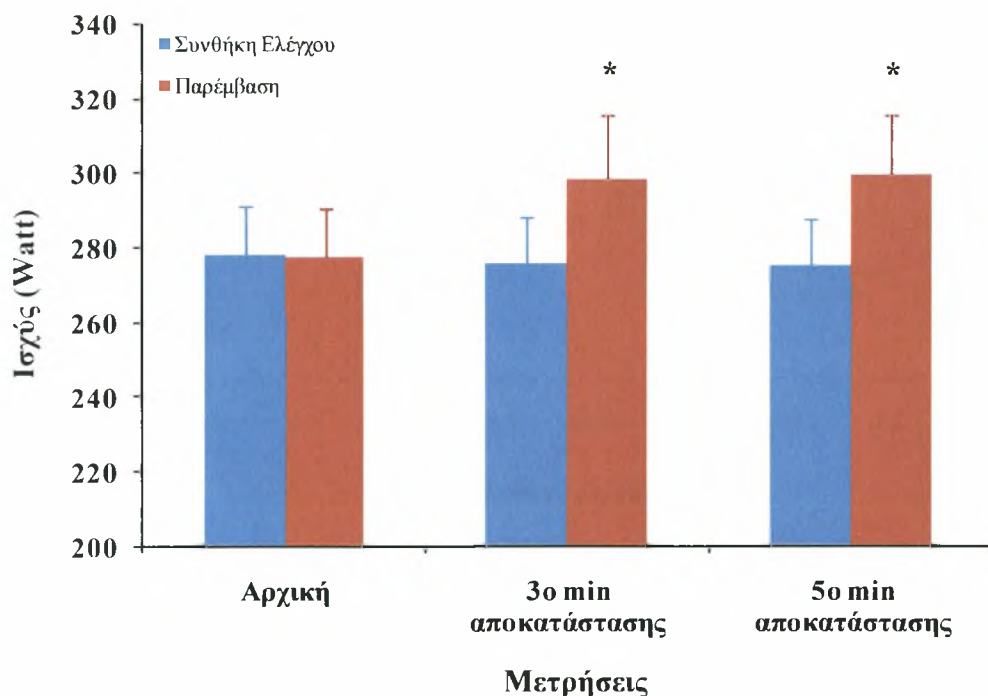
### Ισχύς

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση 1(i) διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «φορτίο άσκησης» και «μετρήσεις» ( $F_{(2, 20)} = 10,763$ ,  $p < 0,05$ ). Ειδικότερα από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey διαπιστώθηκε ότι η ισχύς που παρήχθη κατά το 3<sup>ο</sup> min και 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης από την παρέμβαση των βαλλιστικών πιέσεων με το μέτριο

φορτίο διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ισχύ που παρήχθη στα ίδια χρονικά σημεία δίχως την μεσολάβηση των βαλλιστικών πιέσεων με το μέτριο φορτίο ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ισχύς που παρήχθη κατά το 3<sup>ο</sup> min και 5<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση των βαλλιστικών πιέσεων με το μέτριο φορτίο υπερέιχαν της ισχύος που παρήχθη στα ίδια χρονικά σημεία δίχως μεσολάβηση της εν λόγω παρέμβασης κατά 8,3% και 8,8%, αντίστοιχα (Πίνακας 11).

Επιπλέον διαπιστώθηκε ότι η ισχύς που παρήχθη κατά το 3<sup>ο</sup> min και 5<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση των βαλλιστικών πιέσεων με το μέτριο φορτίο διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ισχύ που παρήχθη πριν από αυτή ( $p<0,05$ ). Συγκεκριμένα η ισχύς που παρήχθη κατά το 3<sup>ο</sup> min και 5<sup>ο</sup> min μετά από την παρέμβαση των βαλλιστικών πιέσεων με το μέτριο φορτίο υπερέιχε της ισχύος που παρήχθη πριν από αυτή κατά 7,7% και 8%, αντίστοιχα. (Σχήμα 43, Πίνακας 11).

Επίσης βρέθηκε σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της μεταβολής της ισχύος κατά το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης (ισχύς κατά το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης - ισχύς κατά την αρχική μέτρηση) και της σχετικής δύναμης ( $r=0,77, p=0,006$ ) (Σχήμα 44).

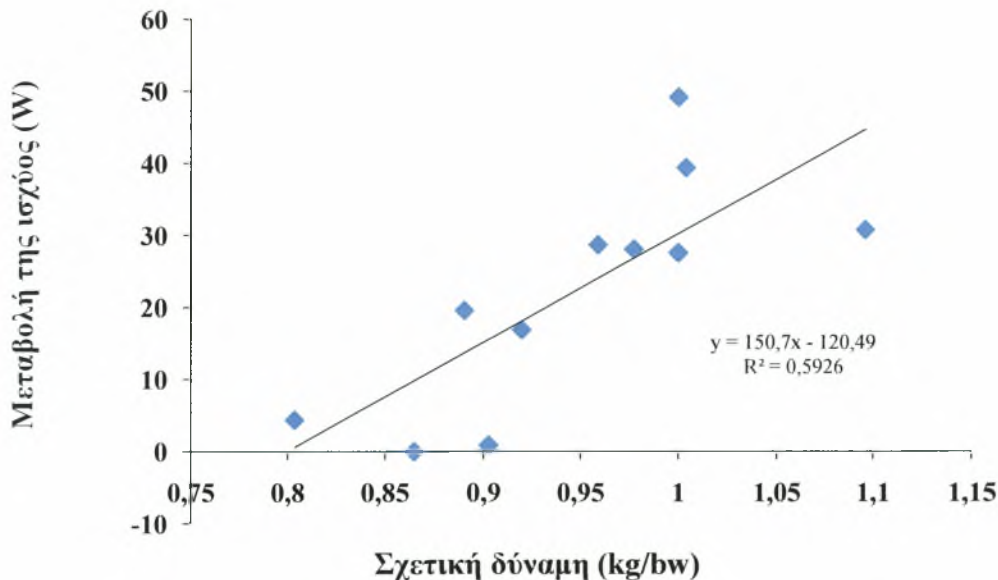


**Σχήμα 43.** Μεταβολή της ισχύος κατά την εκτέλεση βαλλιστικών πιέσεων οριζοντίου πάγκου με χαμηλό φορτίο δίχως και μετά από παρέμβαση 1 σετ αντίστοιχων πιέσεων με φορτίο 60% της 1-ME ( $X\pm SE$ ). \*  $p<0,05$  από την ισχύ που παρήχθη κατά την αρχική μέτρηση και την αντίστοιχη μέτρηση της συνθήκης ελέγχου.

**Πίνακας 11.** Μεταβολή της ισχύος κατά την εκτέλεση βαλλιστικών πιέσεων οριζοντίου πάγκου με χαμηλό φορτίο δίχως και μετά από παρέμβαση 1 σετ αντίστοιχων πιέσεων με μέτριο φορτίο ( $X \pm SD$ ).

	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	ΣΥΝΘΗΚΕΣ	
		ΕΛΕΓΧΟΥ	ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ
Ισχύς (Watt)	Αρχική	277,9±42,8	277,1±43,4
	3 <sup>ο</sup> min αποκατάστασης	275,6±40,5	298,4±55,5*
	5 <sup>ο</sup> min αποκατάστασης	275,2±40,3	299,3±52,5*

Σημείωση: \*  $p < 0,05$  από την ισχύ που παρήχθη κατά την αρχική μέτρηση και την αντίστοιχη μέτρηση της συνθήκης ελέγχου.



**Σχήμα 44.** Συσχέτιση της μεταβολής της ισχύος κατά το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης μετά την παρέμβαση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με φορτίο 60% της 1-ΜΕ και της σχετικής δύναμης στις πιέσεις οριζοντίου πάγκου.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε εάν η εκτέλεση ενός σετ 5 βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με μέτριο φορτίο ήταν σε θέση α) να μεταβάλει την ισχύ που παράγονταν κατά την εκτέλεση ενός δευτέρου σετ με χαμηλό φορτίο και β) στην περίπτωση αυτή ποιο θα μπορούσε να είναι το βέλτιστο διάλειμμα μεταξύ των σετ. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι στο 3<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η ισχύς παρουσίασε αύξηση ως προς την τιμή που είχε πριν από την παρέμβαση του σετ με το μέτριο φορτίο αλλά και ως προς την τιμή που είχε στο ίδιο χρονικό σημείο δίχως μεσολάβηση της παρέμβασης κατά 7,7% και 8,3% αντίστοιχα. Στο 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η ισχύς παρουσίασε μικρή περαιτέρω αύξηση φθάνοντας σε σχέση με την τιμή που είχε πριν από την παρέμβαση το 8% ενώ σε σχέση με την τιμή που είχε στο αντίστοιχο χρονικό σημείο δίχως την παρέμβαση το 8,8%.

