



**ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Εφαρμοσμένη Διαιτολογία - Διατροφή»**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

**Μεταβολές στη συγκέντρωση ορμονών στον ορό μετά από  
εφαρμογή διαφορετικών πρωτοκόλλων με ασκήσεις  
αντιστάσεων σε υγιείς εθελοντές**

**Σιδέρη Καλλιόπη**

A.M. 4421408

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Τέντα Ρωξάνη (επιβλέπουσα)

Αναστάσιος Φιλίππου

Τζώρτζης Νομικός

ΑΘΗΝΑ 2016

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### Περίληψη

#### 1. Εισαγωγή

1.1 Ασκήσεις με αντιστάσεις

1.2 Ορμόνες που εκκρίνονται μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις

1.2.1 Τεστοστερόνη

1.2.2 Κορτιζόλη

1.2.3 Αυξητική ορμόνη και IGF1

1.2.4 Κατεχολαμίνες

1.3 Παράγοντες που μπορούν να μεταβάλλουν την απόκριση ορμονών μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις

1.3.1 Ταχύτητα κίνησης της αντίστασης

1.3.2 Χρόνος διαλείμματος μεταξύ των σετ και των ασκήσεων

1.3.3 Ηλικία και Φύλο

1.3.4 Υψηλή ένταση  $\neq$  Χαμηλή ένταση

1.3.5 Προπονημένοι  $\neq$  Απροπόνητοι

1.3.6 Αριθμός επαναλήψεων και σετ

1.3.7 Διαφορετικά είδη προπόνησης αντιστάσεων

1.4 Ορμόνες του θυρεοειδούς

#### 2. Σκοπός της μελέτης

#### 3. Μεθοδολογία

3.1 Δοκιμαζόμενοι

3.2 Πειραματική διαδικασία

3.3 Μετρήσεις

3.4.1 Φορτίο των 10 μέγιστων επαναλήψεων

3.4.2 Μηχανικοί παράμετροι

3.4.3 Ανάλυση αίματος

3.4.3.1 Αναλύσεις με τη μέθοδο ELISA

3.4.3.2 Διαδικασία της μεθόδου ELISA για τον προσδιορισμό της fT4

3.4.3.3 Διαδικασία της μεθόδου ELISA για τον προσδιορισμό της TSH

3.4 Στατιστική ανάλυση

**4. Αποτελέσματα**

**5. Συζήτηση**

**6. Βιβλιογραφία**

## Περίληψη

*Σκοπός:* Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν ο προσδιορισμός της απόκρισης της ελεύθερης θυροξίνης (fT4) και της θυρεοειδοτρόπου ορμόνης (TSH) σε νέους, υγιείς και εξοικειωμένους στις ασκήσεις με αντιστάσεις άνδρες, μετά από προπόνηση ασκήσεων με αντιστάσεις στους εκτείνοντες μύες των κάτω άκρων, με μέγιστη ταχύτητα κίνησης κατά την εκτέλεση της σύγκεντρης συστολής.

*Μεθοδολογία:* Εννέα υγιείς και σωματικά δραστήριοι άνδρες, υποβλήθηκαν σε ένα πρωτόκολλο ασκήσεων με αντιστάσεις. Συγκεκριμένα, όλοι οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 4 σετ καθίσματα και 4 σετ πιέσεις πρέσας, με φορτίο αυτό των 10 μέγιστων επαναλήψεων το κάθε σετ και 3' διάλειμμα μεταξύ των σετ. Το πρωτόκολλο περιελάμβανε την εκτέλεση 8 επαναλήψεων ανά σετ, με μέγιστη ταχύτητα κίνησης κατά την σύγκεντρη συστολή. Για την μέτρηση των συγκεντρώσεων της fT4 και της TSH χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ELISA, ενώ η στατιστική ανάλυση έγινε με τη χρήση της μεθόδου ANOVA (Tukey HSD test).

*Αποτελέσματα:* Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις της TSH δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν, αμέσως μετά, 20' και 40' μετά τις ασκήσεις με αντιστάσεις. Όσον αφορά στη θυροξίνη, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις της fT4, 40' μετά την άσκηση σε σύγκριση με τη συγκέντρωσή της πριν και αμέσως μετά την άσκηση. Η ποσοστιαία ανάλυση και των δύο ορμονών εμφάνισε παρόμοια αποτελέσματα με τα παραπάνω.

*Συμπεράσματα:* Η άσκηση με αντιστάσεις φαίνεται να αυξάνει τη συγκέντρωση της ορμόνης fT4, ωστόσο μελέτες με μεγαλύτερο δείγμα δοκιμαζομένων και διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης απαιτούνται στο μέλλον.

*Λέξεις – κλειδιά:* ορμόνες του θυρεοειδούς, θυρεοειδοτρόπος ορμόνη, ελεύθερη θυροξίνη, ασκήσεις με αντιστάσεις

# Changes in hormonal concentrations following different protocols of resistance exercise in healthy volunteers

## **Abstract**

*Aim:* The aim of the present study was to determine the response of free thyroxine (fT4) and thyrotropin (TSH) in young, healthy adults, familiarized with training resistance exercise, after a bout of training resistance exercise in the extensor muscles of legs, with a maximum speed when performing the concentric contraction.

*Methods:* Nine healthy adults underwent a protocol of training resistance exercise. Specifically, all the subjects performed 4 sets of squat and 4 sets of leg press, with a loading of each set representing the loading of maximum repetition and a recovery period of 3 minutes between the sets. The protocol included the execution of eight repetitions per set with the maximum speed during the concentric contraction. The ELISA method was used for the measurement of fT4 and TSH concentration, while the statistical analysis that was used was the ANOVA method.

*Results:* No statistically significant difference was detected in the concentration of TSH between the time points before, after, twenty and forty minutes after the training resistance exercise. In terms of fT4, it has been demonstrated to be statistically significant increase in its concentration, forty minutes after the end of exercise compared to its concentration before and after the end of exercise. The percentage change of both hormones was similar as above.

*Conclusion:* It seems that training resistance exercise increases the concentration of fT4 hormone; however studies with larger sample sizes and different exercise protocol are needed in the future.

## **1. Εισαγωγή**

Είναι καλά τεκμηριωμένο πως η προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να προκαλέσει αύξηση της μυϊκής μάζας στους σκελετικούς μυς [1]. Μύες που παραμένουν σε ακινησία ή υποκινησία για μεγάλο χρονικό διάστημα εμφανίζουν πολύ σύντομα ατροφία και ελάττωση της λειτουργικότητάς τους [2]. Η προοδευτική μυϊκή απώλεια συνδέεται με μυϊκή αδυναμία [3], με αύξηση του κινδύνου τραυματισμών [4] και πτώσεων [5-6] με σαρκοπενία που επέρχεται με την πάροδο του χρόνου [7] και με απώλεια της ανεξαρτησίας [8]. Αντίθετα ατροφικοί μύες μετά από κατάλληλο πρόγραμμα άσκησης αποκαθιστούν τόσο τη μάζα τους, όσο και τις ικανότητες συστολής τους [2]. Κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το τέλος μίας προπόνησης με αντιστάσεις προκαλείται οξεία έκκριση ορισμένων ορμονών, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν αναβολικές ή καταβολικές αντιδράσεις. Κάποιοι από αυτούς τους ενδοκρινείς παράγοντες είναι η τεστοστερόνη, η κορτιζόλη, οι κατεχολαμίνες, η αυξητική ορμόνη και ο ινσουλινομιμητικός αυξητικός παράγοντας [9-12]. Ωστόσο η μεταβολή στις τιμές των ορμονών λόγω άσκησης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το φύλο, η ηλικία, η προπονητική κατάσταση, η ένταση και το είδος των ασκήσεων με αντιστάσεις, η επιβάρυνση, ο χρόνος διαλείμματος μεταξύ των ασκήσεων και ο χρόνος εκτέλεσης των μυϊκών συστολών [9-10, 13-17].

### **1.1 Ασκήσεις με αντιστάσεις**

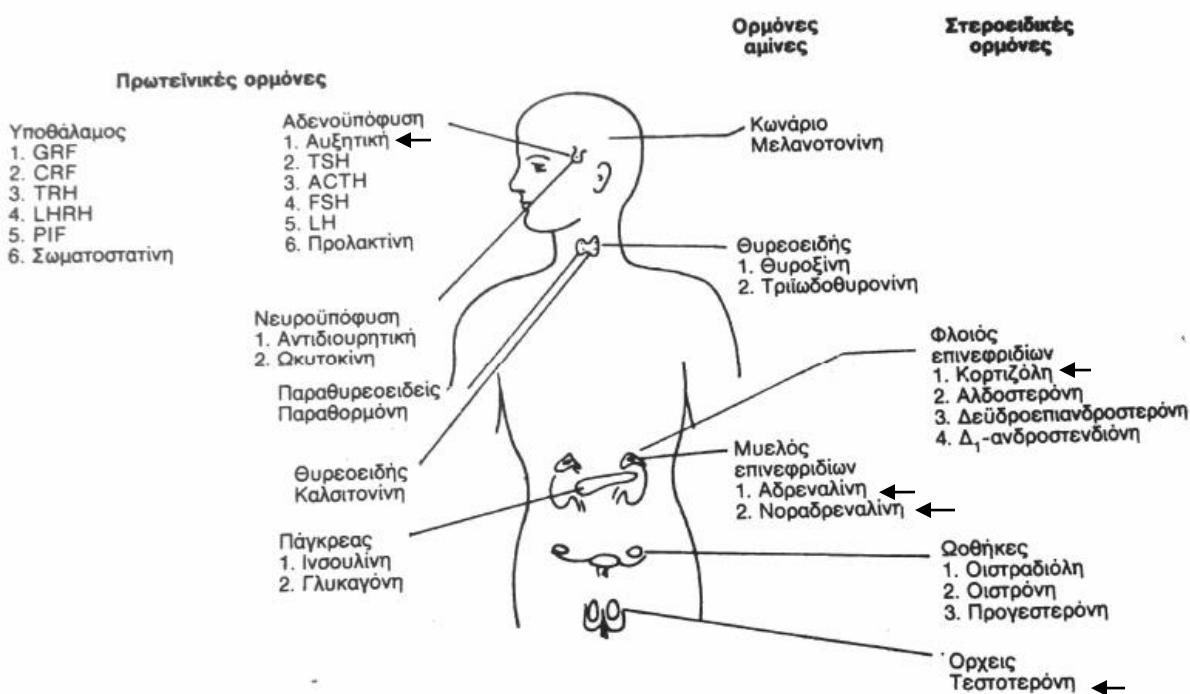
Το νευρομυϊκό σύστημα χαρακτηρίζεται από μεγάλη πλαστικότητα που εκδηλώνεται με αύξηση της μυϊκής δύναμης σε προπόνηση αντίστασης. Κατά την προπόνηση προοδευτικής αντίστασης οι μύες επιστρατεύονται επιλεκτικά για να υπερνικήσουν αντιστάσεις που προκαλούνται με βάρη ή μηχανήματα και αυτό οδηγεί με το χρόνο στην ενδυνάμωσή τους [18]. Έχει δειχτεί ότι αυτός ο τρόπος προπόνησης είναι αποτελεσματικός για την αύξηση της μυϊκής δύναμης και της υπερτροφίας [19]. Αυτό συμβαίνει μέσω της πρωτεϊνοσύνθεσης. Πιο συγκεκριμένα οι μυϊκές πρωτεΐνες βρίσκονται σε κατάσταση συνεχούς ρευστότητας. Διαρκώς αποδομούνται και αναδομούνται ανάλογα με τις επιβαρύνσεις που δέχεται το σώμα. Κατά τη μυϊκή προσπάθεια οι μυϊκές πρωτεΐνες αποδομούνται, ενώ κατά την αποκατάσταση αναδομούνται. Όταν ο ρυθμός σύνθεσης τους, ξεπερνάει το τον ρυθμό αποσύνθεσής τους έχουμε θετικό ισοζύγιο αζώτου που οδηγεί στη μυϊκή υπερτροφία. Η πρωτεϊνοσύνθεση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η διατροφή, η λειτουργική επιβάρυνση της προπόνησης και η ορμονική επίδραση [18].

Η ισορροπία μεταξύ των αναβολικών αντιδράσεων οι οποίες οδηγούν στη σύνθεση πρωτεϊνών και των καταβολικών αντιδράσεων οι οποίες ρυθμίζουν τη διάσπαση πρωτεϊνών διαταράσσεται κατά την άσκηση [20]. Οι προσαρμογές μετά την άσκηση με αντιστάσεις διαμεσολαβούνται από έναν καταρράκτη ενζύμων, που έχουν ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται αναβολικά και καταβολικά σήματα τα οποία οδηγούν σε μία αντισταθμιστική απάντηση, ευνοώντας την σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών. Σηματοδοτικά μονοπάτια όπως η φωσφατιδυλινοσιτόλη 3 κινάση-πρωτεϊνοκινάση β-θηλαστικός στόχος της ραπαμυκίνης (PI3K-Akt mTOR), πρωτεϊνοκινάση που ενεργοποιεί το μιτογόνο (MAPK) και το ασβέστιο ( $\text{Ca}^{2+}$ ) εμπλέκονται στις υπερτροφικές προσαρμογές μετά την άσκηση [21]. Αυτή η κυτταρική σηματοδότηση επηρεάζεται και από το ενδοκρινικό σύστημα καθώς διάφορες ορμόνες έχει δείχτεί ότι μεταβάλουν την ισορροπία μεταξύ αναβολικών και καταβολικών ερεθισμάτων [22]. Αναβολικές ορμόνες που έχει αποδειχτεί ότι μεσολαβούν στην αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης άρα και στην μυϊκή υπερτροφία είναι η τεστοστερόνη, η αυξητική ορμόνη και ο IGF1 [23]. Αυτή η παρατηρούμενη θετική σχέση μεταξύ αναβολικών ορμονών και προπόνησης μυϊκής υπερτροφίας, έχει οδηγήσει στο συμπέρασμα πως είναι πιθανό η οξεία αύξηση των αναβολικών ορμονών να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αύξηση την μυϊκής δύναμης [16, 24] Ωστόσο υπάρχουν και ορισμένοι ερευνητές που αμφισβητούν αυτήν τη σχέση των ορμονών και του αναβολισμού [25-26], με ορισμένους να υποστηρίζουν πως η αύξηση των ορμονών μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις έχει ως σκοπό την ενεργοποίηση των αποθηκών των καυσίμων του σώματος [27]. Ωστόσο, παρότι έχει παρατηρηθεί αύξηση της μυϊκής μάζας χωρίς να υπάρχει μεταβολή στις αναβολικές ορμόνες [28], η μυϊκή υπερτροφία και η αύξηση της δύναμης είναι πολύ πιθανό να σχετίζονται τουλάχιστον σε ένα βαθμό με την αύξηση των αναβολικών ορμονών [29].

## **1.2 Ορμόνες που εκκρίνονται μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις**

Οι ορμόνες είναι χημικές ουσίες οι οποίες παράγονται από τους ενδοκρινείς αδένες ή από εξειδικευμένα κύτταρα. Μεταφέρονται μέσω της κυκλοφορίας με σκοπό να φτάσουν στα κύτταρα των οργάνων ή των ιστών που έχουν ειδική δεκτικότητα σε αυτές και να εκδηλώσουν την βιολογική τους δράση [30]. Το νευρικό και το ορμονικό σύστημα αλληλεπιδρούν και συνεργάζονται για να εξασφαλίσουν την ομαλή λειτουργία ενός υγιούς σώματος. Συνεργάζονται επίσης στην περίπτωση της άσκησης και υπαγορεύουν τη συντονισμένη τροποποίηση του

μεταβολισμού σε διαφορετικούς ιστούς και όργανα όπως ο μυς, το ήπαρ και ο λιπώδης ιστός [31]. Οι κύριες ορμόνες που φαίνεται στις περισσότερες έρευνες ότι μεταβάλλονται, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μετά από τα ασκήσεις με αντιστάσεις, προάγοντας έτσι είτε τον αναβολισμό είτε τον καταβολισμό ανάλογα με την δράση της κάθε μίας από αυτές, είναι η τεστοστερόνη, η κορτιζόλη, η αυξητική ορμόνη και ο IGF1 καθώς επίσης η επινεφρίνη και νορεπινεφρίνη [15, 32-34]. Για τις ορμόνες του θυρεοειδούς καθώς και την ορμόνη TSH της αδενουπόφυσης, δεν είναι ακόμα σαφές αν μεταβάλλονται μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις, αλλά φαίνεται πως αποκρίνονται σε ορισμένα πρωτόκολλα άσκησης [35-37].

