

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ  
ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ ΜΕ ΒΑΡΗ ΣΤΙΣ ΟΡΜΟΝΙΚΕΣ ΚΑΙ  
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

ΤΟΥ  
Μάριου Χρίστου

Διδακτορική Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική  
εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του διδακτορικού τίτλου σπουδών  
του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα  
Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του  
Δημοκρίτειου Παν / μίου Θράκης και του Παν / Θεσσαλίας.

Κομοτηνή  
2007

Εγκεκριμένο από το καθηγητικό σώμα:

---

1<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Πυλιανίδης Θεόφιλος, Επίκουρος Καθηγητής

---

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

---

3<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Γούργουλης Βασίλης, Επίκουρος Καθηγητής

---



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

Αριθ. Εισ.: 6467/1  
Ημερ. Εισ.: 18/08/2008  
Δωρεά:  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
796.410 72  
ΧΡΙ



## ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Πυλιανίδης Θεόφιλος, Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΦΑΑ - ΔΠΘ

Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής ΤΕΦΑΑ, ΔΠΘ.

Γούργουλης Βασίλης, Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΦΑΑ – ΔΠΘ

Ταξιλδάρης Κυριάκος, Καθηγητής ΤΕΦΑΑ – ΔΠΘ

Κιουμουρτζόγλου Ευθύμιος, Καθηγητής ΤΕΦΑΑ – ΔΠΘ

Λαπαρίδης Κώστας, Αναπληρωτής Καθηγητής ΤΕΦΑΑ – ΔΠΘ

Δούδα Ελένη, Επίκουρος Καθηγήτρια ΤΕΦΑΑ – ΔΠΘ

Η παρούσα Διδακτορική διατριβή υποστηρίχθηκε από το Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης (ΕΠΕΑΕΚ) στα πλαίσια χρηματοδότησης πράξεων

**«ΗΡΑΚΛΕΙΤΟΣ: ΥΠΟΤΡΟΦΙΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ  
ΜΕ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΒΑΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ »**

### ΜΕΤΡΟ 2.2

«Αναμόρφωση Προγραμμάτων Σπουδών – Διεύρυνση Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης»

### Ενέργεια 2.2.3

«Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών - Έρευνα - Υποτροφίες»

### Κατηγορία Πράξεων 2.2.3.β.

«Υποτροφίες Έρευνας με προτεραιότητα στη Βασική Έρευνα»



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΜΟΣΗ  
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



**Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ**  
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Εκπαίδευσης και Αρχικής  
Επαγγελματικής Κατάρτισης

© 2007  
Μάριος Χρίστου  
ALL RIGHTS RESERVED

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μάριος Χρίστου: Επίδραση της ισχύος με διαφοροποίηση της ταχύτητας εκτέλεσης κατά την άσκηση με βάρη στις ορμονικές και φυσιολογικές ανταποκρίσεις του οργανισμού

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

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν να εξετάσει την επίδραση της παραγόμενης μηχανικής ισχύος, με τη χρήση διαφορετικών φορτίων και ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων στη συγκέντρωση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης (hGH) και της κορτιζόλης. Επιπρόσθετα, να εξετάσει την επίδραση της αντιθετικής μεθόδου προπόνησης με τη χρήση δύο φορτίων στις ορμονικές ανταποκρίσεις κατά την πρώτη και την τελευταία προπόνηση ενός παρεμβατικού προγράμματος με στόχο τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος. Δέκα άνδρες (ηλικίας:  $20,6 \pm 1,1$  ετών) εκτέλεσαν ένα πρόγραμμα άσκησης με βάρη τρεις φορές: i) με το φορτίο της μέγιστης ισχύος (MI, 48-60% της 1ME), ii) στο 90% της μέγιστης ισχύος με υψηλό φορτίο (90%MI-ΥΦ, 68-80% της 1ME) και iii) στο 90% της μέγιστης ισχύος (90%MI-ΕΦ, 30-38% της 1ME) με μικρό φορτίο. Για τον έλεγχο της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων, οι ίδιοι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τις πιο πάνω συνθήκες με υπομέγιστη ταχύτητα (70% της μέγιστης) iv) 70%V-MI, v) 70%V-90%MI-ΥΦ και vi) 70%V-90%MI-ΕΦ. Η ολική τεστοστερόνη μετά την εκτέλεση του προγράμματος MI και του 90%MI-ΥΦ ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) σε σχέση με το πρόγραμμα 90%MI-ΕΦ και τη συνθήκη ελέγχου. Η ελεύθερη τεστοστερόνη αυξήθηκε ( $p < 0,05$ ) συγκριτικά με τις τιμές ηρεμίας μόνο με την εκτέλεση του προγράμματος MI. Η ολική τεστοστερόνη ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) στο πρόγραμμα 90%MI-ΥΦ συγκριτικά με το 70%V-90%MI-ΥΦ και τη συνθήκη ελέγχου. Μετά την εκτέλεση των MI και 70%V-MI βρέθηκε παρόμοια αύξηση στην ολική τεστοστερόνη και διέφεραν ( $p < 0,05$ ) συγκριτικά με τη συνθήκη ελέγχου.

Δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ όλων των προγραμμάτων που εκτελέστηκαν στην ελεύθερη τεστοστερόνη, την GH και την κορτιζόλη. Για τον έλεγχο της αντιθετικής μεθόδου προπόνησης, είκοσι έξι άνδρες ( $21,4 \pm 1,5$  έτη) χωρίστηκαν τυχαία σε μια Ομάδα Υψηλού Φορτίου (ΟΥΦ) και μια Ομάδα Μέγιστης Ισχύος (ΟΜΙ). Η ΟΥΦ εκτέλεσε ημικαθίσματα με υψηλό φορτίο (90% της 1ΜΕ) και επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς φορτίο, με εναλλαγή στη σειρά εκτέλεσης. Η ΟΜΙ εκτέλεσε άλματα με το φορτίο με το οποίο επιτυγχανόταν η μέγιστη ισχύς (47,5-54,5% της 1ΜΕ) και επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς φορτίο, με εναλλαγή στη σειρά εκτέλεσης. Το πρόγραμμα είχε διάρκεια 6 εβδομάδες και συχνότητα εκτέλεσης 2 φορές την εβδομάδα. Οι συγκεντρώσεις στην κυκλοφορία της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης, της κορτιζόλης και του γαλακτικού μετρήθηκαν μετά την πρώτη και τελευταία προπόνηση. Μετά την πρώτη προπόνηση η ολική τεστοστερόνη αυξήθηκε ( $p < 0,05$ ) μόνο στη ΟΥΦ ενώ μετά την τελευταία προπόνηση μόνο στην ΟΜΙ. Δεν βρέθηκαν διαφορές στην μεταβολή της ολικής τεστοστερόνης μεταξύ των ομάδων. Η ελεύθερη τεστοστερόνη δεν μεταβλήθηκε σημαντικά σε καμία από τις δύο ομάδες, αλλά ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) στην ΟΜΙ συγκριτικά με την ΟΥΦ κατά την τελευταία προπόνηση. Η hGH ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) στην τελευταία προπόνηση συγκριτικά με την πρώτη προπόνηση στην ΟΜΙ χωρίς να παρουσιάζονται διαφορές μεταξύ των ομάδων. Μετά την πρώτη προπόνηση η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) στην ΟΥΦ συγκριτικά με τη ΟΜΙ, ενώ μετά την τελευταία προπόνηση ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) στη ΟΜΙ συγκριτικά με τη ΟΥΦ. Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής δείχνουν ότι η μεταβολή της παραγόμενης ισχύος είτε με τη χρήση διαφορετικών φορτίων είτε με τη μεταβολή της ταχύτητας εκτέλεσης επηρεάζει την ανταπόκριση της τεστοστερόνης. Επιπλέον, ένα βραχυχρόνιο πρόγραμμα για τη ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος με τη χρήση της αντιθετικής μεθόδου μεταβάλλει την οξεία ορμονική ανταπόκριση ανάλογα με το φορτίο που χρησιμοποιείται.

**Λέξεις-Κλειδιά:** Προπόνηση με βάρη, ισχύς, ορμόνες

## ABSTRACT

Marios Christou: The effect of power output and the velocity of movement during strength training on hormonal and physiological responses  
(Under the supervision of Assistant Professor Pilianidis Theofilos)

The purpose this dissertation was to examine the effects of mechanical power output by using different loads and by changing the velocity of movement on serum total and free testosterone, growth hormone (hGH) and cortisol concentrations. In addition, to investigate the acute changes on hormonal concentrations after a contrast training session performed with a high and a moderate load at the beginning and at the end of a 6 week power training program. To examine the effect of power output, ten males ( $20.6 \pm 1$  yrs) performed an exercise protocol three times: i) with the load that maximized power output ( $P_{max}$ ; 48-60% of the 1-RM), ii) with the load at 90% of maximum power using a heavy load (90% $P_{max}$ -HL; 68-80% of the 1-RM), and iii) with the load at 90% of maximum power using a low load (90% $P_{max}$ -LL; 30-38% of the 1-RM). Furthermore, to investigate the effects of movement velocity the same subjects executed the same experimental protocols with sub-maximal speed of movement, 70% of maximal: iv) 70%V- $P_{max}$  v) 70%V-90% $P_{max}$ -HL, and vi) 70%V-90% $P_{max}$ -LL. Total testosterone following the  $P_{max}$  and the 90% $P_{max}$ -HL protocols was higher ( $p < 0,05$ ) compared to the 90% $P_{max}$ -LL protocol and the control session. Free testosterone increased ( $p < 0,05$ ) only after the  $P_{max}$  protocol. Total testosterone was higher ( $p < 0,05$ ) after 90% $P_{max}$ -HL compared to 70%V-90% $P_{max}$ -HL and the control session. The increase in total testosterone was similar after the  $P_{max}$  and the 70% $P_{max}$  protocols and was higher ( $p < 0,05$ ) compared to control session. No differences were observed between protocols in free testosterone, GH and cortisol. To investigate the effects of contrast training method, twenty-six men ( $21,4 \pm 1,5$  years) were randomly separated into a High Load Group (HLG) and a Maximum Power Group (MPG).

The HLG executed semi-squats with a high load (90% of 1-RM) and repeated jumps without load, in an alternating order. The MPG executed jump squats with the load that maximized mechanical power output (47.5 - 54.5% of 1-RM) and repeated jumps without load, in an alternating order. The program was performed 2 times per week for 6 weeks. Serum testosterone, free testosterone, GH, cortisol and lactate in blood were measured after the first and the last training sessions. The results indicated that after the first training session, total testosterone increased ( $p < 0,05$ ) only in HLG. In contrast, after the last training session only the MPG showed significant testosterone elevations ( $p < 0,05$ ). No differences were found between groups in testosterone responses. Free testosterone did not change at both groups but free testosterone for the MPG was higher ( $p < 0,05$ ) compared to the HLG after the last training session. GH increased ( $p < 0,05$ ) with exercise with no differences observed between groups. GH increases for the MPG were higher ( $p < 0,05$ ) after the last training session compared to the first training session. After the first training session the HLG had higher ( $p < 0,05$ ) cortisol concentrations than the MPG while after the last training session cortisol was higher ( $p < 0,05$ ) for the MPG compared to the HLG. Blood lactate was similar after the first and the last training sessions in both groups. In conclusion, the results of the present dissertation show that alterations in mechanical power output by using different loads or by changing the velocity of movement affects acute hormonal responses in a power training session. Furthermore, a short term contrast training program for the development of muscular power may alter acute hormonal responses depending on the load used for training.

**Key-words:** Strength training, power, hormones



---

*Στη Γεωργία  
και τη Δέσποινα*

---

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής κ.κ. Πυλιανίδα Θεόφιλο Επίκουρο Καθηγητή, Τοκμακίδη Σάββα Καθηγητή και Γούργουλη Βασίλη Επίκουρο Καθηγητή, για την επίβλεψη της εργασίας μου καθώς και για τις ουσιώδεις παρατηρήσεις και διορθώσεις τους. Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω το φίλο και συνάδελφο κ. Ηλία Σμήλιο, ως Επιστημονικό Συνεργάτη στο Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Δ.Π.Θ και την κ. Ελένη Δούδα Επίκουρο Καθηγήτρια για τη συνεργασία και τη μεγάλη βοήθεια που μου παρείχαν στην εκπόνηση της εργασίας μου. Ακόμη ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στους φίλους και συνεργάτες Σωτηρόπουλο Κωνσταντίνο και Σπαΐα Άγγελο για τη συνεργασία και την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν, που χωρίς αυτήν, η ολοκλήρωση της διατριβής θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη. Τέλος πιστεύω πως αξίζουν πολλές ευχαριστίες στα άτομα που συμμετείχαν στα ερευνητικά προγράμματα.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ABSTRACT.....	vii
ΑΦΙΕΡΩΣΗ.....	iii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	viii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xiv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xvi
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
Ερευνητική προσέγγιση και προσδιορισμός του προβλήματος.....	1
Σκοπό.....	6
Ερευνητικές υποθέσεις.....	7
Μηδενικές υποθέσεις.....	8
Όρια και περιορισμοί.....	9
Λειτουργικοί ορισμοί.....	10
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	12
Ενδοκρινικό σύστημα.....	12
Ορμόνες.....	13
Κατηγορίες ορμονών.....	14
Αμινορμόνες.....	14
Θυροειδικές ορμόνες.....	14
Κατεχολαμίνες.....	15
Πεπτιδικές ορμόνες.....	16
Αυξητική ορμόνη (GH).....	17
Ινσουλινομιμητικός αυξητικός παράγοντας I (IGF-I).....	18
Στεροειδείς ορμόνες.....	20
Γλυκοκορτικοειδή.....	20
Κορτιζόλη.....	20
Κορτικοτροπίνη ή Φλοιοτρόπος ορμόνη (ACTH).....	23
Αλατοκορτικοειδή.....	23
Ανδρογόνα.....	24
Τεστοστερόνη.....	24
Ωχρινοτροπίνη ή γοναδοτροπίνη (LH).....	24
Βιολογικά ενεργά λιπίδια.....	26
Ερυθροποιητίνη.....	26

Έκκριση ορμονών.....	26
Συγκέντρωση των ορμονών στο αίμα.....	27
Κιρκάδιος κύκλος ορμονών.....	28
Μεταφορά των ορμονών στο αίμα.....	28
Μεταβολισμός και απέκκριση ορμονών.....	29
Μηχανισμοί δράσης ορμονών.....	30
Δράση Πεπτιδικών ορμονών και Κατεχολαμινών.....	31
Δράση Στεροειδών και Θυρεοειδικών Ορμονών.....	31
Η επίδραση της προπόνησης με βάρη στις φυσιολογικές ανταποκρίσεις του οργανισμού.....	33
Η επίδραση της προπόνησης με βάρη στο ενδοκρινικό σύστημα και τη συγκέντρωση των ορμονών.....	35
Οξεία ανταπόκριση της Τεστοστερόνης.....	40
Οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης.....	48
Μεταβολές στη συγκέντρωση της ολικής και της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά από χρόνια προπόνηση με βάρη.....	53
Οξεία ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης.....	54
Μεταβολές στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά από χρόνια προπόνηση με βάρη.....	61
Οξεία ανταπόκριση της κορτιζόλης.....	62
Μεταβολές στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά από χρόνια προπόνηση με βάρη.....	67
Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.....	68
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	71
Μελέτη των παραγόντων ισχύος και ταχύτητας εκτέλεσης.....	71
Δείγμα.....	71
Μετρήσεις.....	72
Ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών – Σωματικού λίπους.....	72
Μέγιστης δύναμης - Ταχοδυναμικής καμπύλης.....	72
Πειραματική διαδικασία.....	74
Προγράμματα άσκησης.....	74
Έλεγχος ισχύος κατά τη διάρκεια κάθε πειραματικής συνθήκης.....	77
Διαδικασία αιμοληψίας.....	77

Επεξεργασία αιματολογικών δειγμάτων.....	79
Μέτρηση αιμοσφαιρίνης.....	79
Μέτρηση αιματοκρίτη.....	79
Μεταβολή όγκου πλάσματος.....	80
Προσδιορισμός ορμονών.....	80
Μελέτη της αντιθετικής προπόνησης με βάρη για μυϊκή ισχύ.....	81
Δείγμα.....	81
Πρόγραμμα προετοιμασίας.....	82
Παρεμβατικό πρόγραμμα.....	83
Μετρήσεις.....	84
Ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών – Σωματικού λίπους.....	84
Μίας μέγιστης επανάληψης.....	84
Ταχοδυναμικής καμπύλης.....	85
Συλλογή αιματολογικών δειγμάτων.....	86
Επεξεργασία αιματολογικών δειγμάτων.....	87
Μέτρηση γαλακτικού.....	88
Μέτρηση αιμοσφαιρίνης.....	88
Μέτρηση αιματοκρίτη.....	88
Μεταβολή όγκου πλάσματος.....	88
Μέτρηση ορμονών.....	88
Στατιστική ανάλυση.....	89
Μελέτη των παραγόντων ισχύος και ταχύτητας εκτέλεσης.....	89
Μελέτη της αντιθετικής προπόνησης με βάρη για μυϊκή ισχύ.....	89
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	90
Επίδραση των παραγόντων ισχύος και ταχύτητας εκτέλεσης.....	90
Τεστοστερόνη.....	91
Εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα.....	91
Συνθήκη Pmax.....	91
Συνθήκη 90%Pmax-HL.....	93
Συνθήκη 90%Pmax-LL.....	94
Εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα.....	94
Συνθήκη 70%V-Pmax.....	94
Συνθήκη 70%V-90%Pmax-HL.....	96

Συνθήκη 70%V-90%Pmax-LL.....	97
Ελεύθερη Τεστοστερόνη.....	98
Εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα.....	99
Συνθήκη Pmax.....	99
Συνθήκη 90%Pmax-HL.....	100
Συνθήκη 90%Pmax-LL.....	101
Εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα.....	103
Συνθήκη 70%V-Pmax.....	103
Συνθήκη 70%V-90% Pmax HL.....	104
Συνθήκη 70%V-90% Pmax LL.....	105
Αυξητική ορμόνη.....	106
Εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα.....	107
Συνθήκη Pmax.....	107
Συνθήκη 90%Pmax-HL.....	107
Συνθήκη 90%Pmax-LL.....	108
Εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα.....	110
Συνθήκη 70%V-Pmax.....	110
Συνθήκη 70%V-90% Pmax HL.....	111
Συνθήκη 70%V-90% Pmax LL.....	112
Κορτιζόλη.....	113
Εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα.....	114
Συνθήκη Pmax.....	114
Συνθήκη 90%Pmax-HL.....	115
Συνθήκη 90%Pmax-LL.....	115
Εκτέλεση των ασκήσεων με υπόμέγιστη ταχύτητα.....	117
Συνθήκη 70%V Pmax.....	117
Συνθήκη 70%V-Pmax HL.....	118
Συνθήκη 70%V-90%Pmax LL.....	119
Επίδραση της αντιθετικής προπόνησης με βάρη στις μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις.....	120
Έναρξη του προγράμματος – 1 <sup>η</sup> προπόνηση.....	120
Πρόγραμμα μέγιστης δύναμης.....	122
Πρόγραμμα μέγιστης ισχύος.....	124
Τέλος προγράμματος – 12 <sup>η</sup> προπόνηση.....	129
Πρόγραμμα μέγιστης δύναμης.....	130
Πρόγραμμα μέγιστης ισχύος.....	133

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	138
Επίδραση της παραγόμενης ισχύς και της ταχύτητας εκτέλεσης στις ορμονικές ανταποκρίσεις.....	138
Συγκέντρωση ολικής τεστοστερόνης – Επίδραση του φορτίου.....	139
Συγκέντρωση ολικής τεστοστερόνης – Επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης.....	142
Συγκέντρωση ελεύθερης τεστοστερόνης – Επίδραση του φορτίου.....	144
Συγκέντρωση ελεύθερης τεστοστερόνης – Επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης.....	145
Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης – Επίδραση του φορτίου.....	146
Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης – Επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης.....	149
Συγκέντρωση κορτιζόλης – Επίδραση του φορτίου.....	150
Συγκέντρωση κορτιζόλης – Επίδραση της ταχύτητας κίνησης.....	151
Επίδραση της αντιθετικής προπόνησης με βάρη για μυϊκή ισχύ στις μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις.....	153
Έναρξη προγράμματος (1 <sup>η</sup> προπόνηση).....	154
Συγκέντρωση γαλακτικού.....	154
Συγκέντρωση ολικής τεστοστερόνης.....	156
Συγκέντρωση ελεύθερης τεστοστερόνης.....	158
Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης.....	159
Συγκέντρωση κορτιζόλης.....	160
Τέλος προγράμματος (12 <sup>η</sup> προπόνηση).....	162
Συγκέντρωση γαλακτικού.....	162
Συγκέντρωση ολικής τεστοστερόνης.....	162
Συγκέντρωση ελεύθερης τεστοστερόνης.....	165
Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης.....	166
Συγκέντρωση κορτιζόλης.....	167
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	169
VII. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	173
IX. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	175

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1.	Οξεία ανταπόκριση της ολικής τεστοστερόνης στους άνδρες μετά από άσκηση με βάρη.....	41
Πίνακας 2.2.	Οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης στους άνδρες μετά από άσκηση με βάρη.....	49
Πίνακας 2.3.	Οξεία ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης (GH) στους άνδρες μετά από άσκηση με βάρη.....	56
Πίνακας 2.4.	Συγκέντρωση της κορτιζόλης στους άνδρες μετά από άσκηση με βάρη.....	64
Πίνακας 3.1.	Παράγοντες της επιβάρυνσης στις τρεις συνθήκες άσκησης...	74
Πίνακας 3.2.	Χαρακτηριστικά δείγματος.....	81
Πίνακας 3.3.	Παράγοντες επιβάρυνσης στο πρόγραμμα προετοιμασίας.....	82
Πίνακας 3.4.	Παράγοντες της επιβάρυνσης για τα δύο προγράμματα άσκησης.....	84
Πίνακας 4.1.	Συγκέντρωση της ολικής <i>Τεστοστερόνης</i> (nmol/L) στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL και 90% Pmax-LL και της ελέγχου (Control) ( $x \pm SD$ ).....	92
Πίνακας 4.2.	Συγκέντρωση ολικής Τεστοστερόνης (nmol/L) στον ορό στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL και με υπομέγιστη ταχύτητα στο 70% της μέγιστης 70%V - Pmax, 70%V - 90% Pmax HL και 70%V - 90% Pmax LL και της συνθήκης ελέγχου ( $x \pm SD$ ).....	95
Πίνακας 4.3.	Συγκέντρωση της ελεύθερης Τεστοστερόνης (pg/ml) στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL και 90% Pmax-LL και της ελέγχου (Control) ( $x \pm SD$ ).....	99
Πίνακας 4.4.	Συγκέντρωση της ελεύθερης Τεστοστερόνης (pg/ml) στον ορό στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL και με υπομέγιστη ταχύτητα στο 70% της μέγιστης 70%V - Pmax, 70%V - 90% Pmax HL και 70%V - 90% Pmax LL και της συνθήκης ελέγχου ( $x \pm SD$ ).....	102
Πίνακας 4.5.	Συγκέντρωση της Αυξητικής ορμόνης (μg/L) στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL και 90% Pmax-LL και της ελέγχου (Control) ( $x \pm SD$ ).....	106



Πίνακας 4.6.	Συγκέντρωση της Αυξητικής ορμόνης (μg/L) στον ορό στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL και με υπομέγιστη ταχύτητα στο 70% της μέγιστης 70%V - Pmax, 70%V - 90% Pmax HL και 70%V - 90% Pmax LL και της συνθήκης ελέγχου ( $x \pm SD$ ).....	109
Πίνακας 4.7.	Συγκέντρωση της Κορτιζόλης (nmol/L) στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL και 90% Pmax-LL και της ελέγχου (Control).....	113
Πίνακας 4.8.	Συγκέντρωση της Κορτιζόλης (nmol/L) στον ορό στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL και με υπομέγιστη ταχύτητα στο 70% της μέγιστης 70%V - Pmax, 70%V - 90% Pmax HL και 70%V - 90% Pmax LL και της συνθήκης ελέγχου ( $x \pm SD$ ).....	116
Πίνακας 4.9.	Συγκέντρωση γαλακτικού (mmol/L) στο αίμα μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων στην πρώτη προπόνηση ( $X \pm SD$ ).....	121
Πίνακας 4.10.	Συγκέντρωση ορμονών στον ορό του αίματος ( $X \pm SD$ ) στις ομάδες μέγιστης δύναμης (HLG) και μέγιστης ισχύος (MPG) μετά την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης.....	123
Πίνακας 4.11.	Συγκέντρωση γαλακτικού (mmol/L) στο αίμα στην τελευταία προπόνηση (12 <sup>η</sup> ) μετά την εφαρμογή για έξι εβδομάδες των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης ( $X \pm SD$ ).....	130
Πίνακας 4.12.	Συγκέντρωση ορμονών στον ορό του αίματος ( $X \pm SD$ ) στις ομάδες μέγιστης δύναμης (HLG) και μέγιστης ισχύος (MPG) μετά την εφαρμογή ενός βραχυχρόνιου προγράμματος αντιθετικής προπόνησης (12 <sup>η</sup> προπόνηση).....	132

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1.	Έκκριση και δράση αυξητικής ορμόνης.....	19
Σχήμα 2.2.	Έκκριση και δράση κορτιζόλης.....	22
Σχήμα 2.3.	Έκκριση και δράση Τεστοστερόνης.....	25
Σχήμα 3.1.	Ταχοδυναμική καμπύλη και προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο μπορούσε να παραχθεί η μέγιστη ισχύς.....	73
Σχήμα 3.2.	Η ταχοδυναμική καμπύλη, από την οποία προσδιορίζονταν τα τρία προγράμματα με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης βάση της παραγόμενης ισχύς.....	75
Σχήμα 3.3.	Ταχοδυναμική καμπύλη, από την οποία προσδιορίζονταν οι έξι συνθήκες άσκησης.....	76
Σχήμα 3.4.	Πειραματική διαδικασία όπου προσδιορίζεται η χρονική στιγμή της κάθε αιμοληψίας.....	78
Σχήμα 3.5.	Ταχοδυναμική καμπύλη και προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο μπορούσε να παραχθεί η μέγιστη ισχύς.....	85
Σχήμα 3.6.	Πειραματική διαδικασία όπου προσδιορίζεται το παρεμβατικό πρόγραμμα και η χρονική στιγμή της κάθε αιμοληψίας στην πρώτη και τελευταία προπόνηση.....	87
Σχήμα 4.1.	Συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ( $\chi \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη παραγωγή ισχύος ( $P_{max}$ ), στο 90% της $P_{max}$ με το υψηλό φορτίο (90% $P_{max}$ -HL) και στο 90% της $P_{max}$ με το μικρό φορτίο (90% $P_{max}$ -LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	93
Σχήμα 4.2.	Συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ( $\chi \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης ( $P_{max}$ ) και με υπόμειγστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V- $P_{max}$ ), και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	96
Σχήμα 4.3.	Συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ( $\chi \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% $P_{max}$ - HL) και με υπόμειγστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% $P_{max}$ HL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	97

Σχήμα 4.4. Συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% $P_{max}$ - LL) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% $P_{max}$ LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	98
Σχήμα 4.5. Συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη παραγωγή ισχύος ( $P_{max}$ ), στο 90% της $P_{max}$ με το υψηλό φορτίο (90% $P_{max}$ -HL) και στο 90% της $P_{max}$ με το μικρό φορτίο (90% $P_{max}$ -LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	100
Σχήμα 4.6. Συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης ( $P_{max}$ ) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V- $P_{max}$ ) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	103
Σχήμα 4.7. Η ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% $P_{max}$ - HL) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% $P_{max}$ HL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	104
Σχήμα 4.8. Συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% $P_{max}$ - LL) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% $P_{max}$ LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	105
Σχήμα 4.9. Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη παραγωγή ισχύος ( $P_{max}$ ), στο 90% της $P_{max}$ με το υψηλό φορτίο (90% $P_{max}$ -HL) και στο 90% της $P_{max}$ με το μικρό φορτίο (90% $P_{max}$ -LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).....	108

- Σχήμα 4.10. Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης ( $P_{max}$ ) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης ( $70\%V - P_{max}$ ) και στη συνθήκη ελέγχου (Control)..... 110
- Σχήμα 4.11. Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης ( $90\% P_{max} - HL$ ) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης ( $70\%V - 90\% P_{max} HL$ ) και στη συνθήκη ελέγχου (Control)..... 111
- Σχήμα 4.12. Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης ( $90\% P_{max} - LL$ ) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης ( $70\%V - 90\% P_{max} LL$ ) και στη συνθήκη ελέγχου (Control)..... 112
- Σχήμα 4.13. Συγκέντρωση της κορτιζόλης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη παραγωγή ισχύος ( $P_{max}$ ), στο 90% της  $P_{max}$  με το υψηλό φορτίο ( $90\%P_{max}-HL$ ) και στο 90% της  $P_{max}$  με το μικρό φορτίο ( $90\%P_{max}-LL$ ) και στη συνθήκη ελέγχου (Control)..... 114
- Σχήμα 4.14. Συγκέντρωση της κορτιζόλης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης ( $P_{max}$ ) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης ( $70\%V - P_{max}$ ) και στη συνθήκη ελέγχου (Control)..... 117
- Σχήμα 4.15. Συγκέντρωση της κορτιζόλης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης ( $90\% P_{max} - HL$ ) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης ( $70\%V - 90\% P_{max} HL$ ) και στη συνθήκη ελέγχου (Control)..... 118

- Σχήμα 4.16. Συγκέντρωση της κορτιζόλης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστης ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90%  $P_{max} - LL$ ) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90%  $P_{max} LL$ ) και στη συνθήκη ελέγχου (Control)..... 119
- Σχήμα 4.17. Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης..... 125
- Σχήμα 4.18. Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης..... 125
- Σχήμα 4.19. Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης ..... 126
- Σχήμα 4.20. Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης..... 126
- Σχήμα 4.21. Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης..... 127

- Σχήμα 4.22. Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης..... 127
- Σχήμα 4.23. Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης..... 128
- Σχήμα 4.24. Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης..... 128
- Σχήμα 4.25. Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ) πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>)..... 134
- Σχήμα 4.26. Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>)..... 134
- Σχήμα 4.27. Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ) πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>)..... 135



- Σχήμα 4.28. Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η)..... 135
- Σχήμα 4.29. Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η)..... 136
- Σχήμα 4.30. Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>)..... 136
- Σχήμα 4.31. Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η)..... 137
- Σχήμα 4.32. Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η)..... 137

## **Επίδραση της ισχύος με διαφοροποίηση της ταχύτητας εκτέλεσης κατά την άσκηση με βάρη στις μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις του οργανισμού**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ο προσδιορισμός του προβλήματος ο οποίος μας οδηγεί στο σκοπό της παρούσας διατριβής. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι ερευνητικές και μηδενικές υποθέσεις, τα όρια και οι περιορισμοί του ερευνητικού μέρους και δίνονται οι ορισμοί των βασικών εννοιών της παρούσας διατριβής.

#### ***Ερευνητική προσέγγιση και προσδιορισμός του προβλήματος***

Η άσκηση με βάρη ενισχύει το νευρομυϊκό σύστημα, το μυϊκό, συνδετικό και οστίτη ιστό και αποτελεί βασικό στοιχείο ενός ολοκληρωμένου προγράμματος φυσικής κατάστασης τόσο για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων στον αγωνιστικό αθλητισμό, όσο και για τη διατήρηση της υγείας και την αποφυγή εκφυλιστικών παθήσεων στο μαζικό αθλητισμό (American College of Sports Medicine, Position Stand 2002; Evans, 1999; Ghilarducci, Holly, and Amsterdam, 1989). Στις παραπάνω λειτουργικές προσαρμογές ουσιαστικό ρόλο θεωρείται ότι διαδραματίζει το ορμονικό σύστημα (Kraemer, 2000). Έχει βρεθεί ότι, η συγκέντρωση στην κυκλοφορία ορισμένων ορμονών όπως της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης, αυξάνεται μετά από την εκτέλεση ενός προγράμματος με βάρη (Gotshalk et al., 1997; Kraemer et al., 1991). Η μεγαλύτερη ορμονική συγκέντρωση αυξάνει την πιθανότητα σύνδεσης των ορμονών με τους υποδοχείς του κυττάρου, οι οποίοι αυξάνονται σε αριθμό με την προπόνηση με βάρη (Kraemer, and Ratamess, 2003), δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για αύξηση του κύκλου της πρωτεΐνης που παρατηρείται μετά από άσκηση με βάρη (Kraemer, 2000).



Η τεστοστερόνη και η αυξητική ορμόνη προάγουν την πρωτεϊνοσύνθεση (αύξηση μυϊκής μάζας), ενώ μελέτες σε πειραματόζωα έχουν δείξει ότι η αναστολή δράσης στους υποδοχείς των ανδρογόνων ή η υποφυσεκτομή παρεμποδίζει την υπερτροφία του μυϊκού ιστού που παρατηρείται με την άσκηση. Αντίθετα, η κορτιζόλη προκαλεί καταβολική δράση στο μυϊκό ιστό και μειώνει την πρωτεϊνοσύνθεση (Kraemer, and Ratamess, 2003). Ακόμη, οι ορμόνες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των υδατανθράκων. Η αυξητική ορμόνη επιδρά στο λιπώδη ιστό (π.χ αύξηση λιπόλυσης) και διαδραματίζει ρυθμιστικό ρόλο στο μεταβολισμό των υδατανθράκων (π.χ μείωση καταβολισμού γλυκόζης), ενώ αντίθετα προκαλεί αύξηση της πρόσληψης γλυκόζης και της γλυκονεογένεσης (Sonntag, 1996; Vander, Sherman, Luciano, Tsakopoulos, 2001). Η κορτιζόλη μειώνει την πρόσληψη και την κατανάλωση της γλυκόζης από τα κύτταρα, αυξάνει στο ήπαρ τη γλυκονεογένεση, τη γλυκογονοσύνθεση και την πρωτεϊνοσύνθεση, ενώ επιδρά επίσης και στο λιπώδη ιστό αυξάνοντας τη λιπόλυση (Vander et al., 2001). Συχνά η έκκριση της κορτιζόλης σχετίζεται με το “άδειασμα” των αποθηκών του μυϊκού γλυκογόνου και την ανάγκη για άμεση πρόσληψη γλυκόζης. Οι ορμονικές ανταποκρίσεις συμβάλλουν λοιπόν στην ανάπτυξη των ιστών, ενώ ταυτόχρονα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και στη διάσπαση των ενεργειακών υποστρωμάτων και την αύξηση των διαθέσιμων μεταβολιτών για την παραγωγή ενέργειας, τόσο κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και στο άμεσο χρονικό διάστημα της αποκατάστασης.

Η οξεία ορμονική ανταπόκριση εξαρτάται από την επιβάρυνση του προγράμματος άσκησης με βάρη (Hakkinen, and Pakarinen, 1993) καθώς και από τη διαμόρφωση των παραγόντων που ρυθμίζουν την επιβάρυνση (Kraemer et al., 1993). Οι παράγοντες της επιβάρυνσης σε ένα πρόγραμμα με βάρη είναι: ο αριθμός, το είδος και η σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων, ο τύπος της μυϊκής συστολής (έκκεντρος ή/και σύγκεντρος), το φορτίο (ένταση), η ταχύτητα μετακίνησης του φορτίου, ο αριθμός των σετ και των επαναλήψεων και το διάλειμμα μεταξύ των σετ και των ασκήσεων (παράγοντες επιβάρυνσης).

Ο ιδιαίτερος συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων επιτρέπει τη δημιουργία εξειδικευμένων προγραμμάτων για την ανάπτυξη των διάφορων μορφών της μυϊκής δύναμης όπως, της μέγιστης δύναμης, της μυϊκής υπερτροφίας της μυϊκής αντοχής και της ισχύος. Τα προγράμματα αυτά διαφέρουν στην επιβάρυνση και προκαλούν διαφορετικές μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις στον οργανισμό (Kraemer, and Ratamess, 2003). Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμός των ασκήσεων που συμπεριλαμβάνονται σε ένα πρόγραμμα (Hakkinen, Newton, and Kraemer, 1998), ο αριθμός των σετ που εκτελείται σε κάθε άσκηση (Smilios, Piliandis, Karamouzis, and Tokmakidis, 2003) καθώς και το διάλειμμα που παρεμβάλλεται μεταξύ των σειρών (Kraemer et al., 1990) έχει βρεθεί ότι επηρεάζουν την ανταπόκριση της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την επιβάρυνση ενός προγράμματος άσκησης με βάρη είναι η παραγόμενη ισχύς (γινόμενο φορτίου και ταχύτητας μετακίνησης του φορτίου,  $F \times V$ ). Η μέγιστη ισχύς επιτυγχάνεται όταν χρησιμοποιείται ένα μέσο φορτίο ( $\sim 40-65\%$  -1ME). Την τιμή του φορτίου αυτού μπορούμε να την υπολογίσουμε από την καμπύλη ισχύος – ταχύτητας χρησιμοποιώντας διαφορετικές επιβαρύνσεις (Σχήμα 1.1). Βάση της σχέσης δύναμης - ταχύτητας όσο αυξάνεται το φορτίο τόσο μικρότερη γίνεται η ταχύτητα μετακίνησης και το αντίθετο. Έτσι, ένα υπομέγιστο φορτίο μπορεί να μετακινηθεί τόσο με χαμηλή όσο και με υψηλή ταχύτητα κίνησης για τον ίδιο αριθμό επαναλήψεων. Στην περίπτωση αυτή, παρόλο που το φορτίο είναι ίδιο, η παραγόμενη ισχύς μεταξύ των δύο εκτελέσεων είναι διαφορετική λόγω της διαφορετικής ταχύτητας εκτέλεσης. Κατά συνέπεια, διαφορετική πρέπει να είναι και η επιβάρυνση στον οργανισμό. Ωστόσο, παραμένει άγνωστο κατά πόσο η διαφοροποίηση της παραγόμενης ισχύος μέσω της ταχύτητας εκτέλεσης της άσκησης κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος για τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος επηρεάζει τις ορμονικές ανταποκρίσεις του οργανισμού. Θα μπορούσε δηλαδή για παράδειγμα, η ταχύτητα εκτέλεσης να επηρεάζει περισσότερο τις ορμονικές ανταποκρίσεις όταν το φορτίο είναι μικρό παρά όταν είναι υψηλό;

Επίσης, στην καμπύλη ισχύος-ταχύτητας κίνησης, υπάρχουν δύο σημεία στα οποία ενώ η ισχύς παραμένει ίδια (π.χ. 90% της μέγιστης), παράγεται με διαφορετικό συνδυασμό φορτίου και ταχύτητας κίνησης (Σχήμα 1.2). Αυτό όμως, παρόλο που δεν είχε μελετηθεί ακόμη, μπορεί να είχε ως αποτέλεσμα την πρόκληση διαφορετικών ορμονικών ανταποκρίσεων και προσαρμογών. Επιπρόσθετα, έχει διαπιστωθεί ότι η μεταβολή της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων κατά την προπόνηση με βάρη (μέγιστη έναντι υπομέγιστης) επιφέρει διαφορετικές νευρικές και μυϊκές προσαρμογές (Bottaro, Machado, Nogueira, Scales, and Veloso, 2007; Fielding et al., 2002; Young, and Bily, 1993) Όμως, δεν υπάρχουν δεδομένα που να εξετάζουν την επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων στις ορμονικές ανταποκρίσεις. Η γνώση αυτών των στοιχείων θα έδινε χρήσιμες πληροφορίες για την ταχύτητα με την οποία πρέπει να εκτελούνται οι ασκήσεις, θεωρώντας ότι η ιδανική ταχύτητα είναι αυτή που προκαλεί την ευνοϊκότερη ορμονική ανταπόκριση και η οποία μακροχρόνια επιφέρει υψηλότερες προσαρμογές στη νευρομυϊκή λειτουργία.

Από τα πιο πάνω γίνεται κατανοητή η σημασία της γνώσης της ορμονικής λειτουργίας κατά την εκτέλεση προγραμμάτων δύναμης. Η αξιοποίηση της θα συντελέσει στον ακριβή προσδιορισμό των παραγόντων που καθορίζουν την επιβάρυνση ενός ημερησίου προγράμματος άσκησης ή του μακροχρόνιου προπονητικού πλάνου με βάση τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του ασκούμενου ή του αθλήματος (Σμήλιος, 2000). Οι ορμονικές αναλύσεις κατά την οξεία φάση θα χρησιμεύσουν στην αξιολόγηση της φυσιολογικής επιβάρυνσης του. Η γνώση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό προγραμμάτων τόσο στα πλαίσια του αγωνιστικού αθλητισμού όσο και στα πλαίσια του μαζικού αθλητισμού. Σημαντική είναι όμως και η γνώση της λειτουργίας του ορμονικού συστήματος μετά από χρόνια άσκηση με βάρη γιατί επιτρέπει την αξιολόγηση της επιβάρυνσης και της δεκτικότητας του ατόμου για προπόνηση και της επίδρασης του ορμονικού συστήματος στις νευρομυϊκές προσαρμογές.

Μετά από επαναλαμβανόμενα προπονητικά ερεθίσματα η ορμονική ανταπόκριση είτε θα επηρεάσει αρνητικά τη μυϊκή ανάπτυξη (αύξηση καταβολικών ορμονών), είτε θα ενεργοποιήσει τους μηχανισμούς εκείνους που προάγουν τις προσαρμοστικές διαδικασίες (αύξηση αναβολικών ορμονών / μείωση ή παραμονή στα ίδια επίπεδα των καταβολικών ορμονών). Για αυτό το σκοπό πολλές έρευνες έχουν εξετάσει την προσαρμοστικότητα του ορμονικού συστήματος μετά από την προπόνηση με βάρη με στόχο τη μέγιστη δύναμη, τη μυϊκή υπερτροφία και τη μυϊκή αντοχή (Kraemer, and Ratamess, 2005).

Μία άλλη ιδιότητα της μυϊκής δύναμης, η μυϊκή ισχύς, αποτελεί απαραίτητο συστατικό επιτυχίας σε μεγάλο αριθμό αθλημάτων και πολλοί προπονητές εφαρμόζουν προγράμματα με βάρη στους αθλητές τους για τη βελτίωση της ισχύος. Όμως, ελάχιστα είναι τα ερευνητικά δεδομένα με αντικρουόμενα αποτελέσματα που αφορούν την επίδραση προγραμμάτων δύναμης με στόχο τη μυϊκή ισχύ στις οξείες ορμονικές ανταποκρίσεις (Linnamo, Pakarinen, Komi, Kraemer, and Hakkinen, 2005; Volek, Kraemer, Bush, Incledon, and Boetes, 1997). Σε αυτές τις έρευνες χρησιμοποιήθηκε η παραδοσιακή μέθοδος προπόνησης για την ανάπτυξη της ισχύος (ξεχωριστή εκτέλεση των ασκήσεων με μικρό έως υψηλό φορτίο και μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης). Ωστόσο, έχουν προταθεί και άλλες μέθοδοι για την ανάπτυξη της ισχύος, όπως η αντιθετική μέθοδος προπόνησης, η οποία περιλαμβάνει την εκτέλεση ασκήσεων με μέσο ή υψηλό φορτίο οι οποίες εναλλάσσονται με την εκτέλεση ασκήσεων με μικρό φορτίο ή με το σωματικό βάρος. Η αντιθετική προπόνηση θεωρείται καλύτερη ή τουλάχιστον το ίδιο αποτελεσματική σε σχέση με την παραδοσιακή προπόνηση όσον αφορά την ανάπτυξη της ισχύος (Doherty, Robbins, and Hodgson, 2004). Όμως, καμία έρευνα δεν έχει βρεθεί που να έχει εξετάσει τις οξείες ορμονικές ανταποκρίσεις μετά την εκτέλεση προγραμμάτων με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ χρησιμοποιώντας την αντιθετική μέθοδο.

Η προπόνηση δύναμης με το φορτίο που μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ισχύος θεωρείται το ιδανικό ερέθισμα για την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος (Kawamori, and Haff, 2004). Σύμφωνα με τους Baker, Nance και Moore (2001) το φορτίο αυτό κυμαίνεται από 47 έως 63% της 1ΜΕ για τα κάτω άκρα. Ωστόσο, βελτίωση στη μυϊκή ισχύ βρέθηκε και μετά την προπόνηση δύναμης με υψηλά φορτία, όταν καταβαλλόταν η μέγιστη δυνατή προσπάθεια για την ταχύτερη μετακίνηση του φορτίου (Wilson, Newton, Murphy, and Humphries, 1993). Όμως, καμία έρευνα δεν έχει συγκρίνει την οξεία ορμονική ανταπόκριση μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με στόχο τη μυϊκή ισχύ με μέσο ή υψηλό φορτίο και την ίδια προπονητική μέθοδο. Η επίδραση της μακροχρόνιας εφαρμογής προγραμμάτων για τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος στην ορμονική λειτουργία θα παρέχει την απαραίτητη γνώση για τη φυσιολογική ανταπόκριση του οργανισμού καθώς και την καλύτερη διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης έτσι ώστε να δημιουργείται κάθε φορά το ευνοϊκότερο ορμονικό περιβάλλον το οποίο θα προκαλέσει τις βέλτιστες νευρομυϊκές προσαρμογές.

### **Σκοπός της μελέτης**

Ο σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν να εξετάσει την επίδραση της παραγόμενης μηχανικής ισχύος, με τη χρήση διαφορετικών φορτίων και με τη διαφοροποίηση της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων στη συγκέντρωση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης. Επιπρόσθετα, να εξετάσει την επίδραση της αντιθετικής μεθόδου προπόνησης στις οξείες ορμονικές ανταποκρίσεις στην έναρξη και στο τέλος ενός παρεμβατικού προγράμματος με στόχο τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος. Παράγοντες που ενώ δεν έχουν μελετηθεί ακόμη, αποτελούν βασικό στοιχείο στην προπόνηση κυρίως των αθλητών, αλλά μπορούν να τύχουν και εφαρμογής τον ευρύτερο πληθυσμό που ασκείται με στόχο τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης και υγείας.

### **Ερευνητικές υποθέσεις**

- Κατά την εκτέλεση ενός προγράμματος με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ, το μέγεθος του φορτίου που θα χρησιμοποιηθεί [α] με το οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή μηχανικής ισχύος έναντι β) υψηλότερου φορτίου με το οποίο επιτυγχάνεται μικρότερη ισχύς κατά 10% έναντι γ) μικρότερου φορτίου με το οποίο επιτυγχάνεται μικρότερη ισχύς κατά 10%, σε σχέση με τη μέγιστη], θα επιφέρει διαφορετική συγκέντρωση κατά την οξεία φάση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης.
- Η διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων κατά την προπόνηση με βάρη (μέγιστη έναντι υπομέγιστης) και σαν αποτέλεσμα η παραγωγή διαφορετικού μεγέθους μυϊκής ισχύος θα επιφέρει διαφορετική ορμονική συγκέντρωση κατά την οξεία φάση.
- Η προπόνηση με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ με τη χρήση της αντιθετικής μεθόδου προπόνησης και τη βαλλιστική εκτέλεση των ασκήσεων, μπορεί να επιφέρει σημαντικές μεταβολές κατά την οξεία φάση στη συγκέντρωση του γαλακτικού, της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης, σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας.
- Το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιείται κατά την αντιθετική προπόνηση με βάρη (α. μέσο φορτίο με το οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή μηχανικής ισχύος έναντι β. υψηλότερου φορτίου – 90% της 1ΜΕ) θα επιφέρει διαφορετικές ορμονικές ανταποκρίσεις κατά την οξεία φάση.
- Η αντιθετική προπόνηση με βάρη για διάστημα έξι εβδομάδων μπορεί να επιφέρει σημαντικές μεταβολές στη μεταβολική και ορμονική συγκέντρωση α) κατά την ηρεμία και β) κατά την οξεία φάση μετά την εκτέλεση της τελευταίας προπόνησης (12<sup>ης</sup>).



### **Μηδενικές υποθέσεις**

- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων της συγκέντρωσης της ολικής ( $\mu_1$ ) και ελεύθερης τεστοστερόνης ( $\mu_2$ ), της αυξητικής ορμόνης ( $\mu_3$ ) και κορτιζόλης ( $\mu_4$ ) μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με βάρη με τρία διαφορετικά φορτία  $\alpha$ ) με το οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή μηχανικής ισχύος έναντι  $\beta$ ) υψηλότερου φορτίου με το οποίο επιτυγχάνεται μικρότερη ισχύς κατά 10% και έναντι  $\gamma$ ) μικρότερου φορτίου με το οποίο επιτυγχάνεται μικρότερη ισχύς κατά 10%, σε σχέση με τη μέγιστη.  $\mu_1=\mu_2=\mu_3=\mu_4$
- Η διαφορετική ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων [ $\alpha$ ) μέγιστη δυνατή ( $\mu_5, \mu_6, \mu_7, \mu_8$ ) έναντι  $\beta$ ) υπομέγιστης ( $\mu_9, \mu_{10}, \mu_{11}, \mu_{12}$ )] δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων της συγκέντρωσης των ορμονών.  $\mu_5=\mu_9, \mu_6=\mu_{10}, \mu_7=\mu_{11}, \mu_8=\mu_{12}$
- Η αντιθετική μέθοδος προπόνησης και η βαλλιστική εκτέλεση των ασκήσεων δεν επιφέρουν στατιστικά σημαντική αύξηση κατά την οξεία φάση της συγκέντρωσης του γαλακτικού ( $\mu_{13}$ ) και των ορμονών ολικής ( $\mu_{14}$ ) και ελεύθερης ( $\mu_{15}$ ) τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης ( $\mu_{16}$ ) και κορτιζόλης ( $\mu_{17}$ ) σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας ( $\mu_{18}$  και  $\mu_{19}, \mu_{20}, \mu_{21}, \mu_{22}$  αντίστοιχα).  $\mu_{13}=\mu_{18}$  και  $\mu_{14}=\mu_{19}, \mu_{15}=\mu_{20}, \mu_{16}=\mu_{21}, \mu_{17}=\mu_{22}$
- Το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιείται κατά την αντιθετική προπόνηση με βάρη δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων της συγκέντρωσης του γαλακτικού και των ορμονών [ $\alpha$ ) με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή μηχανικής ισχύος ( $\mu_{23}$  και  $\mu_{24}, \mu_{25}, \mu_{26}, \mu_{27}$  αντίστοιχα) έναντι  $\beta$ ) υψηλού φορτίου – 90% της 1-ME ( $\mu_{28}$  και  $\mu_{29}, \mu_{30}, \mu_{31}, \mu_{32}$  αντίστοιχα)].  $\mu_{23}=\mu_{28}$  και  $\mu_{24}=\mu_{29}, \mu_{25}=\mu_{30}, \mu_{26}=\mu_{31}, \mu_{27}=\mu_{32}$

- Η αντιθετική προπόνηση με βάρη για διάστημα έξι εβδομάδων δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές μεταβολές στη συγκέντρωση του γαλακτικού και των ορμονών α) κατά την ηρεμία (μ33 και μ34, μ35, μ36, μ37 αντίστοιχα) και β) κατά την οξεία φάση (μ38 και μ39, μ40, μ41, μ42 αντίστοιχα) σε σχέση τη συγκέντρωση κατά την έναρξη του προγράμματος γ) κατά την ηρεμία (μ43 και μ44, μ45, μ46, μ47 αντίστοιχα) και δ) κατά την οξεία φάση (μ48 και μ49, μ50, μ51, μ52 αντίστοιχα). μ33=μ43, μ34=μ44, μ35=μ45, μ36=μ46, μ37=μ47 και μ38=μ48, μ39=μ49, μ40=μ50, μ41=μ51, μ42=52

### **Όρια και περιορισμοί της μελέτης**

- Όρια ως προς τη χρονολογική ηλικία του δείγματος. Επιλέχθηκαν νεαρά άτομα 20 – 25 ετών, και δεν συμπεριλήφθηκαν άτομα αναπτυξιακής ηλικία και ηλικιωμένοι στα οποία η λειτουργία του ορμονικού τους συστήματος βρίσκεται σε ανάπτυξη ή πτώση αντίστοιχα.
- Όρια ως προς το προπονητικό επίπεδο του δείγματος. Οι δοκιμαζόμενοι που έλαβαν μέρος σε όλες τις έρευνες ήταν ελεύθερα ασκούμενοι, μέτριου προπονητικού επιπέδου και είχαν προηγούμενη εμπειρία στην προπόνηση με βάρη.
- Όρια ως προς το φύλο. Το δείγμα της διατριβής ήταν μόνο άνδρες.
- Περιορισμός ως προς τις ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Επιλεχθήκαν ασκήσεις που ενεργοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες για τα άνω και κάτω άκρα.
- Περιορισμός ως προς την επιβάρυνση. Η επιβάρυνση που χρησιμοποιήθηκε ήταν από 30 έως 90% της 1-ME διότι σύμφωνα με τη βιβλιογραφία μέσα σε αυτό το εύρος προπονείται η μέγιστη ισχύς.



### **Λειτουργικοί ορισμοί**

**Αναερόβια:** μεταβολική διαδικασία που πραγματοποιείται χωρίς τη χρήση οξυγόνου

**Αυξητική ορμόνη:** Πεπτιδική ορμόνη που εκκρίνεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης. Έχει αυξημένη φυσιολογική δραστηριότητα (προάγει τη διαίρεση του κυττάρου και τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό σε ολόκληρο το σώμα) και η επίδρασή της ασκείται στους μύες, στα οστά, στο λιπώδη ιστό και σε κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος.

**Γαλακτικό:** μεταβολίτης που παράγεται κατά την αναερόβια γλυκόλυση (αναερόβια διάσπαση υδατανθράκων), όπου το πυροσταφυλικό οξύ με τη δράση της γαλακτικής αφυδρογονάσης μετατρέπεται σε γαλακτικό οξύ

**Διάλειμμα:** ο χρόνος ανάληψης μεταξύ των σετ μίας άσκησης ή μεταξύ των ασκήσεων

**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

**Κορτιζόλη:** Στεροειδής ορμόνη που εκκρίνεται από τον φλοιό των επινεφριδίων. Ενισχύει τη γλυκονεογέννεση (μετατροπή αμινοξέων σε υδατάνθρακες-κύκλος του Gori), τη γλυκογονοσύνθεση και την πρωτεϊνοσύνθεση στο ήπαρ και κατά συνέπεια αυξάνει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα (όταν μειώνονται τα επίπεδα γλυκογόνου στους μύες). Επίσης, αυξάνει την κινητοποίηση της γλυκερόλης και των ελεύθερων λιπαρών οξέων.

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

**Μεταβολισμός:** το σύνολο των βιοχημικών και μεταβολικών διεργασιών (αναβολικών & καταβολικών) που λαμβάνουν χώρα στα κύτταρα του οργανισμού

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

**Ορμόνες:** είναι χημικά μηνυματοφόρα μόρια τα οποία συνθέτονται, αποθηκεύονται και εκκρίνονται σε πολύ μικρές ποσότητες από τους ενδοκρινείς αδένες. Μεταφέρονται μέσω του αίματος στα κύτταρα πάνω στα οποία δρουν (αποτελούν μηνυματοκομιστές των ομοιοστατικών μηχανισμών ελέγχου).