Σύμφωνα με αποτελέσματα και άλλων πρόσφατων μελετών η εκτέλεση δυναμικής άσκησης με χαμηλά και μέτρια φορτία (30-40% και 45-60% της 1-ME αντίστοιχα) πριν από μια σειρά εκρηκτικών αθλητικών κινήσεων φαίνεται ότι επιδρά θετικά στην παραγόμενη ισχύ αρκεί η ταχύτητα της εκτέλεσης να είναι μέγιστη (Baker, 2003; Gilbert, & Lees, 2005; Smilios et al., 2005; Sotiropoulos et al., 2010). Ο Baker (2003) μετά από σχετική έρευνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η άσκηση που προηγείται μπορεί να εκτελείται με φορτίο που απλώς είναι υψηλότερο από εκείνο με το οποίο εκτελούνται οι εκρηκτικές κινήσεις που ακολουθούν. Μάλιστα στην περίπτωση που εκτελείται με περίπου το διπλάσιο φορτίο από την άσκηση που έπεται μπορεί να αποτελέσει εξαιρετικό ερέθισμα για το νευρομυϊκό σύστημα. Εξάλλου είναι ήδη γνωστό από τη μελέτη των Radcliffe και Radcliffe (1996) ότι 4 σετ των 4 επαναλήψεων της άσκησης «αρασέ» με φορτίο που αντιστοιχεί στο 75-85% των 4-ME (περίπου 65-70% της 1-ME) είναι σε θέση να βελτιώσουν το οριζόντιο άλμα με ταλάντευση κατά 1.5% (3,9 cm). Σε απόλυτη συμφωνία με τα προαναφερόμενα είναι και τα ευρήματα της μελέτης του Smilios και συν. (2005) ο οποίος διαπίστωσε ότι ακόμα και τα μέτρια φορτία είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντική βελτίωση της ισχύος αρκεί η εκτέλεση της δυναμικής άσκησης που χρησιμοποιείται να είναι εκρηκτική. Πιο συγκεκριμένα μετά από την εκτέλεση 3 σετ των 5 ημικαθισμάτων με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 60% της 1 ME και με 3 min διάλειμμα μεταξύ τους διαπίστωσε ότι το άλμα με ταλάντευση αυξήθηκε μετά από το 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> σετ κατά 3,74% και 2,84% αντίστοιχα ενώ στη συνέχεια επανήλθε στα αρχικά επίπεδα. Όταν αντί των ημικαθισμάτων εκτελέστηκαν 5 επαναλαμβανόμενα άλματα με το ίδιο φορτίο

διαπιστώθηκε ότι μετά από το 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> σετ το άλμα με ταλάντευση αυξήθηκε κατά 3,41% και 3,96% αντίστοιχα. Επίσης ο Villarreal και συν. (2007) χρησιμοποιώντας το φορτίο με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς βρήκαν ότι 5 min μετά την εκτέλεση 3 σετ των 5 αλμάτων το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση και το άλμα πτώσης από το βέλτιστο ύψος αυξήθηκαν κατά 4,1% και 4,18% αντίστοιχα. Αξιοσημείωτο ήταν ότι η επίδραση της παρέμβασης ήταν αισθητή ακόμα και 6 ώρες μετά το πέρας της μια και το άλμα πτώσης από το βέλτιστο ύψος σημείωσε μικρή περεταίρω αύξηση.

Ωστόσο, φαίνεται ότι το φορτίο με το οποίο εκτελείται η δυναμική άσκηση που προηγείται είναι μόνο μια από τις παραμέτρους που επηρεάζουν την εξέλιξη της απόδοσης στην άσκηση ή τη δραστηριότητα που ακολουθεί. Σύμφωνα με τους Tillin και Bishop (2009) τα χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων σε συνδυασμό με το χρόνο της αποκατάστασης μεταξύ της δυναμικής άσκησης που προηγείται και της δραστηριότητας που ακολουθεί επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση της τελευταίας. Είναι γνωστό ότι η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι σκελετικοί μύες μετά το πέρας ενός ηλεκτρικού ή βουλητικού ερεθίσματος καθορίζεται από την ισορροπία μεταξύ της νευρομυϊκής ενεργοποίησης και της κόπωσης. Ένας εκ των ρυθμιστών της εν λόγω ισορροπίας είναι ο χρόνος ανάπαυσης που μεσολαβεί έως την αξιολόγηση του επιπέδου της ενεργοποίησης. Η επάρκειά του κρίνεται από το εάν οι μύες έχουν αναλάβει από την κόπωση ενώ παραμένουν σε κατάσταση αυξημένης ενεργοποίησης.

Αν και οι ερευνητές συμφωνούν ως προς την κρισιμότητα της επιλογής του χρόνου αποκατάστασης οι σχετικές μελέτες είναι περιορισμένες. Μεταξύ αυτών οι Jensen και Ebben (2003) αξιολόγησαν το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση πριν, αμέσως μετά και 1, 2, 3 και 4 min μετά από 5 ημικαθίσματα με φορτίο 5-ME. Διαπίστωσαν ότι αμέσως μετά από την άσκηση το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση μειώθηκε σημαντικά ενώ στη συνέχεια αποκαταστάθηκε στο επίπεδο που είχε πριν από την παρέμβαση και μάλιστα κατά το 4<sup>ο</sup> min παρουσίασε τάση αύξησης. Εξ αιτίας αυτού οι ερευνητές θεώρησαν σκόπιμο να προτείνουν ως ελάχιστο χρόνο αποκατάστασης τα 4 min.

Η μοναδική έως σήμερα μελέτη η οποία εξέτασε το χρονοδιάγραμμα της απόδοσης τόσο στο κάτω όσο και στο άνω μέρος του σώματος είναι του Kilduff και συν. (2007). Σε αυτή οι ερευνητές αξιολόγησαν τη μέγιστη ισχύ που παράγεται κατά την εκτέλεση ενός άλματος με ταλάντευση δίχως φορτίο ή μιας βαλλιστικής πίεσης πάγκου με χαμηλό φορτίο (40% της 1-ME) αφού προηγουμένως υπέβαλλαν 23 αθλητές Ράγκμπυ στην εκτέλεση ενός σετ 3 ημικαθισμάτων ή πιέσεων πάγκου με περίπου διπλάσιο φορτίο (3-ME). Στις μετρήσεις που διεξήχθησαν αμέσως μετά την άσκηση και ανά 4

min έως και το 20<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης βρέθηκε ότι αμέσως μετά την παρέμβαση η μέγιστη ισχύς σημείωσε σημαντική πτώση που μετά τα ημικαθίσματα έφτασε το 2.9% ενώ μετά τις πιέσεις πάγκου το 4,7%. Στη συνέχεια και από το 8<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η ισχύς παρουσίασε σημαντική αύξηση που μετά από τα ημικαθίσματα έφτασε το 8% (12<sup>ο</sup> min) και διατηρήθηκε έως και το 12<sup>ο</sup> min ενώ μετά από τις πιέσεις πάγκου έφτασε το 5,3% (12<sup>ο</sup> min) και διατηρήθηκε έως και το 16<sup>ο</sup> min. Πιο πρόσφατα ο Bevan και συν. (2009) αφού χρησιμοποίησαν 3 σετ των 3 πιέσεων πάγκου με φορτίο 87% της 1-ME μελέτησαν την επίδρασή τους στο ύψος ρίψης της μπάρας και στην παραγόμενη μέγιστη ισχύ κατά την εκτέλεση βαλλιστικών πιέσεων στήθους στο Smith με φορτίο 40% της 1-ME. Η αξιολόγηση της απόδοσης έγινε πριν και 15sec, 4, 8, 12, 16, 20 και 24 min μετά από τις πιέσεις πάγκου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αμέσως μετά τις πιέσεις πάγκου η απόδοση παρουσίασε σημαντική μείωση που έφτασε το 10,2%. Στη συνέχεια όμως παρουσίασε αύξηση που κορυφώθηκε στο 8<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης φτάνοντας το 5,4% ενώ κατόπιν επανήλθε στα αρχικά της επίπεδα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην παρούσα μελέτη οι δοκιμαζόμενοι ήταν έφηβοι αθλητές πετοσφαίρισης και το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε κατά την παρέμβαση ήταν διπλάσιο του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε πριν και μετά από αυτή. Η μοναδική έως σήμερα μελέτη που οι συμμετέχοντες ήταν έφηβοι και χρησιμοποιήθηκε ανάλογος συνδυασμός φορτίων είναι η μελέτη του Clark και συν. (2006) στην οποία ωστόσο χρησιμοποιήθηκαν ασκήσεις για τα κάτω άκρα. Σε αυτή οι ερευνητές εξέτασαν την επίδραση που είχε η παρέμβαση ενός σετ αλμάτων με φορτίο 40 kg (~30% της 1-ME) σε ένα πρόγραμμα βαλλιστικής προπόνησης των κάτω άκρων με φορτίο 20 kg. Για το σκοπό αυτό, κατά τη διάρκεια 5 διαδοχικών σετ των 6 κατακόρυφων αλμάτων με φορτίο 20 kg (~15% της 1-ME) και με διάλειμμα 3-4 min μεταξύ των σετ, προσδιόρισαν τη μέση κατακόρυφη μετατόπιση που παρήχθη ανά σετ αφού προηγουμένως είχαν παρεμβάλει μεταξύ του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> εξ' αυτών ένα επιπλέον σετ της ίδιας άσκησης με το ίδιο ή με διπλάσιο φορτίο. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι η απόδοση, μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 40 kg, παρουσίασε αύξηση που κορυφώθηκε κατά το 3<sup>ο</sup> σετ (~10<sup>ο</sup> min) και έφτασε το 8,6% σε σύγκριση με την απόδοση που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 20 kg. Επιπλέον η μέγιστη ισχύς που μετρήθηκε κατά τα τελευταία 50 msec της σύγκεντρης φάσης των αλμάτων παρουσίασε σημαντική αύξηση κατά το 2<sup>ο</sup> σετ μετά από την παρέμβαση του υψηλότερου φορτίου (~7<sup>ο</sup> min). Μάλιστα η εν λόγω αύξηση