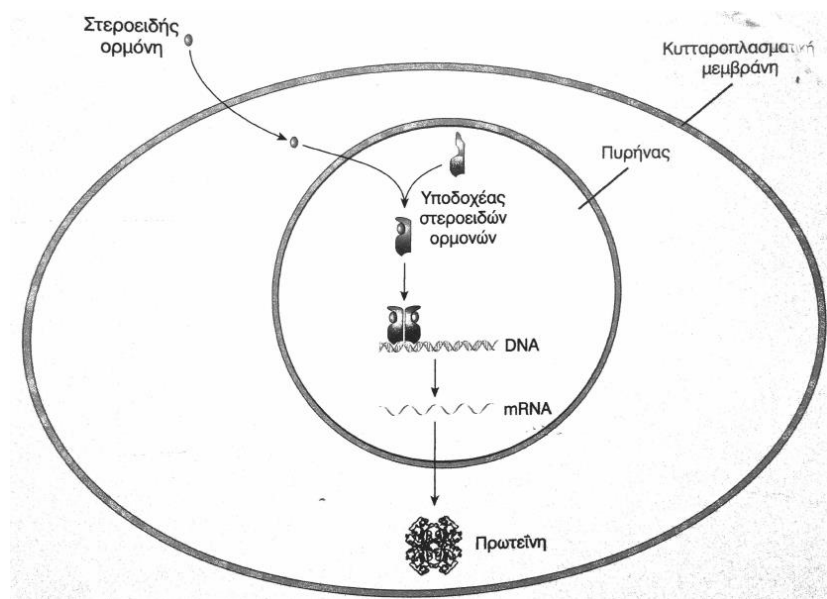


Εικόνα 1: Οι ενδοκρινείς αδένες του ανθρώπου και οι ορμόνες που παράγουν [30].

### 1.2.1 Τεστοστερόνη

Η τεστοστερόνη είναι η κύρια ανδρογόνος ορμόνη που παράγεται από τα Leydig κύτταρα των όρχεων και σε μικρότερο ποσοστό από τα επινεφρίδια, τις ωοθήκες και τον πλακούντα. Έχει βρεθεί ότι περίπου το 97-99% της τεστοστερόνης που κυκλοφορεί στο αίμα είναι δεσμευμένη είτε από την αλβουμίνη (38%) είτε από την δεσμευτική σφαιρίνη (60%) και το υπόλοιπο ποσοστό (2-3%) αποτελεί την ελεύθερη τεστοστερόνη [20]. Παρόλο που βιολογικά ενεργή

είναι μόνο η ελεύθερη τεστοστερόνη και είναι διαθέσιμη για χρήση από τους ιστούς, υπάρχει περίπτωση ασθενώς δεσμευμένη τεστοστερόνη να γίνει ενεργή μετά από ταχεία αποδέσμευσή της από την αλβουμίνη. Η τεστοστερόνη συνδέεται με τους υποδοχείς των ανδρογόνων των ιστών – στόχων που βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα του κυττάρου. Αυτό οδηγεί σε μία αλλαγή στη στερεοδιαμόρφωση του συμπλέγματος τεστοστερόνης-υποδοχέων των ανδρογόνων στον πυρήνα του κυττάρου όπου μεσολαβεί η μεταγραφή του γονιδίου [38]. Η ωχρινोटρόπος ορμόνη (LH) προκαλεί την αύξηση της βιοσύνθεσης και έκκρισης της τεστοστερόνης καθώς επίσης ελέγχει και την ανάπτυξη των όρχεων. Η θυλακιοτρόπος ορμόνη (FSH) προάγει και διατηρεί τη φυσιολογική σπερματογένεση. Οι δύο αυτές ορμόνες παράγονται και ελέγχονται από τον υποθάλαμο [31]. Η τεστοστερόνη όπως και η κορτιζόλη που θα δούμε παρακάτω ανήκουν στις στεροειδείς ορμόνες. Οι στεροειδείς ορμόνες διαφέρουν από τις υπόλοιπες ως προς το ότι διαπερνούν την κυτταροπλασματική μεμβράνη των κυττάρων – στόχων χάρη στη δομή τους εφόσον είναι παράγωγα της χοληστερόλης. Όταν βρεθούν στο εσωτερικό των κυττάρων, συνδέονται με υποδοχείς στον πυρήνα, οι οποίοι είναι πρωτεΐνες που συνδέονται με το DNA. Η σύνδεση της ορμόνης αλλάζει τη διαμόρφωση των υποδοχέων με αποτέλεσμα την τροποποίηση της γονιδιακής έκφρασης [31].



Εικόνα 2: Δράση στεροειδών ορμονών [31].

Η τεστοστερόνη ασκεί δράση στα γεννητικά όργανα, στον λάρυγγα και στη φωνή, στο δέρμα, στον λιπώδη ιστό, στο σκελετό και στους μύες. Η επίδραση στο μυϊκό σύστημα είναι ισχυρή, καθώς προάγεται η πρωτεϊνοσύνθεση και αναστέλλεται η πρωτεϊνόλυση. Μία υψηλής δύναμης και όγκου προπόνηση με αντιστάσεις είναι ένα ισχυρό κίνητρο για την οξεία αύξηση της τεστοστερόνης αμέσως μετά την άσκηση [39-41]. Αυτή η ανταπόκριση της τεστοστερόνης συνδέεται με την αύξηση στην σύνθεση της πρωτεΐνης όπως προαναφέρθηκε, κατά την περίοδο ανάπαυσης μετά την προπόνηση, λόγω της επιρροής της στην αύξηση των υποδοχέων των ανδρογόνων στα μυϊκά κύτταρα [42-43]. Έτσι η μυϊκή μάζα αυξάνει ενώ ταυτόχρονα η μυϊκή ισχύς γίνεται μεγαλύτερη. Χαρακτηριστική είναι η ανάπτυξη του μυϊκού συστήματος στους άνδρες, στους οποίους η συγκέντρωση τεστοστερόνης είναι περίπου 10 φορές μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη συγκέντρωση τεστοστερόνης στις γυναίκες [44].

### **1.2.2 Κορτιζόλη**

Η κορτιζόλη είναι μία στεροειδής ορμόνη, η σύνθεση της οποίας γίνεται στα κύτταρα του φλοιού των επινεφριδίων. Μετά την σύνθεσή της, εκκρίνεται αμέσως στο αίμα [20]. Η κορτιζόλη και άλλα γλυκοκορτικοειδή ενισχύουν τη γλυκονεογένεση, τη γλυκογονοσύνθεση και την πρωτεϊνοσύνθεση στο ήπαρ και αυξάνουν την συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα. Στο μυ έχουν αντίθετη επίδραση στο μεταβολισμό των πρωτεϊνών, προκαλώντας πρωτεϊνόλυση. Η έκκρισή της από των φλοιό των επινεφριδίων αυξάνεται σε καταστάσεις υπογλυκαιμίας, παχυσαρκίας, σωματικού και ψυχικού στρες. Η συγκέντρωση της κορτιζόλης στο πλάσμα αυξάνεται μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις [14]. Ωστόσο υπάρχουν μελέτες που δείχνουν πώς η αύξησή της επέρχεται όταν ο όγκος της αντίστασης είναι μεγάλος με 8 έως 12 μέγιστες επαναλήψεις [45-47].

### **1.2.3 Αυξητική ορμόνη και ινσουλινομιμητικός αυξητικός παράγοντας (IGF1)**

Η αυξητική ορμόνη εκκρίνεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης και η έκκρισή της ρυθμίζεται από τον υποθάλαμο [30]. Η μεγαλύτερη έκκρισή της, εκτός της επίδρασης της άσκησης, συμβαίνει κατά την διάρκεια του ύπνου και έχει αποδειχθεί ότι διαμεσολαβεί σε αναβολικές και καταβολικές διαδικασίες [48]. Συγκεκριμένα, δρα αναβολικά διεγείροντας τη σύνθεση της μυϊκής πρωτεΐνης και την αύξηση των οστών, ενώ ταυτόχρονα προάγει την

λιπόλυση, κινητοποιώντας τις τριακυλογλυκερόλες, οδηγώντας στην αύξηση των λιπαρών οξέων και τη μείωση του σωματικού λίπους [49] [18]. Ισχυρό ερέθισμα για την έκκρισή της αποτελεί η υπογλυκαιμία, η μυϊκή εργασία, η νηστεία, η αιμορραγία, οι χειρουργικές επεμβάσεις και οι πυρετογόνες ουσίες [30]. Η αυξητική ορμόνη ανταγωνίζεται μερικές από τις δράσεις της ινσουλίνης, δρα στο ήπαρ και προκαλεί την απελευθέρωση μιας οικογένειας πεπτιδίων, γνωστών ως σωματομεδίνες. Αυτές συμπεριλαμβάνουν τους αυξητικούς παράγοντες ανάλογους της ινσουλίνης (IGF1 – IGF2) [20]. Ο παράγοντας IGF1 συντίθεται στο ήπαρ και στον μυ. Βοηθάει στην ενδοκρινική λειτουργία των ορμονών, μεταφερόμενος από το αίμα στα όργανα - στόχους σε όλο το σώμα. Η συγκέντρωσή του στο μυ αυξάνεται με την άσκηση με αντιστάσεις και έχει αναβολική επίδραση. Μελέτες έχουν δείξει ότι ο IGF1 ενισχύει την πρωτεϊνοσύνθεση, καταστέλλει την πρωτεόλυση και μπορεί να αυξήσει τη διάμετρο και τον αριθμό των πυρήνων των μυϊκών ινιδίων [44]. Ο υποδοχέας IGF1 ομοιάζει με τον υποδοχέα της ινσουλίνης. Με την σύνδεση του IGF1, ο υποδοχέας ενεργοποιείται με αυτοφωσφορυλίωση και θέτει σε λειτουργία έναν καταρράκτη αλληλεπιδράσεων που οδηγούν στην ενεργοποίηση της PKB. Η ενεργοποίηση της PKB σε μία μυϊκή ίνα από τη σύνδεση του IGF1 στην κυτταροπλασματική μεμβράνη συμβάλλει στην υπερτροφία [31]. Πολλές μελέτες υποστηρίζουν ότι η επίδραση της αυξητικής ορμόνης στην αύξηση της μυϊκής μάζας, είναι αλληλένδετη με τον παράγοντα IGF1 [50]. Τα ευρήματα αυτά υποστηρίζονται από πολλές μελέτες οι οποίες έχουν δείξει ότι τα επίπεδα του IGF1 στην κυκλοφορία αυξάνονται μετά από χορήγηση αυξητικής ορμόνης [51-52]. Ωστόσο υπάρχουν και μελέτες που αμφισβητούν αυτήν την σχέση της αυξητικής ορμόνης με τον IGF1 [48, 53].

#### **1.2.4 Κατεχολαμίνες**

Στην ομάδα των κατεχολαμινών ανήκει η επινεφρίνη ή αδρεναλίνη και η νορεπινεφρίνη ή νοραδρεναλίνη, οι οποίες εκκρίνονται από τον μυελό των επινεφριδίων. Η επινεφρίνη δρα πρωταρχικά ως ορμόνη ενώ η νορεπινεφρίνη δρα πρωταρχικά ως νευροδιαβιβαστής. Η συγκέντρωση νορεπινεφρίνης στο πλάσμα είναι υψηλότερη από εκείνη της επινεφρίνης. Η άσκηση διεγείρει το συμπαθητικό σύστημα το οποίο μεταξύ άλλων νευρώνει τα επινεφρίδια. Η συμπαθητική διέγερση αυξάνει την έκκριση κατεχολαμινών από τα επινεφρίδια στην αιματική ροή και έτσι μόρια επινεφρίνης μεταφέρονται με την κυκλοφορία στην επιφάνεια των μυϊκών

ινών [31]. Το ψυχοφυσιολογικό στρες που σχετίζεται με ασκήσεις με μεγάλη αντίσταση, έχει φανεί ότι προκαλεί ταχείες αυξήσεις στις συγκεντρώσεις επινεφρίνης, νορεπινεφρίνης και ντοπαμίνης [54]. Οι δράσεις των κατεχολαμινών γίνεται με τη διέγερση ειδικών υποδοχέων α και β. Η νοραδρεναλίνη έχει αγγειοσυσταλτική δράση και προκαλεί υπέρταση. Επίσης προκαλεί λιπόλυση με αποτέλεσμα την αύξηση των λιπαρών οξέων στο αίμα [31]. Ο A. Ramel και οι συνεργάτες τους βρήκαν πως σε οξεία υπομέγιστη άσκηση με αντιστάσεις (10 ασκήσεις για όλο το σώμα, στο 75% της 1 μέγιστης επανάληψης με 1' ξεκούραση) αυξάνονται τα επίπεδα της νοραδρεναλίνης, κάτι το οποίο είναι πιθανό να σχετίζεται και με την αύξηση των συγκεντρώσεων αντιοξειδωτικών [55]. Η αδρεναλίνη προκαλεί διαστολή των αρτηριών, των μυών και συστολή των αγγείων του δέρματος και των βλεννογόνων. Συγκεκριμένα, στο ήπαρ επιταχύνει τη γλυκογονόλυση και τη γλυκονεογένεση, αυξάνοντας έτσι την παροχή γλυκόζης στο αίμα και από εκεί στους μύες. Στους μύες επιταχύνει τη γλυκογονόλυση, αυξάνοντας την ανασύνθεση του ATP από τους υδατάνθρακες. Τέλος, στο λιπώδη ιστό οι κατεχολαμίνες διεγείρουν τη λιπόλυση, αυξάνοντας έτσι την παροχή γλυκόζης στο αίμα και από εκεί στους μύες [31] καθώς επίσης είναι σημαντικές για την έκφραση και την διατήρηση της μυϊκής διεγερσιμότητας [56].

### **1.3 Παράγοντες που μπορούν να μεταβάλλουν την απόκριση ορμονών μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις**

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η απόκριση των ορμονών μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ένας από αυτούς, εκτός από το φύλο την ηλικία και την προπονητική κατάσταση του αθλούμενου, είναι τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου, όπως το ποσοστό της μυϊκής μάζας που θα ενεργοποιηθεί, η σειρά των ασκήσεων, ο αριθμός των επαναλήψεων ανά σετ, τα σετ που θα πραγματοποιηθούν ανά άσκηση, ο χρόνος διαλείμματος μεταξύ των σετ καθώς επίσης και η ταχύτητα κίνησης κατά την σύγκεντρη και έκκεντρη συστολή [47, 57-59].

#### **1.3.1 Ταχύτητα κίνησης της αντίστασης**

Ο Smilios και οι συνεργάτες του, εφάρμοσαν 3 πρωτόκολλα άσκησης για τα πόδια με σκοπό την υπερτροφία των μυών σε 11 άνδρες με εμπειρία στις ασκήσεις με αντιστάσεις. Στο πρώτο πρωτόκολλο οι εθελοντές εκτέλεσαν τις ασκήσεις με μέγιστη ταχύτητα κίνησης ( $V_{max}$ ), στο

δεύτερο πραγματοποίησαν τις ασκήσεις στο 70% της μέγιστης ταχύτητας με τον ίδιο όγκο αντίστασης (70% Vmax EV) και στο τρίτο πρωτόκολλο εκτέλεσαν τις ασκήσεις στο 70% της μέγιστης ταχύτητας κίνησης με 10,6% επιπλέον όγκο αντίστασης (70% Vmax). Η τεστοστερόνη και η αυξητική ορμόνη αυξήθηκαν και στα τρία πρωτόκολλα χωρίς διαφορά μεταξύ τους και παρέμειναν ψηλά για 20' μετά την άσκηση. Στα πρωτόκολλα με υπομέγιστη ταχύτητα κίνησης η αυξητική ορμόνη παρέμεινε ψηλά για 40'. Η κορτιζόλη μειώθηκε στα πρωτόκολλα με υπομέγιστη ταχύτητα, ενώ στο Vmax παρέμεινε σταθερή [32]. Παρομοίως ο Heandley et al, δεν βρήκαν διαφορά στις τιμές τεστοστερόνης και αυξητικής ορμόνης όταν η ταχύτητα κίνησης της έκκεντρης συστολής μεταβλήθηκε [60].

Αντίθετα σε μία άλλη μελέτη που ερευνήθηκε η ταχύτητα κίνησης κατά την έκκεντρη συστολή σε προπονημένους στα βάρη άνδρες υπήρξαν μεταβολές στην αυξητική ορμόνη. Οι 8 εθελοντές εκτέλεσαν αργή έκκεντρη συστολή στις πιέσεις πάγκου (3sec), ενώ οι υπόλοιποι 8 γρήγορη έκκεντρη συστολή (0,5sec) με ίδια αντίσταση, επαναλήψεις και σετ. Η αυξητική ορμόνη η οποία μελετήθηκε, αυξήθηκε σημαντικά μόνο στην ομάδα με χρόνο έκκεντρης συστολής 3sec, 15' μετά την άσκηση [13].