**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 ισχύς μέσω νευρομυϊκών προσαρμογών, η ένταση του οποίου χαρακτηρίζεται από μέση έως υψηλή (30 – 90% της 1ΜΕ), με μέσο αριθμό επαναλήψεων (3 – 8) και μέσο διάλειμμα μεταξύ των σετ και των ασκήσεων (2 – 5 min)

**Τεστοστερόνη:** στεροειδής ορμόνη που εκκρίνεται από τα κύτταρα Leydig στους όρχεις με κύρια λειτουργία την ανάπτυξη των βιολογικών χαρακτηριστικών του άρρενος και με αναβολική δράση στο μυϊκό, οστικό και δέρμα. Προάγει την πρωτεϊνοσύνθεση, την οστική ανάπτυξη και περιορίζει την πρωτεϊνόλυση. Επίσης, διεγείρει την έκκριση ερυθροποιητίνης από τους νεφρούς.

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται ο ρόλος του ενδοκρινικού συστήματος και των σημαντικότερων ορμονών. Επίσης, αναφέρονται οι στόχοι της προπόνησης με βάρη και ποια η επίδρασή της στις φυσιολογικές ανταποκρίσεις του οργανισμού. Επιπλέον, γίνεται μια εκτενής αναφορά στις μελέτες που έχουν εξετάσει την επίδραση προγραμμάτων με βάρη στις ορμονικές ανταποκρίσεις του οργανισμού σε άνδρες. Εξετάζονται τόσο οι άμεσες ανταποκρίσεις μετά από την εκτέλεση ενός προγράμματος δύναμης (οξείες), όσο και οι ανταποκρίσεις μετά από την προπόνηση με βάρη για βραχυχρόνιο ή μακροχρόνιο διάστημα (συγκέντρωση κατά την ηρεμία και κατά την οξεία φάση). Αναλύονται επίσης οι παράγοντες της επιβάρυνσης των προγραμμάτων με βάρη που επηρεάζουν τις ανταποκρίσεις του νευρο-ενδοκρινικού συστήματος (π.χ. μέγεθος μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται, συνολικός όγκος προγράμματος, διάλειμμα μεταξύ των σετ κ.α).

### ***Ενδοκρινικό σύστημα***

Το ενδοκρινικό σύστημα είναι ένα από τα δύο κυριότερα συστήματα επικοινωνίας του ανθρώπινου σώματος (το πρώτο είναι το νευρικό) μεταξύ των φυσιολογικών συστημάτων και των οργάνων ή κυττάρων στόχων. Αποτελείται από τους αδένες (ενδοκρινείς), τις ορμόνες (οι οποίες συνθέτονται από τους αδένες) και το όργανο ή ιστό στόχο. Υποστηρίζει τη φυσιολογική ομοιόσταση του οργανισμού και υποβοηθά την αντίδραση του σε ένα εξωτερικό ερέθισμα. Μέσω του ενδοκρινικού συστήματος είναι εφικτός ο συντονισμός της ταυτόχρονης λειτουργίας διαφορετικών κυττάρων στους πολυκύτταρους οργανισμούς. Συνέπεια αυτού, ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να ανταποκρίνεται ενιαία στις πολλαπλές του ανάγκες και να αποφεύγεται έτσι η εκδήλωση αλληλοσυγκρουόμενων δραστηριοτήτων από επιμέρους ιστούς ή κύτταρα (Μούγιος, 1996).

Συνήθως ο κάθε αδένας αποτελείται από συγκεκριμένο τύπο ενδοκρινών κυττάρων και εκκρίνει συγκεκριμένο τύπο ορμονών, χωρίς όμως να αποκλείεται και η παρουσία περισσοτέρων του ενός είδους ενδοκρινών κυττάρων στον ίδιο αδένα και η έκκριση μεγαλύτερου αριθμού ορμονών. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου ένα συγκεκριμένο είδος κυττάρων που βρίσκεται σε κάποιον αδένα να εκκρίνει περισσότερες από μία ορμόνες (π.χ. πρόσθια υπόφυση). Είναι δυνατόν μία ορμόνη να εκκρίνεται από περισσότερους του ενός τύπου ενδοκρινών αδένων. Επιπλέον, ορμόνες μπορούν να παράγονται από άλλα όργανα και ιστούς του ανθρώπινου σώματος, που αν και έχουν άλλες βασικές λειτουργίες, διαθέτουν περιοχές με ενδοκρινολογική λειτουργία (π.χ. καρδιά, μύες). Στις διαφορετικές αυτές θέσεις δρουν ως νευροδιαβαστές ή παρακρινείς/αυτοκρινείς παράγοντες (Vander et al., 2001). Οι σημαντικότεροι ενδοκρινείς αδένες είναι η υπόφυση, ο θυρεοειδής αδένας, οι παραθυρεοειδείς αδένες, τα επινεφρίδια, η επίφυση και ο θύμος αδένας. Όργανα που διαθέτουν ενδοκρινή κύτταρα και μπορούν να παράγουν ορμόνες είναι το πάγκρεας, οι γονάδες (ωοθήκες και όρχεις) και ο υποθάλαμος (ένα πρωτεύον όργανο του νευρικού συστήματος).

### **Ορμόνες**

Οι ορμόνες είναι χημικά μηνυματοφόρα μόρια τα οποία συνθέτονται, αποθηκεύονται και εκκρίνονται σε πολύ μικρές ποσότητες από τους ενδοκρινείς αδένες. Μεταφέρονται μέσω του αίματος στα κύτταρα πάνω στα οποία δρουν (αποτελούν μηνυματοκομιστές των ομοιοστατικών μηχανισμών ελέγχου). Μία συγκεκριμένη ορμόνη μπορεί να έχει είτε κύριο είτε δευτερεύον και υποβοηθητικό ρόλο, ανάλογα με το ρόλο της στο δεδομένο φυσιολογικό μηχανισμό. Αυτή η πολυπλοκότητα και η ελαστικότητα επιτρέπει στο ενδοκρινικό σύστημα να ανταποκρίνεται με τη σωστή ένταση στο φυσιολογικό ερέθισμα και να επιδρά διαφορετικά στο κάθε φυσιολογικό σύστημα ή ιστό στόχο (Kraemer, 2000). Οι περισσότερες ορμόνες όμως έχουν πολλαπλούς φυσιολογικούς ρόλους.

Ρυθμίζουν τον μεταβολισμό (παραγωγή ενέργειας, χρησιμοποίηση και αποθήκευση των ενεργειακών υποστρωμάτων), την αύξηση, την ανάπτυξη και ωρίμανση, την αναπαραγωγή, ενισχύουν την ικανότητα του οργανισμού να ανταποκρίνεται στα διάφορα ερεθίσματα (π.χ. ψυχικό και σωματικό στρες) και διατηρούν την ομοιόσταση ρυθμίζοντας το ηλεκτρολυτικό ισοζύγιο και το ισοζύγιο οξέων-βάσεων (McArdle, Katch, and Katch 2001).

### **Κατηγορίες ορμονών**

Οι ορμόνες ανάλογα με τη χημική τους σύσταση χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες: (α) τις *αμίνες*, (β) τα *πεπτίδια* και τις *πρωτεΐνες* και (γ) τα *στεροειδή*. Επιπλέον, ορμονική δράση θεωρούνται ότι έχουν η *ερυθροποιητίνη* και ορισμένα *ενεργά βιολογικά λιπίδια* τα οποία βρίσκονται σχεδόν σε όλες τις κυτταρικές μεμβράνες.

**Αμινορμόνες:** Οι αμινορμόνες ή αμινικές ορμόνες περιλαμβάνουν τις θυροειδικές ορμόνες και τις κατεχολαμίνες (επινεφρίνη, νορεπινεφρίνη και ντοπαμίνη) και είναι όλες παράγωγα του αμινοξέος τυροσίνη.

**Θυροειδικές ορμόνες:** Οι ορμόνες του θυροειδούς (ΤΗ) συνθέτονται και εκκρίνονται από τον θυροειδή αδένα (κάτω και πρόσθιο μέρος του λαιμού περιβάλλοντας την τραχεία αεραγωγό) και αποτελούνται από την θυροξίνη (Τ<sub>4</sub>) και την τρι-ιωδοθυρονίνη (Τ<sub>3</sub>). Μπορούν να επιδράσουν σχεδόν σε όλους τους ιστούς του ανθρωπίνου σώματος μέσω της ρύθμισης του μεταβολικού ρυθμού, ενισχύοντας την αύξηση και την ανάπτυξη του εγκεφάλου. Έχουν σαν βασικό συστατικό το ιώδιο, το οποίο κατά κύριο λόγο προσλαμβάνεται με την τροφή. Μόνο η Τ<sub>3</sub> είναι βιολογικά ενεργή ορμόνη με σημαντική δράση, σε αντίθεση με την Τ<sub>4</sub> που έχει πολύ μικρή επίδραση.

*Κατεχολαμίνες:* Οι κατεχολαμίνες αποτελούνται από την επινεφρίνη, την νορεπινεφρίνη και την ντοπαμίνη. Συντίθενται και εκκρίνονται κατά κύριο λόγο από τα επινεφρίδια (βρίσκεται ένα σε κάθε νεφρό) και πιο συγκεκριμένα από τον επινεφριδιακό μυελό. Επιπρόσθετα, η ντοπαμίνη εκκρίνεται και από τον υποθάλαμο όπως επίσης η επινεφρίνη και η νορεπινεφρίνη που συνθέτονται στους νευρώνες του συμπαθητικού κλάδου του αυτόνομου νευρικού συστήματος και εκκρίνονται από τις απολήξεις τους. Η ποσότητα της επινεφρίνης είναι σχεδόν τετραπλάσια της νορεπινεφρίνης (στον αδένα), σε αντίθεση με τη συγκέντρωσή τους στο αίμα που επικρατεί η νορεπινεφρίνη. Έτσι, η επινεφρίνη είναι πρωταρχικά ορμόνη, ενώ η νορεπινεφρίνη νευροδιαβιβαστής. Η αύξηση της συγκέντρωσής τους στο αίμα σχετίζεται άμεσα με την ένταση της άσκησης ή του εξωτερικού ερεθίσματος. Πιο συγκεκριμένα η έκκριση της επινεφρίνης πραγματοποιείται άμεσα μετά από νευρικά σήματα όταν ο ανθρώπινος οργανισμός κινδυνεύει ή πρέπει να διεξάγει μυϊκή προσπάθεια. Επιπλέον, η πτώση του επιπέδου γλυκόζης στο αίμα σηματοδοτεί την αύξηση της έκκρισής της. Η επίδραση της επινεφρίνης στους ιστούς στόχους περιλαμβάνει: i) στην καρδιά αυξάνει τον καρδιακό ρυθμό και τον όγκο παλμού, ii) στο αγγειακό σύστημα αυξάνει την αρτηριακή πίεση, iii) στο μυϊκό ιστό ενεργοποιεί τη γλυκογονόλυση και τη γλυκόλυση (αύξηση διαθέσιμης γλυκόζης για την παραγωγή ενέργειας), iv) στο ήπαρ ενεργοποιεί τη γλυκογονόλυση και τη γλυκονογένεση (αύξηση γλυκόζης στο αίμα) και v) στο λιπώδη ιστό ενεργοποιεί τη λιπόλυση (αύξηση συγκέντρωσης λιπαρών οξέων στο αίμα και την παροχή τους στους μύες) (Kraemer, and Ratamess, 2005; Kraemer, 2000; Vander et al., 2001



Η νορεπινεφρίνη ενισχύει την διαθέσιμη ποσότητα γλυκόζης στο αίμα και αυξάνει την πρόσληψη της από τους ασκούμενους μύες για την παραγωγή ενέργειας. Αυτό επιτυγχάνεται όταν μετά την αυξημένη έκκριση νορεπινεφρίνης (λόγω της άσκησης η οποία προκαλεί αύξηση στη δραστηριότητα του συμπαθητικού νευρικού συστήματος) προκαλείται έκκριση της γλυκαγόνης και αναστέλλεται η έκκριση της ινσουλίνης από το πάγκρεας. Η δράση των κατεχολαμινών στους ιστούς στόχους επιτυγχάνεται με τη σύνδεση των μορίων τους σε ειδικούς υποδοχείς στην κυτταροπλασματική μεμβράνη (β-αδρενεργοί υποδοχείς) και ακολούθως της ενεργοποίησης του καταράκτη της κυκλικής AMP (Vander et al., 2001).

*Πεπτιδικές ορμόνες:* Αποτελούνται από μικρά πεπτίδια μέχρι και μικρές πρωτεΐνες και αποτελούν την πλειονότητα των ορμονών. Η σύνθεση του πραγματοποιείται κυρίως στα ριβοσώματα των ενδοκρινικών κυττάρων αρχικά ως μεγάλες πρωτεΐνες (πρώιμες προορμόνες) και στη συνέχεια με τη βοήθεια πρωτεολυτικών ενζύμων διασπώνται σε προορμόνες. Ακολούθως, μετατρέπονται σε κανονικές δραστικές ορμόνες μέσω της συσκευής Golgi και τελικά αποθηκεύονται μαζί με άλλα πεπτίδια σε εκκριτικά κυστίδια, μέχρι την έκκριση τους. Μερικές φορές τα πεπτίδια (που προέκυψαν από την κατάτμηση των προορμονών και τη μετατροπή τους σε ορμόνες) ασκούν ορμονική δράση. Έτσι, είναι πιθανόν από ένα κύτταρο να εκκρίνονται περισσότερες από μια πεπτιδικές ορμόνες με διαφορετική δράση. Επίσης, τα πεπτίδια εκτός από την ορμονική τους δράση μπορεί να λειτουργούν και ως νευροδιαβιβαστές ή νευρορυθμιστές. Οι κυριότερες πεπτιδικές ορμόνες είναι η αυξητική ορμόνη ή αλλιώς σωματοτροπίνη (GH), η σωματοεκλυτίνη (GHRH), η σωματοστατίνη (SS) και ο ινσουλινομιμητικός αυξητικός παράγοντας I (IGF-I). Με την έκκριση της σωματοεκλυτίνης (+) προάγεται η διέγερση της αυξητικής ορμόνης, σε αντίθεση με την έκκριση της σωματοστατίνης (-) που προκαλεί την αναστολή της αυξητικής ορμόνης.

*Αυξητική ορμόνη (GH):* Πεπτιδική ορμόνη που εκκρίνεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης. Έχει αυξημένη φυσιολογική δραστηριότητα (προάγει τη διαίρεση του κυττάρου και τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό σε ολόκληρο το σώμα) και η επίδραση της ασκείται στους μύες, στα οστά, στο λιπώδη ιστό και σε κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος (Kraemer and Ratamess, 2005; Kraemer, and Mazetti 2003; Kraemer, 2000; Vander et al., 2001). (Σχήμα 2.1). Η έκκριση της διεγείρεται από την σωματοεκλυτίνη (GHRH) και οφείλεται κυρίως στην ψυχική ένταση, την υπογλυκαιμία, τον αυξημένο καταβολισμό πρωτεϊνών και τη σωματική άσκηση με υψηλή μεταβολική απαίτηση. Η τεστοστερόνη και οι ορμόνες του θυρεοειδή αδένος διεγείρουν την έκκριση της (μέσω της GHRH), σε αντίθεση με την κορτιζόλη που την περιορίζει. Η αύξηση στη συγκέντρωση της σχετίζεται με την αύξηση της οξύτητας του μυός (αύξηση γαλακτικού και  $H^+$ ) που προκαλείται από την αναερόβια μυϊκή εργασία. (Σχήμα 1). Οι κυριότερες δράσεις της αυξητικής ορμόνης είναι: Προκαλεί αύξηση της κυτταρικής διαίρεσης, της πρωτεϊνοσύνθεσης (αυξάνοντας τη μεταφορά των αμινοξέων διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης), αυξάνει τη σύνθεση κολλαγόνου (κατασκευή χόνδρου), της γλυκονογένεσης και της λιπόλυσης. (Σχήμα 2.1). Η αναβολική της δράση αυξάνεται και διαμέσου του ινσουλινομιμητικού αυξητικού παράγοντα I (IGF-I), λόγω της θετικής επίδρασης της στην αύξηση της έκκρισης τους, ο οποίος ταυτόχρονα διεγείρει τη διαίρεση του κυττάρου. Επίσης, υποβοηθά στην αύξηση της δράσης των ανοσοποιητικών κυττάρων.

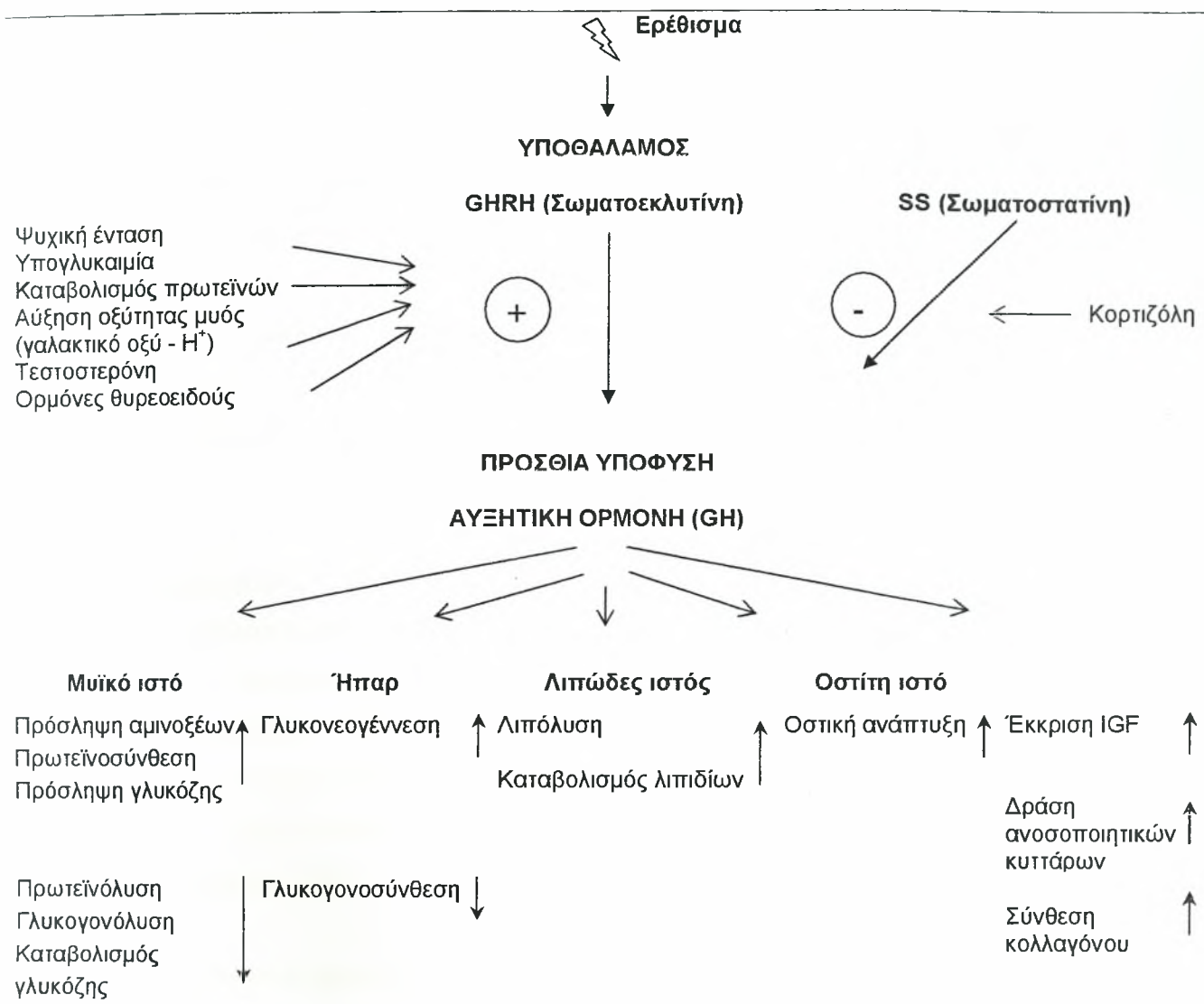
Αντίθετα, περιορίζει την πρωτεϊνόλυση, μειώνει τον ρυθμό χρησιμοποίησης της γλυκόζης (περιορίζοντας τη δράση της ινσουλίνης στην αύξηση της πρόσληψης γλυκόζης και τη γλυκογονοσύνθεση στους μύες και στο ήπαρ), για να διατηρεί τα επίπεδα του σακχάρου “σταθερά” στο αίμα, αυξάνοντας ταυτόχρονα τη χρησιμοποίηση λιπιδίων για παραγωγή ενέργειας. (Σχήμα 2.1).



Η συγκέντρωση της κατά τη διάρκεια του 24ώρου δεν είναι σταθερή αλλά παρουσιάζει διακυμάνσεις (οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται κατά τη διάρκεια του ύπνου). Η συγκέντρωση της στο αίμα κυμαίνεται από 0 – 5 µg/L στους ενήλικες και 0 – 10 µg/L στα παιδιά και τους εφήβους.

Η έκκριση της κατά τη διάρκεια της άσκησης (τρέξιμο) σχετίζεται περισσότερο με την ένταση, παρά με τη διάρκεια ή τη συνολική παραγωγή έργου (Μούγιος, 1996). Η ανταπόκριση της κατά τη διάρκεια της προπόνησης με βάρη και οι παράγοντες που την επηρεάζουν αναλύονται στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου.

*Ινσουλινομιμητικός αυξητικός παράγοντας 1 (IGF-I):* Πολύπεπτιδική ορμόνη με αναβολική δράση. Παράγεται μετά από ερέθισμα που δίδεται από την αυξητική ορμόνη στο ήπαρ (η διαδικασία διαρκεί 8-29 ώρες). Επίσης, παράγεται και αποθηκεύεται και σε άλλους ιστούς (πχ λιπώδη, λευκά αιμοσφαίρια), περιλαμβάνοντας και τον μυϊκό, με ή χωρίς ερέθισμα από την GH. Προάγει την πρωτεϊνοσύνθεση, μειώνοντας κυρίως την πρωτεϊνόλυση και αυξάνοντας την διαθεσιμότητα των αμινοξέων.



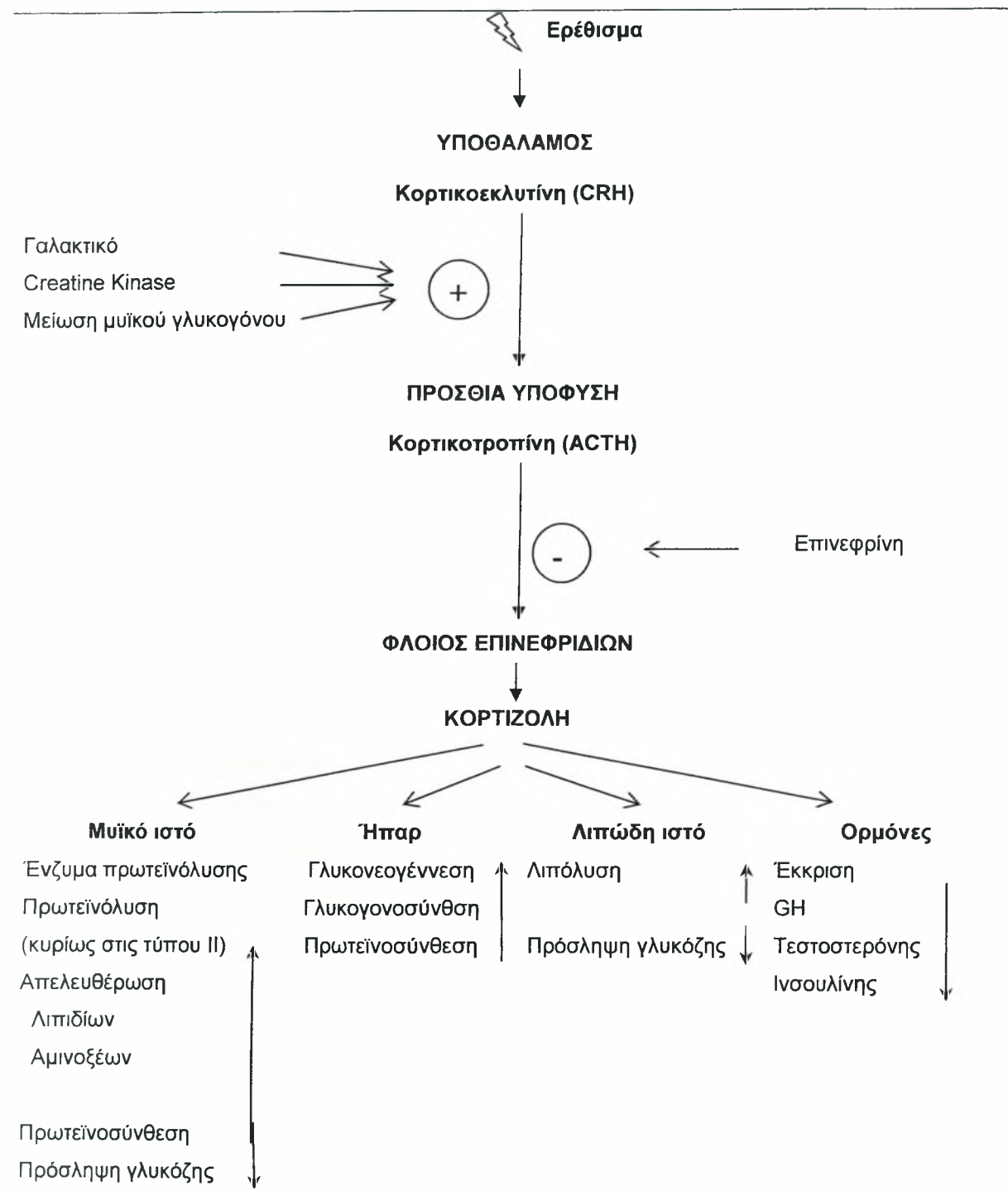
Σχήμα 2.1: Έκκριση και δράση αυξητικής ορμόνης

*Στεροειδείς ορμόνες:* Οι στεροειδείς ορμόνες που έχουν σαν κυρίαρχο δομικό υλικό την χοληστερόλη, παράγονται από το φλοιό των επινεφριδίων, τα γεννητικά όργανα (τους όρχεις και τις ωοθήκες, που αναφέρονται ως γονάδες) και από τον πλακούντα κατά την κύηση. Επειδή είναι λιπόφιλες, μόλις παραχθούν διαχέονται μέσω της μεμβράνης του πλάσματος των κυττάρων παραγωγής τους και εισέρχονται πρώτα στο μεσοκυττάριο υγρό και μετά στο αίμα όπου κυρίως προσδένονται με συγκεκριμένες πρωτεΐνες του πλάσματος. Διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες: Τα *γλυκοκορτικοειδή*, τα *αλατοκορτικοειδή*, τα *οιστρογόνα*, τις *προγεστίνες* και τα *ανδρογόνα*. Ακολουθώς, θα αναλύσουμε τις σημαντικότερες κατηγορίες των στεροειδών ορμονών:

*Γλυκοκορτικοειδή:* Με κυριότερο εκπρόσωπο την *κορτιζόλη* έχουν σπουδαία επίδραση στο μεταβολισμό της γλυκόζης και σε άλλα οργανικά συστατικά. Στο ήπαρ ενισχύουν τη γλυκονεογένεση, τη γλυκογονοσύνθεση και την πρωτεϊνοσύνθεση και αυξάνουν τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Στο μυϊκό ιστό προκαλούν πρωτεϊνόλυση, σε αντίθεση με την επίδραση τους στο ήπαρ. Επιπρόσθετα, σε μεγάλες ποσότητες καταστέλλουν το ανοσοποιητικό σύστημα (Μούγιος, 1996).

*Κορτιζόλη:* Στεροειδής ορμόνη που εκκρίνεται από τον φλοιό των επινεφριδίων μετά από το ερέθισμα της κορτικοτροπίνης (ACTH). Η συγκέντρωση της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό την επίδραση φυσικών και ψυχολογικών ερεθισμάτων και όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση τους τόσο υψηλότερη είναι η ανταπόκριση της κορτιζόλης. Μετά την έκκριση της στο αίμα, συνδέεται κατά 75% με μία ειδική πρωτεΐνη μεταφοράς (corticosteroid-binding globulin), κατά 15% με την albumin και το υπόλοιπο 10% παραμένει ελεύθερη στην κυκλοφορία (Kraemer, and Ratamess, 2005; Kraemer, 2000). (Σχήμα 2).

Ονομάζεται γλυκοκορτικοειδή για την σπουδαία επίδραση που έχει στο μεταβολισμό της γλυκόζης και σε άλλα οργανικά θρεπτικά συστατικά (κινητοποίηση των καυσίμων για να είναι διαθέσιμα για την παραγωγή ενέργειας). (Σχήμα 2.2). Ενισχύει τη γλυκονεογέννεση (μετατροπή αμινοξέων σε υδατάνθρακες-κύκλος του Gori), τη γλυκογονοσύνθεση και την πρωτεϊνοσύνθεση στο ήπαρ και κατά συνέπεια αυξάνει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα (όταν μειώνονται τα επίπεδα γλυκογόνου στους μύες). Αναστέλλει την πρόσληψη και την οξείδωση της γλυκόζης από πολλά σωματικά κύτταρα (σε αντίθεση με την ινσουλίνη), αλλά όχι από τα εγκεφαλικά κύτταρα. Επίσης, αυξάνει την κινητοποίηση της γλυκερόλης και των ελεύθερων λιπαρών οξέων. (Σχήμα 2.2). Στους μύες προκαλεί πρωτεϊνόλυση (με μεγαλύτερη επίδραση στις τύπου II ίνες), μέσω της αύξησης των ενζύμων που είναι υπεύθυνα για τη διάσπαση των πρωτεϊνών και αναστέλλει την πρωτεϊνοσύνθεση (Guyton, and Hall, 1996). Ακόμη, ενισχύει την ικανότητα των λείων μυών και των αγγείων να συστέλλονται σε ερεθίσματα (όπως και η νορεπινεφρίνη). Επιπρόσθετα, προκαλεί αναστολή των φλεγμονών και των ειδικών ανοσολογικών αποκρίσεων. Η συγκέντρωση της στο αίμα δεν παραμένει σταθερή στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, αλλά παρουσιάζει μια χαρακτηριστική διακύμανση: είναι υψηλότερη το πρωί και χαμηλότερη το βράδυ (*Πρωί*: 50-230 ng/mL ή 138-635 nmol/L, *Απόγευμα*: 30-160 ng/mL ή 83-441 nmol/L). Όταν τα επίπεδα της στο αίμα ξεπεράσουν τα 800 nmol/L ενδεχομένως να υποδηλώνονται προβλήματα υπερπροπρόνησης. (Kraemer, and Ratamess, 2005; Vander et al., 2001).



Σχήμα 2.2: Έκκριση και δράση κορτιζόλης

Κάθε μορφή άσκησης προκαλεί αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης και είναι ανάλογη κυρίως με τη συνολική επιβάρυνση του προγράμματος αλλά και την ένταση. Αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης έχει βρεθεί τόσο μετά από αερόβια άσκηση, όπως το τρέξιμο και η ποδηλασία (Deschenes, Kraemer, Maresh, and Crivello, 1991). Σε αερόβια άσκηση μεγάλης διάρκειας, αρχικά παρατηρείται αύξηση της κορτιζόλης και ακολούθως σταδιακή μείωση της (Wilmore, and Costill, 1994). Στη συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου θα παρουσιαστεί αναλυτικά η επίδραση της προπόνησης με βάρη στην ανταπόκριση της κορτιζόλης.

*Κορτικοτροπίνη ή Φλοιοτρόπος ορμόνη (ACTH):* Εκκρίνεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης και διεγείρει τη σύνθεση της κορτιζόλης. Αυξάνει την κινητοποίηση των λιπαρών οξέων από τον λιπώδη ιστό, το ρυθμό της γλυκονεογέννεσης και διεγείρει τον καταβολισμό των πρωτεϊνών.

### **Αλατοκορτικοειδή**

Με εκπροσωπώ την *αλδεστερόνη* που έχει σημαντική επίδραση στους νεφρούς και κατά επέκταση στο ισοζύγιο των αλάτων, όπως το νάτριο ( $\text{Na}^+$ ), κάλιο ( $\text{K}^+$ ) και ιόντα υδρογόνου ( $\text{H}^+$ ) (Vander et al., 2001). Η διατήρηση της ισορροπίας νερού και αλάτων στον οργανισμό επιτυγχάνεται με την επαναρρόφηση του  $\text{Na}^+$  και την αποβολή του  $\text{K}^+$  και  $\text{H}^+$ . Επίσης, τα αλατοκορτικοειδή αυξάνουν τον όγκο του αίματος και την αρτηριακή πίεση, επειδή μαζί με τα  $\text{Na}^+$  αναρροφώνται από το νερό (Μούγιος, 1996).

Τα *γλυκοκορτικοειδή* και τα *αλατοκορτικοειδή* όπου μαζί ονομάζονται *Κορτικοστεροειδή*, συνθέτονται και εκκρίνονται από το φλοιό των επινεφριδίων, μετά από την επίδραση της κορτικοτροπίνης (ACTH).

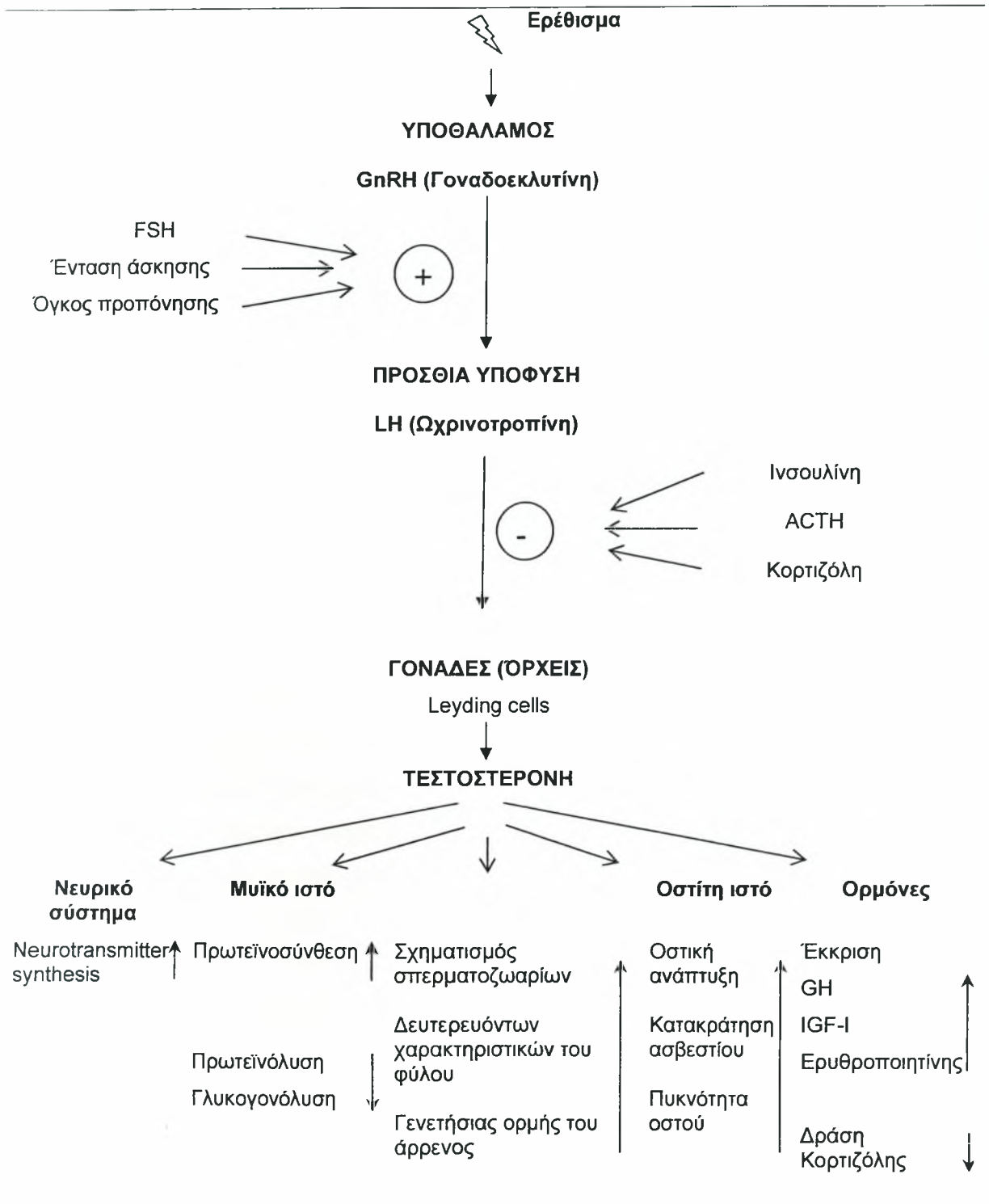
### **Ανδρογόνα**

Τα ανδρογόνα (με κυριότερο εκπρόσωπο την *τεστοστερόνη*), τα οιστρογόνα και οι προγεστίνες συνθέτονται και εκκρίνονται κυρίως από τις γονάδες και ανήκουν στις *ορμόνες του φύλου*. Οι σύνθεσή τους ελέγχεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης μέσω των *γονοδοτροπινών* (πεπτιδίων), της *ωθυλακιοτρόπου ορμόνης (FSH)* και της *ωχρινοποιητικής ορμόνης (LH)*. Οι γονοδοτροπίνες ρυθμίζουν τη λειτουργία και ανάπτυξη των γονάδων.

*Τεστοστερόνη*: Στεροειδής ορμόνη που εκκρίνεται από τα κύτταρα Leydig στους όρχεις με κύρια λειτουργία την ανάπτυξη των βιολογικών χαρακτηριστικών του άρρενος και με αναβολική δράση στο μυϊκό, οστικό ιστό και δέρμα. Προάγει την πρωτεϊνοσύνθεση, την οστική ανάπτυξη και περιορίζει την πρωτεϊνόλυση. (Σχήμα 3). Επίσης, διεγείρει την έκκριση ερυθροποιητίνης από τους νεφρούς. Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση της LH και ο ρυθμός έκκρισης της στον άνδρα είναι πολλαπλάσιος (7 mg) σε σχέση με τη γυναίκα 0,3 mg (και στα δύο φύλα μειώνεται με την πάροδο της ηλικίας). Μετά την έκκριση, το 97% της τεστοστερόνης συνδέεται και μεταφέρεται στο αίμα από μία πρωτεΐνη μεταφοράς (SHGB), ενώ μόνο το 3% κυκλοφορεί σε ελεύθερη μορφή (που θεωρείται και το “βιολογικά ενεργό”). Η συγκέντρωση της στο αίμα κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου (κirkάδιος κύκλος της τεστοστερόνης) δεν είναι σταθερή αλλά παρουσιάζει μεταβολές: οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται το πρωί και μετά ακολουθούν μια σταδιακή μείωση με την πάροδο του χρόνου κατά τη διάρκεια της ημέρας (3-12ng/mL ή 10,4-41,6 nmol/L). (Kraemer, and Ratamess, 2005; Kraemer, and Mazetti, 2003; Kraemer, 2000, Μούγιος, 1996; Vander et al., 2001)

*Ωχρινοτροπίνη ή γοναδοτροπίνη (LH)*: Είναι γλυκοπρωτεΐνη που παράγεται από τα βασεόφιλα κύτταρα της αδενούποφουσης. Στους άνδρες η LH διεγείρει και διατηρεί τη σπερματογένεση και τη σύνθεση της τεστοστερόνης.





Σχήμα 2.3: Έκκριση και δράση Τεστοστερόνης

*Βιολογικά ενεργά λιπίδια:* Ορμόνες που αποτελούνται από βιολογικά ενεργά λιπίδια τα οποία βρίσκονται σχεδόν σε όλες τις κυτταρικές μεμβράνες. Οι ορμόνες που είναι βασισμένες σε λιπίδια (π.χ. προσταγλανδίνες) συμβάλλουν στη ρύθμιση της διαμέτρου των αιμοφόρων αγγείων, τη γαστρική έκκριση και την πήξη του αίματος.

*Ερυθροποιητίνη:* Μια διαφορετική κατηγορία ορμόνης αποτελεί η ερυθροποιητίνη, μια γλυκοπρωτεΐνη η οποία διεγείρει την παραγωγή των ερυθρών αιμοσφαιρίων από το μυελό των οστών.

### **Έκκριση ορμονών**

Με τον όρο «έκκριση» ορμονών εννοείτε η σύνθεση και η απελευθέρωση τους από τα κύτταρα (αδένες) μετά από νευρικά ή χημικά ερεθίσματα. Η έκκριση τους πραγματοποιείτε σε σύντομες παλιρροιακές δόσεις με συνέπεια την απότομη μεταβολή της συγκέντρωσης τους στο πλάσμα (Kraemer, and Ratamess, 2005; Kraemer, and Mazetti, 2003; Vander et al., 2001). Ανάμεσα σε αυτές τις περιόδους η απελευθέρωση τους είναι μικρή έως μηδενική. Η έκκριση των ορμονών ελέγχεται κατά κύριο λόγο από τριών ειδών εισερχόμενα σήματα: 1) Ιόντα ή θρεπτικά στοιχεία, 2) Νευρικά σήματα – νευροδιαβιβαστές που προέρχονται από τα νεύρα που συνδέονται με τα ενδοκρινικά κύτταρα και 3) άλλες Ορμόνες οι οποίες δρουν πάνω στα κύτταρα του αδένα. Είναι γεγονός όμως ότι, η έκκριση κάποιας ορμόνης πραγματοποιείται τις περισσότερες φορές μετά την επιρροή από περισσότερα του ενός σήματα.

Εδώ όμως πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι τα εισερχόμενα σήματα δεν επιφέρουν μόνο αύξηση στην απελευθέρωση κάποιας ορμόνης αλλά μπορεί να προκαλέσουν και μείωση ή/και διακοπή στην έκκριση της (αρνητική ανατροφοδότηση) (Vander et al., 2001). Κατά συνέπεια ο ρυθμός και το μέγεθος της κάθε ορμονικής έκκρισης είναι συνέπεια των πολλαπλών και πολλές φορές αντιθετικών ερεθισμάτων που λαμβάνουν ταυτόχρονα οι αδένες και τα ενδοκρινικά κύτταρα. Η ινσουλίνη για παράδειγμα ελέγχεται και από τα τρία είδη εισερχόμενων σημάτων όπως, από την εξωκυτταρική συγκέντρωση της γλυκόζης και άλλων θρεπτικών στοιχείων, από τα συμπαθητικά και παρασυμπαθητικά νεύρα των ινσουλινούχων ενδοκρινικών κυττάρων και από αρκετές άλλες ορμόνες που δρουν πάνω στα κύτταρα.

### ***Συγκέντρωση των ορμονών στο αίμα***

Η αύξηση της συγκέντρωσης των ορμονών στο αίμα κατά την οξεία φάση φαίνεται να εξαρτάται από πολλούς μηχανισμούς. Αυτοί περιλαμβάνουν κυρίως την αύξηση στην έκκριση τους, τη μεταβολή του όγκου πλάσματος, τη μείωση της “απέκκρισης” τους από το ήπαρ, τη χημική αποικοδόμηση των ορμονών και της αλληλεπίδρασης με τους ειδικούς ορμονικούς υποδοχής (Jezova, and Vlgas, 1981; Kraemer, 2000; Schwab et al., 1993). Ένας ή περισσότεροι μηχανισμοί ίσως να είναι υπεύθυνοι για την έκθεση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας ορμονών με τους υποδοχείς του κυττάρου, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα της αλληλεπίδρασης ορμόνης – υποδοχέα, επιφέροντας τελικά την αύξηση σύνθεσης πρωτεϊνών (Kraemer, and Ratamess, 2003).

### **Κιρκάδιος κύκλος ορμονών**

Η έκκριση και ως συνέπεια η συγκέντρωση των ορμονών δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια του 24ωρου αλλά παρουσιάζει “κυκλικές” διακυμάνσεις. Αυτό το φαινόμενο που είναι διαφορετικό για κάθε ορμόνη (διαφορετική περίοδος βιορυθμού) αναφέρεται ως ο *Κιρκάδιος κύκλος* των ορμονών. Η κυκλική διακύμανση στη συγκέντρωση φαίνεται να ελέγχεται από την “κυκλική” δραστηριότητα των νευρικών οδών οι οποίες συμμετέχουν στην απελευθέρωση των ορμονών (Vander et al., 2001). Για παράδειγμα, η έκκριση της αυξητικής ορμόνης σχετίζεται με τον ύπνο, όπου η συγκέντρωση της αυξάνεται σημαντικά κατά τη διάρκεια του ύπνου (1<sup>η</sup> περίοδος), ενώ κατά το υπόλοιπο της ημέρας και της νύκτας παρουσιάζει πολύ μικρή έως ελάχιστη συγκέντρωση. Επίσης, η συγκέντρωση της τεστοστερόνης παρουσιάζει αύξηση τις πρωινές ώρες και το απόγευμα, σε σχέση με το υπόλοιπο της ημέρας και της νύκτας που είναι σε χαμηλότερα επίπεδα (Μούγιος, 1996).

### **Μεταφορά των ορμονών στο αίμα**

Οι ορμόνες όπως προαναφέραμε αφού εκκριθούν από τους αδένες μεταφέρονται μέσω του αίματος προς τα κύτταρα στόχους τους. Η μεταφορά τους είναι ανάλογη με τη χημική τους σύσταση. Οι πεπτιδικές ορμόνες και οι καταχολαμινές λόγω της υδατοδιαλυτότητας τους μεταφέρονται *διαλυμένες και ελεύθερες* μέσα στο πλάσμα, σε αντίθεση με τις θυροειδικές και τις στεροειδείς ορμόνες που η μεγαλύτερη τους ποσότητα μεταφέρεται δεσμευμένη με πρωτεΐνες του πλάσματος (π.χ SHBG). Ένα μικρό ποσοστό όμως και αυτών των ορμονών κυκλοφορεί ελεύθερο μέσα στο αίμα. (Kraemer, and Mazetti, 2003; Kraemer, and Ratames, 2003; Kraemer, 2000; Vander et al., 2001). Έτσι, για κάθε στεροειδή και θυροειδική ορμόνη έχουμε τη δεσμευμένη, την ελεύθερη και τη συνολική συγκέντρωση (το άθροισμα της ελεύθερης και της δεσμευμένης).

Από τους περισσότερους ερευνητές υποστηρίζεται ότι, μόνο η ελεύθερη ορμόνη είναι φυσιολογικά ενεργή διότι μπορεί να διαπεράσει τα αγγειακά τοιχώματα και να συναντήσει τα κύτταρα στόχους σε αντίθεση με τη δεσμευμένη ορμόνη (Kraemer, and Ratamess, 2003; Vander et al., 2001). Όμως, ακόμη και η δεσμευμένη ορμόνη είναι πιθανόν να έχει φυσιολογική δράση και να υπάρχει η πιθανότητα να ενωθεί με τα κύτταρα στόχους της λόγω της πολύ μεγαλύτερης της συγκέντρωσης και της “μεγαλύτερης διάρκειας ζωής” που διαθέτει (Kraemer and Ratamess 2005). Δεν είναι λογικό άλλωστε να υπάρχει κάτι χωρίς να χρησιμεύει πουθενά.

### **Μεταβολισμός και απέκκριση ορμονών**

Ο ρυθμός έκκρισης των ορμονών από τα ενδοκρινή κύτταρα δεν καθορίζει από μόνος του τη συγκέντρωσή τους στο αίμα και τη γενικότερη δράση τους, αλλά επιπρόσθετα εξαρτώνται από τον ρυθμό απομάκρυνσής τους είτε μέσω απέκκρισης είτε μέσω της μεταβολικής τροποποίησης τους. Οι ορμόνες μεταβολίζονται και απεκκρίνονται κυρίως από τα νεφρά και το ήπαρ, αλλά και σε μερικές περιπτώσεις από τα ίδια τα κύτταρα πάνω στα οποία δρουν (πεπτιδικές ορμόνες). Οι κατεχολαμίνες και οι πεπτιδικές ορμόνες έχουν μικρή διάρκεια ζωής (από μερικά λεπτά μέχρι και λίγες ώρες) λόγω της πολύ γρήγορης απομάκρυνσής τους από το αίμα κυρίως μέσω της εύκολης απέκκρισής τους. Αντίθετα, οι στεροειδείς και οι θυροειδικές ορμόνες απομακρύνονται με πολύ πιο αργούς ρυθμούς (από πολλές ώρες μέχρι και αρκετές μέρες) λόγω της μεγαλύτερης δυσκολίας στην απέκκριση ή τον καταβολισμό τους τουλάχιστον για αυτές που είναι συνδεδεμένες με τις πρωτεΐνες μεταφοράς τους στο αίμα (αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής συγκέντρωσης) (Kraemer, and Ratamess, 2003; Kraemer, 2000; Vander et al., 2001).

Συνεπώς, οι κατεχολαμίνες και οι πεπτιδικές ορμόνες μπορεί να έχουν μόνο δράση μόνο αμέσως μετά την έκκρισή τους, σε αντίθεση με στεροειδείς και τις θυροειδικές ορμόνες που μπορούν να δρουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αφού εισέλθουν στην κυκλοφορία.

### **Μηχανισμοί δράσης ορμονών**

Αν και οι ορμόνες μετά την έκκριση τους κυκλοφορούν διάμεσο του αίματος σε όλο το σώμα, εντούτοις δεν μπορούν να δράσουν ανεξέλεγκτα σε όλους τους ιστούς αλλά παρουσιάζουν υψηλή εξειδίκευση και μπορούν να επηρεάσουν μόνο τα στοχοθετημένα τους κύτταρα. Αυτό εξαρτάται από τους *ειδικούς ορμονικούς υποδοχείς του κυττάρου* (βρίσκονται είτε πάνω στην κυτταροπλασματική μεμβράνη ή μέσα στο κύτταρο) οι οποίοι μπορούν να δεχθούν μόνο συγκεκριμένο τύπο ορμονών. Ακολουθώντας, με την ένωση του μορίου της ορμόνης με τον ειδικό υποδοχέα ακολουθείτε ένας μεγάλος αριθμός χημικών διεργασιών (μέσω αλυσιδωτών αντιδράσεων) ο οποίος επιφέρει τελικά την απόκριση του κυττάρου στο αρχικό ερέθισμα (Kraemer, and Mazetti, 2003; Kraemer, 2000; Vander et al., 2001).

Το μέγεθος της απόκρισης δεν εξαρτάται μόνο από τη συγκέντρωση ορμονών στην κυκλοφορία, αλλά και από τον αριθμό των ορμονοϋποδοχέων που βρίσκονται στο κύτταρο. Η μεταβολή του αριθμού τους ελέγχεται κυρίως από την ίδια την ορμόνη (που μπορεί να ενωθεί μαζί του) και είναι αντιστρόφως ανάλογη της συγκέντρωσης της για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Με υψηλή συγκέντρωση προκαλείτε μείωση στον αριθμό των υποδοχέων (*καπιούσα ρύθμιση*) σε αντίθεση με τη μειωμένη συγκέντρωση της ορμόνης που επιφέρει αύξηση στη συγκέντρωση τους (*ανιούσα ρύθμιση*). Όμως, υπάρχουν και περιπτώσεις που μια ορμόνη μπορεί να επιφέρει αύξηση ή μείωση στους υποδοχείς μιας άλλης ορμόνης (Vander et al., 2001). Με αυτόν τον τρόπο μπορεί είτε να υποβοηθά είτε να ανταγωνίζεται τη δράση της δεύτερης ορμόνης, αυξάνοντας ή μειώνοντας αντίστοιχα των αριθμό των υποδοχέων. Επίσης, υπάρχουν περιπτώσεις που μία ορμόνη επιφέρει θετική επίδραση στους υποδοχείς μιας άλλης ορμόνης, υποβοηθώντας την έτσι να έχει μέγιστη δράση (επιτρεπτικότητα). Οι μηχανισμοί δράσης των διαφόρων ορμονών φαίνεται να είναι ανάλογη όχι μόνο με τη χημική τους σύνθεση αλλά και με τη θέση και των αριθμό των ορμονοϋποδοχέων στο κύτταρο. (Kraemer and Ratamess, 2005; Kraemer and Ratamess, 2003).



*Δράση Πεπτιδικών ορμονών και Κατεχολαμινών:* Οι ορμονοϋποδοχείς των πεπτιδίων και των κατεχολαμινών βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια του κυττάρου (στο έξω μέρος της κυτταροπλασματικής μεμβράνης). Οι υποδοχείς ενεργοποιούνται μετά από τη σύνδεση τους με τα μόρια της ορμόνης με συνέπεια την πρόκληση μίας ή περισσότερων μεταγωγής σημάτων τα οποία επηρεάζουν άμεσα: 1) τους ιοντικούς δίαυλους του υποδοχέα προκαλώντας αλλαγές στο ηλεκτρικό δυναμικό και ακολούθως τους διαύλους ασβεστίου επιφέροντας αλλαγές στη συγκέντρωση του στο ενδοπλασματικό υγρό, 2) τη δραστηριότητα των ενζύμων τα οποία είναι μέρος του υποδοχέα επιφέροντας τελικά αλλαγές στη δραστηριότητα των κυτταρικών πρωτεϊνών, 3) τη δραστηριότητα των JAK κινασών που συνδέονται με τον υποδοχέα ή 4) τις πρωτεΐνες G που επενεργούν με τη σειρά τους πάνω σε ιοντικό δίαυλο ή ένζυμο της κυτταρικής μεμβράνης. Οι πιο πάνω αλληλουχίες επιφέρουν τη μετατροπή σήματος (απάντηση στην ορμόνη) στην τελική απόκριση του κυττάρου που είναι συνήθως η γονιδιακή ρύθμιση-μετεγγραφή, η διαφοροποίηση και η κυτταρική διαίρεση, η ενεργοποίηση και η σύνθεση νέων πρωτεϊνών. (Vander et al., 2001).

*Δράση Στεροειδών και Θυρεοειδικών Ορμονών:* Οι υποδοχείς των στεροειδών και των θυρεοειδικών ορμονών βρίσκονται ανενεργοί πρώτιστος ενδοκυτταρικά (μέσα στο κυτταρόπλασμα ή στον πυρήνα) και παρουσιάζουν μεγάλη δομική ομοιότητα με τις ορμόνες τους. Τα μόρια της λιποδιαλυτής ορμόνης αφού εισέλθουν στο κύτταρο (διαμέσου της λιπιδικής κυτταρικής μεμβράνης) ενώνονται με τους ειδικούς υποδοχείς προκαλώντας αλλαγή στη διαμόρφωση τους με συνέπεια είτε την ενεργοποίησή τους. Με την ενεργοποίησή τους και τη μετατροπή τους σε ρυθμιστές πρωτεΐνες μπορούν πλέον να επηρεάσουν άμεσα τη γονιδιακή μετεγγραφή (μεταγραφικοί παράγοντες) (Vander et al., 2001).



Ακολούθως, μέσα από πολλές αλληλουχίες στον πυρήνα του κυττάρου προκαλούν αύξηση της μετεγγραφής των γονιδίων του DNA σε mRNA, όπου τα σχηματιζόμενα γονίδια κατευθύνονται τελικά στα ριβοσώματα του κυτταροπλάσματος και αλλάζουν το ρυθμό σύνθεσης των πρωτεϊνών που κωδικοποιούνται από τα εν λόγω γονίδια (μπορεί να είναι και περισσότερα του ενός). Σαν αποτέλεσμα έχουμε αύξηση της συγκέντρωσης των πρωτεϊνών είτε εντός είτε εκτός του κυττάρου, με συνέπεια την ένταση ή την αναστολή κάποιων διαδικασιών που επιτελούνται από το κύτταρο. Όμως, υπάρχει και το ενδεχόμενο ένας ενεργοποιημένος υποδοχέας αντί για αύξηση να προκαλέσει μείωση της γονιδιακής μετεγγραφής. (Vander et al., 2001).