κορυφώθηκε στο 3<sup>ο</sup> σετ φθάνοντας το 11,9% σε σχέση με την ισχύ που κατεγράφη μετά από την παρέμβαση του σετ με το φορτίο των 20 kg.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι 3-5 min ανάπαυσης μετά από την άσκηση που προηγείται είναι αρκετά ώστε να αυξηθεί η απόδοση στην άσκηση που ακολουθεί. Ο Ebben (2000) αναφέρει ότι χρόνος 3-4 min μεταξύ δύο ασκήσεων αντιθετικού χαρακτήρα θα μπορούσε να θεωρηθεί ιδανικός. Ο Young και συν. (1998) και ο Weber και συν. (2008) επιβεβαιώνουν την παραπάνω θέση αφού χρησιμοποιώντας ως διάλειμμα αντίστοιχο χρονικό διάστημα βρήκαν σημαντική αύξηση της απόδοσης. Πάραυτα η πλειοψηφία των μελετών που διερεύνησαν την επίδραση του διαλείμματος μεταξύ της άσκησης που προηγείται και αυτής που ακολουθεί στην απόδοση, προτείνει χρόνο αποκατάστασης που κυμαίνεται από 7-16 min. Η διαφορά μεταξύ της παρούσας και των άλλων μελετών φαίνεται όμως ότι οφείλεται στη διαφορετική μεθοδολογική τους προσέγγιση. Πράγματι ο σχεδιασμός των τελευταίων προέβλεπε αξιολόγηση της απόδοσης μέσω περισσότερων μετρήσεων που ήταν καταμετρημένες σε χρονικά πλαίσια ευρύτερα των 5 min. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό ακόμα και στην παρούσα μελέτη η βέλτιστη τιμή της απόδοσης να καταγράφονταν μετά από το 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης εάν βέβαια υπήρχε η δυνατότητα αξιολόγησής της σε επιπλέον χρονικές στιγμές. Στη μοναδική μελέτη που το φορτίο της παρέμβασης ήταν χαμηλό (~30% της 1-ME) βρέθηκε ότι η απόδοση αυξήθηκε σημαντικά μετά από διάλειμμα 7-10 min αλλά θεωρήθηκε ότι η αύξηση ήταν ήδη αξιοσημείωτη (3%) από το 4<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης (Clark et al., 2006). Μάλιστα οι ερευνητές αναφέρουν ότι η εν λόγω μεταβολή θα μπορούσε να ήταν σημαντική εάν ο αριθμός των δοκιμαζόμενων ήταν μεγαλύτερος. Επιπλέον το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκτέλεση της άσκησης που προηγούνταν ή ακόμα και ο τρόπος με τον οποίο αξιολογήθηκε η απόδοση κατά την άσκηση που ακολουθούσε διέφερε μεταξύ της παρούσας και των άλλων σχετικών μελετών. Στην παρούσα μελέτη το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε κατά την παρέμβαση ήταν μέτριο (60% της 1-ME) ενώ στις άλλες μελέτες ήταν υψηλό (5-ME έως 3-ME). Ενδεχομένως ο χρόνος της αποκατάστασης που είναι απαραίτητος για τη βελτίωση της απόδοσης να εξαρτάται από το φορτίο που χρησιμοποιείται στην παρέμβαση.

Στην παρούσα μελέτη δεν υπήρξε η δυνατότητα καταγραφής του μυοηλεκτρικού σήματος των εμπλεκόμενων μυών με αποτέλεσμα οι μεταβολές της απόδοσης να μπορεί να εξηγηθούν με σχετική μόνον ασφάλεια. Σύμφωνα με τις επικρατέστερες απόψεις η άσκηση με το υψηλότερο φορτίο ενεργοποιεί το νευρομυϊκό σύστημα

«πριμοδοτώντας» τη μυϊκή απόδοση. Ο μηχανισμός που φαίνεται ότι ευθύνεται για τη διέγερση του νευρομυϊκού συστήματος έχει διττή φύση δεδομένου ότι το κέντρο δράσης του εντοπίζεται στο μυϊκό κύτταρο (μυογενής) ή/και στη σπονδυλική στήλη (νευρογενής) (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005; Tubman, MacIntosh, Maki, 1996). Στην πρώτη περίπτωση η αύξηση της απόδοσης οφείλεται στην αυξημένη φωσφορυλίωση των ρυθμιστικών ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης η οποία καθιστά την ακτομυοσίνη πιο ευαίσθητη στο ασβέστιο που απελευθερώνεται από το σαρκοπλασματικό δίκτυο. Στη δεύτερη περίπτωση η διαφορά της απόδοσης οφείλεται στην αύξηση της συναπτικής ικανότητας των Ια κεντρομόλων νευρικών απολήξεων και των μετασυναπτικών μεμβρανών των α-κινητικών νευρώνων γεγονός που συνδέεται με τη στρατολόγηση περισσότερων ή/και μεγαλύτερων κινητικών μονάδων αλλά και με την αύξηση της συχνότητας εκφόρτισης των νευρικών τους ώσεων (Hugon, 1973).

Εκτός των μελετών που διερευνώντας την επίδραση του διαλείμματος μεταξύ της άσκησης που προηγείται και αυτής που ακολουθεί βρήκαν σημαντική βελτίωση της απόδοσης υπήρξαν και άλλες οι οποίες δε βρήκαν μεταβολή. Μεταξύ αυτών είναι η μελέτη του Comyns και συν. (2006) στην οποία 30 sec, 2, 4 και 6 min μετά από την εκτέλεση ενός σετ ημικαθισμάτων με φορτίο 5-ME αξιολογήθηκε το κατακόρυφο άλμα με το κυρίαρχο πόδι σε ειδικά κατασκευασμένη πλατφόρμα κύλισης. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική μείωση του χρόνου πτήσης τόσο στο 30<sup>ο</sup> sec όσο και στο 6<sup>ο</sup> min μετά από τα ημικαθίσματα. Αξιοσημείωτο όμως ήταν ότι οι μεταβολές αυτές εντοπίστηκαν μόνο στο ήμισυ των δοκιμαζομένων. Στους υπόλοιπους από αυτούς το κατακόρυφο άλμα παρουσίασε μικρή αύξηση ή δεν μεταβλήθηκε. Ως εκ τούτου οι ερευνητές συμπέραναν ότι η επιλογή του χρόνου αποκατάστασης μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής μόνον όταν είναι εξατομικευμένη. Σε μια άλλη μελέτη που χρησιμοποιήθηκε το ίδιο φορτίο (5-ME) αλλά μεγαλύτερο εύρος αποκατάστασης οι Jones και Lees (2003) διερεύνησαν την επίδραση ενός σετ ημικαθισμάτων στο Smith στην απόδοση του αργού και του γρήγορου «κύκλου διάτασης-βράχυνσης» αλλά και το χρονικό προφίλ της επίδρασης αυτής. Για το σκοπό αυτό πριν και 3, 7 και 10 min μετά από τα ημικαθίσματα αξιολόγησαν τη μέση ισχύ κατά την εκτέλεση 2 κατακόρυφων αλμάτων με ταλάντευση και 2 αλμάτων πτώσης από ύψος 40 cm. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση διατηρήθηκε αμετάβλητη, γεγονός που αποδόθηκε στη διαφορά που είχε το κινητικό πρότυπο της άσκησης στο Smith και των αλμάτων ή/και στο ανεπαρκές φορτίο.