Σε μία μελέτη του ο Goto et al, 6 άνδρες εθελοντές με εμπειρία στα βάρη, υποβλήθηκαν σε έκταση γόνατος μέχρι εξάντλησης σε τρία διαφορετικά πρωτόκολλα. Στο HN (high-intensity resistance exercise with normal movements) πρωτόκολλο οι εθελοντές έκαναν έκταση γόνατος με αντίσταση 80% της 1 μέγιστης επανάληψης (1RM) και με ταχύτητα κίνησης σύγκεντρης προς έκκεντρης 1sec/1sec, στο LS (low-intensity resistance exercise with slow movements) πρωτόκολλο έκαναν έκταση γόνατος στο 40% της 1RM με ταχύτητα κίνησης 3sec/3sec και στο LN (low-intensity resistance exercise with normal movements) πρωτόκολλο είχαν αντίσταση 40% της 1RM και ταχύτητα κίνησης 1sec/1sec. Η ελεύθερη τεστοστερόνη και η αυξητική ορμόνη αυξήθηκαν σημαντικά μόνο στο LS (χαμηλή ένταση-αργή ταχύτητα κίνησης), ενώ η κορτιζόλη μειώθηκε στο NL (χαμηλή ένταση και αντίσταση) και στα άλλα 2 πρωτόκολλα παρέμεινε σταθερή. Η επινεφρίνη και νορεπινεφρίνη αυξήθηκε μόνο στην HN και LS [61].

Ο ίδιος ερευνητής με τους συνεργάτες του, έναν χρόνο μετά πραγματοποίησαν μία έρευνα στην οποία τα 3 πρωτόκολλα άσκησης (έκταση γόνατος μέχρι εξάντλησης) είχαν αντίσταση 50% της 1RM με ταχύτητα κίνησης σύγκεντρη προς έκκεντρη 5sec/1sec, 1sec/5sec, 3sec/3sec αντίστοιχα και στο 4<sup>ο</sup> πρωτόκολλο είχαν αντίσταση 80% της 1RM με ταχύτητα κίνησης 1sec/1sec. Η

τεστοστερόνη αυξήθηκε αμέσως μετά την άσκηση σε όλες τις δοκιμές και μειώθηκε μετά από 30'. Η αυξητική ορμόνη αυξήθηκε σε όλες τις δοκιμές εκτός από την 4<sup>η</sup> (1sec/1sec) με κορύφωση μετά από 15' και παρέμεινε ψηλά στα 30' μετά την άσκηση. Η κορτιζόλη αυξήθηκε σε όλες τις δοκιμές εκτός από την 1sec/1sec με μεγαλύτερη αύξηση στην δοκιμή με χρόνο ταχύτητας 5sec/1sec. Η επινεφρίνη και νορεπινεφρίνη αυξήθηκε σε όλες τις δοκιμές χωρίς διαφορά μεταξύ τους [62]. Επιπρόσθετα έχει βρεθεί πως η νοραδρεναλίνη μπορεί να αυξηθεί σε ένα πρωτόκολλο άσκησης με 80% της 1RM αντίσταση και χρόνο ταχύτητας 1sec/1sec (σύγκεντρη/έκκεντρη), ενώ σε αντίσταση 40% της 1RM και χρόνο ταχύτητας 3sec/3sec όχι [63].

### **1.3.2 Χρόνος διαλείμματος μεταξύ των σετ και των ασκήσεων**

Για να παρατηρήσουν τις διαφορές στην έκκριση ορμονών ανάλογα με τον χρόνο διαλείμματος κατά τη διάρκεια των επαναλήψεων στις ασκήσεις με αντιστάσεις ο Goto και οι συνεργάτες του πραγματοποίησαν την παρακάτω μελέτη. Χώρισαν σε 3 ομάδες 26 άνδρες με εμπειρία στα βάρη. 9 από τους εθελοντές υποβλήθηκαν στο πρωτόκολλο NR (non rest) στο οποίο έκαναν για 12 εβδομάδες ασκήσεις για ώμους (3σετ) πλάτη (3σετ) και πόδια (5σετ) με αντίσταση 70% της 1RM και με χρόνο διαλείμματος 1' ανά σετ. Στο πρωτόκολλο WR (with rest) έκαναν ακριβώς το ίδιο με την ομάδα NR με επιπλέον 30'' διάλειμμα μεταξύ της 5<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> επανάληψης. Τα υπόλοιπα 8 άτομα ήταν το control group. Οι ερευνητές μέτρησαν την οξεία απόκριση των ορμονών στο τέλος της τελευταίας προπόνησης. Η τεστοστερόνη δεν είχε καμία μεταβολή πριν και μετά την άσκηση σε κανένα πρωτόκολλο. Η αυξητική ορμόνη, η επινεφρίνη και η νορεπινεφρίνη αυξήθηκαν σημαντικά μόνο στο NR πρωτόκολλο με διαφορά από το WR. Επιπρόσθετα η δύναμη αυξήθηκε περισσότερο στην ομάδα NR παρότι είχαν την ίδια σχετική ένταση και όγκο [16]. Σε μία μελέτη με νέες γυναίκες που έκαναν χρήση αντισυλληπτικών χαπιών και είχαν εμπειρία σε προπονήσεις με αντιστάσεις παρατήρησαν την έκκριση της αυξητικής ορμόνης κάτω από διαφορετικούς χρόνους διαλείμματος. Στο πρωτόκολλο με το μικρότερο διάλειμμα ανά σετ (30'') είχαν την μεγαλύτερη αύξηση αυξητικής ορμόνης σε σύγκριση με τα πρωτόκολλα με διάλειμμα 60'' και 120'' [64]. Η αύξηση της αυξητικής ορμόνης σε πρωτόκολλα με μικρό χρόνο διαλείμματος ίσως οφείλεται στην αύξηση του γλυκολιτικού μεταβολισμού (αναερόβιο κατώφλι) [65-66], καθώς υπάρχουν μελέτες που έχουν δείξει πως ο αναερόβιος μεταβολισμός εμπλέκεται στον ρυθμιστικό έλεγχο της αυξητικής ορμόνης [29, 67]. Έτσι έχει προταθεί πως ίσως η αύξηση των τοπικών μεταβολικών ενδιάμεσων

όπως το γαλακτικό οξύ να συνδέεται με αύξηση της αυξητικής ορμόνης (μελέτες που περιορίζουν την ροή του αίματος στους μύες που ασκούνται) [68-69].

### 1.3.3 Ηλικία και φύλο

Για να εξετάσουν την διαφορά στη απόκριση των ορμονών αναλόγως της ηλικίας, ο Pullinen et al, υπέβαλαν 8 άνδρες ( $31 \pm 7$  χρονών) και 8 έφηβους ( $14 \pm 0$  χρονών) να κάνουν το εξής πρωτόκολλο: 3 σετ έκταση γόνατος μέχρι εξάντλησης στο 40% της 1RM με σκοπό την πρόκληση ΚΜΠ (καθυστερημένου μυϊκού πόνου) και επανέλαβαν το πρωτόκολλο 48 ώρες μετά. Η νορεπινεφρίνη δεν είχε καμία διαφορά ούτε ως προς την περίοδο άσκησης ούτε ως προς την ηλικία, ενώ η επινεφρίνη μειώθηκε στους άνδρες μετά την δεύτερη περίοδο άσκησης όπου υπήρχε ΚΜΠ. Η συνολική και ελεύθερη τεστοστερόνη ήταν χαμηλότερη και στους δύο προπονήσεις στα αγόρια απ ότι στους άνδρες, αντίθετα η αυξητική ορμόνη ήταν υψηλότερη στα αγόρια απ ότι στους άνδρες και στις 2 προπονήσεις. Η κορτιζόλη ήταν χαμηλότερη στα αγόρια απ ότι στους άνδρες σε όλα τα χρονικά σημεία ακόμη και πριν την άσκηση. Στους άνδρες αυξήθηκε η κορτιζόλη μετά την 1<sup>η</sup> προπόνηση ενώ στην 2<sup>η</sup> παρέμεινε σταθερή [33]. Ο ίδιος ερευνητής σε μία μελέτη του εφάρμοσε ένα πρωτόκολλο με σκοπό την υπερτροφία σε 6 άνδρες, 6 έφηβους και 6 γυναίκες. Η συνολική και ελεύθερη τεστοστερόνη ήταν μεγαλύτερη πριν και μετά την άσκηση στους άνδρες απ ότι στις άλλες 2 ομάδες. Η νορεπινεφρίνη αυξήθηκε και στις 3 ομάδες χωρίς διαφορά μεταξύ τους, ενώ η επινεφρίνη αυξήθηκε και στις 3 ομάδες μετά την άσκηση με μικρότερη απόκριση στις γυναίκες. Η κορτιζόλη αυξήθηκε σημαντικά μόνο στα αγόρια και η αυξητική ορμόνη αυξήθηκε στους άνδρες και στους εφήβους μετά την άσκηση [17].

Ο Hamid Arazi et al, εφάρμοσε για 8 εβδομάδες πρωτόκολλο για μυϊκή ενδυνάμωση με αντιστάσεις για όλο το σώμα σε 10 νέους άνδρες ( $21,1 \pm 2,2$ ) και 10 μεσήλικες ( $49,7 \pm 2,1$ ). Η λήψη αίματος έγινε 48 ώρες πριν την πρώτη προπόνηση και 48 ώρες μετά την τελευταία. Η ελεύθερη τεστοστερόνη και η αυξητική ορμόνη αυξήθηκαν και στις δύο ομάδες αλλά πιο πολύ στους νεότερους άνδρες, η κορτιζόλη μειώθηκε και στις δύο ομάδες, χωρίς διαφορά μεταξύ τους. Παρατηρήθηκε αύξηση στην μυϊκή μάζα και στην 1 μέγιστη επανάληψη (1RM) [70].

### 1.3.4 Υψηλή ένταση ≠ χαμηλή ένταση

Ο Daniel W. D. West et al, έκαναν μία μελέτη σε 12 νέους άνδρες με σκοπό να παρατηρήσουν αν η αύξηση της μυϊκής δύναμης και υπερτροφίας ενισχύεται από ασκήσεις με αντιστάσεις που προκαλούν αύξηση στις ορμόνες. Στο LH (low hormonal) πρωτόκολλο έκαναν 3-4 σετ, από 10-12 επαναλήψεις στο 95% της 1RM σε κάμψη βραχιονίου μύος. Στο HH (high hormonal) πρωτόκολλο έκαναν το ίδιο με το LH με επιπλέον 2 ασκήσεις έκτασης ποδιών. Η αυξητική ορμόνη, ο παράγοντας IGF1 και η ελεύθερη τεστοστερόνη αυξήθηκαν στην ομάδα HH με κορύφωση 15' μετά την άσκηση, ενώ στο LH δεν υπήρχε διαφορά στις ορμόνες πριν και μετά την άσκηση. Βρήκαν πως δεν υπήρχε διαφορά στην αύξηση της μυϊκής δύναμης και της υπερτροφίας στον κοινό μυ που γύμναζαν (δικέφαλο βραχιόνιο) οι 2 ομάδες, ωστόσο υπήρξε διαφορά στις ορμόνες. Οπότε συμπέραναν οι ερευνητές πως ίσως δεν είναι δείκτης μυϊκής υπερτροφίας οι ορμονικές αλλαγές [15].

Αντίθετα ο B.A.Spiering et al, στην ερευνά που έκαναν με σκοπό να προσδιορίσουν την επίδραση της συγκέντρωσης της ενδογενούς τεστοστερόνης στους μυς, ως απάντηση των ασκήσεων με αντιστάσεις, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η προπόνηση με αντιστάσεις που προκαλεί μεγάλη έκκριση τεστοστερόνης (λόγω αυξημένου συνολικού φορτίου και μικρότερων διαλειμμάτων), ενισχύει την περιεκτικότητα των υποδοχέων των μυϊκών ανδρογόνων και εμποδίζει τον καταβολισμό τους σε σύγκριση με προπόνηση μικρής έντασης, που δεν προκαλεί αλλαγές στις τιμές της τεστοστερόνης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την προαγωγή του αναβολισμού και την ανάκτηση ιστού [71].

Η αυξητική ορμόνη και ο παράγοντας IGF1 αυξήθηκαν με στατιστικά σημαντική διαφορά στην ομάδα ανδρών που πραγματοποίησαν υψηλής έντασης ασκήσεις με αντιστάσεις σε σύγκριση με την ομάδα που έκανε μέτριας έντασης ασκήσεις με αντιστάσεις στην μελέτη του Chia-Liang Tsai et al. Συγκεκριμένα 20 νέοι άνδρες στο πρωτόκολλο υψηλής έντασης, εκτέλεσαν 7 ασκήσεις για όλο το σώμα στο 80% της 1RM, από 2 σετ την άσκηση, 10 επαναλήψεις και διάλειμμα 90''/σετ και 2'/άσκηση. Στο πρωτόκολλο χαμηλής έντασης άλλοι 20 εθελοντές έκαναν την ίδια προπόνηση με χαμηλή αντίσταση (50% της 1RM). Η κορτιζόλη μειώθηκε σημαντικά και στις 2 ομάδες μετά την άσκηση [10].

### 1.3.5 Προπονημένοι ≠ Απροπόνητοι

Κάποιες μελέτες έχουν δείξει ότι στην ορμονική απόκριση μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις μπορεί να παίζει ρόλο η προπονητική κατάσταση του αθλουμένου [39, 41], ενώ άλλες μελέτες υποστηρίζουν πως δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των προπονημένων και απροπόνητων [45]. Συγκεκριμένα ο Ahtiainen και οι συνεργάτες του, δεν παρατήρησαν διαφορές στην οξεία ορμονική επίδραση μετά από προπόνηση δύναμης, μεταξύ εκπαιδευμένων και μη εκπαιδευμένων ανδρών [45], ωστόσο άλλες μελέτες έχουν δείξει μεγαλύτερη οξεία απόκριση ορμονών σε προπονημένους απ ό τι σε απροπόνητους άνδρες [39, 41]. Ο E. Cadore et al, υπέβαλε 10 προπονημένους και 11 απροπόνητους άνδρες ηλικίας  $40,6 \pm 4$  χρονών να κάνουν μία προπόνηση με αντιστάσεις. Η ελεύθερη τεστοστερόνη αυξήθηκε και στις 2 ομάδες το ίδιο, ενώ η ελεύθερη τεστοστερόνη και η κορτιζόλη αυξήθηκε σημαντικά μόνο στους απροπόνητους, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Επιπρόσθετα οι δύο ομάδες δεν είχαν διαφορά στην τιμές των ορμονών σε κατάσταση ηρεμίας. Ίσως η χρόνια προσαρμογή να συμβαίνει μόνο σε αθλητές. Είναι πιθανό οι διαφορές μεταξύ των μελετών να οφείλεται σε διαφορετικά πρωτόκολλα, ηλικίες και προπονητική κατάσταση [9].

### 1.3.6 Αριθμός επαναλήψεων και σετ

Ένας ακόμη παράγοντας που μελετάται και παίζει ρόλο στη διαμόρφωση ενός προγράμματος με αντιστάσεις με σκοπό να προκαλέσει έκκριση ορμονών, είναι ο αριθμός των επαναλήψεων και των σετ που θα πρέπει να ολοκληρώνονται ανά άσκηση. Ο Ratamess et al, παρατήρησαν οξεία αύξηση των επιπέδων της τεστοστερόνης του πλάσματος, σε ένα πρωτόκολλο άσκησης (καθίσματα) με 6 σετ από 10 επαναλήψεις στο 80-85% της 1RM, ενώ δεν υπήρξε μεταβολή στα επίπεδα τεστοστερόνης όταν πραγματοποιήθηκε 1σετ με 10 επαναλήψεις στην ίδια άσκηση και επιβάρυνση [46].

Ο Leite και οι συνεργάτες τους στην έρευνά τους, πραγματοποίησαν 2 πρωτόκολλα με διαφορετικό αριθμό επαναλήψεων. Στο 1<sup>ο</sup> 10 νέοι άνδρες έκαναν 6 ασκήσεις σε μεγάλες μυϊκές ομάδες, 3σετ/άσκηση, στο 80% των 6 μέγιστων επαναλήψεων και 2'διάλειμμα ανά σετ. Στο 2<sup>ο</sup> ακολούθησαν το ίδιο πρωτόκολλο αλλά στο 80% των 12 μέγιστων επαναλήψεων. Η τεστοστερόνη αυξήθηκε σημαντικά και στις δύο περιπτώσεις χωρίς διαφορά μεταξύ των πρωτόκολλων. Η κορτιζόλη αυξήθηκε μόνο στο πρωτόκολλο με τις 12 επαναλήψεις, ενώ η

αυξητική ορμόνη αυξήθηκε και στα δύο πρωτόκολλα αλλά με στατιστικά μεγαλύτερη αύξηση σε αυτό με τις 12 επαναλήψεις [34].