### ***Η επίδραση της προπόνησης με βάρη στις φυσιολογικές ανταποκρίσεις του οργανισμού***

Η προπόνηση με βάρη αποτελεί ένα αποτελεσματικό ερέθισμα για τη βελτίωση της λειτουργίας πολλών φυσιολογικών συστημάτων του οργανισμού. Ενισχύει το νευρομυϊκό σύστημα, το συνδετικό, μυϊκό και οστίτη ιστό και αποτελεί έτσι ένα βασικό στοιχείο ενός ολοκληρωμένου προγράμματος φυσικής κατάστασης τόσο για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων στον αγωνιστικό αθλητισμό, όσο και για τη διατήρηση της υγείας, την αποφυγή εκφυλιστικών παθήσεων και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής στο μαζικό αθλητισμό (American College of Sports Medicine, Position Stand 2002; Evans, 1999; Ghilarducci, Holly, and Amsterdam, 1989). Η προπόνηση με βάρη χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για την αύξηση της μυϊκής δύναμης, η οποία αποτελεί μια θεμελιώδη ιδιότητα της φυσικής κατάστασης (η ικανότητα των μυών να αντιστέκονται ή/και να υπερνικούν εξωτερικές αντιστάσεις).

Ανάλογα με το στόχο του κάθε προγράμματος, η προπόνηση με βάρη μπορεί να επιφέρει βελτίωση στις διάφορες μορφές της μυϊκής δύναμης (μέγιστη δύναμη, αντοχή στη δύναμη, ισχύ).

Επιπλέον, βελτίωση μπορεί να πραγματοποιηθεί και στις υπόλοιπες ιδιότητες της φυσικής κατάστασης (ταχύτητα, αλτικότητα, ευκαμψία) όπως επίσης στη συναρμογή, την ισορροπία, σε κινητικές δεξιότητες και τέλος στην αθλητική απόδοση (American College of Sports Medicine, Position Stand 2002; Kraemer, and Ratamess, 2004). Οι προσαρμογές που επέρχονται στο νευρομυϊκό σύστημα είναι ανάλογες με το στόχο του προγράμματος, την ηλικία, το φύλο, τις ατομικές ιδιαιτερότητες και την προπονητική εμπειρία του κάθε ασκούμενου (Fleck, and Kraemer, 2000).

Ο στόχος του κάθε προγράμματος με βάρη καθορίζεται από τον αριθμό, το είδος και τη σειρά εκτέλεσης των ασκήσεων, τον τύπο της μυϊκής συστολής, την ένταση, τον αριθμό των σετ και των επαναλήψεων, το διάλειμμα μεταξύ των σετ και των ασκήσεων και ίσως από την ταχύτητα εκτέλεσης (παράγοντες επιβάρυνσης). Η διαφορετική διαμόρφωση των πιο πάνω παραγόντων προκαλεί διαφορετικές φυσιολογικές ανταποκρίσεις (μεταβολικές, νευρικές, μυϊκές και κάρδιο-αναπνευστικές) στις οποίες οφείλονται οι όποιες προσαρμογές (Kraemer et al., 1996). Οι διαφορετικές φυσιολογικές ανταποκρίσεις είναι αποτέλεσμα κυρίως της διαφορετικής νευρομυϊκής ενεργοποίησης που απαιτείτε για την εκτέλεση του κάθε προγράμματος (Hakkinen, 1989; Hakkinen, 1994) που είναι ανάλογη με το μηχανικό φορτίο (ένταση) που καλείται να υπερνικήσει ο ασκούμενος μυς, αλλά και από το συνολικό όγκο της προπόνησης. Ακολούθως, η νευρομυϊκή διέγερση με τη σειρά της ενεργοποιεί και άλλα φυσιολογικά συστήματα του οργανισμού (π.χ ενδοκρινικό, αναπνευστικό κ.α.), τα οποία υποστηρίζουν τις οξείες μεταβολικές απαιτήσεις και ενισχύουν τις άμεσες και χρόνιες προσαρμογές (αποκατάστασης, επιδιόρθωσης, ανακατασκευής) που επέρχονται στο νευρομυϊκό σύστημα (Kraemer, 1992, Kraemer and Mazzetti, 2003).

Όλες οι προσαρμογές ακολουθούν μια ειδική χρονική αλληλουχία. Ακόμη και μία προπονητική μονάδα είναι ικανή να προκαλέσει άμεσες φυσιολογικές ανταποκρίσεις (οξεία ανταπόκριση), οι οποίες όμως για να οδηγήσουν σε προσαρμογές (σε κυτταρικό επίπεδο, σε συγκεκριμένους ιστούς και συστήματα) χρειάζεται η επαναλαμβανόμενη εφαρμογή του προπονητικού ερεθίσματος (χρόνιες μεταβολές). Μια από αυτές τις προσαρμογές είναι η αύξηση της άλιπης μάζας σώματος (μυϊκή υπερτροφία), η οποία φυσιολογικά μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω της προπόνησης δύναμης.

### ***Η επίδραση της προπόνησης με βάρη στο ενδοκρινικό σύστημα και τη συγκέντρωση των ορμονών***

Στο μέρος αυτό θα εξεταστεί η επίδραση της άσκησης με βάρη στο ενδοκρινικό σύστημα και στην οξεία ορμονική ανταπόκριση. Στην αρχή γίνεται μία γενική αναφορά για την επίδραση της προπόνησης με βάρη στην ορμονική συγκέντρωση. Στη συνέχεια αναλύεται διεξοδικά η επίδραση της προπόνησης με βάρη στην ανταπόκριση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης τόσο μετά την εκτέλεση ενός μόνο προγράμματος (οξεία ανταπόκριση), όσο και μετά την εφαρμογή βραχυχρόνια ή μακροχρόνιας προπόνησης.

Όπως είδαμε πιο πάνω η προπόνηση με βάρη προκαλεί οξείες φυσιολογικές ανταποκρίσεις και λειτουργικές προσαρμογές. Σε αυτές τις φυσιολογικές προσαρμογές ουσιαστικό ρόλο διαδραματίζει το ορμονικό ή νεύρο-ενδοκρινικό σύστημα, το οποίο αποτελεί το κυριότερο σύστημα επικοινωνίας μεταξύ των φυσιολογικών συστημάτων και των κυττάρων στόχων (Kraemer, 2000). Σύμφωνα με τις περισσότερες έρευνες η άσκηση με βάρη μπορεί να επιφέρει την άμεση ανταπόκριση του ενδοκρινικού συστήματος και τη σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση των ορμονών πέρα από το φυσιολογικό (Kraemer, and Ratamess, 2005).

Μέσω της ανταπόκρισης των ορμονών υποστηρίζονται οι οξείες μεταβολικές απαιτήσεις και ενισχύονται οι άμεσες και χρόνιες προσαρμογές που επέρχονται στο νευρομυϊκό σύστημα (αποκατάστασης, επιδιόρθωσης, ανακατασκευής). Ακόμη και μετά από μία προπόνηση με βάρη είναι δυνατόν να υπάρξει άμεση ανταπόκριση του ενδοκρινικού συστήματος πέρα από τη φυσιολογική, η οποία θα προκαλέσει έκκριση και αύξηση ορισμένων ορμονών στην κυκλοφορία (χημικά μηνυματοφόρα μόρια) για την υποστήριξη των άμεσων απαιτήσεων του μεταβολισμού, της αποκατάστασης, της αναδόμησης και τέλος της προσαρμοστικότητας.

Μία ορμόνη απελευθερώνεται από τον ενδοκρινή αδένα στο αίμα, ταξιδεύει μέσω της κυκλοφορίας στο κύτταρο στόχο και ενώνεται με συγκεκριμένο υποδοχέα για να παραδώσει συγκεκριμένο βιολογικό μήνυμα το οποίο θα έχει σαν τελικό αποτέλεσμα τη μεταγραφή ή τη μετατροπή ή την ενεργοποίηση μίας πρωτεΐνης (Kraemer and Mazzetti, 2003). Το επαναλαμβανόμενο προπονητικό ερέθισμα και οι μεταβολές των ορμονών στην κυκλοφορία (κυρίως των αναβολικών) θα οδηγήσουν σε αύξηση της δημιουργίας νέων συσταλτών πρωτεϊνών, της αύξησης της διατομής των μυϊκών ινών (υπερτροφία) και τέλος της μυϊκής δύναμης. Έχει βρεθεί ότι μετά από την εκτέλεση ενός προγράμματος με βάρη, όταν το ερέθισμα και η επιβάρυνση είναι επαρκές (Vanhelder, Radomski and Goode, 1984), προκαλείτε αύξηση στη συγκέντρωση ορισμένων ορμονών στην κυκλοφορία όπως της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης (Kraemer, 2000). Αυξάνεται έτσι η πιθανότητα σύνδεσης των ορμονών με τους ειδικούς υποδοχείς του κυττάρου, οι οποίοι αυξάνονται σε αριθμό, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για αύξηση του κύκλου της πρωτεΐνης που παρατηρείται μετά από άσκηση με βάρη (Kraemer, and Mazzetti, 2003).

Η τεστοστερόνη και η αυξητική ορμόνη (αναβολικές ορμόνες) προάγουν την πρωτεϊνοσύνθεση και την αύξηση της μυϊκής μάζας (Griggs et al., 1989; Wuster, 1993). Επίσης, η τεστοστερόνη προάγει την έκκριση της αυξητικής ορμόνης και υποβοηθά τη δράση της. Ακόμη, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η τεστοστερόνη επιδρά στο νευρικό σύστημα (π.χ περιφερειακή δράση, αύξηση σύνθεσης των neurotransmitters).

Αντίθετα, η κορτιζόλη προκαλεί καταβολική δράση στο μυϊκό ιστό (πρωτεϊνόλυση) και μειώνει την πρωτεϊνοσύνθεση (Crowley, and Matt, 1996). Επιπρόσθετα, “καταστέλλει” την έκκριση της τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης και μειώνει τη δράση τους.

Αν και μετά από ένα προπονητικό ερέθισμα με βάρη η πρωτεϊνοσύνθεση και η πρωτεϊνόλυση πραγματοποιούνται ταυτόχρονα στις μυϊκές ίνες που είχαν επιβαρυνθεί λόγω της ταυτόχρονης αύξησης στη συγκέντρωση τόσο των αναβολικών όσο και των καταβολικών ορμονών (μέχρι και 48 ώρες μετά το τέλος της προπόνησης), φαίνεται ότι τελικά επικρατεί ο αναβολισμός (πρωτεϊνοσύνθεση) επιφέροντας έτσι την αύξηση της ανασύνθεσης και εναπόθεσης νέων συστατών πρωτεϊνών (Phillips, Tipton, Aarsland, Wolf, and Wolf, 1997). Τα επαναλαμβανόμενα προπονητικά ερεθίσματα και η αύξηση της σύνθεσης νέων πρωτεϊνών θα προκαλέσουν υπερτροφία στο μυϊκό ιστό (McCall, Byrnes, Dickinson, Pattany, and Fleck, 1996), η οποία θα οδηγήσει με τη σειρά της τελικά την αύξηση της μυϊκής δύναμης. Υπάρχει όμως και το ενδεχόμενο της επικράτησης του καταβολισμού. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν το προπονητικό ερέθισμα είναι ακατάλληλο (π.χ. πολύ μεγάλος όγκος προπόνησης) και πραγματοποιείτε επαναλαμβανόμενα για μεγάλο χρονικό διάστημα, χωρίς επαρκές περιόδους ανάληψης ανάμεσα στις προπονητικές μονάδες. Η καταβολική δραστηριότητα επικρατεί προκαλώντας μεγαλύτερη αποδήμηση των μυών σε σχέση με τη παραγωγή νέων πρωτεϊνών, επιφέροντας έτσι μείωση της λειτουργικής ικανότητας του μυϊκού συστήματος, η οποία θα οδηγήσει τελικά στη μείωση της απόδοσης.

Από τα πιο πάνω γίνεται κατανοητή η σημασία της χρησιμοποίησης κατάλληλων προγραμμάτων δύναμης τα οποία θα προκαλέσουν τη μεγαλύτερη αύξηση των αναβολικών ορμονών για τη δημιουργία του κατάλληλου μεταβολικού περιβάλλοντος που θα επιφέρει μακροπρόθεσμα τις βέλτιστες προσαρμογές στο νευρομυϊκό σύστημα. Επομένως, η ανταπόκριση του ενδοκρινικού συστήματος είτε θα επηρεάσει αρνητικά τη μυϊκή ανάπτυξη, είτε θα ενεργοποιήσει τους μηχανισμούς εκείνους που προάγουν τις προσαρμοστικές διαδικασίες.



Ορισμένες ορμόνες εκτός από την αναβολική ή την καταβολική τους δράση παρουσιάζουν άμεση επίδραση στη μεταβολική δραστηριότητα του οργανισμού κατά την προπόνηση με βάρη. Για παράδειγμα η αυξητική ορμόνη επιδρά στο λιπώδη ιστό (αύξηση λιπόλυσης και καταβολισμός λιπιδίων) και διαδραματίζει ρυθμιστικό ρόλο στο μεταβολισμό των υδατανθράκων όπως είναι μείωση του καταβολισμού γλυκόζης και της γλυκογονοσύνθεσης, ενώ αντίθετα προκαλεί αύξηση της πρόσληψης γλυκόζης και της γλυκονεογέννεσης (Sonntag, 1996; Vander, Sherman, Luciano, Tsakopoulos, 2001). Η κορτιζόλη μειώνει την πρόσληψη και την κατανάλωση της γλυκόζης από τα κύτταρα (μυϊκά και λιποκύτταρα), αυξάνει στο ήπαρ τη γλυκονεογέννεση (μετατροπή αμινοξέων σε γλυκόζη), τη γλυκογονοσύνθεση και την πρωτεϊνοσύνθεση, ενώ επιδρά επίσης και στο λιπώδη ιστό αυξάνοντας τη λιπόλυση (Vander et al., 2001). Συχνά η έκκριση της κορτιζόλης σχετίζεται με το "άδειασμα" των αποθηκών του μυϊκού γλυκογόνου και την ανάγκη για άμεση πρόσληψη γλυκόζης. Συνεπώς, οι ορμονικές ανταποκρίσεις συμβάλλουν στην ανάπτυξη των ιστών, ενώ ταυτόχρονα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διάσπαση των ενεργειακών υποστρωμάτων για την παραγωγή ενέργειας, τόσο κατά τη διάρκεια της άσκησης όσο και στο άμεσο χρονικό διάστημα της αποκατάστασης.

Η ανταπόκριση του ενδοκρινικού συστήματος και η συγκέντρωση των ορμονών εξαρτώνται από πλήθος παραγόντων όπως το φύλο, την ηλικία, τη βιολογική ωρίμανση, την προπονητική εμπειρία, τις γεννητικές καταβολές, τη δυνατότητα προσαρμοστικότητας των δοκιμαζομένων, το πρόγραμμα άσκησης, τους παράγοντες της επιβάρυνσης και την παροχή διατροφικών συμπληρωμάτων. Έχει βρεθεί ότι μετά από την εκτέλεση παρόμοιων προγραμμάτων με βάρη, διαφορετική είναι ορμονική ανταπόκριση σε άνδρες και γυναίκες (Kraemer et al., 1998), σε παιδιά και ενήλικες (Pullinen, Mero, MacDonald, Pakarinen, and Komi, 2002), σε ενήλικες και άτομα τρίτης ηλικίας (Isquierdo et al., 2001; Smilios, Pilianidis, Karamouzis, Parlavantzas, and Tokmakidis 2006) όπως επίσης σε προπονημένους και απροπονητούς (Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer, and Hakkinen, 2003b).

Επιπλέον, η παροχή διατροφικών συμπληρωμάτων (πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την προπόνηση) φαίνεται ότι διαδραματίζει το δικό της ουσιαστικό ρόλο στην ανταπόκριση των διαφόρων ορμονών και των ειδικών ορμονικών υποδοχέων του κυττάρου (Kraemer et al., 2006, Volek, 2004, Volek et al., 1997). Επίσης, διαφορετική είναι η ορμονική ανταπόκριση μετά από εκτέλεση προγραμμάτων με στόχο τη μέγιστη δύναμη, τη μυϊκή υπερτροφία και την αντοχή στη δύναμη (Smilios, Piliandis, Karamouzis, and Tokmakidis, 2003). Η αύξηση της συγκέντρωσης των ορμονών στο αίμα κατά την οξεία φάση φαίνεται να εξαρτάται από πολλούς μηχανισμούς. Αυτοί περιλαμβάνουν κυρίως την αύξηση στην έκκριση τους, τη μεταβολή του όγκου πλάσματος, τη μείωση της “απέκκρισης” τους από το ήπαρ, τη χημική αποικοδόμηση των ορμονών και της αλληλεπίδρασης με τους ειδικούς ορμονικούς υποδοχείς (Jezova, and Vigas, 1981; Kraemer et al., 1992; Ratamess et al., 2005; Schwab et al., 1993) Ένας ή περισσότεροι μηχανισμοί ίσως να είναι υπεύθυνοι για την έκθεση όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ποσότητας ορμονών με τους υποδοχείς του κυττάρου, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα της αλληλεπίδρασης ορμόνης – υποδοχέα, επιφέροντας τελικά την αύξηση σύνθεσης πρωτεϊνών (Kraemer, and Ratamess, 2003).

Όμως, κενό φαίνεται να υπάρχει στην επίδραση των προγραμμάτων με στόχο τη μυϊκή ισχύ στην ανταπόκριση του ενδοκρινικού συστήματος, παρά τη χρησιμοποίηση προγραμμάτων ισχύος από πολύ μεγάλο αριθμό αθλητών. Παρόλα τα πιο πάνω, φαίνεται ότι, η ανταπόκριση του ενδοκρινικού συστήματος εξαρτάται στον μεγαλύτερο βαθμό από τη μεταβολή των παραγόντων της επιβάρυνσης των προγραμμάτων δύναμης. Η επιλογή των ασκήσεων και η σειρά εκτέλεσης τους, το μέγεθος της μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται, η συνολική επιβάρυνση του προγράμματος, η ένταση, ο τύπος της μυϊκής συστολής και το διάλειμμα μεταξύ των σετ και των ασκήσεων επηρεάζουν την ορμονική συγκέντρωση (Kraemer, and Ratamess, 2005). Όμως, δεν έχει διερευνηθεί ακόμη η επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων, ενός άλλου παράγοντα της επιβάρυνσης.



### **Οξεία ανταπόκριση της Τεστοστερόνης**

Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης στο αίμα (ολική) όπως δείχνουν και οι περισσότερες μελέτες φαίνεται ότι μπορεί να αυξηθεί μετά από ερεθίσματα δύναμης στους άνδρες. (Πίνακας 2.1). Οι αυξήσεις αυτές αποδίδονται σε πολλούς παράγοντες όπως στη μείωση του όγκου πλάσματος, σε προσαρμογή των υποδοχέων της ορμόνης, στην αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού και στην ενδεχόμενη αύξηση της σύνθεσης και έκκρισης της τεστοστερόνης από τα Leydig cells στους όρχεις (Fry, and Kraemer, 1997; Jezova, and Vigan, 1981; Lin et al., 2001; Lu et al., 1997). Το μέγεθος όμως της ανταπόκρισης φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες της επιβάρυνσης των προγραμμάτων (π.χ ένταση, όγκος προπόνησης, διάλειμμα), την προπονητική εμπειρία, το φύλο, την ηλικία και τη λήψη διατροφικών συμπληρωμάτων (Kraemer, and Ratamess, 2005). Σε αντίθεση, δεν φαίνεται να επηρεάζεται από το αρχικό επίπεδο δύναμης (απόλυτες τιμές) των δοκιμαζομένων (Kraemer, and Fleck, 1988).

*Μέγεθος μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται:* Η επιλογή των ασκήσεων και το μέγεθος της μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται κατά την προπόνηση με βάρη φαίνεται ότι επηρεάζει την οξεία ανταπόκριση της ολικής τεστοστερόνης. (Πίνακας 2.1). Σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης έχει βρεθεί μετά τη χρήση ασκήσεων που ενεργοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες του σώματος όπως οι Ολυμπιακές άρσεις (Kraemer et al., 1992) και τα deadlift (Fahey, Rolph, Moungmee, Nagel, and Mortara, 1976). Επίσης, σύμφωνα με τον Volek et al., (1997) η χρήση ασκήσεων που ενεργοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες (loaded jump squats) προκαλεί μεγαλύτερη αύξηση των επιπέδων της τεστοστερόνης σε σχέση με ασκήσεις που ενεργοποιούν μικρότερες μυϊκές ομάδες (bench press). Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι οι ασκήσεις που ενεργοποιούν τις μεγάλες μυϊκές ομάδες αποτελούν ισχυρά μεταβολικά ερεθίσματα (Ballor, Becque, and Katch, 1987) και όπως έχει διαπιστωθεί αποτελούν ικανοποιητικά ερεθίσματα για την αυξημένη έκκριση της τεστοστερόνης (Lu et al., 1997). Για την αύξηση της τεστοστερόνης κατά την οξεία φάση κρίνεται ίσως απαραίτητη η χρησιμοποίηση ασκήσεων που ενεργοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες.

Πίνακας 2.1 Οξεία ανταπόκριση της ολικής τεστοστερόνης στους άνδρες μετά από άσκηση με βάρη

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ΜΕ)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Smilios et al. (2006)	6	AA-KA	3 X 15	60	90 sec	↑
Ahtiainen et al. (2005)	2	KA	5+4 X 10 4+3 X 10	75 >>	2 5	↑ ↑
Goto et al. (2005)	2	KA-AA	4 X 10	75	90 sec	↔
Ratamess et al. (2005)	1	KA	1 X 10	80-85	2	↔
Linnamo et al. (2005)	3 >> >>	KA-AA >> >>	5 X 10 5 X 70% X 10 5 X 40% X 10*	75 52,5 30	2 >> >>	↑ ↔ ↔
Ahtiainen et al. (2003a)	3	KA	8 X 12 8 X 12 + reps up to failure	67 >67	2 2	↑ 12 ↑ 16
Ahtiainen et al. (2003b)	1 >>	KA >>	5 X 10 >>	85 >>	2 >>	↑ ΜΠΕ ↑ ΧΠΕ
Durant et al. (2003)	4 >>	AA-KA >>	4 X 12 >>	80 >>	90 sec >>	↑ ΕΚ ↑ ΣΚ
Kraemer et al. (2003)	1	KA	5 X 15-20	50	2	↑ (συνεχίζεται)

↑: Αύξηση, ↔: Χωρίς μεταβολή, ↓: Μείωση, AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα, Εκ: Έκκεντρη συστολή, Σκ: Σύγκεντρη συστολή.

\*Μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης, ΜΠΕ: Με προπονητική εμπειρία στην προπόνηση δύναμης, ΧΠΕ: Χωρίς προπονητική εμπειρία

Πίνακας 2.1 (συνέχεια)

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ME)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή %
Smilios et al. (2003)	4	AA-KA	2 ή 4 ή 6 X 5	80-88	3	↔
	4	AA-KA	2 ή 6 X 10	68-75	2	↔
	4	AA-KA	4 X 10	68-75	2	↑
	4	AA-KA	2 X 15	52-60	1	↔
	4	AA-KA	4 X 15	52-60	1	↑
Nindl et al. (2001)	10	KA-AK	50 X 5-10	70-85	90 sec	↔
Bosco et al. (2000)	2-3	KA-AA	6 X 14 (MS)	80	8	↓
	2-3	KA-AA	12 X 8-12 (BB)	70-75	1-2	↓
	2-3	KA-AA	10 X 2-3 (WLL)	60-80	3-5	↔
	2-3	KA-AA	20 X 2-4 (VLH)	50-70	2-3	↑ 30
Raastad et al. (2000)	3	KA	3-6	70	2	↔
	3	KA	3-6	100	2	↑
Kraemer et al. (1999a)	1	KA	4 X 10	85	90 sec	↑ 27
Kraemer et al. (1999b)	10	AA-KA	4 X 10	75	90 sec	↑
Häkkinen et al. (1998)	1	KA	4 X 10 (5 sec MI)	100 MI	1 min	↑
	1	AA	4 X 10 (5 sec MI)	100 MI	1 min	↑
	2	KA-AA	4 X 10 (5 sec MI)	100 MI	1 min	↑
Kraemer et al. (1998)	1	KA	4 X 10	85	90 sec	↑

(συνεχίζεται)

↑: Αύξηση, ↔: Χωρίς μεταβολή, ↓: Μείωση, AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα, MI: Maximal isometric, MS: Male sprinter, BB: Bodybuilders, WLL: Weight lifters low repetitions, VLH: Weight lifters high repetitions

Πίνακας 2.1 (συνέχεια)

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ΜΕ)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Pullinen et al. (1998)	1	KA	10 X 6	50	4	↑
	1	KA	10 X 6	50	1	↑
	1	KA	2 X 30	50	2	↑
	1	KA	5 X 30	20	1	↑
Gotshalk et al. (1997)	8	AA-KA	3 X 10	75	1 min	↑ 28
	8	AA-KA	1 X 10	75	1 min	↑ ≈ 18
Volek et al. (1997)	2	Bench press L.J.S	5 X 10	75	2 min	↑ 7
			5 X 10	30	2 min	↑ 15
Hakkinen & Pakarinen (1995)	3	AA-KA	5 X 10	75	3 min	↑ 9
	3	AA-KA	5 X 10	75	3 min	↑ 15 AMH
Hakkinen & Pakarinen (1993)	1	KA	20 X 1	100	3 min	↔
	1	KA	10 X 10	75	3 min	↑ 24
Schwab et al. (1993)	1	KA	4 X 6	90-95 των 6ME		↑ 31
			4 X 9-10	60-65 των 6ME		↑ 27
Kraemer et al. (1992)	3	KA	15 VJ + SLEP + 3 X 10	>50%	1-3	↑ (ΕΦ + 2 έτη ΠΕ)
	>>	>>	>>	>>	>>	↔ (ΕΦ, ΧΠΕ)

(συνεχίζεται)

↑: Αύξηση, ↔: Χωρίς μεταβολή, ↓: Μείωση, AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα, ΕΦ: Έφηβοι, ΠΕ: Προπονητική εμπειρία, ΧΠΕ: Χωρίς προπονητική εμπειρία, LJS: Loaded Jump Squats, SLEP: Snatch and Lift Exercise Protocol, AMH: Άνδρες μέσης ηλικίας

Πίνακας 2.1 (συνέχεια)

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ΜΕ)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Jensen et al. (1991)	9	KA-AA	3 X 8	80	2 min	127
Kraemer et al. (1991)	8	KA-AA	5 X 5	80-95	3 min	129
	8	KA-AA	3 X 10	70-85	1 min	149
Boone et al. (1990)	1	KA	10 X 1-10	50-110	4 min	↔
Kraemer et al. (1990)	8	AA-KA	3-5 X 5	87	3 min	↑
	8	AA-KA	3-5 X 5	87	1 min	↑
	8	AA-KA	3-5 X 10	75	3 min	↔
	8	AA-KA	3 X 5	87	1 min	↑
	8	AA-KA	3 X 10	75	1 min	↑
	8	AA-KA	3 X 10	75	3 min	↑
Kraemer et al. (1990)	8	KA-AA	3-5 X 5	80-95	3 min	129
	8	KA-AA	3-5 X 10	70-85	3 min	149
Jürimäe et al. (1990)	10	AA - KA	30 X 30 sec	70	30 sec	↑
Hakkinen et al. (1988a)	3	KA	8-24 X 1-6	70-100	2-3 min	↓ 11 (Πρωί)
	4	KA	20-29 X 1-6	70-110	2-3 min	↑ 44 (Απόγευμα)
Weis et al. (1983)	4	KA-AA	3 X 8	80	2 min	↑
Fahey et al. (1976)	1	KA	5 X 5	≈90	?	↑ 19

↑: Αύξηση, ↔: Χωρίς μεταβολή, ↓: Μείωση, AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα



*Ένταση, διάλειμμα και συνολική επιβάρυνση άσκησης:* Τρεις από τους σημαντικότερους παράγοντες της επιβάρυνσης όπου η αλληλεπίδραση τους επηρεάζει την οξεία ανταπόκριση της τεστοστερόνης είναι η ένταση (% της 1ME), το διάλειμμα και η συνολική επιβάρυνση (όγκος) των προγραμμάτων δύναμης. Πίνακας 1. Σε έρευνα των Weiss, Cureton, και Thompson (1983) ο υψηλός όγκος προπόνησης μπορεί να προκαλέσει αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης (4 ασκήσεις, 3 σετ X 8ME μέχρι εξάντλησης). Ωστόσο, είναι πιθανόν για τη σημαντική μεταβολή της τεστοστερόνης, να απαιτείτε ο όγκος προπόνησης να ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο “κατώφλι”. Σύμφωνα με τους Schwab et al., (1993) μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου με δύο διαφορετικά φορτία (4 X 6 σετ στο 90-95% των 6ME vs 4 X 9-10 σετ στο 60-65% των 6ME) στην άσκηση του καθίσματος, βρέθηκε παρόμοια αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης (31 και 27% στο υψηλό και μέσο φορτίο αντίστοιχα). Όμως, σημαντική αύξηση στην τεστοστερόνη βρέθηκε μόνο μετά την εκτέλεση του 4<sup>ου</sup> σετ. Τα δύο προγράμματα δεν διέφεραν μόνο στο φορτίο (% της 1ME) αλλά και στον συνολικό όγκο προπόνησης, όπου το πρόγραμμα με το μέσο φορτίο είχε πολύ μεγαλύτερο όγκο. Επιπλέον, σε μια πιο πρόσφατη έρευνα οι Smilios et al., (2003) θέλοντας να εξετάσουν την επίδραση του όγκου προπόνησης μέσω της μεταβολής του αριθμού των σετ βρήκαν διαφορές στην ανταπόκριση της τεστοστερόνης, που ήταν όμως ανάλογες με το πρόγραμμα που χρησιμοποιείτο. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση του αριθμού των σετ (2-4-6) σε ένα πρόγραμμα μέγιστης δύναμης (80-88% της 1ME) δεν επηρεάζει την ανταπόκριση της τεστοστερόνης, σε αντίθεση με τα προγράμματα μυϊκής υπερτροφίας (68-75% της 1ME) και μυϊκής αντοχής (52-60% της 1ME). Και στα δύο προγράμματα σημαντική αύξηση στην τεστοστερόνη βρέθηκε μόνο μετά την εκτέλεση τεσσάρων σετ, σε αντίθεση με την εκτέλεση δύο σετ που δεν προκάλεσε καμία μεταβολή.

Όμως, η περαιτέρω αύξηση του όγκου προπόνησης (6 vs 4) δεν επέφερε καμία επιπρόσθετη αύξηση, υποδεικνύοντας ίσως την ύπαρξη ενός «σημείο κορεσμού» πέρα από το οποίο η όποια αύξηση του όγκου είναι ανώφελη και δεν επιφέρει επιπρόσθετη μεταβολή στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης. Σε μία άλλη έρευνα των Raastad, Glomsheller, Bjoro και Hallen (2000), μετά από την εκτέλεση ενός πρωτοκόλλου σε δύο διαφορετικές συνθήκες με διαφορετική ένταση (70% των 3-6 ME vs 100% των 3-6 ME), υψηλότερη συγκέντρωση της τεστοστερόνης βρέθηκε στη συνθήκη με την υψηλότερη ένταση. Εντούτοις, επειδή οι δύο συνθήκες διέφεραν και ως προς τον συνολικό όγκο προπόνησης δεν μπορεί να γίνει διακριτός ο παράγοντας στον οποίο οφείλονται οι διαφορές στην ανταπόκριση της τεστοστερόνης. Οι Gotshalk et al., (1997) θέλοντας να εξετάσουν καθαρά την επίδραση του συνολικού όγκου προπόνησης (κρατώντας σταθερή την ένταση) αναφέρουν ότι η ανταπόκριση της τεστοστερόνης είναι υψηλότερη μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος με μεγάλο όγκο προπόνησης (3 σετ X 10 ME) σε σχέση με την προπόνηση με μικρότερο όγκο (1 σετ X 10 ME). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν στην έρευνα των Bosco, Colli, Bonomi, Von Duvillard, and Viru (2000) όπου σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης βρέθηκε μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με βάρη και υψηλό όγκο προπόνησης σε αντίθεση με την εκτέλεση ενός παρόμοιου προγράμματος με μικρότερο όγκο και την ίδια σχεδόν ένταση (20 σετ X 2-4 επαναλήψεις vs 10 σετ X 2-3 επαναλήψεις). Τα ίδια αποτελέσματα αναφέρουν οι Hakkinen και Pakarinen, (1993) όπου συγκρίνοντας δύο προγράμματα δύναμης στην άσκηση του καθίσματος (20 σετ X 1ME vs 10 σετ X 10 ME), αύξηση στην τεστοστερόνη βρέθηκε μόνο μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τον υψηλότερο όγκο (10 σετ X 10ME). Ωστόσο, σε μια πιο πρόσφατη έρευνα των Ahtiainen, Pakarinen, Kraemer και Hakkinen (2003a) δεν βρέθηκαν διαφορές στην οξεία συγκέντρωση της τεστοστερόνης μεταξύ δύο προγραμμάτων με τον ίδιο αριθμό επαναλήψεων (12 ME), ίδιο διάλειμμα (2 min), με υψηλότερο όμως φορτίο και ένταση στο πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκαν επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης (forced repetitions).



Τα αποτελέσματα αυτά ίσως υποδεικνύουν ότι προγράμματα με μέση ένταση, υψηλό όγκο και σχετικά μικρό διάλειμμα προκαλούν σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης ενώ μικρές μεταβολές είτε στον όγκο είτε στην ένταση δεν επιφέρουν επιπρόσθετες αυξήσεις. Οι Kraemer et al., (1990,1991) εξετάζοντας την ταυτόχρονη επίδραση της έντασης και του όγκου, βρήκαν ότι η αύξηση της τεστοστερόνης ήταν μεγαλύτερη μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με μέση ένταση, υψηλό όγκο προπόνησης και μικρό διάλειμμα, σε σχέση με πρόγραμμα το οποίο είχε υψηλότερη ένταση αλλά μικρότερο όγκο και μεγαλύτερο διάλειμμα. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Smilios et al., (2003) όπου η εκτέλεση προγραμμάτων με υψηλό όγκο και μέση ή μικρή ένταση επέφερε υψηλότερες συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης σε σχέση με τη χρησιμοποίηση υψηλότερης έντασης και μικρότερου όγκου. Σε συμφωνία με τα πιο πάνω οι Bosco et al., (2000) βρήκαν μείωση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με μικρό όγκο σε συνδυασμό με μεγάλο διάλειμμα, ενώ πρόγραμμα με υψηλότερο όγκο προπόνησης προκάλεσε αύξηση στην τεστοστερόνη. Φαίνεται ότι μεγαλύτερη αύξηση της τεστοστερόνης κατά την προπόνηση δύναμης επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό ενός μέσου φορτίου, υψηλού συνολικού όγκου άσκησης και μικρού διαλείμματος. Για την ανταπόκριση της τεστοστερόνης πιθανόν να απαιτείται ο όγκος προπόνησης να ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο σημείο (>2 σετ), ενώ η υπέρμετρη αύξηση του όγκου πέραν ενός ορίου (>4 σετ) δεν επιφέρει μεγαλύτερες αυξήσεις.

*Προπονητική εμπειρία:* Αν και η προπονητική εμπειρία φαίνεται ότι επηρεάζει σημαντικά την οξεία ανταπόκριση της τεστοστερόνης στους έφηβους (Kraemer et al., 1992), τα ίδια αποτελέσματα δεν φαίνεται να παρουσιάζονται και στους ενήλικες. Σε πρόσφατη έρευνα των Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer, και Hakkinen (2003b) δεν βρέθηκαν διαφορές στην οξεία ανταπόκριση της τεστοστερόνης μεταξύ ανδρών με εμπειρία στην προπόνηση δύναμης και μεταξύ αυτών χωρίς προπονητική εμπειρία τόσο στην έναρξη όσο και μετά από 21 εβδομάδες προπόνησης δύναμης.

### **Οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης**

Οι έρευνες που εξετάζουν την οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης (ΕΤ) είναι περιορισμένες και παρουσιάζουν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Σε μερικές έρευνες βρέθηκε αύξηση της ΕΤ που ήταν παράλληλη με την αύξηση της ολικής, ενώ σε άλλες δεν μεταβλήθηκε ή παρουσίασε ακόμη και μείωση. (Πίνακας 2.2). Η ένταση της επιβάρυνσης (% - 1ΜΕ), το μέγεθος της μυϊκής μάζας που χρησιμοποιείται, η προπονητική εμπειρία και η ώρα που διεξάγεται η προπόνηση φαίνεται να είναι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ανταπόκριση της ΕΤ (Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer, and Hakkinen, 2005; Ahtiainen et al., 2003a; Ahtiainen et al., 2003b; Pullinen et al., 2002; Kraemer et al., 1998; Hakkinen et al., 1988; Hakkinen, and Pakarinen; 1993, Hakkinen et al., 1998). Αντίθετα, ο τύπος της μυϊκής συστολής (Durant et al., 2003) και η διάρκεια του διαλείμματος μεταξύ των σετ (Ahtiainen et al., 2005) δεν φαίνεται να διαφοροποιεί τη μεταβολή αυτή. (Πίνακας 2.2).

Οι Hakkinen, Pakarinen, Alen, Kauhanen, and Komi (1988a) θέλοντας να εξετάσουν την επίδραση της ώρας της ημέρας στην ανταπόκριση της ΕΤ μετά από προπόνηση δύναμης αναφέρουν ότι δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της ΕΤ σε προπόνηση άρσης βαρών που πραγματοποιήθηκε τις πρωινές ώρες, σε αντίθεση με την προπόνηση που ακολούθησε το απόγευμα στην οποία βρέθηκε σημαντική αύξηση. Όμως, στην έρευνα αυτή δεν εξετάστηκε η επίδραση του κιρκάδιου κύκλου της ορμόνης (συνθήκη ελέγχου) που ίσως να “επικάλυψε” την όποια αύξηση κατά την πρωινή προπόνηση και να έδινε πιο ξεκάθαρα αποτελέσματα.

Πίνακας 2.2. Οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης στους άνδρες μετά από άσκηση με βάρη

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ME)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Ahtiainen et al. (2005)	2	KA	5+4 X 10 4+3 X 10	75 ≈90	2 min 5 min	↑ ↑
Ahtiainen et al. (2003a)	3	KA	8 X 12 8 X 12 <sup>a</sup>	67 >>	2 min 2 min	↑ 26 ↑ 32
Ahtiainen et al. (2003b)	1 >>	KA >>	5 X 10 >>	85 >>	2 min >>	↑ ΜΠΕ ↑ ΧΠΕ
Durant et al. (2003)	4 >>	AA-KA >>	4 X 12 >>	80 >>	90 sec >>	↑12 ΕΚ ↑11 ΣΚ
Pullinen et al. (2002)	1	KA	1ME + MVC + 5 X 10 + 2 set <sup>a</sup>	40	3 min	↑
Nindl et al. (2001)	4	KA-AK	50 X 5-10	70-85%	90 sec	↑

(συνεχίζεται)

↑: αύξηση, ↔: χωρίς μεταβολή, AA: άνω άκρα, KA: κάτω άκρα, MI: μέγιστη ισομετρική, a: up to failure

## Πίνακας 2.2. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ΜΕ)	Διάρκεια μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Kraemer et al. (1999b)	10	AA-KA	4 X 10	75	90 sec	↑
Kraemer et al. (1998)	1	KA	4 X 10	75	90 sec	↑
Hakkinen et al. (1998)	1	KA	4 X 10 (5 sec)	100% MI	1 min	↑ ↔ ΑΤΗ
	1	AA	4 X 10 (5 sec)	100% MI	1 min	↔
	2	KA-AA	4 X 10 (5 sec)	100% MI	1 min	↑ ↑*
Hakkinen & Pakarinen (1993)	1	KA	20 X 1	100	3 min	↔
	1	KA	10 X 10	70	3 min	↑
Hakkinen et al. (1988a)	3	KA	8-24 X 1-6	70-100	2-3 min	↔ (Πρωί)
	4	KA	20-29 X 1-6	70-110	2-3 min	↑ 37 (Απόγ.)

↑: αύξηση, ↔: χωρίς μεταβολή, AA: άνω άκρα, KA: κάτω άκρα, MI: μέγιστη ισομετρική, a: up to failure, ΑΤΗ: αθλητές

Επιπλέον, εξετάζοντας την επίδραση της έντασης και του όγκου προπόνησης στην ανταπόκριση της ET, οι Hakkinen και Pakarinen (1993) αναφέρουν ότι η χρήση μέσης έντασης (70% της 1ME) και υψηλού όγκου προπόνησης (10 σετ X 10ME) επέφερε σημαντική στην ανταπόκριση της ορμόνης, σε αντίθεση με τη χρήση υψηλής έντασης (100% της 1-ME) και μικρότερου όγκου (20 σετ X 1ME) στην οποία δεν μεταβλήθηκε. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα πιο σύγχρονων ερευνών στις οποίες βρέθηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της ET με τη χρήση μέσης έντασης ή/και υψηλού όγκου προπόνησης (Ahtiainen et al., 2005, Ahtiainen et al., 2003a, Pullinen et al., 2002, Kraemer et al., 1998). Φαίνεται ακόμη ότι το μέγεθος της μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται έχει σημαντική επίδραση στην ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης, όπως συμβαίνει και με την ολική. Σε έρευνα τους οι Hakkinen, Newton και Kraemer (1998) αναφέρουν ότι η συγκέντρωση της ET σε απροπόνητους άνδρες παρουσίασε αύξηση μόνο μετά την εκτέλεση ασκήσεων για τα κάτω άκρα και τον συνδυασμό κάτω και άνω άκρων, σε αντίθεση με την εκτέλεση ασκήσεων μόνο για τα άνω άκρα, που δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στην ίδια έρευνα, σε προπονημένους άνδρες, σημαντική αύξηση της ET βρέθηκε μόνο με την εκτέλεση συνδυασμού ασκήσεων για τα κάτω και άνω άκρα, σε αντίθεση με την εκτέλεση ασκήσεων ξεχωριστά για τα κάτω και άνω άκρα. Αυτό ίσως υποδεικνύει την αναγκαιότητα της χρήσης πιο εξειδικευμένης προπόνησης σε προπονημένους, με μεγαλύτερη επιβάρυνση (ενεργοποίηση όσο το δυνατό μεγαλύτερου ποσοστού μυϊκής μάζας). Επιπλέον, προκύπτει ότι η οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης επηρεάζεται θετικά από την προπονητική εμπειρία. Οι Kraemer et al., (1999) βρήκαν αύξηση στην οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης σε νεαρούς άνδρες μετά από 10 εβδομάδες προπόνηση με βάρη, που ήταν όμως μεγαλύτερη από την ανταπόκριση που βρέθηκε στην έναρξη του προγράμματος. Τα πιο πάνω ενισχύονται και από τα αποτελέσματα μιας πιο πρόσφατης έρευνας.

Σύμφωνα με τους Tremblay, Copeland και Van Helder (2003) η αύξηση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος δύναμης ήταν μεγαλύτερη στους άνδρες με εμπειρία στην προπόνηση δύναμης σε σχέση με αυτούς που είχαν εμπειρία στην προπόνηση αντοχής, υποδεικνύοντας με αυτόν τον τρόπο τη θετική προσαρμογή από τη μακροχρόνια προπόνηση με βάρη. Σε αντίθεση με τους πιο πάνω παράγοντες που επηρεάζουν θετικά την ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης φαίνεται ότι ο τύπος της μυϊκής συστολής και το διάλειμμα μεταξύ των σετ δεν διαφοροποιούν τη μεταβολή αυτή. Σε έρευνα τους οι Durant et al., (2003) αναφέρουν σημαντική αύξηση στην ελεύθερη τεστοστερόνη μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος δύναμης (4 σετ X 12 επαν. στο 80% της 1ΜΕ). Το πρόγραμμα εκτελέστηκε δύο φορές: 1<sup>η</sup>) μόνο με σύγκεντρες επαναλήψεις (CON) και 2<sup>η</sup>) μόνο με έκκεντρες επαναλήψεις (ECC), χωρίς να βρεθούν διαφορές μεταξύ των δύο διαφορετικών τύπων εκτέλεσης (11 και 12% αύξηση αντίστοιχα). Επιπρόσθετα, σε μία πρόσφατη έρευνα οι Ahtiainen et al., (2005) εξέτασαν την επίδραση της διάρκειας του διαλείμματος μεταξύ των σετ σε απροπόνητους άνδρες. Μετά την εκτέλεση δύο προγραμμάτων με τον ίδιο συνολικό όγκο αλλά με διαφορετικό διάλειμμα μεταξύ των σετ (9 σετ X 10 ΜΕ και 2 min vs 7 σετ X >10 ΜΕ και 5 min) βρέθηκε σημαντική αύξηση στην ΕΤ, χωρίς όμως τα προγράμματα να διαφέρουν μεταξύ τους.

Από τα πιο πάνω μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι για την οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης κατά την προπόνηση με βάρη είναι αναγκαία η χρήση προγραμμάτων που ενεργοποιούν μεγάλο ποσοστό μυϊκής μάζας, έχουν μέση ένταση και υψηλό συνολικό όγκο. Επιπλέον, φαίνεται ακόμη ότι η προπονητική εμπειρία επηρεάζει θετικά την ανταπόκριση της ορμόνης.



### **Μεταβολές στη συγκέντρωση της ολικής και της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά από χρόνια προπόνηση με βάρη**

Οι έρευνες που έχουν εξετάσει την χρόνια επίδραση της προπόνησης με βάρη στη μεταβολή της συγκέντρωσης των τιμών ηρεμίας της ολικής και της ελεύθερης τεστοστερόνης είναι περιορισμένες και παρουσιάζουν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Αν και στις περισσότερες δεν βρέθηκαν σημαντικές μεταβολές στις τιμές συγκέντρωσης των ορμονών, σε μερικές αναφέρεται αύξηση ή ακόμη και μείωση (Ahtiainen et al., 2005; Ahtiainen et al., 2003b; Guezennec, Leger, Lhoste, Aymond, and Pesqies 1986; ;Hickson et al., 1994; Hakkinen, Pakarinen, Alen, Kauhanen, and Komi, 1988c; Kraemer et al., 1999; McCall, Byrnes, Fleck, Dickinson, and Kraemer, 1999; Raastad et al., 2001).

Φαίνεται, ότι η προπόνηση με βάρη είτε δεν μεταβάλλει, είτε μεταβάλλει προσωρινά τη συγκέντρωση ηρεμίας των ορμονών (Kraemer, and Ratamess, 2005). Έτσι είναι δυνατόν οι τιμές συγκέντρωσης κατά την ηρεμία να αντανakλούν την τρέχουσα κατάσταση του μυϊκού ιστού και οι όποιες μεταβολές να είναι συνέπεια των μεταβολών στην περιοδικότητα της προπόνησης (όγκου και έντασης), αν και αυτό δεν είναι να πάντοτε απόλυτο (Potteiger, Judge, Cerny, and Potteiger, 1995). Μετά από προπόνηση ενός χρόνου δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης σε αθλητές της άρσης βαρών ολυμπιακού επιπέδου (Hakkinen et al., 1987), αν και μετά από ένα χρόνο επιπρόσθετης προπόνησης αναφέρεται σημαντική αύξηση (Hakkinen et al., 1988c). Σε πρόσφατη έρευνα αναφέρονται σημαντικές αυξήσεις τόσο της ολικής όσο και της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά από προπόνηση με βάρη και υψηλό όγκο διάρκειας 7 εβδομάδων, σε σχέση με τις τιμές συγκέντρωσης πριν την έναρξη του προγράμματος (Ahtiainen et al., 2003b). Όμως, μετά από 7 εβδομάδες επιπρόσθετης προπόνησης με μείωση του όγκου και αύξηση της έντασης, παρατηρήθηκε μείωση στις τιμές συγκέντρωσης των ορμονών. Σε συμφωνία με τα πιο πάνω αποτελέσματα οι Raastad και συν (2001) αναφέρουν μείωση στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης κατά τη διάρκεια προπόνησης με υψηλή ένταση.



Συνεπώς, η περιοδικότητα που ακολουθείται κατά την προπόνηση, με τις μεταβολές στον όγκο και την ένταση, ίσως να επιφέρουν σημαντικές αλλά παροδικές αυξήσεις στην συγκέντρωση της τεστοστερόνης κατά την ηρεμία. Είναι πιθανόν τα προγράμματα με υψηλό όγκο και μέση ένταση να προκαλούν τις υψηλότερες αυξήσεις στη συγκέντρωση των ορμονών. Όμως, όταν η προπόνηση επανέρθει στα “κανονικά της επίπεδα”, ενδεχόμενος οι τιμές συγκέντρωσης να επανέρθουν και αυτές στις τιμές πριν από την διαφοροποίηση του προγράμματος.

### **Οξεία ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης**

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πλείστον ερευνών η προπόνηση με βάρη προκαλεί αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης (GH-22kD). (Πίνακας 2.3). Το μέγεθος της αύξησης οφείλεται κυρίως στη διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης όπως, στην επιλογή των ασκήσεων και στο μέγεθος της μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται (Hansen et al., 2001; Kraemer et al., 1992), στην ένταση (Ahtiainen et al., 2003a; Pyka, Wiswell, and Marcus, 1992; Vanhelder, Radomski, and Goode 1984), στο συνολικό όγκο της προπόνησης (Gotshalk et al., 1997; Hoffman et al., 2003; Smilios et al., 2003) και στο διάλειμμα μεταξύ των σετ (Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 1990). Επίσης, σημαντική επίδραση στο μέγεθος της ανταπόκρισης της GH διαδραματίζουν ο τύπος της μυϊκής συστολής που χρησιμοποιείται κατά την εκτέλεση των ασκήσεων όπου οι σύγκεντρες συστολές προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση στη συγκέντρωση της GH σε σχέση με τις έκκεντρες συστολές (Durand et al., 2003; Kraemer et al., 2001). Επιπρόσθετα, η προπονητική κατάσταση των δοκιμαζομένων επιφέρει διαφορετική επίδραση στην ανταπόκριση της GH, όπου η υψηλότερη αύξηση παρατηρείται στα άτομα με μεγαλύτερη ικανότητα δύναμης και στο μέγεθος του όγκου προπόνησης που εκτελείται (Ahtiainen et al., 2003b; Rubin et al., 2005; Taylor et al., 2000).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα πολλών ερευνών φαίνεται ότι υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ της ανταπόκρισης της αυξητικής ορμόνης, της οξέωσης που προκαλείται από την προπόνηση με βάρη και του συνολικού όγκου προπόνησης. Η υψηλότερη ανταπόκριση της GH παρατηρείται μετά την εκτέλεση προγραμμάτων με μέση έως υψηλή ένταση, υψηλό όγκο, που ενεργοποιούν μεγάλη μυϊκή μάζα και έχουν σχετικά μικρό διάλειμμα μεταξύ των σετ, σε σχέση με προγράμματα για τη βελτίωση της μέγιστης δύναμης και της ισχύος με υψηλά φορτία, λίγες επαναλήψεις και μεγάλο διάλειμμα (Kraemer et al., 1990; Kraemer et al., 1991). (Πίνακας 2.3).

Η επίδραση του συνολικού όγκου προπόνησης είναι αρκετά σημαντική, αφού όπως έχει βρεθεί η ανταπόκριση της GH είναι μεγαλύτερη μετά την εκτέλεση πολλαπλών σετ σχέση με την εκτέλεση μονών σετ (Craig, and Kang, 1994; Gotshalk et al., 1997; Mulligan et al., 1996). Έτσι μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι, η συνολική μεταβολική απαίτηση της προπόνησης μπορεί να έχει υψηλή επίδραση στην οξεία ανταπόκριση της GH. Αυτό εξάγεται και από έρευνες που αναφέρουν ότι οι υψηλότερες αυξήσεις της GH παρατηρούνται μετά από την εκτέλεση προγραμμάτων τα οποία προκαλούν υψηλή παραγωγή γαλακτικού (Goto, Ishii, Kurokawa, and Takamatsu, 2007; Gotshald et al., 1997; Hoffman et al., 2003; Kraemer et al., 2003; Kraemer et al., 1991; Kraemer et al., 1990; Smilios et al., 2006; Smilios et al., 2003).

Πίνακας 2.3. Οξεία ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης (GH) στους άνδρες μετά από άσκηση με βάρη

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ME)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Goto et al. (2007)	5	AA-KA	3 X 10	75	1 min	↑
Smilios et al. (2006)	6	AA-KA	3 X 15	60	90 sec	↑
Linnamo et al. (2005)	3	KA-AA	5 X 10	75	2	↑
	>>	>>	5 X 70% X 10	52,5	>>	↔
	>>	>>	5 X 40% X 10*	30*	>>	↑
Goto et al. (2005)	2	KA-AA	4 X 10	75	90 sec	↑
Smilios et al. (2003)	4	AA-KA	2 ή 4 ή 6 X 5	80-88%	3 min	↑
			2 ή 4 ή 6 X 10	68-75%	2 min	↑
			2 ή 4 X 15	52-60%	1 min	>↑
Kraemer et al. (2003)	1	KA	5 X 15-20	50	2 min	↑
Ahtainen et al. (2003a)	3	KA	4 X 12 + 2 X 12 + 2 X 12 4 X 12 <sup>a</sup> + 2 X 12 <sup>a</sup> + 2 X 12 <sup>a</sup>	12ME 12ME	2 min 2 min	↑ 96 ↑ 99
Durant et al. (2003)	4	AA-KA	4 X 12	80	90 sec	↑ 67 ECC
	>>	>>	>>	>>	>>	↑ 87 CON

(συνεχίζεται)

AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα, ECC: Eccentric contraction, CON: Concentric contraction, ↔: Χωρίς, ↑: Σημαντική αύξηση, BB: Body builders, WL: Weight lifters low repetitions, WLH: Weight lifters high repetitions, Ανδ.: Άνδρες, Γυν: Γυναίκες, Εφ.: Έφηβοι, \*Μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης

Πίνακας 2.3 (συνέχεια)

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ME)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Pullinen et al. (2002)	1	KA	1ME + MVC + 5 X 10 + 2 sets up to failure	40	3 min	↑ (Ανδ.) ↔ (Γυν.) ↑ (Εφ.)
Williams et al. (2002)	1	KA	3 X 10	10ME	1 min	↔
	1	KA	15 X 10	10ME	1 min	↔
	8	KA-AA	3 X 10	10ME	1 min	↑ ≈438
Nindl et al. (2001)	4	KA-AK	50 X 5-10	70-85	90 sec	↑
Bosco et al. (2000)	2-3	KA-AA	12 X 8-12 (BB) 10 X 2-3 (WLL) 20 X 2-4 (WLH)	70-75 60-80 50-70	1-2 min 3-5 min 2-3 min	↑ ↔ ↔
Kraemer et al. (1999b)	1	KA	4 X 10	70	90 sec	↑ 325
Kraemer et al. (1998a)	1	KA	4 X 10	70	90 sec	↑ 700
Kraemer et al. (1998b)	3	KA	3 X 6-8	80-85	2 min	↑ 600
Hakkinen et al. (1998)	1	KA	4 X 10 (5 sec MIA)	100% MI	1 min	↑
	1	AA	4 X 10 (5 sec MIA)	100% MI	1 min	↑
	2	KA-AA	4 X 10 (5 sec MIA)	100% MI	1 min	↑

(συνεχίζεται)

AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα, ↔: Χωρίς σημαντική μεταβολή, ↑: Σημαντική αύξηση, MI: Maximal isometric, BB: Body builders, WLL: Weight lifters low repetitions, WLH: Weight lifters high repetitions

Πίνακας 2.3 (συνέχεια)

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ΜΕ)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Gotshalk et al. (1997)	8	AA-KA	3 X 10	70	1 min	↑ ≈400
	8	AA-KA	1 X 10	70	1 min	↑ ≈233
Hakkinen & Pakarinen (1995)	3	AA-KA	5 X 10	70	3 min	↑ >1000
Kraemer et al. (1995)	8	KA-AA	3 X 10	70	1 min	↑ >1000
Hakkinen & Pakarinen (1993)	1	KA	20 X 1	100	3 min	↑ 361
	>>	>>	10 X 10	70	3 min	↑ >1000
McMillan et al. (1993)	2	AA-KA	10 X 10 + 3 X 10 VJ	40-90	1 - 2,5 min	↑24 (WT)
	>>	>>	>>	>>	>>	↑41 (UN)
Kraemer et al. (1991)	8	KA-AA	5 X 5	80-95	3 min	↔
			3 X 10	70-85	1 min	↑ >1000
Kraemer et al. (1990)	8	AA-KA	5 X 5	87	3 min	↑
	>>	>>	5 X 5	87	1 min	↑
	>>	>>	3 X 5	87	1 min	↔
	>>	>>	5 X 10	75	3 min	↔
	>>	>>	3 X 10	75	1 min	↑
	>>	>>	3 X 10	75	3 min	↔
Jürimäe et al. (1990)	10	AA - KA	30 X 30 sec	70	30 sec	↑
Hakkinen et al. (1988)	3	KA	8-24 X 1-6	70-100	2-3 min	↑ >1000 (Πρωί)
	4	KA	20-29 X 1-6	70-110	2-3 min	↑ 817 (Απόγ.)
VanHelder et al. (1984)	1	KA	7 X 7	85% των 7 ME	150 sec	↑
	>>	>>	7 X 21	28% των 7 ME	150 sec	↔

↔: Χωρίς σημαντική μεταβολή, ↑: Σημαντική αύξηση, WT: Well trained, UN: Untrained

Έχει βρεθεί ότι η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα έχει υψηλή συσχέτιση με την συγκέντρωση της GH (Hakkinen, and Pakarinen, 1993). Όπως αναφέρουν οι ίδιοι συγγραφείς αυτό πιθανά να οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των  $H^+$  που προκαλείται από τον μεταβολισμό του γαλακτικού. Αυτό ίσως να αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα για την αύξηση της έκκρισης της ορμόνης (Kraemer et al., 1993). Στην έρευνα των Hakkinen και Pakarinen (1993) το πρόγραμμα που είχε υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού μέση ένταση και υψηλό όγκο (10 σετ X 10 ME) προκάλεσε υψηλότερη συγκέντρωση GH σε σχέση με πρόγραμμα που είχε μικρότερη συγκέντρωση γαλακτικού, υψηλή ένταση και μικρότερο όγκο (20 σετ X 1 ME). Τα ίδια αποτελέσματα αναφέρονται και σε μια πρόσφατη έρευνα των Hoffman et al., (2003), όπου η υψηλότερη αύξηση της GH βρέθηκε μετά από την εκτέλεση ενός προγράμματος με μικρή ένταση και υψηλό όγκο (15 επαναλήψεις X 60% της 1ME) σε σχέση με το πρόγραμμα που είχε υψηλή ένταση και μικρότερο όγκο (4 επαναλήψεις X 90% της 1ME).