Επίσης όπως έχει ήδη αναφερθεί μεταξύ των παραμέτρων που καθορίζουν την εξέλιξη της απόδοσης είναι και τα χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων και μεταξύ αυτών το επίπεδο της μέγιστης ή/και σχετικής δύναμής τους (Hodgson et al., 2005; Tillin, & Bishop, 2009). Ο Young και συν. (1998) όπως και η Duthie και συν. (2002) βρήκαν υψηλή συσχέτιση μεταξύ των μεταβολών στην απόδοση και της μέγιστης δύναμης ( $r=0,73$  και  $r=0,66$ , αντίστοιχα). Ο Kilduff και συν. (2007) βρήκαν υψηλή συσχέτιση μεταξύ της δύναμης (3-ME) και της μεταβολής της ισχύος τόσο στο κάτω ( $r=0,63$ ,  $p=0,009$ ) όσο και στο άνω μέρος του σώματος ( $r=0,59$ ,  $p=0,004$ ) αλλά και μεταξύ της σχετικής δύναμης (3-ME/σωματική μάζα) και της μεταβολής της ισχύος στο κάτω μέρος του σώματος ( $r=0,63$ ,  $p=0,009$ ). Επίσης ο Bevan και συν. (2009) βρήκαν σημαντική συσχέτιση μεταξύ της δύναμης (3-ME) και της μεταβολής της απόδοσης στο άνω μέρος του σώματος ( $r=0,52$ ,  $p=0,006$ ). Στην παρούσα μελέτη βρέθηκε υψηλή θετική συσχέτιση ( $r=0,77$ ,  $p=0,006$ ) μεταξύ της σχετικής δύναμης και της μεταβολής της ισχύος στο 5<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης δείχνοντας ότι όσο δυνατότερο είναι ένα άτομο τόσο περισσότερο μπορεί να προπονηθεί η απόδοσή του μετά από την παρέμβαση μιας άσκησης με μέτριο φορτίο.

Εν κατακλείδι τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η μυϊκή ισχύς που παράγεται κατά την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο (30% της 1-ME) από έφηβους αθλητές, αυξάνεται σημαντικά εάν 3-5 min πριν εκτελεσθεί ένα αντίστοιχο σετ με μέτριο φορτίο (60% της 1-ME). Επιπρόσθετα φαίνεται ότι το μέγεθος της εν λόγω αύξησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σχετική δύναμη των αθλητών.

#### IV. ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα διατριβή εξετάστηκαν η άμεση επίδραση διαφόρων πρωτοκόλλων βαλλιστικής προπόνησης με ελεύθερα φορτία στην ισχύ των κάτω άκρων και άνω άκρων και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων και καμπτήρων την κνήμη. Τα εν λόγω πρωτόκολλα είχαν ως κοινά χαρακτηριστικά τη συνάφεια του κινητικού προτύπου των ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκαν και την υψηλή ταχύτητα εκτέλεσής τους με φορτία που επελέγησαν μέσα από το φάσμα όσων βελτιώνουν τη μέγιστη ισχύ. Ειδικότερα εξετάστηκαν η επίδραση που είχαν στην ισχύ και στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα το φορτίο της άσκησης, ο αριθμός των σετ, η εναλλαγή του φορτίων από σετ σε σετ και ο χρόνος αποκατάστασης μεταξύ των ασκήσεων.

Από τα αποτελέσματα της διατριβής φάνηκε ότι σε άτομα μετρίου προπονητικού επιπέδου το άλμα με ταλάντευση και η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα των εκτεινόντων την κνήμη παρουσίασαν την ίδια εξέλιξη όταν τα φορτία που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της προπόνησης ήταν μέτρια ή υψηλά. Μάλιστα οι υψηλότερες τιμές τους κατεγράφησαν μετά από την ειδική προθέρμανση και διατηρήθηκαν στο ίδιο επίπεδο μόνον έως και μετά από ένα σετ άσκησης με πρόσθετο φορτίο ενώ στη συνέχεια μειώθηκαν φτάνοντας στο επίπεδο που είχαν μετά από τη γενική προθέρμανση. Σύμφωνα με αποτελέσματα αρκετών μελετών η εκτέλεση δυναμικής άσκησης με βάρη πριν από μια σειρά εκρηκτικών αθλητικών κινήσεων φαίνεται ότι επιδρά θετικά στη βελτίωση της ισχύος που παράγεται κατά την εκτέλεσή τους ή στη χειρότερη περίπτωση δεν έχει αρνητική επίδραση (Chiu et al., 2003; Ebben et al., 2000; Gourgoulis et al., 2003; Hrysomallis, & Kidgell, 2001; Jones et al., 2003; Radcliffe, & Radcliffe, 1996; Rixon et al., 2007; Villarreal et al., 2007). Αυτό αποδίδεται κυρίως στις νευρομυϊκές προσαρμογές που συνεπάγεται η εν λόγω άσκηση μια και το κεντρικό νευρικό σύστημα φαίνεται ότι διεγείρεται μετά από την εκτέλεση ασκήσεων με υψηλά φορτία με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την εκτέλεση συναφών ασκήσεων με ελαφρότερα φορτία (Verhoshansky, 1986). Ωστόσο από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι η χρήση των υψηλών φορτίων δεν είναι πανάκεια δεδομένου ότι τόσο τα χαμηλά φορτία που

χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της ειδικής προθέρμανσης όσο και τα μέτρια που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της κυρίως προπόνησης μέχρι ενός σημείου ενεργοποίησαν τους εκτείνοντες την κνήμη και αύξησαν το άλμα με ταλάντευση. Η παράμετρος που φαίνεται ότι συνετέλεσε στην μικρή αύξηση της νευρομυϊκής ενεργοποίησης ήταν η ταχύτητα εκτέλεσης. Πράγματι σύμφωνα με τον Duchateau (2006) η ταχύτητα μιας δυναμικής συστολής για την παραγωγή συγκεκριμένης δύναμης καθορίζει τον αριθμό των κινητικών μονάδων οι οποίες επιστρατεύονται δίχως βέβαια να παραβιάζει την «αρχή του μεγέθους» (Young 1993). Έτσι σε μια ταχεία μυϊκή συστολή ενεργοποιούνται έως και τριπλάσιες κινητικές μονάδες σε σχέση με μια αργή, γεγονός που οφείλεται στην πτώση που εμφανίζει το κατώφλι ενεργοποίησής τους εξ αιτίας της ταχύτητας κίνησης. Το γεγονός αυτό φαίνεται ότι συνετέλεσε στην ενεργοποίηση των εμπλεκόμενων μυών και στη δημιουργία δυναμικού δράσης το οποίο επέδρασε θετικά στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης και κατά συνέπεια στο κατακόρυφο άλμα (Sale, 2002). Η πτώση της απόδοσης και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας που κατεγράφησαν μετά από το 2<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με το πρόσθετο φορτίο υποδηλώνουν την ενίσχυση της κόπωσης έναντι του δυναμικού δράσης γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στο μέτριο προπονητικό επίπεδο των δοκιμαζομένων και στη σχετικά χαμηλή αντίσταση που ενδεχομένως παρουσίασαν στην κόπωση.

Πράγματι σύμφωνα με το υποθετικό μοντέλο του Sale (2002) που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ δυναμικού και κόπωσης όταν ο όγκος της προπόνησης είναι χαμηλός το δυναμικό ενεργοποίησης επικρατεί της κόπωσης γεγονός που γίνεται άμεσα αντιληπτό και στις δραστηριότητες ισχύος που ενδεχομένως ακολουθούν. Καθώς όμως αυξάνεται ο όγκος της προπόνησης, βαθμιαία αυξάνεται και η κόπωση επικρατώντας του δυναμικού και επηρεάζοντας αρνητικά την απόδοση. Ωστόσο η κόπωση μειώνεται με ταχύτερο ρυθμό από το δυναμικό με συνέπεια το τελευταίο να επικρατεί όχι πλέον άμεσα μετά την άσκηση αλλά σε κάποιο ύστερο χρονικό σημείο της αποκατάστασης πρωμοδοτώντας ανάλογα την απόδοση. Έτσι στην παρούσα μελέτη είναι πολύ πιθανό η μεταβολή του χρονοδιαγράμματος εμφάνισης της κόπωσης εξαιτίας της βαθμιαίας αύξησης του όγκου σε συνδυασμό με τη μη προσαρμογή του διαλείμματος που χρησιμοποιήθηκε μετά από το 2<sup>ο</sup> σετ της άσκησης με το πρόσθετο φορτίο να μην επέτρεψε στην ασκησιογενή υπερενεργοποίηση να επικρατήσει της κόπωσης καθλώνοντας την επίδοση σε επίπεδο χαμηλότερο από αυτό που είχε μετά την ειδική προθέρμανση και μειώνοντας την ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τετρακεφάλου.