Ο McCalley et al, βρήκαν μεγαλύτερη αύξηση στα επίπεδα τεστοστερόνης και κορτιζόλης σε προπόνηση υπερτροφίας με πρωτόκολλο: 4σετ, 10 επαναλήψεων στο 75% της 1RM με 3' διάλειμμα σε squat σε σύγκριση με πρωτόκολλο δύναμης: 8σετ, 6 επαναλήψεις σε jump squat χωρίς επιπλέον αντίσταση με 3' διάλειμμα/σετ και το πρωτόκολλο δύναμης: 11σετ, 3 επαναλήψεις στο 90% της 1RM με 5' διάλειμμα σε squat. Ο συνολικός όγκος ήταν ίσος στα τρία πρωτόκολλα οπότε η αύξηση των ορμονών μόνο στο πρόγραμμα υπερτροφίας ίσως οφείλεται στην διαφορετική ένταση (περισσότερες επαναλήψεις-με 75% της 1RM) και στην περίοδο ανάπαυσης [72].

### **1.3.7 Διαφορετικά είδη προπόνησης αντιστάσεων**

Ο Goto et al, έκαναν μία μελέτη με σκοπό να δουν την επίδραση των ορμονών ενώ έχει προηγηθεί προπόνηση σπριντ. Στο 1<sup>ο</sup> πρωτόκολλο ( R ) οι 9 άνδρες της μελέτης υποβλήθηκαν σε προπόνηση μόνο με αντιστάσεις (5 ασκήσεις, 3σετ/άσκηση, 10 επαναλήψεις στο 75% της 1RM με 1' διάλειμμα/σετ), στο 2<sup>ο</sup> πρωτόκολλο (SR60) έκαναν την ίδια προπόνηση με αντιστάσεις ενώ είχε προηγηθεί προπόνηση σπριντ και 60' ξεκούραση και στο 3<sup>ο</sup> πρωτόκολλο (SR180) έκαναν το ίδιο με το 2<sup>ο</sup> με την διαφορά πως ο χρόνος ξεκούρασης μεταξύ της προπόνησης σπριντ και αντιστάσεων ήταν 180'. Η επινεφρίνη ενώ επανήλθε στα αρχικά επίπεδα μετά την προπόνηση με σπριντ στα πρωτόκολλα SR60 και SR180, μετά τις αντιστάσεις αυξήθηκε σε όλες τις δοκιμές αλλά πιο πολύ στην SR60. Η νορεπινεφρίνη αυξήθηκε το ίδιο και στις 3 δοκιμές. Η αυξητική ορμόνη αυξήθηκε στα σπριντ και κατά το διάλειμμα επανήλθε στα αρχικά επίπεδα. Η μεγαλύτερη αύξησή μετά τις ασκήσεις με αντιστάσεις παρατηρήθηκε στο SR60 παρόλα αυτά καταστάληκε αμέσως σε αντίθεση με το πρωτόκολλο R στο οποίο η αύξηση της αυξητικής ορμόνης διατηρήθηκε για αρκετή ώρα ψηλά. Η συνολική τεστοστερόνη αυξήθηκε περισσότερο στο R μετά τις αντιστάσεις, χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά [73].

Ο Ozen S.V. έκανε μία έρευνα με σκοπό να διερευνήσει την επίδραση των ορμονών μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης με πλειομετρικές ασκήσεις, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (21). Οι πλειομετρικές ασκήσεις χρησιμοποιούνται για την βελτίωση του άλματος, της ταχυδύναμης, της εκρηκτικής δύναμης καθώς επίσης μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο για τραυματισμό λόγω την

ενίσχυσης της σταθερότητας των αρθρώσεων των κάτω άκρων [74-75]. Οι πλειομετρικές ασκήσεις (επιτόπια άλματα, άλματα μπροστά, με το ένα πόδι, πηδηματάκια) πραγματοποιήθηκαν 2 φορές την εβδομάδα τις πρώτες 3 εβδομάδες και 3 φορές την εβδομάδα τις τελευταίες 3, ενώ δείγματα αίματος λήφθηκαν στην αρχή, στις 3 εβδομάδες και 48 ώρες μετά το τέλος της τελευταίας προπόνησης. Η συνολική τεστοστερόνη και η κορτιζόλη μειώθηκαν στην τρίτη και ακόμα περισσότερο στην έκτη εβδομάδα σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου η οποία είχε σταθερές τιμές. Οι ερευνητές υποθέτουν πως αυτή η μείωση στα επίπεδα της τεστοστερόνης ίσως οφείλεται στα αυξημένα επίπεδα προλακτίνης(21).

Στην μελέτη τους ο Charro et al, παρατήρησαν πως με 2 διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης αντιστάσεων, αλλά με ίδιο συνολικό έργο και χρόνο διαλείμματος, δεν υπάρχει διαφορά στην έκκριση ορμονών μεταξύ των 2 πρωτοκόλλων. Συγκεκριμένα, οι 10 εθελοντές άνδρες πραγματοποίησαν 3 ασκήσεις όπου ενεργοποιείται το πάνω μέρος του σώματος και κυρίως οι θωρακικοί μύες. Στο πρωτόκολλο multiple set (MS) εκτέλεσαν 3 σετ στο 75% της 1RM ενώ στο pyramid (P) πρωτόκολλο μετά από 14 ημέρες εκτέλεσαν 3 σετ (1<sup>ο</sup> σετ: 67% 1RM 2<sup>ο</sup> σετ: 74% 1RM 3<sup>ο</sup> σετ: 80% 1RM) με ίσο συνολικό όγκο και επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης. Η κορτιζόλη και η αυξητική ορμόνη αυξήθηκαν και στις 2 περιπτώσεις χωρίς διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων, ενώ η τεστοστερόνη δεν μεταβλήθηκε σε κανένα από τα 2 πρωτόκολλα [14].

Σε μία πρόσφατη μελέτη του Simao et al, 20 άνδρες ολοκλήρωσαν 2 προπονήσεις με τις ίδιες ασκήσεις ( 3 σετ στο 70% της 1 RM με 2' διάλειμμα/σετ) αλλά με διαφορετική σειρά των ασκήσεων (μεγαλύτερες προς μικρότερες και μικρότερες προς μεγαλύτερες μυϊκές ομάδες). Η συνολική τεστοστερόνη, η ελεύθερη τεστοστερόνη και η κορτιζόλη δεν είχαν διαφορά μεταξύ των 2 πρωτοκόλλων, ενώ η αυξητική ορμόνη ήταν μεγαλύτερη μετά την άσκηση όταν οι μεγάλες μυϊκές ομάδες προηγήθηκαν [59]. Παρομοίως ο Conceicao et al, στην μελέτη τους με σκοπό να δουν αν αλλάζουν οι ορμονικές αποκρίσεις όταν προηγούνται μεγάλες μυϊκές ομάδες ή μικρές, βρήκαν ίδια αύξηση στην συνολική και ελεύθερη τεστοστερόνη μετά την άσκηση και ίδια μείωση στις τιμές της κορτιζόλης [76].

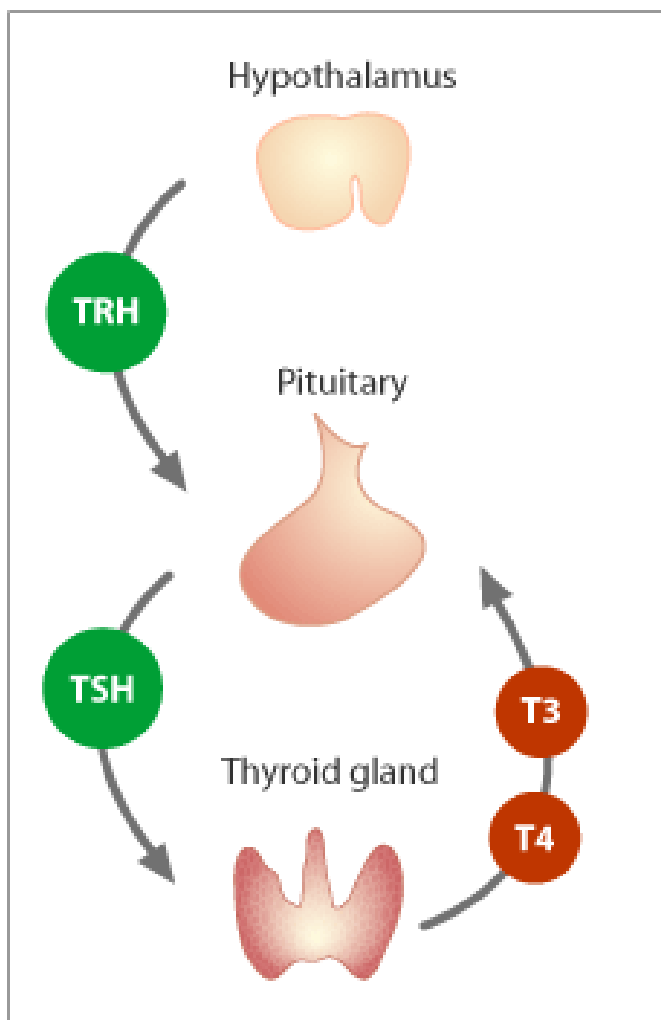
Τα τελευταία 25 χρόνια η χρήση των προγραμμάτων με αντιστάσεις με το ένα μόνο από τα δύο μέλη ή την μία πλευρά του σώματος χρησιμοποιούνται στις έρευνες, επειδή επιτρέπει συγκρίσεις μεταξύ των προπονημένων και απροπόνητων μελών. Καθώς επίσης αυτός ο τρόπος άσκησης χρησιμοποιείται και από άτομα που έχουν ακρωτηριαστεί. Ο μονομερής τρόπος άσκησης

μειώνει τον συνολικό όγκο εργασίας κατά τη διάρκεια της προπόνησης [77-78]. Ο Wilkinson et al, έδειξαν ότι σε μονομερή άσκηση αυξήθηκε η μυϊκή δύναμη και υπήρξε υπερτροφία, χωρίς σημαντική αύξηση στις καταβολικές και αναβολικές ορμόνες που συνήθως μεταβάλλονται κατά την άσκηση με αντιστάσεις [28]. Ο Migiano και οι συνεργάτες του πραγματοποίησαν μία έρευνα με ασκήσεις με αντιστάσεις σε 10 νέους άνδρες. Στη μία προπόνηση οι 5 έκαναν τις ασκήσεις μόνο με το ένα χέρι και οι άλλοι 5 και με τα δύο. Στην δεύτερη προπόνηση εναλλάξ. Το πρωτόκολλο άσκησης περιελάμβανε 5 ασκήσεις για το πάνω μέρος του σώματος, 3 σετ, 10 επαναλήψεις στο 80% της 1RM με 2' διάλειμμα/σετ. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη αναβολική ορμονική απάντηση στην αντίσταση και με τα δύο χέρια, πιθανόν λόγω του μεγαλύτερου συνολικού όγκου. Η τεστοστερόνη δεν μεταβλήθηκε σημαντικά σε καμία από τις περιπτώσεις ίσως λόγω του μεγάλου χρόνου διαλείμματος/σετ, ενώ η αυξητική ορμόνη αυξήθηκε, με μεγαλύτερη αύξηση όταν συμμετείχαν και τα δύο χέρια [58].

Ο Moritz Schumman και οι συνεργάτες του έκαναν μία μελέτη με σκοπό να διερευνήσουν την οξεία νευρομυϊκή και ενδοκρινική απόκριση, μετά από μία μόνο συνεδρία άσκησης με αντιστάσεις η οποία ακολουθείται από άσκηση αντοχής και αντίθετα. 42 νέοι άνδρες ηλικίας  $29,2 \pm 4,9$  χρονών χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η ομάδα E+S n=21 (προπόνηση αντοχής και μετά ασκήσεις με αντιστάσεις) και η ομάδα S+E n=21 (ασκήσεις με αντιστάσεις και μετά προπόνηση αντοχής) υποβλήθηκαν σε μία προπόνηση με διαφορετική σειρά. Η προπόνηση αντοχής περιελάμβανε 30' στο κυκλοεργόμετρο στο 65% των μέγιστων watt του κάθε αθλούμενου. Η προπόνηση δύναμης πραγματοποιήθηκε κάνοντας έκταση γόνατος σε πρέσα, στην αρχή 3 σετ/10 επαναλήψεις στο 40% της 1RM έπειτα 1σετ/3 επαναλήψεις στο 75% της 1RM και τέλος έκαναν 3σετ/3επαναλήψεις στο 90% της 1RM. Ανάμεσα σε κάθε σετ έκαναν διάλειμμα 3'. Τα δείγματα αίματος λήφθηκαν πριν την άσκηση (PRE), μετά το πρώτο είδος άσκησης (MID) και στο τέλος της δεύτερης άσκησης (POST). Η συνολική τεστοστερόνη αυξήθηκε στην ομάδα E+S στο MID και παρέμεινε ψηλά στο POST, ενώ στην ομάδα S+E δεν υπήρξαν αλλαγές. Η GH αυξήθηκε και στις δύο περιπτώσεις με μεγαλύτερη αύξηση στην ομάδα S+E POST. Η κορτιζόλη δεν μεταβλήθηκε στην ομάδα E+S αλλά αυξήθηκε στην ομάδα S+E στο POST σε σύγκριση με το MID. Τέλος η TSH δεν είχε οξεία αλλαγή αλλά μειώθηκε σημαντικά 24 ώρες μετά την άσκηση και στις 2 ομάδες και παρέμεινε χαμηλά 48 ώρες μετά, σε σύγκριση με τις τιμές POST [79].

## 1.4 Ορμόνες του θυρεοειδούς

Ο θυρεοειδής αδένας θεωρείται ένας από τους μεγαλύτερους ενδοκρινείς αδένες στο σώμα. Έχει ένα συμπαγές όργανο το οποίο βρίσκεται στο κάτω τμήμα του τραχήλου και το φυσιολογικό του βάρος σε έναν ενήλικα είναι 15 – 20 γραμμάρια [30, 80]. Οι δύο κύριες ορμόνες του θυρεοειδούς είναι η θυροξίνη (T4) και η τριιωδοθυρονίνη (T3). Στους ανθρώπους η T4 συντίθεται εξ ολοκλήρου εντός του θυρεοειδούς και λειτουργεί ως προ-ορμόνη για να δημιουργήσει την T3. Μόνο το 20% της T3 εκκρίνεται απ' ευθείας από τον ίδιο τον αδένα [81]. Η θυρεοειδοτρόπος ορμόνη (TSH) η οποία ανήκει στις ορμόνες της αδenoϋπόφυσης, διεγείρει το θυρεοειδή αδέν, για τη σύνθεση της T4 και της T3 [30]. Οι παραπάνω ορμόνες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό της ενέργειας, επηρεάζουν τη συγκέντρωση και τη δραστηριότητα πολλών ενζύμων, το μεταβολισμό των βιταμινών και των ανόργανων συστατικών και την απόκριση του ιστού – στόχου για διάφορες ορμόνες [82]. Ο άξονας υποθαλάμου-υπόφυσης-θυρεοειδούς είναι ένα πολύπλοκο ορμονικό ρυθμιστικό σύστημα. Ο υποθάλαμος απελευθερώνει την ορμόνη αποδέσμευσης θυροτροπίνης (TRH), η οποία με τη σειρά της διεγείρει την απελευθέρωση της ορμόνης TSH από τον πρόσθιο βλεννογόνο. Η αποδέσμευση της TSH έχει ως αποτέλεσμα την έκκριση των ορμονών T3 και T4 από τον θυρεοειδή αδέν. Η TRH απελευθερώνεται ως απόκριση πολλών ερεθισμάτων όπως είναι η θερμοκρασία του σώματος, το στρες, η διαιτητική πρόσληψη και ορμονικές αλλαγές (π.χ. κατεχολαμίνες και οιστρογόνα). Οι ορμόνες T3 και T4 αποτελούνται από ένα τμήμα που είναι δεσμευμένο σε μία πρωτεΐνη και από ένα αδέσμευτο, ελεύθερο τμήμα. Οι ελεύθερες T3 και T4 αποτελούν λιγότερο από το 5% του συνολικού ποσού που βρίσκεται στο αίμα, αλλά είναι βιολογικά η πιο δραστική μορφή αυτών των ορμονών. Ανεπαρκείς ή υπερβολικές ποσότητες T4 και T3 μπορούν να διαταράξουν τη σωστή φυσιολογική λειτουργία και να οδηγήσουν σε ιατρικές επιπλοκές που σχετίζονται με τις διαταραχές του υπο – ή υπερθυρεοειδισμού [83]. Καθώς οι θυρεοειδικές ορμόνες δρουν στο μεταβολισμό των υποστρωμάτων, επηρεάζουν και το σωματικό βάρος. Στον υποθυρεοειδισμό μειώνεται ο μεταβολισμός της ενέργειας, ενώ στον υπερθυρεοειδισμό επιταχύνεται η θερμογένεση και άλλες φυσιολογικές λειτουργίες [37].



