



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ»

«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ
ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ
ΣΤΗ ΜΥΪΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΜΥΪΚΗ ΜΑΖΑ»

Θωμάς Μπάμπουλης

Διδακτορική Διατριβή

ΙΟΥΛΙΟΣ 2024

© Copyright
Θωμάς Μπάμπουλης
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Το δοκίμιο αυτό αποτελεί Διδακτορική Διατριβή που συντάχθηκε για το Πρόγραμμα Διδακτορικών Σπουδών «Φυσική Αγωγή και Αθλητισμός», της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ και υποβλήθηκε τον Ιούλιο του 2024.

Ο συγγραφέας βεβαιώνει ότι το περιεχόμενο του παρόντος έργου είναι αποτέλεσμα προσωπικής εργασίας και ότι έχει γίνει η κατάλληλη αναφορά στην εργασία τρίτων – όπου κάτι τέτοιο ήταν απαραίτητο-, σύμφωνα με τους κανόνες της ακαδημαϊκής δεοντολογίας.

Μέλη της Συμβουλευτικής Επιτροπής

Τερζής Γεράσιμος

(Καθηγητής, Κλασικού Αθλητισμού, Αθλητικές Ρίψεις, Σ.Ε.Φ.Α.Α., Ε.Κ.Π.Α)

Μπογδάνης Γρηγόρης

(Καθηγητής, Κλασικού Αθλητισμού, Προπονητική, Σ.Ε.Φ.Α.Α., Ε.Κ.Π.Α)

Ζάρας Νικόλαος

(Επίκουρος Καθηγητής, Προπονητική, Τ.Ε.Φ.Α.Α, Δ.Π.Θ.)

Αποστολίδης Νίκος

(Καθηγητής, Αθλοπαιδιών, Ειδική Προπονησιολογία της Καλαθοσφαίρισης, Σ.Ε.Φ.Α.Α., Ε.Κ.Π.Α)

Τουμπέκης Αργύρης

(Καθηγητής, Υγρού Στίβου, Διδακτική και Προπονητική Κολύμβησης, Σ.Ε.Φ.Α.Α., Ε.Κ.Π.Α)

Καραμπάτσος Γιώργος

(Αναπληρωτής καθηγητής, Κλασικού Αθλητισμού, Αθλητικές Ρίψεις, Σ.Ε.Φ.Α.Α., Ε.Κ.Π.Α)

Δόντη Ολύβια

(Αναπληρώτρια καθηγήτρια, Γυμναστικής & Χορού, Διδακτική και Προπονητική Βασικής Γυμναστικής)

ΠΡΑΚΤΙΚΟ
ΕΠΤΑΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Του Θωμά Μπάμπουλη

Η επταμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Συνέλευση του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 20/6/2024 για την κρίση και αξιολόγηση της διδακτορικής διατριβής του **κ. Θωμά Μπάμπουλη** με τίτλο: «Επίδραση της μειωμένης συχνότητας προπόνησης με αντιστάσεις στη μυϊκή απόδοση και τη μυϊκή μάζα» αποτελούμενη από τους κ.κ. **Γ. Τερζή** Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπων), **Γ. Μπογδάνη** Καθηγήτη του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Ν. Ζάρα** Επίκ. Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης, **Ν. Αποστολίδη** Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Α. Τουμπέκη** Καθηγήτη του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Ο. Δόντη** Αναπλ. Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Γ. Καραμπάσο** Αναπλ. Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 19/7/2024 ημέρα Παρασκευή και ώρα 11:30 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε.Παυλίνη του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρινόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται και βαθμολογείται ως**ΑΡΙΣΤΑ**.....

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

Γ. Τερζής, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Γ. Μπογδάνης, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Ν. Ζάρας, Επίκουρος Καθηγητής του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης

Ν. Αποστολίδης, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Α. Τουμπέκης, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Ο. Δόντη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Γ. Καραμπάσος, Αναπληρωτής Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Ευχαριστίες

Ξεκινώντας τις ευχαριστίες θα ήθελα να ευχαριστήσω όλες τις δοκιμαζόμενες οι οποίες συμμετείχαν στην έρευνα που αποτελεί την παρούσα διδακτορική διατριβή. Χωρίς την δική τους συμμετοχή και το ενδιαφέρον που έδειξαν, δε θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αυτή η μελέτη. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Μπογδάνη Γρηγόρη, καθηγητή Σ.Ε.Φ.Α.Α, και κ. Ζάρα Νικόλαο, επίκουρο καθηγητή Τ.Ε.Φ.Α.Α, Δ.Π.Θ., για τις συμβουλές και οδηγίες που μου παρείχαν με σκοπό την επιτυχή ολοκλήρωση της έρευνας. Επίσης όλα τα μέλη της επιτροπής, όπου με τις απαραίτητες διευκρινήσεις και προτάσεις βοήθησαν στην διεξαγωγή και ολοκλήρωση της μελέτης. Στη συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλα τα μέλη του Εργαστηρίου Αθλητικής Απόδοσης, της Σ.Ε.Φ.Α.Α. του Ε.Κ.ΠΑ, για την βοήθεια τους είτε στο πρακτικό είτε στο ψυχολογικό-υποστηρικτικό κομμάτι. Θα ήθελα επίσης, να πω πολλά ευχαριστώ στην κ. Στασινάκη Αγγελική-Νικολέτα για τη πολύτιμη βοήθεια της, την καθοδήγηση και τις γνώσεις της. Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να δώσω στον κ. Μεθενίτη Σπύρο, για την πολύτιμη υποστήριξη, βοήθεια και καθοδήγηση του σε τυχόν ζητήματα που αντιμετώπισα κατά τη διάρκεια της μελέτης. Επιπλέον, ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον άνθρωπο που με δέχτηκε κοντά του πριν ακόμη κάνω τα πρώτα μου βήματα στις μεταπτυχιακές σπουδές και με δίδαξε τι ακριβώς είναι η αθλητική επιστήμη αλλά και το τι σημαίνει έρευνα. Η καθοδήγηση του καθηγητή κ Τερζή Γεράσιμου, η συνεχείς υποστήριξη, ανεξαρτήτου ώρας, η επίλυση των προβληματισμών κατά την διάρκεια της διαδικασίας, η πολύτιμη βοήθεια του αλλά και η εμπιστοσύνη που μου έδειξε ήταν καθοριστικοί παράγοντες για την πρόοδο μου. Σας ευχαριστώ πάρα πολύ για όλα όσα κάνατε για μένα, την πρόοδο μου αλλά για όλα όσα πέτυχα, καθώς χωρίς την δική σας συμβολή αυτό δεν θα ήταν εφικτό. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την υποστήριξη, συμπαράσταση και υπομονή που έδειξαν μέχρι τώρα, ώστε να μπορέσω να φτάσω στο σημείο αυτό.

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΜΥΪΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΜΥΪΚΗ ΜΑΖΑ

Περίληψη

Σκοπός της μελέτης ήταν ο προσδιορισμός της αποτελεσματικότητας της μειωμένης συχνότητας άσκησης που ακολουθεί μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης δύναμης/ισχύος και αερόβιας άσκησης, στη μυϊκή υπερτροφία/δύναμη/ισχύ, αερόβια ισχύ και οστική πυκνότητα σε νεαρές δραστήριες γυναίκες. Τριάντα-τέσσερις (34) νεαρές δραστήριες γυναίκες ακολούθησαν 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις για τα άνω και κάτω άκρα και αερόβια προπόνηση. Έπειτα, χωρίστηκαν σε 3 ισοδύναμες ομάδες και συνέχισαν για άλλες 12 εβδομάδες ως εξής: η ομάδα 1/7 προπονούνταν μια φορά την εβδομάδα (1/7), η ομάδα 1/14 μια φορά κάθε 14 μέρες (1/14) και η ομάδα αποπροπόνησης σταμάτησε να προπονείται (ΟΑ). Στη συνέχεια, όλες οι ομάδες ακολούθησαν 12 επιπλέον εβδομάδες διακοπής της άσκησης. Η αρχιτεκτονική δομή και η εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός, η αρχιτεκτονική δομή της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός, η αερόβια ικανότητα, η δύναμη/ισχύς κάτω/άνω άκρων, η σύσταση σώματος και η οστική πυκνότητα, αξιολογήθηκαν πριν και μετά την περίοδο προπόνησης και αποπροπόνησης. Για την εύρεση ποσοστιαίων διαφορών μεταξύ των ομάδων μετά την συστηματική προπόνηση (T1 έως T2) χρησιμοποιήθηκε t-test. Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διασποράς επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (ANOVA) για έλεγχο της αλληλεπίδρασης μεταξύ της προπονητικής παρέμβασης και των χρονικών σημείων (T2 έως T5) και για την εύρεση διαφορών μεταξύ των ομάδων (1/7, 1/14 και ΟΑ). Η επίδοση και η μυϊκή μάζα αυξήθηκαν μετά το τέλος της συστηματικής προπόνησης. Η μέγιστη δύναμη κάτω/άκρων, η εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός και η αερόβια ισχύς δεν άλλαξαν μετά το τέλος της μειωμένης συχνότητας προπόνησης στην ομάδα 1/7, ενώ μείωση υπήρξε στην ομάδα 1/14 ($-4,4 \pm 3,5\%$; $-5,9 \pm 4,9\%$; $-5,9 \pm 1,8\%$; $-9,0 \pm 7,8\%$, αντίστοιχα, $p < 0,05$), διατηρώντας όμως πάνω από το 90% των προσαρμογών της προπόνησης. Αντίθετα υπήρξε μείωση της μυϊκής ισχύος των άνω άκρων στην ομάδα 1/7 και 1/14 ($-6,7 \pm 7,7\%$; $-8,4 \pm 7,6\%$, αντίστοιχα, $p < 0,05$) τις πρώτες 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης. Ωστόσο, η μυϊκή ισχύς και στις δύο ομάδες δεν άλλαξε κατά τις τελευταίες 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης ($p > 0,05$). Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η μυϊκή δύναμη των κάτω/άνω άκρων, η μυϊκή μάζα και αερόβια ισχύς διατηρούνται όταν η συχνότητα προπόνησης μειώνεται σε μία προπόνηση κάθε εβδομάδα, διατηρώντας υψηλή ένταση προπόνησης, ενώ με μία προπόνηση κάθε 14 ημέρες διατηρείται το 90-95% των προσαρμογών, μετά από 12 εβδομάδες μειωμένης προπόνησης. Αντίθετα, η μυϊκή ισχύς των άνω άκρων μειώνεται σημαντικά κάνοντας προπόνηση μια φορά κάθε εβδομάδα ή μία φορά κάθε 14 ημέρες, διατηρώντας όμως, μετά από 12 εβδομάδες μειωμένης προπόνησης το 95% και 90%, αντίστοιχα, των προσαρμογών από τη συστηματική προπόνησης, διατηρώντας υψηλή ένταση προπόνησης.

Λέξεις-Κλειδιά: αποπροπόνηση, μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύς, μυϊκή υπερτροφία, καρδιαγγειακή αντοχή, υψηλής έντασης προπόνηση

EFFECT OF REDUCED TRAINING FREQUENCY RESISTANCE TRAINING ON PERFORMAMNCE AND MUSCLE MASS

Thomas Mpampoulis

School of Physical Education & Sports Science, National and Kapodistrian University of Athens

Abstract

Aim of the study was to investigate the effects of two different training frequencies, every 7 or 14 days, after 12 weeks of concurrent resistance and aerobic training, on muscle strength/power, aerobic power, morphology and bone mass density in young females. Thirty-four (34) young females followed 12 weeks of concurrent resistance and aerobic training. Thereafter, participants were assigned into 3 groups and continued for 12 more weeks as follows: group A once every 7 days (G7), group B once every 14 days (G14), and group C cessation of training (GD). Thereafter, all participants followed 12 additional weeks of training cessation. The following were measured before, after the systematic training period, after the end of the reduced training frequency period and after the end of complete detraining: body composition, leg press and bench press 1-RM, counter-movement jump, countermovement push up, quadriceps cross-sectional area (CSA), vastus lateralis and triceps long head muscle architecture and maximum aerobic power. Student T-tests were used to detect differences pre to post systematic training, for the initial training period (T1 to T2). Repeated analysis of variance (ANOVA) was used to test the interaction between training intervention and time (T2 to T5) and identify differences among groups (G7, G14 and GD). Performance and muscle mass increased after the initial 12-week training period. Leg press and bench press 1-RM, quadriceps CSA and aerobic power remained unchanged after reduced training for G7, and decreased for G14 ($-4.4\pm 3.5\%$; $-5.9\pm 4.9\%$; $-5.9\pm 1.8\%$; $-9.0\pm 7.8\%$, respectively, $P<0.05$), maintaining almost 90% of the training adaptations. Countermovement push up power decreased similarly in both groups after the first 6 weeks of reduced training frequency (group 1/7: $-6.7\pm 7.7\%$; $p<0.05$, group 1/14: $8.4\pm 7.6\%$, $p<0.05$). However, countermovement push up power did not change during the last 6 weeks of reduced training frequency ($p>0.05$), maintain a large part of the training adaptations. These results suggest that lower/upper extremity muscle strength, muscle mass and aerobic power are maintained when training frequency is reduced to one training session per week maintaining a high training intensity, whereas with one training session every 14 days 90-95% of adaptations are preserved, after 12 weeks of reduced training frequency. In contrast, upper extremity muscle power is significantly reduced by training once every week or once every 14 days, but after 12 weeks of reduced training frequency, 95% and 90%, respectively, of the adaptations from systematic training are preserved, maintaining a high training intensity.