Η κρισιμότητα της επιλογής του χρόνου αποκατάστασης μεταξύ των ασκήσεων που εκτελούνται στα πλαίσια της βαλλιστικής προπόνησης φάνηκε από τα αποτελέσματα πρόσφατων μελετών αλλά και της παρούσας διατριβής (Bevan et al., 2009; Clark et al., 2006; Comyns et al., 2006; Jensen, & Ebben 2003; Kilduff et al., 2007). Στην προκειμένη περίπτωση διαπιστώθηκε ότι όταν αθλητές εξοικειωμένοι με την προπόνηση αλμάτων υποβάλλονται σε βαλλιστική προπόνηση κατά την οποία εναλλάσσονται άλματα με υπομέγιστο ή χαμηλό φορτίο (69,5% ή 35% της 1-ME αντίστοιχα) με άλματα δίχως φορτίο, η επίτευξη της βέλτιστης επίδοσης κατά την εκτέλεση των τελευταίων είναι εφικτή μόνον όταν μεταξύ των ασκήσεων μεσολαβεί χρόνος αποκατάστασης 5 min και 7 min, αντίστοιχα. Ωστόσο η επιλογή του χρόνου αποκατάστασης φάνηκε ότι ήταν σημαντικός παράγων για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης σε σχέση με την αρχική μέτρηση μόνο στην περίπτωση που η άσκηση η οποία προηγούνταν ήταν σε θέση να διεγείρει το νευρομυϊκό σύστημα ώστε να υπερβεί ένα ελάχιστο κατώφλι ενεργοποίησης. Από τη διατριβή μας προέκυψε ότι τα επαναλαμβανόμενα άλματα με το χαμηλό ή το μέτριο φορτίο δε μετέβαλλαν σημαντικά την ισχύ των αλμάτων δίχως φορτίο σε σχέση με την τιμή που είχε πριν από αυτά ανεξαρτήτως του χρόνου αποκατάστασης που μεσολάβησε και μάλιστα παρότι μετά από τα πρώτα εξ αυτών η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τετρακεφάλου παρουσίασε σημαντική αύξηση.

Παρόμοια είναι τα ευρήματα του Clark και συν. (2006) οι οποίοι διαπίστωσαν ότι 7-10 min αποκατάστασης ήταν αρκετά ώστε μετά από την εκτέλεση 1 σετ αλμάτων με φορτίο 40 kg (~30% της 1-ME) η μέση επίδοση 9 αθλητών Ράγκμπυ σε 1 σετ αλμάτων με φορτίο 20 kg να αυξηθεί σημαντικά ως προς τη συνθήκη ελέγχου. Σε μια άλλη μελέτη ο Smilios και συν. (2005) βρήκαν ότι τα ίδια φορτία είναι σε θέση να βελτιώσουν την απόδοση ως προς την αρχική μέτρηση. Η διαφοροποίηση μεταξύ της παρούσης μελέτης και αυτής του Smilios και συν. (2005) φαίνεται ότι οφείλεται σε διαφορές στη μεθοδολογία. Επί παραδείγματι οι αθλητές της παρούσης διατριβής ήταν αθλητές πετοσφαίρισης εξοικειωμένοι με την προπόνηση ισχύος στα περιεχόμενα της οποίας σημαντική θέση κατείχαν και τα επαναλαμβανόμενα άλματα με φορτία 30-50% της 1-ME. Ο συνήθης αριθμός των σετ που εκτελούνταν κατά τη διάρκεια της προπόνησης κυμαίνονταν από 2-4 ανάλογα με την προπονητική μονάδα και τη θέση της στον αγωνιστικό μικρόκυκλο. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό η επίδραση του ενός μόνο σετ με το χαμηλό φορτίο να μην ήταν

αρκετή ώστε να πριμοδοτήσει την απόδοση των αθλητών λόγω της εξοικείωσης που ήδη είχαν με μεγαλύτερο αριθμό σετ. Εξάλλου έχει ήδη διαπιστωθεί ότι η απόδοση στη δραστηριότητα που ακολουθεί την άσκηση-παρέμβαση επηρεάζεται σημαντικά από το συνδυασμό παραμέτρων μεταξύ των οποίων κυρίαρχη θέση κατέχουν το προπονητικό επίπεδο, η ένταση της άσκησης, ο προπονητικός όγκος της άσκησης-παρέμβασης και ο χρόνος αποκατάστασης που ακολουθεί (French et al., 2003; Tillin, & Bishop, 2009). Ενδέχεται λοιπόν όπως βρέθηκε ότι υπάρχει μια βέλτιστη τιμή να υπάρχει αντίστοιχα και ένα κατώφλι προπονητικού όγκου προκειμένου η άσκηση-παρέμβαση να συνεισφέρει στην απόδοση. Στη μελέτη του Smilios και συν. (2005) οι δοκιμαζόμενοι ήταν χαμηλότερου προπονητικού επιπέδου από ότι οι δοκιμαζόμενοι της παρούσης μελέτης. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό το κατώφλι του προπονητικού όγκου που ήταν απαραίτητο για την βελτίωση της απόδοσης των τελευταίων να ήταν υψηλότερο από το αντίστοιχο όσων μετείχαν στη μελέτη του Smilios και συν. (2005).

Ωστόσο παρότι στη 2<sup>η</sup> μελέτη της παρούσης διατριβής μετά από την εκτέλεση των αλμάτων με το χαμηλό φορτίο η απόδοση δεν μεταβλήθηκε ως προς την τιμή που είχε μετά από την προθέρμανση, η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του τετρακέφαλου μηριαίου αυξήθηκε. Η αύξηση αυτή ήταν σημαντική μετά από το 5<sup>ο</sup> min ενώ κορυφώθηκε στο 7<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης και μπορεί να αποδοθεί στο βαλλιστικό χαρακτήρα της άσκησης και στην υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης της. Η ασυμφωνία μεταξύ απόδοσης και ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας είναι πολύ πιθανό να οφείλονταν στο φορτίο του οποίου το χαμηλό μέγεθος ίσως να μην ήταν αρκετό για την ενεργοποίηση των μεγάλων κινητικών μονάδων οι οποίες θα μπορούσαν να αποδώσουν υψηλότερες τιμές δύναμης και ισχύος. Φαίνεται λοιπόν ότι η αύξηση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας οφείλονταν κυρίως σε αύξηση της ενεργοποίησης των μικρών κινητικών μονάδων οι οποίες αν και συνεισέφεραν στην απόδοση δεν κατάφεραν να την βελτιώσουν σημαντικά. Εξάλλου δεν μπορεί να θεωρηθεί τυχαίο το γεγονός ότι παρότι κατά το 7<sup>ο</sup> min της αποκατάστασης η απόδοση παρουσίασε απλώς τάση ανόδου ως προς την αρχική μέτρηση (3,1%) αυξήθηκε σημαντικά ως προς τη τιμή που είχε μετά από την άσκηση με το μηδενικό φορτίο (8,2%). Είναι μάλιστα αξιοσημείωτο ότι υψηλότερες τιμές της κατεγράφησαν στα ίδια χρονικά σημεία που κατεγράφησαν οι αντίστοιχες τιμές της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του τετρακεφάλου. Βέβαια όπως έχει αναφερθεί η όποια πριμοδότηση της απόδοσης των σκελετικών μυών ως

συνέπεια της προηγηθείσας δραστηριότητας τους είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας μηχανισμών που δραστηριοποιούνται τόσο στη σπονδυλική στήλη όσο και εντός του μυϊκού κυττάρου. Έτσι ενώ με την καταγραφή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας αξιολογείται με σχετική ασφάλεια η δραστηριοποίηση του πρώτου εξ αυτών παραμένει άγνωστη η δραστηριοποίηση και ο βαθμός συνεισφοράς του τελευταίου. Είναι λοιπόν πολύ πιθανό το ερέθισμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη να ήταν ανεπαρκές για την πλήρη δραστηριοποίηση του μυογενούς μηχανισμού παραγωγής ασκησιογενούς υπερενεργοποίησης με συνέπεια να έχει μειωμένη συνεισφορά στην απόδοση. Πιθανόν για τους ίδιους λόγους να μην υπήρξαν σημαντικές μεταβολές στην απόδοση ακόμα και όταν κατά τη διάρκεια της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε το φορτίο με το οποίο αποδίδονταν η μέγιστη ισχύς. Εν κατακλείδι η παρούσα διατριβή έδειξε ότι όταν στα πλαίσια της βαλλιστικής προπόνησης προπονημένων ατόμων 1 σετ αλμάτων με πρόσθετο φορτίο εναλλάσσεται με 1 σετ αλμάτων δίχως φορτίο η απόδοση στα τελευταία αυξάνεται σημαντικά εάν τα προηγούμενα εκτελούνται με υπομέγιστο ή χαμηλό φορτίο και το μεταξύ τους διάλειμμα είναι 5 min και 7 min, αντίστοιχα.