<http://lakecharlesobgyn.com/Complete/236-Thyroid-hormones.aspx>

Σχετικά με τις μεταβολές των ορμονών του θυρεοειδούς μετά από διαφορετικά πρωτόκολλα ασκήσεων με αντιστάσεις η βιβλιογραφία είναι περιορισμένη. Κατά τη διάρκεια της άσκησης συμβαίνουν σημαντικές αλλαγές στο μεταβολισμό, οι οποίες διατηρούνται και μερικές ώρες μετά το τέλος της και μπορούν να επηρεάσουν την ενεργειακή ομοιόσταση. Η άσκηση είναι ένα φυσιολογικό στρες το οποίο ακολουθείται από ενδοκρινικές τροποποιήσεις με σκοπό να αντισταθμιστούν οι επιπτώσεις στη θερμογένεση και το μεταβολισμό του υποστρώματος [84]. Φαίνεται πως η παρατεταμένη έντονη άσκηση αντοχής (>25χλμ) ή η χαμηλής έως μέτριας έντασης δραστηριότητα για παρατεταμένη περίοδο έχει ως αποτέλεσμα παροδικά τον μη παθολογικό υποθυρεοειδισμό που διαρκεί 24 έως 72 ώρες [85]. Αυτές οι συνθήκες

υποθυρεοειδισμού μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την κατάσταση υγείας ενός ατόμου και όσον αφορά τους αθλητές, επηρεάζεται αρνητικά η προσαρμοστική διαδικασία των σκελετικών μυών και κατά συνέπεια η βελτίωση της φυσικής κατάστασης [86]. Η επίδραση της άσκησης στη λειτουργία του θυρεοειδούς είναι αμφιλεγόμενη και ίσως εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης [87].

Σε μία μελέτη 6 υγιείς άνδρες αθλητές κωπηλασίας (ηλικία: 16,6-20,6 χρονών) έκαναν το εξής πρωτόκολλο άσκησης: 3 εβδομάδες υψηλής έντασης ασκήσεις με αντιστάσεις (RT), ακολούθησε μία εβδομάδα ξεκούρασης (R1), μετά 3 εβδομάδες άσκηση αντοχής (κωπηλασία) (ET) και τέλος μία εβδομάδα ξεκούρασης (R2). Οι οκτώ ασκήσεις με αντιστάσεις περιελάμβαναν μυϊκές ομάδες των άνω και κάτω άκρων και πραγματοποιούνταν 6 μέρες/εβδομάδα. Την μία μέρα εκτελούσαν 750 επαναλήψεις σε κάθε άσκηση (70 min) και την επόμενη 1300-1500 επαναλήψεις (140 min), εναλλάξ. Ο χρόνος διαλείμματος μεταξύ των σετ ήταν 30''. Η συγκέντρωση της TSH μειώθηκε σημαντικά μετά το RT, με το ξεκίνημα του ET αυξήθηκε και παρέμεινε ψηλά στο R2. Η συγκέντρωση της ελεύθερης T3 μειώθηκε σημαντικά μόνο μετά την προπόνηση ET, ενώ τα επίπεδα της ελεύθερης T4 δεν είχαν καμία αλλαγή [37].

Στην μελέτη της Eskandar Rahimi et al [80], 20 άνδρες ηλικίας  $23,13 \pm 3,4$  χρονών χωρίστηκαν σε 2 ομάδες. N=10 ήταν η ομάδα ελέγχου και N=10 ήταν τα άτομα που πραγματοποίησαν το πρωτόκολλο κυκλικής προπόνησης με αντιστάσεις. Οι εθελοντές έκαναν 5 ασκήσεις για άνω και κάτω άκρα, 3 φορές την εβδομάδα για 8 εβδομάδες. Ο χρόνος σε κάθε σταθμό της κυκλικής προπόνησης ήταν 2,5' και ο χρόνος διαλείμματος 1'. Έκαναν 2 κύκλους σε κάθε προπόνηση και το διάλειμμα ανάμεσα τους ήταν 2'. Η ένταση αυξήθηκε προοδευτικά στις 8 εβδομάδες (20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55% της 1RM). Μετρήθηκε η T3, η T4 και η TSH πριν, αμέσως μετά και 2 ώρες μετά την πρώτη και την τελευταία προπόνηση και δεν βρέθηκε καμία μεταβολή στις συγκεντρώσεις των παραπάνω ορμονών.

Ο Pakarinen και οι συνεργάτες του βρήκαν μικρή αλλά σημαντική μείωση στα επίπεδα της TSH, της T3 και T4 μετά από μία εβδομάδα ασκήσεων με αντιστάσεις υψηλής έντασης σε 8 επαγγελματίες αρσιβαρίστες. Συγκεκριμένα, κάθε αθλούμενος εκτέλεσε τις 3 πρώτες μέρες και την 5<sup>η</sup> μέρα διπλή προπόνηση και την 4<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> μέρα 1 προπόνηση. Την έκτη μέρα ξεκουράστηκαν. Κάθε προπόνηση περιελάμβανε 3 με 4 ασκήσεις δύναμης και το φορτίο ήταν από 70 έως 100% της 1 RM [35].

Σε μία άλλη μελέτη οι ερευνητές παρατήρησαν την απόκριση του συστήματος υπόφυσης-θυρεοειδούς σε 11 επαγγελματίες αρσιβαρίστες πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από μία περίοδο προπόνησης δύναμης ενός έτους. Κατά τη διάρκεια του έτους δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στις συγκεντρώσεις της TSH, T4, T3 εκτός από την περίοδο ενός μήνα (15<sup>η</sup> – 18<sup>η</sup> εβδομάδα) όπου μειώθηκε ο όγκος της προπόνησης και παρατηρήθηκε αύξηση αλλά εντός των φυσιολογικών ορίων στην T3, T4 και fT4 [88].

Στη μελέτη του Morison Soria et al, [36] 18 άνδρες ηλικίας 32,9±5,3 χρονών και καλά προπονημένοι στο τρίαθλο εκτέλεσαν μία αθλητική μέγιστη δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο. Ξεκίνησαν να ποδηλατούν με 2,5Watt/kg σωματικού βάρους και κάθε 10' αυξανόντουσαν τα Watt κατά 0,5Watt/kg σωματικού βάρους, μέχρι την εξάντληση. Ο μέσος όρος εξάντλησης ήταν 48±12 min και λήφθηκαν δείγματα αίματος 3', 5' και 7' μετά την άσκηση. Τα επίπεδα της TSH αυξήθηκαν λίγο αλλά στατιστικά σημαντικά (από 1,76±0,96μUI mL<sup>-1</sup> → 2,16±1,16μUI mL<sup>-1</sup>) .

24 νέοι στρατιωτικοί δόκιμοι συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα έντονης σωματικής άσκησης, με ανεπάρκεια θερμίδων και στέρηση ύπνου. Χωρίστηκαν σε 3 ομάδες όπου η καθεμία διέφερε ως προς την ποσότητα του ύπνου και την κατανάλωση τροφίμων. Αρχικά αυξήθηκε η έκκριση των ορμονών του θυρεοειδούς (T4, T3, rT4) κυρίως λόγω της άσκησης. Τις επόμενες μέρες η λειτουργία του θυρεοειδούς μειώθηκε λόγω της μειωμένης κατανάλωσης τροφίμων. Τα επίπεδα της TSH ήταν σημαντικά μειωμένη στην αρχή και παρέμεινε χαμηλά λόγω της έντονης άσκησης και της μειωμένης πρόσληψης τροφής. Η έλλειψη ύπνου δεν είχε σημαντική επιρροή [89].

Στη μελέτη του Baylor LS et al., εξετάστηκε εάν οι συγκεντρώσεις των ορμονών fT4, fT3 και TSH αλλάζουν σε 17 αθλήτριες κωπηλασίας οι οποίες πραγματοποίησαν 20 εβδομάδες καθημερινή προπόνηση σε κωπηλασία, τρέξιμο και άρση βαρών, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (n=4). Από το γκρουπ των 17 αθλητριών οι 10 είχαν μείωση στις συγκεντρώσεις των ορμονών fT3 και TSH την περίοδο έντονης και παρατεταμένης προπόνησης, ενώ την περίοδο μέτριας έντασης της προπόνησης δεν υπήρχαν διαφορές. Οι υπόλοιπες 7 αθλήτριες δεν είχαν καμία αλλαγή στις παραπάνω ορμόνες [83].

Τέλος σε μία έρευνα που έγινε σε ποντίκια, ανιχνευτική μετά από τρέξιμο 20' στον διάδρομο στο 75% της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου (VO<sub>2</sub>) οξεία αύξηση στην T3 όμως 30' μετά έπεσε

στα αρχικά επίπεδα. Τα επίπεδα της T4 αυξήθηκαν 120' μετά την άσκηση, ενώ τα επίπεδα της TSH δεν μεταβλήθηκε σημαντικά [82].

## **2. Σκοπός της μελέτης**

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν ο προσδιορισμός των μεταβολών της ελεύθερης θυροξίνης (fT4) και της θυρεοειδοτρόπου ορμόνης (TSH) σε νέους, υγιείς άνδρες που ακολούθησαν ένα πρωτόκολλο ασκήσεων με αντιστάσεις με μέγιστη ταχύτητα κίνησης.

## **3. Μεθοδολογία**

### **3.1 Δοκιμαζόμενοι**

Έντεκα άνδρες ηλικίας  $22,5 \pm 3,3$  χρονών με ύψος  $181 \pm 5$ cm και σωματικό βάρος  $81,6 \pm 5,6$  κιλά συμμετείχαν στην μελέτη. Πριν από την έναρξη της μελέτης η Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης ενέκρινε το πειραματικό πρωτόκολλο και όλοι οι συμμετέχοντες υπέγραψαν έντυπο συγκατάθεσης. Οι δοκιμαζόμενοι ταξινομήθηκαν από μέτρια έως καλά εκπαιδευμένοι και είχαν προηγούμενη εμπειρία από 6 μήνες έως 3 χρόνια σε ασκήσεις με αντιστάσεις. Η προπόνηση περιελάμβανε την άρση μέτριας έως μεγάλης αντίστασης (50% - 90% της 1 μέγιστης επανάληψης), 2 με 3 φορές την εβδομάδα. Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, δεν λάμβαναν συμπληρώματα διατροφής και δεν ακολουθούσαν κάποια φαρμακευτική αγωγή. Οι οδηγίες των δοκιμαζόμενων ήταν να διατηρήσουν τις διατροφικές τους συνήθειες και τη φυσική τους δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της μελέτης, αλλά να απέχουν από την κατανάλωση αλκοόλ και καφεΐνης 24 ώρες πριν τη δοκιμή και από φυσική δραστηριότητα 48 ώρες πριν.

### **3.2 Πειραματική διαδικασία**

Οι εθελοντές προσήλθαν στο εργαστήριο μετά από ολονύχτια νηστεία. Απέφυγαν την κατανάλωση καφεΐνης και αλκοόλ 24 ώρες πριν και δεν έκαναν φυσική δραστηριότητα για 48 ώρες πριν τις πειραματικές συνεδρίες. Μετά από ανάπαυση 15 λεπτών σε ύπτια θέση, λήφθηκε το πρώτο δείγμα αίματος μέσω ενός μόνιμου φλεβικού καθετήρα που τοποθετήθηκε στην βραχιόνια φλέβα. Πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου, οι δοκιμαζόμενοι έκαναν γενική και

ειδική προθέρμανση. Η γενική προθέρμανση η οποία προηγήθηκε της ειδικής περιελάμβανε χαλαρό τρέξιμο και διατάσεις για τα κάτω άκρα. Η ειδική προθέρμανση περιελάμβανε 2 σετ καθισμάτων  $\times$  5 επαναλήψεις στο 60% και στο 80% των 10 RM αντίστοιχα, με 3' διάλειμμα ανάμεσα στα σετ. Ακολούθησαν 3 επαναλήψεις πίεσης της πρέσας, 4' διάλειμμα και 3 επαναλήψεις καθισμάτων. Και οι δύο ασκήσεις πραγματοποιήθηκαν με μέγιστη ταχύτητα κίνησης, για να καθοριστεί η μέγιστη ταχύτητα κίνησης των δύο αυτών ασκήσεων που περιλαμβάνει το πρωτόκολλο, με το φορτίο αυτό των 10 RM. Στη συνέχεια ξεκίνησε το πειραματικό πρωτόκολλο το οποίο περιγράφεται παρακάτω.

Κάθε δοκιμαζόμενος εκτέλεσε ένα πρωτόκολλο ασκήσεων με αντιστάσεις αμέσως μετά την προθέρμανση το οποίο αποτελούνταν από 4 σετ καθίσματα και 4 σετ πιέσεις πρέσας με τα πόδια, με φορτίο αυτό των 10 μέγιστων επαναλήψεων το κάθε σετ και με 3' διάλειμμα μεταξύ των σετ. Το πρωτόκολλο περιελάμβανε την εκτέλεση 8 επαναλήψεων ανά σετ, με μέγιστη ταχύτητα κίνησης ( $V_{max}$ ). Τα σετ ολοκληρώθηκαν είτε όταν πραγματοποιήθηκε ο απαιτούμενος αριθμός επαναλήψεων είτε όταν η ταχύτητα κίνησης μειώθηκε κάτω από το 85% της μέγιστης για 2 συνεχόμενες επαναλήψεις (κανένας από τους δοκιμαζόμενους δεν κατάφερε να ολοκληρώσει τον απαιτούμενο αριθμό επαναλήψεων σε όλα τα σετ με μέγιστη ταχύτητα). Οι 5 δοκιμαζόμενοι ξεκίνησαν στις 09:30 και οι υπόλοιποι 6 στις 11:00. Οι λήψεις αίματος πραγματοποιήθηκαν πριν, αμέσως μετά, 20' μετά και 40' μετά το πρόγραμμα άσκησης.

Η προθέρμανση και το τεστ μέγιστης ταχύτητας διήρκεσε 25' και το πρωτόκολλο  $34 \pm 1$  λεπτά. Έτσι η συνολική διάρκεια της συνεδρίας διήρκεσε  $60 \pm 3$  λεπτά. Κατά τη διάρκεια των ασκήσεων με αντιστάσεις η ταχύτητα κίνησης της έκκεντρης συστολής επιλέχθηκε από τους δοκιμαζόμενους, ενώ η ταχύτητα κίνησης της σύγκεντρης συστολής ήταν μέγιστη.

Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν κατάφερε να ολοκληρώσει τις 8 επαναλήψεις με ταχύτητα κίνησης πάνω από το 85% της μέγιστης και στα 4 σετ των καθισμάτων και των πιέσεων στη πρέσα. Ο μέσος όρος των επαναλήψεων ανά σετ ήταν  $7,82 \pm 0,28$  (εύρος: 7,25 – 8) για τα καθίσματα και  $7,23 \pm 0,68$  (εύρος: 6,25 – 8) για τις πιέσεις ποδιών στη πρέσα. Συνολικά, οι δοκιμαζόμενοι ολοκλήρωσαν  $60,18 \pm 2,52$  από τις 64 επαναλήψεις (εύρος: 55 – 63) στο πρωτόκολλο  $V_{max}$ . Κατά τη διάρκεια της άσκησης με την πρέσα, το φορτίο μειώθηκε κατά 5% για ένα σετ σε 2 δοκιμαζόμενους και για δύο σετ σε έναν. Αυτές οι προσαρμογές πραγματοποιήθηκαν για να εξασφαλιστούν τουλάχιστον 6 επαναλήψεις, οι οποίες είναι οι

λιγότερες σε αριθμό που μπορεί να υπάρχουν σε ένα πρωτόκολλο υπερτροφίας με ταχύτητα κίνησης πάνω από το 85% της μέγιστης. Κατά τη διάρκεια της άσκησης οι εθελοντές είχαν τη δυνατότητα να πίνουν νερό κατά βούληση. Μετά την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου λήφθηκαν δείγματα αίματος αμέσως μετά την άσκηση (μέσα σε 1' μετά τη λήξη της άσκησης), καθώς επίσης στα 20' και στα 40' της ανάκαμψης. Όλα τα δείγματα αίματος λήφθηκαν με τους εθελοντές σε ύπτια θέση. Η καρδιακή συχνότητα παρακολουθούνταν συνεχόμενα κατά τη διάρκεια της άσκησης (Polar RS400, Polar Electro, Φιλανδία). Οι τιμές της καρδιακής συχνότητας καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια των φάσεων της άσκησης σε κάθε σετ έτσι ώστε να υπολογιστεί η μέση τιμή της καρδιακής συχνότητας στο σύνολο του πρωτοκόλλου.