Keywords: detraining, muscle strength, muscle power, muscle hypertrophy, cardiovascular endurance, high intensity training

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής για κρίση της διδακτορικής διατριβής	iv
Έκφραση Ευχαριστιών	v
Περίληψη στην ελληνική γλώσσα	vi
Περίληψη στην αγγλική γλώσσα (Abstract)	vii
Πίνακας Περιεχομένων	viii
Κατάλογος Πινάκων	x
Κατάλογος Σχημάτων/Εικόνων/Γραφημάτων	xi
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών	xviii

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος	2
Σκοπός της μελέτης	2
Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις	2
Σημασία της έρευνας	3
Οριοθετήσεις και περιορισμοί	4

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ 5

Οφέλη της άσκησης με αντιστάσεις στην υγεία	5
Μυϊκή δύναμη	7
Μυϊκή ισχύς	8
Αερόβιες προσαρμογές και αερόβια προπόνηση	9
Συνδυαστική προπόνηση και μυϊκές προσαρμογές	11
Αποπροπόνηση (detraining) και μυϊκές προσαρμογές	26
Αποπροπόνηση (detraining) και αερόβιες προσαρμογές	34
Μειωμένη συχνότητα προπόνησης και μυϊκές προσαρμογές	38

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 41

Πειραματικός σχεδιασμός	41
Περιγραφή δοκιμαζόμενων	44
Προπονητικό πρόγραμμα	45
Περιγραφή οργάνων μέτρησης	46
Σωματομετρίες	46
Αξιολόγηση σύστασης σώματος	46
Ρυθμός εφαρμογής δύναμης, μέγιστη ισομετρική δύναμη	47
Αξιολόγηση κατακόρυφου άλματος με αιώρηση (CMJ)	48
Αξιολόγηση ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση (CMPU)	50
Αξιολόγηση μέγιστης δύναμης κάτω άκρων	51
Αξιολόγηση μέγιστης δύναμης άνω άκρων	52
Αξιολόγηση μέγιστης αερόβιας ισχύος	53
Αξιολόγηση αρχιτεκτονικής δομής του έξω πλατύ μηριαίου και εγκάρσιας επιφάνειας τετρακέφαλου μυός	55
Αξιολόγηση αρχιτεκτονικής δομής της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός	58
Στατιστική ανάλυση	59

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 61

Συστηματική συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και διαλειμματική	
--	--

ποδηλασία υψηλής έντασης (T1-T2)	61
Μειωμένη συχνότητα προπόνησης και αποπροπόνηση (T2-T5)	68
ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	109
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	129
Παράρτημα 1. Ενημέρωση δοκιμαζομένων	

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Μελέτες σχετικά με την επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης στην μυϊκή δύναμη και μυϊκή μάζα σε σχέση με την προπόνηση με αντιστάσεις. * διαφορές μεταξύ των ομάδων.....	18
Πίνακας 2. Μελέτες σχετικά με την επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης στην μυϊκή ισχύ σε σχέση με την προπόνηση με αντιστάσεις. * διαφορές μεταξύ των ομάδων	25
Πίνακας 3. Μελέτες σχετικά με την επίδραση της αποπροπόνησης στην μυϊκή δύναμη και μυϊκή μάζα ανάλογα με την διάρκεια της αποπροπόνησης.....	30
Πίνακας 4. Μελέτες σχετικά με την επίδραση της αποπροπόνησης στην μυϊκή ισχύ ανάλογα με την διάρκεια της αποπροπόνησης.....	33
Πίνακας 5. Μελέτες σχετικά με την επίδραση της αποπροπόνησης στην αερόβια ικανότητα ($\dot{V}O_{2max}$, μέγιστη αερόβια ισχύ) ανάλογα με την διάρκεια της αποπροπόνησης	37
Πίνακας 6. Τα τρίλεπτα στάδια του πρωτοκόλλου YMCA, για την αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος και μέγιστης αερόβιας ικανότητας στο κυκλοεργόμετρο..	54
Πίνακας 7. Άλιπη μάζα/κάτω άκρων, αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του έξω πλατύ μηριαίου μυός, εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός και παράμετροι επίδοσης πριν και μετά την συστηματική συνδυαστική προπόνηση στην ομάδα προπόνησης και ομάδα ελέγχου.....	62
Πίνακας 8. Άλιπη μάζα/κάτω/άνω άκρων, αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του έξω πλατύ μηριαίου μυός/μακράς κεφαλής τρικέφαλου μυός, εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός και παράμετροι επίδοσης στην ομάδα προπόνησης 1/7, στην ομάδα προπόνησης 1/14 και στην ομάδα αποπροπόνησης μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5).....	71
Πίνακας 9. Μέγιστη δύναμη στην ώθηση ποδιών από καθιστή θέση σε μηχανή και μυϊκή ισχύς και ύψος ώθησης στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση στην ομάδα προπόνησης 1/7, στην ομάδα προπόνησης 1/14 και στην ομάδα αποπροπόνησης, μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από τις 6 πρώτες εβδομάδες της προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5).....	73

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Πειραματικός σχεδιασμός της 1 ^{ης} έρευνας.....	44
Σχήμα 2. Διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου κατά την διαδικασία της μέγιστης ισομετρικής προσπάθειας στην ώθηση κάτω άκρων από καθιστή θέση και τα κρίσιμα σημεία για τον υπολογισμό των παραμέτρων.....	48
Σχήμα 3. Διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου κατά την πραγματοποίηση του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση και τα κρίσιμα σημεία για τον υπολογισμό των παραμέτρων.....	49
Σχήμα 4. Διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου κατά την πραγματοποίηση ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση και τα κρίσιμα σημεία για τον υπολογισμό των παραμέτρων.....	50
Σχήμα 5. Μεταβολή της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις ποδιών από καθιστή θέση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	63
Σχήμα 6. Μεταβολή της μέγιστης δύναμης στις πιέσεις στήθους σε μηχανήμα smith πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	64
Σχήμα 7. Μεταβολή της μυϊκής ισχύος στις ωθήσεις έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	64
Σχήμα 8. Μεταβολή του ύψους ώθησης στις ωθήσεις έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	65
Σχήμα 9. Μεταβολή της μέγιστης αερόβιας ισχύος πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	65
Σχήμα 10. Μεταβολή της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	66
Σχήμα 11. Μεταβολή του μήκους των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	67
Σχήμα 12. Μεταβολή του πάχους της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής	

συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	67
Σχήμα 13. Μεταβολή της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2).....	68
Σχήμα 14. Μεταβολή της άλιπης μάζας των κάτω άκρων πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5).	68
Σχήμα 15. Μεταβολή της άλιπης μάζας των άνω άκρων πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5).....	74
Σχήμα 16. Ποσοστό αλλαγής της 1-MAE στις ωθήσεις ποδιών μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T3, T3 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....	75
Σχήμα 17. Ποσοστό αλλαγής της 1-MAE στις πιέσεις πάγκου με μπάρα σε μηχανήμα τύπου Smith μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.	76
Σχήμα 18. Μεταβολή της μυϊκής ισχύος στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες.....	76
Σχήμα 19. Μεταβολή του ύψους άλματος στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες.....	78

Σχήμα 20. Ποσοστό αλλαγής της μυϊκής ισχύος στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T3, T3 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs $1/7$), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....78

Σχήμα 21. Ποσοστό αλλαγής στο ύψος ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T3, T3 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs $1/7$), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία....80

Σχήμα 22. Ποσοστό αλλαγής της μέγιστης ισομετρικής δύναμης μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs $1/7$), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....81

Σχήμα 23. Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 80ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες.....81

Σχήμα 24. Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 100ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες.....82

Σχήμα 25. Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 150ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες.....82

Σχήμα 25. Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 200ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες.....97

Σχήμα 26. Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 250ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής

προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες.....83

Σχήμα 27. Ποσοστό αλλαγής μέγιστης αερόβιας ισχύος μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs $1/7$), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.85

Σχήμα 28. Ποσοστό αλλαγής της καρδιακής συχνότητας στα 100W μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5).85

Σχήμα 29. Ποσοστό αλλαγής της καρδιακής συχνότητας στα 125W μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T3, T3 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs $1/7$), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.86

Σχήμα 30. Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του έξω πλατύ μηριαίου μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs $1/7$), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.89

Σχήμα 31. Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του μέσου πλατύ μηριαίου μυός μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs $1/7$), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....89

Σχήμα 32. Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του ορθού μηριαίου μυός μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$

προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....90

Σχήμα 33. Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του έσω πλατύ μηριαίου μυός μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....90

Σχήμα 34. Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....91

Σχήμα 35. Ποσοστό αλλαγής του πάχους του έξω πλατύ μηριαίου μυός πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....93

Σχήμα 36. Ποσοστό αλλαγής της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων του έξω πλατύ μηριαίου μυός πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....93

Σχήμα 37. Μεταβολή του μήκους μυϊκών δεματίων του έξω πλατύ μηριαίου μυός πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες.....94

Σχήμα 38. Ποσοστό αλλαγής του μήκους των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις

σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.....96

Σχήμα 39. Ποσοστό αλλαγής της γωνίας πρόσφυσης της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5).96

Σχήμα 40. Ποσοστό αλλαγής πάχους της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 3 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου $1/7 = 1$ προπόνηση κάθε 7 μέρες, $1/14 = 1$ προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.97

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ζυγαριά ακριβείας Tanita.....	46
Εικόνα 2. Αναστημόμετρο Seca 206.....	46
Εικόνα 3. Μηχάνημα ολόσωμης απορροφησιομετρίας ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA).....	47
Εικόνα 4. Θέση δοκιμαζόμενης κατά την διαδικασία της μέγιστης ισομετρικής προσπάθειας στην ώθηση κάτω άκρων από καθιστή θέση.....	48
Εικόνα 5. Αρχική θέση και εκτέλεση του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση σε δυναμοπλατφόρμα.....	49
Εικόνα 6. Αρχική θέση και εκτέλεση της ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση σε δυναμοπλατφόρμα.....	51
Εικόνα 7. Μηχάνημα ωθήσεων κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45°, τοποθέτηση ποδιών και ενδεικτικοί ολυμπιακοί δίσκοι που θα χρησιμοποιηθούν για την αύξηση της επιβάρυνσης κατά την διαδικασία της μέγιστης δύναμης.....	52
Εικόνα 8. Μηχάνημα τύπου Smith για τις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα, τοποθέτηση χεριών στο αρχικό σημείο και ενδεικτικοί ολυμπιακοί δίσκοι που χρησιμοποιήθηκαν για την αύξηση της επιβάρυνσης κατά την διαδικασία της μέγιστης δύναμης.....	53
Εικόνα 9. 20-βάθμια κλίμακα του Borg.....	54
Εικόνα 10. Κυκλοεργόμετρο τύπου Monark και παλμογράφος που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος και την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας αντίστοιχα.....	55
Εικόνα 11. Υπέρηχος μοντέλου LOGIQ S9 για λήψη εικόνων για τη αξιολόγηση αρχιτεκτονικής δομής του έξω πλατύ μηριαίου και εγκάρσιας επιφάνειας τετρακέφαλου μυός.....	56
Εικόνα 12. Απεικόνιση αρχιτεκτονικής δομής του έξω πλατύ μηριαίου μυός μετά από λήψη εικόνας και η ανάλυση της για την εύρεση του πάχους του μυός, το μήκος των μυϊκών δεματίων και την γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων.....	57
Εικόνα 13. Απεικόνιση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός ως σύνολο, και των κεφαλών του (έξω πλατύς, έσω πλατύς, ορθός μηριαίος, μέσος).....	57
Εικόνα 14. Απεικόνιση αρχιτεκτονικής δομής της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός μετά από λήψη εικόνας και η ανάλυση της για την εύρεση του πάχους του μυός, το μήκος των μυϊκών δεματίων και την γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων....	59

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

DXA	Απορροφησιμετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας.....	46
CMJ	Κατακόρυφο άλμα με αιώρηση.....	48
CMPU	Ωθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση	50
CSA	Εγκάρσια επιφάνεια μυός.....	vii
MAE	Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων.....	10
PEΔ	Ρυθμός εφαρμογής της δύναμης.....	20
$\dot{V}O_{2max}$	Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου.....	12
$\dot{V}O_{peak}$	Μέγιστη αερόβιας ικανότητα.....	13
ATP	Τριφωσφορική αδενοσίνη.....	10
ETS	Σύστημα μεταφορά ηλεκτρονίων.....	10
TCA	Τρικαρβοξυλικό οξύ.....	10
p70S6K	p70 πρωτεϊνική S6 κινάση.....	13
Akt	Πρωτεϊνική κινάσης B.....	13
mTORC1	Μηχανιστικός στόχος του συμπλέγματος ραπαμυκίνης 1....	13
HIIT	Διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης.....	10
ICC	Δείκτης αξιοπιστίας-Εσωτερικός συντελεστής αξιοπιστίας...	41

Εισαγωγή

Η σωματική άσκηση έχει ιδιαίτερη αξία για την πρόληψη και θεραπεία διαφόρων ασθενειών όπως καρδιαγγειακών παθήσεων, καρκίνου, διαβήτη, ψυχικών ασθενειών και μυοσκελετικών διαταραχών (Pedersen & Saltin, 2015). Η συστηματική άσκηση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της καρδιαγγειακής αντοχής, της μυϊκής δύναμης και μάζας, της οστικής πυκνότητας, καθώς και τη βελτιωμένη μεταβολική και ψυχική υγεία (Garber et al., 2011). Αυτές οι προσαρμογές είναι θεμελιώδους σημασίας για την υγεία και την αθλητική απόδοση ατόμων όλων των ηλικιών, φύλου και κατάστασης υγείας (Kenney et al., 2015).

Η συστηματική άσκηση και συγκεκριμένα, η συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση προκαλεί θετικές προσαρμογές στην υγεία και την αθλητική απόδοση. Ο συνδυασμός αυτός συνιστάται από διάφορους διεθνείς οργανισμούς υγείας όπως το Αμερικανικό Κολέγιο Αθλητιατρικής (Garber et al., 2011), την Αμερικανική Ένωση Καρδιολογίας (Billinger et al., 2014) και την Αμερικανική Διαβητολογική Ένωση (Sigal et al., 2006). Η συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και η αερόβια προπόνηση οδηγούν σε σημαντική αύξηση της μυϊκής δύναμης, της μυϊκής ισχύος (ανάλογα με το είδος της αερόβιας άσκησης) και της μυϊκής μάζας, μαζί με βελτιώσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα (Baar, 2006· Terzis et al., 2016). Πρόσφατα δεδομένα έδειξαν ότι η χαμηλού όγκου, υψηλής έντασης συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση, δύο φορές την εβδομάδα για μερικές εβδομάδες, οδηγεί σε σημαντικές αυξήσεις της μυϊκής δύναμης/μάζας και της αερόβιας ικανότητας (Tsitkanou et al., 2017). Επιπλέον, πρόσφατα βρέθηκε ότι η χαμηλού όγκου εκρηκτική προπόνηση με αντιστάσεις (προπόνηση ισχύος) σε συνδυασμό με αερόβια προπόνηση υψηλής έντασης προκαλεί αύξηση της μυϊκής δύναμης, της μυϊκής υπερτροφίας, της εγκάρσιας επιφάνειας των μυϊκών ινών και της αερόβιας ικανότητας σε νεαρά άτομα (Spiliourou et al., 2021). Η συνδυαστική προπόνηση επηρεάζει επίσης θετικά τα λιπίδια του αίματος, συμβάλλοντας στην μείωση του και την οστική πυκνότητα σε υγιή άτομα (Arazi et al., 2018· Monteiro et al., 2015), με το τελευταίο να είναι σημαντικό, ειδικά στις γυναίκες, για τη μείωση του κινδύνου κατάγματος των οστών.

Ωστόσο, ένα μεγάλο μέρος των ασκούμενων διακόπτει τη συστηματική άσκηση μετά από μερικές εβδομάδες ή μήνες, με την επίκληση της έλλειψης χρόνου ή εξαιτίας μειωμένου ενδιαφέροντος. Μάλιστα αυτό συμβαίνει ακόμα και στην περίπτωση που τα οφέλη της άσκησης είναι εμφανή και σημαντικά (Burton et al., 2017). Η μειωμένη προπόνηση ή η πλήρης διακοπή της άσκησης (αποπροπόνηση), έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή απώλεια μερικών ή όλων των κεκτημένων προσαρμογών (Vikne et al., 2020). Ουσιαστικά, το ανθρώπινο σώμα προσαρμόζεται στο νέο, μειωμένο επίπεδο δραστηριότητας, με αποτέλεσμα την απώλεια μυϊκής μάζας και δύναμης/ισχύος, μείωση της καρδιαγγειακής αντοχής, μείωση της οστικής πυκνότητας και αρνητικές αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ (Leitão et al., 2019). Μερική εφαρμογή άσκησης κατά τη διάρκεια της περιόδου αποπροπόνησης μπορεί να μειώσει τις απώλειες των προσαρμογών που έχουν επέλθει με την προπόνηση. Για παράδειγμα, μελέτες σε αθλητές έχουν δείξει ότι εάν η αερόβια άσκηση συνεχιστεί με χαμηλότερη συχνότητα, αλλά με επαρκή ένταση κατά τη διάρκεια σύντομων περιόδων αποπροπόνησης (<4 εβδομάδες), ορισμένα ή τα περισσότερα από τα οφέλη που προκαλούνται από την άσκηση θα διατηρηθούν (Mujika & Padilla, 2001). Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί για την άσκηση με αντιστάσεις (Sallinen et al., 2007), υποστηρίζοντας τη σημασία της διατήρησης της έντασης κατά την αποπροπόνηση. Ωστόσο, δεν υπάρχουν μελέτες αποπροπόνησης μεγαλύτερης

διάρκειας που διερευνούν τις επιπτώσεις της μειωμένης συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης. Ορισμένα δεδομένα υποστηρίζουν ότι η διατήρηση της έντασης της προπόνησης για 4 εβδομάδες μετά από μια περίοδο συνδυαστικής προπόνησης έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της δύναμης/ισχύος και της αερόβιας ικανότητας, ενώ η επίδρασή της σε παραμέτρους που σχετίζονται με την υγεία, όπως η οστική πυκνότητα και το λιπιδαιμικό προφίλ, παραμένουν σε μεγάλο βαθμό ανεξερεύνητες (Sousa et al., 2019). Με άλλα λόγια, παραμένει άγνωστο εάν οι προσαρμογές στη μυϊκή μάζα/δύναμη/ισχύ και στην αερόβια ικανότητα, που προκλήθηκαν μετά από συστηματική συνδυαστική προπόνηση δύναμης και αερόβιας προπόνησης, μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα (>4 εβδομάδες), με μειωμένη συχνότητα προπόνησης, διατηρώντας όμως την ένταση της προπόνησης στον ίδιο βαθμό που εκτελούνταν κατά τη διάρκεια της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης.