Ωστόσο δεν φάνηκε να ισχύει ακριβώς το ίδιο όταν η προπόνηση αφορούσε το άνω μέρος του σώματος και οι δοκιμαζόμενοι ήταν έφηβοι πετοσφαιριστές. Στην περίπτωση αυτή διαπιστώθηκε ότι η μυϊκή ισχύς που παράγεται κατά την εκτέλεση ενός σετ βαλλιστικών πιέσεων πάγκου με χαμηλό φορτίο (30% της 1-ME) αυξάνεται σημαντικά εάν 3-5 min πριν εκτελεσθεί ένα αντίστοιχο σετ με μέτριο φορτίο (60% της 1-ME). Επιπλέον φάνηκε ότι το μέγεθος της εν λόγω αύξησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σχετική δύναμη των αθλητών. Η διαφορετική ανταπόκριση του κάτω σε σχέση με το άνω μέρος του σώματος μετά από βαλλιστική άσκηση με περίπου ίδιο φορτίο (52% και 60% της 1-ME, αντίστοιχα) πιθανά οφείλεται στη διαφορετική μεθοδολογική προσέγγιση των σχετικών μελετών αλλά και στο ενδεχόμενο οι προϋποθέσεις της άσκησης για την άμεση αύξηση της ισχύος στο άνω μέρος του σώματος να διαφέρουν από αυτές στο κάτω. Εξάλλου έχει διαπιστωθεί ότι στην περίπτωση που η προπόνηση με αντιστάσεις στοχεύει στη μυϊκή υπερτροφία η ανταπόκριση των κάτω άκρων διαφέρει από αυτή των άνω (Abe et al., 2000; Cureton et al., 1988).

Τα προαναφερόμενα ευρήματα αφήνουν αναπάντητα ερωτήματα σχετικά με το ποια θα μπορούσε να είναι η επίδραση της βαλλιστικής προπόνησης εάν περιελάμβανε περισσότερα από δύο σετ τα οποία εκτελούνται με υπομέγιστα ή



χαμηλά φορτία ή με εναλλαγή υπομέγιστων με χαμηλά φορτία από σετ σε σετ. Η παρούσα διατριβή έδειξε ότι απόδοση βελτιώθηκε μόνον όταν τα φορτία που χρησιμοποιήθηκαν στην προπόνηση εναλλάσσονταν από σετ σε σετ με τρόπον ώστε το υπομέγιστο να προηγείται του χαμηλού. Μάλιστα, ενώ η αύξηση της απόδοσης επήλθε αμέσως μετά από την εκτέλεση του 1<sup>ου</sup> σετ με το υπομέγιστο φορτίο, κορυφώθηκε μετά από την εκτέλεση του 2<sup>ου</sup> σετ φθάνοντας το 7,3%. Στην περίπτωση αυτή η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω πλατύ μηριαίου μυ παρουσίασε αύξηση που μετά από την εκτέλεση του 2<sup>ου</sup> σετ με το υπομέγιστο φορτίο έφτασε το 10%. Επίσης ήταν αξιοσημείωτο ότι οι τιμές της απόδοσης και της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας υπερείχαν σημαντικά και από τις αντίστοιχες τιμές της βαλλιστικής προπόνησης με τα σταθερά χαμηλά φορτία. Όταν τα φορτία που χρησιμοποιήθηκαν στην προπόνηση ήταν σταθερά υπομέγιστα ή χαμηλά ή ακόμα εναλλάσσονταν από σετ σε σετ με τρόπον ώστε το χαμηλό να προηγείται του υπομέγιστου δε διαπιστώθηκαν μεταβολές.

Αν και σύμφωνα με την επικρατούσα άποψη παρόμοιες μεταβολές είναι εφικτές μόνο όταν κατά την προπόνηση εναλλάσσονται τα υψηλά με χαμηλά φορτία τελευταία έχει βρεθεί ότι όταν ο στόχος της προπόνησης είναι η πρόκληση νευρομυϊκής ενεργοποίησης αρκεί η άσκηση που προηγείται να εκτελείται με φορτίο που απλώς είναι σημαντικά υψηλότερο από εκείνο με το οποίο εκτελείται η άσκηση που ακολουθεί (Baker, 2001). Στην προκείμενη περίπτωση το υπομέγιστο φορτίο που χρησιμοποιήθηκε κατά την αντιθετική προπόνηση ήταν διπλάσιο του χαμηλού (70% έναντι 36% της 1-ME) γεγονός που ήταν σε απόλυτη συμφωνία με τη θέση του Baker (2003) ότι μια ανάλογη αντίθεση αρκεί για τη διέγερση του νευρομυϊκού συστήματος και την αύξηση της απόδοσης. Ως εκ τούτου η βαλλιστική προπόνηση με χαμηλά και υπομέγιστα φορτία μπορεί να διεγείρει το νευρομυϊκό σύστημα βελτιώνοντας άμεσα την αποδοτικότητά του μόνον όταν έχει αντιθετικό χαρακτήρα και τα φορτία που χρησιμοποιούνται εναλλάσσονται από σετ σε σετ με τρόπον ώστε τα υπομέγιστα να προηγούνται των χαμηλών. Σε κάθε άλλη περίπτωση η βαλλιστική προπόνηση μειονεκτεί ποιοτικά δίχως ωστόσο να επηρεάζει αρνητικά την απόδοση.

## V. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η προσθήκη δυναμικής άσκησης με ελαφρά έως μέτρια φορτία στη γενική προθέρμανση αθλητών μετρίου προπονητικού επιπέδου επιδρά θετικά στο νευρομυϊκό τους σύστημα αυξάνοντας την επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση.
- Κατά τη διάρκεια της αντιθετικής προπόνησης η οποία περιλαμβάνει εναλλαγή ασκήσεων με μέτρια ή υψηλά φορτία και κατακόρυφα άλματα, το νευρομυϊκό σύστημα των αθλητών μετρίου προπονητικού επιπέδου ανταποκρίνεται παρόμοια.
- Η αντιθετική προπόνηση των εν λόγω ατόμων η οποία περιλαμβάνει εναλλαγή ασκήσεων με μέτρια ή υψηλά φορτία και κατακόρυφα άλματα, διεγείρει το νευρομυϊκό τους σύστημα αυξάνοντας την αποδοτικότητα του μόνον όταν περιλαμβάνει έως 2 ενότητες.
- Ένα σετ βαλλιστικής άσκησης με χαμηλό ή υπομέγιστο φορτίο είναι σε θέση να διεγείρει σημαντικά το νευρομυϊκό σύστημα των προπονημένων αθλητών. Η ενεργοποίηση αυτή έχει πρακτική αξία διότι συνοδεύεται από σημαντική αύξηση της επίδοσης σε μια σειρά επαναλαμβανόμενων αλμάτων δίχως πρόσθετο φορτίο. Ωστόσο βασική προϋπόθεση για την επίτευξη των παραπάνω αποτελεί ο χρόνος αποκατάστασης ο οποίος παρεμβάλλεται μεταξύ των ασκήσεων και πρέπει να είναι 5 και 7 min, αντίστοιχα.
- Ένα σετ βαλλιστικής άσκησης των άνω άκρων με μέτριο φορτίο είναι σε θέση να αυξήσει την επίδοση εφήβων αθλητών σε μια αντίστοιχη με χαμηλό φορτίο όταν ο χρόνος αποκατάστασης ο οποίος παρεμβάλλεται μεταξύ των ασκήσεων είναι 3-5 min.
- Η βαλλιστική προπόνηση με χαμηλά και υπομέγιστα φορτία είναι σε θέση να διεγείρει το νευρομυϊκό σύστημα και να βελτιώσει την απόδοση των προπονημένων αθλητών μόνον όταν έχει αντιθετικό χαρακτήρα και τα φορτία που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεσή της εναλλάσσονται από σετ σε σετ με τρόπον ώστε το «βαρύ» να προηγείται του «ελαφρού». Σε κάθε άλλη περίπτωση η

βαλλιστική προπόνηση μειονεκτεί ποιοτικά δίχως ωστόσο να επηρεάζει αρνητικά την απόδοση.

*Προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.* Κατά την εκπόνηση της παρούσας διατριβής προέκυψε σειρά ερωτημάτων που θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενα μελλοντικών ερευνών. Ως εκ τούτου θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί :

- Η επίδραση του αριθμού των ενοτήτων και του φορτίου κατά την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αλμάτων με φορτίο, στην ισχύ των κάτω άκρων κατά την εκτέλεση αλμάτων με ταλάντευση δίχως φορτίο σε άτομα διαφορετικού φύλου και προπονητικού επιπέδου.
- Η επίδραση του αριθμού των ενοτήτων και του φορτίου κατά την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων αλμάτων με φορτίο, στην ισχύ των κάτω άκρων κατά την εκτέλεση αλμάτων πτώσης από το βέλτιστο ύψος σε άτομα διαφορετικού φύλου και προπονητικού επιπέδου.
- Η επίδραση του χρόνου του διαλείμματος μεταξύ ενός σετ βαλλιστικής άσκησης που εκτελείται με διαφορετικά φορτία αλλά ισοσταθμισμένο όγκο στην ισχύ που παράγεται κατά την εκτέλεση της πλειομετρικής άσκησης δίχως πρόσθετο φορτίο που ακολουθεί.
- Η επίδραση του χρόνου του διαλείμματος εντός και μεταξύ δύο ενοτήτων αντιθετικής προπόνησης στις οποίες συνδυάζονται 1 σετ βαλλιστικής άσκησης με πρόσθετο φορτίο με 1 σετ πλειομετρικής άσκησης δίχως πρόσθετο φορτίο, στην ισχύ που παράγεται κατά την εκτέλεση της τελευταίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abe, T., DeHoyes, D.V. & Pollock M.L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 174–180.
- Allen, G.D., Lannergren, J. & Westerblad, H. (1995). Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. *Experimental Physiology*, 80, 497-527.
- Babault, N., Desbrosses, K., Fabre M.S., Michaut., A. & Pousson, M. (2006). Neuromuscular fatigue development during maximal concentric and isometric knee extensions. *Journal of Applied Physiology*, 100, 780-785.
- Baker, D. (2001). A Series of Studies on the Training of High-Intensity Muscle Power in Rugby League Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 198-209.
- Baker, D. (2003). Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 493-497.
- Batista, M., Ugrinowitsch, C., Roschel H., Lotufo., R., Ricard, M. & Tricoli, V. (2007). Intermittent exercise as a conditioning activity to induce postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 837-840.
- Baudry, S. & Duchateau, J. (2007). Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the load-velocity relation of titanic and voluntary shortening contractions. *Journal of Applied Physiology*, 103, 1318-1325.

- Bevan, H.R., Owen, N.J., Cunningham, D.J., Kingsley, M.I. & Kilduff, L. (2009). Complex training in professional rugby players: Influence of recovery time on upper-body power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1780-1785.
- Bishop, P., Jones, E. & Woods, K. (2008). Recovery from training: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 1015-1024.
- Bobbert, M., Huijing, P. & Van Ingen Schenau, J.G. (1987). Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(4), 332-338.
- Bobbert, M. & Van Ingen Schenau, J.G. (1988). Co-ordination in vertical jumping. *Journal of Biomechanics*, 21, 249-262.
- Bosco, C., Luhtanen P. & Komi P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 51, 129-135.
- Burkett, L., Phillips, W. & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 673-676.
- Caterisano, A., Moss, R., Pellingier, T., Woodruff, K., Lewis, V., Booth, W. & Khadra, T. (2002). The effect of back squat depth on the Emg activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(3), 428-432.
- Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Giannakos A., Alexiou., K., Patikas, D., Antonopoulos, C. & Kotzamanidis, C. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1278-1281.

- Chiu, L., Fry, A., Weiss L., Schilling., B., Brown, L. & Smith, S. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671-677.
- Chu, D.A. (1996). *Explosive Power and Strength: Complex training for Maximum Results*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Clark, R., Bryant, A. & Reaburn, P. (2006). The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 162-166.
- Comyns, T., Harrison, A., Hennessy L. & Jensen, R. (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 471-476.
- Comyns, T., Harrison, A., Hennessy L. & Jensen, R. (2007). Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players. *Sports Biomechanics*, 6(1), 59-70.
- Cox, J.A., Comte, M., Fitton, J. & DeGrado, W. (1985). The interaction of calmodulin with amphiphilic peptides. *Journal of biological chemistry*, 260, 2527-2534.
- Crone, C. & Nielsen, J. (1989). Methodological implications of the post activation depression of the soleus H-reflex in man. *Experimental Brain Research*, 78(1), 28-32.
- Cureton, K. J., Collins, M.A., Hill, D.W. & McElhannon, F.M. (1988). Muscle hypertrophy in men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 338-344.
- Γελαδάς, Ν. (2001). Συστήματα Βιολογικού Ελέγχου. Μυς. Στο Ν. Γελαδάς, Μ. Τσακόπουλος (Eds), *Φυσιολογία του ανθρώπου. Μηχανισμοί της λειτουργίας του οργανισμού*, (σελ. 405-455). Αθήνα: Π.Χ. Πασχαλίδης.

- Davis, M., Bailey, P. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(1), 45-57.
- DeLuca, C. J., Foley, P.J. & Erim, Z. (1996). Motor unit control properties in constant-force isometric contractions. *Journal of Neurophysiology*, 76, 1503-1516.
- Desmedt, J.E. & Godaux, E. (1977). Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *The Journal of Physiology*, 264, 673-693.
- Duchateau, J., Semmler, J. & Enoka, R. (2006). Training adaptations in the behavior of human motor units. *Journal of Applied Physiology*, 101, 1766-1775.
- Ebben, W. & Watts, P. (1998). A Review of Combined Weight Training and Plyometric Training Modes: Complex Training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 20(5), 18-27.
- Ebben, W., Jensen, R. & Blackard, D. (2000). Electromyographic and kinetic analysis of complex training variables. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 451-456.
- Ebben, W. (2006). A brief review of concurrent activation potentiation: theoretical and practical constructs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 985-991.
- Enoka, R., Hutton, R.S., Eldred, E. (1980). Changes in excitability of tendon tap and Hoffmann reflexes following voluntary contractions. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 46(6), 664-672.
- Farina, D., Arendt-Nielsen, L., & Graven-Nielsen, T. (2005). Spike-triggered average torque and muscle fiber conduction velocity of low-threshold motor units following submaximal endurance contractions. *Journal of Applied Physiology*, 98, 1495-1502.

- Feiereisen, P., Duchateau, J. & Hainaut, K. (1997). Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in the tibialis anterior. *Experimental Brain Research*, 114, 114-123.
- Fleck, S. & Kontor, K. (1986). Complex training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 8, 66-69.
- Folland, J. & Williams, A. (2007). The Adaptations to Strength Training. Morphological and Neurological Contributions to increased Strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168.
- Folland, J., Tomoyoshi, W., Fimland, M. (2008). The influence of maximal isometric activity on twitch and H-reflex potentiation, and quadriceps femoris performance. *European Journal of Applied Physiology*, 104, 739-748.
- Fowles, J.R. & Green, H.J. (2003). Coexistence of potentiation and low-frequency fatigue during voluntary exercise in human skeletal muscle. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 81, 1092-1100.
- French, D., Kraemer, W. & Cooke, C. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 678-685.
- Fukunaga, T., Ichinose, Y., Masamitsu, I., Kawakami, Y. & Fukashiro, S. (1997). Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 82(1), 354-358.
- Gandevia, C.S. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725-1789.
- Gilbert, G. & Lees, A. (1997). Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics*, 48, 1576-1584.



- Gonzalez-Rave, M.J., Machado, L., Navarro-Valdivielso, F. & Vilas-Boas, J.P. (2009). Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy-load plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 472-479.
- Gossen, E. & Sale, D. (2000). Effect of Postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 524-530.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mayromatis, G. & Garas, A. (2003). Effect of a Submaximal Half-Squats Warm-up Program on Vertical Jumping Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 342-344.
- Guillich, A. & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 11(4), 67-81.
- Hamada, T., Sale, D., MacDougall, D.J. & Tarnopolsky, M. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 88, 2131-2137.
- Hamada, T., Sale, D. & MacDougall, D.J. (2000). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(3), 403-411.
- Hanson, E., Leigh, S. & Mynark, R. (2007). Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1012-1017.
- Henneman, E., Somjen, G., Carpenter, D.O. (1965). Excitability and inhibability of motoneurons of different sizes. *Journal of Neurophysiology*, 28(3), 599-620.
- Hermens, H., Frerics, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., Raw, G., Disselhorst-Klug, C., Hagg, G. (1999) European recommendations for surface electromyography: SENIAM.