### 3.4 Μετρήσεις

#### 3.4.1 Φορτίο των 10 μέγιστων επαναλήψεων (RM)

Τρεις μέρες πριν την έναρξη των προπονήσεων μετρήθηκε το φορτίο των 10 μέγιστων επαναλήψεων. Στην άσκηση των καθισμάτων χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Smith (γωνία γόνατος:  $74,3 \pm 5,2^\circ$ ) και στην άσκηση πιέσεων των ποδιών στη πρέσα χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα πρέσας ποδιών διαγώνια στις  $45^\circ$ . Επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες ασκήσεις επειδή ενεργοποιούν μεγάλες μυϊκές ομάδες στο κάτω μέρος του σώματος. Πριν το τεστ των 10 RM (Resistance Maximum), οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν την κίνηση του καθίσματος με τους μηρούς παράλληλους σε σχέση με το έδαφος. Έπειτα τους ζητήθηκε να διατηρήσουν αυτή τη θέση έτσι ώστε να σημειωθεί στο μηχάνημα η κατάλληλη θέση της αντίστασης στην συγκεκριμένη γωνία του γόνατος και αμέσως μετά σημείωσαν την ίδια γωνία στο μηχάνημα της πρέσας ποδιών. Κατά τη διάρκεια των καθισμάτων και των πιέσεων στην πρέσα, η κίνηση της καθόδου ελέγχθηκε με μεταλλικά στοπ τα οποία είχαν τοποθετηθεί στα σημεία που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ η κίνηση προς τα πάνω εκτελέστηκε μέχρι την πλήρη έκταση των γονάτων. Για τον προσδιορισμό του βάρους των 10 RM, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν αρχικά 10 επαναλήψεις με ένα ποσοστό βάρους 50% - 60% της 1 μέγιστής τους επανάληψης. Έπειτα το φορτίο αυξανόταν προοδευτικά 5 έως 20 κιλά, κάθε 4 λεπτά έως ότου οι συμμετέχοντες να μην είναι ικανοί να ολοκληρώσουν 10 επαναλήψεις σε όλο το εύρος κίνησης. 3 με 4 σετ απαιτήθηκαν για να προσδιοριστεί το φορτίο των 10 RM.

### 3.4.2 Μηχανικές παράμετροι

Η κατακόρυφη μετατόπιση της μπάρας κατά τη διάρκεια των καθισμάτων και των πιέσεων στη πρέσα μετρήθηκε ως συνάρτηση του χρόνου με τη βοήθεια ενός γραμμικού κωδικοποιητή (Τεχνολογία Ergotest, Νορβηγία) ο οποίος συνδεόταν με μπάρα με ένα καλώδιο. Όταν η μπάρα μετακινούνταν από τους εθελοντές, μεταδιδόταν ένα σήμα από τον κωδικοποιητή με ανάλυση 0,075 χιλιοστών, σε έναν μετασχηματιστή A/D (muscle lab, τεχνολογία Ergotest, συχνότητα δειγματοληψίας 100Hz) ο οποίος ήταν συνδεδεμένος με έναν υπολογιστή για την μεταφορά και την ανάλυση των δεδομένων (έκδοση MuscleLab 6,07, τεχνολογία Ergotest). Το εξωτερικό φορτίο εισήχθη μέσα στο λογισμικό και έτσι υπολογίστηκαν μηχανικοί παράμετροι όπως η ταχύτητα και η δύναμη κατά τη διάρκεια της κίνησης. Βασιζόμενο στην συνολική δύναμη και τα δεδομένα που μεταφέρθηκαν, υπολογίστηκε το συνολικό έργο που εκτελέστηκε σε κάθε συνεδρία άσκησης. Υπήρχαν οπτικές και ακουστικές ενδείξεις που καθοδηγούσαν τους εθελοντές κατά την εκτέλεση των ασκήσεων για την παραγωγή ισχύς ειδικά για το πρωτόκολλο άσκησης που εκτελούνταν εκείνη τη μέρα.

### 3.4.3 Ανάλυση αίματος

8 mL αίματος λήφθηκαν σε κάθε σημείο δειγματοληψίας και εισήχθησαν σε ειδικούς σωλήνες διαχωρισμού του ορού όπου παρέμειναν για 30' μέχρι να πήξουν τα δείγματα και μετά φυγοκεντρήθηκαν σε 1500γρ. για 15'(Hermle Z300K, Labortechnik, Γερμανία). Οι οροί απομονώθηκαν και διαχωρίστηκαν μέσα σε 250mL κλάσματος και καταψύχθηκαν στους -80 °C για μεταγενέστερη ανάλυση.

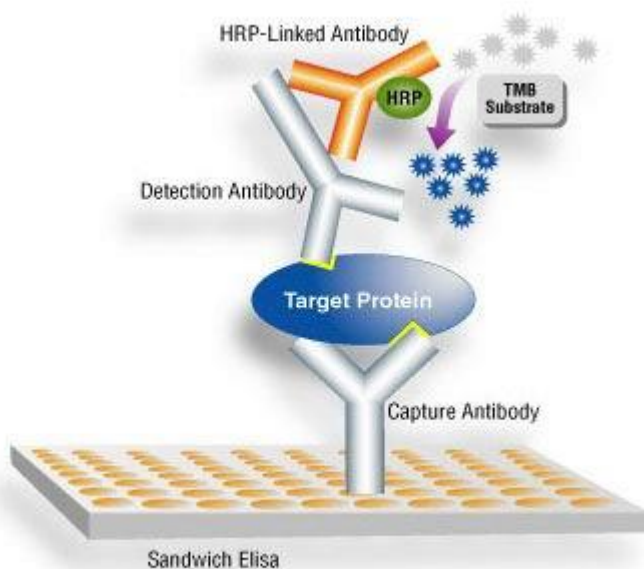
#### 3.4.3.1 Αναλύσεις με τη μέθοδο ELISA

Η fT4 και η TSH προσδιορίστηκαν με την τεχνική ELISA (enzyme – linked immunosorbent assay). Σύμφωνα με αυτήν τη τεχνική συνδυάζεται η ειδικότητα και η ευαισθησία των αντισωμάτων προκειμένου να ανιχνευτεί και να βρεθεί η συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου αντιγόνου – ουσίας προς μελέτη. Συγκεκριμένα, στην πλάκα μικροτιτλοποίησης υπάρχει εξ' αρχής προσδεμένο αντίσωμα ειδικό για το αντιγόνο. Τα δείγματα επωάζονται στην πλάκα και κατόπιν ξεπλένονται οπότε μόνο το υπό μελέτη αντιγόνο μένει προσκολλημένο στην πλάκα επιτρέποντας έτσι τη μελέτη δειγμάτων χωρίς να έχει προηγηθεί ο καθαρισμός τους.

Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα ELISA kits της εταιρίας MP Biomedicals. Πιο συγκεκριμένα για την ανίχνευση της fT4 χρησιμοποιήθηκε το free Thyroxine Enzyme Immunoassay test kit, Catalog Number: 07BC – 1008 και για την ανίχνευση της TSH χρησιμοποιήθηκε το Sensitive Thyroid Stimulating Hormone Enzyme Immunoassay test kit, Catalog Number: 07BC – 1003. Η απορρόφηση των δειγμάτων μετρήθηκε στα 450nm.

#### 3.4.3.2 Διαδικασία της μεθόδου ELISA για τον προσδιορισμό της fT4

Τα δείγματα ορού των δοκιμαζόμενων, οι πρότυπες συγκεντρώσεις (standards) και το αντιδραστήριο θυροξίνης – ενζύμου προστίθενται σε κελιά τα οποία είναι επικαλυμμένα με μονοκλωνικό αντίσωμα T4. Τα δείγματα fT4 των συμμετεχόντων και το επισημασμένο προϊόν σύζευξης T4 ανταγωνίζονται για τις διαθέσιμες θέσεις δέσμησης στο αντίσωμα. Μετά από επώαση 60 λεπτών σε θερμοκρασία δωματίου, τα κελιά πλένονται με νερό για την απομάκρυνση της μη δεσμευμένης T4. Στη συνέχεια προστίθενται ένα διάλυμα  $H_2O_2$ /TMB και επώάζεται για 20 λεπτά, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του μπλε χρώματος. Η ανάπτυξη του μπλε χρώματος διακόπτεται με την προσθήκη 3N HCl και η απορρόφηση μετράται φασματοφωτομετρικά στα 450nm. Η ένταση του χρώματος που σχηματίζεται είναι ανάλογη με την ποσότητα του παρόντος ενζύμου και αντιστρόφως ανάλογη με τη ποσότητα του μη επισημασμένου fT4 στο δείγμα. Με αναφορά σε μία σειρά προτύπων fT4 που προσδιορίστηκαν με τον ίδιο τρόπο, ποσοτικοποιείται η συγκέντρωση του fT4 στο άγνωστο δείγμα.



πηγή: [http://www.cstj.co.jp/ddt/elisa\\_line.php](http://www.cstj.co.jp/ddt/elisa_line.php)

### 3.4.3.3 Διαδικασία της μεθόδου ELISA για τον προσδιορισμό της TSH

Η διαδικασία προσδιορισμού της TSH με τη μέθοδο ELISA ήταν παρόμοια με αυτή της fT4 που αναλύθηκε παραπάνω. Έτσι, σε πλακίδια 96 κελιών τα οποία ήταν επιχρισμένα με μονοκλωνικό αντίσωμα TSH, τοποθετήθηκαν τα δείγματα των δοκιμαζόμενων και τα standards. Η επώαση διήρκησε 2 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου με ανακίνηση και έπειτα η στερεά φάση πλύθηκε με αποσταγμένο νερό για να απομακρυνθούν τα μη δεσμευμένα σημασμένα αντισώματα. Στη συνέχεια προστέθηκε ένα διάλυμα τετραμεθυλοβενζιδίνης (TMB) το οποίο επωάστηκε για 20 λεπτά, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του μπλε χρώματος. Η ανάπτυξη του μπλε χρώματος διακόπηκε με την προσθήκη 1N HCl και το κίτρινο χρώμα που προέκυψε μετρήθηκε φασματοφωτομετρικά στα 450nm. Η συγκέντρωση της TSH είναι ανάλογη προς την ένταση του χρώματος του δείγματος δοκιμής.

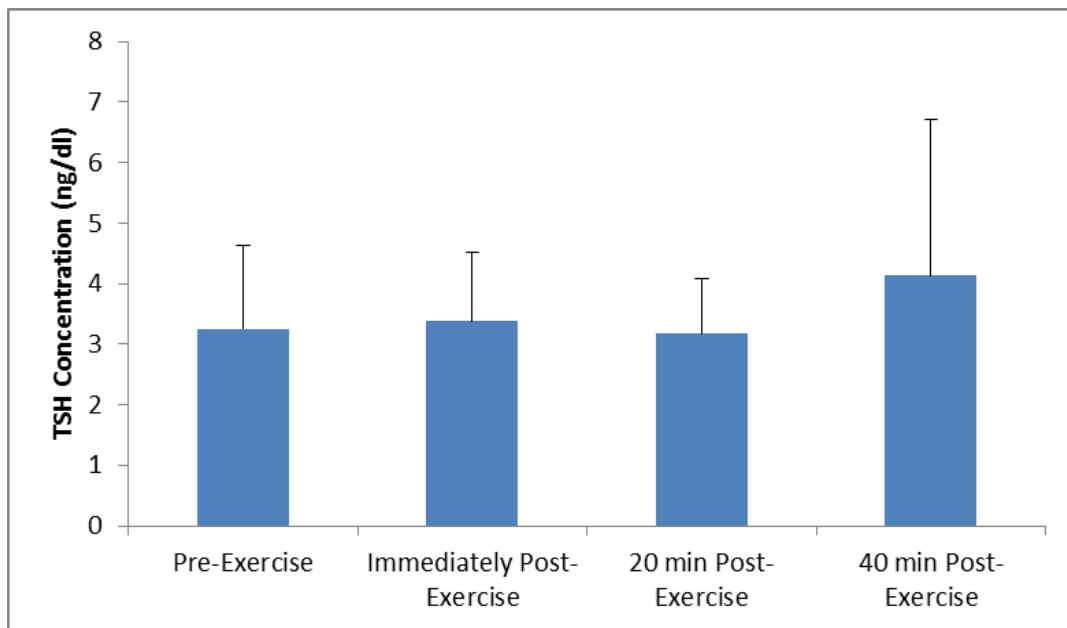
### 3.5 Στατιστική ανάλυση

Ανάλυση διασποράς επαναλαμβανόμενων μετρήσεων σε έναν παράγοντα (one-way ANOVA), χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των μεταβολών στις αιματολογικές αναλύσεις. Tukey's post hoc ανάλυση εφαρμόστηκε για την ανάδειξη σημαντικών διαφορών μεταξύ των μέσων τιμών. Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσες τιμές  $\pm$  τυπικό σφάλμα του μέσου (S.E.M.). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $P < 0,05$ , με δίπλευρο έλεγχο.

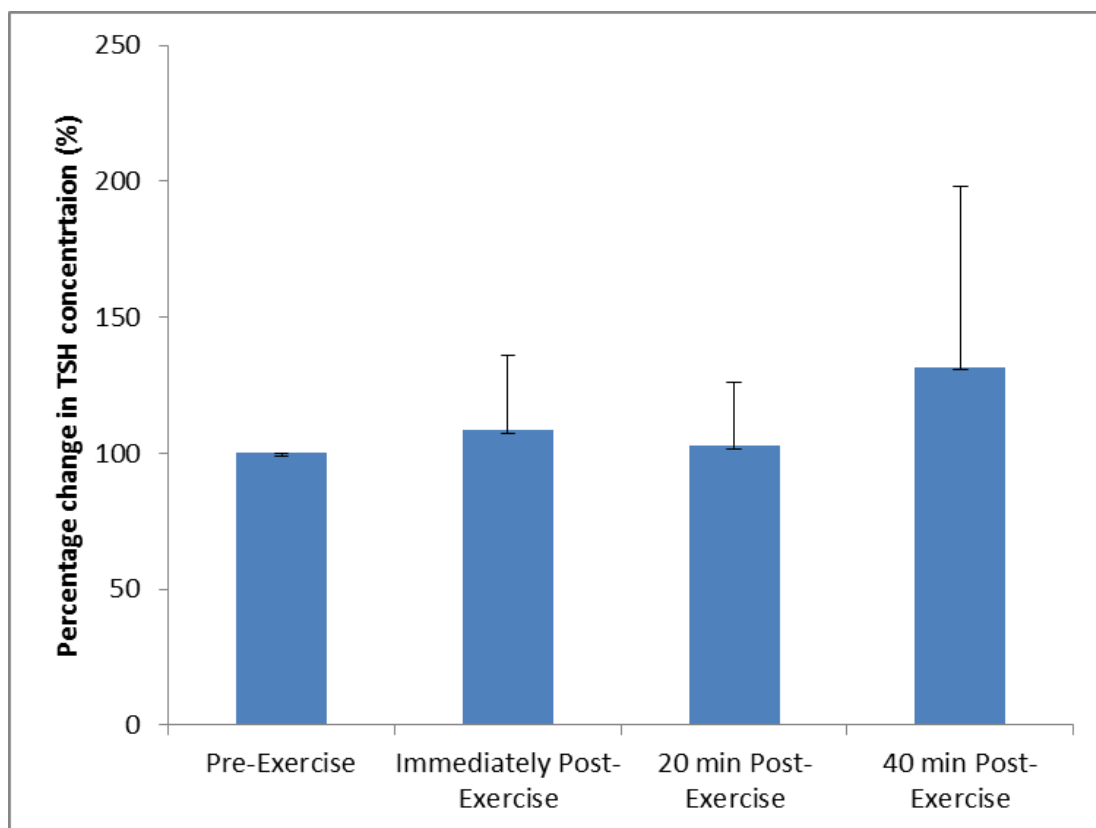
#### 4. Αποτελέσματα

Από τα 11 δείγματα ορού αίματος των εθελοντών, η ανάλυση περιλαμβάνει τα 9 λόγω μη επαρκούς ποσότητας δείγματος.

Στο Tukey HSD test της ANOVA (γράφημα 4.1) και στη ποσοστιαία μεταβολή (γράφημα 4.2) δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χρονικών στιγμών πριν, αμέσως μετά, 20' και 40' μετά τις ασκήσεις με αντιστάσεις.