Ορισμός και Διατύπωση του Προβλήματος

Η διακοπή της συστηματικής προπόνησης, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οδηγεί το ανθρώπινο σώμα στο να προσαρμόζεται στο νέο, μειωμένο επίπεδο δραστηριότητας, με αποτέλεσμα την απώλεια μυϊκής μάζας και δύναμης/ισχύος και μείωση της καρδιαγγειακής αντοχής. Ωστόσο, μερική εφαρμογή άσκησης κατά τη διάρκεια της περιόδου αποπροπόνησης μπορεί να μειώσει τις απώλειες των προσαρμογών που έχουν επέλθει με την προπόνηση. Συνεπώς, γεννάται το ερώτημα για το ποια συχνότητα προπόνησης θα μπορεί να διατηρήσει έως έναν βαθμό τις προσαρμογές που έχουν επέλθει με την συστηματική προπόνηση, ώστε να μην φτάσουν στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης.

Σκοπός της Μελέτης

Σκοπός της μελέτης είναι ο προσδιορισμός της αποτελεσματικότητας της μειωμένης συχνότητας άσκησης (1 προπονητική μονάδα την εβδομάδα ή 1 προπονητική μονάδα ανά 2 εβδομάδες) που ακολουθεί μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης δύναμης/ισχύος και αερόβιας άσκησης, στη μυϊκή υπερτροφία/δύναμη/ισχύ, στην αερόβια ισχύ και οστική πυκνότητα σε νεαρές δραστήριες γυναίκες. Η αρχιτεκτονική δομή και εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός, η αρχιτεκτονική δομή του τρικέφαλου μυός, η μέγιστη αερόβια ισχύς, η μυϊκή δύναμη/ισχύς ή σύσταση σώματος και οστική πυκνότητα θα αξιολογηθούν πριν και μετά την περίοδο προπόνησης, κατά την έναρξη και λήξη της περιόδου μειωμένης συχνότητας προπόνησης και μετά το τέλος της αποπροπόνησης.

Ερευνητικά Ερωτήματα και Υποθέσεις

Με βάση τα προηγούμενα, διατυπώνονται τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

1. Διατηρείται η μυϊκή απόδοση (μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύς) και η μυϊκή μάζα εφαρμόζοντας μειωμένη συχνότητα άσκησης, μια φορά ανά 7 μέρες, μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης σε νεαρές δραστήριες γυναίκες;
2. Διατηρείται η μυϊκή απόδοση (μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύς) και η μυϊκή μάζα εφαρμόζοντας μειωμένη συχνότητα άσκησης, μια φορά ανά 14 ημέρες, μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης σε νεαρές δραστήριες γυναίκες?
3. Μετά την περίοδο πλήρους διακοπής της άσκησης η μυϊκή δύναμη και ισχύς θα φτάσει τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης?

4. Μετά την περίοδο πλήρους διακοπής της άσκησης η μυϊκή μάζα θα φτάσει τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης?

Με βάση τα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα διατυπώνονται οι παρακάτω ερευνητικές υποθέσεις:

1. Θα υπάρξει μερική διατήρηση της μυϊκής απόδοσης (μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύς) και μυϊκής μάζας εφαρμόζοντας μειωμένη συχνότητα άσκησης, μια φορά ανά 7 ημέρες, μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης σε νεαρές δραστήριες γυναίκες.
2. Θα υπάρξει μερική διατήρηση της μυϊκής απόδοσης (μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύς) και μυϊκής μάζας εφαρμόζοντας μειωμένη συχνότητα άσκησης, μια φορά ανά 14 ημέρες, μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης σε νεαρές δραστήριες γυναίκες.
3. Μετά την περίοδο πλήρους διακοπής της άσκησης η μυϊκή δύναμη και ισχύς θα φτάσει τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης.
4. Μετά την περίοδο πλήρους διακοπής της άσκησης η μυϊκή μάζα θα φτάσει τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης.

Σημασία της Έρευνας

Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι η συστηματική άσκηση, προασπίζει και βελτιώνει την υγεία, μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης χρόνιων καρδιομεταβολικών προβλημάτων υγείας, ενώ λειτουργεί ως συμπληρωματική θεραπεία στην αντιμετώπιση πολλών χρόνιων προβλημάτων υγείας. Δυστυχώς, ο σύγχρονος τρόπος ζωής, μαζί με τους γοργούς ρυθμούς που επικρατούν σε μια κοινωνία, δεν επιτρέπει σε πολλούς ανθρώπους να έχουν μια συστηματική ενασχόληση με την άσκηση, όπως αναφέρουν και υποδεικνύουν οι οδηγίες άσκησης από τους μεγάλους επιστημονικούς οργανισμούς του χώρου (>2 φορές την εβδομάδα). Μάλιστα αυτό συμβαίνει ακόμα και στην περίπτωση που τα οφέλη της άσκησης είναι εμφανή και σημαντικά. Συγκεκριμένα, ένας ασκούμενος, θα ξεκινήσει κάποια στιγμή να γυμνάζεται συστηματικά, και σε πολύ σύντομο χρόνο θα αποκομίσει τα σημαντικά οφέλη της συστηματικής άσκησης, αλλά μετά από λίγο καιρό, λόγω υποχρεώσεων, ίσως αναγκαστεί να διακόψει την συστηματική του άσκηση, λόγω έλλειψης χρόνου ή χρημάτων. Επειδή όμως η άσκηση δεν έχει αποθηκευτικό χαρακτήρα, πολύ σύντομα, τα οφέλη που αποκόμισε αυτός ο ασκούμενος, θα αρχίσουν να χάνονται, και φτάνει ξανά στο σημείο εκείνο που ήταν πριν ξεκινήσει την συστηματική άσκηση του, όσον αφορά το επίπεδο φυσικής κατάστασης και υγείας του. Το φαινόμενο αυτό τείνει να αποτελεί σοβαρό πρόβλημα κυρίως για την διατήρηση της υγείας του ασκούμενου. Επομένως, με βάση αυτό το πρόβλημα, δημιουργήθηκε το ερώτημα του κατά πόσο θα μπορούσαν τα οφέλη της συστηματικής άσκησης να διατηρηθούν μέσα από μικρότερη συχνότητα προπονήσεων ανά εβδομάδα. Με την παρούσα μελέτη θα γίνει προσπάθεια προσδιορισμού της αποτελεσματικότητας διαφορετικών πρωτοκόλλων μειωμένης συχνότητας άσκησης που μπορεί να ακολουθεί μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης άσκησης αντιστάσεων και αερόβιας προπόνησης, στη μυϊκή μάζα, μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύς, αερόβιας ισχύς, σύσταση σώματος και στην οστική πυκνότητα σε νεαρές δραστήριες γυναίκες. Η εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης θα παρέχει στους επιστήμονες και στους επαγγελματίες της υγείας-άσκησης σημαντικά δεδομένα για να γίνει προσπάθεια καθορισμού της συχνότητας προπόνησης στα άτομα τα οποία δεν μπορούν να διαθέσουν αρκετό

χρόνο για άσκηση. Επίσης, τα αποτελέσματα της έρευνας θα θέσουν την βάση για την ανάπτυξη και δημιουργία εξατομικευμένων προγραμμάτων άσκησης ανάλογα με τις ανάγκες, σε σχέση με τον ελάχιστο χρόνο που μπορεί να διαθέσει κάθε ασκούμενος, επιδιώκοντας το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα.

Οριοθετήσεις και Περιορισμοί της Έρευνας

Δεν είναι δυνατή η λήψη μυϊκών βιοψιών για τον προσδιορισμό της κατανομής των μυϊκών ινών. Η αρχιτεκτονική δομή του μυός θα αξιολογηθεί μόνο στον έξω πλατύ μηριαίο μυ και στην μακρά κεφαλή του τρικέφαλου μυός και όχι σε άλλους σκελετικούς μύες. Τα δεδομένα θα προέρχονται από γυναίκες ηλικίας 20-26 ετών, μετρίου επιπέδου ασκούμενες, οι οποίες φοιτούν στη Σ.Ε.Φ.Α.Α, επομένως τα αποτελέσματα είναι πιθανόν να μην μπορούν να γενικευτούν σε άνδρες αλλά και σε υψηλού αθλητικού επιπέδου ασκούμενες.

Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Οφέλη της Άσκησης με Αντιστάσεις στην Υγεία

Τα οφέλη της άσκησης στον ανθρώπινο οργανισμό είναι πολλαπλά, καθώς συνίσταται για τη βελτίωση της υγείας, ως μέσο πρόληψης αλλά και μέρος της θεραπείας πολλών παθολογικών καταστάσεων. Η έλλειψη άσκησης μπορεί να οδηγήσει στην εμφάνιση διάφορων ασθενειών αλλά και μείωση της λειτουργικής ικανότητας ενός ατόμου. Μάλιστα, η σειρά των γεγονότων που φαίνεται να συνδέονται με μεγάλο αριθμό ασθενειών και τραυματισμών είναι η απώλεια μυϊκής μάζας, η μείωση του μεταβολικού ρυθμού και η αύξηση του σπλαχνικού λίπους (Westcott, 2012). Η άσκηση με αντιστάσεις και η αερόβια άσκηση είναι τα δύο κύρια είδη σωματικής άσκησης.

Συγκεκριμένα, η άσκηση με αντιστάσεις αποσκοπεί συνήθως στην ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης, της μυϊκής ισχύος, της μυϊκής αντοχής, της μυϊκής μάζας και επιφέρει βελτιώσεις στον βασικό μεταβολισμό ηρεμίας (οι θερμίδες που καίει ο οργανισμός σε απόλυτη ηρεμία) και μείωση του σωματικού λίπους. Επιπλέον συμβάλλει στην ανάπτυξη και διατήρηση της λειτουργικής ικανότητας όλων των ηλικιών, στην βελτίωση της καρδιαγγειακής υγείας, στην αύξηση/διατήρηση της οστικής πυκνότητας και ενισχύει την ψυχική υγεία. Όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά συμβάλουν στην καλή υγεία ενός ατόμου. Μεγάλος αριθμός μελετών έχει παρουσιάσει πως η άσκηση με αντιστάσεις (2 με 3 φορές την εβδομάδα) διάρκειας μια ώρας ή και λιγότερο (π.χ. 12 με 20 σειρές συνολικής άσκησης) μπορεί να αυξήσει την μυϊκή μάζα ενηλίκων όλων των ηλικιών (Hagerman et al., 2000· Hunter et al., 2000). Μάλιστα σε μελέτη όπου συμμετείχαν πάνω από 1600 ασκούμενοι, χωρίς εμπειρία στην συστηματική άσκηση, ηλικίας 21 έως 80 ετών βρέθηκε μια μέση αύξηση της άλιπης μάζας της τάξεως του 1,4 κιλών μετά από 10 εβδομάδες άσκησης με αντιστάσεις, 1 έως 3 φορές την εβδομάδα. Επιπλέον δεν υπήρχαν διαφορές στο ποσοστό αύξησης της άλιπης μάζας μεταξύ των ηλικιών (Westcott., 2009). Επιπλέον η άσκηση με αντιστάσεις προκαλεί αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης, η οποία έχει επίδραση στον βασικό μεταβολισμό ηρεμίας (Evans, 2004). Η άσκηση με αντιστάσεις, ως χρόνιο αποτέλεσμα, προκαλεί αύξηση της μυϊκής μάζας που απαιτεί περισσότερη ενέργεια σε ηρεμία για τη συνεχή συντήρηση του μυϊκού ιστού. Για παράδειγμα, αύξηση ενός 1 κιλού μυϊκής μάζας μπορεί να αυξήσει το βασικό μεταβολισμό ηρεμίας περίπου $20 \text{ cal}\cdot\text{d}^{-1}$ (Strasser & Schobersberger, 2011). Επιπλέον, σε πιο άμεση φάση, μετά από άσκηση με αντιστάσεις, ο οργανισμός και συγκεκριμένα το μυϊκό σύστημα χρειάζεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας για τις διεργασίες μυϊκής αναδόμησης που μπορεί να παραμείνουν έως και 72 ώρες μετά την προπόνηση. Μελέτες έχουν δείξει πως υπάρχει αύξηση της δαπάνης ενέργειας του βασικού μεταβολισμού ηρεμίας (5 έως 9%) 3 μέρες μετά από μια προπονητική μονάδα άσκησης με αντιστάσεις (Hackney et al., 2008· Heden et al., 2011). Συγκεκριμένα, μετά από υψηλού προπονητικού όγκου άσκηση με αντιστάσεις (8 ασκήσεις, 8 σειρές κάθε άσκηση), υπήρξε αύξηση 8% (σε γυμνασμένα άτομα) και 9% (σε αγύμναστα άτομα) της ενεργειακής δαπάνης του βασικού μεταβολισμού ηρεμίας για 3 μέρες μετά την άσκηση (Hackney et al., 2008). Άτομα χωρίς προπονητική εμπειρία, μετά από μέτριου όγκου (10 ασκήσεις, 3 σειρές κάθε άσκηση) και χαμηλού όγκου (10 ασκήσεις, 1 σειρά κάθε άσκηση) άσκησης με αντιστάσεις, είχαν 5% αύξηση ενεργειακής δαπάνης βασικού μεταβολισμού ηρεμίας για 3 μέρες μετά την άσκηση (Heden et al., 2011). Επιπλέον, ένας υψηλός βασικός μεταβολισμός ηρεμίας, συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην μείωση του λίπους (Haltom et al., 1999). Το υπερβολικό σωματικό λίπος σχετίζεται με παράγοντες κινδύνου όπως

η αυξημένη χοληστερόλη, το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα και η αρτηριακή πίεση, που συμβάλλουν στην ανάπτυξη διαβήτη τύπου 2 και καρδιαγγειακών παθήσεων (Wilson et al., 2002· Strasser & Schobersberger, 2011). Για το λόγο αυτό η άσκηση με αντιστάσεις προτείνεται στην διαχείριση των μεταβολικών διαταραχών και της παχυσαρκίας (Strasser & Schobersberger, 2011).