Συγκρίνοντας τρία διαφορετικά προγράμματα με βάρη για τη βελτίωση της δύναμης [μέγιστης δύναμης (4 σετ X 5 ME), μυϊκής υπερτροφίας (4 σετ X 10 ME) και μυϊκής αντοχής (4 σετ X 15 ME)] αναφέρεται ότι η ανταπόκριση της GH είχε άμεση σχέση με τον συνολικό όγκο των προγραμμάτων, έτσι ώστε η μεγαλύτερη αύξηση βρέθηκε στο πρόγραμμα της μυϊκής αντοχής (Zafeiridis, Smilios, Considine, and Tokmakidis, 2003). Τα ίδια αποτελέσματα αναφέρουν οι Smilios et al., (2003), όταν μετά τη χρησιμοποίηση παρόμοιου προγράμματος (μέγιστης δύναμης, μυϊκής υπερτροφίας, μυϊκής αντοχής) η μεγαλύτερη αύξηση της GH βρέθηκε μετά την εκτέλεση 4 σετ σε σχέση με την εκτέλεση 2 σετ. Η επιπρόσθετη εκτέλεση 2 ακόμη σετ (6 σετ) δεν επέφερε μεγαλύτερη αύξηση. Η μεγαλύτερη αύξηση βρέθηκε στο πρόγραμμα της μυϊκής αντοχής, αν και στο πρόγραμμα της υπερτροφίας η αύξηση ήταν σημαντική, ενώ στο πρόγραμμα της μέγιστης δύναμης που είχε και τον μικρότερο όγκο η αύξηση ήταν μικρότερη.



Φαίνεται ότι, αν και η αύξηση του συνολικού όγκου επιδρά θετικά στην ανταπόκριση της GH, υπάρχει ένα σημείο (πλατό) πέραν του οποίου η όποια αύξηση δεν επιφέρει κανένα αποτέλεσμα και είναι αχρείαστη. Επίσης, οι Williams, Ismail, Sharma, και Jones (2002) συγκρίνοντας τρία διαφορετικά προγράμματα με διαφορετικό όγκο (μικρό: 1 άσκηση, 3 σετ X 10 ME, μεσαίο: 1 άσκηση, 15 σετ X 10 ME και μεγάλο: 8 ασκήσεις, 3 X 10 ME) βρήκαν ότι μόνο στο πρόγραμμα με τον υψηλό όγκο υπήρξε σημαντική αύξηση της GH. Όμως, η ανταπόκριση της GH ίσως ήταν διαφορετική αν και στα άλλα δύο προγράμματα χρησιμοποιούνταν ασκήσεις που ενεργοποιούσαν μεγαλύτερο ποσοστό μυϊκής μάζας σε σχέση με την μονό-αρθρική άσκηση που επιλέχθηκε. Σε μια πρόσφατη έρευνα οι Ahtiainen et al., (2003a) συγκρίνοντας δύο παρόμοια πρωτόκολλα με τη μόνη διαφορά στο φορτίο (8 σετ X 12 ME vs 8 σετ X >12 ME) βρήκαν τη μεγαλύτερη αύξηση στο πρόγραμμα με το υψηλότερο φορτίο και ως συνέπεια και στο συνολικό όγκο. Επιπρόσθετα, οι Goto, Sato, και Takamatsu (2003) βρήκαν μικρή αύξηση στην GH μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με υψηλή ένταση (5 σετ X 90% της 1ME). Όμως, οι ίδιοι ερευνητές βρήκαν πολύ μεγαλύτερη αύξηση της GH μετά την προσθήκη ενός μόνο σετ με μεγάλο αριθμό επαναλήψεων (50% της 1ME). Είναι πιθανόν η προσθήκη ενός ή περισσότερων σετ με υψηλό όγκο στο τέλος ενός προγράμματος δύναμης να επιφέρει μεγιστοποίηση της ανταπόκρισης της GH.

Συνεπώς, η προπόνηση δύναμης αποτελεί ένα αποτελεσματικό ερέθισμα για την αύξηση της συγκέντρωσης της GH κατά την οξεία φάση, με την προϋπόθεση της παροχής επαρκούς ερεθίσματος. Προγράμματα με υψηλό όγκο, μέση έως υψηλή ένταση και την ενεργοποίηση μεγάλου ποσοστού μυϊκής μάζας επιφέρουν τη μεγαλύτερη ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης.



### **Μεταβολές στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά από χρόνια προπόνηση με βάρη**

Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης (GH) κατά την ηρεμία δεν φαίνεται να μεταβάλλεται μετά από χρόνια άσκηση με βάρη. Οι πλείστες έρευνες δεν βρήκαν σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της GH κατά την ηρεμία μετά από συστηματική προπόνηση με βάρη (Ahtiainen et al., 2003b; Hakkinen et al., 1988c; Hakkinen et al., 1985; Kraemer et al., 1999b; Kraemer et al., 1998b; McCall et al., 1999). Τα πιο πάνω ενισχύονται και από αποτελέσματα άλλων ερευνών που αναφέρουν ότι δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά στη συγκέντρωση της GH μεταξύ αθλητών υψηλού επιπέδου με μακροχρόνια εμπειρία στην προπόνηση δύναμης σε σχέση με λιγότερο προπονημένους αθλητές (Ahtiainen et al., 2003b; Hakkinen et al., 1988c). Αυτό πιθανά να οφείλεται στους μηχανισμούς ανατροφοδότησης της ορμόνης και ρόλο που διαδραματίζει όσον αφορά τον έλεγχο της ομοιόστασης άλλων μεταβλητών όπως για παράδειγμα της γλυκόζης, των αμινοξέων και των λιπιδίων (Kraemer, and Ratamess, 2005). Επιπλέον, από τα πιο πάνω μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι ουσιαστικό ρόλο για την αποκατάσταση και την αναδόμηση του μυϊκού ιστού μετά από προπόνηση με βάρη έχει η οξεία μεταβολή της GH και όχι η συγκέντρωση της κατά την ηρεμία, η οποία φαίνεται να μην μεταβάλλεται. Φαίνεται ότι, οι όποιες προσαρμογές στο μυϊκό ιστό είναι συνέπεια της αύξησης της GH κατά την οξεία φάση, η οποία επαναλαμβάνεται μετά από κάθε προπόνηση με βάρη. Σύμφωνα με τους McCall et al., (1999) οι οξείες μεταβολές της GH μετά από άσκηση με βάρη συσχετίζονται με το μέγεθος της υπερτροφίας των μυϊκών ινών. Άλλοι πιθανοί μηχανισμοί οι οποίοι μπορεί να έχουν επίδραση στην ανταπόκριση της GH είναι η ευαισθησία των υποδοχέων, οι μηχανισμοί ανατροφοδότησης και οι διακυμάνσεις του ημερησίου κύκλου (Kraemer, and Ratamess, 2005).

### **Οξεία ανταπόκριση της κορτιζόλης**

Σύμφωνα με τις πλείστες έρευνες, η προπόνηση με βάρη προκαλεί σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης κατά το άμεσο διάστημα της αποκατάστασης. (Πίνακας 2.4). Η οξεία αύξηση της κορτιζόλης η οποία προκαλείται από τα ερεθίσματα δύναμης, εκτός από τον ρόλο της στη ρύθμιση του μεταβολισμού ίσως να υποβοηθά την διαδικασία επιδιόρθωσης και ανακατασκευής του μυός (Smith, 2000). Αντίθετα, η χρόνια υψηλή συγκέντρωση της έχει αρνητικές συνέπειες στο μυϊκό ιστό (π.χ πρωτεϊνόλυση, μείωση πρωτεϊνοσύνθεσης κ.α).

Οι μεγαλύτερες αυξήσεις στη συγκέντρωση της κορτιζόλης βρέθηκαν μετά από τη χρήση προγραμμάτων με υψηλές μεταβολικές απαιτήσεις, με υψηλό συνολικό όγκο προπόνησης, μέση έως υψηλή ένταση, μικρό διάλειμμα μεταξύ των σετ και τα οποία είχαν υψηλές τιμές γαλακτικού (προγράμματα μυϊκής υπερτροφίας και μυϊκής αντοχής). Αντίθετα, η χρήση προγραμμάτων με στόχο τη βελτίωση της μέγιστης δύναμης (με υψηλές εντάσεις) και της μυϊκής ισχύος προκαλούν μικρότερες αυξήσεις ή ακόμη και μείωση της κορτιζόλης (Hakkinen et al., 1993; Kraemer et al., 1987; Smilios et al., 2003). Τα προγράμματα που επιφέρουν μεγάλη παραγωγή και συγκέντρωση γαλακτικού φαίνεται προκαλούν και τις μεγαλύτερες αυξήσεις στη συγκέντρωση της κορτιζόλης και όπως είδαμε προηγουμένως και της αυξητικής ορμόνης. Αυτό ενισχύεται με τα αποτελέσματα ερευνών στις οποίες βρέθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα και της κορτιζόλης στον ορό (Kraemer et al., 1989; Ratamess et al., 2005).

Επίσης, ο αριθμός των σετ και ως συνέπεια ο συνολικός όγκος προπόνησης επηρεάζουν την ανταπόκριση της κορτιζόλης, όπως διαπιστώθηκε στις πλείστες έρευνες, αν και σε μία έρευνα δεν βρέθηκαν τα ίδια αποτελέσματα (Goto et al., 2003). Σύμφωνα με τους Smilios et al., (2003) η εκτέλεση 4 σετ προκαλεί υψηλότερη συγκέντρωση της κορτιζόλης σε σχέση με την εκτέλεση 2 σετ.

Στην ίδια έρευνα δεν διαπιστώθηκε όμως υψηλότερη αύξηση της κορτιζόλης με την επιπρόσθετη εκτέλεση 2 σετ (6), υποδηλώνοντας την ύπαρξη κάποιου πλατό, όπως βρέθηκε και στις άλλες ορμόνες. Αυτό ενισχύεται και με τα αποτελέσματα μιας πιο πρόσφατης έρευνας στην οποία η εκτέλεση 6 σετ (10ME) αύξησε σημαντικά τη συγκέντρωση της κορτιζόλης σε αντίθεση με την εκτέλεση 1 μόνο σετ που δεν προκάλεσε ουσιαστική μεταβολή (Ratamess et al., 2005).

Επιπρόσθετα, η αύξηση του συνολικού όγκου προπόνησης μέσω της αύξησης του φορτίου προκαλεί μεγαλύτερη αύξηση στην κορτιζόλη σε σχέση με την εκτέλεση του ίδιου πρωτοκόλλου αλλά με μικρότερο φορτίο (Ahtiainen et al., 2003a). Το διάλειμμα μεταξύ των σετ έχει σημαντική επίδραση στην ανταπόκριση της κορτιζόλης. Σύμφωνα με τους Kraemer et al., (1996) η εκτέλεση 8 σετ των 10 ME με 1 min διάλειμμα προκαλεί υψηλότερη ανταπόκριση της κορτιζόλης σε σχέση με την εκτέλεση του ίδιου πρωτόκολλου αλλά με 3 min διάλειμμα.

## Πίνακας 2.4. Συγκέντρωση της κορτιζόλης στους άνδρες μετά από άσκηση με βάρη

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ME)	Διάρκεια μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Goto et al. (2007)	5	AA-KA	3 X 10	75	1 min	↑
Smilics et al. (2006)	6	AA-KA	3 X 15	60	90 sec	↑
Goto et al. (2005)	2	KA-AA	4 X 10	75	90 sec	↔
Ratamess et al. (2005)	1 >>	KA >>	6 X 10 1 X 10	≈80-85 75	2 min >>	↑ ↔
Ahtiainen et al. (2003a)	3	KA	4 X 12 + 2 X 12 + 2 X 12 <sup>a</sup> 4 X 12 <sup>a</sup> + 2 X 12 <sup>a</sup> + 2 X 12 <sup>a</sup> <sup>a</sup> reps up to failure	70 >70	2 min 2 min	↑ 32,8 ↑ 46,2
Ahtiainen et al. (2003b)	1 >>	KA >>	5 X 10 >>	85 >>	2 >>	↑ ΜΠΕ ↑ ΧΠΕ
Smilics et al. (2003)	4	AA-KA	2 ή 4 ή 6 X 5 2 X 10 4 ή 6 X 10 2 X 15 4 X 15	80-88 68-75 68-75 52-60 52-60	3 min 2 min 2 min 1 min 1 min	↓ ↔ ↑ ↔ ↑
Williams et al. (2002)	1 1 8	KA KA KA-AA	3 X 10 15 X 10 3 X 10	75 75 75	1 min 1 min 1 min	↔ ↔ ↔

(συνεχίζεται)

AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα, ↔: Χωρίς σημαντική μεταβολή, ↑: Αύξηση, ↓: Μείωση, WT: well trained, UN: untrained, MS: Male sprinter, Ανδ.: Άνδρες, Έφ.: Έφηβοι, ΜΠΕ: Με προπονητική εμπειρία στην προπόνηση δύναμης, ΧΠΕ: Χωρίς προπονητική εμπειρία

Πίνακας 2.4 (συνέχεια)

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ME)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Pullinen et al. (2002)	1 >>	KA >>	1ME + MVC + 5 X 10 + 2 set up to failure	40 >>	3 min >>	↔ (Ανδ.) ↑ (Εφ.)
Nindl et al. (2001)	4	KA-AK	50 X 5-10	70-85	90 sec	↑
Bosco et al. (2000)	2-3	KA-AA	6 X 14 (MS)	80	8 min	↓
Kraemer et al. (1999a)	1	KA	1 X reps up to failure	80	?	↔
Kraemer et al. (1999b)	1	KA	4 X 10	75	90 sec	↑
Hakkinen et al. (1998)	1	KA	4 X 10 ( 5 sec MI)	100% MI	1 min	↔
	1	AA	4 X 10 ( 5 sec MI)	100% MI	1 min	↔
	2	KA-AA	4 X 10 ( 5 sec MI)	100% MI	1 min	↔
Kraemer et al. (1998)	1	KA	4 X 10	75	90 sec	↑
Gotshalk et al. (1997)	8	AA-KA	3 X 10	75	1 min	↑
	8	AA-KA	1 X 10	75	1 min	↑
Volek et al. (1997)	2	Bench press L.J.S	5 X 10 5 X 30% X 10	75 30	2 min 2 min	↔ ↔

(συνεχίζεται)

AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα, ↔: Χωρίς σημαντική μεταβολή, ↑: Αύξηση, ↓: Μείωση, AMH: Άνδρες μέσης ηλικίας, MI: Maximal isometric

Πίνακας 2.4. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Αριθμός ασκήσεων	Μυϊκές ομάδες	Σετ-Επαναλήψεις	Ένταση (% της 1-ME)	Διάλειμμα μεταξύ των σετ	Μεταβολή (%)
Kraemer et al. (1996)	1	KA	8 X 10	75	1	>↑
	>>	>>	8 X 10	75	3	↑
Hakkinen & Pakarinen (1995)	3	AA-KA	5 X 10	75	3 min	↔
	>>	>>	5 X 10	75	3 min	↑ AMH
Hakkinen & Pakarinen (1993)	1	KA	20 X 1	100	3 min	↔
	>>	>>	10 X 10	75	3 min	↑ 149
McMillan et al. (1993)	2	AA-KA	10 X 10 + 3 X 10 VJ	40-90	1 - 2,5 min	↔ (WT)
	>>	>>	>>	>>	>>	↑ (UT)
Boone et al. (1990)	1	KA	10 X 1-10	50-100	4 min	↑*
Jürimäe et al. (1990)	10	AA - KA	30 X 30 sec	70	30 sec	↑*
	3	KA	8-24 X 1-6	70-100	2-3 min	↓ 24 (Πρωί)
Hakkinen et al. (1988)	4	KA	20-29 X 1-6	70-110	2-3 min	↑ 34 (Απόγ.)
	1	AA	6 X 8 + reps up to failure	70%	4 min	↔

AA: Άνω άκρα, KA: Κάτω άκρα, ↔: Χωρίς σημαντική μεταβολή, ↑: Αύξηση, ↓: Μείωση, VJ: Vertical jumps, WT: well trained, UN: untrained, AMH: Άνδρες μέσης ηλικίας



### **Μεταβολές στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά από χρόνια προπόνηση με βάρη**

Αν και στις περισσότερες έρευνες δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της κορτιζόλης (Ahtiainen et al., 2003b; Fry et al., 1994; Hakkinen et al., 1988; Hakkinen et al., 1987; Hakkinen et al., 1989; Kraemer et al., 1999b, Potteiger et al., 1995), σε άλλες βρέθηκε μείωση (Alen, Pakarinen, Hakkinen, and Komi 1988; Hakkinen et al., 1985; Kraemer et al., 1998; McCall et al., 1999) ή ακόμη και αύξηση (Hakkinen, and Pakarinen, 1991). Αυτό φαίνεται να οφείλεται στο διαφορετικό στόχο του κάθε προγράμματος (μέγιστης δύναμης, υπερτροφίας και μυϊκής αντοχής), τη χρονική διάρκεια και από τη διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης (π.χ ένταση, συνολικός όγκος, διάλειμμα κ.α). Σε έρευνες σε πειραματόζωα βρέθηκε ότι η συγκέντρωση της κορτιζόλης εξηγεί ένα σημαντικό ποσοστό των μεταβολών που υφίσταται ο μυϊκός ιστός (Crowley, and Matt, 1996).

Είναι πιθανόν, οι χρόνιες μεταβολές της κορτιζόλης να συνδέονται με την ομοίωση του μυϊκού ιστού η οποία συσχετίζεται με τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών, σε αντίθεση με τις οξείες μεταβολές οι οποίες αντανακλούν τη μεταβολική ένταση των προγραμμάτων (Kraemer, and Ratamess, 2005).

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

- Το ενδοκρινικό σύστημα είναι ένα από τα δύο κυριότερα συστήματα επικοινωνίας του ανθρώπινου σώματος μεταξύ των φυσιολογικών συστημάτων και των οργάνων ή κυττάρων στόχων, αποτελείται από τους αδένες, τις ορμόνες και το όργανο ή ιστό στόχο και έχει σαν ρόλο να υποστηρίζει τη φυσιολογική ομοιόσταση του οργανισμού και υποβοηθά την αντίδραση του σε εξωτερικά ερεθίσματα.
- Οι ορμόνες είναι χημικά μηνυματοφόρα μόρια και έχουν σαν ρόλο να ρυθμίζουν τον μεταβολισμό, την αύξηση, την ανάπτυξη και ωρίμανση, την αναπαραγωγή, να ενισχύουν την ικανότητα του οργανισμού να ανταποκρίνεται στα διάφορα ερεθίσματα και διατηρούν την ομοιόσταση ρυθμίζοντας το ηλεκτρολυτικό ισοζύγιο και το ισοζύγιο οξέων-βάσεων.
- Η προπόνηση με βάρη προκαλεί οξείες φυσιολογικές ανταποκρίσεις και λειτουργικές προσαρμογές. Σε αυτές τις φυσιολογικές προσαρμογές ουσιαστικό ρόλο διαδραματίζει το ορμονικό ή νεύρο-ενδοκρινικό σύστημα.
- Η άσκηση με βάρη μπορεί να επιφέρει την άμεση ανταπόκριση του ενδοκρινικού συστήματος και τη σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση των ορμονών πέρα από το φυσιολογικό όπως της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα σύνδεσης των ορμονών με τους ειδικούς υποδοχείς του κυττάρου, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για αύξηση του κύκλου της πρωτεΐνης που παρατηρείται μετά από άσκηση με βάρη.

- Η αύξηση της ολικής τεστοστερόνης μετά από ερεθίσματα δύναμης φαίνεται να είναι συνεπεία πολλών παραγόντων όπως στη μείωση του όγκου πλάσματος, σε προσαρμογή των υποδοχέων της ορμόνης, στην αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού και στην αύξηση της σύνθεσης και έκκρισης της τεστοστερόνης.
- Το μέγεθος ανταπόκρισης της ολικής τεστοστερόνης μετά από προπόνηση με βάρη φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από τους παράγοντες της επιβάρυνσης (π.χ ένταση, όγκος προπόνησης, διάλειμμα), την προπονητική εμπειρία, το φύλο, την ηλικία και τη λήψη διατροφικών συμπληρωμάτων.
- Η ελεύθερη τεστοστερόνη φαίνεται να επηρεάζεται κυρίως από την ένταση της επιβάρυνσης (% - 1ME), το μέγεθος της μυϊκής μάζας που χρησιμοποιείται, την προπονητική εμπειρία και την ώρα που διεξάγεται η προπόνηση. Αντίθετα, ο τύπος της μυϊκής συστολής και η διάρκεια του διαλείμματος μεταξύ των σετ δεν φαίνεται να επηρεάζουν τη συγκέντρωση της.
- Η προπόνηση με βάρη για βραχυχρόνιο ή μακροχρόνιο διάστημα είτε δεν μεταβάλλει, είτε μεταβάλλει προσωρινά τη συγκέντρωση ηρεμίας των ορμονών. Οι τιμές συγκέντρωσης της τεστοστερόνης κατά την ηρεμία πιθανά να αντανakλούν την τρέχουσα κατάσταση του μυϊκού ιστού και οι όποιες διακυμάνσεις να είναι συνέπεια των μεταβολών στην περιοδικότητα της προπόνησης (όγκου και έντασης). Είναι πιθανόν τα προγράμματα με υψηλό όγκο και μέση ένταση να προκαλούν τις υψηλότερες αυξήσεις στη συγκέντρωση της ορμόνης που είναι όμως παροδικές (επανέρχεται στα κανονικά της επίπεδα όταν με τη μείωση του όγκου και της έντασης των προγραμμάτων).

- Η προπόνηση με βάρη προκαλεί αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης, ενώ το μέγεθος της αύξησης οφείλεται κυρίως στη διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης όπως, στην επιλογή των ασκήσεων και στο μέγεθος της μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται στο συνολικό όγκο της προπόνησης και στο διάλειμμα μεταξύ των σετ. Επίσης, ο τύπος της μυϊκής συστολής (σύγκεντρος) και η προπονητική κατάσταση των δοκιμαζομένων (προπονημένοι), επηρεάζουν την ανταπόκριση της ορμόνης.
- Η προπόνηση με βάρη προκαλεί αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης κατά το άμεσο διάστημα της αποκατάστασης. Η οξεία αύξηση της κορτιζόλης εκτός από τον ρόλο της στη ρύθμιση του μεταβολισμού ίσως να υποβοηθά την διαδικασία επιδιόρθωσης και ανακατασκευής του μυός. Αντίθετα, η χρόνια υψηλή συγκέντρωση της έχει αρνητικές συνέπειες στο μυϊκό ιστό.
- Οι μεγαλύτερες αυξήσεις στη συγκέντρωση της κορτιζόλης βρέθηκαν μετά από τη χρήση προγραμμάτων με υψηλές μεταβολικές απαιτήσεις, με υψηλό συνολικό όγκο προπόνησης, μέση έως υψηλή ένταση, μικρό διάλειμμα μεταξύ των σετ και τα οποία είχαν υψηλές τιμές γαλακτικού (προγράμματα μυϊκής υπερτροφίας και μυϊκής αντοχής). Αντίθετα, η χρήση προγραμμάτων με στόχο τη βελτίωση της μέγιστης δύναμης (με υψηλές εντάσεις) και της μυϊκής ισχύος προκαλούν μικρότερες αυξήσεις ή ακόμη και μείωση της κορτιζόλης.
- Μετά από χρόνια προπόνηση με βάρη οι μεταβολές της κορτιζόλης πιθανά συνδέονται με την ομοιόσταση του μυϊκού ιστού η οποία συσχετίζεται με τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών, σε αντίθεση με τις οξείες μεταβολές οι οποίες αντανακλούν τη μεταβολική ένταση των προγραμμάτων.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο ερευνητικός σχεδιασμός και η πειραματική διαδικασία της έρευνας. Πιο αναλυτικά παρουσιάζεται το δείγμα, τα όργανα και η διαδικασία των μετρήσεων, τα παρεμβατικά προγράμματα άσκησης, η διαδικασία της αιμοληψίας, η επεξεργασία των αιματολογικών δειγμάτων και η ανάλυση των μεταβολιτών και των ορμονών.

Η παρούσα διατριβή είχε σαν στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης της προπόνησης με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ στις μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις του οργανισμού. Για τη διερεύνηση του στόχου αυτού εξετάστηκε α) η επίδραση των παραγόντων ισχύος και της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων σε συνάρτηση με το φορτίο και β) η επίδραση αντιθετικής προπόνησης με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ.

### *Μελέτη των παραγόντων ισχύος και ταχύτητας εκτέλεσης*

#### **Δείγμα**

Έντεκα υγιείς άνδρες (ηλικία:  $20.7 \pm 1.1$  ετών, σωματική μάζα:  $79.2 \pm 7.2$  kg, ύψος:  $178.6 \pm 16.0$  cm, σωματικό λίπος:  $11.7 \pm 3.4\%$ ) χωρίς κανένα μυοσκελετικό πρόβλημα, συμμετείχαν εθελοντικά στην έρευνα, αφού προηγουμένα υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης όπου περιγραφόταν ο σκοπός, η πειραματική διαδικασία της έρευνας και οι πιθανοί κίνδυνοι από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν ελεύθερα ασκούμενοι, αλλά δεν λάμβαναν μέρος σε συστηματική άσκηση κατά τη διάρκεια της έρευνας. Αρχικά οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα προετοιμασίας διάρκειας 4 εβδομάδων για την εξοικείωση τους με τις συνθήκες και τις διαδικασίες των μετρήσεων και την καλύτερη δυνατή προετοιμασία του μυϊκού τους συστήματος. Το πρόγραμμα περιλάμβανε πολυαρθρικές ασκήσεις με ελεύθερα βάρη για τα κάτω και άνω άκρα, με συχνότητα εκτέλεσης δύο φορές την εβδομάδα και έντασης  $\approx 60 - 100\%$  της 1-ME.

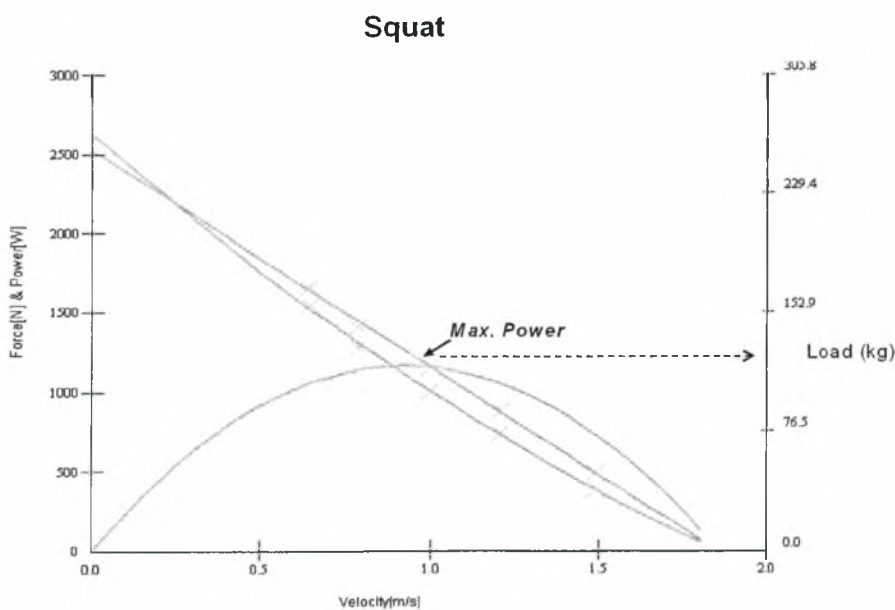
### **Μετρήσεις**

*Ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών – Σωματικού λίπους:* 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 την εύρεση του σωματικού λίπους χρησιμοποιήθηκαν 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 2 mm, τότε ο μέσος όρος των μετρήσεων καταγραφόταν και αντιπροσώπευε την τιμή της κάθε δερματοπτυχής (πάχος κάθε σημείου). Αν η διαφορά ήταν μεγαλύτερη από 2 mm, τότε γινόταν και τρίτη μέτρηση.

*Μέγιστη δύναμη και Ταχοδυναμική καμπύλη:* Επίσης, έγινε μέτρηση της μέγιστης δύναμης με τη μέθοδο της μιας μέγιστης επανάληψης (1-ME) στις ασκήσεις: κάθισμα (γωνία γόνατος 70-72° η οποία προσδιοριζόταν με γωνιομέτρηση) πάγκος και πιέσεις ποδιών. Ακολούθως, σε διαφορετική μέρα γινόταν μέτρηση της ταχοδυναμικής καμπύλης. Οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν τις πιο πάνω ασκήσεις με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα κίνησης με φορτία 20, 35, 50, 65 και 80% της 1-ME. (Σχήμα 3.1). 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 ( $y = ax^2 + bx + \gamma$ ) 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 3.1).



Σχήμα 3.1: Ταχοδυναμική καμπύλη και προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο μπορούσε να παραχθεί η μέγιστη ισχύς

### **Πειραματική διαδικασία**

#### **Προγράμματα άσκησης**

Μετά το τέλος της διαδικασίας των μετρήσεων και με την πάροδο τουλάχιστον 48 ωρών οι δοκιμαζόμενοι έλαβαν μέρος σε τρεις πειραματικές συνθήκες (πρόγραμμα με βάρη). Πριν από την εκτέλεση της κάθε πειραματικής συνθήκης οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν προθέρμανση συνολικής διάρκειας 10 min η οποία περιλάμβανε διατακτικές ασκήσεις για τα άνω και κάτω άκρα και την εκτέλεση ενός σετ των 3-5 επαναλήψεων στο 80% του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε για την κάθε άσκηση. Το πρόγραμμα περιλάμβανε τις ασκήσεις κάθισμα, πάγκος και πιέσεις ποδιών και εκτελέστηκε τρεις φορές:

- I) με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς ( $P_{max}$ )
- II) στο 90% της  $P_{max}$  με υψηλό φορτίο (90%  $P_{max}$ -HL)
- III) στο 90% της  $P_{max}$  με μικρό φορτίο (90%  $P_{max}$ -LL)

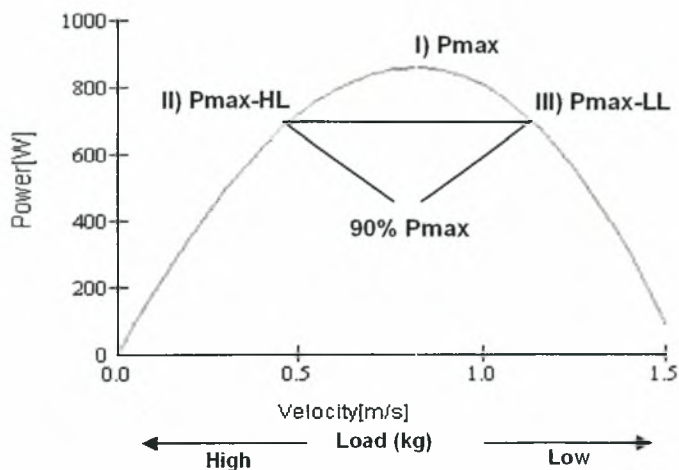
Στον Πίνακα 3.1. παρουσιάζεται η διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης για τις τρεις διαφορετικές συνθήκες. Η πιο κάτω διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης είχε σαν αποτέλεσμα τα προγράμματα να έχουν παρόμοιο συνολικό όγκο προπόνησης (μέση διαφορά  $\approx 3.5\%$ ). Σε κάθε πειραματική συνθήκη δίνονταν οδηγίες στους δοκιμαζόμενους έτσι ώστε να εκτελούν όλες τις ασκήσεις με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα. Συνεπώς, το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε (μικρό, μεσαίο, μεγάλο) μετέβαλε τόσο την ταχύτητα κίνησης όσο και την παραγόμενη ισχύ (Σχήμα 3.2).

**Πίνακας 3.1.** Παράγοντες της επιβάρυνσης στις τρεις συνθήκες άσκησης

	Σετ	Επαναλήψεις	% 1ME	Διάλειμμα - σετ	Διάλειμμα - ασκήσεων
$P_{max}$	4	6	48-60	3	5
90% $P_{max}$ HL	3	6	68-80	3	5
90% $P_{max}$ LL	6	6	30-38	3	5

Body weight:	68.5	Force[N]:	1048.96	Load:	95.71 kg	Load % of bw:	139
1RM:	170.66	Velocity[m/s]:	0.82				
		Power[W]:	859.22			Load % of 1RM	56.

### Squat

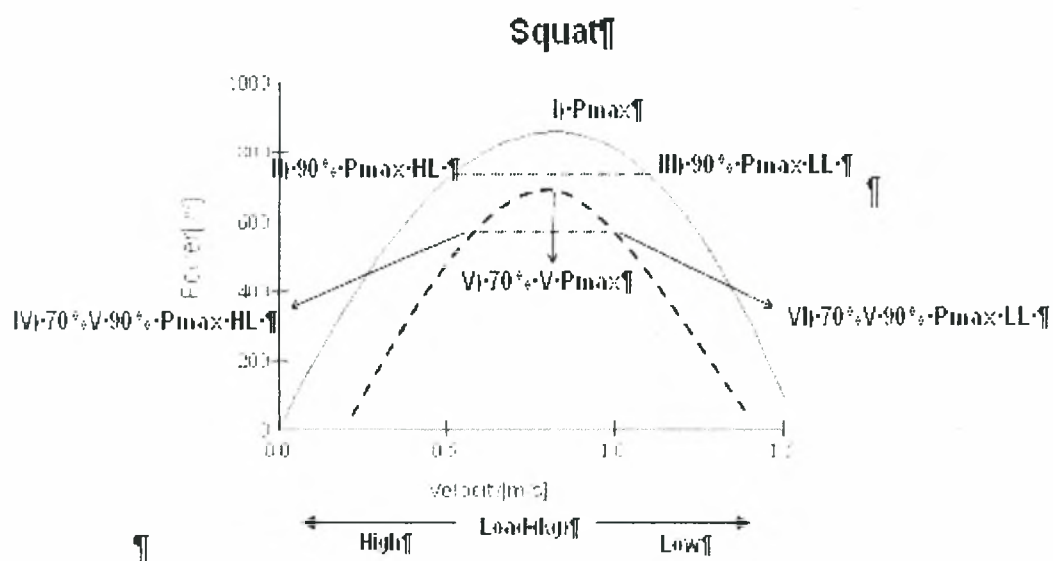


Σχήμα 3.2: Η ταχοδυναμική καμπύλη, από την οποία προσδιορίζονταν οι τρεις πειραματικές συνθήκες βάσει της παραγόμενης ισχύος

Επιπρόσθετα, για να ερευνηθεί η επίδραση της ταχύτητας κίνησης οι δοκιμαζόμενοι έλαβαν μέρος σε άλλες τρεις πειραματικές συνθήκες διαφοροποιώντας μόνο την ταχύτητα εκτέλεσης σε σχέση με τις αρχικές. (Σχήμα 3.3). Σε αντίθεση με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης (100%) στις αρχικές συνθήκες, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τις ίδιες ασκήσεις με τα ίδια φορτία στο 70% της μέγιστης ταχύτητας:

- IV) 70% της μέγιστης ταχύτητας στο φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (70%V της Pmax)
- V) 70% της μέγιστης ταχύτητας στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (70%V στο 90% Pmax-HL)
- VI) στο 70% της μέγιστης ταχύτητας στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (70%V στο 90% Pmax-LL).

Επιπλέον, όλοι οι δοκιμαζόμενοι συμμετείχαν και σε μία συνθήκη ελέγχου, για τον έλεγχο της επίδρασης του κερκιδίου κύκλου των ορμονών. Οι 7 συνθήκες εκτελέστηκαν με ενδιάμεσο διάστημα 5 ημερών, με τυχαία σειρά και με αντιστάθμιση. Η κάθε συνθήκη είχε διάρκεια από 35 έως 45 min και σε όλες ακολουθούσε περίοδος αποκατάστασης διάρκειας 40 min.



Σχήμα 3.3: Ταχοδυναμική καμπύλη, από την οποία προσδιορίζονταν οι έξι συνθήκες άσκησης

### **Έλεγχος ισχύος κατά τη διάρκεια κάθε πειραματικής συνθήκης**

Για τον ακριβή έλεγχο της επίδρασης της ισχύος, η παραγόμενη μηχανική ισχύς ελεγχόταν σε όλες τις πειραματικές συνθήκες και σε όλες τις ασκήσεις. Με βάση τη μέγιστη παραγωγή ισχύος του κάθε δοκιμαζόμενου για κάθε άσκηση (αρχική μέτρηση), οριζόταν η ισχύς η οποία έπρεπε να παράγεται σε κάθε επανάληψη (100 ή 70% της  $P_{max}$ ). Αν η παραγωγή ισχύος ήταν μικρότερη ή μεγαλύτερη από την προκαθορισμένη δινόταν ανατροφοδότηση με οπτικά και ηχητικά σήματα από τον φορητό υπολογιστή έτσι ώστε να γίνει “διόρθωση” της ταχύτητας μετακίνησης του φορτίου από το δοκιμαζόμενο. Ο έλεγχος γινόταν με τη χρήση του ειδικού κωδικοποιητή σήματος MuscleLab που ήταν συνδεδεμένο με ηλεκτρονικό υπολογιστή και με το ειδικό λογισμικό (MuscleLab V6.07) γινόταν συνεχής καταγραφή των μηχανικών παραμέτρων της απόδοσης (δύναμη, ταχύτητα, παραγόμενη ισχύ). Οι μηχανικές παράμετροι υπολογίζονταν από το MuscleLab με βάση το προκαθορισμένο φορτίο (kg) και την ταχύτητα μετακίνησης του φορτίου (V). Η ταχύτητα μετακίνησης δινόταν με το MuscleLab από έναν κωδικοποιητή γραμμικής μετακίνησης που ήταν προσαρμοσμένος στη μπάρα με την οποία εκτελέστηκαν οι ασκήσεις (μετάδοση σήματος κάθε 3 mm μετακίνησης).

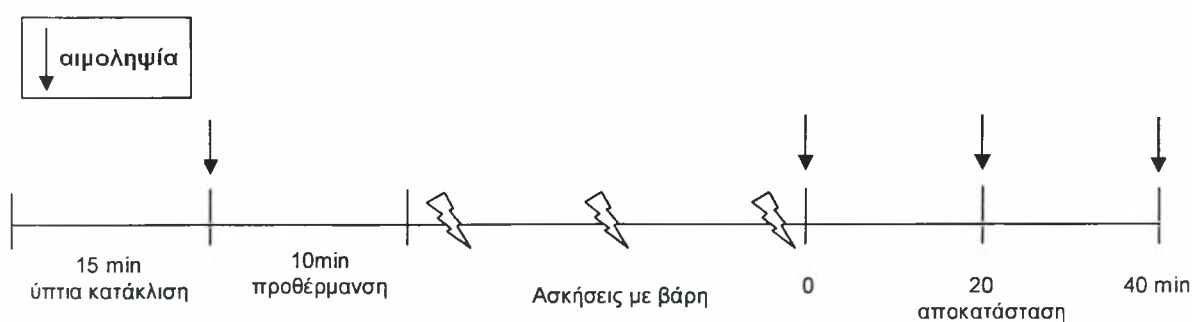
### **Διαδικασία αιμοληψίας**

Σε όλες τις συνθήκες γίνονταν 4 αιμοληψίες για τον προσδιορισμό των ορμονών στην κυκλοφορία. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκαν οι αναβολικές ορμόνες τεστοστερόνη, ελεύθερη τεστοστερόνη και αυξητική ορμόνη και η καταβολική ορμόνη κορτιζόλη. (Σχήμα 3.4).

Οι δοκιμαζόμενοι προσέρχονταν στο εργαστήριο από τις 7.30 έως 11.30 π.μ μετά από ολονύκτια νηστεία, ενώ δεν είχαν καταναλώσει καφέ ή αλκοολούχα ποτά και δεν είχαν λάβει μέρος σε σωματική άσκηση για 36-48 ώρες πριν από κάθε μέτρηση. Η ώρα μέτρησης του κάθε ατόμου σε όλες τις συνθήκες ήταν σταθερή ( $\pm 45$  min), για να περιοριστεί η επίδραση του κερκάρδιου κύκλου στη συγκέντρωση των ορμονών.

Αφού οι δοκιμαζόμενοι προέρχονταν στο εργαστήριο γινόταν τοποθέτηση φλεβοκαθετήρα (Venisystems, Abocath-T) 20mm (3,75cm) σε φλέβα του αντιβραχίου, με φλεβοκέντηση (από εξειδικευμένη νοσοκόμα). Ο βλεβοκαθετήρας διατηρούταν ανοικτός με την έκχυση διαλείμματος (5%) ηπαρίνης (Heparin Leo, Leo Pharmaceutical products, Bellarup – Denmark) σε φυσιολογικό ορό. Ακολούθως, οι δοκιμαζόμενοι βρίσκονταν σε θέση της ύπτιας κατάκλισης για 15 min για να ηρεμήσουν. Μετά το τέλος των 15 min γινόταν η πρώτη αιμοληψία για τη μέτρηση της τιμής ηρεμίας των ορμονών. Αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος καθώς και στο 20 και 40 min της αποκατάστασης έγιναν αιμοληψίες για τη μέτρηση της συγκέντρωσης των ορμονών (Σχήμα 1.4).

Στη συνθήκη ελέγχου όλες οι αιμοληψίες γίνονταν, ακριβώς την ίδια ώρα για τον κάθε δοκιμαζόμενο, όπως με τις πειραματικές συνθήκες. Ακολουθήθηκε δηλαδή η ίδια διαδικασία με τη διαφορά ότι μετά την πρώτη αιμοληψία οι δοκιμαζόμενοι δεν έκαναν προθέρμανση, ούτε εκτελούσαν κάποιο πρόγραμμα αλλά κάθονταν ή βρίσκονταν σε ύπτια κατάκλιση.



Σχήμα 3.4: Πειραματική διαδικασία όπου προσδιορίζεται η χρονική στιγμή της κάθε αιμοληψίας



### **Επεξεργασία αιματολογικών δειγμάτων**

Για να αποφευχθεί τυχόν επίδραση της ηπαρίνης – ορού σε κάθε αιμοληψία, αρχικά λαμβάνονταν 2,5 ml αίματος τα οποία δεν χρησιμοποιούνταν. Αμέσως μετά με άλλη σύριγγα λαμβάνονταν 10 ml αίματος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ορμονών (τεστοστερόνης, ελεύθερης τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης) στην κυκλοφορία. Ακολούθως, από τη συνολική ποσότητα ολικού αίματος λαμβάνονταν 10 ml για τον καθορισμό της *αιμοσφαιρίνης*. Επιπλέον, με 3 μικροτριχοειδή λαμβανόταν αίμα για την εύρεση του *αιματοκρίτη*. Η υπόλοιπη ποσότητα αίματος χωριζόταν σε 2 φιαλίδια συλλογής αίματος: από το πρώτο φιαλίδιο που περιείχε αντιπηκτική ουσία (K3E EDTA K3) λαμβανόταν 4 ml αίματος (για τη λήψη πλάσματος), ενώ από το δεύτερο φιαλίδιο που ήταν κενό λαμβάνονταν 6 ml αίματος (για τη λήψη ορού). Μετά την πιο πάνω διαδικασία και σε σύντομο χρονικό διάστημα (< 5 min) γινόταν φυγοκέντρηση του αίματος στις 2800 στροφές / min για 15 min (Hettich, model Universal 16), για τον διαχωρισμό των έμμορφων στοιχείων από τον ορό και το πλάσμα αντίστοιχα. Κατόπιν, ο ορός και το πλάσμα χωρίζονταν σε ποσότητες των 250 – 400 μl και αποθηκευόταν στους -80°C μέχρι την ανάλυση τους.

### **Μέτρηση αιμοσφαιρίνης**

Η μέτρηση της *αιμοσφαιρίνης* έγινε με τη χρήση αντιδραστηρίων AXIOM (Gesellschaft fur Diagnostica und Biochemica mbH, Burstadt, Deutschland), με τη χρήση φασματοφωτόμετρου Hitachi U-2001.

### **Μέτρηση αιματοκρίτη**

Ο προσδιορισμός του *αιματοκρίτη* γινόταν με τη χρήση μικροτριχοειδών (75 mm), μετά από φυγοκέντρηση στις 13000 στροφές / min για 15 min.

### **Μεταβολή όγκου πλάσματος**

Για τον υπολογισμό των ποσοσטיαίων μεταβολών στον όγκο του αίματος και του πλάσματος κατά την άσκηση με βάρη, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη από τις τέσσερις χρονικές περιόδους των αιμοληψιών και ο υπολογισμός έγινε με τη χρήση των εξισώσεων των Dill and Costill (1974).

### **Προσδιορισμός ορμονών**

Ο προσδιορισμός των ορμονών έγινε με τη χρήση ενζυμοανανοσομετρικών μετρήσεων στον ορό του αίματος (in-vitro) με τη χρήση του αναλυτή ELISA (Automated Microplate Reader, Model: ELX 800, BIO-TEK INSTRUMENTS, INC, USA) και χρησιμοποιήθηκαν τα βιοχημικά αντιδραστήρια DRG ELISA KIT (DRG International, Inc. USA). Για την μέτρηση της κάθε ορμόνης ακολουθήθηκε η ακριβής διαδικασία όπως περιγράφεται στα εγχειρίδια της DRG (Testosterone EIA-1559, free Testosterone EIA-2924, Human Growth Hormone EIA-1787, Cortisol EIA-1887).

## Μελέτη της αντιθετικής προπόνησης με βάρη για μυϊκή ισχύ

### Δείγμα

Είκοσι έξι υγιείς άνδρες χωρίς κανένα μυοσκελετικό πρόβλημα, συμμετείχαν εθελοντικά στην έρευνα, αφού προηγούμενος υπέγραψαν δήλωση συγκατάθεσης όπου περιγραφόταν ο σκοπός, η πειραματική διαδικασία της έρευνας και οι πιθανοί κίνδυνοι από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν ελεύθερα ασκούμενοι, αλλά δεν λάμβαναν μέρος σε συστηματική άσκηση κατά τη διάρκεια της έρευνας. Τα χαρακτηριστικά του δείγματος περιγράφονται στον Πίνακα 3.2.

Οι δοκιμαζόμενοι χωρίστηκαν με τυχαία σειρά σε δύο ίσες ομάδες και ακολούθησαν δύο διαφορετικά προγράμματα αντιθετικής προπόνησης με βάρη (Contrast training):

- Ομάδα Μέγιστης Δύναμης (HLG, n=13), η οποία εκτέλεσε καθίσματα με υψηλά φορτία (90% της 1-ME) με βαλλιστικό τρόπο, τα οποία εναλλάσσονταν με επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς καθόλου φορτίο
- Ομάδα Μέγιστης Ισχύος (MPG, n=13), η οποία εκτέλεσε loaded jump squats με το φορτίο που παραγόταν η μέγιστη ισχύς (47,5 – 57,9% της 1-ME), τα οποία εναλλάσσονταν με επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς καθόλου φορτίο. Στην MPG τα loaded jump squats εκτελέστηκαν με το φορτίο που παραγόταν η μέγιστη ισχύς για τον κάθε δοκιμαζόμενο.

Με αυτόν τον τρόπο υπήρχε εναλλαγή υψηλών ή μέσων φορτίων με χαμηλά φορτία (επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς βάρη) και στις δύο ομάδες.

Πίνακας 3.2. Χαρακτηριστικά δείγματος

Ομάδα	Ηλικία (έτη)	Σωματική μάζα (kg)	Ύψος (cm)	Λίπος (%)	1-ME (kg)
HLG	21,0±0,8	76,6±7,2	177,0±5,2	11,6±2,5	165,4±26,8
MPG	21,7±2,2	79,6±6,2	175,5±6,8	11,5±2,7	177,7±22,3

### Πρόγραμμα προετοιμασίας

Πριν από την εκτέλεση του παρεμβατικού προγράμματος οι δύο ομάδες ακολούθησαν ένα πρόγραμμα προετοιμασίας διάρκειας 6 εβδομάδων. Σκοπός του προγράμματος ήταν η εξοικείωση των δοκιμαζομένων με τις συνθήκες και τις διαδικασίες των μετρήσεων και την καλύτερη δυνατή προετοιμασία του μυοτενόντιου τους συστήματος. Το πρόγραμμα που είχε συχνότητα εκτέλεσης δύο φορές την εβδομάδα περιλάμβανε πολυαρθρικές και μονοαρθρικές ασκήσεις για τα κάτω και άνω άκρα σε μηχανήματα δύναμης και με ελεύθερα βάρη. Οι ασκήσεις ήταν οι ακόλουθες: κάθισμα<sub>(90°)</sub>, πάγκος, πιέσεις ποδιών, εκτάσεις και κάμψεις κνήμης, έλξεις τροχαλίας, όπως επίσης κοιλιακοί και ραχιαίοι. Μετά το πέρας της δεύτερης εβδομάδας εκτελούνταν επιπρόσθετα Loaded jump squats και επαναλαμβανόμενα άλματα με το σωματικό βάρος. Οι παράγοντες επιβάρυνσης του προγράμματος προετοιμασίας περιγράφονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.3.

Πίνακας 3.3. Παράγοντες επιβάρυνσης στο πρόγραμμα προετοιμασίας

Ασκήσεις	Σετ	Επαναλήψεις	% 1-ME	Διάλειμμα Σετ-Ασκήσεις (min)
Προπόνηση με βάρη	2 – 4	1 – 15	≈60 - 100	3 – 5
Loaded jump squats	2 – 4	5 – 8	≈30 – 80	3
Κοιλιακούς & Ραχιαίους	3 – 5	20 – 30		3
Επαναλαμβανόμενα άλματα με το σωματικό βάρος	3 – 4	6		3

### **Παρεμβατικό πρόγραμμα**

Μετά το πέρας της διαδικασίας των μετρήσεων και με την πάροδο τουλάχιστον 48 ωρών οι δοκιμαζόμενοι έλαβαν μέρος στα δύο διαφορετικά προγράμματα αντιθετικής προπόνησης. Τα προγράμματα άσκησης για τις δύο ομάδες ήταν διάρκειας 6 εβδομάδων και είχαν συχνότητα 2 φορές την εβδομάδα. Κατά τη διάρκεια όλων των προπονήσεων δίνονταν οδηγίες στους δοκιμαζόμενους έτσι ώστε να εκτελούν όλες τις ασκήσεις με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα. Ο συνολικός όγκος προπόνησης κατά τη διάρκεια του προγράμματος μεταβαλλόταν μόνο μέσω του αριθμού των σετ (4 σετ την πρώτη εβδομάδα, 5 σετ τη δεύτερη και τρίτη, 6 σετ την τέταρτη και πέμπτη και 4 σετ την έκτη εβδομάδα), ενώ ο αριθμός των επαναλήψεων καθώς και η επιβάρυνση (%-1ΜΕ) παρέμειναν σταθερά.

Πριν από κάθε προπονητική μονάδα οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν για 10min μία τυποποιημένη προθέρμανση η οποία περιλάμβανε 5min εργοποδήλατο στις 60 rpm/min και 5min διατάσεις με έμφαση τα κάτω άκρα. Στον Πίνακα 3.4. παρουσιάζεται η διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης για τα δύο προγράμματα.

Πίνακας 3.4. Παράγοντες της επιβάρυνσης για τα δύο προγράμματα άσκησης

	HLG	MPG
	*Καθίσματα	*Loaded jump squats
Σετ	4-5-5-6-6-4#	4-5-5-6-6-4#
Χ Επαναλήψεις	Χ 3	Χ 5
Ένταση (% 1-ME)	90	47,5 – 57,9
Φορτίο (kg)	148,8±24,1	100,0±13,8
	*Επαναλαμβανόμενα άλματα	
Σετ	4-5-5-6-6-4#	4-5-5-6-6-4#
Χ Επαναλήψεις	Χ 6	Χ 6
Διάλειμμα (min)	3	3

\*Εναλλαγή ασκήσεων με υψηλό-μέσο φορτίο και μικρό φορτίο από σετ σε σετ.