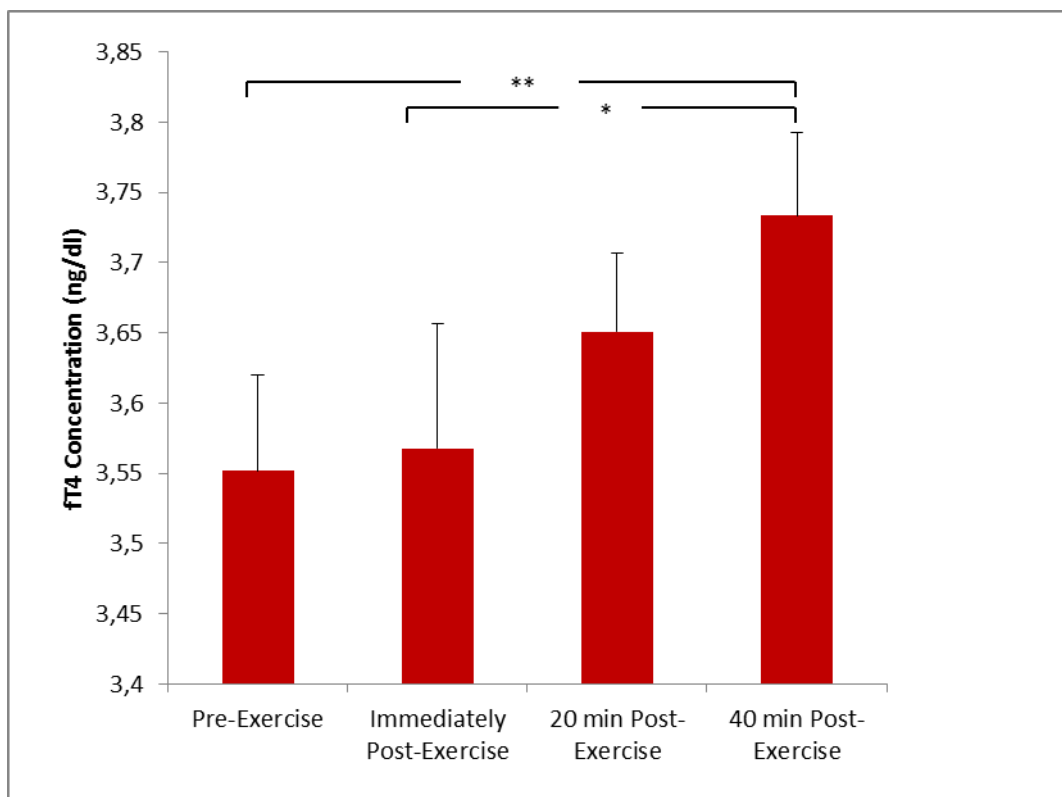


**Γράφημα 4.1 Συγκέντρωση της TSH σε διαφορετικά χρονικά σημεία πριν και μετά την άσκηση (Tukey HSD test)**



**Γράφημα 4.2 Ποσοστιαία μεταβολή της TSH σε διαφορετικά χρονικά σημεία πριν και μετά την άσκηση (Tukey HSD test)**

Σχετικά με την ορμόνη fT4, στο Tukey HSD test (γράφημα 4.3) της ANOVA παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της ορμόνης, 40' μετά την άσκηση σε σύγκριση με τα επίπεδα της πριν και αμέσως μετά την άσκηση.

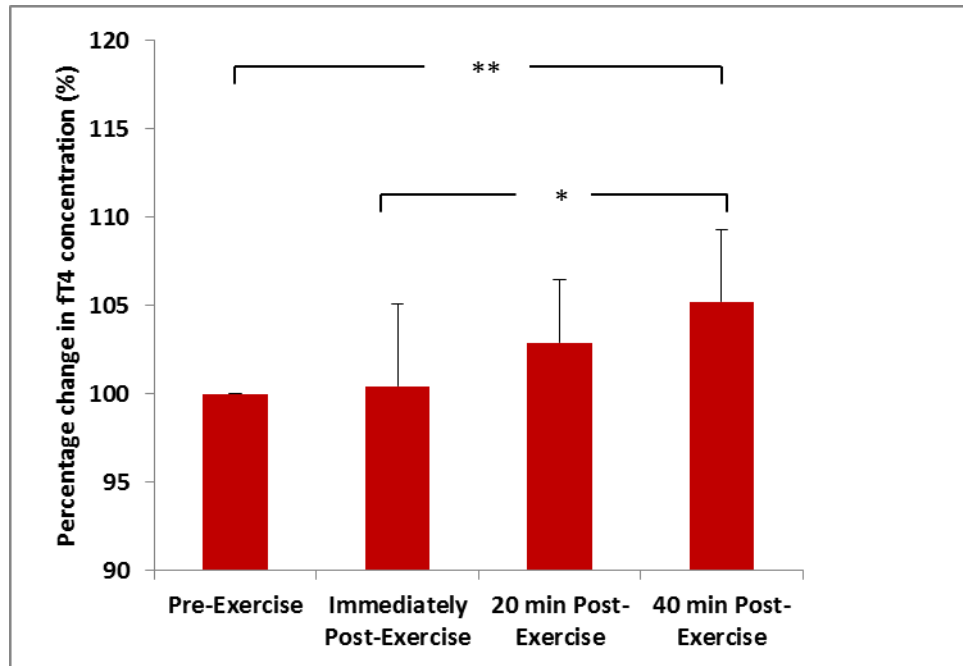


**Γράφημα 4.3 Συγκέντρωση της fT4 σε διαφορετικά χρονικά σημεία πριν και μετά την άσκηση (Tukey HSD test)**

\*  $P < 0.05$

\*\*  $P < 0.005$

Η ποσοστιαία ανάλυση στο Tukey HSD test (γράφημα 4.4) συμφωνεί με τα παραπάνω αποτελέσματα.



**Γράφημα 4.4 Ποσοστιαία μεταβολή της fT4 σε διαφορετικά χρονικά σημεία πριν και μετά την άσκηση (Tukey HSD test)**

\*  $P < 0.05$

\*\*  $P < 0.005$

## 5. Συμπεράσματα

Η άσκηση είναι μία στρεσογόνος κατάσταση η οποία προκαλεί την ομοιόσταση του σώματος, έτσι ώστε ο οργανισμός να αποκαταστήσει μία νέα δυναμική ισορροπία προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η βλάβη των κυττάρων. Ένα εκ των συστημάτων που επηρεάζονται είναι ο άξονας υποθαλάμου- υπόφυσης- θυρεοειδούς [84]. Ενώ οι αυξημένες μεταβολικές απαιτήσεις εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της άσκησης, η υψηλότερη θερμογένεση αντισταθμίζεται από μηχανισμούς που ενεργοποιούνται προκειμένου να απομακρύνουν τη θερμότητα, όπως η αγγειοδιαστολή. Τόσο ο μεταβολισμός των υποστρωμάτων όσο και η θερμογένεση ρυθμίζονται αυστηρά από τις ορμόνες του θυρεοειδούς. Η ένταση, η διάρκεια και το είδος της άσκησης μπορούν να προκαλέσουν διαφορετικές αποκρίσεις και έτσι τα αποτελέσματα είναι αντιφατικά [82].

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν ο προσδιορισμός της απόκρισης της ελεύθερης θυροξίνης (fT4) και της θυρεοειδοτρόπου ορμόνης (TSH) σε νέους, υγιείς και εξοικειωμένους στις ασκήσεις με αντιστάσεις άνδρες, μετά από προπόνηση ασκήσεων με αντιστάσεις στους εκτείνοντες μυς των κάτω άκρων, με μέγιστη ταχύτητα κίνησης κατά την εκτέλεση της σύγκεντρης συστολής.

Στην παρούσα εργασία βρέθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση των συγκεντρώσεων της ορμόνης fT4 στους εθελοντές, 40' μετά το τέλος της άσκησης σε σύγκριση με τις τιμές των συγκεντρώσεων πριν την άσκηση και αμέσως μετά το τέλος της άσκησης.

Στη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής, πολλές μελέτες που να έχουν ασχοληθεί με την απόκριση των ορμονών του θυρεοειδούς και της TSH μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις. Στη μελέτη του Simsch et al [37], τα επίπεδα της ορμόνης TSH μειώθηκαν μετά από 3 εβδομάδες ασκήσεων με αντιστάσεις (6 προπονήσεις/ εβδομάδα), ενώ η fT4 παρέμεινε σταθερή. Παρομοίως η συγκέντρωση της TSH μειώθηκε σε μία άλλη μελέτη όπου υποβλήθηκαν επαγγελματίες αρσιβαρίστες για μία εβδομάδα (2 προπονήσεις/ ημέρα) σε έντονη προπόνηση με αντιστάσεις [35]. Ο ίδιος ερευνητής με τους συνεργάτες του, μελετώντας τη λειτουργία του θυρεοειδούς σε 21 άνδρες που πραγματοποίησαν προοδευτικά αυξανόμενη προπόνηση δύναμης 24 εβδομάδων, παρατήρησαν μείωση στα επίπεδα των ορμονών T4 και της fT4 κατά τη διάρκεια των προπονήσεων, τα οποία όμως επανήλθαν στα αρχικά κατά την ανάπαυση [90].

Αυτές οι μελέτες έρχονται σε αντίθεση με τα δικά μας ευρήματα όπου οι συγκεντρώσεις της fT4 αυξήθηκαν. Ίσως η αντίθεση αυτή με τις μελέτες που αναφέρθηκαν να έγκειται στο γεγονός πως σε αυτή την εργασία ερευνήθηκε η οξεία απόκριση των ορμονών σε μία προπόνηση και όχι η απόκρισή τους μετά από αρκετές προπονήσεις αντιστάσεων όπως στις παραπάνω μελέτες. Αύξηση στα επίπεδα της TSH παρατηρήθηκε σε μία πρόσφατη μελέτη όπου οι εθελοντές εκτέλεσαν μία αθλητική μέγιστη δοκιμασία στο κυκλοεργόμετρο μέχρι την εξάντληση [36]. Παρομοίως σε μία έρευνα όπου οι εθελοντές έκαναν cross-country ski 70χλμ., αυξήθηκε η TSH αμέσως και κορυφώθηκε στο 175% η αύξησή της την επόμενη μέρα ενώ παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα μέχρι και 4 ημέρες μετά την άσκηση [91]. Στη μελέτη του Alen M. et al, μελετήθηκε η θυρεοειδική λειτουργία σε 11 επαγγελματίες αρσιβαρίστες κατά την διάρκεια ενός έτους. Δεν υπήρξε καμία μεταβολή στις ορμόνες εκτός από την 14 έως 18 εβδομάδα όπου μειώθηκε ο όγκος της προπόνησης και παρατηρήθηκε αύξηση αλλά εντός των φυσιολογικών ορίων στην T3, fT4 και T4 [92]. Παρότι υπάρχουν μελέτες όπου οι ορμόνες fT4 ή η TSH έχουν την ίδια απόκριση με τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας, ωστόσο τα πρωτόκολλα άσκησης διαφέρουν.

Παλαιότερες μελέτες δείχνουν καθόλου ή μία μέτρια αύξηση στην λειτουργία του θυρεοειδούς κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης η οποία διαρκεί λίγες ώρες [91, 93-94]. Γενικότερα φαίνεται πως η οξεία άσκηση επηρεάζει τον άξονα υποθαλαμου-υπόφυσης-θυρεοειδούς, αλλά οι επιδράσεις της άσκησης στα επίπεδα των κυκλοφορούντων ορμονών του θυρεοειδούς παραμένουν ασαφείς. Το πρωτόκολλο άσκησης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία έδειξε θετική απόκριση στις συγκεντρώσεις της fT4 και ήπια μη στατιστικά σημαντική αύξηση στις συγκεντρώσεις της TSH. Αρκετοί συγγραφείς έχουν μελετήσει την απόκριση των ορμονών που προκαλείται από την άσκηση σε υγιή άτομα συμπεριλαμβανομένων και αθλητών, αλλά τα ευρήματα είναι διφορούμενα. Τα αποτελέσματά μας είναι σε συμφωνία με μελέτες που έχουν βρεθεί αυξήσεις στα επίπεδα της TSH και της fT4 [36, 82]. Ωστόσο, ορισμένοι συγγραφείς δεν παρατήρησαν καμία διαφορά στην TSH και fT4 σε καλά προπονημένους αθλητές [95][77], ενώ άλλοι έχουν αναφερθεί σε μειωμένη έκκριση [35, 90].

Σύμφωνα με τον Kraemer et al., υπάρχουν πολλές μεταβλητές που μπορούν να προκαλέσουν οξεία ή χρόνια ορμονική επίδραση. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους είναι η ένταση, ο όγκος, η διάρκεια της άσκησης αλλά και ο χρόνος ανάπαυσης, η μυϊκή μάζα που συμμετέχει, καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων όπως η ηλικία, το φύλο και η φυσική τους

κατάσταση [96]. Παρομοίως, σύμφωνα με τον Viru et al. [97], γενετικοί λόγοι και/ ή η προσαρμοστική ικανότητα του κάθε ανθρώπου στην άσκηση μπορεί να προκαλέσουν διαφορετικές ενδοκρινικές αποκρίσεις. Αυτό φαίνεται και στη μελέτη του Baylor et al, όπου 17 γυναίκες αθλήτριες κωπηλασίας με ίδια χαρακτηριστικά είχαν διαφορετική ορμονική απόκριση στις ορμόνες του θυρεοειδούς μετά την εκτέλεση του ίδιου πρωτοκόλλου άσκησης [83]. Οπότε είναι πιθανό, οι παραπάνω να είναι οι λόγοι για τους οποίους οι μελέτες που έχουν ασχοληθεί με την απόκριση των ορμονών του θυρεοειδούς μετά από διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης να μην συμφωνούν μεταξύ τους και να έχουν διαφορετικά αποτελέσματα. Σε αυτή την εργασία η TSH ήπια, αλλά πολύ περισσότερο η fT4 αυξάνονται 40' μετά από προπόνηση με αντιστάσεις στα κάτω άκρα με μέγιστη ταχύτητα κίνησης.

Ορμόνες όπως η αυξητική ορμόνη, η τεστοστερόνη, η κορτιζόλη και οι κατεχολαμίνες για τις οποίες έχει γίνει εκτενής έρευνα σχετικά με την απόκριση τους στην άσκηση, φαίνεται πως μπορούν να μεταβληθούν και να έχουν αναβολική ή καταβολική δράση κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και πρωτόκολλα ασκήσεων με αντιστάσεις. Μεταβλητές όπως η ταχύτητα κίνησης κατά τη σύγκεντρη και έκκεντρη συστολή, ο αριθμός των επαναλήψεων, των σετ, η προπονητική κατάσταση του αθλούμενου και όλοι οι παράγοντες που αναφέρθηκαν παραπάνω ίσως να αλλάζουν την απόκριση αυτών των ορμονών. Έτσι, όσον αφορά στην ταχύτητα κίνησης ο Smilios et al, βρήκαν πως η τεστοστερόνη και η αυξητική ορμόνη εκκρίνονται στον ίδιο βαθμό σε ασκήσεις με αντιστάσεις με μέγιστη και υπομέγιστη ταχύτητα κίνησης των επαναλήψεων (70% της Vmax και Vmax), ενώ η κορτιζόλη μένει σταθερή όταν η ταχύτητα κίνησης είναι μέγιστη και στην υπομέγιστη μειώνεται [32]. Σύμφωνα με τον Goto et al, παρατείνοντας τη διάρκεια της επανάληψης περισσότερο από 1sec/1sec αυξάνεται περισσότερο η αυξητική ορμόνη και η κορτιζόλη ακόμα και όταν η αντίσταση είναι μικρότερη (50% της 1RM ≠ 80% της 1RM), ενώ οι κατεχολαμίνες και η τεστοστερόνη αυξάνονται και στις 2 περιπτώσεις το ίδιο [62]. Οι επαναλήψεις με αργή ταχύτητα κίνησης (3sec/3sec) και με χαμηλή αντίσταση (40% της 1RM) αυξάνουν την ελεύθερη τεστοστερόνη, την αυξητική ορμόνη, τις κατεχολαμίνες και διατηρούν σταθερά τα επίπεδα της κορτιζόλης, ενώ γρηγορότερη ταχύτητα κίνησης (1sec/1sec) με διπλάσια αντίσταση προκαλεί αύξηση μόνο στις κατεχολαμίνες. Γρήγορη ταχύτητα κίνησης με χαμηλή αντίσταση μπορεί να προκαλέσει ελάττωση των επιπέδων κορτιζόλης [61]. Η έκκεντρη συστολή όταν πραγματοποιείται με αργή ταχύτητα προκαλεί μεγαλύτερη αύξηση στην αυξητική ορμόνη [13], το οποίο έρχεται σε αντίθεση με την μελέτη του Heandley et al, στην

οποία δεν βρέθηκε διαφορά στην αυξητική ορμόνη και τεστοστερόνη σε διαφορετικές ταχύτητες κίνησης σε έκκεντρες συστολές [60].

Περιορισμός αυτής της μελέτης είναι το μικρό σχετικά δείγμα της. Στο μέλλον είναι ανάγκη να γίνουν μελέτες με μεγαλύτερο δείγμα και με διαφορετικά πρωτόκολλα ασκήσεων με αντιστάσεις συμπεριλαμβανομένων του διαφορετικού αριθμού επαναλήψεων και σετ, της ταχύτητας κίνησης, του χρόνου διαλείμματος ανά σετ, της υψηλής έναντι χαμηλής έντασης, μεταβλητές που σε μελέτες που ερευνούν την απόκριση άλλων ορμονών, όπως η τεστοστερόνη και η αυξητική ορμόνη, φαίνεται ότι παίζουν ρόλο. Άλλοι παράγοντες που μπορούν να εξεταστούν είναι η απόκριση αυτών των ορμονών σε διαφορετικούς πληθυσμούς και ηλικίες. Δεν υπάρχουν στη βιβλιογραφία πολλά δεδομένα για την απόκριση των θυρεοειδικών ορμονών και της θυρεοειδοτρόπου ορμόνης μετά από ασκήσεις με αντιστάσεις, εξού και η πρωτοτυπία αυτής της μελέτης.