Η άσκηση με αντιστάσεις, φαίνεται πως βελτιώνει την λειτουργική ικανότητα, η οποία είναι ιδιαίτερα σημαντική για ηλικιωμένα άτομα. Η λειτουργική ικανότητα σχετίζεται με μια καλή υγεία, βελτιώνοντας την ικανότητα ενός ατόμου να εκτελεί δραστηριότητες στην καθημερινότητα του, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής του. Μελέτες έχουν δείξει πως η άσκηση με αντιστάσεις μπορούν να αντιστρέψουν μερικές από τις επιπτώσεις της ανενεργής (χωρίς άσκηση) γήρανσης, ακόμη και σε ηλικιωμένα άτομα (Westcot, 2009· Sherrington et al., 2019). Μάλιστα σε μελέτη του Westcot, το 2009, ηλικιωμένα αγύμναστα άτομα, ηλικίας 80 και άνω, έκαναν προπόνηση με αντιστάσεις, 6 ασκήσεις σε σταθερά μηχανήματα, 1 σειρά κάθε άσκηση, 2 φορές την εβδομάδα για 14 εβδομάδες. Στο τέλος της προπονητικής παρέμβασης, υπήρξε αύξηση της δύναμης 60%, αύξηση της άλιπης μάζας 1,7 κιλά και βελτίωση της λειτουργικής τους ικανότητας 14% (Westcot, 2009). Επιπλέον, η άσκηση με αντιστάσεις έχει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση/αύξηση της οστικής πυκνότητας. Φαίνεται πως η άσκηση με αντιστάσεις σχετίζεται θετικά με την υψηλή οστική πυκνότητα σε νεαρά και άτομα μεγαλύτερης ηλικίας και έχει μεγαλύτερη και θετικότερη επίδραση στην οστική πυκνότητα σε σύγκριση με άλλες μορφές άσκησης, όπως η αερόβια άσκηση και η άσκηση με το βάρος του σώματος (Layne & Nelson, 1999· Westcott, 2012). Ένας ενήλικας που δεν κάνει άσκηση με αντιστάσεις μπορεί να έχει μείωση της οστικής πυκνότητας από 1% έως 3% κάθε χρόνο της ζωής τους (Kemmler et al., 2005· Warren et al., 2008). Μάλιστα, ένα εύρος μελετών δείχνει σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητας κάνοντας άσκηση με αντιστάσεις από 3 έως 24 μήνες (Kerr et al., 2001· Cussler et al., 2003· Judge et al., 2005· Nickols-Richardson et al., 2007). Μάλιστα, οι Kerr και συν. (2001) στη μελέτη τους παρουσίασαν πως η συστηματική άσκηση με αντιστάσεις 24 μηνών οδήγησε σε 3,2% αύξηση της οστικής πυκνότητας, σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (Kerr et al., 2001). Βέβαια, η διακοπή της άσκησης με αντιστάσεις της φαίνεται να οδηγεί σε πλήρη απώλεια των προσαρμογών (Winters & Snow, 2000). Τέλος, τα οφέλη για την ψυχική υγεία της προπόνησης με αντίσταση σε ενήλικες συμπεριλαμβάνουν τη μείωση της αίσθησης της κόπωσης, του άγχους, της κατάθλιψης, αλλά και την ενίσχυση της αυτοεκτίμησης (O'Connor et al., 2010). Θετικές αλλαγές στην αίσθηση της αυτοεκτίμησης ως αποτέλεσμα της άσκησης με αντιστάσεις έχουν αναφερθεί σε γυναίκες (Megakli et al., 2017· Tikak et al., 2022), σε νεαρούς άνδρες (Tikak et al., 2022) και σε άτομα μεγάλης ηλικίας (Cunha et al., 2024), αλλά και σε ασθενείς (Courneya et al., 2007). Μάλιστα μια σειρά ερευνών του Annesi και συν. (2004 - 2007) έχουν δείξει πως 10 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης βελτιώνει σημαντικά την αυτοεκτίμηση, μειώνει τις αρνητικές διαταραχές της διάθεσης αλλά και την κατάθλιψη, την αίσθηση της κόπωσης δημιουργώντας παράλληλα την αίσθηση της εφορίας και ευεξίας σε νεαρά αλλά και άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (Annesi et al., 2004a· Annesi et al., 2004b· Annesi et al., 2007). Επιπλέον, η σχέση της άσκησης με αντιστάσεις με τη μείωση των επιπέδων κατάθλιψης φαίνεται και από μια σειρά μελετών του Singh και συνεργατών (Singh et al., 1997· Singh et al., 2001· Singh et al., 2005). Συγκεκριμένα σε μία από τις μελέτες τους βρέθηκε πως πάνω από το 80% των ατόμων μεγάλης ηλικίας που έκαναν 3 φορές την εβδομάδα άσκηση με αντιστάσεις, δεν παρουσίαζαν συμπτώματα κατάθλιψης, μόλις μετά από 10 εβδομάδες άσκησης (Singh et al., 1997).

Μυϊκή Δύναμη

Η μυϊκή δύναμη είναι η δύναμη που μπορεί να παράγει ένας μυς ή μια ομάδα μυών σε μια συγκεκριμένη ταχύτητα κίνησης. Η μέγιστη δύναμη είναι η μέγιστη αντίσταση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια άσκηση. Η ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης υποστηρίζεται από έναν συνδυασμό αρκετών μορφολογικών και νευρομυϊκών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου της εγκάρσιας επιφάνειας και την αρχιτεκτονική δομή των μυών, της μυϊκής σκληρότητας, της ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων, την ταχύτητα της μυϊκής συστολής, του συγχρονισμού των κινητικών μονάδων, του νευρομυϊκού συντονισμού και της μάζας του σώματος. (Knuttgen & Kraemer 1987· Suchomel et al., 2018). Ο νευρομυϊκός έλεγχος επηρεάζει τη μέγιστη παραγωγή δύναμης ενός μυ προσδιορίζοντας ποιες και πόσες κινητικές μονάδες εμπλέκονται σε μια μυϊκή συστολή αλλά και ο ρυθμός με τον οποίο ενεργοποιούνται οι κινητικές μονάδες. Η μυϊκή δύναμη είναι μεγαλύτερη όταν περισσότερες κινητικές μονάδες εμπλέκονται σε μια συστολή, όταν είναι μεγαλύτερες σε μέγεθος και όταν ο ρυθμός ενεργοποίησης τους είναι ταχύτερος. Μάλιστα, ένα μεγάλο μέρος της βελτίωσης της δύναμης που παρατηρείται τις πρώτες εβδομάδες άσκησης με αντιστάσεις αποδίδεται στις νευρικές προσαρμογές, καθώς ο εγκέφαλος μαθαίνει πώς να παράγει περισσότερη δύναμη από μια δεδομένη ποσότητα συσταλτικού ιστού (Moritani & deVries, 1979· Chou et al., 2008). Επιπλέον, η μέγιστη δύναμη που μπορεί να παράγει ένας μυς σχετίζεται άμεσα με την επιφάνεια του, δηλαδή το μέγεθος της μυϊκής μάζας μπορεί να καθορίσει σε μεγάλο βαθμό τη δύναμη που μπορεί να παραχθεί από ένα άτομο. Μύες που έχουν μεγάλη εγκάρσια επιφάνεια, έχουν μεγαλύτερο αριθμό σαρκομερίων σε παράλληλη διάταξη, συνεπώς και περισσότερες εγκάρσιες γέφυρες συνδεδεμένες με τα μόρια ακτίνης, επομένως και μεγαλύτερη ικανότητα παραγωγής δύναμης (Baechle & Earle, 2008). Η εγκάρσια επιφάνεια των σκελετικών μυών και συνολικά η μάζα τους επηρεάζει τη μυϊκή δύναμη και ταυτόχρονα μπορεί να βελτιωθεί μέσω της προπόνησης. Η αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας ενός μυ μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της αύξησης της εγκάρσιας επιφάνειας των μυϊκών ινών του (Costill et al., 1979). Οι μυϊκές ίνες τύπου II είναι συνήθως μεγάλες ίνες με μεγαλύτερη διατομή από ότι οι μυϊκές ίνες τύπου I σε άνδρες (Staron et al. 2000). Μυϊκές ίνες με μεγάλη εγκάρσια επιφάνεια, ιδιαίτερα οι ίνες τύπου II, μπορούν να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά δύναμης-ταχύτητας ολόκληρου του μυός (Stone et al. 2016), καθώς φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της εγκάρσιας επιφάνειας του μυός και της μεγαλύτερης παραγωγής δύναμης (Häkkinen & Keskinen, 1989). Μάλιστα, οι αυξήσεις της εγκάρσιας επιφάνειας του μυ και οι αλλαγές στην αρχιτεκτονική δομή (π.χ. αλλαγή στο μήκος των μυϊκών δεματίων, αλλαγή στη γωνία πρόσφυσης των μυϊκών ινών) μπορεί να αντιπροσωπεύουν περίπου το 50–60% των αλλαγών στην παραγωγή δύναμης μετά από λίγες εβδομάδες προπόνησης με αντιστάσεις (Narici et al., 1989), τουλάχιστον σε αρχάριους ασκούμενους. Μάλιστα ο Kawakami και συν. (1993) σε μελέτη τους έδειξαν ότι οι γωνίες πρόσφυσης των μυϊκών ινών είναι μεγαλύτερες σε υπερτροφικούς μύες σε σχέση με μύες που δεν έχουν υποβληθεί σε ερέθισμα άσκησης με αντιστάσεις. Θεωρούν πως μεγαλύτερες γωνίες πρόσφυσης ίσως αυξάνουν τον αριθμό αλληλεπιδράσεων των εγκάρσιων γεφυρών εξαιτίας του πλήθους των μυϊκών δεματίων που βρίσκονται μέσα στη περιοχή αυτή (Kawakami et al., 1993). Βέβαια δεν υπάρχουν περαιτέρω δεδομένα για να υποστηρίξουν αυτή τη θεωρία. Προπόνηση δύναμης μόνο λίγων εβδομάδων μπορεί να αυξήσει τη μυϊκή μάζα σε μεγάλο βαθμό αυξάνοντας το μέγεθος μυϊκών ινών τύπου II (Andersen & Aagaard, 2000). Ωστόσο, δεν αποτελεί κάθε μορφή άσκησης ικανοποιητικό ερέθισμα

το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε μυϊκή υπερτροφία. Για παράδειγμα, η αερόβια προπόνηση, η προπόνηση δηλαδή που έχει χαμηλή ένταση και σχετικά μεγάλη διάρκεια και κινητοποιεί ένα σχετικά υψηλό ποσοστό της ικανότητας του οργανισμού να μεταφέρει οξυγόνο στους μυς (π.χ. ήπιο τρέξιμο), δεν προκαλεί μυϊκή υπερτροφία ακόμα και όταν εφαρμόζεται σε μακροχρόνια βάση. Αντίθετα η προπόνηση με αντιστάσεις αποτελεί ένα ισχυρό ερέθισμα για την αύξηση της σύνθεσης νέων συσταλτών και δομικών πρωτεϊνών στις μυϊκές ίνες. Οι νέες αυτές πρωτεΐνες εναποτίθενται στην περιφέρεια των μυοϊνιδίων, αυξάνοντας έτσι την εγκάρσια επιφάνεια τους. Όσο περισσότερο αυξάνεται η εγκάρσια επιφάνεια των μυοϊνιδίων, τόσο περισσότερο αυξάνεται η εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ινών και τόσο περισσότερη δύναμη μπορεί να εφαρμόσει η μυϊκή ίνα. Επιπλέον, η αυξημένη μυϊκή σκληρότητα (π.χ. η σχέση μεταξύ της δύναμης και του μεγέθους της αύξησης του μήκους που υφίσταται ο ιστός) μπορεί να ενίσχυση της μετάδοσης δύναμης (Butler et al., 2003). Επομένως, οι προσαρμογές της σκληρότητας των τενόντων όπως και τα δομικά στοιχεία του μυός (π.χ. ακτίνη, μυοσίνη, τιτίνη και συνδετικός ιστός), μπορούν να επηρεάσουν τη μυϊκή δύναμη και χαρακτηριστικά που σχετίζονται με αυτή όπως είναι η μυϊκή ισχύς (Bojsen-Møller et al., 2005· Kubo et al., 2006). Προπόνηση δύναμης με μεγάλα φορτία (>80% της μέγιστης δύναμης) μπορεί να αυξήσει την εγκάρσια επιφάνεια του μυός (μυϊκή μάζα) και τη μυϊκή δύναμη (Zaras, et al. 2013· Zaras, et al. 2014). Οι αυξήσεις της εγκάρσιας επιφάνειας του μυός θέτουν μια βάση που συνδυάζεται με ταυτόχρονες ή μεταγενέστερες αλλαγές στην αρχιτεκτονική δομή του μυός, το τύπο των μυϊκών ινών και άλλους νευρικούς παράγοντες όπως η ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων και η μυϊκή ενεργοποίηση, για ενίσχυση της ικανότητας αύξησης της μέγιστης δύναμης (Zamparo et al., 2002· Suchomel et al., 2018).

Μυϊκή Ισχύς

Η μυϊκή ισχύς είναι επίσης απαραίτητη στις καθημερινές δραστηριότητες, που απαιτούν γρήγορες αντιδράσεις όπως η αποφυγή κάποιου εμποδίου. Μυϊκή ισχύς είναι το έργο που μπορεί να παράγει ένας μυς ή μια ομάδα μυών στη μονάδα του χρόνου. Με άλλα λόγια, είναι το γινόμενο της δύναμης και της ταχύτητας. Επομένως η παραγωγή υψηλής απόδοσης ισχύος από ένα άτομο είναι η ικανότητα να εφαρμόζει υψηλά επίπεδα δύναμης όσο πιο γρήγορα μπορεί (Kawamori et al., 2004). Η μυϊκή ισχύς καθορίζεται κυρίως από τον τύπο των μυϊκών ινών στους πρωταγωνιστές μύες, το μέγεθος της μυϊκής μάζας, η οποία προσδιορίζει τη μυϊκή δύναμη και το μέγεθος της νευρομυϊκής ενεργοποίησης κατά τη διάρκεια της κίνησης (Moritani, 2005). Η σχέση δύναμης-ταχύτητας, καθώς η ικανότητα των σκελετικών μυών να παράγουν δύναμη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μήκος του σαρκομερίου (Gordon et al., 1966· Cormie et al., 2011), Ο τύπος των μυϊκών ινών, λόγω των μοναδικών χαρακτηριστικών κάθε τύπου μυϊκής ίνας και η σχέση δύναμης-ταχύτητας ενός μυ καθορίζονται από τη συμβολή του τύπου μυϊκής ίνας σε ολόκληρη την μυϊκή περιοχή. Για παράδειγμα οι μυϊκές ίνες τύπου II έχουν μεγαλύτερη ικανότητα παραγωγής ισχύος ανά μονάδα εγκάρσιας επιφάνειας (Widrick et al., 2002). Η αρχιτεκτονική δομή του μυός (μήκος μυϊκών δεματίων και γωνία πρόσφυσης μυϊκών δεματίων), η εγκάρσια επιφάνεια του και οι ιδιότητες των τενόντων, είναι κάποιοι από τους μορφολογικούς παράγοντες. Η ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων, ο συγχρονισμός των κινητικών μονάδων και ο συγχρονισμός των μυών (μύες που ενεργούν κατά την κίνηση, συναγωνιστές μύες και ανταγωνιστές μύες) είναι μερικοί από τους νευρικούς παράγοντες (Cormie et al., 2011). Η παραγωγή της μυϊκής ισχύος είναι αναγκαία σε καθημερινές δραστηριότητες, όπως η αποφυγή πτώσης ή η

εκτέλεση μιας στιγμιαίας γρήγορης κίνησης για την αποφυγή κάποιου αντικειμένου, αλλά σε μεγάλο βαθμό και σε αθλητικές δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα εκρηκτικά αγωνίσματα, που απαιτούν μεγάλη παραγωγή μυϊκής ισχύος σε όσο το δυνατόν ταχύτερο χρόνο (Aagaard et al., 2010). Η προπόνηση ισχύος μπορεί να προκαλέσει αύξηση στο μέγεθος των μυϊκών ινών τύπου Ια και Ιx (Terzis, et al., 2016). Επιπλέον, η προπόνηση ισχύος φαίνεται πως προκαλεί βελτίωση στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης.

Ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης εκφράζει την ικανότητα ενός ατόμου να παράγει όσο το δυνατόν γρηγορότερα τη μυϊκή του δύναμη (Aagaard, 2002). Η γρήγορη παραγωγή δύναμης είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες επιτυχίας σε δραστηριότητες-αθλήματα που απαιτούν μυϊκή ισχύ (Methenitis, et al., 2019). Η λειτουργικότητα ενός ατόμου στην καθημερινότητα του εξαρτάται άμεσα από τη μέγιστη δύναμη που μπορεί να παράγει το άτομο αυτό στο λιγότερο δυνατό χρόνο. Ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης εξαρτάται από πολλούς βιολογικούς παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τη γρήγορη παραγωγή δύναμης. Οι βιολογικοί αυτοί παράγοντες είναι το μέγεθος του μυός, η κατανομή των μυϊκών ινών, η μυϊκή ενεργοποίηση, η αρχιτεκτονική δομή του μυός, η ταχύτητα της μυϊκής συστολής, του συγχρονισμού των κινητικών μονάδων και του νευρομυϊκού συντονισμού (Andersen, et al., 2010· Maffiuletti et al., 2016). Ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης επηρεάζεται από την ικανότητα της παραγωγής μέγιστης εθελούσιας ενεργοποίησης στην αρχική του φάση (<100 ms), κυρίως ως αποτέλεσμα της αυξημένης ταχύτητας ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων (Maffiuletti et al., 2016). Μπορεί να βελτιωθεί από βαλλιστικού τύπου προπόνηση αλλά και από άσκηση με αντιστάσεις με υψηλά φορτία με αποτέλεσμα τη ταχύτερη μυϊκή ενεργοποίηση (Maffiuletti et al., 2016) και νευρικών προσαρμογών, μετά από έκκεντρη προπόνηση με γρήγορη ταχύτητα εκτέλεσης (1 < δευτερόλεπτα) (Stasinaki et al., 2019). Αντίθετα στην τελική του φάση από την έναρξη της μυϊκής συστολής (>100 ms) φαίνεται να επηρεάζεται από το ποσοστό και την εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ (Maffiuletti et al., 2016). Μάλιστα, παρουσιάζεται πως, η μυϊκή μάζα είναι σημαντικός παράγοντας στην φάση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα > 300ms από την έναρξη της προσπάθειας και για τη μέγιστη ισομετρική δύναμη (Methenitis et al., 2019). Η προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να αυξήσει τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης. Φαίνεται πως μετά από έντονη προπόνηση αντιστάσεων 14 εβδομάδων μπορούν να υπάρξουν σημαντικές βελτιώσεις στο ρυθμό εφαρμογής της δύναμης. Συγκεκριμένα, υπήρξαν βελτιώσεις σε όλα τα χρονικά σημεία του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης με αύξηση 23-26% στα 50 ms και αύξηση 17-20% στα χρονικά σημεία από τα 100 ms ως τα 250 ms. Οι βελτιώσεις αυτές οφείλονται βέβαια και σε μορφολογικά χαρακτηριστικά του μυ, και κυρίως στην υπερτροφία των μυϊκών ινών ΙΙ (+19% CSA τύπου ΙΙ), που επήλθε μετά τη προπόνηση με αντιστάσεις. Τέλος, η αρχιτεκτονική δομή του μυ και συγκεκριμένα η αύξηση της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων φαίνεται πως ευθύνεται σε κάποιο βαθμό στην αύξηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης (Aagaard, et al, 2002).

Αερόβιες Προσαρμογές και Αερόβια Προπόνηση

Η αερόβια προπόνηση οδηγεί σε προσαρμογές τόσο στο καρδιαγγειακό όσο και στο μυοσκελετικό σύστημα που υποστηρίζει μια συνολική αύξηση της ικανότητας άσκησης και απόδοσης (Hughes et al., 2018). Οι τοπικές προσαρμογές στους σκελετικούς μύες, όπως η αυξημένη βιογένεση των μιτοχονδρίων και η πυκνότητα των τριχοειδών, βοηθούν στην ικανότητα του σώματος να μεταφέρει και να χρησιμοποιεί οξυγόνο για την παραγωγή ενέργειας και ως εκ τούτου καθυστερεί την

εμφάνιση μυϊκής κόπωσης κατά τη διάρκεια παρατεταμένης αερόβιας απόδοσης (Joyner & Coyle 2008). Το μιτοχόνδριο είναι το κύριο οργανίδιο για την παραγωγή ενέργειας μέσω της παραγωγής τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) μέσω του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρονίων (ETS), χρησιμοποιώντας υποστρώματα που παράγονται στον κύκλο του τρικαρβοξυλικού οξέος (TCA). με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη μεταφορά οξυγόνου σε αυτούς (Bishop et al., 2014).

Οι κυριότερες μορφές αερόβιας προπόνησης είναι η παραδοσιακή αερόβια προπόνηση μεγάλης διάρκειας χαμηλής έντασης, διατηρώντας υπομέγιστο φόρτο εργασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα ή ολοκληρώνοντας επιτυχώς μια σταθερή απόσταση/χρόνο μέσω μιας υψηλότερης από τη μέση απόδοση αερόβιας ισχύος (Coyle, 1995). Από την άλλη, η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης (High Intensity Interval Training; HIIT) περιγράφει τη σωματική άσκηση που χαρακτηρίζεται από σύντομες εκρήξεις έντονης δραστηριότητας, εναλλασσόμενες από περιόδους ανάπαυσης ή άσκησης χαμηλής έντασης (Gibala et al., 2012). Επομένως η διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης έχει προταθεί ως μια χρονικά αποτελεσματική στρατηγική για την βελτίωση των αερόβιων προσαρμογών (Gibala et al., 2012· Gillen et al., 2014).. Επιπλέον, φαίνεται πως το κύριο χαρακτηριστικό που βελτιώνει την μέγιστη αερόβια ικανότητα είναι η ένταση (Mujika et al., 1995) και όχι ο όγκος της προπόνησης (Costill et al., 1991). Όταν ο όγκος της προπόνησης είναι σταθερός, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της προπόνησης τόσο υψηλότερη είναι και η βελτίωση στην αερόβια ικανότητα (Conley et al., 1981).

Μια ακόμη προσαρμογή στην αερόβια προπόνηση φαίνεται να είναι η μυϊκή υπερτροφία και ανάπτυξη του μυ. Σε ένα πρόγραμμα προπόνησης αντοχής 12 εβδομάδων, η μυϊκή μάζα έχει αναφερθεί ότι αυξάνεται κατά 7% έως 11% (Konopka et al. 2010· Harber et al. 2012). Βέβαια πρέπει να επισημανθεί πως αυτές οι αναφερόμενες αυξήσεις στη μυϊκή μάζα με την προπόνηση αντοχής έχουν παρατηρηθεί κυρίως στον τετρακέφαλο μυ, ενώ ο τρόπος άσκησης που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ποδηλασία και τα άτομα που έκαναν προπόνηση είχαν περιορισμένο επίπεδο εμπειρίας άσκησης ή/και καθιστικό τρόπο ζωής. Ωστόσο, φαίνεται ότι η μυϊκή υπερτροφία εμφανίζεται στον τετρακέφαλο μυ εάν η συχνότητα της προπόνησης και το φορτίο είναι αρκετά υψηλά (Konopka et al., 2014). Αντίθετα δεν φαίνεται να υπάρχουν σημαντικές αυξήσεις όταν ως αερόβιο ερέθισμα χρησιμοποιείται το τρέξιμο μεγάλης διάρκειας χαμηλής έντασης, ή μικρής διάρκειας (πχ. 20 λεπτά) μέτριας ή υψηλής έντασης. Μια πιθανή εξήγηση για αυτή την αντίθεση στα ευρήματα μεταξύ των μελετών ίσως είναι η επίδραση της έντασης της άσκησης, ο τρόπος άσκησης (Hughes et al., 2018). Για παράδειγμα, η προπόνηση για μαραθώνιους αγώνες ή το υψηλής έντασης τρέξιμο μεγάλων αποστάσεων δε προκαλούν μυϊκή υπερτροφία των κάτω άκρων, και αυτό μπορεί να σχετίζεται με την ανεπαρκή αποκατάσταση από τη μυϊκή βλάβη που προκαλείται από τις επαναλαμβανόμενες έκκεντρες συσπάσεις κατά τη διάρκεια του τρεξίματος (Ozaki et al., 2015). Αντίθετα, η ποδηλασία περιλαμβάνει κυρίως σύγκεντρες συσπάσεις και επομένως η μυϊκή βλάβη είναι μικρότερη στην ποδηλασία σε σύγκριση με το τρέξιμο (Millet & Lepers, 2004). Επιπλέον, τα τελευταία χρόνια, έχει διαπιστωθεί ότι μια πολύ χαμηλή ένταση άσκησης με αντιστάσεις, όπως το 30% της 1ΜΑΕ μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της μυοϊνδικής πρωτεϊνικής σύνθεσης όταν εκτελείται επαναλαμβανόμενα ή μέχρι αποτυχίας (Burd et al., 2010). Επομένως, η προπόνηση ποδηλασίας που αποτελείται από επαναλαμβανόμενες κινήσεις μπορεί να αρκεί ως ελάχιστο ερέθισμα που απαιτείται για να αυξηθεί η ενεργοποίηση των μυϊκών ινών ώστε να οδηγήσει σε ευνοϊκές αυξήσεις στη μυϊκή πρωτεϊνοσύνθεση.

Συνδυαστική Προπόνηση και Μυϊκές Προσαρμογές

Η εκτέλεση προπόνησης με αντιστάσεις (προπόνηση δύναμης ή ισχύος) και αερόβιας προπόνησης στην ίδια προπονητική μονάδα ή και σε διαφορετικές μέρες είναι ένα αναπόσπαστο μέρος της φυσικής προπόνησης που στοχεύει στη βελτίωση τόσο της αθλητικής απόδοσης όσο και της υγείας. Η σύσταση για την εκτέλεση τόσο της προπόνησης με αντιστάσεις όσο και της αερόβιας προπόνησης είναι σημαντική επειδή αυτές οι δραστηριότητες προκαλούν σε κάποιο βαθμό διακριτές προσαρμογές και οφέλη για την υγεία (Li et al., 2018). Μάλιστα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας συνιστά τουλάχιστον 150 λεπτά μέτριας έντασης αερόβιας δραστηριότητας κάθε εβδομάδα και τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα δραστηριότητες μυϊκής ενδυνάμωσης για τις μεγάλες μυϊκές ομάδες, στον γενικό πληθυσμό (Global Recommendations on Physical Activity for Health, 2010). Μερικές από τις προσαρμογές της αερόβιας προπόνησης είναι η αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, μείωση σωματικού λίπους, μείωση της καρδιακής συχνότητας σε ηρεμία (Baechle & Earle, 2008) και μεταβολικές αλλαγές στους σκελετικούς μυς, όπως η αυξημένη μιτοχονδριακή πυκνότητα (Hawley et al., 2002). Μάλιστα φαίνεται πως μεταξύ των ατόμων με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακής νόσου, ο συνδυασμός αερόβιας προπόνησης και προπόνησης με αντιστάσεις τουλάχιστον για 8 εβδομάδες μπορεί να προσφέρει πιο ολοκληρωμένα οφέλη για τη μείωση του κινδύνου της καρδιαγγειακής νόσου σε σύγκριση με την αεροβική προπόνηση ή την προπόνηση με αντίσταση μεμονωμένα (Schroeder et., 2019). Μερικές από τις προσαρμογές που μπορεί να προκαλέσει η άσκηση με αντιστάσεις είναι η αύξηση της μυϊκής δύναμης, μυϊκής ισχύος, μυϊκής μάζας, μυϊκής αντοχής, η αύξηση της οστικής πυκνότητας και αλλαγές στην σύσταση σώματος (Baechle & Earle, 2008). Ο ρόλος των σκελετικών μυών στη διατήρηση της υγείας έχει λάβει αυξημένη προσοχή την τελευταία δεκαετία, με τον μυϊκό ιστό να παρουσιάζεται ως ένα όργανο που απελευθερώνει αρκετές εκατοντάδες μυοκίνες που σχετίζονται με τη λειτουργία άλλων οργάνων, όπως ο εγκέφαλος, ο λιπώδης ιστός, τα οστά, το ήπαρ, το έντερο, το πάγκρεας και το δέρμα (Severinse & Pedersen, 2020). Επιπλέον, φαίνεται πως η άσκηση με αντιστάσεις και τα οφέλη της συνδέονται έντονα με χαμηλότερο κίνδυνο τραυματισμών λόγω πτώσης σε ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας (Sherrington et al., 2019) τονίζοντας περαιτέρω τη σημασία τόσο της μυϊκής μάζας όσο και της μυϊκής λειτουργίας ως δείκτες σωματικής υγείας και ανεξαρτησίας στην καθημερινή ζωή. Πέρα από την βελτίωση της υγείας του γενικού πληθυσμού, πολλά αθλήματα απαιτούν από τον αθλητή να ενσωματώνει ταυτόχρονα διαφορετικούς τρόπους προπόνησης, συμπεριλαμβανομένης της αερόβιας προπόνησης και της προπόνησης με αντιστάσεις, στο πρόγραμμα προπόνησής του. Τόσο οι αθλητές όσο και οι ασκούμενοι, που έχουν ως σκοπό την βελτίωση της υγείας τους, συχνά εκτελούν σχετικά υψηλούς όγκους (ή/και συχνότητες) αερόβιας προπόνησης παράλληλα με προπόνηση με αντιστάσεις. Ωστόσο, η αερόβια προπόνηση και η προπόνηση με αντιστάσεις προκαλούν ανάμοιες βιολογικές προσαρμογές, οι οποίες, κατά πολλούς ερευνητές, σε συνδυασμό μπορεί να οδηγήσουν σε μειωμένες μυϊκές προσαρμογές. Έτσι, ο σχεδιασμός συνδυαστικών προγραμμάτων αερόβιας προπόνησης και προπόνησης με αντιστάσεις για διάφορους πληθυσμούς απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Τυπικά, οι επαγγελματίες της άσκησης και της υγείας καθώς και οι ίδιοι οι ασκούμενοι ενδιαφέρονται για τον βέλτιστο τρόπο συνδυαστικής προπόνησης σε μια προσπάθεια να μεγιστοποιήσουν τόσο τις αερόβιες όσο και τις μυϊκές προσαρμογές. Βέβαια κατά τη δημιουργία των προπονητικών προγραμμάτων δημιουργούνται κάποια εύστοχα ερωτήματα. Για παράδειγμα, η συνδυαστική αερόβια προπόνηση και η προπόνηση με αντιστάσεις πρέπει να εκτελούνται την ίδια μέρα ή να χωρίζονται σε

διαφορετικές ημέρες? Η προπόνηση αντοχής που εκτελείται πρώτη σε μια προπονητική μονάδα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα μιας επόμενης προπόνησης με αντιστάσεις και, επομένως, την μειωμένη βελτίωση των μακροπρόθεσμων προσαρμογών? Τι είδος αερόβιας προπόνησης πρέπει να πραγματοποιηθεί? Αυτές είναι μερικές από τις κοινές ερωτήσεις ανάμεσα στους ασκούμενους αλλά και στους επαγγελματίες άσκησης και υγείας (Eklund et al., 2015).