# Μεταβολή του αριθμού των σετ ανά εβδομάδα (4 σετ την πρώτη εβδομάδα, 5 σετ τη δεύτερη και τρίτη, 6 σετ την τέταρτη και πέμπτη και 4 σετ την έκτη εβδομάδα)

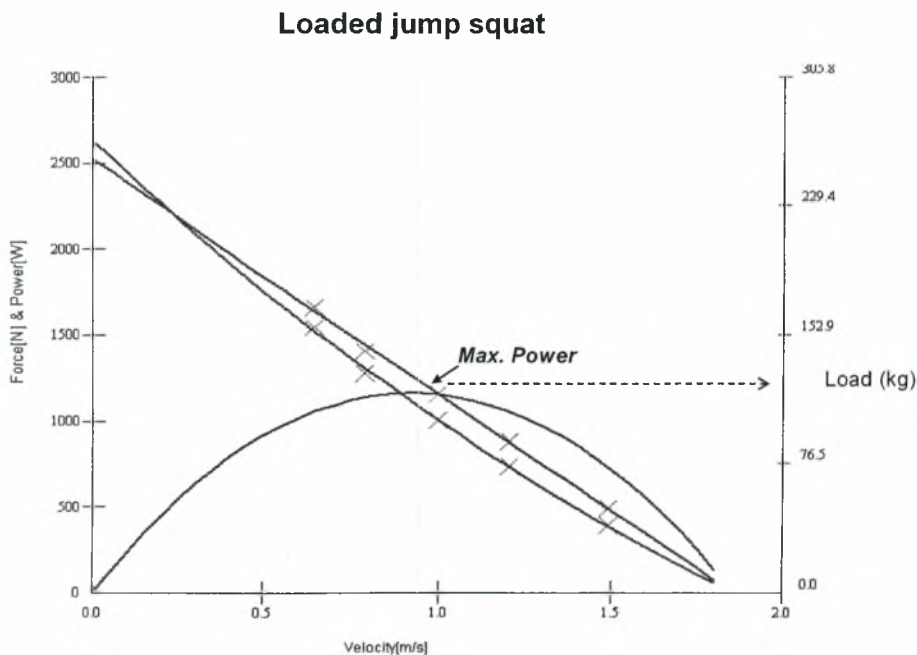
## Μετρήσεις

Ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών – Σωματικού λίπους: Ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως περιγράφεται στη σελίδα 69 του παρόντος κεφαλαίου.

*Μίας μέγιστης επανάληψης (1-ME):* Η μέτρηση της μέγιστης δύναμης στην άσκηση του καθίσματος<sub>(90°)</sub>, έγινε με τη μέθοδο της μιας μέγιστης επανάληψης (1-ME). 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 (~5%) μέχρι ο δοκιμαζόμενος δεν θα μπορούσε 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.



**Ταχοδυναμικής καμπύλης:** Σε διαφορετική μέρα γινόταν μέτρηση της ταχοδυναμικής καμπύλης. 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. (Σχήμα 3.5). Για την εύρεση της ταχοδυναμικής καμπύλης και του φορτίου με το οποίο επιτυγχανόταν η μέγιστη παραγωγή ισχύς ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία όπως περιγράφεται στις σελίδες 69-70 του παρόντος κεφαλαίου.

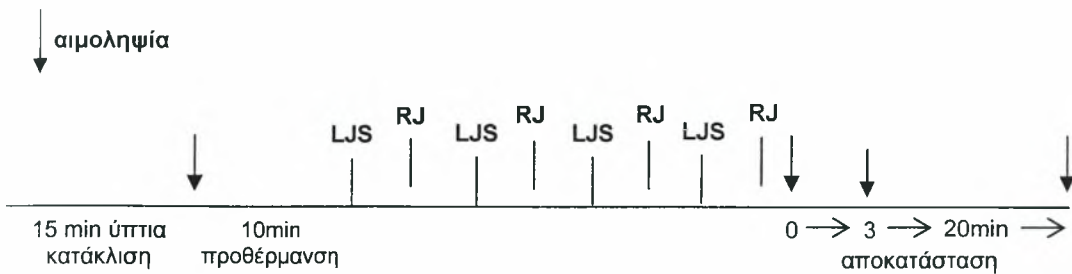


Σχήμα 3.5: Ταχοδυναμική καμπύλη και προσδιορισμός του φορτίου με το οποίο μπορούσε να παραχθεί η μέγιστη ισχύς.

### **Συλλογή αιματολογικών δειγμάτων**

Μετά το πέρας των προγραμμάτων, κατά τη διάρκεια της *τελευταίας προπόνησης* (12<sup>ης</sup>) οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 4 σετ καθίσματα (HLG) ή άλματα με επιπρόσθετο φορτίο (MPG), τα οποία εναλλάσσονταν με επαναλαμβανόμενα άλματα με το σωματικό βάρος (Σχήμα 3.6). Για την εύρεση των ορμονών ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης στο αίμα πραγματοποιήθηκαν τρεις αιμοληψίες, πριν την έναρξη, αμέσως μετά και 20min μετά το τέλος της πρώτης και 12<sup>ης</sup> προπόνησης των παρεμβατικών προγραμμάτων διάρκειας 6 εβδομάδων. Επιπρόσθετα, για την εύρεση του γαλακτικού στο αίμα πραγματοποιήθηκαν άλλες δύο αιμοληψίες, πριν την έναρξη και 3 min μετά την ολοκλήρωση της πρώτης και 12<sup>ης</sup> προπόνησης (Σχήμα 3.6).

Η ώρα αιμοληψίας του κάθε δοκιμαζομένου στην πρώτη και τελευταία προπόνηση ήταν η ίδια ( $\pm 15\text{min}$ ), για να περιοριστεί η επίδραση του κερκάδιου κύκλου στη συγκέντρωση των ορμονών. Τη μέρα των αιμοληψιών οι δοκιμαζόμενοι μπορούσαν να καταναλώσουν μόνο νερό για τουλάχιστον τρεις ώρες πριν από την αρχική αιμοληψία. Επίσης, δεν είχαν καταναλώσει καφέ ή αλκοολούχα ποτά και δεν είχαν λάβει μέρος σε έντονη σωματική άσκηση για 36-48 ώρες πριν από κάθε μέτρηση. Επιπρόσθετα, τους δίνονταν οδηγίες έτσι ώστε να έχουν την ίδια διατροφική πρόσληψη τις μέρες πριν τις αιμοληψίες. Αναλυτικότερα, όταν οι δοκιμαζόμενοι προέρχονταν στο εργαστήριο βρίσκονταν σε θέση της ύπτιας κατάκλισης (15min) για να ηρεμήσουν. Όλες οι αιμοληψίες λήφθηκαν από φλέβα του αντιβραχίου από εξειδικευμένη νοσοκόμα.



Σχήμα 3.6: Πειραματική διαδικασία όπου προσδιορίζεται το παρεμβατικό πρόγραμμα και η χρονική στιγμή της κάθε αιμοληψίας στην πρώτη και τελευταία προπόνηση.

LJS: Καθίσματα ή Loaded Jump Squats, RJ: επαναλαμβανόμενα άλματα με το σωματικό βάρος

### **Επεξεργασία αιματολογικών δειγμάτων**

Για τη μέτρηση του γαλακτικού λαμβάνονταν με μικροτριχοειδή 10μl αίματος από δάκτυλο του χεριού, ενώ για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ορμονών (τεστοστερόνης, ελεύθερης τεστοστερόνης, αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης) στην κυκλοφορία λαμβάνονταν συνολικά 10ml αίματος. Ακολούθως, από τη συνολική ποσότητα ολικού αίματος λαμβάνονταν 10μl για τον καθορισμό της αιμοσφαιρίνης. Επιπλέον, με 3 μικροτριχοειδή (75 mm) λαμβανόταν αίμα για την εύρεση του αιματοκρίτη. Η υπόλοιπη ποσότητα αίματος χωριζόταν σε 2 φιαλίδια συλλογής αίματος: από το πρώτο φιαλίδιο που περιείχε αντιπηκτική ουσία (K3E EDTA K3) λαμβανόταν 4ml αίματος (για τη λήψη πλάσματος), ενώ από το δεύτερο φιαλίδιο που ήταν κενό λαμβάνονταν 6ml αίματος (για τη λήψη ορού). Μετά την πιο πάνω διαδικασία και σε σύντομο χρονικό διάστημα (<5 min) γινόταν φυγοκέντρηση του αίματος στις 2800 στροφές/min για 15 min (Hettich, model Universal 16), για τον διαχωρισμό των έμμορφων στοιχείων από τον ορό και το πλάσμα αντίστοιχα. Κατόπιν, ο ορός και το πλάσμα χωρίζονταν σε ποσότητες των 250–400μl και αποθηκευόταν στους  $-80^{\circ}\text{C}$  μέχρι την ανάλυσή τους.

### **Μέτρηση γαλακτικού**

Η μέτρηση του γαλακτικού στο αίμα έγινε με φωτομέτρηση, με τη χρήση αντιδραστηρίων DR LANGE (Lactate LKM 140) και αναλυτή DRLANGE-miniphotometer 8. Αναλυτικότερα, για την ανάλυση του γαλακτικού ακολουθήθηκε η ακριβής διαδικασία όπως περιγράφεται στο εγχειρίδιο Dr. Lange Cuvette Test, Lactate LOX-PAP method, Article No. LKM 140.

### **Μέτρηση αιμοσφαιρίνης**

Η μέτρηση της αιμοσφαιρίνης έγινε με τη χρήση αντιδραστηρίων AXIOM (Gesellschaft für Diagnostica und Biochemica mbH, Burstadt, Deutschland), με τη χρήση φασματοφωτόμετρου Hitachi U-2001.

### **Μέτρηση αιματοκρίτη**

Ο προσδιορισμός του αιματοκρίτη γινόταν με τη χρήση 3 μικροτριχοειδών (75mm), μετά από φυγοκέντρηση στις 13000 στροφές/min για 15min (Hettich, model Universal 16).

### **Μεταβολή όγκου πλάσματος**

Για τον υπολογισμό των ποσοστιαίων μεταβολών στον όγκο του αίματος και του πλάσματος μετά το πρόγραμμα άσκησης, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη και ο υπολογισμός έγινε με τη χρήση των εξισώσεων των Dill and Costill (1974).

### **Μέτρηση ορμονών**

Ο προσδιορισμός των ορμονών έγινε με τη χρήση ενζυμοανοσομετρικών μετρήσεων στον ορό του αίματος (in-vitro) με τη χρήση του αναλυτή ELISA (Automated Microplate Reader, Model: ELX 800, BIO-TEK INSTRUMENTS, INC, USA) και χρησιμοποιήθηκαν τα βιοχημικά αντιδραστήρια DRG ELISA KIT (DRG International, Inc. USA). Για την μέτρηση της κάθε ορμόνης ακολουθήθηκε η ακριβής διαδικασία όπως περιγράφεται στα εγχειρίδια της DRG (Testosterone EIA-1559, free Testosterone EIA-2924, Human Growth Hormone EIA-1787, Cortisol EIA-1887).

### Στατιστική ανάλυση

*Μελέτη των παραγόντων ισχύος και της ταχύτητας εκτέλεσης:* Για τον έλεγχο της επίδρασης της παραγομένης ισχύς στη συγκέντρωση των ορμονών στις διάφορες χρονικές στιγμές (πριν - τέλος της άσκησης, 20 και 40 min της αποκατάστασης), χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δύο παράγοντες (παραγόμενη ισχύς και χρονική στιγμή αιμοληψίας). Επίσης, για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των διαφορετικών συνθηκών μέτρησης (Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL, 70%V Pmax, 70%V 90% Pmax-HL, 70%V 90% Pmax-LL και ελέγχου) στη συγκέντρωση των ορμονών χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δύο παράγοντες (πειραματική συνθήκη άσκησης και χρονική στιγμή αιμοληψίας). Για τη διερεύνηση των σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων όρων χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ .

*Μελέτη της αντιθετικής προπόνησης με βάρη για μυϊκή ισχύ:* Για τον έλεγχο της επίδρασης του κάθε προγράμματος (within) στη συγκέντρωση των ορμονών και του γαλακτικού στις διάφορες χρονικές στιγμές της αιμοληψίας (πριν - τέλος της άσκησης και 20 min της αποκατάστασης), χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε έναν παράγοντα. Επίσης, για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των προγραμμάτων (between HLG and MPG) στη συγκέντρωση των ορμονών στις διάφορες χρονικές στιγμές των αιμοληψιών (πριν - τέλος της άσκησης και 20 min της αποκατάστασης) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δύο παράγοντες (πρόγραμμα άσκησης και χρονική στιγμή αιμοληψίας) και ως συνδιακυμαντής (covariate) ορίστηκε η αρχική μέτρηση. 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

### *Επίδραση των παραγόντων ισχύος και ταχύτητας εκτέλεσης*

Για την εύρεση των διαφορών εντός των ομάδων (within) και μεταξύ των ομάδων (between) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δύο παράγοντες (παραγόμενη ισχύ και χρονική στιγμή αιμοληψίας).

Από τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται να επηρέασε τη συγκέντρωση της ολικής και της ελεύθερης τεστοστερόνης. Η χρήση του φορτίου που επιτυγχάνει τη μέγιστη παραγωγή ισχύος (48-60% -1ΜΕ) και η χρήση υψηλού φορτίου (68-80% -1ΜΕ) επιφέρουν υψηλότερη συγκέντρωση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης σε σχέση με τη χρήση μικρότερου φορτίου (30-38% -1ΜΕ) που δεν επιφέρει σημαντική μεταβολή. Αντίθετα, η ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης δεν φαίνεται να επηρεάζονται από το μέγεθος του φορτίου.

Επιπρόσθετα, η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων επηρεάζει την ορμονική συγκέντρωση. Η εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα επιφέρει υψηλότερη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης, σε σχέση με την υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης που δεν επιφέρει σημαντική μεταβολή. Αντίθετα, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης δεν φαίνεται να επηρεάζονται από την ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων. Είναι πιθανόν, η εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα να επιφέρει μεγαλύτερη ορμονική ανταπόκριση, σε σχέση με την εκτέλεση με υπόμεγιστη ταχύτητα.



### **Τεστοστερόνη**

Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης με τη χρήση τριών διαφορετικών φορτίων (I) με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς: 48-60% - 1ME, II) με υψηλό: 68-80% - 1ME, III) με μικρό: 30-38% - 1ME] και την εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1. Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση των προγραμμάτων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα όπως επίσης με την εκτέλεση τους με υπομέγιστη ταχύτητα παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.2.

### **Εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα**

*Συνθήκη Pmax:* Στη συνθήκη όπου χρησιμοποιήθηκε το φορτίο που επιτυγχανόταν η μέγιστη παραγωγή ισχύος (Pmax) βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης [ $F_{(3,27)} = 5,475$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (πριν την άσκηση) τόσο αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος, όσο και στο 20 min της αποκατάστασης (αμέσως μετά, 20 και 40 min) (Σχήμα 4.1). Η αύξηση της συγκέντρωσης στην Pmax ήταν μεγαλύτερη [ $F_{(9, 81)} = 4,176$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου (Control) σε όλο το χρονικό διάστημα της αποκατάστασης. Επίσης, η Pmax είχε μεγαλύτερη αύξηση [ $F_{(9, 81)} = 4,176$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με τη συνθήκη με το μικρό φορτίο (90% Pmax – LL), κατά το 20 και 40 min μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.1). Αντίθετα, δεν βρέθηκαν διαφορές ( $F_{(3,27)} = 2,119$ ;  $p > 0,05$ ) στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ανάμεσα στην Pmax και στη συνθήκη με το υψηλό φορτίο (90% Pmax –HL).

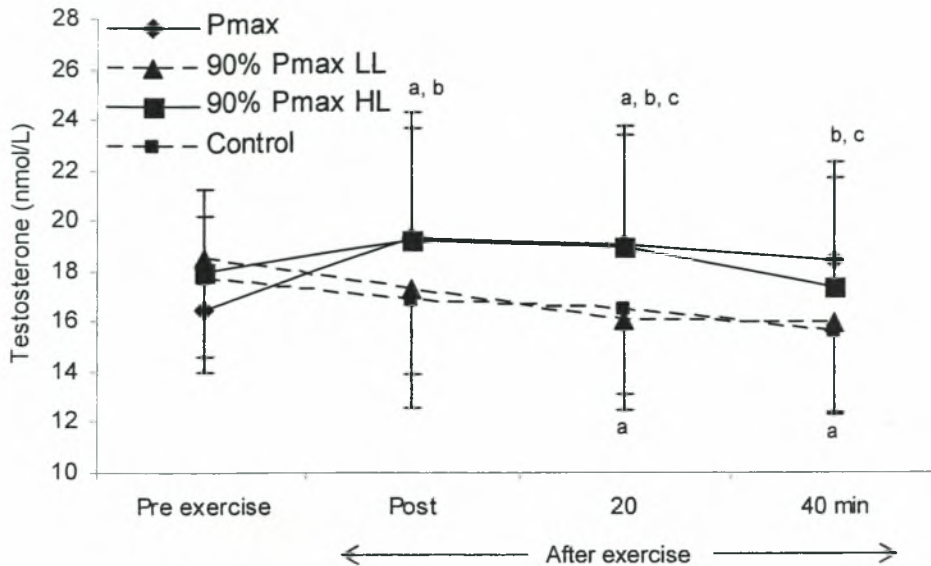
**Πίνακας 4.1** Συγκέντρωση της ολικής *Τεστοστερόνης* (nmol/L) στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL και 90% Pmax-LL και της ελέγχου (Control). ( $\bar{x} \pm SD$ )

Πριν την άσκηση	Μετά την άσκηση		
	Αμέσως μετά	20 min	40 min
<b>Pmax</b>			
16,48±3,73	19,29±4,96 <sup>a, b</sup>	19,01±4,38 <sup>a, b, c</sup>	18,46±3,83 <sup>b, c</sup>
<b>90%Pmax-HL</b>			
17,96 ± 3,32	19,25 ± 4,38 <sup>b</sup>	18,99 ± 4,73 <sup>b, c</sup>	17,37 ± 4,32 <sup>b</sup>
<b>90%Pmax-LL</b>			
18,54 ± 3,93	17,27 ± 3,32	16,04 ± 3,58 <sup>a</sup>	15,98 ± 3,69 <sup>a</sup>
<b>Control</b>			
17,69 ± 3,67	16,81 ± 4,22	16,44 ± 3,35	15,57 ± 3,20 <sup>a</sup>

Pmax: με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (48-60% -1ME), 90% Pmax-HL: στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (68-80% -1ME), 90% Pmax-LL: στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (30-38% - 1ME)

<sup>a</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου,

<sup>c</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη 90% Pmax LL



Σχήμα 4.1: Συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη παραγωγή ισχύος (Pmax), στο 90% της Pmax με το υψηλό φορτίο (90%Pmax-HL) και στο 90% της Pmax με το μικρό φορτίο (90%Pmax-LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, <sup>c</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη 90% Pmax LL.

**Συνθήκη 90%Pmax-HL:** Μετά την εκτέλεση της συνθήκης 90%Pmax-HL δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή [ $F_{(3,27)} = 2,575$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (Σχήμα 4.1). Όμως, η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης στη συνθήκη 90%Pmax-HL ήταν υψηλότερη [ $F_{(9, 81)} = 4,176$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου σε όλα τα χρονικά σημεία της αποκατάστασης (αμέσως μετά, 20 και 40min). Επιπρόσθετα, διέφερε σημαντικά [ $F_{(9, 81)} = 4,176$ ;  $p > 0,05$ ] από τη συνθήκη 90%Pmax-LL στο 20 min μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.1).

**Συνθήκη 90%Pmax-LL:** Βρέθηκε μείωση στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση της συνθήκης 90%Pmax-LL, όπου διέφερε σημαντικά [ $F_{(3, 27)} = 5,475$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας στο 20 και 40min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.1). Ελέγχοντας τις διαφορές μεταξύ των συνθηκών, η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης στη συνθήκη 90%Pmax-LL ήταν μικρότερη [ $F_{(9, 81)} = 4,176$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με την Pmax στο 20 και 40min της αποκατάστασης, όπως επίσης και από την 90%Pmax-HL 20min ( $p < 0,05$ ) μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.1). Αντίθετα, δεν διέφερε [ $F_{(3, 27)} = 2,119$ ;  $p > 0,05$ ] από τη συνθήκη ελέγχου.

### **Εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα**

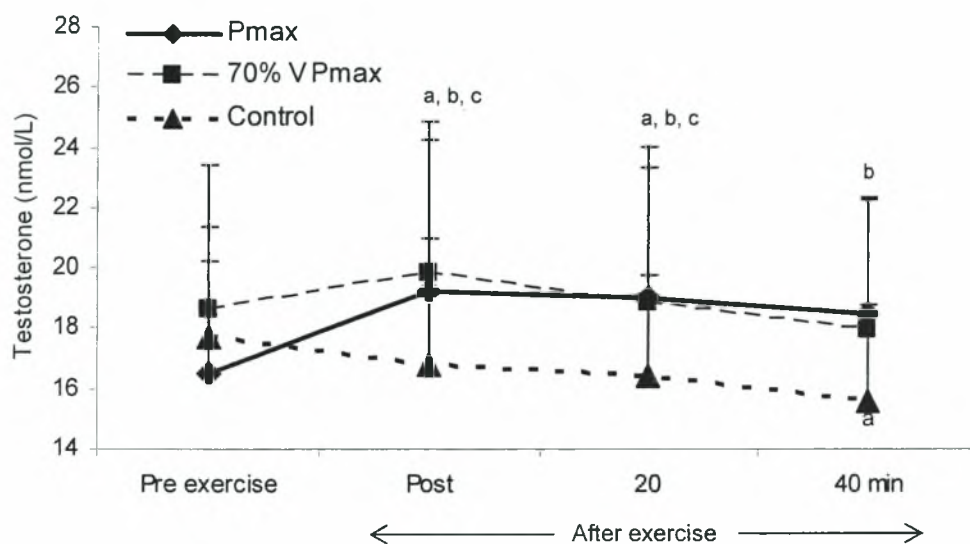
**Συνθήκη 70%V-Pmax:** Μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-Pmax η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης δεν παρουσίασε μεταβολή [ $F_{(3, 27)} = 2,337$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (Σχήμα 4.2). Όμως, η 70%V-Pmax είχε σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση [ $F_{(6, 54)} = 3,571$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος και στο 20min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.2). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(2, 18)} = 2,519$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση του προγράμματος με υπομέγιστη ταχύτητα (70%V-Pmax) σε σχέση με την εκτέλεση του με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα (Pmax) (Σχήμα 4.2). Ακόμη, η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης στη συνθήκη Pmax ήταν υψηλότερη [ $F_{(6, 54)} = 3,571$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με την ελέγχου σε όλα τα χρονικά διαστήματα της αποκατάστασης (Σχήμα 4.2).

**Πίνακας 4.2** Συγκέντρωση ολικής Τεστοστερόνης (nmol/L) στον ορό στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL και με υπομέγιστη ταχύτητα στο 70% της μέγιστης 70%V - Pmax, 70%V - 90% Pmax HL και 70%V - 90% Pmax LL και της συνθήκης ελέγχου. ( $\bar{x} \pm SD$ )

Πριν την άσκηση	Αμέσως μετά	Μετά την άσκηση	
		20 min	40 min
<b>Pmax</b>			
16,48±3,73	19,29±4,96 <sup>a, b</sup>	19,01±4,38 <sup>a, b, c</sup>	18,46±3,83 <sup>b, c</sup>
<b>70%V-Pmax</b>			
18,64±4,76	19,84±5,07 <sup>b</sup>	18,90±5,15 <sup>b</sup>	17,98±4,40
<b>90%Pmax-HL</b>			
17,96 ± 3,32	19,25 ± 4,38 <sup>b, d</sup>	18,99 ± 4,73 <sup>b, c, d</sup>	17,37 ± 4,32 <sup>b</sup>
<b>70%V-90%Pmax-HL</b>			
18,21 ± 3,32	17,76 ± 4,68	17,08 ± 3,51	17,86 ± 3,88
<b>90%Pmax-LL</b>			
18,54 ± 3,93	17,27 ± 3,32	16,04 ± 3,58 <sup>a</sup>	15,98 ± 3,69 <sup>a</sup>
<b>70%V-90%Pmax-LL</b>			
17,48 ± 3,23	15,72 ± 4,71	15,70 ± 3,30	16,35 ± 3,76
<b>Control</b>			
17,69 ± 3,67	16,81 ± 4,22	16,44 ± 3,35	15,57 ± 3,20 <sup>a</sup>

Pmax: με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (48-60% -1ME), 90% Pmax-HL: στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (68-80% -1ME), 90% Pmax-LL: στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (30-38% - 1ME)

<sup>a</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, <sup>c</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη 90% Pmax LL, <sup>d</sup> σε σχέση με τη συνθήκη 70%V - 90% Pmax HL

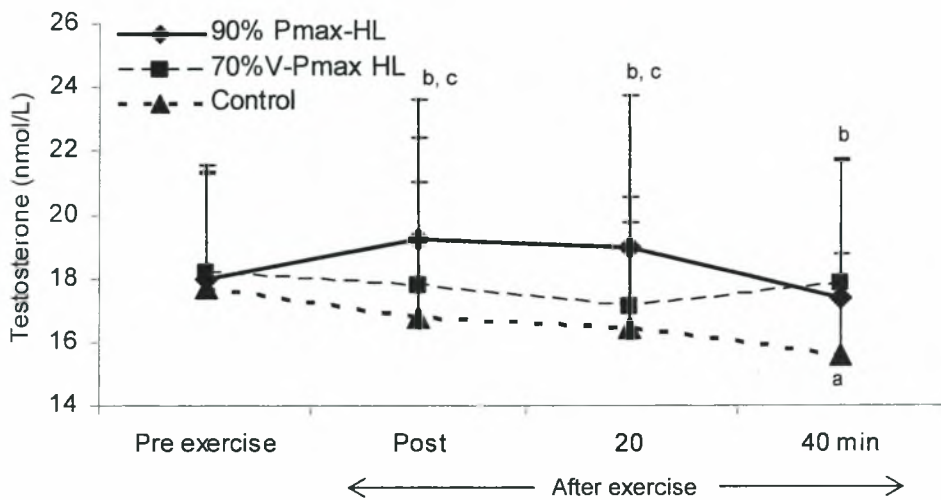


Σχήμα 4.2: Συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (Pmax) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V-Pmax), και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση στην Pmax, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου στην Pmax, <sup>c</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου στην 70%V-Pmax.

**Συνθήκη 70%V-90%Pmax-HL:** Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-90%Pmax-HL δεν παρουσίασε μεταβολή [ $F_{(3, 27)} = 2,518$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (Σχήμα 4.3). Οι τιμές συγκέντρωσης της τεστοστερόνης ήταν μικρότερες [ $F_{(6, 54)} = 1,922$ ;  $p < 0,05$ ] μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-90%Pmax-HL σε σχέση με την 90%Pmax-HL αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος και στο 20min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.3). Επίσης, μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη ταχύτητα (90%Pmax-HL) η συγκέντρωση της τεστοστερόνης ήταν υψηλότερη [ $F_{(9, 81)} = 4,176$ ;  $p < 0,05$ ] συγκριτικά με την ελέγχου σε όλα τα χρονικά διαστήματα μετά το τέλος του προγράμματος (αμέσως μετά, 20 και 40min) (Σχήμα 4.3).

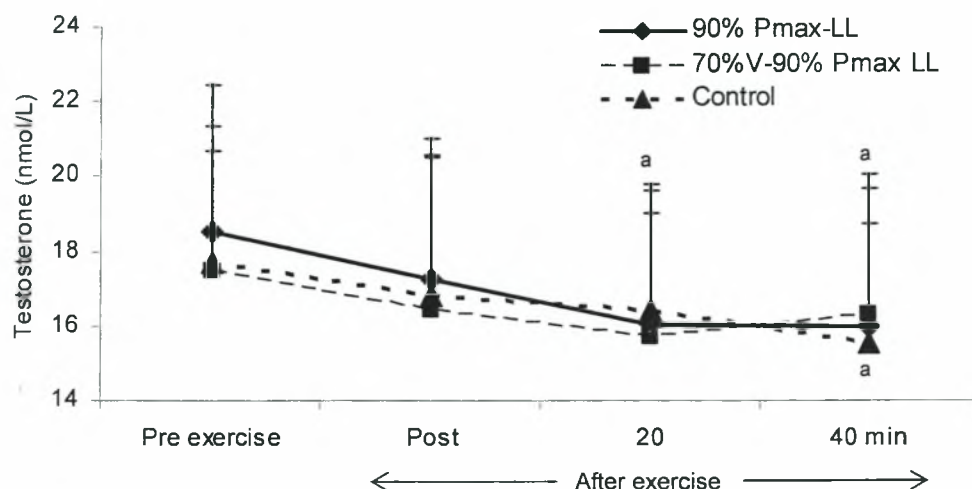




Σχήμα 4.3: Συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστης ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax - HL) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% Pmax HL), και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου, <sup>c</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με την 70%V-90% Pmax HL.

*Συνθήκη 70%V-90%Pmax-LL:* Δεν βρέθηκαν ουσιαστικές μεταβολές [ $F_{(3, 27)}$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-90%Pmax-LL (Σχήμα 4.4). Επίσης, δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(6, 54)} = 0,708$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης μεταξύ των συνθηκών με την υπομέγιστη και τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης (70%V-90%Pmax-LL vs 90%Pmax-LL) και της ελέγχου (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.4: Συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστης ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax - LL) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% Pmax LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση

### Ελεύθερη Τεστοστερόνη

Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης με τη χρήση τριών διαφορετικών φορτίων [I) με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς: 48-60% - 1ME, II) με υψηλό: 68-80% - 1ME, III) με μικρό: 30-38% - 1ME] και την εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.3. Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση των προγραμμάτων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα όπως επίσης με την εκτέλεση τους με υπομέγιστη ταχύτητα παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.4.

### Εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα

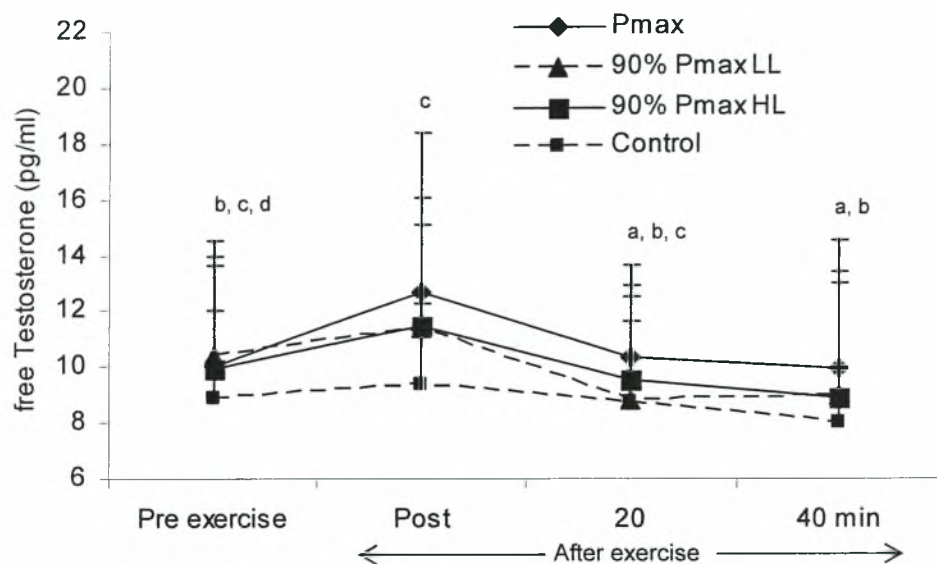
**Συνθήκη Pmax:** Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στη συνθήκη Pmax παρουσίασε αύξηση αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος και διέφερε [ $F_{(3, 27)} = 17,34$ ;  $p < 0,01$ ] σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, όπως επίσης στο 20 και 40min της αποκατάστασης. (Σχήμα 3.9). Βρέθηκε τάση για σημαντικά υψηλότερη συγκέντρωση [ $F_{(9, 81)} = 1,812$ ;  $p = 0,07$ ] μεταξύ της Pmax και της συνθήκης ελέγχου αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος και στο 20min της αποκατάστασης. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές [ $F_{(9, 81)} = 1,812$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης μεταξύ της Pmax και των συνθηκών 90%Pmax-HL και 90%Pmax-LL. (Σχήμα 4.5).

**Πίνακας 4.3** Συγκέντρωση της ελεύθερης Τεστοστερόνης (pg/ml) στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL και 90% Pmax-LL και της ελέγχου (Control). ( $\bar{x} \pm SD$ )

Πριν την άσκηση	Αμέσως μετά	Μετά την άσκηση	
		20 min	40 min
<b>I) Pmax</b>			
10,05±3,91 <sup>b</sup>	12,64±5,71 <sup>c</sup>	10,38±3,27 <sup>b,c</sup>	9,93±4,57 <sup>b</sup>
<b>II) 90% Pmax HL</b>			
9,95±3,69	11,47±3,61 <sup>c</sup>	9,50±3,03 <sup>b</sup>	8,89±4,14 <sup>b</sup>
<b>III) 90% Pmax LL</b>			
10,44±4,10 <sup>c</sup>	11,35±4,71 <sup>c</sup>	8,84±4,08 <sup>a,b</sup>	8,99±4,39 <sup>a,b</sup>
<b>IV) Control</b>			
8,89±3,14 <sup>d</sup>	9,40±2,83	8,75±2,87	8,67±2,80

Pmax: με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (48-60% -1ME), 90% Pmax-HL: στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (68-80% -1ME), 90% Pmax-LL: στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (30-38% - 1ME)

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση, <sup>c</sup> $p = 0,07$  σε σχέση με την control, <sup>d</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με τη 90% Pmax LL



Σχήμα 4.5: Συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη παραγωγή ισχύος (Pmax), στο 90% της Pmax με το υψηλό φορτίο (90%Pmax-HL) και στο 90% της Pmax με το μικρό φορτίο (90%Pmax-LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση, <sup>c</sup> $p = 0,07$  σε σχέση με την control, <sup>d</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με τη control στη 90%Pmax-LL

**Συνθήκη 90%Pmax-HL:** Μετά την εκτέλεση της συνθήκης 90%Pmax-HL δεν βρέθηκε αύξηση [ $F_{(3, 27)} = 1,152$ ;  $P > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης σε σχέση με την τιμή ηρεμίας. (Σχήμα 4.5). Η συγκέντρωση αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος στη συνθήκη 90%Pmax-HL ήταν υψηλότερη [ $F_{(9, 81)} = 1,812$ ;  $p = 0,07$ ] σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Δεν παρατηρήθηκαν άλλες διαφορές [ $F_{(9, 81)} = 1,812$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης μεταξύ της 90%Pmax-HL και των συνθηκών Pmax και 90%Pmax-LL.

*Συνθήκη 90%Pmax-LL:* Η συγκέντρωση της ελεύθερης Τεστοστερόνης παρουσίασε μείωση [ $F_{(3, 27)} = 8,793$ ;  $p < 0,05$ ] στο 20 και 40 min της αποκατάστασης σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας μετά την εκτέλεση της 90%Pmax-LL. Επιπλέον, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ήταν υψηλότερη [ $F_{(3, 27)} = 8,793$ ;  $p < 0,05$ ] αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος σε σχέση με το 20 και 40 min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.5).

Στη 90%Pmax-LL η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ήταν υψηλότερη σε σχέση με την Control τόσο κατά την ηρεμία [ $F_{(6, 54)} = 4,124$ ;  $p < 0,05$ ] όσο και αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος ( $p = 0,07$ ). Καμία άλλη διαφορά δεν βρέθηκε [ $F_{(2, 18)} = 1,106$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης μεταξύ της 90%Pmax-LL και των Pmax και 90%Pmax-HL (Σχήμα 4.5).

**Πίνακας 4.4** Συγκέντρωση της ελεύθερης Τεστοστερόνης (pg/ml) στον ορό στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL και με υπομέγιστη ταχύτητα στο 70% της μέγιστης 70%V - Pmax, 70%V - 90% Pmax HL και 70%V - 90% Pmax LL και της συνθήκης ελέγχου. ( $\bar{x} \pm SD$ )

Πριν την άσκηση	Μετά την άσκηση		
	Αμέσως μετά	20 min	40 min
<b>I) Pmax</b>			
10,05±3,91 <sup>b</sup>	12,64±5,71 <sup>c</sup>	10,38±3,27 <sup>b,c</sup>	9,93±4,57 <sup>b</sup>
<b>II) 70%V – Pmax</b>			
10,12±3,83	11,01±3,78	9,78±3,34	10,16±3,96
<b>III) 90% Pmax HL</b>			
9,95±3,69	11,47±3,61 <sup>c</sup>	9,50±3,03 <sup>b</sup>	8,89±4,14 <sup>b</sup>
<b>IV) 70%V – 90% Pmax HL</b>			
10,60±2,55	11,24±2,55	10,64±3,37	9,71±2,56 <sup>b</sup>
<b>V) 90% Pmax LL</b>			
10,44±4,10 <sup>c</sup>	11,35±4,71 <sup>c</sup>	8,84±4,08 <sup>a,b</sup>	8,99±4,39 <sup>a,b</sup>
<b>VI) 70%V – 90% Pmax LL</b>			
10,48±4,39 <sup>c</sup>	9,21±4,73	8,50±3,42 <sup>a</sup>	8,23±3,23 <sup>a</sup>
<b>VII) Συνθήκη ελέγχου</b>			
8,89±3,14 <sup>d</sup>	9,40±2,83	8,75±2,87	8,67±2,80

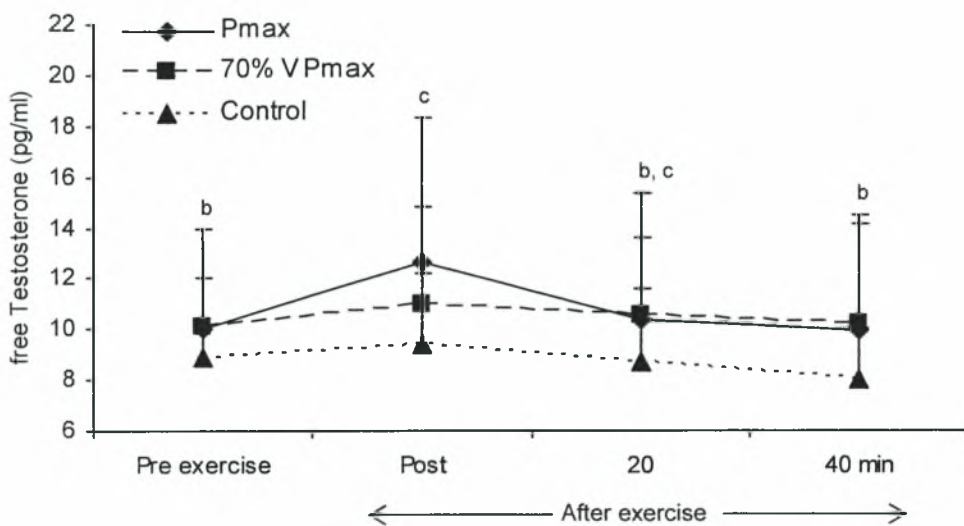
Pmax: με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (48-60% -1ME), 90% Pmax-HL: στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (68-80% -1ME), 90% Pmax-LL: στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (30-38% - 1ME)

<sup>a</sup>p<0,05 σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup>p<0,05 σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση, <sup>c</sup>p=0,07 σε σχέση με την control, <sup>d</sup>p<0,05 σε σχέση με τη 90% Pmax LL και 70%V - 90% Pmax LL



### Εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα

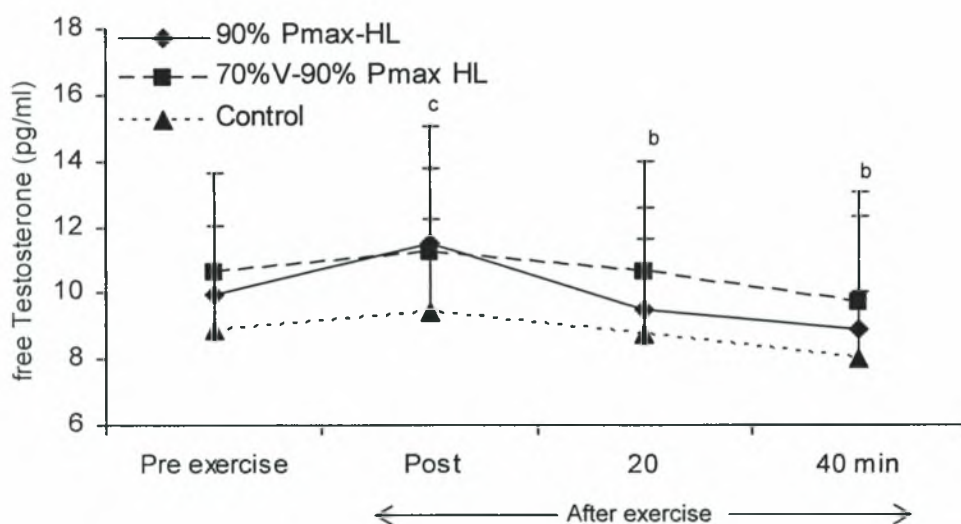
Συνθήκη 70%V-Pmax: Η εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα και με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος (70%V-Pmax) δεν επέφερε καμία μεταβολή [ $F_{(3, 27)}; p>0,05$ ] στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης (Σχήμα 4.6). Επίσης, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στη 70%V-Pmax δεν διέφερε [ $F_{(6, 54)}= 1,761; p>0,05$ ] σε σχέση με την Pmax και την Control (Σχήμα 4.6).



Σχήμα 4.6: Συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (Pmax) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V-Pmax) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>b</sup> $p<0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση (post) στην Pmax, <sup>c</sup> $p=00,7$  σε σχέση με την control στην Pmax

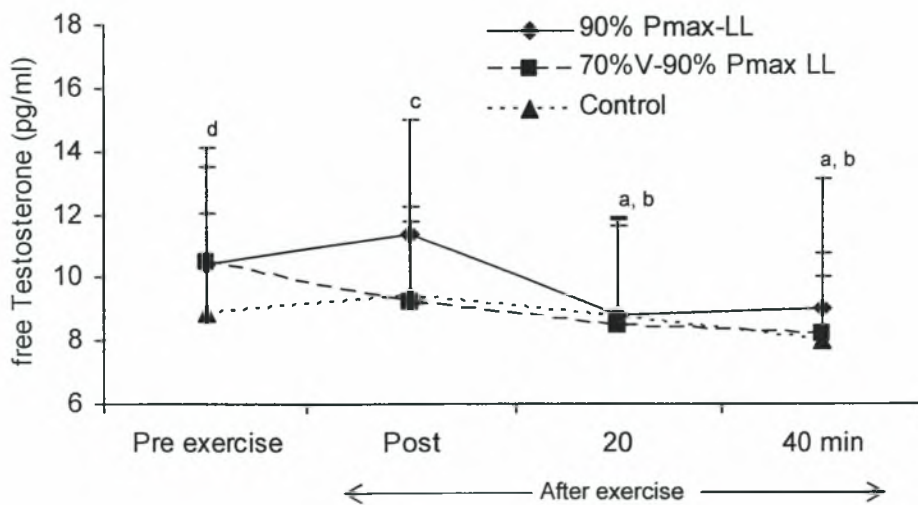
**Συνθήκη 70%V-90% Pmax HL:** Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-Pmax HL δεν μεταβλήθηκε [ $F_{(3, 27)}$ ;  $p>0,05$ ] σε σχέση με τη συγκέντρωση κατά την ηρεμία και μέχρι το 20 min μετά την εκτέλεση του προγράμματος. Όμως, 40 min μετά το τέλος του προγράμματος η συγκέντρωση της ορμόνης παρουσίασε μείωση, η οποία ήταν σημαντική [ $F_{(3, 27)}= 8,574$ ;  $p<0,05$ ] σε σχέση με τη συγκέντρωση αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.7). Δεν βρέθηκε διαφορά [ $F_{(6, 54)}= 1,699$ ;  $p>0,05$ ] μεταξύ της συνθήκης 70%V-Pmax HL και των 90% Pmax HL και Control στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης (Σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.7: Η ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax - HL) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% Pmax HL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>b</sup> $p<0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση (post) στην 90% Pmax-HL, <sup>c</sup> $p=00,7$  σε σχέση με την control στη 70%V - Pmax HL.

**Συνθήκη 70%V-90% Pmax LL:** Μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-90% Pmax LL η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης παρουσίασε μείωση [ $F_{(3, 27)} = 8,739$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με την τιμή ηρεμίας κατά το 20 και 40 min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.8). Πριν την εκτέλεση του προγράμματος η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ήταν υψηλότερη [ $F_{(6, 54)} = 4,124$ ;  $p < 0,05$ ] στη συνθήκη 70%V-90% Pmax LL σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου (Σχήμα 4.8). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(6, 54)} = 4,124$ ;  $p < 0,05$ ] μεταξύ των συνθηκών 70%V-90% Pmax LL και 90% Pmax LL (Σχήμα 4.8).



Σχήμα 4.8: Συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax - LL) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% Pmax LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση στην 70%V-90%Pmax LL, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση (post) στην 90% Pmax-LL, <sup>c</sup> $p = 0,07$  σε σχέση με την Control, <sup>d</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με τη Control στις συνθήκες 90%PmaxLL και 70%V-90%PmaxLL

### Αυξητική ορμόνη

Η συγκέντρωση της αυξητικής μετά την εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα και τη χρήση τριών διαφορετικών φορτίων (I) με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς: 48-60% - 1ME, II) με υψηλό: 68-80% - 1ME, III) με μικρό: 30-38% - 1ME] παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.5. Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά την εκτέλεση των προγραμμάτων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα όπως επίσης με την εκτέλεση τους με υπομέγιστη ταχύτητα παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.6.

**Πίνακας 4.5.** Συγκέντρωση της *Αυξητικής ορμόνης* (μg/L) στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL και 90% Pmax-LL και της ελέγχου (Control). ( $\bar{x} \pm SD$ )

Πριν την άσκηση	Αμέσως μετά	Μετά την άσκηση	
		20 min	40 min
<b>Pmax</b>			
0,49±0,24	1,07±1,17	0,82±0,63	0,59±0,29
<b>90% Pmax HL</b>			
0,48±0,21	1,86±3,21	1,65±3,42	0,93±1,56
<b>90% Pmax LL</b>			
0,48±0,16 <sup>b</sup>	1,36±1,20	0,80±0,52	0,74±0,39 <sup>b</sup>
<b>Control</b>			
0,50±0,19 <sup>b</sup>	0,91±0,69	0,70±0,34	0,56±0,31

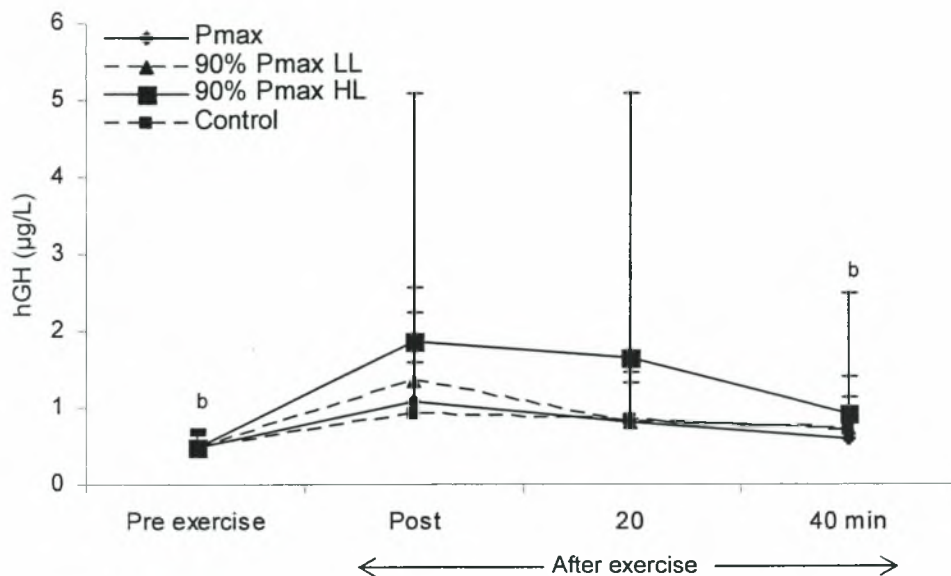
Pmax: με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (48-60% -1ME), 90% Pmax-HL: στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (68-80% -1ME), 90% Pmax-LL: στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (30-38% - 1ME)

<sup>b</sup>p<0,05 σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση

### **Εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα**

*Συνθήκη Pmax:* Δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή [ $F_{(3, 27)} = 3,367$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης σε κανένα χρονικό σημείο μετά την εκτέλεση της συνθήκης Pmax (Σχήμα 4.9). Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά την εκτέλεση της συνθήκης Pmax δεν διέφερε [ $F_{(9, 81)} = 0,916$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των συνθηκών 90%Pmax-HL, 90%Pmax-LL και της Control (Σχήμα 4.9).

*Συνθήκη 90%Pmax-HL:* Μετά την εκτέλεση της συνθήκης 90%Pmax-HL η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης δεν μεταβλήθηκε σημαντικά [ $F_{(3, 27)} = 3,367$ ;  $p > 0,05$ ] σε κανένα χρονικό σημείο σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (Σχήμα 4.9). Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ( $p > 0,05$ ) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μεταξύ της συνθήκης 90%Pmax-HL και των συνθηκών Pmax, 90%Pmax-LL και Control (Σχήμα 4.9).



Σχήμα 4.9: Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη παραγωγή ισχύος (Pmax), στο 90% της Pmax με το υψηλό φορτίο (90%Pmax-HL) και στο 90% της Pmax με το μικρό φορτίο (90%Pmax-LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control)

<sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση στη 90%Pmax-LL

**Συνθήκη 90%Pmax-LL:** Σημαντική αύξηση [ $F_{(3, 27)} = 3,367$ ;  $p < 0,05$ ] βρέθηκε στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης αμέσως μετά την εκτέλεση της συνθήκης 90%Pmax-LL. Επίσης, η αύξηση αυτή ήταν υψηλότερη ( $p < 0,05$ ) σε σχέση με τη συγκέντρωση 40 min μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.9). Καμία σημαντική διαφορά δεν βρέθηκε [ $F_{(9, 81)} = 0,916$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μεταξύ της συνθήκης 90%Pmax-LL και των συνθηκών Pmax, 90%Pmax-HL και της Control (Σχήμα 4.9).



**Πίνακας 4.6** Συγκέντρωση της *Αυξητικής ορμόνης* (μg/L) στον ορό στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL και με υπομέγιστη ταχύτητα στο 70% της μέγιστης 70%V - Pmax, 70%V - 90% Pmax HL και 70%V - 90% Pmax LL και της συνθήκης ελέγχου. ( $\bar{x} \pm SD$ )

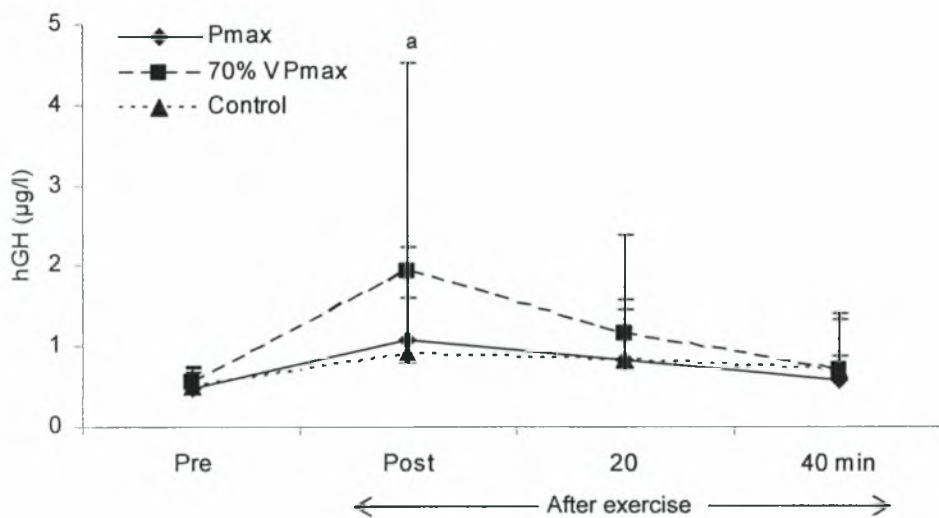
Πριν την άσκηση	Μετά την άσκηση		
	Αμέσως μετά	20 min	40 min
<b>Pmax</b>			
0,49±0,24	1,07±1,17	0,82±0,63	0,59±0,29
<b>70%V – Pmax</b>			
0,55±0,20	1,93±2,59 <sup>a</sup>	1,16±1,21	0,71±0,61
<b>90% Pmax HL</b>			
0,48±0,21	1,86±3,21	1,65±3,42	0,93±1,56
<b>70%V – 90% Pmax HL</b>			
0,50±0,22	2,90±4,81 <sup>a</sup>	1,64±2,32	1,05±1,44
<b>90% Pmax LL</b>			
0,48±0,16	1,36±1,20 <sup>a</sup>	0,80±0,52	0,74±0,39 <sup>b</sup>
<b>70%V – 90 % Pmax LL</b>			
0,50±0,18	0,82±0,82	0,62±0,38	0,50±0,31
<b>Control</b>			
0,50±0,19	0,91±0,69 <sup>a</sup>	0,70±0,34	0,56±0,31

Pmax: με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (48-60% -1ME), 90% Pmax-HL: στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (68-80% -1ME), 90% Pmax-LL: στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (30-38% - 1ME)

<sup>a</sup>p<0,05 σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup>p<0,05 σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση

### Εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα

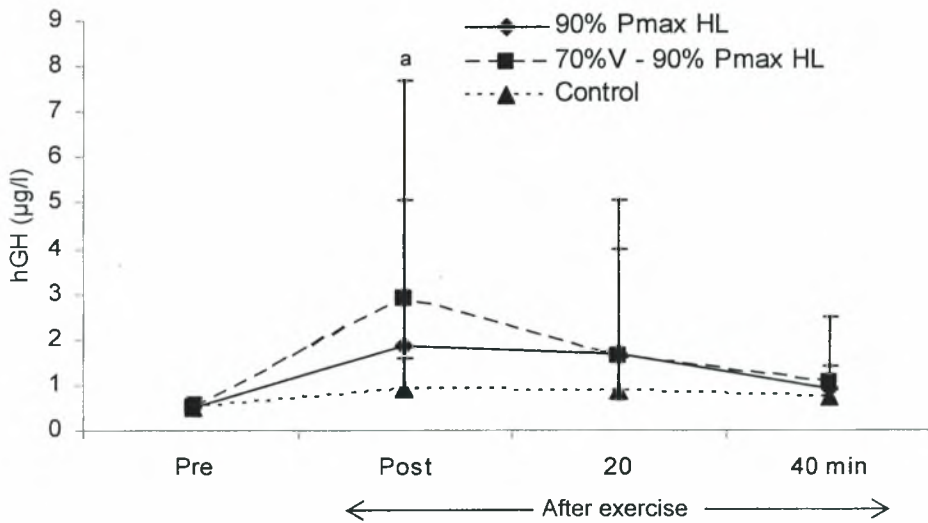
**Συνθήκη 70%V-Pmax:** Η εφαρμογή της συνθήκης 70%V-Pmax προκάλεσε αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης και ήταν σημαντικά υψηλότερη [ $F_{(3, 27)} = 3,904$ ;  $p < 0,05$ ] αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος σε σχέση με την τιμή ηρεμίας (Σχήμα 4.10). Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-Pmax δεν διέφερε [ $F_{(6, 54)} = 1,726$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με τις συνθήκες Pmax και Control (Σχήμα 4.10).