Συνοψίζοντας, οι συγκεντρώσεις της ελεύθερης θυροξίνης, και σε μη σημαντικό βαθμό της θυρεοειδοτρόπου ορμόνης, φαίνεται να αυξάνονται σημαντικά 40' μετά το τέλος μίας προπόνησης με αντιστάσεις με μέγιστη ταχύτητα κίνησης κατά τη σύγκεντρη συστολή, ωστόσο μελέτες με μεγαλύτερο δείγμα δοκιμαζομένων και διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης χρειάζεται να πραγματοποιηθούν στο μέλλον.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Schoenfeld, B.J., *The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training*. J Strength Cond Res, 2010. **24**(10): p. 2857-72.
2. Δεληγιάννης, Α.Π., *Ιατρική της Άθλησης*. 1992.
3. Doherty, T.J., *Invited review: Aging and sarcopenia*. J Appl Physiol (1985), 2003. **95**(4): p. 1717-27.
4. Wolfson, L., et al., *Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls*. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 1995. **50 Spec No**: p. 64-7.
5. Campbell, A.J., et al., *Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older*. Age Ageing, 1999. **28**(6): p. 513-8.
6. Wickham, C., et al., *Muscle strength, activity, housing and the risk of falls in elderly people*. Age Ageing, 1989. **18**(1): p. 47-51.
7. Holloszy, J.O., *The biology of aging*. Mayo Clin Proc, 2000. **75 Suppl**: p. S3-8; discussion S8-9.
8. Tinetti, M.E. and C.S. Williams, *Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home*. N Engl J Med, 1997. **337**(18): p. 1279-84.
9. Cadore, E.L., et al., *Hormonal responses to resistance exercise in long-term trained and untrained middle-aged men*. J Strength Cond Res, 2008. **22**(5): p. 1617-24.
10. Tsai, C.L., et al., *Executive function and endocrinological responses to acute resistance exercise*. Front Behav Neurosci, 2014. **8**: p. 262.
11. French, D.N., et al., *Anticipatory responses of catecholamines on muscle force production*. J Appl Physiol (1985), 2007. **102**(1): p. 94-102.
12. Pullinen, T., et al., *Plasma catecholamine and serum testosterone responses to four units of resistance exercise in young and adult male athletes*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1998. **77**(5): p. 413-20.
13. Calixto, R., et al., *Acute effects of movement velocity on blood lactate and growth hormone responses after eccentric bench press exercise in resistance-trained men*. Biol Sport, 2014. **31**(4): p. 289-94.
14. Charro, M.A., et al., *Hormonal, metabolic and perceptual responses to different resistance training systems*. J Sports Med Phys Fitness, 2010. **50**(2): p. 229-34.
15. West, D.W., et al., *Elevations in ostensibly anabolic hormones with resistance exercise enhance neither training-induced muscle hypertrophy nor strength of the elbow flexors*. J Appl Physiol (1985), 2010. **108**(1): p. 60-7.
16. Goto, K., et al., *The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations*. Med Sci Sports Exerc, 2005. **37**(6): p. 955-63.
17. Pullinen, T., et al., *Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys*. Med Sci Sports Exerc, 2002. **34**(5): p. 806-13.
18. Κλεισούρας, Β., *Εργοφυσιολογία Τόμος 2*. 2004.
19. Kraemer, W.J., et al., *American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults*. Med Sci Sports Exerc, 2002. **34**(2): p. 364-80.
20. Καραμούζης, Μ.Ι., *Βιοχημεία της Άσκησης*. 2001.
21. Tidball, J.G., *Mechanical signal transduction in skeletal muscle growth and adaptation*. J Appl Physiol (1985), 2005. **98**(5): p. 1900-8.
22. Solomon, A.M. and P.M. Bouloux, *Modifying muscle mass - the endocrine perspective*. J Endocrinol, 2006. **191**(2): p. 349-60.

23. Schoenfeld, B.J., *Postexercise hypertrophic adaptations: a reexamination of the hormone hypothesis and its applicability to resistance training program design*. J Strength Cond Res, 2013. **27**(6): p. 1720-30.
24. Hansen, S., et al., *The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels*. Scand J Med Sci Sports, 2001. **11**(6): p. 347-54.
25. Loenneke, J.P., et al., *Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory*. Med Hypotheses, 2011. **77**(5): p. 748-52.
26. Phillips, S.M., *Physiologic and molecular bases of muscle hypertrophy and atrophy: impact of resistance exercise on human skeletal muscle (protein and exercise dose effects)*. Appl Physiol Nutr Metab, 2009. **34**(3): p. 403-10.
27. West, D.W. and S.M. Phillips, *Anabolic processes in human skeletal muscle: restoring the identities of growth hormone and testosterone*. Phys Sportsmed, 2010. **38**(3): p. 97-104.
28. Wilkinson, S.B., et al., *Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration*. Eur J Appl Physiol, 2006. **98**(6): p. 546-55.
29. Kraemer, W.J., et al., *Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols*. J Appl Physiol (1985), 1990. **69**(4): p. 1442-50.
30. Μπαλτόπουλος, Π.Ι., *Λειτουργική Ανατομική του Ανθρώπου 2*. 1994.
31. mougiος, V.C., *Βιοχημεία της Άσκησης*. 2008.
32. Smilios, I., et al., *Hormonal responses after resistance exercise performed with maximum and submaximum movement velocities*. Appl Physiol Nutr Metab, 2014. **39**(3): p. 351-7.
33. Pullinen, T., et al., *Resistance exercise-induced hormonal response under the influence of delayed onset muscle soreness in men and boys*. Scand J Med Sci Sports, 2011. **21**(6): p. e184-94.
34. Leite, R.D., et al., *Acute effect of resistance training volume on hormonal responses in trained men*. J Sports Med Phys Fitness, 2011. **51**(2): p. 322-8.
35. Pakarinen, A., K. Hakkinen, and M. Alen, *Serum thyroid hormones, thyrotropin and thyroxine binding globulin in elite athletes during very intense strength training of one week*. J Sports Med Phys Fitness, 1991. **31**(2): p. 142-6.
36. Soria, M., M. Anson, and J.F. Escanero, *Correlation Analysis of Exercise-Induced Changes in Plasma Trace Element and Hormone Levels During Incremental Exercise in Well-Trained Athletes*. Biol Trace Elem Res, 2016. **170**(1): p. 55-64.
37. Simsch, C., et al., *Training intensity influences leptin and thyroid hormones in highly trained rowers*. Int J Sports Med, 2002. **23**(6): p. 422-7.
38. Vingren, J.L., et al., *Testosterone physiology in resistance exercise and training: the up-stream regulatory elements*. Sports Med, 2010. **40**(12): p. 1037-53.
39. Ahtiainen, J.P., et al., *Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in strength athletes versus nonathletes*. Can J Appl Physiol, 2004. **29**(5): p. 527-43.
40. Ahtiainen, J.P., et al., *Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men*. J Strength Cond Res, 2005. **19**(3): p. 572-82.
41. Kraemer, W.J., et al., *Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men*. J Appl Physiol (1985), 1999. **87**(3): p. 982-92.
42. Kadi, F., et al., *The expression of androgen receptors in human neck and limb muscles: effects of training and self-administration of androgenic-anabolic steroids*. Histochem Cell Biol, 2000. **113**(1): p. 25-9.
43. Willoughby, D.S. and L. Taylor, *Effects of sequential bouts of resistance exercise on androgen receptor expression*. Med Sci Sports Exerc, 2004. **36**(9): p. 1499-506.

44. Harridge, S.D., *Plasticity of human skeletal muscle: gene expression to in vivo function*. Exp Physiol, 2007. **92**(5): p. 783-97.
45. Ahtiainen, J.P., et al., *Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men*. Eur J Appl Physiol, 2003. **89**(6): p. 555-63.
46. Ratamess, N.A., et al., *Androgen receptor content following heavy resistance exercise in men*. J Steroid Biochem Mol Biol, 2005. **93**(1): p. 35-42.
47. Smilios, I., et al., *Hormonal responses after various resistance exercise protocols*. Med Sci Sports Exerc, 2003. **35**(4): p. 644-54.
48. Velloso, C.P., *Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I*. Br J Pharmacol, 2008. **154**(3): p. 557-68.
49. Vierck, J., et al., *Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise*. Cell Biol Int, 2000. **24**(5): p. 263-72.
50. Kim, H., et al., *Intact insulin and insulin-like growth factor-I receptor signaling is required for growth hormone effects on skeletal muscle growth and function in vivo*. Endocrinology, 2005. **146**(4): p. 1772-9.
51. Aperghis, M., et al., *Serum IGF-I levels and IGF-I gene splicing in muscle of healthy young males receiving rhGH*. Growth Horm IGF Res, 2009. **19**(1): p. 61-7.
52. Rigamonti, A.E., et al., *Muscle expressions of MGF, IGF-IEa, and myostatin in intact and hypophysectomized rats: effects of rhGH and testosterone alone or combined*. Horm Metab Res, 2009. **41**(1): p. 23-9.
53. Sotiropoulos, A., et al., *Growth hormone promotes skeletal muscle cell fusion independent of insulin-like growth factor 1 up-regulation*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2006. **103**(19): p. 7315-20.
54. Kraemer, W.J., et al., *Acute hormonal responses to a single bout of heavy resistance exercise in trained power lifters and untrained men*. Can J Appl Physiol, 1999. **24**(6): p. 524-37.
55. Ramel, A., K.H. Wagner, and I. Elmadfa, *Correlations between plasma noradrenaline concentrations, antioxidants, and neutrophil counts after submaximal resistance exercise in men*. Br J Sports Med, 2004. **38**(5): p. E22.
56. Mikkelsen, U.R., et al., *Excitation-induced cell damage and beta2-adrenoceptor agonist stimulated force recovery in rat skeletal muscle*. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, 2006. **290**(2): p. R265-72.
57. Ahtiainen, J.P., et al., *Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises*. Int J Sports Med, 2003. **24**(6): p. 410-8.
58. Migiano, M.J., et al., *Endocrine response patterns to acute unilateral and bilateral resistance exercise in men*. J Strength Cond Res, 2010. **24**(1): p. 128-34.
59. Simao, R., et al., *Influence of upper-body exercise order on hormonal responses in trained men*. Appl Physiol Nutr Metab, 2013. **38**(2): p. 177-81.
60. Headley, S.A., et al., *Effects of lifting tempo on one repetition maximum and hormonal responses to a bench press protocol*. J Strength Cond Res, 2011. **25**(2): p. 406-13.
61. Goto, K., et al., *Hormone and recovery responses to resistance exercise with slow movement*. J Physiol Sci, 2008. **58**(1): p. 7-14.
62. Goto, K., et al., *Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions*. Eur J Appl Physiol, 2009. **106**(5): p. 731-9.
63. Okamoto, T., M. Masuhara, and K. Ikuta, *Low-intensity resistance exercise with slow lifting and lowering does not increase noradrenalin and cardiovascular responses*. Clin Physiol Funct Imaging, 2009. **29**(1): p. 32-7.
64. Bottaro, M., et al., *Effects of rest duration between sets of resistance training on acute hormonal responses in trained women*. J Sci Med Sport, 2009. **12**(1): p. 73-8.

65. Elias, A.N., et al., *Effects of blood pH and blood lactate on growth hormone, prolactin, and gonadotropin release after acute exercise in male volunteers*. Proc Soc Exp Biol Med, 1997. **214**(2): p. 156-60.
66. Gordon, S.E., et al., *Effect of acid-base balance on the growth hormone response to acute high-intensity cycle exercise*. J Appl Physiol (1985), 1994. **76**(2): p. 821-9.
67. Kraemer, W.J., et al., *Changes in hormonal concentrations after different heavy-resistance exercise protocols in women*. J Appl Physiol (1985), 1993. **75**(2): p. 594-604.
68. Takarada, Y., et al., *Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion*. J Appl Physiol (1985), 2000. **88**(1): p. 61-5.
69. Viru, M., et al., *Effect of restricted blood flow on exercise-induced hormone changes in healthy men*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1998. **77**(6): p. 517-22.
70. Arazi, H., A. Damirchi, and A. Asadi, *Age-related hormonal adaptations, muscle circumference and strength development with 8 weeks moderate intensity resistance training*. Ann Endocrinol (Paris), 2013. **74**(1): p. 30-5.
71. Spiering, B.A., et al., *Elevated endogenous testosterone concentrations potentiate muscle androgen receptor responses to resistance exercise*. J Steroid Biochem Mol Biol, 2009. **114**(3-5): p. 195-9.
72. McCaulley, G.O., et al., *Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise*. Eur J Appl Physiol, 2009. **105**(5): p. 695-704.
73. Goto, K., et al., *Attenuated growth hormone response to resistance exercise with prior sprint exercise*. Med Sci Sports Exerc, 2007. **39**(1): p. 108-15.
74. O'Driscoll, J., F. Kerin, and E. Delahunt, *Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: A Case report*. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol, 2011. **3**: p. 13.
75. Wu, Y.K., et al., *Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance*. Scand J Med Sci Sports, 2010. **20**(1): p. e80-6.
76. da Conceicao, R.R., et al., *Acute endocrine responses to different strength exercise order in men*. J Hum Kinet, 2014. **44**: p. 111-20.
77. Nickols-Richardson, S.M., et al., *Concentric and eccentric isokinetic resistance training similarly increases muscular strength, fat-free soft tissue mass, and specific bone mineral measurements in young women*. Osteoporos Int, 2007. **18**(6): p. 789-96.
78. Norrbrand, L., et al., *Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size*. Eur J Appl Physiol, 2008. **102**(3): p. 271-81.
79. Schumann, M., et al., *Acute neuromuscular and endocrine responses and recovery to single-session combined endurance and strength loadings: "order effect" in untrained young men*. J Strength Cond Res, 2013. **27**(2): p. 421-33.
80. Escandar Rahimi, Y.M.Z.a.M.A.B., *The effect of resistance training on thyroid hormones*. Pelagia Research Library, 2003. **3**((2)): p. 443-447.
81. Senese, R., et al., *Thyroid: biological actions of 'nonclassical' thyroid hormones*. J Endocrinol, 2014. **221**(2): p. R1-12.
82. Fortunato, R.S., et al., *The effect of acute exercise session on thyroid hormone economy in rats*. J Endocrinol, 2008. **198**(2): p. 347-53.
83. Baylor, L.S. and A.C. Hackney, *Resting thyroid and leptin hormone changes in women following intense, prolonged exercise training*. Eur J Appl Physiol, 2003. **88**(4-5): p. 480-4.
84. Mastorakos, G. and M. Pavlatou, *Exercise as a stress model and the interplay between the hypothalamus-pituitary-adrenal and the hypothalamus-pituitary-thyroid axes*. Horm Metab Res, 2005. **37**(9): p. 577-84.

85. Aakvaag, A., et al., *Hormonal changes in serum in young men during prolonged physical strain*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1978. **39**(4): p. 283-91.
86. Brooks GA., F.T., White TP, *Neural-endocrine control of metabolism*. In: *Exercise physiology: human bioenergetics and its application*. 1996. 56-176.
87. Rone, J.K., R.F. Dons, and H.L. Reed, *The effect of endurance training on serum triiodothyronine kinetics in man: physical conditioning marked by enhanced thyroid hormone metabolism*. Clin Endocrinol (Oxf), 1992. **37**(4): p. 325-30.
88. Wilson, T.A., et al., *DiGeorge anomaly with renal agenesis in infants of mothers with diabetes*. Am J Med Genet, 1993. **47**(7): p. 1078-82.
89. Opstad, P.K., et al., *The thyroid function in young men during prolonged exercise and the effect of energy and sleep deprivation*. Clin Endocrinol (Oxf), 1984. **20**(6): p. 657-69.
90. Pakarinen, A., et al., *Serum thyroid hormones, thyrotropin and thyroxine binding globulin during prolonged strength training*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1988. **57**(4): p. 394-8.
91. Refsum, H.E. and S.B. Stromme, *Serum thyroxine, triiodothyronine and thyroid stimulating hormone after prolonged heavy exercise*. Scand J Clin Lab Invest, 1979. **39**(5): p. 455-9.
92. Alen, M., A. Pakarinen, and K. Hakkinen, *Effects of prolonged training on serum thyrotropin and thyroid hormones in elite strength athletes*. J Sports Sci, 1993. **11**(6): p. 493-7.
93. Terjung, R.L. and W.W. Winder, *Exercise and thyroid function*. Med Sci Sports, 1975. **7**(1): p. 20-6.
94. Galbo, H., et al., *Thyroid and testicular hormone responses to graded and prolonged exercise in man*. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1977. **36**(2): p. 101-6.
95. Smallridge, R.C., et al., *Effects of exercise and physical fitness on the pituitary-thyroid axis and on prolactin secretion in male runners*. Metabolism, 1985. **34**(10): p. 949-54.
96. Kraemer, W.J., *Endocrine responses to resistance exercise*. Med Sci Sports Exerc, 1988. **20**(5 Suppl): p. S152-7.
97. Viru, A.M., et al., *Influence of prolonged continuous exercise on hormone responses to subsequent exercise in humans*. Eur J Appl Physiol, 2001. **85**(6): p. 578-85.