Οι πρώτες μελέτες συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης άρχισαν να δημοσιεύονται το 1980. Μάλιστα, ο πρώτος ερευνητής που ασχολήθηκε με το είδος της προπόνησης αυτής ήταν ο Robert Hickson. Ο Hickson (1980), σε μελέτη του, παρουσίασε ότι η μυϊκή δύναμη μπορεί να έχει μικρότερη αύξηση (σε σχέση με την πραγματοποίηση μόνο άσκησης με αντιστάσεις) όταν μια υψηλή συχνότητα εντατικών προπονήσεων αερόβιας άσκησης και προπόνησης με αντιστάσεις (11 εβδομαδιαίες συνεδρίες σε μη έμπειρους ασκούμενους) πραγματοποιήθηκαν ταυτόχρονα για 10 εβδομάδες (Hickson, 1980). Στην πραγματικότητα, το συμπέρασμα αυτής της μελέτης αναφέρει ότι μπορεί να είναι επιβλαβές για τους αθλητές δύναμης να εκτελούν επίπονες δραστηριότητες αντοχής ταυτόχρονα. Ακόμη πιο αξιοσημείωτο, είναι επίσης το συμπέρασμα ότι οι μειωμένες προσαρμογές της μυϊκής δύναμης δεν αποδίδονταν στην υπολειπόμενη κόπωση, παρά τον μεγάλο όγκο αερόβιας προπόνησης και προπόνησης δύναμης. Αντίθετα η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\dot{V}O_{2max}$) δεν επηρεάστηκε αρνητικά. Από την πρωτοποριακή του μελέτη, αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως «φαινόμενο παρεμβολής» ή στην διεθνή βιβλιογραφία ως «interference effect», με αρκετούς ερευνητές στη συνέχεια να ασχολούνται με το φαινόμενο αυτό, με ένα από τα κύρια ερωτήματα να είναι αν το είδος της αερόβιας άσκησης, η ένταση και τέλος η συχνότητα αερόβιας άσκησης επηρεάζουν και σε πιο βαθμό την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης, μυϊκής ισχύος και μυϊκής μάζας.

Οι Graig και συν. (1981), επιβεβαίωσαν τις αρχικές παρατηρήσεις του Hickson. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι ένα πρόγραμμα προπόνησης που περιλαμβάνει ήπιας έντασης συνεχόμενο τρέξιμο (30λ, 75% των μέγιστων καρδιακών παλμών) και άσκηση με αντιστάσεις μπορεί να αποφέρει παρόμοια βελτίωση στη $\dot{V}O_{2max}$ (σε σχέση με την αερόβια άσκηση μόνο) και στη μυϊκή δύναμη του άνω μέρους του σώματος (σε σχέση με την προπόνηση με αντιστάσεις μόνο), αλλά αναστέλλει σε έναν βαθμό την αύξηση της δύναμης των κάτω άκρων (Graig et al., 1991). Μάλιστα οι προσαρμογές αυτές στη συνδυαστική προπόνηση αντοχής και προπόνησης με αντιστάσεις, όπως αξιολογούνται από τη $\dot{V}O_{2max}$ και την μέγιστη δύναμη άνω και κάτω άκρων φαίνεται να είναι ανεξάρτητες από το εάν η προπόνηση αντοχής γίνεται πριν ή μετά την προπόνηση δύναμης (Collins et al., 1993· Kraemer et al., 2004· Jones 2017). Ο συνδυασμός της προπόνησης δύναμης και αντοχής (ήπιας έντασης συνεχόμενο τρέξιμο) έχει ως αποτέλεσμα την αναστολή σε κάποιο βαθμό των βελτιώσεων απόδοσης (μέγιστη δύναμη κάτω άκρων) και των φυσιολογικών προσαρμογών (μυϊκή υπερτροφία) που παρατηρούνται στην προπόνηση με αντιστάσεις (Kraemer et al., 1995). Παρόλο που η άσκηση με αντιστάσεις θα αυξήσει τη μυϊκή δύναμη και την μυϊκή μάζα και η αερόβια προπόνηση θα αυξήσει την αερόβια ισχύ και αερόβια ικανότητα, η συνδυαστική προπόνηση θα προσφέρει όλα αυτά τα οφέλη αλλά σε μικρότερο μέγεθος από την προπόνηση με αντιστάσεις και την αερόβια προπόνηση μετά από τουλάχιστον 10 εβδομάδες προπόνησης (Dolezal et al., 1998· Glowacki et al., 2004). Δύο άλλες μελέτες, από την ίδια ομάδα ερευνητών, υποδηλώνουν ότι η προπόνηση με αντιστάσεις ευνοεί τη μυϊκή υπερτροφία και η συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης (ήπιας έντασης

συνεχόμενο τρέξιμο και διαλειματικό τρέξιμο υψηλής έντασης) προκαλεί μια μείωση της ρύθμισης στην φωσφορυλίωση της πρωτεϊνικής κινάσης B (Akt), στον μηχανιστικό στόχο του συμπλέγματος ραπαμυκίνης 1 (mTORC1) και στην p70 πρωτεϊνική S6 κινάση (p70S6K). Οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι η ομάδα που αύξησε σημαντικά την εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ινών τύπου I και ΙΙΑ ήταν αυτή που έκανε προπόνηση μόνο με αντιστάσεις, ενώ η ομάδα συνδυαστικής προπόνησης αύξησε σε μικρότερο βαθμό την εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ινών τύπου I και ΙΙΑ. Αυτές οι δύο μελέτες υποδεικνύουν ότι το φαινόμενο παρεμβολής μπορεί να σχετίζεται με την μείωση της ρύθμισης στη φωσφορυλίωση της Akt/mTORC1/p70S6K (De Souza et al., 2013· De Souza et al., 2014). Παρόμοια συμπεράσματα παρουσιάζονται και σε μελέτη του 2010, όπου ως αερόβια προπόνηση χρησιμοποιήθηκε σταθερό τρέξιμο ήπιας έντασης, αλλά και διαλειματικό τρέξιμο υψηλής έντασης. Οκτώ εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης βελτίωσαν τη μέγιστη δύναμη στο ημικάθισμα (37,6%) και στις πιέσεις στήθους (20,9%) σε νεαρές γυναίκες. Βέβαια η ομάδα που έκανε άσκηση με αντιστάσεις είχε μεγαλύτερη αύξηση στην μέγιστη δύναμη στο ημικάθισμα (48,3%) και στις πιέσεις στήθους (23,8%) (Hendrickson et al., 2010). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε πρόσφατη μελέτη, όπου φυσικά δραστήριοι νεαροί άνδρες έκαναν συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και διαλειματικό τρέξιμο υψηλής έντασης ή μόνο προπόνηση με αντιστάσεις. Τις πρώτες 8 εβδομάδες υπήρξε παρόμοια αύξηση της μέγιστης δύναμης και στις δύο ομάδες, ωστόσο η ομάδα συνδυαστικής προπόνησης παρουσίασε μικρότερη αύξηση της μέγιστης δύναμης μεταξύ της 8^{ης} και 12^{ης} εβδομάδας, σε σύγκριση με την ομάδα που έκανε μόνο προπόνηση με αντιστάσεις (Panissa et al., 2018). Επιπλέον, οι Silva και συν. (2012) επιχείρησαν να συγκρίνουν τα αποτελέσματα της χρήσης διαφορετικών εντάσεων και τύπων αερόβιας άσκησης (π.χ. ποδηλασία ή τρέξιμο) κατά τη διάρκεια της συνδυαστικής προπόνησης σε νευρομυϊκές προσαρμογές σε νεαρές γυναίκες. Συμπεράναν πως η συνδυαστική προπόνηση που εκτελείται τουλάχιστον δύο φορές την εβδομάδα προάγει παρόμοιες νευρομυϊκές προσαρμογές και αύξηση της μυϊκής δύναμης, ανεξάρτητα από τον τύπο της αερόβιας προπόνησης (σταθερό τρέξιμο ήπιας έντασης και σταθερή ποδηλασία ήπιας έντασης) (Silva et al., 2012). Από την άλλη οι Libardi και συν. (2014) χρησιμοποίησαν το περπάτημα και το τρέξιμο (55-85% $\dot{V}O_{2max}$) για προπόνηση αντοχής σε συνδυασμό με προπόνηση με αντιστάσεις. Η συνδυαστική προπόνηση που πραγματοποιήθηκε στην ίδια εβδομαδιαία συχνότητα και διάρκεια συνεδρίας της αερόβιας και άσκησης με αντιστάσεις ήταν αποτελεσματική στην αύξηση τόσο της μέγιστης δύναμης, σε μικρότερο βαθμό βέβαια από την ομάδα που έκανε άσκηση με αντιστάσεις, όσο και της $\dot{V}O_{peak}$ (Libardi et al., 2014). Επιπλέον, πρόσφατη μελέτη εξέτασε την ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης και τις νευρομυϊκές προσαρμογές σε διαφορετικές συχνότητες συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης (3 φορές προπόνηση με αντιστάσεις – 3 φορές αερόβια άσκηση και 3 φορές προπόνηση με αντιστάσεις – 1 φορά αερόβια άσκηση). Οι περισσότερες συχνότητες προπόνησης αντοχής (3) αύξησαν το μέγεθος της παρεμβολής στην ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης. Ως εκ τούτου, η συχνότητα της προπόνησης αντοχής θα πρέπει να παραμείνει χαμηλή εάν ο κύριος σκοπός της προπονητικής παρέμβασης είναι η δύναμη και η υπερτροφία (Jones et al., 2013· Jones et al., 2016). Αντίθετα, η ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης και μυϊκής υπερτροφίας φαίνεται να μην επηρεάζεται αρνητικά όταν ως μέθοδος αερόβιας προπόνησης χρησιμοποιηθούν οι δρόμοι ταχύτητας (sprint) στην συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση (Laird et al., 2016· Robineau et al., 2017).

Οι Dudley and Djamil (1985) επανεξέτασαν τις αρχικές παρατηρήσεις του Hickson εκτελώντας μια μελέτη με πολύ χαμηλότερες συχνότητες προπόνησης αλλά και διαφορετικού ερεθίσματος αερόβιας άσκησης. Μετά από 7 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης δύναμης για τα κάτω άκρα και αερόβιας προπόνησης μέτριας έντασης σε ποδήλατο, παρατηρήθηκε αύξηση της μυϊκής δύναμης και βελτίωση της αερόβιας ικανότητας. Η αύξηση της μυϊκής δύναμης ήταν μικρότερη όμως σε σχέση με την αύξηση που παρατηρήθηκε στην ομάδα που εκτελούσε μόνο προπόνηση με αντιστάσεις (Dudley and Djamil, 1985). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και σε μεταγενέστερη μελέτη του 1990. Μετά από 20 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης δύναμης και μέτριας έντασης αερόβια προπόνηση με ποδήλατο υπήρξε αύξηση της μυϊκής δύναμης, αλλά σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με την ομάδα εκτελούσε μόνο προπόνηση με αντιστάσεις. Αντίθετα η αερόβια ικανότητα βελτιώθηκε παρόμοια και στις δύο ομάδες (Nelson et al., 1990). Εκτελώντας μεγαλύτερη διάρκεια μέτριας έντασης ποδηλασία (50 λεπτά στο 70% της $\dot{V}O_{2max}$), οι McCarthy και συν. (1995) παρατήρησαν παρόμοια αποτελέσματα με τους Nelson και συνεργάτες, δηλαδή, αύξηση της μυϊκής δύναμης, σε μικρότερο όμως βαθμό σε σχέση με την ομάδα που έκανε μόνο προπόνηση με αντιστάσεις (McCarthy et al., 1995). Την ίδια περίοδο, οι Sale και συν. (1990) διερεύνησαν τα αποτελέσματα της συνδυαστικής προπόνησης που εκτελείται την ίδια ημέρα σε σύγκριση με την συνδυαστική προπόνηση που πραγματοποιείται σε εναλλασσόμενες ημέρες. Στη μελέτη τους, νεαροί άνδρες έκαναν προπόνηση δύο φορές την εβδομάδα για 20 εβδομάδες. Ενώ η αύξηση στη μέγιστη δύναμη ήταν μεγαλύτερη στα άτομα που εκτελούσαν προπόνηση σε εναλλασσόμενες ημέρες, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων στην μυϊκή υπερτροφία και στην αερόβια ικανότητα. Ωστόσο, η προπόνηση σε εναλλασσόμενες ημέρες αύξησε τη δραστηριότητα της κίτρινης συνθάσης, η οποία μπορεί να είναι ευεργετική για τη συνολική αερόβια ικανότητα (Sale et al., 1990). Ακολουθώντας παρόμοιο προπονητικό πρωτόκολλο, μεταγενέστερη μελέτη των Bell και συν. (2000) προσπάθησε να διερευνήσει την επίδραση της ταυτόχρονης προπόνησης με αντιστάσεις και αντοχής, σε διαφορετικές ημέρες, στην μυϊκή δύναμη, αντοχή και στην αύξηση της μυϊκής μάζας. Υπήρξε παρόμοια αύξηση της $\dot{V}O_{2max}$. Υπήρξε αύξηση της δύναμης, μικρότερη όμως σε σχέση με την ομάδα, που έκανε μόνο προπόνηση με αντιστάσεις. Παρόμοια αποτελέσματα με την μυϊκή δύναμη βρέθηκαν και στην αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας των μυϊκών ινών τύπου I και τύπου II (Bell et al., 2000). Η μελέτη των McCarthy και συν. (2002) επιβεβαιώνει τα παραπάνω αποτελέσματα σε σχέση με την αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας των μυϊκών ινών τύπου I και τύπου II ακόμη και αν η συνδυαστική προπόνηση γίνεται την ίδια μέρα (McCarthy et al., 2002). Από την άλλη, σε μελέτη του Hakkinen και συν. (2003) έγινε η διερεύνηση των επιπτώσεων ενός πρωτοκόλλου συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αντοχής (ποδηλασία μέτριας έντασης) 21 εβδομάδων στο προφίλ φυσικής κατάστασης σε γυναίκες με πρώιμη ή μακροχρόνια ρευματοειδή αρθρίτιδα σε σύγκριση με υγιή άτομα. Η προπόνηση οδήγησε σε μεγάλη βελτίωση της μέγιστης δύναμης τόσο σε γυναίκες με ρευματοειδή αρθρίτιδα όσο και σε υγιείς γυναίκες. Η αύξηση της δύναμης συνοδεύτηκε από αυξήσεις στην ταχύτητα βάρδιας. Σημαντικές βελτιώσεις σημειώθηκαν επίσης στη μέγιστη αερόβια ικανότητα. Τόσο οι πρώιμοι όσο και οι μακροχρόνιοι ασθενείς με ρευματοειδή αρθρίτιδα μπορούν να βελτιώσουν με ασφάλεια όλα τα χαρακτηριστικά του προφίλ φυσικής κατάστασης χρησιμοποιώντας ένα προοδευτικό πρωτόκολλο συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αντοχής (Hakkinen et al., 2003). Επιπλέον οι Haykowsky και συν. (2005) διερεύνησαν την επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης

(ποδηλασία μέτριας έντασης) σε ηλικιωμένα άτομα. Παρατήρησαν μεγάλη αύξηση στη μυϊκή δύναμη και αερόβια ικανότητα των ηλικιωμένων ατόμων, χωρίς να υπάρχουν σημαντικές διαφορές με τα άτομα που έκαναν μόνο ένα από τα δυο προπονητικά ερεθίσματα (Haykowsky et al., 2005). Αντίθετα σε πρόσφατες μελέτες, με παρόμοια μεθοδολογία, το ποσοστό αύξησης της μυϊκής δύναμης ήταν μικρότερο σε σχέση με την ομάδα που έκανε μόνο άσκηση με αντιστάσεις (Cadore et al., 2010· Cadore et al., 2012). Αντίθετα, σε πρόσφατη μελέτη του 2018 με παρόμοια μεθοδολογία, μετά από συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση (ποδηλασία μέτριας έντασης) σε ηλικιωμένα άτομα παρατηρήθηκε αύξηση της μέγιστης δύναμης. Αντίθετα, οι δοκιμαζόμενοι που έκαναν άσκηση μόνο με αντιστάσεις είχαν, επιπλέον, μεγαλύτερη αύξηση της άλιπης μάζας (Timmons et al., 2018). Φαίνεται πως τουλάχιστον σε ηλικιωμένα άτομα η συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση (ποδηλασία μέτριας έντασης) μπορεί να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό τη μυϊκή δύναμη αλλά το «φαινόμενο παρεμβολής» επηρεάζει περισσότερο την ανάπτυξη της μυϊκής μάζας, όπου παρατηρούνται αυξήσεις, μικρότερες βέβαια σε σχέση με άτομα που εκτελούν πρόγραμμα άσκησης μόνο με αντιστάσεις (Sillanpää et al., 2008· Sillanpää et al., 2009· Karavita et al., 2011).