Σχήμα 4.10: Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (Pmax) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V-Pmax) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση (Pre) στην 70%V Pmax και Control

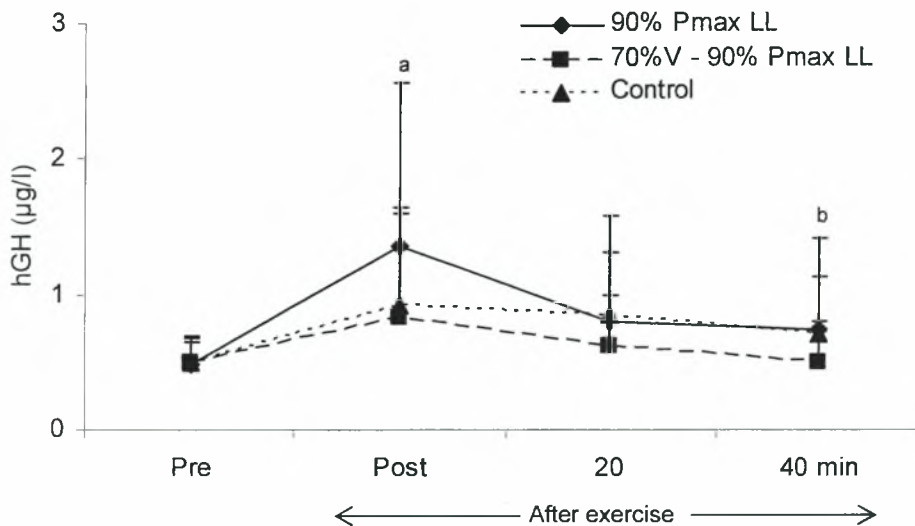
**Συνθήκη 70%V-90% Pmax HL:** Μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-90% PmaxHL, βρέθηκε σημαντική αύξηση [ $F_{(3, 27)} = 2,884$ ;  $p < 0,05$ ] στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μόνο αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος σε σχέση με την τιμή ηρεμίας (Σχήμα 4.11). Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές [ $F_{(6, 54)} = 1,489$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά την εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη (70%V-90% Pmax HL) και μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax HL) όπως επίσης και με τη Control (Σχήμα 4.11).



Σχήμα 4.11: Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστης ισχύος με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax - HL) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% Pmax HL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση (Pre) στην 70%V - 90% Pmax HL και στην Control

Συνθήκη 70%V-90% Pmax LL: Καμία σημαντική μεταβολή [ $F_{(3, 27)}$ ;  $p > 0,05$ ) δεν βρέθηκε στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-90% Pmax LL (Σχήμα 4.12). Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης δεν διέφερε σημαντικά [ $F_{(6, 54)} = 2,830$ ;  $p > 0,05$ ] μετά την εκτέλεση των συνθηκών 70%V-90% Pmax LL και 90% Pmax LL και της Control (Σχήμα 4.12).



Σχήμα 4.12: Συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστης ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax - LL) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% Pmax LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση (Pre) στην 90%Pmax LL και Control, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση (Post) στην 90%Pmax LL

### Κορτιζόλη

Η συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα και τη χρήση τριών διαφορετικών φορτίων (I) με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς: 48-60% - 1ME, II) με υψηλό: 68-80% - 1ME, III) με μικρό: 30-38% - 1ME] παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.7. Η συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση των προγραμμάτων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα όπως επίσης με την εκτέλεση τους με υπομέγιστη ταχύτητα παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.8.

**Πίνακας 4.7** Συγκέντρωση της Κορτιζόλης (nmol/L) στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL και 90% Pmax-LL και της ελέγχου (Control). ( $x \pm SD$ )

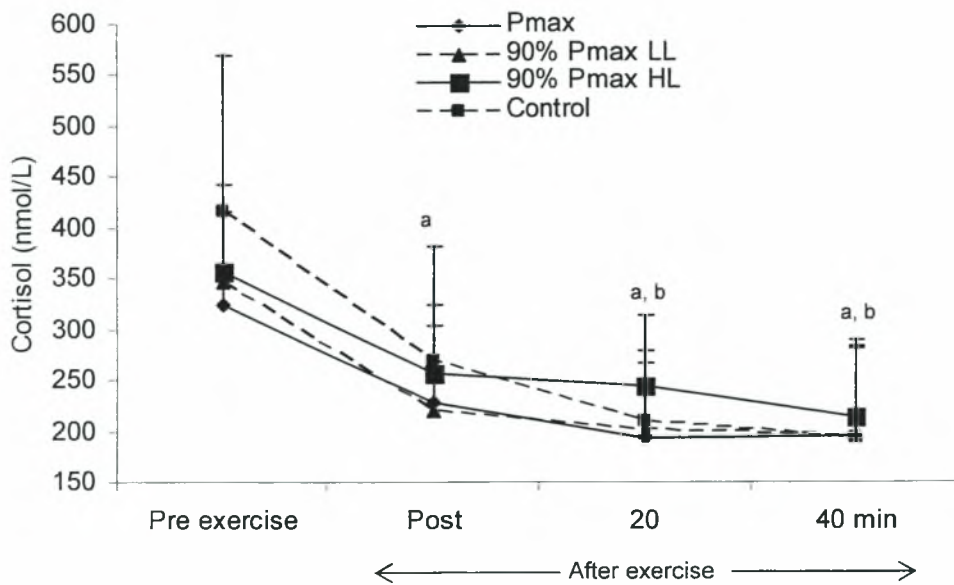
Πριν την άσκηση	Μετά την άσκηση		
	Αμέσως μετά	20 min	40 min
<b>Pmax</b>			
324,88±91,35	227,96±75,5 <sup>a</sup>	193,66±72,01 <sup>a, b</sup>	195,16±88,54 <sup>a</sup>
<b>90% Pmax HL</b>			
357,54±114,55	255,98±88,73 <sup>a</sup>	243,38±77,48 <sup>a</sup>	213,74±72,92 <sup>a</sup>
<b>90% Pmax LL</b>			
346,42±95,63	219,71±105,00 <sup>a</sup>	201,62±77,79 <sup>a</sup>	195,31±86,07 <sup>a</sup>
<b>Control</b>			
415,44±153,44	268,74±112,52 <sup>a</sup>	230,11±116,58 <sup>a</sup>	213,04±109,44 <sup>a, b</sup>

Pmax: με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (48-60% -1ME), 90% Pmax-HL: στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (68-80% -1ME), 90% Pmax-LL: στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (30-38% - 1ME)

<sup>a</sup>p<0,05 σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup>p<0,05 σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση

### Εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα

**Συνθήκη Pmax:** Μετά την εκτέλεση της συνθήκης Pmax η συγκέντρωση της κορτιζόλης παρουσίασε μείωση και ήταν σημαντικά μικρότερη [ $F_{(3, 27)}=118,807$ ;  $p<0,05$ ] σε όλα τα χρονικά σημεία της αποκατάστασης σε σχέση με την τιμή ηρεμίας. Επιπρόσθετα, η συγκέντρωση της ορμόνης αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος ήταν υψηλότερη ( $p<0,05$ ) σε σχέση με το 20 min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.13). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(9, 81)}=1,728$ ;  $p>0,05$ ] στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μεταξύ της Pmax και των συνθηκών 90%Pmax-HL και 90%Pmax-LL όπως επίσης και της Control (Σχήμα 4.13).



Σχήμα 4.13: Συγκέντρωση της κορτιζόλης ( $\bar{x}\pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τη μέγιστη παραγωγή ισχύος (Pmax), στο 90% της Pmax με το υψηλό φορτίο (90%Pmax-HL) και στο 90% της Pmax με το μικρό φορτίο (90%Pmax-LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p<0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση (Pre), <sup>b</sup> $p<0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση (Post)



*Συνθήκη 90%Pmax-HL:* Μείωση βρέθηκε στη συγκέντρωση της κορτιζόλης σε όλα τα χρονικά σημεία μετά την εκτέλεση της συνθήκης 90%Pmax-HL και ήταν σημαντικά μικρότερη [ $F_{(3, 27)} = 118,807$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με τη συγκέντρωση κατά την ηρεμία (Σχήμα 4.13). Η συγκέντρωση της κορτιζόλης στη συνθήκη 90%Pmax-HL δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές [ $F_{(9, 81)} = 1,728$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με τις συνθήκες Pmax, 90%Pmax-LL και της Control (Σχήμα 4.13).

*Συνθήκη 90%Pmax-LL:* Η συγκέντρωση της κορτιζόλης παρουσίασε μείωση μετά την εκτέλεση της συνθήκης 90%Pmax-LL και ήταν σημαντικά μικρότερη [ $F_{(3, 27)} = 118,807$ ;  $p < 0,05$ ] σε όλα τα χρονικά σημεία της αποκατάστασης σε σχέση με την τιμή ηρεμίας. Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(9, 81)} = 1,728$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μεταξύ της 90%Pmax-LL και των συνθηκών Pmax, 90%Pmax-HL και της Control (Σχήμα 4.13).

**Πίνακας 4.8.** Συγκέντρωση της Κορτιζόλης (nmol/L) στον ορό στις συνθήκες με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων Pmax, 90% Pmax-HL, 90% Pmax-LL και με υπομέγιστη ταχύτητα στο 70% της μέγιστης 70%V - Pmax, 70%V - 90% Pmax HL και 70%V - 90% Pmax LL και της συνθήκης ελέγχου. ( $\bar{x} \pm SD$ )

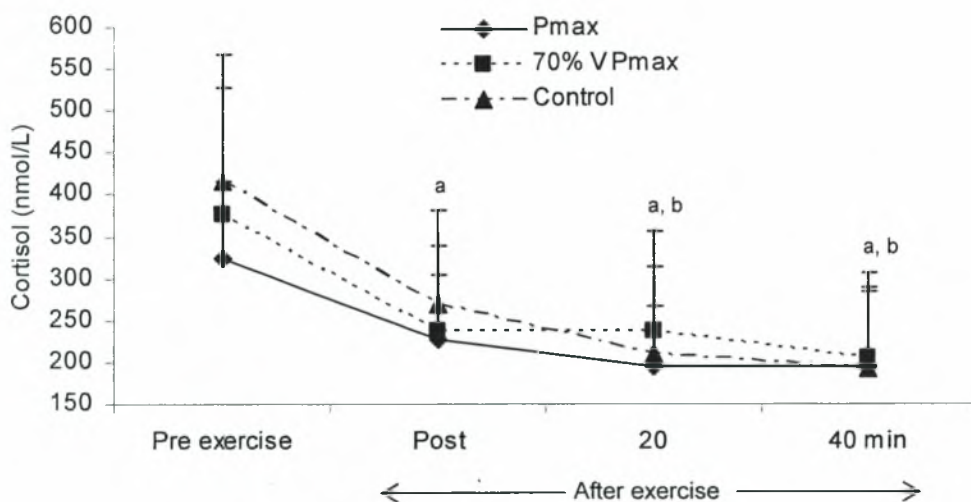
Πριν την άσκηση	Αμέσως μετά	Μετά την άσκηση	
		20 min	40 min
<b>Pmax</b>			
324,88±91,35	227,96±75,5 <sup>a</sup>	193,66±72,01 <sup>a, b</sup>	195,16±88,54 <sup>a</sup>
<b>70%V – Pmax</b>			
375,67±152,83	237,84±101,49 <sup>a</sup>	237,19±119,36 <sup>a</sup>	204,51±101,45 <sup>a</sup>
<b>90% Pmax HL</b>			
357,54±114,55	255,98±88,73 <sup>a</sup>	243,38±77,48	213,74±72,92
<b>70%V – 90% Pmax HL</b>			
366,02±106,56 <sup>a</sup>	251,16±66,60 <sup>a</sup>	233,67±62,28 <sup>a</sup>	239,01±61,36 <sup>a</sup>
<b>90% Pmax LL</b>			
346,42±95,63	219,71±105,00 <sup>a</sup>	201,62±77,79 <sup>a</sup>	195,31±86,07 <sup>a</sup>
<b>70%V – 90 % Pmax LL</b>			
353,38±78,19 <sup>a</sup>	190,01±42,49 <sup>a</sup>	218,15±48,60 <sup>a</sup>	216,09±58,66 <sup>a</sup>
<b>Control</b>			
415,44±153,44	268,74±112,52 <sup>a</sup>	230,11±116,58 <sup>a</sup>	213,04±109,44 <sup>a, b</sup>

Pmax: με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς (48-60% -1ME), 90% Pmax-HL: στο 90% της Pmax με υψηλό φορτίο (68-80% -1ME), 90% Pmax-LL: στο 90% της Pmax με μικρό φορτίο (30-38% - 1ME)

<sup>a</sup>p<0,05 σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup>p<0,05 σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση

### Εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα

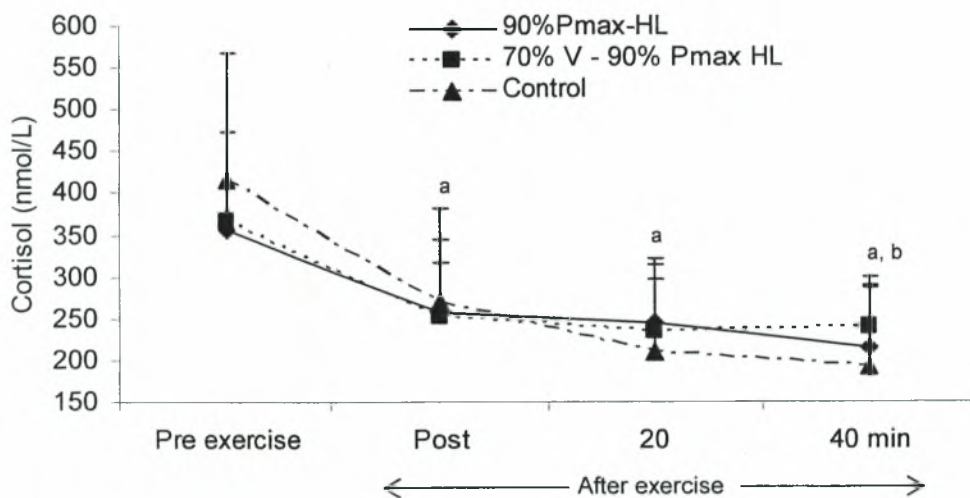
**Συνθήκη 70%V Pmax:** Μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V Pmax η συγκέντρωση της κορτιζόλης παρουσίασε μείωση και ήταν σημαντικά μικρότερη [ $F_{(3, 27)} = 116,436$ ;  $p < 0,05$ ] σε όλα τα χρονικά σημεία της αποκατάστασης σε σχέση με την τιμή ηρεμίας (Σχήμα 4.14). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(6, 54)} = 1,751$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μεταξύ της συνθήκης 70%V Pmax και της Pmax όπως επίσης και της Control (Σχήμα 4.14).



Σχήμα 3.18: Συγκέντρωση της κορτιζόλης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (Pmax) και με υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V-Pmax) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση

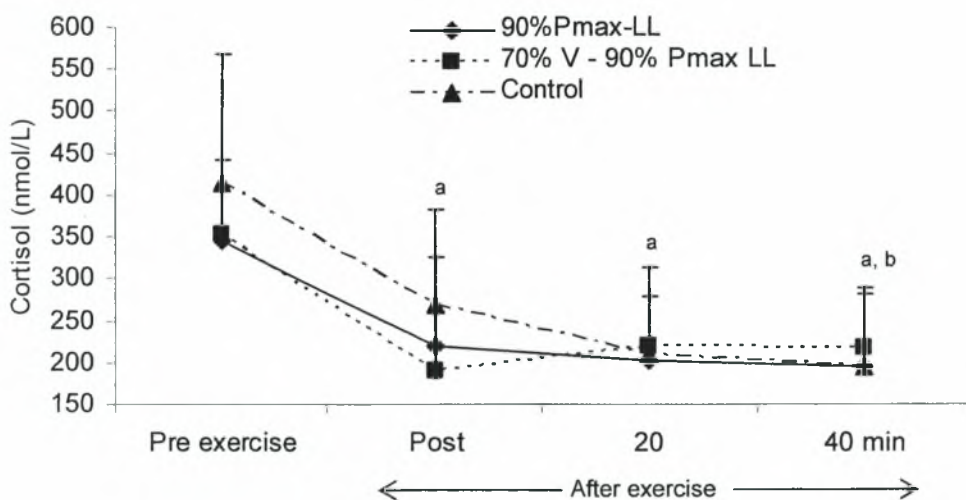
Συνθήκη 70%V-Pmax HL: Μείωση βρέθηκε στη συγκέντρωση της κορτιζόλης σε όλα τα χρονικά σημεία μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-90%Pmax HL και ήταν σημαντικά μικρότερη [ $F_{(3, 27)} = 51,011$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με τη συγκέντρωση κατά την ηρεμία (Σχήμα 4.15). Η συγκέντρωση της κορτιζόλης στη συνθήκη 70%V-90%Pmax HL δεν διέφερε σημαντικά [ $F_{(6, 54)} = 2,735$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με την 90%Pmax-HL και την Control (Σχήμα 4.15).



Σχήμα 4.15: Συγκέντρωση της κορτιζόλης ( $\bar{x} \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστη ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax - HL) και με υπόμειγστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% Pmax HL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση

**Συνθήκη 70%V-90%Pmax LL:** Η συγκέντρωση της κορτιζόλης παρουσίασε μείωση μετά την εκτέλεση της συνθήκης 70%V-90%Pmax LL και ήταν σημαντικά μικρότερη [ $F_{(3, 27)} = 125,409$ ;  $p < 0,05$ ] σε όλα τα χρονικά σημεία της αποκατάστασης σε σχέση με την τιμή ηρεμίας (Σχήμα 4.16). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(6, 54)} = 3,801$ ;  $p > 0,05$ ] στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μεταξύ της 70%V-90%Pmax LL και της 90%Pmax-LL όπως επίσης και της Control (Σχήμα 4.16).



Σχήμα 4.16: Συγκέντρωση της κορτιζόλης ( $x \pm SD$ ) μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστης ισχύς με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης (90% Pmax - LL) και με υπόμειστη ταχύτητα εκτέλεσης στο 70% της μέγιστης (70%V - 90% Pmax LL) και στη συνθήκη ελέγχου (Control).

<sup>a</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση, <sup>b</sup> $p < 0,05$  σε σχέση με αμέσως μετά την άσκηση

### ***Επίδραση της αντιθετικής προπόνησης με βάρη στις μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις***

Για τον έλεγχο της επίδραση του κάθε προγράμματος (within) στη συγκέντρωση των ορμονών και του γαλακτικού στις διάφορες χρονικές στιγμές της αιμοληψίας (πριν - τέλος της άσκησης και 20 min της αποκατάστασης), χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε έναν παράγοντα. Επίσης, για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των προγραμμάτων (between) στη συγκέντρωση των ορμονών στις διάφορες χρονικές στιγμές των αιμοληψιών (πριν - τέλος της άσκησης και 20 min της αποκατάστασης) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε δύο παράγοντες (πρόγραμμα άσκησης και χρονική στιγμή αιμοληψίας) και ως συνδιακυμαντής (covariate) ορίστηκε η αρχική μέτρηση.

#### ***Έναρξη του προγράμματος - 1<sup>η</sup> προπόνηση***

Μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης (μέγιστης ισχύος και μέγιστης δύναμης) η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα παρουσίασε σημαντική αύξηση, χωρίς όμως να βρεθούν διαφορές μεταξύ των προγραμμάτων. Επίσης, το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται ότι επηρέασε την η οξεία ορμονική συγκέντρωση. Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης παρουσίασε αύξηση μόνο μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης δύναμης, χωρίς όμως να διαφέρει σημαντικά από το πρόγραμμα μέγιστης ισχύος. Επίσης, μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης δύναμης η συγκέντρωση της κορτιζόλης αυξήθηκε σημαντικά και διέφερε σε σχέση με το πρόγραμμα μέγιστης ισχύος στο οποίο δεν μεταβλήθηκε σημαντικά. Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης παρουσίασε παρόμοια αύξηση μετά την εκτέλεση και των δύο προγραμμάτων. Αντίθετα, η αντιθετική προπόνηση δεν φαίνεται να επηρεάζει την οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης.



Η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα μετά την εφαρμογή δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης [1. *Μέγιστης Δύναμης* (HLG, n=13), εκτέλεση καθισμάτων με υψηλά φορτία (90% της 1-ME) με βαλλιστικό τρόπο, τα οποία εναλλάσσονταν με επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς καθόλου φορτίο] και 2. *Μέγιστης Ισχύος* [(MPG, n=13), εκτέλεση loaded jump squats με το φορτίο που παραγόταν η μέγιστη ισχύς (45-63% της 1-ME), τα οποία εναλλάσσονταν με επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς καθόλου φορτίο], παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.9. Επίσης, η συγκέντρωση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης (GH) και της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης HLG και MPG παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.10.

**Πίνακας 4.9.** Συγκέντρωση γαλακτικού (mmol/L) στο αίμα μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων στην πρώτη προπόνηση ( $\bar{X} \pm SD$ )

	Πριν την άσκηση	3 min μετά την άσκηση
HLG (n=13)	1,05 ± 0,17	4,27 ± 1,25 *
MPG (n=13)	1,45 ± 0,35	4,29 ± 1,45 *

\*  $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση

*Πρόγραμμα μέγιστης δύναμης:* Μετά την εκτέλεση του προγράμματος αντιθετικής προπόνησης και την εναλλαγή υψηλών και μικρών φορτίων (HLG) βρέθηκε αύξηση [ $F_{(1, 24)} = 109,65$ ;  $p < 0,01$ ] στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα στο τέλος του προγράμματος σε σχέση με την έναρξη του προγράμματος (Πίνακας 4.9). Η μεταβολή αυτή δεν διέφερε [ $F_{(1, 24)} = 0,090$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με την μεταβολή που βρέθηκε μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο το οποίο επιτυγχανόταν η μέγιστη παραγωγή ισχύος και εναλλασσόταν με μικρό φορτίο (MPG). Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης στον όρο παρουσίασε αύξηση [ $F_{(2, 24)} = 6,264$ ;  $p < 0,05$ ] αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.17). Επίσης, η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης αυξήθηκε [ $F_{(2, 24)} = 8,103$ ;  $p < 0,05$ ], τόσο αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος όσο και στο 20min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.21). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(1, 23)} = 0,144$ ;  $p > 0,05$ ] μεταξύ των δύο προγραμμάτων στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης (Σχήμα 4.18) και της αυξητικής ορμόνης [ $F_{(1, 23)} = 0,354$ ;  $p > 0,05$ ] (Σχήμα 4.22). Σημαντική αύξηση [ $F_{(2, 24)} = 3,561$ ;  $p < 0,05$ ] βρέθηκε στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στο 20min μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.23), ενώ η μεταβολή αυτή ήταν υψηλότερη [ $F_{(1, 23)} = 0,856$ ;  $p < 0,05$ ] σε σχέση με την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παραγόταν η μέγιστη ισχύς (Σχήμα 4.24). Σε αντίθεση με τις άλλες ορμόνες, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή [ $F_{(2, 24)} = 0,596$ ;  $p > 0,05$ ] και δεν διέφερε [ $F_{(1, 23)} = 0,818$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με την εκτέλεση του προγράμματος της μέγιστης ισχύος (Σχήματα 4.19 και 4.20).

**Πίνακας 4.10.** Συγκέντρωση ορμονών στον ορό του αίματος ( $X \pm SD$ ) στις ομάδες μέγιστης δύναμης (HLG) και μέγιστης ισχύος (MPG) μετά την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης

	Πριν την άσκηση	Αμέσως μετά	Προσαρμοσμένες τιμές	20 min μετά	Προσαρμοσμένες τιμές
<b>Τεστοστερόνη (nmol/L)</b>					
HLG (n= 13)	19,6 ± 5,0	21,5 ± 4,3 * #	21,4 ± 0,7	18,8 ± 4,1	18,7 ± 0,8
MPG (n= 13)	19,3 ± 5,1	20,6 ± 5,6	20,7 ± 0,7	19,4 ± 6,4	19,5 ± 0,8
Συνδιακυμαντής	19,5				
<b>ελεύθερη Τεστοστερόνη (pg/ml)</b>					
HLG (n= 13)	11,3 ± 3,9	11,6 ± 3,8	12,4 ± 0,7	10,9 ± 3,9	11,6 ± 0,9
MPG (n= 13)	13,1 ± 3,0	14,4 ± 4,1	13,6 ± 0,7	13,3 ± 4,3	12,6 ± 0,9
Συνδιακυμαντής	12,2				
<b>Αυξητική ορμόνη (μg/L)</b>					
HLG (n= 13)	0,6 ± 0,7	3,9 ± 4,4 *	4,26 ± 0,8	2,2 ± 2,1*	2,44 ± 0,4
MPG (n= 13)	0,8 ± 0,4	3,0 ± 2,1 * #	2,62 ± 0,8	1,8 ± 1,1 *	1,58 ± 0,4
Συνδιακυμαντής	0,7				
<b>Κορτιζόλη (nmol/L)</b>					
HLG (n= 13)	167,5 ± 69,8	214,7 ± 86,0	251,2 ± 24,7	216,5 ± 95,0 *	249,8 ± 21,0 <sup>a</sup>
MPG (n= 13)	252,3 ± 113,5	224,7 ± 139,5	188,2 ± 24,7	216,6 ± 108,6	183,4 ± 21,0
Συνδιακυμαντής	209,9				

Προσαρμοσμένες τιμές: ( $X \pm SE$ ), Συνδιακυμαντής: Covariate

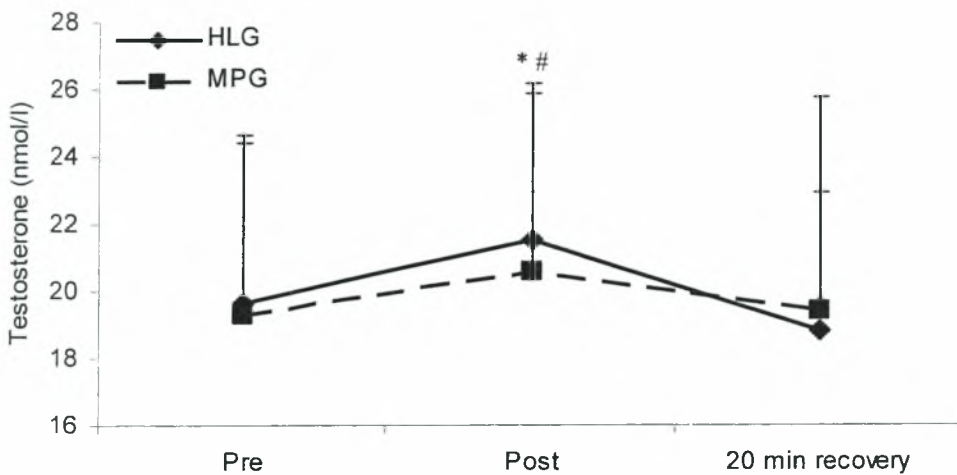
\*  $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση

#  $p < 0,05$  σε σχέση με 20 min μετά

^  $p < 0,05$  σε σχέση με την πρώτη προπόνηση μετά την άσκηση

<sup>a</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με την MPG

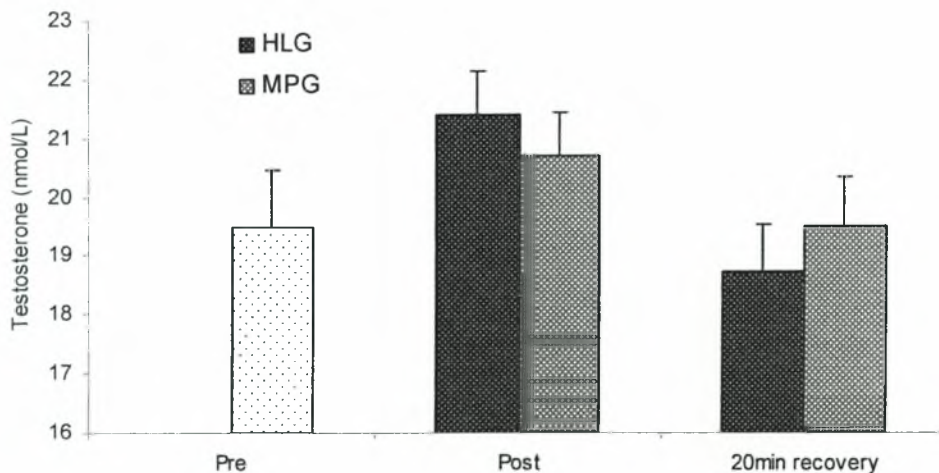
*Πρόγραμμα μέγιστης ισχύος:* Η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα παρουσίασε αύξηση [ $F_{(1, 24)}= 109,65$ ,  $p<0,01$ ] μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που επιτυγχανόταν η μέγιστη παραγωγή ισχύος (Πίνακας 4.9). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(1, 24)}= 0,090$ ;  $p>0,05$ ] στη μεταβολή του γαλακτικού μεταξύ της ομάδας MPG και της HLG. Μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης ισχύος η μεταβολή στη συγκέντρωση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης δεν ήταν σημαντικές [ $F_{(2, 24)}= 1,191$ ;  $F_{(2, 24)}= 1,613$ ;  $p>0,05$ ] (Σχήμα 4.17 & 4.19). Δεν διαπιστώθηκαν διαφορές μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης [ $F_{(1, 23)}= 0,06$ ;  $p>0,05$ ], της ελεύθερης τεστοστερόνης [ $F_{(1, 23)}= 0,818$ ;  $p>0,05$ ] (Σχήμα 4.18 & 4.20). Επίσης, δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή της κορτιζόλης [ $F_{(2, 24)}= 2,417$ ;  $p>0,05$ ] μετά το πέρας του προγράμματος (Σχήμα 4.23). Όμως, η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν μικρότερη [ $F_{(1, 23)}= 0,856$ ;  $P<0,05$ ] στο 20min μετά το τέλος του προγράμματος σε σχέση με το πρόγραμμα της μέγιστης δύναμης (Σχήμα 4.24). Αντίθετα, η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης αυξήθηκε σημαντικά [ $F_{(2, 24)}= 8,103$ ;  $p<0,05$ ] τόσο αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος όσο και στο 20min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.21). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(1, 23)}= 0,354$ ;  $p>0,05$ ] στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων (Σχήμα 4.22).



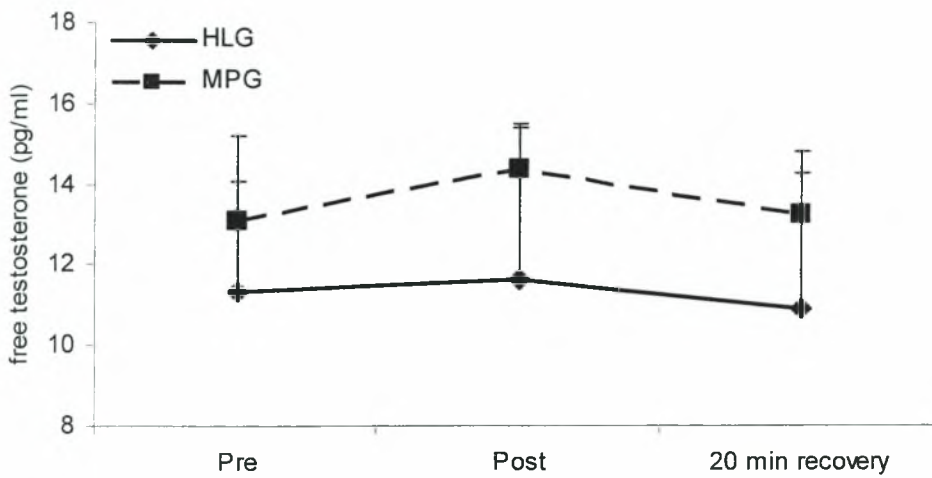
Σχήμα 4.17: Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό ( $\bar{x} \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης.

\* $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την έναρξη στην HLG

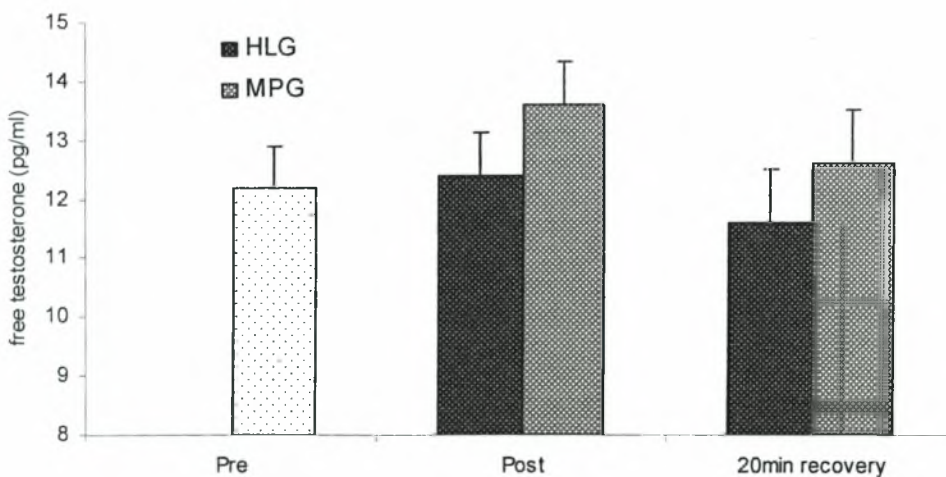
# $p < 0,05$  σε σχέση με 20min της αποκατάστασης στην HLG



Σχήμα 4.18: Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό ( $\bar{x} \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) της πρώτης προπόνησης.

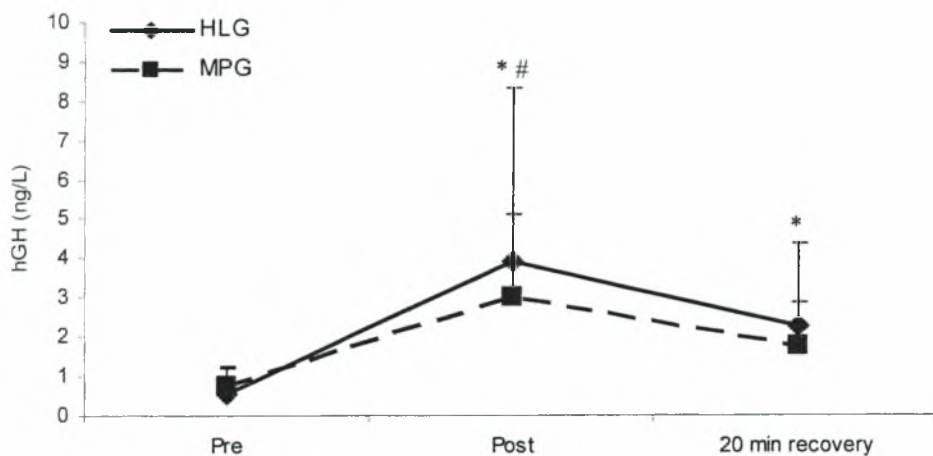


Σχήμα 4.19: Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης.



Σχήμα 4.20: Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης.

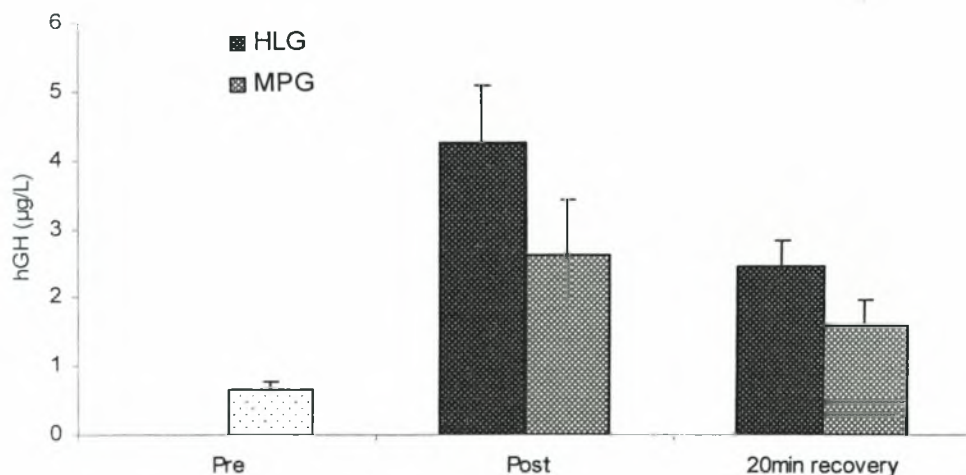




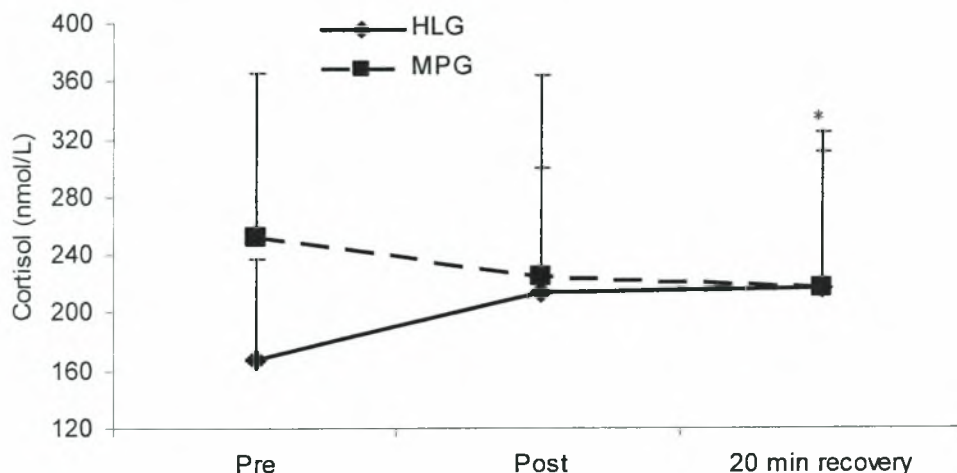
Σχήμα 4.21: Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης.

\* $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την έναρξη και στις δύο ομάδες

#  $p < 0,05$  σε σχέση με 20min μετά στην HLG

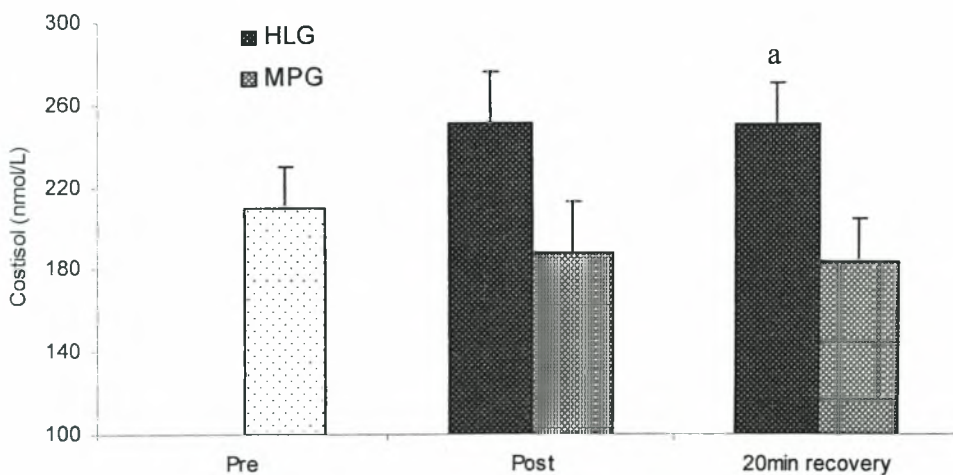


Σχήμα 4.22: Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης.



Σχήμα 4.23: Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης

\* $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την έναρξη στην HLG.



Σχήμα 4.24: Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης.

<sup>a</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με την MPG

### **Τέλος προγράμματος - 12<sup>η</sup> προπόνηση**

Μετά την εκτέλεση της 12<sup>ης</sup> προπόνησης η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα παρουσίασε παρόμοια αύξηση στις δύο ομάδες αντιθετικής προπόνησης, που ήταν σημαντικά υψηλότερες από τις τιμές ηρεμίας. Το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε κατά την αντιθετική προπόνηση με διάρκεια 6 εβδομάδες φαίνεται ότι επηρέασε την οξεία ορμονική συγκέντρωση. Η χρήση υψηλού φορτίου δεν επέφερε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης. Όμως, η προπόνηση με το υψηλό φορτίο προκάλεσε αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης. Αντίθετα, η προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος επέφερε σημαντική αύξηση της ολικής τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης και τάση για αύξηση της ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης. Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης μετά από την προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την προπόνηση μέγιστης δύναμης. Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης δεν διέφεραν μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων.

Η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα μετά την εφαρμογή δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης [1. *Μέγιστης Δύναμης* (HLG, n=13), εκτέλεση καθισμάτων με υψηλά φορτία (90% της 1-ME) με βαλλιστικό τρόπο, τα οποία εναλλάσσονταν με επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς καθόλου φορτίο] και 2. *Μέγιστης Ισχύος* [(MPG, n=13), εκτέλεση loaded jump squats με το φορτίο που παραγόταν η μέγιστη ισχύς (45-63% της 1-ME), τα οποία εναλλάσσονταν με επαναλαμβανόμενα άλματα χωρίς καθόλου φορτίο], παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.11. Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης, της ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης (GH) και της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης HLG και MPG παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.12.

*Πρόγραμμα μέγιστης δύναμης:* Μετά την εφαρμογή του προγράμματος αντιθετικής προπόνησης με υψηλά φορτία για έξι εβδομάδες, στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>), η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα στο τέλος του προγράμματος ήταν υψηλότερη [ $F_{(1, 24)} = 107,627$ ;  $p < 0,01$ ] σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας στην αρχή της προπόνησης. Η μεταβολή αυτή δεν διέφερε [ $F_{(1, 24)} = 0,231$ ;  $p > 0,05$ ] σε σχέση με την μεταβολή που βρέθηκε μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο το οποίο επιτυγχανόταν η μέγιστη παραγωγή ισχύος. (Πίνακας 4.11).

**Πίνακας 4.11.** Συγκέντρωση γαλακτικού (mmol/L) στο αίμα στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>) μετά την εφαρμογή για έξι εβδομάδες των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης (Mean  $\pm$  SD)

	Πριν την άσκηση	3 min μετά την άσκηση
<b>HLG</b> (n=13)	1,60 $\pm$ 0,23	4,75 $\pm$ 1,45 *
<b>MPG</b> (n=13)	1,47 $\pm$ 0,29	4,92 $\pm$ 1,62 *

\*  $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την άσκηση

Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον όρο δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή [ $F_{(2, 24)}= 2,091$ ;  $p>0,05$ ] μετά την εκτέλεση του προγράμματος στην τελευταία προπόνηση (Σχήμα 4.25). Δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(1, 23)}=0,066$ ;  $p>0,05$ ] μεταξύ των δύο προγραμμάτων στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης (Σχήμα 4.26). Επίσης, η ελεύθερη τεστοστερόνη δεν μεταβλήθηκε [ $F_{(2, 22)}= 0,995$ ;  $p>0,05$ ], (Σχήμα 4.27). Όμως, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ήταν μικρότερη [ $F_{(1, 22)}= 5,280$ ;  $p<0,05$ ] στο πρόγραμμα με το υψηλό φορτίο σε σχέση με το πρόγραμμα της μέγιστης ισχύος, τόσο αμέσως μετά το τέλος της τελευταίας προπόνησης όσο και στο 20min της αποκατάστασης (Σχήμα 4.28). Τα ίδια αποτελέσματα βρέθηκαν στη συγκέντρωση της κορτιζόλης η οποία δεν μεταβλήθηκε σημαντικά [ $F_{(2, 24)}= 0,151$ ;  $p>0,05$ ] σε κανένα σημείο μετά το τέλος της τελευταίας προπόνησης (Σχήμα 4.31).

Ωστόσο, μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τα υψηλά φορτία η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν μικρότερη [ $F_{(1, 23)}= 3, 514$ ;  $p<0,05$ ] σε σχέση με τη συγκέντρωση με το πρόγραμμα της μέγιστης ισχύος (Σχήμα 4.32). Αντίθετα, βρέθηκε αύξηση [ $F_{(2, 24)}= 9,204$ ;  $p<0,05$ ] στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης αμέσως μετά το τέλος της προπόνησης (Σχήμα 4.29). Μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων δεν βρέθηκαν διαφορές [ $F_{(1, 23)}= 0,212$ ;  $p>0,05$ ] στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης (Σχήμα 4.30).

Πίνακας 4.12. Συγκέντρωση ορμονών στον ορό του αίματος ( $X \pm SD$ ) στις ομάδες μέγιστης δύναμης (HLG) και μέγιστης ισχύος (MPG) μετά την εφαρμογή ενός βραχυχρόνιου προγράμματος αντιθετικής προπόνησης (12<sup>η</sup> προπόνηση)

	Πριν την προπόνηση	Αμέσως μετά	Προσαρμοσμένες τιμές	20 min μετά	Προσαρμοσμένες τιμές
<b>Τεστοστερόνη (nmol/L)</b>					
HLG (n= 13)	19,0 ± 5,3	20,4 ± 6,2	21,0 ± 0,8	19,3 ± 5,4	19,8 ± 0,8
MPG (n= 13)	20,0 ± 4,5	22,4 ± 6,4 *	21,8 ± 0,8	20,9 ± 6,3	20,4 ± 0,8
Συνδιακυμαντής	19,5				
<b>ελεύθερη Τεστοστερόνη (pg/ml)</b>					
HLG (n= 13)	11,5 ± 4,8	11,1 ± 4,0	11,7 ± 0,6 <sup>a</sup>	10,3 ± 3,8	11,2 ± 0,7 <sup>a</sup>
MPG (n= 13)	13,1 ± 3,8	14,3 ± 4,6	13,3 ± 0,5	14,0 ± 4,2	13,2 ± 0,7
Συνδιακυμαντής	12,1				
<b>Αυξητική ορμόνη (μg/L)</b>					
HLG (n= 13)	0,8 ± 1,1	4,5 ± 4,2 *	4,5 ± 1,2	2,4 ± 2,3	2,4 ± 0,6
MPG (n= 13)	0,8 ± 0,8	5,5 ± 4,6 * # ^	5,5 ± 1,3	2,9 ± 2,1	2,9 ± 0,6
Συνδιακυμαντής	0,8				
<b>Κορτιζόλη (nmol/L)</b>					
HLG (n= 13)	173,5 ± 80,7	179,3 ± 59,6	193,6 ± 24,6	168,7 ± 61,9	184,5 ± 16,9 <sup>a</sup>
MPG (n= 13)	232,9 ± 100,2	267,1 ± 120,3	252,9 ± 24,6	249,8 ± 86,9	234,1 ± 16,9
Συνδιακυμαντής	203,2				

Προσαρμοσμένες τιμές: ( $X \pm SE$ ), Συνδιακυμαντής: Covariate

\*  $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την προπόνηση

#  $p < 0,05$  σε σχέση με 20 min μετά

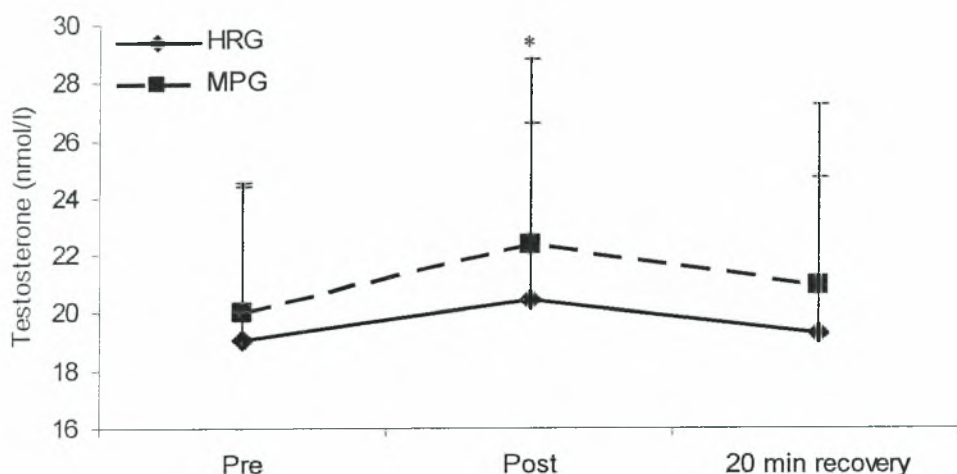
^  $p < 0,05$  σε σχέση με την πρώτη προπόνηση μετά την άσκηση

<sup>a</sup>  $p < 0,05$  σε σχέση με την MPG



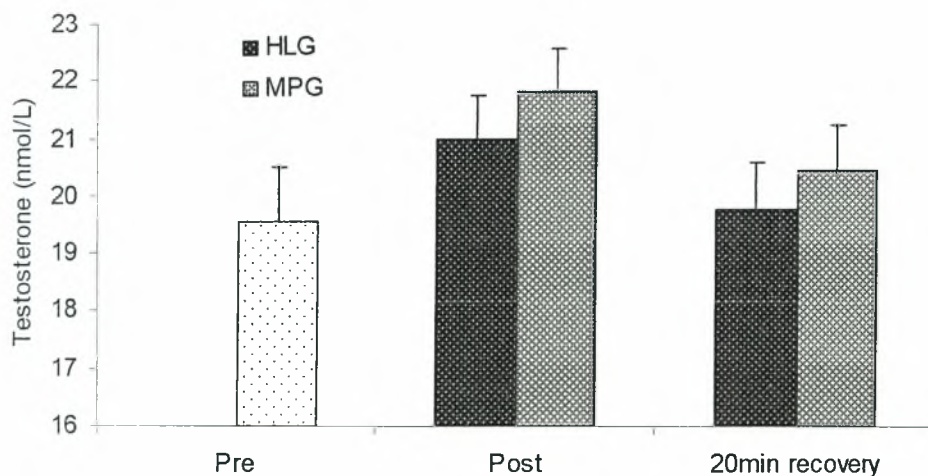
*Πρόγραμμα μέγιστης ισχύος:* Μετά την εκτέλεση του προγράμματος αντιθετικής προπόνησης η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα παρουσίασε αύξηση [ $F_{(1, 24)}= 107,627$ ;  $p<0,01$ ]. Η μεταβολή αυτή δεν διέφερε [ $F_{(1, 24)}= 0,231$ ;  $p>0,05$ ] σε σχέση με τη μεταβολή του γαλακτικού στο αίμα μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο. (Πίνακας 4.11). Σημαντική αύξηση [ $F_{(2, 24)}= 6,267$ ;  $p<0,05$ ] βρέθηκε στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.25). Δεν διαπιστώθηκαν διαφορές [ $F_{(1, 23)}=0,066$ ;  $p>0,05$ ] μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης (Σχήμα 4.26). Επίσης, σημαντική μεταβολή [ $F_{(2, 24)}= 12,099$ ;  $p<0,05$ ] βρέθηκε στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά το πέρας του προγράμματος (Σχήμα 4.29). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, η αύξηση που βρέθηκε μετά την εκτέλεση του προγράμματος στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>) ήταν μεγαλύτερη [ $F_{(2, 24)}= 22,159$ ;  $p<0,05$ ] σε σχέση με την αύξηση στην έναρξη του προγράμματος.

Μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων η αύξηση που βρέθηκε στην αυξητική ορμόνη ήταν παρόμοια [ $F_{(1, 23)}= 0,212$ ;  $p>0,05$ ] (Σχήμα 4.30). Αντίθετα με τις πιο πάνω ορμόνες, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή [ $F_{(2, 24)}= 1,395$ ;  $p>0,05$ ] μετά την εκτέλεση του προγράμματος (Σχήμα 4.27). Όμως, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης ήταν μεγαλύτερη [ $F_{(1, 22)}= 5,280$ ;  $p<0,05$ ] μετά την εκτέλεση του προγράμματος με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς σε σχέση με τη συγκέντρωση με το πρόγραμμα με το υψηλό φορτίο (Σχήμα 4.28). Επίσης, η συγκέντρωση της κορτιζόλης δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή [ $F_{(2, 24)}= 1,179$ ;  $p>0,05$ ] (Σχήμα 4.29). Ωστόσο, μετά την εκτέλεση του προγράμματος της μέγιστης ισχύος η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν υψηλότερη [ $F_{(1, 23)}= 3, 514$ ;  $p<0,05$ ] σε σχέση με την εκτέλεση του προγράμματος με το υψηλό φορτίο (Σχήμα 4.32).

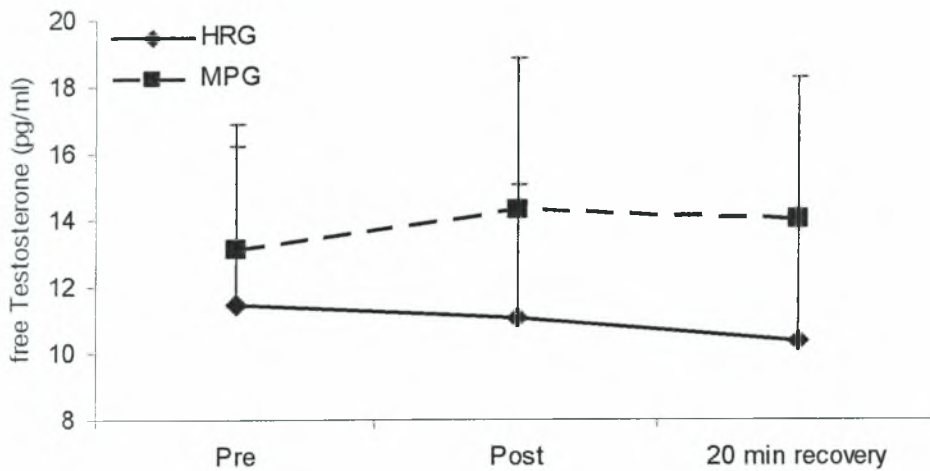


Σχήμα 4.25: Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ) πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>).

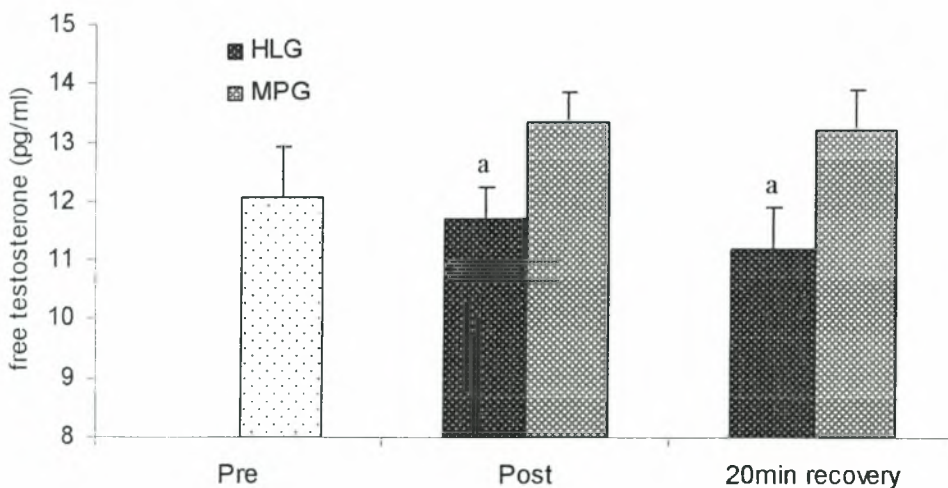
\* $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την έναρξη στην MPG



Σχήμα 4.26: Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>).