- Hodgson, M., Docherty, D. & Robbins, D. (2005). Postactivation potentiation. Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.
- Hrysomallis, C. & Kidgell, D. (2001). Effect of heavy dynamic resistive exercise on acute upper-body power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 426-430.
- Hugon, M. (1973). Methodology of the Hoffmann reflex in man. In J.E. Desmedt (Edt), *New developments in electromyography and clinical neurophysiology*, (pp. 3277-3293). Basel: Karger.
- Hultborn, H., Illert, M., Nielsen, J., Paul, A., Ballegaard, M., Wiese, H. (1996). On the mechanism of the post-activation depression of the H-reflex in human subjects. *Experimental Brain Research*, 108(3), 450-462.
- Hultman, E., Bergstrom, J. & McLennan-Anderson, N. (1967). Breakdown and resynthesis of phosphorylcreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 19(1), 56-66.
- Isear, J., Erickson, J., Worrell, T. (1997). EMG analysis of lower extremity muscle recruitment patterns during an unloaded squat. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(4), 532-539.
- Jackson, A. & Pollock, M. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *The British Journal of Nutrition*, 40(3), 497-504.
- Jensen, R. & Ebben, W. (2003). Kinetic Analysis of Complex Training Rest Interval Effect on Vertical Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-349.

- Jones, P. & Lees, A. (2003). A Biomechanical Analysis of the Acute Effects of Complex Training Using Lower Limb Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 694-700.
- Kilduff, L., Bevan, H., Kingsley, M., Owen, N., Bennett, M., Bunce, P., Hore, A., Maw, J. & Cunningham, D. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1134-1138.
- Koch, A., O'Bryant, H., Stone, M., Sanborn, K., Proulx, C., Hruby, J., Shannonhouse, E., Boros, R. & Stone, M. (2003). Effect of warm-up on the standing broad jump in trained and untrained men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 710-714.
- Klug, G.A., Botterman, B.R. & Stull, J.T. (1982). The effect of low frequency stimulation on myosin light chain phosphorylation in skeletal muscle. *Journal of Biological Chemistry*, 257, 4688-4690.
- Kugelberg, E. & Thornell, L.E. (1983). Contraction time, histochemical type, and terminal cisternae volume of rat motor units. *Muscle Nerve*, 6(2), 149-153.
- Loscher, W.N., Cresswell, A.G. & Thorstensson, A. (1996). Excitatory drive to the motoneuron pool during a fatiguing submaximal contraction in man. *Journal of Physiology*, 491.1, 271-280.
- MacDougall, D. (2003). Hypertrophy and Hyperplasia. In P. V. Komi (Edt), *Strength and Power in Sport*, (pp. 252-264). Oxford: Blackwell Science.
- Maffiuletti, N., Pensini, M. & Martin, A. (2002). Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *Journal of Applied Physiology*, 92, 1383-1392.
- Mahlfeld, K., Franke, J., Awiszus, F. (2004). Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle Nerve*, 29(4), 597-600.

- MacIntosh, B.R. & Rassier, D. (2002). What is fatigue. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27(1), 42-55.
- Malina, R.M. & Bouchard, C. (1991). *Growth, Maturation, and Physical Activity*. Champaign: Human Kinetics.
- Manning, D.R. & Stull, J.T. (1979). Myosin light chain phosphorylation and phosphorylase activity in rat extensor digitorum longus muscle. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 90, 164-170.
- Manning, D.R. & Stull, J.T. (1982). Myosin light chain phosphorylation-dephosphorylation in mammalian skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 242, 234-241.
- Metzger, J., Greaser, M. & Moss, R. (1989). Variations in cross-bridge attachment rate and tension with phosphorylation of myosin in mammalian skinned skeletal muscle fibers. Implications for twitch potentiation in intact muscle *The Journal of General Physiology*, 93, 855-883.
- Misiaszek, J.E. (2003). The H-reflex as a tool in neurophysiology: its limitations and uses in understanding nervous system function. *Muscle Nerve*, 28(2), 144-160.
- Moore, R.L. & Stull, J.T. (1984). Myosin light chain phosphorylation in fast and slow skeletal muscle in situ. *American Journal of Physiology*, 247, 462-471.
- Moore, M. & Kukulka, C. (1991). Depression of Hoffmann Reflexes Following Voluntary Contraction and Implications for Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Therapy. *Physical Therapy*, 71(4), 321-329.
- Moritani, T. (2003). Motor Unit and Motoneurone Excitability during Explosive Movement. In P. V. Komi (Edt), *Strength and Power in Sport*, (pp. 27-49). Oxford: Blackwell Science.

- Nardone, A., Romano, C. & Schieppati, M. (1989). Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. *Journal of Physiology*, 409, 451-471.
- Newton, R. & Kraemer, W. (1994). Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 16(5), 20-31.
- O'Leary, D., Hope, K. & Sale, D. (1998). Influence of gender on post-tetanic potentiation in human dorsiflexors. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 76, 772-779.
- Oskouei, A. & Herzog, W. (2005). Observations on force enhancement in submaximal voluntary contractions of human adductor pollicis muscle. *Journal of Applied Physiology*, 98, 2087-2095.
- Paasuke, M., Saapar, L., Ereline, J., Capeyeva, H., Requena, B., Oopik, V. (2007). Postactivation potentiation of knee extensor muscles in power- and endurance-trained, and untrained women. *European Journal of Applied Physiology*, 101, 577-585.
- Persechini, A., Stull, J.T. & Cooke, R. (1985). The effect of myosin phosphorylation on the contractile properties of skinned rabbit skeletal muscle fibers. *Journal of Biological Chemistry*, 260, 7951-7954.
- Radcliffe, J.C. & Radcliffe, J.L. (1996). Effects of different warm-up protocols on peak power output during a single response jump task. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(5), 189.
- Rassier, D. & MacIntosh, B.R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33, 499-508.

- Requena, B., Capeyeva, H., Garcia, I., Ereline, J., Paasuke, M. (2008). Twitch potentiation after voluntary versus electrically induced isometric contractions in human knee extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 104, 463-472.
- Rixon, K., Lamont, H. & Bembem, M. (2007). Influence of type of muscle contraction and lifting experience on Postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 500-505.
- Robbins, D. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453-458.
- Robertson, D.J., Fleming, D. (1987). Kinetics of standing broad and vertical jumping. *Canadian Journal of Sport Science*, 12(1), 19-23.
- Sale, D. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), S135-S145.
- Sale, D. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143.
- Scott, S. & Docherty, D. (2004). Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 201-205.
- Sloan, A. & Weir, J. (1970). Nomograms for prediction of body density and total body fat from Skinfold measurements. *Journal of Applied Physiology*, 28(2), 221-222.
- Smilios, I., Pilianidis, T., Sotiropoulos, K., Antonakis, M. & Tokmakidis, S. (2005). Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 135-139.

- Sotiropoulos, K., Smilios, I., Christou, M., Barzouka, K., Spaias, A., Douda, H. & Tokmakidis S.P. (2010). Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 326-331.
- Stull, J.T., Nunnally, M., Moore, R. & Blumenthal, D. (1985). Myosin light chain kinases and myosin phosphorylation in skeletal muscle. *Advances in enzyme regulation*, 23, 123-140.
- Sweeney, H. & Stull, J. (1990). Alteration of cross-bridge kinetics by myosin light chain phosphorylation in rabbit skeletal muscle: Implications for regulation of actin-myosin interaction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 87(1), 414-418.
- Sweeney, H., Bowman, B. & Stull, J. (1993). Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. *The American Journal of Physiology*, 264, 1085-1095.
- Thompsen, A., Kackley, T., Palumbo, M. & Faigenbaum, A. (2007). Acute effects of different warm-up protocols with and without a weighted vest on jumping performance in athletic women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 52-56.
- Tillin, A. & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166.
- Trimble, M. & Harp, S. (1998). Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 933-941.
- Tubman, L., MacIntosh, B., Maki, W. (1996). Myosin light chain phosphorylation and posttetanic potentiation in fatigued skeletal muscle. *European Journal of Physiology*, 431, 882-887.

- Vandervoort, A., Quinlan, J. & McComas, A. (1983). Twitch potentiation after voluntary contraction. *Experimental Neurology*, 81, 141-152.
- Villarreal, E., Gonzalez-Badillo, J., Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology*, 100, 393-401.
- Weber, K., Brown, L., Coburn, J. & Zinder, S. (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 726-730.
- Young, W. (1993). Training for speed/strength: Heavy vs light loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(5), 34-42.
- Young, W., Jenner, A. & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 82-84.
- Verhoshansky, Y. (1986). Speed-strength preparation and development of strength endurance of athletes in various specializations. *Soviet Sports Reviews*, 21(3), 120-124.