Το φαινόμενο της παρεμβολής που παρατήρησε για πρώτη φορά ο Hickson, φαίνεται να μην συμβαίνει όταν στην συνδυαστική προπόνηση το αερόβιο ερέθισμα είναι διαλειμματική ποδηλασία υψηλής έντασης με ένταση στο 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος. Πρώτοι, οι Sale και συν. (1990) διερεύνησαν διεξοδικά τα αποτελέσματα της συνδυαστικής προπόνησης που εκτελείται την ίδια ημέρα σε σύγκριση με την συνδυαστική προπόνηση που πραγματοποιείται σε εναλλασσόμενες ημέρες χρησιμοποιώντας τη διαλειμματική ποδηλασία υψηλής έντασης ως αερόβιο ερέθισμα. Στη μελέτη τους, νεαροί άνδρες έκαναν προπόνηση δύο φορές την εβδομάδα για 20 εβδομάδες. Ενώ το μέγεθος των βελτιώσεων στη μέγιστη δύναμη ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα που έκανε προπόνηση σε εναλλασσόμενες ημέρες, δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων στο ποσοστό αύξησης της μυϊκής υπερτροφίας αλλά και στην βελτίωση της αερόβιας ικανότητας (Sale et al., 1990). Σε μεταγενέστερη μελέτη, οι Leveritt και συν. (2003) μαζί με την προπόνηση με αντιστάσεις, χρησιμοποίησαν 5 σειρές διαλειμματικής ποδηλασίας υψηλής έντασης των 5 λεπτών με αυξανόμενη ένταση κάθε λεπτό (40%, 60%, 80%, 100%, 100%). Δεν υπήρξαν ενδείξεις μείωσης της ανάπτυξης της μέγιστης δύναμης, αναερόβιας ικανότητας, αλλά και $\dot{V}O_{2max}$ συγκριτικά με τις ομάδες που έκαναν μόνο προπόνηση με αντιστάσεις ή μόνο αερόβια προπόνηση (Leveritt et al., 2003). Ακόμη και σε ηλικιωμένα άτομα μετά από 21 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης, παρατηρείται αύξηση της μέγιστης δύναμης και του πάχους του τετρακέφαλου μυός (Ahtiainen et al., 2009). Επιπλέον, οι Cantrell και συν. (2014) χρησιμοποίησαν διαφορετικό πρωτόκολλο διαλειμματικής ποδηλασίας υψηλής έντασης (6 σειρές των 20 δευτερολέπτων στο 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος) μαζί με προπόνηση με αντιστάσεις για 12 εβδομάδες. Η εκτέλεση διαλειμματικής προπόνησης σπριντ (στο ποδήλατο) και άσκησης με αντιστάσεις δεν μείωσε την ανάπτυξη της μέγιστης δύναμης σε σύγκριση με την άσκηση με αντιστάσεις μόνο, ενώ βελτίωσε επίσης την αερόβια ικανότητα σε νεαρούς μη έμπειρους άνδρες (Cantrell et al., 2014). Αντίθετα, σε πρόσφατη μελέτη του 2017, 22 νεαροί άνδρες έκαναν συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και διαλειμματική ποδηλασία υψηλής έντασης (10 σειρές των 60 δευτερολέπτων, με 1 λεπτό διάλειμμα ανάμεσα από κάθε σειρά στο 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος), την ίδια μέρα, για 8 εβδομάδες. Η μέγιστη δύναμη και η εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός αυξήθηκε παρόμοια και στις δύο ομάδες.

Παρόμοια αύξηση και στις δύο ομάδες υπήρξε και στην εγκάρσια επιφάνεια των μυϊκών ινών τύπου I, ΙΙΑ και ΙΙΧ. Αντίθετα ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης μειώθηκε στην ομάδα συνδυαστικής προπόνησης. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η υψηλής έντασης διαλειμματική ποδηλασία που εκτελείται μετά από άσκηση με αντιστάσεις μπορεί να μην αναστέλλει τη μυϊκή δύναμη/υπερτροφία που προκαλείται από την άσκηση με αντιστάσεις μετά από 2 μήνες προπόνησης, ενώ παράλληλα βελτιώνει την αερόβια ικανότητα. Η προσθήκη ποδηλασίας υψηλής έντασης μετά από άσκηση με αντίστασης μπορεί να μειώσει τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης εν μέρει λόγω των αρχιτεκτονικών αλλαγών των μυών (Tsitkanou et al. 2017). Μάλιστα σύμφωνα με τους Shamim και συν. (2018) η συνδυαστική προπόνηση (όταν χρησιμοποιείται διαλειμματική ποδηλασία υψηλής έντασης) σε συνδυασμό με μια δίαιτα πλούσια σε πρωτεΐνες, σε υγιείς άτομα, δεν επηρεάζει αρνητικά την αύξηση της μέγιστη δύναμης, της αερόβιας ικανότητας, της άλιπης μάζας και τις αρχιτεκτονικές αλλαγές των μυών σε σύγκριση με την προπόνηση με αντιστάσεις ή αερόβιας προπόνησης μόνο (Shamim et al., 2018). Επιπλέον, πρόσφατη μελέτη του 2020, πραγματοποίησε το ίδιο προπονητικό πρωτόκολλο, αλλά με την προπόνηση με αντιστάσεις και την υψηλής έντασης διαλειμματική ποδηλασία να γίνονται σε διαφορετικές ημέρες. Μετά από ένα πρόγραμμα συνδυαστικής προπόνησης 12 εβδομάδων, παρατηρήθηκε αύξηση στην μέγιστη δύναμη, στο πάχος του τετρακέφαλου μυός αλλά και στην γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων παρόμοια με την ομάδα που έκανε μόνο άσκηση με αντιστάσεις (Timmins et al., 2020). Τέλος, οι Lee και συν. (2020) σύγκριναν τις προσαρμογές ενός πρωτοκόλλου συνδυαστικής άσκησης, με την υψηλής έντασης διαλειμματική ποδηλασία να γίνεται είτε 3 ώρες πριν την άσκηση με αντιστάσεις, είτε 3 ώρες μετά την άσκηση με αντιστάσεις σε σχέση με την ομάδα που έκανε μόνο άσκηση με αντιστάσεις. Μετά από 9 εβδομάδες, όλες οι ομάδες προπόνησης αύξησαν την μέγιστη δύναμη τους στις ωθήσεις κάτω άκρων στο μηχάνημα (24–28%) και την συνολική άλιπη μάζα (3-4%), χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων. Και οι δύο ομάδες συνδυαστικής προπόνησης είχαν παρόμοιες βελτιώσεις σε όλους τους δείκτες αερόβιας φυσικής κατάστασης (Lee et al., 2020). Σύμφωνα με τις παραπάνω μελέτες, το φαινόμενο της παρεμβολής φαίνεται να μην συμβαίνει όταν στην συνδυαστική προπόνηση το αερόβιο ερέθισμα είναι διαλειμματική ποδηλασία υψηλής έντασης με ένταση στο 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος. Η ανάπτυξη της μέγιστης δύναμης αλλά και της μυϊκής υπερτροφίας παρά την ύπαρξη αερόβιου ερεθίσματος δεν επηρεάζονται αρνητικά, τουλάχιστον σε υγιείς, νεαρά ή μεγάλης ηλικίας άτομα και των δύο φύλλων.

Σε αντίθεση με τις προσαρμογές που προκαλεί η προπόνηση με αντιστάσεις στη μυϊκή δύναμη αλλά και στη μυϊκή υπερτροφία, η ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος φαίνεται να είναι αρκετά επιρρεπής στο φαινόμενο παρεμβολής (Wilson et al., 2012· Schumann et al., 2019). Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η μυϊκή ισχύς είναι το αποτέλεσμα της δύναμης και της ταχύτητας και επομένως καθορίζεται από την εγκάρσια επιφάνεια του μυός, τη νευρική ενεργοποίηση του μυός, τις βαριές αλυσίδες μυοσίνης που εκφράζονται στον μυ και την ικανότητα μετάδοσης ισχύος από την μυοσίνη και την ακτίνη μέσα σε κάθε σαρκομέριο (Hughes et al., 2015). Ως εκ τούτου, θεωρητικά καθένας από αυτούς τους παράγοντες μπορεί να παρουσιάζει μια επίδραση παρεμβολής. Μια πιθανή εξήγηση για την μειωμένη ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος στην συνδυαστική προπόνηση σε υγιείς άτομα, που δεν είναι αθλητές, είναι η επίδραση της προπόνησης στον τύπο των μυϊκών ινών (Kosek et al, 2006). Παρόλο που ο αριθμός των μυϊκών ινών ταχείας συστολής δεν αλλάζει με την προπόνηση, η μυϊκή ανάπτυξη συμβαίνει μέσω της προσθήκης πρωτεΐνης βαριάς αλυσίδας

μυοσίνης τύπου Ια σε υπάρχουσες ίνες, τόσο με την αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας τους όσο και με τη μετατροπή των μυϊκών ινών Ιx σε μυϊκές ίνες Ια (Staron et al., 1991). Αυτό αυξάνει την περιοχή της μυοσίνης τύπου Ι σε αυτές και αυξάνει τη δύναμη και την ισχύ (Kraemer et al., 1995· Verdijk et al., 2009), καθώς αυτό αυξάνει την αλληλεπίδραση της μυοσίνης με την ακτίνη δημιουργώντας περισσότερες εγκάρσιες γέφυρες μεταξύ τους (Seitz et al., 2016). Πολλές έρευνες έχουν δείξει τη σχέση μεταξύ της μυϊκής δύναμης και του τύπου των μυϊκών ινών (Thorstensson et al. 1976· Aagaard & Andersen 1998· Seitz et al., 2016). Σε αντίθεση με την προπόνηση δύναμης, η αερόβια προπόνηση και η προπόνηση δύναμης που εκτελούνται μαζί έχουν ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη υπερτροφία των μυϊκών ινών τύπου Ι (Kazior et al., 2016), ενώ ταυτόχρονα σε κάποιο βαθμό τείνουν να περιορίζουν την ανάπτυξη στις μυϊκές ίνες τύπου ΙΙ (Aagaard et al., 2011). Έτσι ο μυς θα έχει υψηλότερα ποσοστά αργής μυοσίνης και επομένως μπορεί να παρουσιάζει χαμηλότερη μυϊκή ισχύς από τους μυς που προπονούνται αποκλειστικά για την αύξηση της μυϊκής δύναμης (Schumann et al., 2019).

Από τις πρώτες μελέτες συνδυαστικής προπόνησης με σκοπό την ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος ή που πραγματοποιήθηκε κάποια αξιολόγηση μυϊκής ισχύος ήταν των Hennessy και συν. (1994). Σε αυτή τη μελέτη νεαροί άνδρες, έκαναν συνδυαστική προπόνηση δύναμης και αερόβια προπόνηση (μέτριας έντασης τρέξιμο) για 8 εβδομάδες. Παρόλο που υπήρξε αύξηση της μέγιστης δύναμης μετά το τέλος της προπόνησης, δεν παρατηρήθηκε καμία αύξηση στο κατακόρυφο άλμα αλλά και στην βελτίωση της απόδοσης στους δρόμους ταχύτητας, οι οποίες είναι δύο αξιολογήσεις μυϊκής ισχύος (Hennessy et al., 1994). Μεταγενέστερες μελέτες δείχνουν πως η συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και η αερόβια προπόνηση από 6 μέχρι 12 εβδομάδες τουλάχιστον (τρέξιμο μέτριας έντασης και διαλειμματικό τρέξιμο, με εντάσεις 50-90% της $\dot{V}O_{2max}$), σε υγιείς άτομα (όχι αθλητές), δεν βελτιώνουν καθόλου (Glowacki et al., 2004· Hendrickson et al., 2010· Robineau et al., 2016) ή και μειώνουν (Terzis et al., 2016· Jones et al., 2016) την επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση, επομένως και την μυϊκή ισχύ. Αντίθετα, φαίνεται πως η προσθήκη δρόμων ταχύτητας (sprint) σε ένα πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις, τουλάχιστον σε έμπειρους αθλητές, μέτριου επιπέδου και πάνω, μπορεί να επιφέρει εκτός από αύξηση στη μέγιστη δύναμη και βελτίωση στην μυϊκή ισχύ (Robineau et al., 2017). Επιπλέον, φαίνεται πως όταν η αερόβια προπόνηση γίνεται με τα κάτω άκρα (τρέξιμο, ποδηλασία) η μυϊκή ισχύς των άνω άκρων δεν επηρεάζεται. Σε μελέτη του Hendrickson και συν. (2010) 56 γυναίκες έκαναν συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση για 8 εβδομάδες. Παρόλο που δεν βελτιώθηκε καθόλου η επίδοση στο κατακόρυφο άλμα, υπήρξε αύξηση της μυϊκής ισχύος των άνω άκρων (βαλλιστικές πιέσεις στήθους), παρόμοια με την ομάδα που έκανε μόνο προπόνηση με αντιστάσεις (Hendrickson et al., 2010).