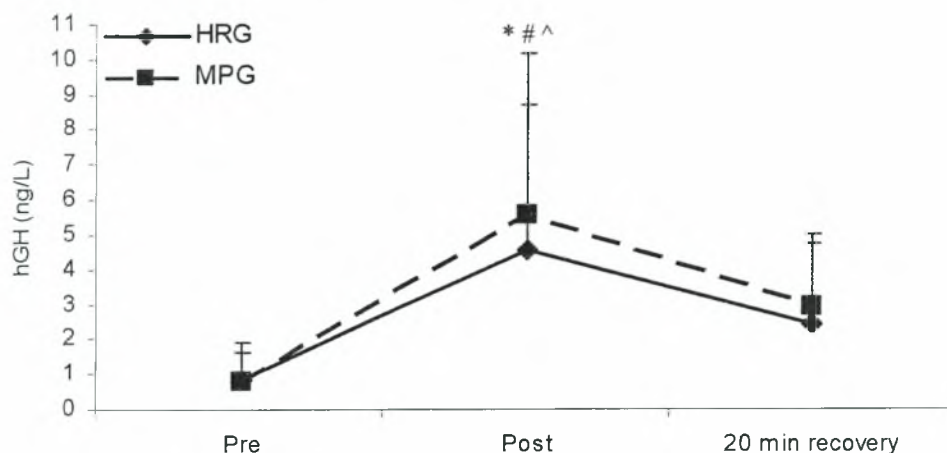


Σχήμα 4.27: Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ) πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η).



Σχήμα 4.28: Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η).

a  $p < 0,05$  σε σχέση με την MPG

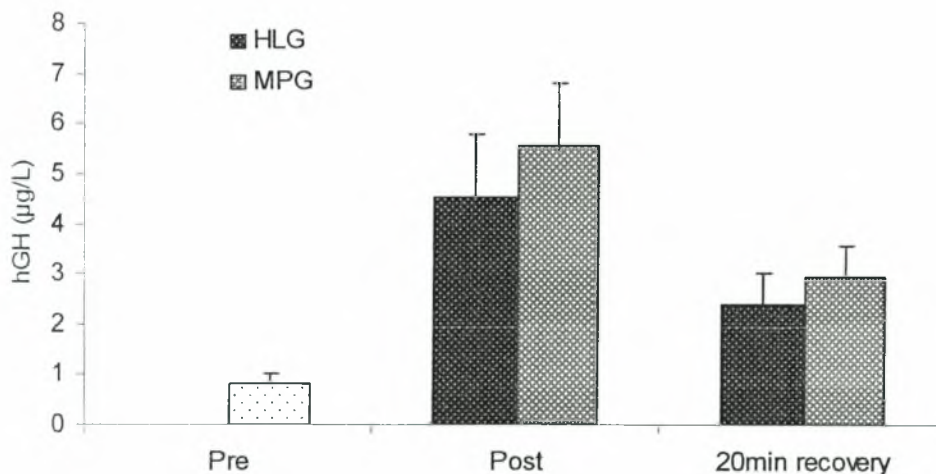


Σχήμα 4.29: Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η).

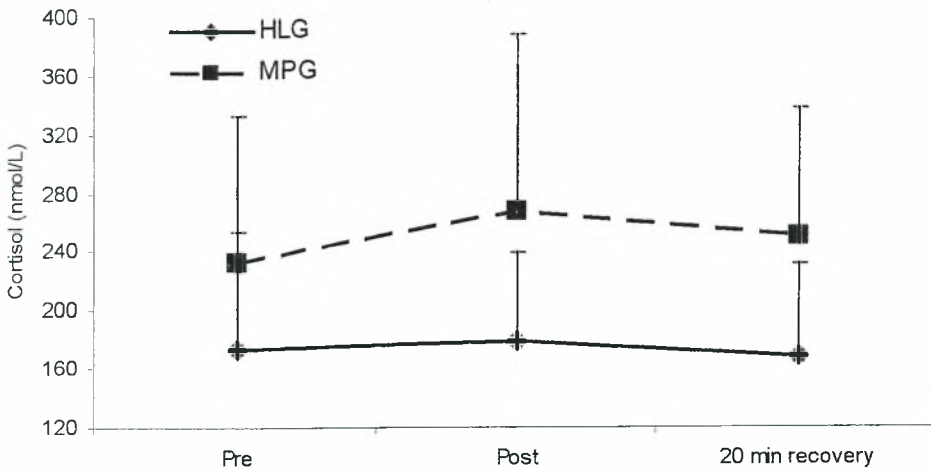
\* $p < 0,05$  σε σχέση με πριν την έναρξη και στις δύο ομάδες

#  $p < 0,05$  σε σχέση με 20min μετά στην MPG

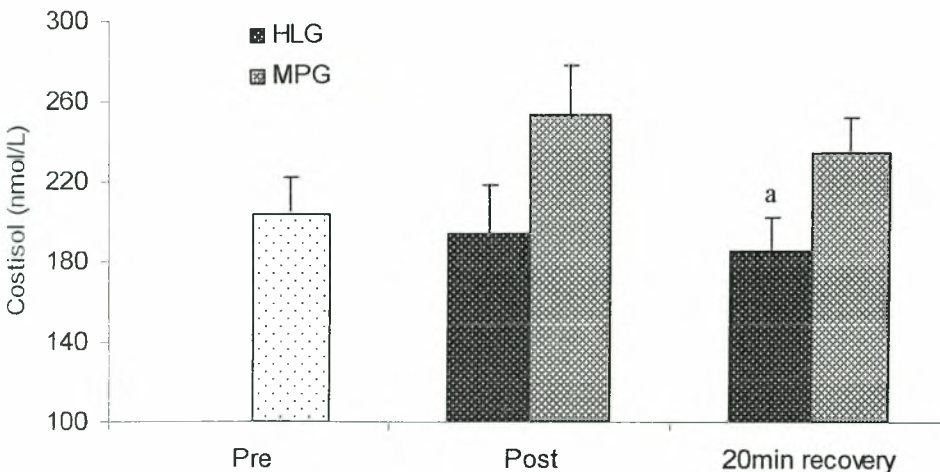
^  $p < 0,05$  σε σχέση με την πρώτη προπόνηση μετά την άσκηση στην MPG



Σχήμα 4.30: Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η).



Σχήμα 4.31: Διαφορές εντός των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στον ορό ( $x \pm SD$ ), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η).



Σχήμα 4.32: Διαφορές μεταξύ των ομάδων (HLG & MPG) στη συγκέντρωση της κορτιζόλης στον ορό ( $x \pm SE$  – προσαρμοσμένες τιμές μετά την ανάλυση συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση), πριν την έναρξη (pre), αμέσως μετά (post) και 20min μετά (20min recovery) την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης στην τελευταία προπόνηση (12η).

a  $p < 0,05$  σε σχέση με την MPG



## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### ***Επίδραση της παραγόμενης ισχύς και της ταχύτητας εκτέλεσης στις ορμονικές ανταποκρίσεις***

Στην παρούσα μελέτη ο στόχος ήταν να εξεταστεί η επίδραση ενός προγράμματος με βάρη με στόχο τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος στις ορμονικές ανταποκρίσεις του οργανισμού. Επίσης, να διερευνηθεί κατά πόσο η μεταβολή του φορτίου επιφέρει διαφορετική ορμονική ανταπόκριση, όταν η ταχύτητα εκτέλεσης είναι η μέγιστη δυνατή. Επιπλέον, επεκτείνοντας τον ερευνητικό σχεδιασμό της μελέτης να εξεταστεί κατά πόσο η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων (μέγιστη vs υπομέγιστη) επιφέρει διαφορετική ορμονική συγκέντρωση συγκεκριμένων ορμονών. Είναι η πρώτη μελέτη που ερεύνησε καθαρά την επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης (παράγοντας επιβάρυνσης) στις ορμονικές ανταποκρίσεις. Ως εκ τούτου, για τον έλεγχο της επίδρασης του φορτίου εξετάσαμε την ανταπόκριση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης μετά από την εκτέλεση ενός προγράμματος με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ σε τρεις διαφορετικές συνθήκες: I) με το φορτίο που επιτυγχάνει τη μέγιστη παραγωγή ισχύος ( $P_{max}$ , 48-60% -1ME), II) με υψηλό φορτίο στο 90% της μέγιστης ισχύος (90% $P_{max}$ -HL, 68-80% -1ME) και III) με μικρό φορτίο στο 90% της μέγιστης ισχύος (90% $P_{max}$ -LL, 30-38% -1ME). Επιπρόσθετα, για τον έλεγχο της επίδρασης της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων πραγματοποιήθηκαν οι ίδιες συνθήκες αλλά με υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης (70% της μέγιστης): IV) 70%V- $P_{max}$ , V) 70%V-90% $P_{max}$  HL και VI) 70%V-90% $P_{max}$  LL. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα φαίνεται ότι το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε επηρέασε τη συγκέντρωση της ολικής και της ελεύθερης τεστοστερόνης. Η χρήση του φορτίου που επιτυγχάνει τη μέγιστη παραγωγή ισχύος και η χρήση υψηλού φορτίου επιφέρουν υψηλότερη συγκέντρωση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης σε σχέση με τη χρήση μικρότερου φορτίου που δεν επιφέρει σημαντική μεταβολή. Αντίθετα, η ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης δεν φαίνεται να επηρεάζονται από το μέγεθος του φορτίου.



Επιπλέον, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων βρέθηκε ότι η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων επηρεάζει την ορμονική συγκέντρωση. Η εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα επιφέρει υψηλότερη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης όταν χρησιμοποιείται υψηλό φορτίο, σε σχέση με την υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης που δεν επιφέρει σημαντική μεταβολή. Αντίθετα, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης δεν φαίνεται να επηρεάζονται από την ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων. Είναι πιθανόν, η εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα να επιφέρει μεγαλύτερη ορμονική ανταπόκριση, σε σχέση με την εκτέλεση με υπόμεγιστη ταχύτητα.

*Συγκέντρωση ολικής τεστοστερόνης – Επίδραση του φορτίου:* Βρέθηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης στον ορό με τη χρήση του φορτίου που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος ( $P_{max}$ ) όπως επίσης και με τη χρήση υψηλού φορτίου ( $90\%P_{max-HL}$ ). Η αύξηση και στις δύο συνθήκες ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας (πριν την έναρξη του προγράμματος) και από τη συνθήκη ελέγχου σε όλα τα χρονικά διαστήματα μετά το τέλος του προγράμματος. Αντίθετα, μετά την εκτέλεση των ασκήσεων με τη χρήση μικρού φορτίου ( $90\%P_{max-LL}$ ) η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης παρουσίασε μείωση, όπου 20 και 40 min μετά το τέλος του προγράμματος ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης μετά την εφαρμογή της συνθήκης  $90\%P_{max-LL}$  ήταν παρόμοια με τη συγκέντρωση που βρέθηκε στη συνθήκη ελέγχου, υποδεικνύοντας ίσως ότι η μείωση ήταν συνέπεια του κirkάδιου κύκλου της ορμόνης. Ακόμη, η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης στις συνθήκες  $P_{max}$  και  $90\%P_{max-HL}$  δεν παρουσίασε σημαντικές διαφορές και ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τη  $90\%P_{max-LL}$ .

Είναι πιθανόν, η ανταπόκριση της τεστοστερόνης κατά την εκτέλεση προγραμμάτων με στόχο τη μυϊκή ισχύ να εξαρτάται σε μεγαλύτερο βαθμό από το μέγεθος του φορτίου και κατά συνέπεια την υψηλότερη επιβάρυνση που δέχεται το μυοσκελετικό σύστημα. Αυτό ίσως να οφείλεται στη μεγαλύτερη ενεργοποίηση του νευρικού συστήματος από το υψηλότερο νευρικό ερέθισμα που απαιτείτε, όπως επίσης και στη μεγαλύτερη ενεργοποίηση του μυϊκού συστήματος (π.χ υψηλότερο ποσοστό ενεργοποίησης κινητικών μονάδων) για την άρση μεγαλύτερου φορτίου (Linnamo et al., 2005). Συνέπεια των πιο πάνω φαίνεται να ήταν η μεγαλύτερη ενεργοποίηση του ενδοκρινικού συστήματος και ίσως η αύξηση έκκρισης της ορμόνης από τα Leyding cells. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται από την έρευνα της Linnamo et al., (2005), όπου η προπόνηση με βάρη με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης και η χρήση μικρού φορτίου (30% - 1ME) με στόχο τη βελτίωση της ισχύος δεν επέφεραν σημαντική μεταβολή της τεστοστερόνης. Σε αντίθεση με τα πιο πάνω αποτελέσματα οι Volek et al., (1997) βρήκαν σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση αλμάτων με επιπρόσθετο φορτίο 30% - 1ME (loaded jump squats). Αν και το μέγεθος του φορτίου ήταν ίδιο, είναι πιθανόν, η διαφορετική μορφή άσκησης (βαλλιστική) να είναι υπεύθυνη για τη σημαντική αύξηση της τεστοστερόνης.

Έχει διαπιστωθεί ότι η βαλλιστική προπόνηση υπερέχει σε σύγκριση με την παραδοσιακή μορφή άσκησης στη μυϊκή απόδοση (μέση και μέγιστη παραγωγή ισχύος, στη μέση παραγωγή δύναμης, στη μέση και μέγιστη ταχύτητα) και προκαλεί υψηλότερη ηλεκτρική διέγερση στους ασκούμενους μύες (Newton, Kraemer, Hakkinen, Humphries, and Murphy, 1996). Αυτό οφείλεται στην ανάγκη για επιβράδυνση κατά το τελευταίο στάδιο της κίνησης στην παραδοσιακή άσκηση για την αποφυγή της υπερβολικής τάσης στην άρθρωση και την πρόκληση τραυματισμού. Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ηλεκτρικής δραστηριότητας στους αγωνιστές μύες.

Ίσως, το υψηλότερο ερεθίσμα που υποβάλετε στο νευρικό σύστημα και η μεγαλύτερη μηχανική τάση που δέχεται το μυϊκό σύστημα σε όλο το εύρος της κίνησης λόγω της βαλλιστικής προπόνησης, να είναι υπεύθυνα για την “πυροδότηση” των διεργασιών από τον υποθάλαμο για την πιθανή αύξηση “έκκρισης” και συγκέντρωσης της τεστοστερόνης.

Στην παρούσα έρευνα διαπιστώθηκε ότι για την αύξηση της τεστοστερόνης χρειάζεται το φορτίο να είναι μέσο έως υψηλό (>40% - 1ME), ενώ η περαιτέρω αύξηση πάνω από το φορτίο με το οποίο μπορούσε να παραχθεί η μέγιστη ισχύς (>60% - 1ME) δεν επέφερε περαιτέρω αύξηση στη συγκέντρωση της ορμόνης. Αν και αναμενόταν η χρήση μεγαλύτερου φορτίου να επέφερε και υψηλότερη αύξηση της τεστοστερόνης λόγω της μεγαλύτερης χρονικής επιβάρυνσης και του υψηλότερου ερεθίσματος που υποβαλλόταν στο νευρομυϊκό σύστημα σε σχέση με τη χρήση ενός μέσου φορτίου, τελικά αυτό δεν έγινε, υποδεικνύοντας ίσως την ύπαρξη ενός «πλατό». Σε συμφωνία με τα πιο πάνω αποτελέσματα οι Ahtiainen et al., (2003a) δεν βρήκαν σημαντικές διαφορές στην αύξηση της συγκέντρωσης της τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση ασκήσεων με δύο διαφορετικά φορτία (67% vs >67% - 1ME). Αντίθετα, στην έρευνα των Linnamo et al., (2005) αναφέρεται ότι η εκτέλεση ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα και υψηλότερο φορτίο (75% - 1ME) αύξησε σημαντικά την τεστοστερόνη, σε αντίθεση με τη χρήση μέσου φορτίου (52,5% - 1ME), παρόμοιο με της παρούσας έρευνας, που δεν μετέβαλε σημαντικά τη συγκέντρωση της τεστοστερόνης. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων δεν ήταν η υψηλότερη δυνατή και δεν καταβαλλόταν έτσι η μέγιστη προσπάθεια. Είναι πιθανόν, η προπόνηση στην οποία καταβάλλεται η μέγιστη δυνατή προσπάθεια και η ταχύτητα εκτέλεσης είναι η μέγιστη δυνατή, να υπερέχει σε σχέση με την προπόνηση με υπομέγιστη ταχύτητα, όχι μόνο όσο αφορά νευρομυϊκές προσαρμογές και τη βελτίωση της ισχύος (Fielding et al., 2002; Young, and Bilyd, 1993), αλλά ίσως και στην οξεία ενδοκρινική ανταπόκριση.

Συνεπώς, κατά την εκτέλεση προγραμμάτων με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ, η ισορροπία μεταξύ φορτίου και ταχύτητας μετακίνησης (όταν καταβάλλεται μέγιστη προσπάθεια) να επιφέρει την υψηλότερη ανταπόκριση της τεστοστερόνης, ενώ η χρήση υψηλότερου φορτίου να μην προκαλεί επιπρόσθετο όφελος, όσον αφορά τουλάχιστον τη διέγερση του άξονα υποθάλαμος – υπόφυση - κυττάρων του Leyding που ρυθμίζουν την έκκριση της τεστοστερόνης. Αντίθετα, η εκτέλεση των ασκήσεων με την παραδοσιακή μέθοδο και τη χρήση μικρού φορτίου δεν επιφέρει καμία μεταβολή στην ανταπόκριση της τεστοστερόνης, άσχετα αν η ταχύτητα εκτέλεσης είναι η μέγιστη δυνατή.

*Συγκέντρωση ολικής τεστοστερόνης – Επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης:* Η παρούσα εργασία είναι η πρώτη έρευνα που εξέτασε την επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων κατά την εκτέλεση ασκήσεων με βάρη (ένας άλλου παράγοντα της επιβάρυνση) στις ορμονικές ανταποκρίσεις του οργανισμού. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων επηρεάζει την ανταπόκριση της ολικής τεστοστερόνης. Φαίνεται ότι, η εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα επιφέρει υψηλότερη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης στον ορό, σε σχέση με την υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης. Αναλυτικότερα, διαπιστώθηκε ότι η εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα και το υψηλό φορτίο (90%Pmax-HL) επέφερε υψηλότερη συγκέντρωση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης σε σχέση την εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα, στο 70% της μέγιστης (70%V-90%PmaxHL), όπως επίσης και από τη συνθήκη ελέγχου. Επίσης, υπήρχε τάση για υψηλότερη συγκέντρωση της τεστοστερόνης στη συνθήκη Pmax (εκτέλεση με τη μέγιστη ταχύτητα) σε σχέση με την 70%V-Pmax (εκτέλεση με υπομέγιστη ταχύτητα).

Ακόμη, μόνο μετά την εκτέλεση της  $P_{max}$  βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης σε σχέση με τη συγκέντρωση πριν την έναρξη του προγράμματος, ενώ και οι δύο συνθήκες ( $P_{max}$ ,  $70\%V-P_{max}$ ) διέφεραν σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Αντίθετα, η εκτέλεση των ασκήσεων με το μικρό φορτίο δεν προκάλεσε καμία μεταβολή στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης τόσο μετά την εκτέλεση με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα ( $90\%P_{max}-LL$ ), όσο και με την εκτέλεση με την υπομέγιστη ταχύτητα ( $70\%V-90\%P_{max}-LL$ ).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας υποδεικνύουν την πιθανή ανωτερότητα της προπόνησης με τη μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης και υψηλότερη παραγωγή ισχύος, σε σχέση με την προπόνηση με την υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης, όσον αφορά την οξεία ορμονική ανταπόκριση της τεστοστερόνης. Έχει διαπιστωθεί ότι για τη βελτίωση της ισχύος και του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης (Rate of Force Development), η προπόνηση στην οποία καταβάλλεται η μέγιστη δυνατή προσπάθεια για εκρηκτική μετακίνηση του φορτίου, υπερέρχει σε σχέση με την προπόνηση με αργή ταχύτητα κίνησης (Bottaro et al., 2007; Fielding et al., 2002; Young, and Bildy, 1993). Σύμφωνα με τους Kawamori και Newton (2006) η υπέροχη της εκτέλεσης των ασκήσεων με την μέγιστη δυνατή ταχύτητα σε σχέση με τη αργή εκτέλεση και οι καλύτερες προσαρμογές που επέρχονται είναι συνέπεια νευρικών (τρόπος ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων που σχετίζονται με την εκρηκτική κίνηση) και μηχανικών παραμέτρων (υψηλότερος ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης, "πραγματική" ταχύτητα κίνησης, υψηλότερη τάση που αναπτύσσεται στις μυϊκές ίνες). Τα πιο πάνω υποδηλώνουν ότι η καταβολή της μέγιστης δυνατής προσπάθειας για την εκρηκτική μετακίνηση του φορτίου επιφέρουν υψηλότερη ενεργοποίηση τόσο στο νευρικό όσο και στο μυϊκό σύστημα. Πιθανά, συνέπεια της υψηλότερης ενεργοποίησης του νευρομυϊκού συστήματος να υπάρχει μεγαλύτερη διέγερση στον άξονα υποθάλαμος – υπόφυση - κυττάρων του Leyding που ρυθμίζουν την έκκριση της τεστοστερόνης.

Τα δεδομένα της παρούσας διατριβής δείχνουν ότι ένα πρόγραμμα με στόχο τη μυϊκή ισχύ προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης της ολικής τεστοστερόνης, γεγονός που μπορεί να συμβάλλει στις νευρομυϊκές προσαρμογές που προκαλεί η μακροχρόνια εφαρμογή παρόμοιων προγραμμάτων, όταν χρησιμοποιείται μέσο έως υψηλό φορτίο και η ταχύτητα εκτέλεσης είναι η μέγιστη δυνατή.

*Συγκέντρωση ελεύθερης τεστοστερόνης – Επίδραση του φορτίου:*  
Βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στη συνθήκη  $P_{max}$ , όπου ήταν υψηλότερη σε σχέση με τις τιμές πριν την έναρξη του προγράμματος. Επίσης, υπήρχε τάση για μεγαλύτερη συγκέντρωση της  $P_{max}$  σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά την εκτέλεση των συνθηκών 90% $P_{max}$ -LH και 90% $P_{max}$ -LL.

Η παρούσα έρευνα είναι η πρώτη που εξέτασε την ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά από προπόνηση με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι τα προγράμματα με βάρη που χρησιμοποιήθηκαν δεν παρείχαν ικανοποιητικό ερέθισμα για την αύξηση της συγκέντρωσης της ορμόνης. Παρά την αύξηση που βρέθηκε στη συγκέντρωση της ορμόνης σε σχέση με την τιμή ηρεμίας μετά την εκτέλεση με το φορτίο που μπορούσε να παραχθεί η μέγιστη ισχύς ( $P_{max}$ ), η αύξηση αυτή δεν διέφερε σημαντικά σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Αν και δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν άμεσες συγκρίσεις σε σχέση με παρόμοιες πειραματικές συνθήκες, υπάρχουν έρευνες που βρήκαν σημαντική αύξηση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά από προπόνηση με βάρη (Ahtiainen et al., 2005; Hakkinen, and Pakarinen, 1993; Kraemer et al., 1998; Hakkinen et al., 1988; Pullinen et al., 2002). Στις περισσότερες έρευνες, που ο στόχος ήταν η βελτίωση της μυϊκής υπερτροφίας, τόσο η ένταση όσο και ο συνολικός όγκος των προγραμμάτων ήταν υψηλότερα σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.



Ακόμα και οι έρευνες των Ahtiainen et al., (2003a) και Durant et al., (2003) που η ένταση των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκε ήταν παρόμοια με της παρούσας διατριβής (67-80% - 1ME), ο συνολικός όγκος ήταν αρκετά υψηλότερος (4-8 σετ X 12 επαναλήψεις X 67-80% της 1ME vs 3-6 σετ X 6 επαναλήψεις X 30-80% της 1ME). Τα πιο πάνω ίσως μας υποδεικνύουν ότι η μη σημαντική αύξηση της ελεύθερης τεστοστερόνης ίσως ήταν συνέπεια του μικρού συνολικού όγκου που χρησιμοποιήθηκε. Φαίνεται ότι, για την υψηλότερη ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης πέρα από το φυσιολογικό, να απαιτείται υψηλός συνολικός όγκος προπόνησης σε προγράμματα με βάρη που έχουν στόχο τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος.

*Συγκέντρωση ελεύθερης τεστοστερόνης – Επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης:* Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης μεταξύ των προγραμμάτων με τη καταβολή της μέγιστης δυνατής προσπάθειας για την εκρηκτική μετακίνηση του φορτίου σε σχέση με εκείνα όπου δεν καταβαλλόταν η μέγιστη δυνατή προσπάθεια και η ταχύτητα εκτέλεσης ήταν υπομέγιστη. Λόγω του μειωμένου αριθμού εργασιών οι οποίες να μελετούν την επίδραση προγραμμάτων με βάρη στην ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω διερεύνηση του θέματος για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

*Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης – Επίδραση του φορτίου:* Τα προγράμματα με βάρη για τη βελτίωση της ισχύος που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα δεν επέδρασαν σημαντικά στην ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης. Ακόμη, η σημαντική αύξηση που βρέθηκε αμέσως μετά το τέλος της συνθήκης με το μικρό φορτίο (90% Pmax-LL), αυτή δεν διέφερε σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής, στη μοναδική έρευνα που μελετήθηκε η επίδραση ενός προγράμματος με βάρη για τη βελτίωση της ισχύος στην ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης, βρέθηκε σημαντική μεταβολή (Linnamo et al., 2005). Στην έρευνα αυτή το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε ήταν 30% της 1ΜΕ και εκτελέστηκαν 5 σετ των 10 επαναλήψεων, με 2 min ενδιάμεσο διάλειμμα μεταξύ τους. Ο υψηλότερος συνολικός όγκος προπόνησης και το μικρότερο διάλειμμα που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα των Linnamo et al., (2005) σε σχέση με την παρούσα διατριβή, ίσως να είναι οι παράγοντες στους οποίους οφείλεται η μεγαλύτερη αύξηση της αυξητικής ορμόνης. Έχει διαπιστωθεί ότι όσο υψηλότερος είναι ο συνολικός όγκος προπόνησης, τόσο αυξάνονται οι μεταβολικές απαιτήσεις της άσκησης και ως συνέπεια τόσο μεγαλύτερη είναι η ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης, σε σχέση με προγράμματα με μικρότερο όγκο (Ahtiainen et al., 2003a; Hoffman et al., 2003; Gotshalk et al., 1997; Hakkinen, and Pakarinen, 1993; Smilios et al., 2003; Williams et al., 2002). Ακόμη, αν ο υψηλός όγκος προπόνησης συνδυαστεί με μικρό διάλειμμα μεταξύ των σετ προκαλείτε ακόμη υψηλότερη ανταπόκριση της ορμόνης. Η υψηλότερη ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης πιθανά να οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των  $H^+$  που προκαλείται από τον μεταβολισμό του γαλακτικού, της μείωσης του pH στο αίμα και αποτέλεσμα αυτού της αυξημένης οξύτητας του μυός (Gordon, Kraemer, Vos, Lynch, and Knuttgen, 1994; Kraemer et al., 1993).

Συνέπεια των πιο πάνω φαίνεται να είναι η μεγαλύτερη διέγερση του άξονα υποθάλαμος – πρόσθια υπόφυση και πιθανά η “αυξημένη” έκκριση της αυξητικής ορμόνης. Σε έρευνα με μέτρια προπονημένους άνδρες, ο Smilios et al., (2003), συγκρίνανε τρία προγράμματα με διαφορετικό όγκο και διάλειμμα μεταξύ των σετ (μέγιστης δύναμης, μυϊκής υπερτροφίας, μυϊκής αντοχής). Η μεγαλύτερη αύξηση βρέθηκε στο πρόγραμμα της μυϊκής αντοχής, με τον μεγαλύτερο όγκο και το μικρότερο διάλειμμα (2 ή 4 σετ X 15 επαν. X 52-60% της 1ME, ενδιάμεσο διάλειμμα 1 min) και η μικρότερη στο πρόγραμμα της μέγιστης δύναμης, με τον μικρότερο όγκο και μεγαλύτερο διάλειμμα (2 ή 4 ή 6 σετ X 5 επαν. X 80-88%, ενδιάμεσο διάλειμμα 3 min). Παρόμοια, οι Bosco et al., (2000) μετά την εκτέλεση τριών διαφορετικών προγραμμάτων σε πολύ καλά προπονημένους άνδρες, βρήκαν σημαντική αύξηση της αυξητικής ορμόνης μόνο στο πρόγραμμα με τον μεγαλύτερο όγκο και το μικρότερο διάλειμμα (12 σετ X 8-12 επαν. X 70-75% της 1ME, ενδιάμεσο διάλειμμα 1-2 min), σε αντίθεση με τα άλλα δύο προγράμματα που είχαν μικρότερο όγκο και μεγαλύτερο διάλειμμα στα οποία δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή (10 σετ X 2-3 επαν. X 60-80% της 1ME, ενδιάμεσο διάλειμμα 3-5 min, 20 σετ X 2-4 επαν. X 50-70% της 1ME, ενδιάμεσο διάλειμμα 2-3 min). Ακόμη φαίνεται ότι σε προγράμματα όπου ο συνολικός όγκος είναι υψηλός, η μεταβολή και μόνο του διαλείμματος μπορεί επιφέρει διαφορετική ανταπόκριση στην αυξητική ορμόνη. Οι Kraemer et al., (1990) μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος (3 σετ X 10 επαν. X 75% - 1ME), με διαφορετικό διάλειμμα ανάμεσα στα σετ, αναφέρουν σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μόνο μετά τη χρήση μικρού διαλείμματος (1 min), σε αντίθεση με το μεγαλύτερο διάλειμμα (3 min) που δεν επέφερε καμία μεταβολή. Το μεγάλο διάλειμμα που χρησιμοποιήθηκε στην πιο πάνω έρευνα (3 min) ήταν το ίδιο με της παρούσας διατριβής και θα μπορούσαμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι λόγω αυτού δεν είχαμε σημαντική μεταβολή της αυξητικής ορμόνης, άσχετα αν ο συνολικός όγκος ήταν αρκετά υψηλότερος ( $\approx 35\%$ ) στην έρευνα των Kraemer και συν (1990).

Όμως, στην ίδια έρευνα μετά τη χρήση ενός διαφορετικού προγράμματος, με παρόμοιο όγκο προπόνησης αλλά με υψηλότερη ένταση (5 σετ X 5 επαν. X 87% - 1ME) φαίνεται ότι η μεταβολή του διαλείμματος (1min vs 3min) δεν επηρέασε την ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης, αφού τόσο με το μικρό όσο και με το μεγάλο βρέθηκε σημαντική αύξηση. Αντίθετα, στην ίδια μελέτη βρέθηκε ότι η χρήση ενός άλλου προγράμματος με την ίδια ένταση, μικρό διάλειμμα, αλλά με μικρότερο όγκο (3 σετ X 5 επαν. X 87% - 1ME, 1min διάλειμμα), δεν επέφερε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης. Ο συνολικός όγκος αυτού του προγράμματος ήταν παρόμοιος με αυτόν της παρούσας διατριβής.

Σύμφωνα με τα πιο πάνω, προκύπτει ότι ο κυριότερος παράγοντας για την αύξηση της συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης είναι ο υψηλός συνολικός όγκος, ενώ επιπρόσθετα, η υψηλή ένταση και το μικρό διάλειμμα διαδραματίζουν το δικό τους ουσιαστικό ρόλο. Είναι πιθανόν, ακόμη και σε προγράμματα που έχουν σαν στόχο τη “μυϊκή ισχύ” να είναι απαραίτητο να υπάρχει υψηλό όγκος και υψηλή ένταση για την παροχή του κατάλληλου ερεθίσματος για την έκκριση της αυξητικής ορμόνης.

Όμως, η διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα στα προγράμματα ισχύος, έτσι ώστε να μην προκαλούν υψηλή κόπωση και σημαντική μείωση της απόδοσης στους ασκούμενους μύες. Στην έρευνα των Linnamo et al., (2005) υπήρχε σημαντική πτώση στη δύναμη που ήταν εμφανής ακόμη και 2 ώρες μετά το τέλος του προγράμματος και σημαντική αύξηση του γαλακτικού στο αίμα, υποδεικνύοντας τη σημαντική κόπωση στους ασκούμενους μύες. Αντίθετα, οι παράγοντες της επιβάρυνσης στην παρούσα διατριβή είχαν διαμορφωθεί με τέτοιο τρόπο και αξιολογούνταν συνεχώς κατά την εκτέλεση των ασκήσεων έτσι ώστε η απόδοση των ασκούμενων μυών να παραμείνει σε υψηλά επίπεδα και να μην διαφέρει σε σχέση με πριν την έναρξη του προγράμματος.

*Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης – Επίδραση της ταχύτητας εκτέλεσης:*

Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης μετά από την εκτέλεση των προγραμμάτων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα δεν διέφερε σε σχέση με τη εκτέλεση με την υπομέγιστη ταχύτητα. Όμως, στα προγράμματα όπου η εκτέλεση των ασκήσεων ήταν υπομέγιστη και το φορτίο μέσο (70%V-Pmax, 48-60% της 1-ME) ή υψηλό (70%V-90%Pmax-HL, 68-80% της 1-ME) βρέθηκε αύξηση της ορμόνης αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος σε σχέση με τη συγκέντρωση πριν την έναρξη του προγράμματος. Η συγκέντρωση ήταν υψηλότερη σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου και την εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα, χωρίς όμως να διαφέρουν σημαντικά.

Είναι πιθανόν, η εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα και ως συνέπεια ο μεγαλύτερος χρόνος επιβάρυνσης των μυϊκών ινών, να επέφερε και υψηλότερη μεταβολική απαίτηση, σε σχέση με την μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης όπου ο χρόνος συστολής τους μυός είναι μικρότερος. Συνέπεια αυτού, ίσως να ήταν η μεγαλύτερη διέγερση του άξονα υποθάλαμος – πρόσθια υπόφυση και πιθανά η αυξημένη έκκριση της αυξητικής ορμόνης, είτε η μεγαλύτερη μεταβολή του όγκου πλάσματος (Pullinen et al., 2002). Εξαιτίας των ελάχιστων ερευνητικών δεδομένων, είναι απαραίτητη η διερεύνηση της επίδρασης της ταχύτητας εκτέλεσης των ασκήσεων στην ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης.

*Συγκέντρωση κορτιζόλης – Επίδραση του φορτίου:* Η συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση και των τριών συνθηκών ( $P_{max}$ ,  $90\%P_{max-HL}$  και  $90\%P_{max-LL}$ ) μειώθηκε σε σύγκριση με τη συγκέντρωση πριν την έναρξη του προγράμματος (τιμές ηρεμίας). Η μείωση όμως αυτή φαίνεται να είναι συνέπεια του κερκιδίου κύκλου της ορμόνης, καθώς παρόμοια μείωση βρέθηκε και στη συνθήκη ελέγχου. Φαίνεται ότι καμία από τρεις πειραματικές συνθήκες δεν επέδρασε ουσιαστικά στη συγκέντρωση της κορτιζόλης, διότι δεν διέφεραν σε σχέση με τη συνθήκη ελέγχου. Στη μοναδική έρευνα που μετρήθηκε η συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά από πρόγραμμα ισχύος δεν διαπιστώθηκε σημαντική μεταβολή της με την άσκηση. Οι Volek et al., (1997) δεν βρήκαν μεταβολή της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση loaded jump squats (5 σετ X 10 επαν. X 30% -1ME, 2 min ενδιάμεσο διάλειμμα). Όμως, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι στην πιο πάνω έρευνα δεν υπήρχε συνθήκη ελέγχου. Η μη σύγκριση των αποτελεσμάτων με αντίστοιχες τιμές στη συνθήκη ελέγχου ίσως να απέκρυψε τυχών μεταβολή της ορμόνης, καθώς όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής όπως επίσης και από άλλες έρευνες η συγκέντρωση της κορτιζόλης μειώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας (Smiliotis et al., 2003; Thuma, Gilders, Verbun, and Loucks, 1995).

Τα δεδομένα της παρούσας έρευνας δείχνουν για πρώτη φορά ότι σε πρόγραμμα με στόχο τη μυϊκή ισχύ (3 έως 6 σετ X 6 επαν., 3 min ενδιάμεσο διάλειμμα) το μέγεθος του φορτίου (30 έως 80% της 1ME) δεν επιφέρει μεταβολή στη συγκέντρωση της κορτιζόλης. Είναι πιθανόν, η αύξηση της επιβάρυνσης της άσκησης μέσω της μεταβολής του φορτίου να μην επιφέρει αύξηση της συγκέντρωσης της κορτιζόλης, όταν οι άλλοι παράγοντες της επιβάρυνσης παραμένουν αμετάβλητοι (ένταση, διάλειμμα).



Επιπρόσθετα, αν λάβουμε υπόψη ότι στην παρούσα έρευνα υπήρξε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης (αναβολικής ορμόνης), τότε το αμετάβλητο της κορτιζόλης (καταβολική ορμόνη) είναι ένα θετικό αποτέλεσμα, υποβοηθώντας στην επικράτηση της αναβολικής δραστηριότητας του οργανισμού, γεγονός που μπορεί να συμβάλλει στις νευρομυϊκές προσαρμογές που προκαλεί η μακροχρόνια εφαρμογή παρόμοιων προγραμμάτων.

*Συγκέντρωση κορτιζόλης – Επίδραση της ταχύτητας κίνησης:* Η εκτέλεση των προγραμμάτων της παρούσας μελέτης, τόσο με μέγιστη όσο και με υπομέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης δεν επέδρασαν σημαντικά στην ανταπόκριση της κορτιζόλης. Μετά την εκτέλεση των προγραμμάτων με υπομέγιστη ταχύτητα (70% της μέγιστης) η συγκέντρωση της κορτιζόλης παρουσίασε μείωση σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας. Η μείωση όμως αυτή ήταν παρόμοια με τη μείωση που παρατηρήθηκε στη συνθήκη ελέγχου, υποδεικνύοντας ότι ήταν συνέπεια το κιρκάδιου κύκλου της ορμόνης. Η εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα δεν φαίνεται να επιδρά στην ανταπόκριση της κορτιζόλης, παρά τον μεγαλύτερο χρόνο επιβάρυνσης που δέχτηκε το νευρομυϊκό σύστημα. Από τα πιο πάνω μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η εφαρμογή παρομοίων προγραμμάτων που έχουν σα στόχο τη μυϊκή ισχύ δεν επιφέρει καμία μεταβολή στη συγκέντρωση της κορτιζόλης, άσχετα αν καταβάλλεται ή όχι η μέγιστη δυνατή προσπάθεια και η ταχύτητα εκτέλεσης είναι μέγιστη ή υπομέγιστη.

Συνοπτικά, οι μελέτες της παρούσας διατριβής έδειξαν ότι κατά την εκτέλεση προγραμμάτων με βάρη και στόχο τη μυϊκή ισχύ το μέγεθος του φορτίου και η ταχύτητα μετακίνησης του επηρεάζουν εν μέρει την ορμονική ανταπόκριση του οργανισμού. Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης επηρεάζεται από το μέγεθος του φορτίου και την ταχύτητα μετακίνησης του.

Η μεγαλύτερη αύξηση επέρχεται μετά τη χρήση μέσου (παραγωγή μέγιστης ισχύς) και υψηλού φορτίου και όταν η ταχύτητα εκτέλεσης είναι η μέγιστη δυνατή, σε αντίθεση με τη χρήση μικρού φορτίου και υπομέγιστης ταχύτητας εκτέλεσης. Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης φαίνεται να επηρεάζεται μόνο από το μέγεθος του φορτίου, όπου σημαντική αύξηση βρέθηκε μόνο μετά την εκτέλεση των ασκήσεων με το φορτίο που παράγεται η μέγιστη ισχύς, σε αντίθεση με τη χρήση μικρού και υψηλού φορτίου. Επίσης, η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων δεν επηρεάζει την ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης. Το μέγεθος του φορτίου και η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων δεν είχαν σημαντική επίδραση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης.

### ***Επίδραση της αντιθετικής προπόνησης με βάρη για μυϊκή ισχύ στις μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις***

Βασικός στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσουμε την επίδραση ενός προγράμματος με βάρη με στόχο τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος στις οξείες μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις του οργανισμού. Στην παρούσα μελέτη για πρώτη φορά εξετάστηκε η επίδραση της βαλλιστικής προπόνησης με βάρη, χρησιμοποιώντας την αντιθετική μέθοδο (εναλλαγή μεγέθους φορτίου), στη συγκέντρωση του γαλακτικού και των ορμονών ολική και ελεύθερη τεστοστερόνη, αυξητικής ορμόνης και κορτιζόλης. Επίσης, εξετάσαμε κατά πόσο η διαφοροποίηση του φορτίου (φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος έναντι υψηλό) μπορεί να έχει διαφορετική επίδραση στους μεταβολικούς και ορμονικούς παράγοντες. Επιπρόσθετα, επεκτείνοντας τον ερευνητικό σχεδιασμό της μελέτης ερευνήσαμε κατά πόσο η μακροχρόνια εφαρμογή των πιο πάνω προγραμμάτων με βάρη για τη βελτίωση της ισχύος μεταβάλλει την μεταβολική και ορμονική ανταπόκριση του οργανισμού τόσο κατά την ηρεμία όσο και κατά την οξεία φάση (άμεσο διάστημα μετά την εκτέλεση των προγραμμάτων). Στην έναρξη του προγράμματος (1<sup>η</sup> προπόνηση) βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα, χωρίς όμως τα δύο προγράμματα να διαφέρουν μεταξύ τους (MPG: μέγιστης ισχύος και HLG: μέγιστης δύναμης). Διαπιστώθηκε ακόμη ότι το μέγεθος του φορτίου επηρεάζει την ορμονική ανταπόκριση. Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης αυξήθηκε μόνο μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης δύναμης, χωρίς όμως να διαφέρει από το πρόγραμμα μέγιστης ισχύος. Η συγκέντρωση της κορτιζόλης παρουσίασε αύξηση μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης δύναμης και ήταν υψηλότερη σε σχέση με το πρόγραμμα μέγιστης ισχύος, στο οποίο δεν μεταβλήθηκε σημαντικά. Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης παρουσίασε παρόμοια αύξηση μετά την εκτέλεση και των δύο προγραμμάτων. Αντίθετα, το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε με στόχο τη μυϊκή ισχύ δεν επηρέασε τη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης.

Μετά τη βραχυχρόνια εφαρμογή των πιο πάνω προγραμμάτων για διάστημα έξι εβδομάδων (12<sup>η</sup> προπόνηση) η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα παρουσίασε παρόμοια αύξηση στις δύο ομάδες, που ήταν υψηλότερη σε σχέση τις τιμές ηρεμίας. Ακόμη, το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε επέφερε διαφορετική ορμονική συγκέντρωση κατά την οξεία φάση. Η χρήση υψηλού φορτίου δεν επηρέασε τη συγκέντρωση της ολικής και ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης. Όμως, μετά την προπόνηση με το υψηλό φορτίο βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης. Αντίθετα, η προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος επέφερε σημαντική αύξηση της ολικής τεστοστερόνης και τάση για αύξηση της ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης. Αύξηση βρέθηκε επίσης στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης. Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης μετά από την προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την προπόνηση μέγιστης δύναμης. Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης δεν διέφεραν μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων.

### ***Έναρξη προγράμματος (1<sup>η</sup> προπόνηση)***

*Συγκέντρωση γαλακτικού:* Βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα μετά την εκτέλεση και των δύο προγραμμάτων (MPG και HLG), που ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με τη συγκέντρωση πριν την εκτέλεση της άσκησης (τιμή ηρεμίας). Η αύξηση αυτή ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο προγραμμάτων. Ένα κοινό εύρημα όλων των ερευνών είναι ότι η προπόνηση με βάρη προκαλεί αύξηση στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα (Crewther, Cronin, and Keogh, 2006). Η αύξηση οφείλετε στην ενεργοποίηση της αναερόβιας γλυκόλυσης (Tesch, Colliander, and Kaiser, 1986) για τη στήριξη των μεταβολικών απαιτήσεων της άσκησης.

Το μέγεθος της που μπορεί να κυμανθεί από 3,5 έως 20 mmol/L εξαρτάται κυρίως από το στόχο του προγράμματος (μυϊκής αντοχής > υπερτροφίας > μέγιστης δύναμης – ισχύος) και από τη διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης, όπως το συνολικό έργο, το διάλειμμα μεταξύ των σετ και το μέγεθος της μυϊκής μάζας που ενεργοποιείτε (Crewther et al., 2006). Στην παρούσα έρευνα για πρώτη φορά μελετήθηκε η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με στόχο την ισχύ και τη χρήση δύο φορτίων (50-63% - 1ME vs 90% - 1ME). Βρέθηκε ότι το μέγεθος της αύξησης ήταν παρόμοιο στα δύο πρωτόκολλα (άσχετα από το μέγεθος του φορτίου) και κυμαινόταν από 3-5 mmol/L (μέση τιμή 4,3 mmol/L). Αυτό φαίνεται να είναι συνέπεια του παρόμοιου συνολικού έργου των δύο προγραμμάτων. Το ύψος της αύξησης είναι παρόμοιο με τη συγκέντρωση του γαλακτικού που βρέθηκε στην έρευνα των Linnamo et al., (2005) μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με στόχο τη μυϊκή ισχύ (4,2 mmol/L). Επίσης, η παρατήρηση αυτή είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών που βρήκαν παρόμοια συγκέντρωση γαλακτικού (3-5 mmol/L) μετά την εκτέλεση προγραμμάτων με υψηλά φορτία και μεγάλο διάλειμμα μεταξύ των σετ (Hakkinen, and Pakarinen, 1993; Kraemer et al., 1991; Smilios et al., 2003), άσχετα αν χρησιμοποιήθηκε η παραδοσιακή μέθοδος προπόνησης και δεν καταβαλλόταν η μέγιστη δυνατή προσπάθεια.

Φαίνεται ότι κατά την εκτέλεση προγραμμάτων με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ, η αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα είναι σημαντική και είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του φορτίου, όταν το συνολικό έργο είναι παρόμοιο.

Η οξεία αύξηση των μεταβολιτών εντός του μυός (π.χ γαλακτικό οξύ) φαίνεται να διαδραματίζουν το δικό τους καθοριστικό ρόλο στις προσαρμογές κατά την προπόνηση με βάρη. Η πιθανή αύξηση της έκκρισης αναβολικών ορμονών, όπως της αυξητικής ορμόνης (Takarada et al., 2000; Taylor, Thompson, Clarkson, Miles, and De Souza, 2000) και η ενεργοποίηση υψηλότερου ποσοστού κινητικών μονάδων (Takarada, and Ishi, 2003; Takarada et al., 2000), φαίνεται να ενισχύουν το προπονητικό ερέθισμα. Επιπλέον, η αύξηση της συγκέντρωσης των  $H^+$  και η ανεπάρκεια του ATP συνέπεια της αύξησης των προϊόντων του μεταβολισμού, οδηγεί με τη σειρά της σε μεγαλύτερη μυϊκή καταστροφή (Ebbeling, and Clarkson, 1989), ενισχύοντας έτσι ακόμη περισσότερο το προπονητικό ερέθισμα. Συνεπώς, σύμφωνα με τους Crewther et al., (2006) είναι πιθανόν αυτές οι οξείες ανταποκρίσεις, μακροχρόνια να υποβοηθήσουν τις μυϊκές προσαρμογές που επέρχονται από την προπόνηση με βάρη και να οδηγούν τελικά στην αύξηση της ικανότητας του μυός για μεγαλύτερη παραγωγή δύναμης και/ή ισχύος.

*Συγκέντρωση ολικής τεστοστερόνης:* Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι πιθανών το μέγεθος του φορτίου να επηρεάζει την οξεία ανταπόκριση της ολικής τεστοστερόνης. Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης αυξήθηκε μόνο μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης δύναμης (HLG: εναλλαγή υψηλού - 90% της 1ME και μικρού φορτίου – επαναλαμβανόμενα άλματα), σε αντίθεση με το πρόγραμμα μέγιστης ισχύος (MPG: εναλλαγή μέσου - 50-63% της 1ME και μικρού φορτίου – επαναλαμβανόμενα άλματα) στο οποίο δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές. Αν και τα δύο προγράμματα δεν διέφεραν μεταξύ τους, η υψηλότερη αύξηση στη συγκέντρωση της ορμόνης ίσως να υποδηλώνει μεγαλύτερη επίδραση του υψηλού φορτίου σε σχέση με το φορτίο που παραγόταν η μέγιστη ισχύς.



Φαίνεται ότι η χρήση υψηλού φορτίου και ως συνέπεια η ενεργοποίηση μεγαλύτερου ποσοστού κινητικών μονάδων, κυρίως των τύπου II με υψηλότερο κατώφλι ενεργοποίησης (Sale, 1992), ίσως να έχει μεγαλύτερη επίδραση στην ανταπόκριση της ολικής τεστοστερόνης. Παρόμοια, οι Linnamo et al., (2005) δεν βρήκαν σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης σε άνδρες χωρίς εμπειρία στην προπόνηση με βάρη, μετά την εκτέλεση με την παραδοσιακή μέθοδο τριών ασκήσεων για τα άνω και κάτω άκρα προπόνηση και τη χρήση μικρού φορτίου (5 σετ X 10 επαν. X 30% - 1ME, 2 min διάλειμμα). Σε αντίθεση με τα πιο πάνω αποτελέσματα, μετά από την εκτέλεση παρόμοιου προγράμματος (5 σετ X 10 επαν. X 30% - 1ME, 2 min διάλειμμα) αλλά με βαλλιστική εκτέλεση μίας μόνο άσκησης για τα κάτω άκρα (loaded jump squats), βρέθηκε σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης σε άνδρες με μεγάλη εμπειρία στην προπόνηση δύναμης (Volek et al., 1997). Είναι πιθανόν η διαφορετική ανταπόκριση της τεστοστερόνης να οφείλεται στη διαφορετική μορφή άσκησης (παραδοσιακή vs βαλλιστική) και την προπονητική εμπειρία των δοκιμαζομένων.

Αν και το προπονητικό επίπεδο των δοκιμαζόμενων μπορεί να επηρέασε τη συγκέντρωση της τεστοστερόνης, αυτό δεν συμβαίνει πάντοτε. Στην έρευνα των Ahtiainen et al., (2003b) βρέθηκε σημαντική αύξηση της τεστοστερόνης τόσο σε άνδρες με εμπειρία στην προπόνηση δύναμης όσο και σε αυτούς χωρίς εμπειρία, μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με στόχο τη μυϊκή υπερτροφία (5 σετ X 10 επαν. X 85% - 1ME). Φαίνεται ότι, όταν ο συνολικός όγκος του προγράμματος είναι μεγάλος και ένταση υψηλή η ανταπόκριση της τεστοστερόνης δεν επηρεάζεται από την προπονητική εμπειρία των δοκιμαζομένων. Είναι πιθανών, για την αύξηση της συγκέντρωσης της ολικής τεστοστερόνης σε άνδρες χωρίς εμπειρία στην προπόνηση δύναμης, να είναι να είναι απαραίτητα προγράμματα με υψηλή ένταση ή/και με μεγάλο συνολικό όγκο κατά την εκτέλεση ασκήσεων με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ.

*Συγκέντρωση ελεύθερης τεστοστερόνης:* Δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης στον ορό τόσο μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης ισχύος (MPG) όσο και του προγράμματος μέγιστης δύναμης (HLG). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι το προπονητικό ερέθισμα που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη δεν ήταν επαρκές για την αύξηση της συγκέντρωσης της ορμόνης. Σε άλλες έρευνες όπου η εκτέλεση των ασκήσεων έγινε όμως με την παραδοσιακή μέθοδο και είχαν διαφορετική διαμόρφωση των παραγόντων της επιβάρυνσης, βρέθηκε σημαντική αύξηση της ελεύθερης τεστοστερόνης (Ahtiainen et al., 2005, Ahtiainen et al., 2003a, Durant et al., 2003, Hakkinen, and Pakarinen, 1993; Kraemer et al., 1998). Στις περισσότερες από αυτές που ο στόχος ήταν η βελτίωση της μυϊκής υπερτροφίας, ο συνολικός όγκος των προγραμμάτων ήταν υψηλότερος σε σχέση με αυτόν που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.

Είναι πιθανών, η ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης να εξαρτάται σε μεγαλύτερο βαθμό από τον συνολικό όγκο των προγραμμάτων και να είναι ίσως ανεξάρτητη από την μέθοδο που χρησιμοποιείτε. Φαίνεται ότι, για την αύξηση της συγκέντρωσης της ελεύθερης τεστοστερόνης σε προγράμματα με βάρη που έχουν στόχο τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος να απαιτείται υψηλός συνολικός όγκος προπόνησης.

*Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης:* Βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης (GH) μετά την εκτέλεση του προγράμματος αντιθετικής προπόνησης με βάρη και στόχο τη μυϊκή ισχύ. Η αύξηση αυτή ήταν παρόμοια τόσο μετά την άσκηση με το φορτίο που παραγόταν η μέγιστη ισχύς (MPG) όσο και μετά τη χρήση του υψηλού φορτίου (HLG). Αν και τα δύο προγράμματα διέφεραν στο μέγεθος του φορτίου και ως εκ τούτου στην πραγματική ταχύτητα μετακίνησης (καταβαλλόταν η μέγιστη δυνατή προσπάθεια) και παρά τη μικρή διαφορά στο συνολικό όγκο προπόνησης (HLG < MPG), η μεταβολική τους απαίτηση ήταν ή ίδια όπως φαίνεται από τη συγκέντρωση του γαλακτικού μετά το τέλος των ασκήσεων ( $4,27 \pm 1,25$  έναντι  $4,29 \pm 1,45$ ). Ίσως, οι κυριότεροι παράγοντες για την παρόμοια αύξηση της GH στα δύο προγράμματα να είναι ο παρόμοιος συνολικός όγκος προπόνησης, η ίδια μεταβολική απαίτηση των προγραμμάτων και συγκέντρωση του γαλακτικού. Ακόμη φαίνεται ότι, όταν η συνολική παραγωγή έργου είναι παρόμοια, η ανταπόκριση της GH είναι ανεξάρτητη του φορτίου και της ταχύτητας μετακίνησης του.

Συμφωνά με αποτελέσματα άλλων ερευνών έχει διαπιστωθεί ότι ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την παραγωγή του συνολικού έργου και τις μεταβολικές απαιτήσεις της άσκησης (Kraemer, and Ratamess, 2005) και έχει υψηλή συσχέτιση με τη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα (Hakkinen and Pakarinen 1993; Kraemer et al., 1993). Σε συμφωνία με τα πιο πάνω αποτελέσματα είναι και η μοναδική έρευνα που έχει βρεθεί να εξετάζει την ανταπόκριση της GH μετά από προπόνηση δύναμης με στόχο τη μυϊκή ισχύ (Linnamo et al., 2005). Μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με βάρη (5 σετ X 10 επαν. X 30% - 1ME, 2 min διάλειμμα) με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης βρέθηκε σημαντική αύξηση στην GH (από  $0,36 \pm 0,63$   $\mu\text{g/L}$  σε  $4,18 \pm 4,32$   $\mu\text{g/L}$ ) που ήταν παρόμοια με την αύξηση της παρούσας διατριβής.

Παρότι το φορτίο και το διάλειμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν μικρότερο και η μέθοδος προπόνησης διαφορετική σε σχέση με της παρούσας εργασίας, είναι πιθανόν η παρόμοια ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης να είναι συνέπεια της ίδιας μεταβολικής απαίτησης, όπως φαίνεται από τη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα ( $4,2 \pm 2,3$  mmol/L vs  $4,3 \pm 1,4$  mmol/L).

Σύμφωνα με τα πιο πάνω μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι κατά την εκτέλεση ασκήσεων με στόχο τη μυϊκή ισχύ η ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης είναι ανεξάρτητη από το ύψος του φορτίου και ως συνέπεια της ταχύτητας μετακίνησης του. Φαίνεται όμως να επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον συνολικό όγκο προπόνησης, τη μεταβολική απαίτηση της άσκησης και τη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Ακόμη είναι πιθανών, η μέθοδος άσκησης (παραδοσιακή έναντι αντιθετικής) να μην επηρεάζει τη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης.

*Συγκέντρωση κορτιζόλης:* Βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης δύναμης (HLG), σε αντίθεση με την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης ισχύος (MPG) στο οποίο η συγκέντρωση της ορμόνης παρουσίασε μείωση (μη σημαντική). Η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν σημαντικά μεγαλύτερη 20 min μετά το τέλος του προγράμματος στην HLG σε σχέση με τη MPG. Η μεγαλύτερη ανταπόκριση της κορτιζόλης μετά τη χρήση υψηλού φορτίου ίσως να οφείλεται στο υψηλότερο ερέθισμα που δέχθηκε το νευρικό σύστημα, την υψηλότερη τάση που αναπτύχθηκε στις μυϊκές ίνες και ως επακόλουθο τη μεγαλύτερη μυϊκή καταπόνηση και καταστροφή, σε σχέση με τη χρήση μέσου φορτίου. Η μεγαλύτερη έκκριση πιθανά να οφείλεται στη δράση της κορτιζόλης για επαναφορά της ομοιοστασίας στο κυτταρικό περιβάλλον και την προφύλαξη του μύος από το άμεσο στρες της άσκησης (Kraemer and Mazzetti 2003).

Σύμφωνα με τον Smith, (2000) ένας από τους ρόλους που φαίνεται να έχει η οξεία ανταπόκριση της κορτιζόλης είναι η επιδιόρθωση και η ανακατασκευή των ιστών από τα μικροτραύματα που προκλήθηκαν μετά τα ερεθίσματα δύναμης. Σε συμφωνία με τα πιο πάνω αποτελέσματα είναι η ερευνά των Ahtiainen et al., (2003a) στην οποία αναφέρεται μεγαλύτερη αύξηση της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος με υψηλό φορτίο, σε σχέση με τη χρήση μικρότερου φορτίου. Σε αντίθεση με τα πιο πάνω αποτελέσματα οι Smilios et al., (2003) βρήκαν μείωση μετά την εκτέλεση ενός προγράμματος μέγιστης δύναμης (2-6 σετ X 5 επαν. X 80-88% -1ME), σε αντίθεση με την αύξηση που παρατήρησαν μετά την εκτέλεση προγραμμάτων μυϊκής αντοχής (4 σετ X 15 επαν. X 52-60% της 1ME) και υπερτροφίας (4-6 σετ X 10 επαν. X 68-75% της 1ME). Όμως, τα πιο πάνω προγράμματα αν και είχαν μικρότερο φορτίο είχαν σημαντικά υψηλότερο συνολικό όγκο προπόνησης από το πρόγραμμα μέγιστης δύναμης. Στην παρούσα έρευνα τα δύο προγράμματα δεν διέφεραν σημαντικά στην παραγωγή του συνολικού έργου (ίδια συγκέντρωση γαλακτικού). Σε έρευνα που εξετάστηκε η επίδραση ενός προγράμματος βαλλιστικής προπόνησης με στόχο τη μυϊκή ισχύ (5 σετ X 10 επαναλ. X 30% - 1ME, 2 min διάλειμμα) δεν βρέθηκε μεταβολή στη συγκέντρωση της κορτιζόλης (Volek et al., 1997). Αυτό όπως και στην παρούσα έρευνα ίσως να οφείλεται στη χρήση υπομέγιστου φορτίου. Είναι πιθανών, η συγκέντρωση της κορτιζόλης κατά την οξεία φάση να εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιείτε κατά την εκτέλεση προγραμμάτων με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ.

### **Τέλος προγράμματος (12<sup>η</sup> προπόνηση)**

*Συγκέντρωση γαλακτικού:* Βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας και στις δύο ομάδες. Η αύξηση που παρατηρήθηκε ήταν παρόμοια ανάμεσα στις δύο ομάδες (HLG και MPG) και δεν διέφερε σε σχέση με τη συγκέντρωση που βρέθηκε στην έναρξη του προγράμματος μετά την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης. Από τα πιο πάνω διαπιστώνεται ότι το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε στα δύο προγράμματα για διάστημα 6 εβδομάδων δεν επηρέασε την αναερόβια διάσπαση των υδατανθράκων και την παραγωγή και συγκέντρωση του γαλακτικού. Αυτό ίσως να ήταν συνέπεια της παρόμοιας μεταβολικής απαίτησης των προγραμμάτων.

*Συγκέντρωση ολικής τεστοστερόνης:* Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης κατά την ηρεμία στο τέλος του προγράμματος και στις δύο ομάδες δεν διέφερε σε σχέση με τη συγκέντρωση της ορμόνης στην έναρξη του προγράμματος. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με τις περισσότερες μελέτες στις οποίες δεν διαπιστώνεται μεταβολή της ολικής τεστοστερόνης κατά την ηρεμία μετά από την εκτέλεση προγραμμάτων δύναμης με διάρκεια από 6 εβδομάδες έως και 4 μήνες (Ahtiainen et al., 2005; Guezennec et al., 2003; Hickson, and Hidaka, 1994; Kraemer et al., 1999; McCall et al., 1999, Potteiger et al., 1995). Αντίθετα, σε ορισμένες εργασίες βρέθηκε μεταβολή της τεστοστερόνης κατά την ηρεμία (Ahtiainen et al., 2003b; Hakkinen et al., 1988a; Hakkinen et al., 1988c; Staron et al., 1994). Όμως, η αύξηση της συγκέντρωσης κατά την ηρεμία φαίνεται να είναι παροδική και ίσως οφείλετε στην αύξηση του όγκου και της έντασης της προπόνησης κατά τη δεδομένη χρονική περίοδο και επανέρχεται στις αρχικές τιμές μόλις η προπόνηση επανέλθει σε κανονικά επίπεδα (Kraemer and Ratamess 2005).



Από τα πιο πάνω διαπιστώνεται ότι η εφαρμογή ενός βραχυχρόνιου προγράμματος αντιθετικής προπόνησης με στόχο τη μυϊκή ισχύ δεν επιφέρει μεταβολή στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης κατά την ηρεμία, ανεξάρτητα από μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιείται.

Η συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης κατά την οξεία φάση (αμέσως μετά την εκτέλεση της 12<sup>ης</sup> προπόνησης) παρουσίασε σημαντική αύξηση μόνο μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης ισχύος (MPG: 47,5 - 54,5% - 1ME), σε αντίθεση με την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης δύναμης (HLG: 90% - 1ME) που δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή. Η συγκέντρωση της ορμόνης δεν διέφερε ανάμεσα στις δύο ομάδες. Η παρούσα έρευνα είναι η πρώτη που μελέτησε την επίδραση ενός βραχυχρόνιου προγράμματος ισχύος στις ορμονικές ανταποκρίσεις του οργανισμού. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα φαίνεται ότι, σε αντίθεση με την πρώτη προπόνηση, η βραχυχρόνια προπόνηση με το φορτίο που μπορούσε να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ισχύος (MPG) και η υψηλότερη ταχύτητα μετακίνησης του επιφέρει υψηλότερη συγκέντρωση της τεστοστερόνης κατά την οξεία φάση σε σχέση με την προπόνηση με το υψηλό φορτίο (HLG) και τη μικρότερη ταχύτητα εκτέλεσης, άσχετα αν καταβαλλόταν πάντα η μέγιστη δυνατή προσπάθεια. Επιπλέον, η διαφορετική μορφή εκτέλεσης των ασκήσεων (Βαλλιστική έναντι Δυναμικής στις MPG και HLG αντίστοιχα) ίσως να επέφερε διαφορετική ανταπόκριση στην τεστοστερόνη.

Έχει διαπιστωθεί ότι βαλλιστική προπόνηση με μικρό ως μέσο φορτίο υπερέρχει της παραδοσιακής προπόνησης με δυναμική εκτέλεση και υψηλότερο φορτίο για τη βελτίωση του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης, της ταχύτητας και της ισχύος (Doherty et al., 2004). Επίσης, το φορτίο με το οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή μηχανικής ισχύος θεωρείται το ιδανικότερο προπονητικό ερέθισμα για τη βελτίωση της ισχύος (Kawamori, and Haff, 2004).

Σε έρευνα των Wilson et al., (1993) αναφέρεται ότι η βαλλιστική προπόνηση (Loaded Jump Squats) με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος επιφέρει καλύτερες προσαρμογές σε σχέση με τη δυναμική προπόνηση και υψηλότερο φορτίο (75 – 85% της 1ME) ακόμη και σε καλά προπονημένους άνδρες. Επίσης, οι Newton, Kraemer, και Hakkinen, (1999) βρήκαν ότι η βαλλιστική προπόνηση (Loaded Jump Squats στο 30, 60 και 80% της 1ME) βελτίωσε σε μεγαλύτερο βαθμό την ισχύ των κάτω άκρων σε σχέση με τη δυναμική προπόνηση και υψηλότερο φορτίο (καθίσματα στο 85% της 1ME). Σύμφωνα με τους συγγραφείς η ανωτερότητα της βαλλιστικής προπόνησης οφείλετε στο γεγονός ότι δεν υπάρχει επιβράδυνση της μετακίνησης του φορτίου, υπάρχει υψηλότερη επιτάχυνση και καταβάλλονται υψηλές δυνάμεις σε όλο το εύρος κίνησης. Αντίθετα, με τη παραδοσιακή προπόνηση υπάρχει επιβράδυνση σε ένα μεγάλο ποσοστό της κίνησης και κατά συνέπεια το ερέθισμα που καταβάλλεται στο νευρομυϊκό σύστημα είναι μικρότερο. Επίσης, η πραγματική ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων συνέπεια του μεγέθους του φορτίου φαίνεται να έχει ουσιαστικό ρόλο στις νευρομυϊκές προσαρμογές μετά προπόνηση με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ. Οι McBride et al., (2002) χρησιμοποιώντας δύο προγράμματα βαλλιστικής προπόνησης (Loaded Jump Squats) για 8 εβδομάδες, βρήκαν μεγαλύτερη αύξηση στη νευρική δραστηριότητα (EMG), την ταχύτητα και την ισχύ των κάτω άκρων με τη χρήση μικρού φορτίου (30% - 1ME) και υψηλής ταχύτητας μετακίνησης σε σχέση με χρήση υψηλού φορτίου (80% - 1ME) και μικρής ταχύτητας μετακίνησης.

Βάση των πιο πάνω μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι, η οξεία ανταπόκριση της τεστοστερόνης κατά την εφαρμογή προγραμμάτων ισχύος μπορεί να επηρεαστεί από τη μέθοδο εκτέλεσης των ασκήσεων (βαλλιστική vs παραδοσιακή), το φορτίο που χρησιμοποιείται και την ταχύτητα μετακίνησης του (μικρό έως μέσο φορτίο και υψηλή ταχύτητα μετακίνησης vs μεγάλο φορτίο και μικρή ταχύτητα μετακίνησης). Είναι πιθανόν, η υψηλότερη συγκέντρωση της τεστοστερόνης να συμβάλλει στις νευρομυϊκές προσαρμογές που προκαλεί η μακροχρόνια εφαρμογή παρόμοιων προγραμμάτων.

*Συγκέντρωση ελεύθερης τεστοστερόνης:* Οι τιμές συγκέντρωσης της ελεύθερης τεστοστερόνης (ET) κατά την ηρεμία δεν διέφεραν σε σχέση με τη συγκέντρωση πριν την έναρξη του παρεμβατικού προγράμματος. Μετά την εκτέλεση και των δύο προγραμμάτων δεν βρέθηκε μεταβολή στη συγκέντρωση της ET σε σχέση με πριν την εκτέλεση της τελευταίας (12<sup>ης</sup>) προπόνησης. Όμως, παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση της ET μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης ισχύος (MPG) ήταν υψηλότερη σε σχέση με τη συγκέντρωση στο πρόγραμμα μέγιστης δύναμης. Πιθανά το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε και ο τρόπος εκτέλεσης των ασκήσεων να επηρέασαν τη συγκέντρωση της ET. Αυτό ίσως να είναι συνέπεια της βαλλιστικής εκτέλεσης των ασκήσεων και της υψηλής ταχύτητας μετακίνησης του φορτίου, που όπως έχουμε δει και πιο πάνω ενδεχομένως επηρέασαν και τη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης.

Ελάχιστες είναι οι έρευνες που έχουν μελετήσει την ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης μετά από προπόνηση δύναμης. Οι Kraemer et al., (1999) αναφέρουν σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης της ET κατά την ηρεμία μετά από 10 εβδομάδες προπόνησης μετά την προπόνηση με μέσες έως υψηλές εντάσεις (65 – 95% της 1ME). Στην ίδια ερευνά αναφέρεται ότι και μέχρι 6 εβδομάδες μετά την έναρξη του προγράμματος η συγκέντρωση ήταν ίδια σε σχέση με πριν την έναρξη του προγράμματος. Όμως, οι Ahtiainen et al., (2003b) μετά από προπόνηση μεγαλύτερης διάρκειας (21 εβδομάδες) δεν βρήκαν μεταβολή της ορμόνης κατά την ηρεμία στο τέλος του προγράμματος (5 σετ X 6-12 επαν. X 65-85% της 1ME). Όμως, σε αντίθεση με την παρούσα έρευνα βρήκαν σημαντική αύξηση κατά την οξεία φάση, αμέσως μετά το τέλος της τελευταίας προπόνησης. Επίσης, μετά από την εκτέλεση ενός προγράμματος υπερτροφίας με διαφορετικό όγκο και διάλειμμα μεταξύ των σετ (9 σετ X 8-12 επαν. X 65-80% - 1ME και 2 min διάλειμμα vs 7 σετ X 8-12 επαν. X 65-80% - 1ME και 5 min διάλειμμα) με διάρκεια 24 εβδομάδες δεν βρέθηκε μεταβολή της ET κατά την ηρεμία (Ahtiainen et al., 2005).

Στην ίδια έρευνα, βρέθηκε αύξηση της ET μετά την εκτέλεση της τελευταίας προπόνησης, χωρίς όμως να διαφέρει ανάμεσα στα δύο προγράμματα. Η αύξηση που βρέθηκε κατά την οξεία φάση στις πιο πάνω μελέτες, σε αντίθεση με την παρούσα έρευνα, πιθανά να ήταν αποτέλεσμα της μεγαλύτερης διάρκειας των προγραμμάτων και του υψηλότερου συνολικού όγκου προπόνησης.

Φαίνεται, ότι η ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης είναι υψηλότερη στα προγράμματα ισχύος που εκτελούνται με βαλλιστικό τρόπο, με μέσο φορτίο και υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης. Πιθανά για την μεγαλύτερη αύξηση της συγκέντρωσης της ελεύθερης τεστοστερόνης να απαιτείτε τα προγράμματα ισχύος να έχουν υψηλότερο συνολικό όγκο και να είναι μεγαλύτερης διάρκειας (>6 εβδομάδων).

*Συγκέντρωση αυξητικής ορμόνης:* Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης (GH) κατά την ηρεμία δεν διέφεραν σε σχέση με τη συγκέντρωση πριν την έναρξη του παρεμβατικού προγράμματος. Μετά την εκτέλεση και των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης (MPG και HLG) βρέθηκε αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης. Η αύξηση που παρατηρήθηκε ήταν παρόμοια ανάμεσα στα δύο προγράμματα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η αύξηση που βρέθηκε αμέσως μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης ισχύος (MPG) ήταν υψηλότερη σε σχέση με την αύξηση που βρέθηκε μετά την εκτέλεση της πρώτης προπόνησης. Φαίνεται ότι, ο τρόπος εκτέλεσης των ασκήσεων, το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε και η ταχύτητα μετακίνησης του φορτίου να μην διαφοροποιούν την ανταπόκριση της αυξητικής ορμόνης. Αυτό ενισχύεται και από το γεγονός ότι δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των προγραμμάτων στο συνολικό όγκο άσκησης και στη μεταβολική απαίτηση όπως φαίνεται από την παρόμοια συγκέντρωση του γαλακτικού.

Πιθανά, η βαλλιστική προπόνηση και η χρήση μέσου φορτίου και υψηλής ταχύτητας μετακίνησης να επιφέρει καλύτερες ανταποκρίσεις της GH. Τα πιο πάνω αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των πλείστων ερευνών που αναφέρουν σημαντική αύξηση της GH κατά την οξεία φάση μετά από προπόνηση δύναμης, χωρίς να μεταβάλλεται η συγκέντρωση ηρεμίας (Ahtiainen et al., 2005; Ahtiainen et al., 2003b; Goto et al., 2004; Hakkinen et al., 1988c; Kraemer et al., 1998b; McCall et al., 1999). Φαίνεται ότι, οι όποιες προσαρμογές στο μυϊκό ιστό που είναι συνέπεια της αύξησης της GH κατά την οξεία φάση, επαναλαμβάνονται μετά από κάθε προπόνηση με βάρη (Kraemer, and Ratamess, 2005).

*Συγκέντρωση κορτιζόλης:* Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη συγκέντρωση της κορτιζόλης κατά την ηρεμία στο τέλος του προγράμματος σε σχέση με την έναρξη προγράμματος. Η συγκέντρωση της κορτιζόλης μετά την εκτέλεση των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης δεν μεταβλήθηκε σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας πριν την έναρξη της τελευταίας (12<sup>ης</sup> προπόνησης). Ωστόσο, μετά την εκτέλεση του προγράμματος με τα υψηλά φορτία η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν μικρότερη σε σχέση με τη συγκέντρωση στο πρόγραμμα της μέγιστης ισχύος. Η διαφορά στη μεταβολή της κορτιζόλης είναι ανεξάρτητη από τη συνολική παραγωγή έργου και τη μεταβολική απαίτηση των προγραμμάτων. Παρά την ίδια μεταβολική απαίτηση των προγραμμάτων (ίδια συγκέντρωση γαλακτικού) η συγκέντρωση της κορτιζόλης ήταν υψηλότερη στο πρόγραμμα αντιθετικής προπόνησης με το φορτίο της μέγιστης ισχύος και την βαλλιστική εκτέλεση των ασκήσεων. Αυτό είναι σε αντίθεση με τα όσα αναφέρουν οι Kraemer και Ratamess (2005) υποδεικνύοντας ίσως ότι και άλλοι παράγοντες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της συγκέντρωσης κατά την οξεία φάση.

Όπως διαπιστώθηκε και από τη μεταβολή της συγκέντρωσης των άλλων ορμονών προκύπτει ότι η βαλλιστική προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχάνονταν η μέγιστη παραγωγή ισχύος και η υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης να είναι οι κυριότεροι παράγοντες που ευθύνονται για την υψηλότερη αύξηση στη συγκέντρωση της κορτιζόλης. Αντίθετα, η προπόνηση με το υψηλό φορτίο και τη χαμηλή ταχύτητα εκτέλεσης δεν επηρέασε τη συγκέντρωση της κορτιζόλης.

Συνοψίζοντας τα ευρήματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι το πρόγραμμα αντιθετικής προπόνησης που χρησιμοποιήθηκε [ημικαθίσματα με υψηλό φορτίο (90% - 1ΜΕ) ή άλματα με επιπρόσθετο βάρος (48-55% της 1ΜΕ) τα οποία εναλλάσσονταν με επαναλαμβανόμενα άλματα με το σωματικό βάρος] παρείχε ένα αποτελεσματικό ερέθισμα για την αύξηση της τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης. Διαπιστώθηκε ακόμη ότι, οι ορμονικές ανταποκρίσεις μπορεί να μεταβληθούν μετά την αντιθετική προπόνηση με στόχο την ισχύ για διάστημα 6 εβδομάδων και είναι ανάλογες από τον τρόπο εκτέλεσης των ασκήσεων (βαλλιστικός έναντι παραδοσιακός) το μέγεθος του φορτίου (μέσο έναντι υψηλού) και ως συνέπεια την ταχύτητα μετακίνησης του (υψηλή έναντι μικρής). Στην έναρξη του προγράμματος, η χρήση υψηλού φορτίου προκάλεσε αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης και υψηλότερες τιμές στην κορτιζόλη σε σχέση με τη χρήση μέσου φορτίου, ίσως λόγω της υψηλότερης επιβάρυνσης που δέχθηκε το νευρομυϊκό σύστημα από τη χρήση του υψηλού φορτίου. Η χρήση μέσου φορτίου προκάλεσε μόνο αύξηση στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης. Στο τέλος του προγράμματος (12<sup>η</sup> προπόνηση) σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης και της κορτιζόλης μόνο, υποδεικνύοντας ίσως προσαρμογές στο ενδοκρινικό σύστημα από τη χρήση παρόμοιων προγραμμάτων. Επίσης, η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης ήταν υψηλότερη σε σχέση με την προπόνηση με το υψηλό φορτίο. Είναι πιθανόν, με την βραχυχρόνια προπόνηση με την αντιθετική μέθοδο με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος να επιφέρει υψηλότερη ορμονική ανταπόκριση σε σχέση με την προπόνηση με υψηλά φορτία.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα έρευνα εξετάστηκε η επίδραση προγραμμάτων ισχύος στις οξείες μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις. Ερευνήθηκε κατά πόσο το μέγεθος του φορτίου (% της 1ΜΕ), η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων και η παραγομένη ισχύς επηρεάζουν τους πιο πάνω παράγοντες. Επίσης, κατά πόσο η αντιθετική μέθοδος προπόνησης με τη χρήση διαφορετικών φορτίων και η εφαρμογή ενός παρεμβατικού προγράμματος για την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύς μπορεί να μεταβάλλει την μεταβολική και ορμονική συγκέντρωση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα από τις μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στα εξής γενικά συμπεράσματα: i) κατά την προπόνηση με βάρη και στόχο τη μυϊκή ισχύ το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιείται φαίνεται να επηρεάζει ως ένα σημείο την ορμονική συγκέντρωση, ii) η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων μπορεί να επιφέρει μεταβολές στην ορμονική συγκέντρωση, iii) η χρήση της αντιθετικής μεθόδου κατά την προπόνηση με βάρη φαίνεται να επηρεάζει την ορμονική ανταπόκριση, iv) το μέγεθος του φορτίου και ως συνέπεια η ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων επιφέρουν μεταβολή στην οξεία συγκέντρωση ορισμένων ορμονών, v) οι ορμονικές ανταποκρίσεις μπορεί να μεταβληθούν μετά την αντιθετική προπόνηση με στόχο την ισχύ για βραχυχρόνιο διάστημα και είναι ανάλογες από τον τρόπο εκτέλεσης των ασκήσεων, το μέγεθος του φορτίου και ως συνέπεια την ταχύτητα μετακίνησης του. Πιο αναλυτικά:

- Η προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχάνει τη μέγιστη παραγωγή μηχανικής ισχύος (48-60% -1ΜΕ) και η χρήση υψηλότερου φορτίου (68-80% -1ΜΕ) επιφέρουν σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης

- Η συγκέντρωση της τεστοστερόνης δεν μεταβάλλεται με την προπόνηση με μικρό φορτίο (30-38% -1ME)
- Η ανταπόκριση της τεστοστερόνης πιθανά επηρεάζεται από το μέγεθος του ερεθίσματος (% - 1ME)
- Η προπόνηση με βάρη με μικρό (30-38% -1ME), μέσο (48-60% -1ME, μέγιστη παραγωγή ισχύος) και υψηλό φορτίο (68-80% -1ME) δεν μετέβαλε τη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης
- Η εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα επιφέρει αύξηση στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης, όταν το φορτίο που χρησιμοποιείται είναι μέσο έως υψηλό (48 – 80% της 1ME)
- Η εκτέλεση των ασκήσεων με υπομέγιστη ταχύτητα (70% της μέγιστης) δεν επιφέρει σημαντική μεταβολή στη συγκέντρωση της τεστοστερόνης
- Η χρήση μικρού φορτίου (30-38% της 1ME) δεν μεταβάλλει τη συγκέντρωση της τεστοστερόνης, άσχετα αν η ταχύτητα εκτέλεσης είναι μέγιστη ή υπομέγιστη
- Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης δεν φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από την ταχύτητα εκτέλεσης των ασκήσεων
- Είναι πιθανόν, η εκτέλεση των ασκήσεων με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα να υπερέχει σε σχέση με την υπόμεγιστη ταχύτητα εκτέλεσης όσον αφορά την οξεία ορμονική ανταπόκριση

- Το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε κατά την αντιθετική προπόνηση επηρέασε την ορμονική συγκέντρωση κατά την οξεία φάση
- Κατά την έναρξη του παρεμβατικού προγράμματος, η αντιθετική προπόνηση με τη χρήση υψηλού φορτίου (90% της 1ME) επέφερε αύξηση στη συγκέντρωση της ολικής τεστοστερόνης, σε αντίθεση με την προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχάνοταν η μέγιστη παραγωγή μηχανικής ισχύος (47,5 – 57,9% της 1ME)
- Η συγκέντρωση της κορτιζόλης αυξήθηκε σημαντικά μόνο μετά την εκτέλεση του προγράμματος μέγιστης δύναμης (90% της 1ME) και διέφερε σε σχέση με το πρόγραμμα μέγιστης ισχύος (47,5 – 57,9% της 1ME) στο οποίο δεν μεταβλήθηκε σημαντικά
- Η συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης παρουσίασε παρόμοια αύξηση μετά την εκτέλεση και των δύο προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης
- Η αντιθετική προπόνηση δεν φαίνεται να επηρεάζει την οξεία ανταπόκριση της ελεύθερης τεστοστερόνης, άσχετα από το μέγεθος του φορτίου που χρησιμοποιείτε
- Σε αντίθεση με την έναρξη του προγράμματος, στην τελευταία προπόνηση (12<sup>η</sup>) η συγκέντρωση της τεστοστερόνης και της κορτιζόλης δεν μεταβλήθηκαν μετά τη χρήση του υψηλού φορτίου (90% της 1ME)
- Η προπόνηση με το υψηλό φορτίο προκάλεσε αύξηση μόνο στη συγκέντρωση της αυξητικής ορμόνης

- Η προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχανόταν η μέγιστη παραγωγή ισχύος (47,5 – 57,9% της 1ΜΕ) επέφερε αύξηση της ολικής τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης και τάση για αύξηση της ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης
- Η συγκέντρωση της ελεύθερης τεστοστερόνης και της κορτιζόλης μετά από την προπόνηση με το φορτίο που επιτυγχάνεται η μέγιστη παραγωγή ισχύος ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με την προπόνηση μέγιστης δύναμης
- Πιθανά η βαλλιστική προπόνηση για βραχυχρόνιο χρονικό, η χρήση του φορτίου που μπορεί να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ισχύος και η υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης επιφέρουν μεγαλύτερη ορμονική αύξηση σε σχέση με την προπόνηση με υψηλό φορτίο και μικρότερη ταχύτητα εκτέλεσης

### **Προτάσεις για μελλοντικές εργασίες**

Κατά την εκπόνηση της παρούσας διατριβής η μελέτη των μεταβολικών και ορμονικών ανταποκρίσεων κατά την εκτέλεση προγραμμάτων με βάρη με στόχο τη μυϊκή ισχύ και η επίδραση διαφόρων παραγόντων στις ανταποκρίσεις αυτές μας προκάλεσαν καινούργια ερωτήματα που δεν έχουν μελετηθεί. Θα ήταν ενδιαφέρον να ερευνηθεί:

- Ο έλεγχος της επίδρασης παρόμοιων προγραμμάτων ισχύος στις ορμονικές ανταποκρίσεις σε άτομα διαφορετικών ηλικιών (παιδιά, έφηβους, μέσης και τρίτης ηλικίας)
- Ο έλεγχος της επίδρασης παρόμοιων προγραμμάτων ισχύος στις ορμονικές ανταποκρίσεις γυναικών
- Εφαρμογή παρόμοιων προγραμμάτων ισχύος με μεταβολή των παραγόντων της επιβάρυνσης (π.χ διαφορετικός συνολικός όγκος προπόνησης μέσω της αύξησης του αριθμού των σετ, διαφοροποίηση του φορτίου, διαφοροποίηση του διαλείμματος κ.α), για την εύρεση του συνδυασμού που να επιφέρει τις καλύτερες ορμονικές ανταποκρίσεις
- Σύγκριση των προγραμμάτων αντιθετικής προπόνησης, με βαλλιστική εκτέλεση των ασκήσεων, με την παραδοσιακή προπόνηση δύναμης για την εύρεση της μεθόδου που προκαλεί υψηλότερη ανταπόκριση του ενδοκρινικού συστήματος και υψηλότερη ορμονική συγκέντρωση
- Εφαρμογή πρωτόκολλων αντιθετικής προπόνησης με διαφορετικό φορτίο (π.χ 30% της 1-ME) σε σχέση με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διατριβή για την εύρεση του φορτίου που θα προκαλεί τις υψηλότερες ορμονικές ανταποκρίσεις

- Εφαρμογή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (>6 εβδομάδων) της αντιθετικής προπόνησης και την εύρεση της επίδρασης στο ενδοκρινικό σύστημα
- Εφαρμογή των προγραμμάτων με βάρη για τη βελτίωση της ισχύος που χρησιμοποιήθηκαν στις παρούσες μελέτες σε άτομα με διαφορετικό προπονητικό επίπεδο (π.χ ελίτ αθλητές)



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahtiainen, J.P., A. Pakarinen, M. Alen, W.J. Kraemer, & K. Hakkinen. (2005). Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training, Influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. *Journal Strength Conditioning Research*, 19(3), 572–582.
- Ahtiainen, J.P, A. Pakarinen, W.J. Kraemer, & K. Hakkinen (2003a). Acute hormonal and neuromuscular responses to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercise. *International Journal Sports Medicine*, 24, 410-418.
- Ahtiainen, J.P., A. Pakarinen, M. Alen, W.J. Kraemer, & K. Hakkinen. (2003b). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal Applied Physiology*, 89, 555–563.
- Alen, M., A. Pakarinen, K. Hakkinen, & P.V. Komi. (1988). Responses of serum androgenic-anabolic and catabolic hormones to prolonged strength training. *International Journal Sports Medicine*, 9, 229-233.
- American College of Sports Medicine Position Stand on Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. (2002). *Medicine Science Sports Exercise*, 34(2), 364-380.
- Baker, D., S. Nance, & M. Moore. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during lump squats in power-trained athletes. *Journal Strength Conditioning Research*, 15(1), 92-97.
- Baker, J.R., M.G. Bemben, M.A. Anderson, & D.A. Bemben. (2006). Effects of age on testosterone responses to resistance exercise and musculoskeletal variables in men. *Journal Strength Conditioning Research*, 20(4), 874–881.
- Ballor DL, Becque MD, & Katch VL. (1987). Metabolic responses during hydraulic resistance exercise. *Medicine Science Sports Exercise*, 19, 363-367.
- Bosco, C., R. Colli, R. Bonomi, S. P. Von Duvillard, & A. Viru. (2000). Monitoring strength training, neuromuscular and hormonal profile. *Medicine Science Sports Exercise*, 32(1), 202–208.
- Bottaro, M., S.N. Machado, W. Nogueira, R. Scales, & J. Veloso. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *European Journal Applied Physiology*, 99, 257–264.

- Craig, B.W., & H. Kang. (1994). Growth hormone release following single versus multiple sets of back squats, total work versus power. *Journal Strength Conditioning Research*, 8, 270-275.
- Crewther, B., J. Cronin, & J. Keogh. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation. *Sports Medicine*, 36(1), 65-78.
- Crowley, M.A., & K.S. Matt. (1996). Hormonal regulation of skeletal muscle hypertrophy in rats, the testosterone and cortisol ratio. *European Journal Applied Physiology*, 73, 66-72.
- Deschenes, M.R., W.J. Kraemer, C.M. Maresh, & J.F. Crivello. (1991). Exercise-induced hormonal changes and their effects upon skeletal muscle tissue. *Sports Medicine*, 12(2), 80-93.
- Dill, B.D., & D.L. Costill. (1974). Calculation of percentage changes in volume of blood, plasma and red cells in dehydration. *Journal Applied Physiology*, 37, 247-248.
- Docherty, D., D. Robbins, & M. Hodgson. (2004). Complex training revisited, A review of its current status as a viable training approach. *Strength and Conditioning Journal*, 26(6), 52-57.
- Durand, R.J, V.D. Castracane, D.B. Hollander, J.L. Tryniecki, M.M. Bamman, S.O'Neal, E. P. Hebert, & R.R. Kraemer. (2003). Hormonal responses from concentric and eccentric muscle contractions. *Medicine Science Sports Exercise*, 35, 937-943.
- Ebbeling, C.B., & P.M. Clarkson. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7, 207-234.
- Evans, W.J. (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Medicine Science Sports Exercise*, 31, 12-17.
- Fahey TD, Rolph R, Moungmee P, J. Nagel, & S. Mortara. (1976). Serum testosterone, body composition, and strength of young adults. *Medicine Science Exercise*, 8, 31-34.
- Fielding, R.A., N.K. Lebrasseur, A. Cuoco, J. Bean, K. Mizer, & M.A. Fiatarone Singh. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *Journal American Geriatric Society*, 50, 655-662.
- Fleck, S.J., & W.J. Kraemer. (1997). *Designing resistance exercise programs*, 2nd edn.. Human Kinetics, Champaign, IL.
- Fry, A.C., W.J. Kraemer, M.H. Stone, B.J. Warren, S.J. Fleck, J.T. Kearney, & S.E. Gordon. (1994). Endocrine responses to overreaching before and after 1 year of weightlifting. *Canadian Journal Applied Physiology*, 19, 400-410.
- Fry, AC, & W.J. Kraemer. (1997). Resistance exercise overtraining and overreaching, neuroendocrine responses. *Sports Medicine*, 23, 106-129.

- Ghilarducci, L.C., R.G. Holly, & E.A. Amsterdam. (1989). Effects of high resistance training in coronary artery disease. *American Journal Cardiology*, 64, 866-870.
- Gordon, S., W. Kraemer, N. Vos, J. Lynch, & H. Knuttgen. (1994). Effect of acid- base balance on the growth hormone response to acute high intensity cycle exercise. *Journal Applied Physiology*, 76, 821-829,
- Goto, K., M. Nagasawa, O. Yanagisawa, T. Kizuka, N. Ishii, & K. Takamatsu. (2004). Muscular adaptations to combinations of high- and low-intensity resistance exercises. *Journal Strength Conditioning Research*, 18(4), 730-737.
- Goto, K., N. Ishii, K. Kurokawa, & K. Takamatsu. (2007). Attenuated growth hormone response to resistance exercise with prior sprint exercise. *Medicine Science Sports Exercise*, 39(1), 108–115.
- Goto, K., K. Sato, & K. Takamatsu. (2003). A single set of low intensity resistance exercise immediately following high intensity resistance exercise stimulates growth hormone secretion in men. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 43, 243-249.
- Gotshalk, L.A., C. Loebel, C. Nindi, B.C. Putukian, M., Sabastianeli, W.J. Newton, K., Hakkinen, & W.J. Kraemer. (1997). Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Canadian Journal Applied Physiology*, 22(3), 244-255.
- Griggs, R.C., W. Kingston, R.F. Jozefowicz, B.E. Herr, G. Forbes, & D. Halliday. (1989). Effect of testosterone on muscle mass and muscle protein synthesis. *Journal Applied Physiology*, 22(3), 244-255.
- Guezennec, Y., L. Leger, F. Lhoste, M. Aymond, & P.C. Pesqies. (1986). Hormone and metabolite response to weight-lifting training sessions. *International Journal Sports Medicine*, 7, 100-105.
- Hakkinen, K., A. Pakarinen, & M. Alen (1985). Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance. *European Journal Applied Physiology*, 53, 287-293.
- Hakkinen, K., A. Pakarinen, & M. Alen (1987). Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *International Journal Sports Medicine*; 8 Suppl., 61-65.
- Hakkinen, K., A. Pakarinen, M. Alen H. Kauhanen, & P.V. Komi. (1988a). Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. *European Journal Applied Physiology*, 57, 133-139.
- Hakkinen, K., A. Pakarinen, M. Alen, H. Kauhanen, & P.V. Komi. (1988b). Daily hormonal and neuromuscular responses to intensive strength training in 1 week. *International Journal Sports Medicine*, 9, 422-428.

- Hakkinen, K., A. Pakarinen, M. Alen, H. Kauhanen, & P.V. Komi. (1988c). Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *Journal Applied Physiology*, 65(6), 2406-2412.
- Hakkinen, K. (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. *Journal. Sports Medicine Physical Fitness*, 29, 9-26.
- Hakkinen, K., & A. Pakarinen. (1991). Serum hormones in male strength athletes during intensive short term strength training. *European Journal Applied Physiology*, 63, 191-199.
- Hakkinen, K., & A. Pakarinen. (1993). Acute hormonal responses after two different fatiguing heavy resistance protocols in male athletes. *Journal Applied Physiology*, 74(2), 882-887.
- Hakkinen, K. (1994). Neuromuscular adaptation during strength training, again, detraining immobilization. *Critical Review Physical Rehabilitation Medicine*, 6(3), 161-198.
- Hakkinen, K., & A. Pakarinen. (1997). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in men and women at different ages. *International Journal Applied Physiology*, 8, 49-54.
- Hakkinen, K., K. Newton, & W.J. Kraemer. (1998). Acute hormonal responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *European Journal Applied Physiology*, 77, 312-319.
- Hansen, S., T. Kvorning, M. Kjaer, & Sjøgaard G.. (2001). The effect of short-term strength training on human skeletal muscle, the importance of physiologically elevated hormone levels. *Scandinavian Journal Medicine Science Sport*, 11(6), 347-354.
- Hickson, R.C., K. Hidaka, C. Foster, M. T. Falduto, & R. T. Chatterton. (1994). Successive time courses of strength development and steroid hormone responses to heavy-resistance training. *Journal Applied Physiology*, 76, 663-670.
- Hoffman, J.R., J. Im, K.W. Rundell, J. kang, S. Nioka, B.A. Speiring, R. Kime, & B. Chance. (2003). Effect of Muscle Oxygenation during Resistance Exercise on Anabolic Hormone Response. *Medicine Science Sports Exercise*, 35(11), 1929-1934.
- Izquierdo, M., K. Hakkinen, A. Anton, M. Garrues, J. Ibanez, M. Ruesta, & E. M. Gorostiaga. (2001). Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Medicine Science Sports Exercise*, 33(9), 1577-1587.
- Jensen, J., H. Oftebro, B. Breigan, A. Johnsson, K. Ohlin, H.D. Meen, S.B. Stromme, & H.A. Dahl. (1991). Comparison of changes in testosterone concentrations after strength and endurance exercise in well trained men. *European Journal Applied Physiology*, 63, 467-471.



- Jezova, D., & M. Vigas. (1981). Testosterone response to exercise during blockade and stimulation of adrenergic receptors in man. *Hormonal Research*, 15, 141-147.
- Jurimae, T., K. Karelson, T. Smirnova, & A. Vitu. (1990). The effect of a single-circuit weight-training session on the blood biochemistry of untrained university students. *European Journal Applied Physiology*, 61, 344-348.
- Kawamori, K., & R.U. Newton. (2006). Velocity specificity of resistance training, Actual movement velocity versus intention to move explosively. *Strength Conditioning Journal*, 28(2), 86-91.
- Kawamori, N., & G.G. Haff. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal Strength Conditioning Research*, 18(3), 675-684.
- Kraemer, W.J., B.J. Noble, M.J. Clark, & Culver BW.. (1987). Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *International Journal Sports Medicine*, 8, 247-252.
- Kraemer, W.J. (1988). Endocrine responses to restive exercise. *Medicine Science Sports Exercise*, 20(Suppl.), S152-S157.
- Kraemer, W.J., S.J. Fleck, R. Callister, M. Shealy, G.A. Dudley, C.M. Maresh, L. Marchitelli, C. Cruthirds, T. Murray, & J.E. Falkel. (1989). Training responses of plasma beta-endorphin, adrenocorticotropin, and cortisol. *Medicine Science Sports Exercise*, 21, 146-53.
- Kraemer, W.J., L. Marchitelli, S.E. Gordon, E. Harman, J.E. Dziados, R. Mello, P. Frykman, D. McCurry, & S.J. Fleck. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal Applied Physiology*, 69(4), 1442-1450.
- Kraemer, W.J., S.E. Gordon, S.J. Fleck, L. Marchitelli, R. Mello., J.E. Dziados, C. Maresh, & A.C. Fry. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *International Journal Sports Medicine*, 12(2), 228-235.
- Kraemer, W.J., A.C. Fry, B.J. Warren, M.H. Stone, S.J. Fleck, J.T. Kearney, B.P. Conroy, C.M. Marech, C.A. Weseman, N.T., Triplett, & S.E. Gordon. (1992). Acute hormonal responses in elite junior weightlifters. *International Journal Sports Medicine*, 13(2), 103-109.
- Kraemer, W.J. (1992). Endocrine responses and adaptations to strength training. In P.V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport* (pp. 291-304). Oxford, Blackwell Scientific.
- Kraemer, W.J., S.J. Fleck, J.E. Dziados, C. Harman, L. Marchitelli, S.E. Gordon, R. Mello. P.N. Frykman, L.P. Kozoris, & N.T. Triplett. (1993). Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women. *Journal Applied Physiology*, 75, 594-604.

- Kraemer, W.J., A. Clemson, N.T. Triplett, J.A. Bush, R.U. Newton, & J.M. Lynch. (1996). The effects of plasma cortisol elevation on total and differential leukocyte counts in response to heavy-resistance exercise. *European Journal Applied Physiology*, 73(1-2), 93-97.
- Kraemer, W.J., S.J. Fleck & W.J. Evans. (1996). Strength and power training, Physiological mechanisms of adaptation. In J.O. Holloszy (Ed.), *Exercise and Sport Science Reviews* (Vol. 24. pp. 363-397). Baltimore, Williams & Wilkins.
- Kraemer, W.J., K. Hakkinen, R.U. Newton, C. Nindl, J.S. Volek, L.A. Gotshalk, S.J. Fleck, W.W. Campbell, S.E. Gordon, P.A. Farrell, & W.J. Evans. (1998a). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men. *European Journal Applied Physiology*, 77, 206-211.
- Kraemer, W.J., R. Staron, F.C. Hagerman, R.S. Hikida, A.C. Fry, E. Scott, C. Nindl, A. Gotshalk, J.S. Volek, O. Marx, R.U. Newton, & K. Hakkinen. (1998b). The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. *European Journal Applied Physiology*, 78, 69-76.
- Kraemer, W.J., S.J. Fleck, C.M. Maresh, N.A. Ratamess, S.E. Gordon, K.L. Goetz, E.A. Harman, P.N. Frykman, J.S. Volek, S.A. Mazzetti, A.C. Fry, L.J. Marchitelli, & J.F. Patton. (1999a). Acute hormonal responses to a single bout of heavy resistance exercise in trained power lifters and untrained men. *Canadian Journal Applied Physiology*, 24(6), 524-537.
- Kraemer, W.J., K. Hakkinen, R.U. Newton, B.C. Nindl, J.S. Volek, M. McCormick, L.A. Gotshalk, S.E. Gordon, S.J. Fleck, W.W. Campbell, M. Putukian, & W.J. Evans. (1999b). Effects of heavy resistance training on hormonal response patterns in younger vs older men. *Journal Applied Physiology*, 87(3), 982-992.
- Kraemer, W.J. (2000). Endocrine responses to resistance exercise. In T.H. Baechle and R.W. Earl (Eds.), *Essentials of strength training and conditioning*. (second edition) (pp. 91-114). Champaign, IL, Human kinetics publishers.
- Kraemer, W.J. (2000). In T.R. Baechle, and R.W. Earl, (Eds), *Essential of Strength Training and Conditioning*. Second edition. (pp. 137-168). Champaign, IL, Human kinetics publishers.
- Kraemer, W.J., G.A. Dudley, P.A. Tesch, S.E. Gordon, B.M. Hather, J.S. Volek, & N.A. Ratamess. (2001). The influence of muscle action on the acute growth hormone response to resistance exercise and short-term detraining. *Growth Hormone & IGF Research*, 11, 75-83.



- Kraemer, W.J., & N.A. Ratamess. (2003), Endocrine responses and adaptations to strength and power training. In P.V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport* (Second edition). (pp. 361-386). Blackwell Publishing
- Kraemer, W.J., & S.A. Mazzetti. (2003). Hormonal Mechanisms related to the expression of muscular strength and power. In P.V. Komi (Ed), *Strength and Power in Sport* (Second edition). (pp. 73-95). Blackwell Publishing.
- Kraemer, W.J., J.S. Volek, D.N. French, M.R. Rubin, M.J. Sharman, A.L. Gomez, N.A. Ratamess, R.U. Newton, B. Jemio, B.W. Craig, & K. Hakkinen. (2003). The effects of L-carnitine L-tartrate supplementation on hormonal responses to resistance exercise and recovery. *Journal Strength Conditioning Research*; 17, 455-462.
- Kraemer, W.J., & N.A. Ratamess. (2004). Fundamentals of resistance training, Progression and exercise prescription. *Medicine Science Sports Exercise*, 36(4), 674-688.
- Kraemer, W.J., B.A. Spiering, J.S. Volek, N.A. Ratamess, M.J. Sharman, M.R. Rubin, D.N. French, R. Silvestre, D.I. Hatfield, J.I. Van Heest, J.I. Vingren, D.A. Judelson, M.R. Deschenes & C.M. Maresh. (2006). Androgenic Responses to Resistance Exercise, Effects of Feeding and L-Carnitine. *Medicine Science Sports Exercise*, 38(7), 1288 – 1296.
- Lin, H., S.W. Wang, and R.Y. Wang, & P.S. Wang. (2001). Stimulatory effect of lactate on testosterone production by rat Leydig cells. *Journal Cell Biochemical*, 83, 147-154.
- Linnamo, V., A. Pakarinen, P.V. Komi, W.J. Kraemer, & K. Hakkinen. (2005). Acute hormonal responses to submaximal and maximal heavy resistance and explosive exercises in men and women. *Journal Strength Conditioning Research*, 19(3), 566–557.
- Lu, S.S., C.P. Lau, Y.F. Tung, S.W. Huang, Y.H. Chen, H.C. Shih, S.C. Tsai, C.C. Lu, S.W. Wang, J.J. Chen, E.J. Chien, C.H. Chien, & P.S. Wang. (1997). Lactate and the effect of exercise on testosterone secretion, evidence for the involvement of a cAMP-mediated mechanism. *Medicine Science Sports Exercise*, 29, 1048-1054.
- McArdle, D., F.I. Katch, & V.L. Katch. (2001). Οι ορμόνες στην άσκηση και την προπόνηση. Στο *Φυσιολογία της άσκησης*. Τόμος 1. (pp. 442-475). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.
- McBride, J.M., T. Triplett-McBride, A. Davie, & R.U. Newton. (2002). The effect of heavy- vs light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal Strength Conditioning Research*, 16(1), 75-82.
- McCall, G.E., W.C. Byrnes, A. Dickinson, P.M. Pattany, & S.J. Fleck. (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *Journal Applied Physiology*, 81(5), 2004-2012.

- McCall, G.E., W.C. Byrnes, S.J. Fleck, A. Dickinson, & W.J. Kraemer. (1999). Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. *Canadian Journal Applied Physiology*, 24, 96-107.
- McMillan, J.L., M.H. Stone, J. Sartin, R. Keith, D. Marple, C. Brown, & R.D. Lewis. (1993). 20-hour physiological responses to a single weight-training session. *Journal Strength Conditioning Research*, 7(1), 9-21.
- Μούγιος, Β. (1996). Ορμόνες. Στο *Βιοχημεία της άσκησης*. (2η Έκδοση). (pp. 90-103). Θεσσαλονίκη.
- Mulligan, S.E., S.J. Fleck, S.E. Gordon, L.P. Koziris, N.T. Triplett-Mcbride, & W.J. Kraemer. (1996). Influence of resistance exercise volume on serum growth hormone and cortisol concentrations in women. *Journal Strength Conditioning Research*, 10, 256-262.
- Newton, R.U., W.J. Kraemer, K. Hakkinen, B.J. Humphries, & A.J. Murphy. (1996.) Kinematics, kinetics, muscle activation during explosive upper body movements. *Journal Applied Biomechanics*, 12, 31-43.
- Newton, R.U., W.J. Kraemer, & K. Hakkinen. (1999). Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Medicine Science Sports Exercise*, 31(2), 323-330.
- Nindl, B.C., W.J. Kraemer, D.R. Deaver, J.L. Peters, J.O. Marx, J.T. Heckman, & G.A. Loomis. (2001). LH secretion and testosterone concentrations are blunted after resistance exercise in men. *Journal Applied Physiology*, 91, 1251-1258.
- Philips S.M., K.D. Tipton, A. Aarsland, S.E. Wolf, & R.R. Wolf. (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *American Journal Physiology Endocrinology Metabolism*, 36, E99-E107.
- Potteiger, J.A., L.W. Judge, J.A. Cerny, & V.M. Potteiger. (1995). Effects of altering training volume and intensity on body mass, performance, and hormonal concentrations in weight-event athletes. *Journal Strength Conditioning Research*, 9, 55-58,
- Pullinen, T., A. Mero, P. Huttunen, A. Pakarinen, & P.V. Komi. (2002). Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Medicine Science Sports Exercise*, 34(5), 806-813.
- Pullinen, T., A. Mero, E. MacDonald, A. Pakarinen, & P.V. Komi. (1998). Plasma catecholamine and serum testosterone responses to four units of resistance exercise in young and adult male athletes. *European Journal Applied Physiology*, 77, 413-420.
- Pyka, G, R.A. Wiswell, & R. Marcus. (1992). Age-dependent effect of resistance exercise on growth hormone secretion in people. *Journal Clinical Endocrinology Metabolism*, 75, 404-407.

- Raastad, T., T. Bjoro, & J. Hallen. (2000). Hormonal responses to high- and moderate-intensity strength exercise. *European Journal Applied Physiology*, 82, 121-128.
- Raastad, T., T. Glomsheller, T. Bjoro, & J. Hallen. (2001). Changes in human skeletal muscle contractility and hormone status during 2 weeks of heavy strength training. *European Journal Applied Physiology*, 84, 54-63.
- Ratamess, N.A., W.J. Kraemer, J.S. Volek, C.M. Maresh, J.L. Vanheest, M.J. Sharman, M.R. Rubin, D.N. French, J.D. Vescovi, R. Silvestre, D.L. Hatfield, S.J. Fleck, & M.R. Deschenes. (2005). Androgen receptor content following heavy resistance exercise in men. *Journal Steroid Biochemistry Molecular Biology*, 93, 35-42.
- Rubin, M.R., W.J. Kraemer, C.M. Maresh, J.S. Volek, N.A. Ratamess, J.L. Vanheest, R. Silvestre, D.N. French, M.J. Sharman, D.A. Judelson, A.L. Gomez, J.D. Vescovi, & W.C. Hymer. (2005). High-affinity growth hormone binding protein and acute heavy resistance exercise. *Medicine Science Sports Exercise*, 37, 395-403.
- Sale, D.G. (1992). Neural adaptation to strength training. In *Strength and Power in Sport*. P.V. Komi, ed. (pp. 249-265). Malden, Blackwell Scientific.
- Schwab, R., G.O. Johnson, T.J. Housh, J.E. Kinder, J.P. Weir. (1993). Acute effects of different intensities of weight lifting on serum testosterone. *Medicine Science Sports Exercise*, 25, 1381-1385.
- Smilios, I., T. Pilianidis, M. Karamouzis, A. Parlavantzas, & S.P. Tokmakidis. (2006). Hormonal responses after a strength endurance protocol in young and elderly males. *International Journal Sports Medicine*, 27, 1-6.
- Smilios, I., T. Pilianidis, M. Karamouzis, & S.P. Tokmakidis. (2003). Hormonal responses following various resistance exercise protocols. *Medicine Science Sports Exercise*, 35(4), 644-654.
- Σμήλιος (2000). *Μεταβολικές και ορμονικές ανταποκρίσεις κατά την προπόνηση δύναμης*. Αδημοσίευτη Διδακτορική Διατριβή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- Smith, L.L. (2000). Cytokine hypothesis of overtraining, a physiological adaptation to exercise stress? *Medicine Science Sports Exercise*, 32, 317-331.
- Sonntag W.E. (1996). An overview of the biological actions and neuroendocrine regulation of growth hormone. In G.H. Gass & H.M. Kaplan, (Eds.), *Handbook of Endocrinology* (vol. 1). (pp. 171-202). New York, CRC Press.
- Staron, R. S., D. L. Karapondo, W. J. Kraemer, A. C. Fry, S. E. Gordon, J. E. Falkel, F. C. Hagerman & R. S. Hikida. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal Applied Physiology*, 76, 1247-1255.

- Takarada, Y., & N. Ishii. (2002). Effects of low-intensity resistance exercise with short interset rest period on muscular function in middle-aged women. *Journal Strength Conditioning Research*, 16 (1), 123-128.
- Takarada, Y., Y. Nakamura, S. Aruga, T. Onda, S. Miyazaki, & N. Ishii. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal Applied Physiology*, 88, 61-65.
- Taylor, J.M., H.S. Thompson, P.M. Clarkson, M.P. Miles, & M.J. De Souza. (2000). Growth hormone response to an acute bout of resistance exercise in weight trained and non-weight-trained women. *Journal Strength Conditioning Research*, 14, 220-227.
- Tesch, P.A., E.B. Colliander, & P. Kaiser. (1986). Muscle metabolism during intense, heavy resistance exercise. *European Journal Applied Physiology*, 55, 362-366.
- Thuma, J.R., R. Gilders, M. Verbun, & A.B. Loucks. (1995). Circadian rhythm of cortisol confounds cortisol responses to exercise, implications for future research. *Journal Applied Physiology*, 66, 1657-1664.
- Tremblay, M.S., J.L. Copeland, W. & Van Helder. (2003). Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *Journal Applied Physiology*, 96, 531-539.
- Vander, A., J. Sherman, D. Luciano, & M. Tsakopoulos. (2001). Αρχές λειτουργίας συστημάτων ορμονικού ελέγχου. Μηχανισμοί της λειτουργίας του οργανισμού. Στο *Φυσιολογία του ανθρώπου*. Τόμος 1. (pp. 373-404). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη.
- VanHelder, W.P., M.W. Radomski, & R.C. Goode. (1984). Growth hormone responses during intermittent weight lifting exercise in men. *European Journal Applied Physiology*, 53, 31-34.
- Volek, J.S. (2004). Influence of nutrition on responses to resistance training. *Medicine Science Sports Exercise*, 36(4), 689-696.
- Volek, J.S., W.J. Kraemer, J.A. Bush, T.I. Incledon, and M. Boetes. (1997). Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients to resistance exercise. *Journal Applied Physiology*, 8, 49-54.
- Weiss, L.W., Cureton K.J., & Thompson, F.N. (1983). Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weight lifting in men and women. *European Journal Applied Physiology*, 50, 413-419.
- Williams, A.G., A.N. Ismail, A. Sharma, & D.A. Jones. (2002). Effects of resistance exercise volume and nutritional supplementation on anabolic and catabolic hormones. *European Journal Applied Physiology*, 86, 315-321.

- Wilson, G.J., R.U. Newton, A.J. Murphy, & B.J. Humphries. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine Science Sports Exercise*, 25(11), 1279–1286.
- Wuster C. (1993). Growth hormone and bone metabolism. *Acta Endocrinology*, 128(suppl. 2), S14-S18.
- Young, W.B., & G.B. Bilby. (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. *Journal Strength Conditioning Research*, 7, 172–178.
- Zafeiridis, A., I. Smilios, R.V. Considine, & S.P. Tokmakidis. (2003). Serum leptin responses after acute resistance exercise protocols. *Journal Applied Physiology*, 94, 591-597.