Οι Häkkinen και συν. (2003) εξέτασαν το φαινόμενο της παρεμβολής σχετικά με την αύξηση της μυϊκής ισχύος, χρησιμοποιώντας ως αερόβιο ερέθισμα την ποδηλασία σταθερής έντασης. Άνδρες μέσης ηλικίας έκαναν συνδυαστική προπόνηση δύναμης και αερόβια προπόνηση (ποδηλασία μέτριας έντασης για 30 λεπτά) για 21 εβδομάδες. Υπήρξε βελτίωση της μέγιστης δύναμης, της μέγιστης ισομετρικής δύναμης και της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός μετά το τέλος της προπόνησης. Αντίθετα δεν υπήρξε βελτίωση της επίδοσης στον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης (Häkkinen et al., 2003). Επιπλέον, πρόσφατες μελέτες που ακολούθησαν παρόμοια μεθοδολογία σε διαφορετικής ηλικίας πληθυσμό (18 έως 45 ετών), συμφωνούν με τα παραπάνω αποτελέσματα καθώς μετά το τέλος την συνδυαστικής προπόνησης ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης δεν βελτιώθηκε (Mikkola et al., 2012·

Fyfe et al., 2016· Tsitkanou et al., 2017). Τέλος, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, φαίνεται πως το φαινόμενο παρεμβολής σε σχέση με το μέγεθος αύξησης της μυϊκής δύναμης αλλά και μυϊκής υπερτροφίας δεν συμβαίνει όταν μαζί με την άσκηση με αντιστάσεις εκτελείται έντονη διαλειμματική ποδηλασία στο 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος για τουλάχιστον 5 σειρές του ενός λεπτού σε υγιείς άτομα. Φαίνεται πως δεν συμβαίνει το ίδιο και στην μυϊκή ισχύ. Σε πρόσφατη μελέτη του 2019, νεαρές γυναίκες έκαναν συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις, κατακόρυφα άλματα και έντονη διαλειμματική ποδηλασία στο 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος για 6 εβδομάδες. Μετά το τέλος της προπόνησης η μέγιστη δύναμη αλλά και η εγκάρσια επιφάνεια του έξω πλατύ μηριαίου μυ αυξήθηκαν σημαντικά, σε αντίθεση με τη μυϊκή ισχύ στο κατακόρυφο άλμα και το ύψος άλματος στα οποία δεν παρατηρήθηκε αύξηση, αλλά μείωση της επίδοσης σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις (Spiliouroulou et al., 2019). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε πρόσφατη μελέτη 9 εβδομάδων, με νεαρούς άνδρες (Lee et al., 2020). Σε αντίθεση λοιπόν με τις προσαρμογές που προκαλούνται από την συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση στη μυϊκή δύναμη αλλά και στη μυϊκή υπερτροφία, η ανάπτυξη της μυϊκής ισχύος φαίνεται να είναι αρκετά επιρρεπής στο φαινόμενο παρεμβολής, ανεξάρτητα από το είδος του αερόβιου ερεθίσματος και έντασης.

Σε αντίθεση με τις προσαρμογές της προπόνησης με αντιστάσεις, η ανάπτυξη της αερόβιας ικανότητας ίσως να μην είναι τόσο επιρρεπής στο φαινόμενο παρεμβολής (Wilson et al., 2012), κάτι το οποίο φαίνεται και από τις μελέτες που παρουσιάστηκαν παραπάνω. Βέβαια ορισμένα στοιχεία δείχνουν ότι η απόδοση της αερόβιας ικανότητας μπορεί να επηρεαστεί, σε μικρό βαθμό, όταν έχει προηγηθεί άσκηση με αντιστάσεις καθώς μπορεί να προκληθεί μυϊκή κόπωση, νευρομυϊκή κόπωση και μείωση του γλυκογόνου των μυών (Doma et al., 2017).

Πίνακας 1

Μελέτες σχετικά με την επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης στην μυϊκή δύναμη και μυϊκή μάζα σε σχέση με την προπόνηση με αντιστάσεις. * διαφορές μεταξύ των ομάδων

Ερευνητές	Δοκιμαζόμενοι/ Διάρκεια προπόνησης	Είδος προπόνησης	Πρόγραμμα προπόνησης	Δοκιμασίες αξιολόγησης	Αποτελέσματα
Hickson, 1980	17 άνδρες, 6 γυναίκες 18-37 5-6/εβδ 10 εβδ 2 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) Τρέξιμο /ποδηλασία	3-5 σειρές 5 επ 80% 1ΜΑΕ Τρέξιμο 40 λ. Διαλειμματικό ποδήλατο 6 σειρές 5 λεπτών 90-100% $\dot{V}O_{2max}$	Σύσταση σώματος 1ΜΑΕ $\dot{V}O_{2max}$	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ 1ΜΑΕ (*) ↓% λίπους
Gettman et al., 1982	36 γυναίκες 35,7±4,9 41 άνδρες 36,1±6,7 3/εβδ, 12 εβδ.	Διαλειμματική προπόνηση με αντιστάσεις (όλο το σώμα) Τρέξιμο	40% 1ΜΑΕ 12-15 επ. 30δ. τρέξιμο (μετά από κάθε άσκηση) 60%	Σύσταση σώματος 1ΜΑΕ Μέγιστη αερόβια ισχύς	↑ 1ΜΑΕ (*) ↓% λίπους ↑ $\dot{V}O_{2max}$
Dudley et al., 1985	22 άτομα 20,6±0,5 (8 άνδρες, 14 γυναίκες) 6/εβδ.(3+3) 7 εβδ. Ποδηλασία	Προπόνηση δύναμης (Κάτω άκρα) Ποδηλασία	5 σειρές 5λ 2 σειρές 30δευτ. μέγιστη προσπάθεια	$\dot{V}O_{2max}$ Ισοκινητικό μηχάνημα	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Μέγιστη ροπή τετ. (*)

Πίνακας 1

Συνέχεια

Nelson et al., 1990	14 άνδρες 27±3 4/εβδ 20 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) Ποδήλατο	3 σειρές 6επ. MAE 30-60λ 75-85% μέγιστων καρδιακών παλμών	Μέγιστη ροπή τετ. $\dot{V}O_{2max}$ Μυϊκή βιοψία	↑ Μέγιστη ροπή τετ. ↑ $\dot{V}O_{2max}$ % κατά/μηνιαίας επιφάνειας τύπου II (*) % κατά/μηνιαίας επιφάνειας τύπου I (*) ↓ % μυϊκών ινών Πα ↑ % μυϊκών ινών I
Sale et al., 1990	8 άνδρες/8 γυναίκες 20,9±0,6 3/εβδ. 22 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης Ποδήλατο	6 σειρές/12-15επ. 1MAE 5 σειρές 3 λεπτά 90-100% $\dot{V}O_{2max}$	Σύσταση σώματος 1MAE Μέγιστη αερόβια ισχύς Αρχιτεκτονική δομή Μυϊκή βιοψία	↑ 1MAE ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ CSA --Σύσταση σώματος --Κατανομή μυϊκών ινών I, II
Craig et al., 1991	36 23,5±1,7 3/εβδ 10 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3 σειρές 6-8 επ. 75% 1MAE 30λ 75% HR _{max}	1MAE Σύσταση σώματος $\dot{V}O_{2max}$ Αιμοληψία	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ % άλιπ μάζα(*) ↓ % λίπους (*) -- 1MAE (*)
Abernethy et al., 1993	15 άτομα (9 άνδρες, 6 γυναίκες) 18-38 ετών 3/εβδ 7 εβδ	Προπόνηση δύναμης (άνω άκρα) Εργόμετρο	5 σειρές 5λ άσκηση στο εργόμετρο 40-100 PVO ₂ 2 σειρές 30 δευτ.	PVO ₂ (peak arm ergometer oxygen consumption) Ισοκινητική δύναμη	↑ Ισοκινητική δύναμη (*) ↑ PVO ₂
Bell et al., 1993	31 άνδρες 25±3,6 6/εβδ (3+3) 12 εβδ. 2 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) Κωπηλατικό μηχανήματα	2 σειρές 30δευτ. 40-55λ 75% $\dot{V}O_{2max}$	$\dot{V}O_{2max}$ Αιμοληψία Ισοκινητικό δυναμόμετρο Εγκάρσια επιφάνεια μυός	↑ Peak torque ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Εγκάρσια επιφάνεια τετ.
Collins et al., 1993	34 άτομα 23,2±5,4 (23 γυναίκες, 11 άνδρες) 3/εβδ 7 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	2 σειρές 3-12 50-90% 1MAE 20-25λ 60-90% HRR	1 MAE $\dot{V}O_{2max}$	↑ 1MAE (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$
Hennessy et al., 1994	56 άνδρες αθλητές 24±3 5/εβδ. 8 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης Τρέξιμο	5-6 σειρές 6-10επ. 70%+ 1MAE 20-60λ. 70-85% $\dot{V}O_{2max}$	Σύσταση σώματος 1MAE Κατακόρυφο άλμα 20μ ταχύτητα $E\dot{V}O_{2max}$	↓ % λίπους ↑ 1MAE (*) --Κατ. άλμα (*) --20μ. ταχύτητα(*) ↑ $E\dot{V}O_{2max}$
McCarthy et al., 1995	30 άτομα 27,9±1,2 3/εβδ. 10 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδήλατο	6MAE 3 σειρές/6 επ. 50 λ. 70%	Σύσταση σώματος Ισομετρική/ισοκινητική δύναμη Ιστονική δύναμη $\dot{V}O_{2peak}$	↑ 1MAE (*) ↑ Άλιπης μάζας ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ ↑ Ισομετρική δύναμη
Kraemer et al., 1995	35 μέτρια γυμνασμένοι άνδρες 23,3±3,6 4/εβδ. 12 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3-5 σειρές 6-10 επ. 1MAE 40λ. 80-85% $\dot{V}O_{2max}$ 200-800μ ταχύτητες 95-100% $\dot{V}O_{2max}$	1MAE $\dot{V}O_{2max}$ Μυϊκή βιοψία Μέγιστη αναερόβια ισχύς (wingate) Αιμοληψία	↑ 1MAE (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Αναερόβια ισχύς ↑ %Pa ↓ %Px

Πίνακας 1

Συνέχεια

Bell et al., 1997	33 άτομα (19 άνδρες 13 γυναίκες) 24±6 3/εβδ 16 εβδ 2 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Κωπηλατικό μηχάνημα	2-6 σειρές 2-10 επ. 65-85% 1MAE 30-45λ / 5-8 σειρές 3λ 3λ Αιμοληψία διαλειμματική 90% $\dot{V}O_{2max}$	1MAE $\dot{V}O_{2max}$	↑ 1MAE (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$
Dolezal et al., 1998	30 άνδρες 20,1±1,6 3/εβδ 10 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3 σειρές 4-15 επ. MAE 25-40λ 65-85% HR _{max}	Σύσταση σώματος Βασικός μεταβολικός ρυθμός 1MAE Μέγιστη αερόβια ισχύς	↑ 1MAE (*) -- Μέγιστη αερόβια ισχύς (*) ↑ Βασικός μεταβολικός ρυθμός (*)
Bell et al., 2000	45 άνδρες/γυναίκες 22,3±3,3 3/εβδ – 6/εβδ 12 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	2-6 σειρές 4-12 επ. 75-85% 1MAE 30-42 λ. συνεχόμενη ποδηλασία/ Διαλειμματική 4-7 σειρές 90% $\dot{V}O_{2max}$	1MAE $\dot{V}O_{2max}$ Μυϊκή βιοψία Αιμοληψία	↑ 1MAE (*) ↑ CSA II (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$
McCarthy et al., 2002	30 άτομα 27,9±1,2 3/εβδ. 10 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδήλατο	6MAE 3 σειρές/6 επ. 50 λ. 70%	Εγκάρσια επιφάνεια τετ. Μυϊκή βιοψία Ισομετρική ροπή τετ.	↑ Εγκάρσια επιφάνεια τετ. (*) -- % CSA μυϊκών ινών τύπου II (*) ↑ Ισομετρική ροπή τετ (*)
Häkkinen et al., 2003	23 45±5 γυναίκες 6/εβδ (3+3) 21 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	3-5 σειρές 5-15 επ. 60-80% 1MAE 30-60λ αερόβιο κατώφλι/αναιερόβιο κατώφλι	Σύσταση σώματος 1 MAE Μέγιστη ισομ. δύναμη Μέγιστη ταχύτητα βάρδισης Κατακόρυφο άλμα $\dot{V}O_{2max}$	↓ % λίπους ↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη ισομ. δύναμη ↑ Κατακόρυφο άλμα (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Μέγιστη ταχύτητα βάρδισης
Häkkinen et al., 2003	27 άτομα 38±5 2/εβδ. 21 εβδ. 2 ομάδες	Ωθήσεις κάτω άκρων/Εκτάσεις γονάτων Ποδήλατο	50-80% 1MAE 4-6 σειρές/6-12 επ. 60-90 λ.	1MAE Μέγιστη ισομετρική δ. PEA, EMG Αρχιτεκτονική δομή Μυϊκή βιοψία	↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη ισ.δ. (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Τύπου I και II CSA (*) ↓ PEA
Balabinis et al., 2003	26 άνδρες μπασκετμπολίστες 22,5±0,5 4/εβδ 7 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης/ισχύος Τρέξιμο	3-5 σειρές 4-6 επ. 85% 1MAE Διαλειμματικό τρέξιμο 80-100% $\dot{V}O_{2max}$	1MAE Κατακόρυφο άλμα Μέγιστη αερόβια ικανότητα Ανανερόβια ικανότητα (wingate)	↑ 1MAE ↑ Κατακόρυφο άλμα ↑ Ανανερόβια ισχύς ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ % λίπους
Leveritt et al., 2003	26 άτομα 19,2±1,3 (11 γυναίκες, 15 άνδρες) 3/εβδ 6 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	4 σειρές 4-8 επ. MAE 5 σειρές 5λ 40-100% $\dot{V}O_{2peak}$	1 MAE Ισοκινητική δύναμη Ισομετρική δύναμη Μέγιστη αναερόβια ισχύς $\dot{V}O_{2peak}$	↑ 1MAE ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ - Ισοκινητική δύναμη - Ισομετρική δύναμη - Μέγιστη αναερόβια ισχύς

Πίνακας 1

Συνέχεια

Glowacki et al., 2004	45 άνδρες 25±5 5/εβδ 12 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3 σειρές 6-10 επ 75-85% 1MAE 20-40 λ 65-85% μέγιστης καρδιακής συχνότητας	Σύσταση σώματος 1MAE $\dot{V}O_{2peak}$ 60 and 180°·s ⁻¹ ισοκινητική δύναμη/ ισχύς έκταση/κάμψη-- Υψος άλματος γόνατος Κατακόρυφο άλμα	↓% λίπους ↑ 1MAE (*) ↑ Άλιπης μάζας ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ (*) ↓ Ισχύς Υψος άλματος
Kraemer et al., 2004	35 άνδρες 23±4 4/εβδ. 12 εβδ. 4 ομάδες	Τρέξιμο/ Διαλειματικό τρέξιμο υψηλής έντασης Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα)	40λ 70-80% $\dot{V}O_{2max}$ 100-400μ 90-100 $\dot{V}O_{2max}$ 2-5 σειρές 5-10 επ. 85% MAE	Σύσταση σώματος Τεστ αξιολόγησης ικανοτήτων στρατού(*) (push ups, κοιλιακοί, 2 mile run, 400μ ταχύτητα) Κατακόρυφο άλμα	↑ Επίδοση τεστ(*) ↑ % άλιπη μάζα (*) ↓ % λίπους (*) ↑ Υψός άλματος (*)
Haykowsky et al., 2005	35 γυναίκες 60-78 3/εβδ 12 εβδ 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	2 σειρές 10 επ. 50- 75% 1MAE 15-42λ 60-80% $\dot{V}O_{2peak}$	1MAE $\dot{V}O_{2peak}$ Λειτουργία αριστερής κοιλίας	↑ 1MAE (*) ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ -- Λειτουργία αριστερής κοιλίας
Sillanpää et al., 2008	53 άνδρες 54,1±7,7 4/εβδ. (2+2) 21 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	3-5 σειρές 6-15 επ. 40-90% 1MAE 30-60λ αερόβιο κατώφλι/αναερόβιο κατώφλι	Σύσταση σώματος Πάχος μυός 1MAE Μέγιστη ισομ. δύναμη $\dot{V}O_{2max}$	↓ % λίπους (*) ↑ Πάχος μυός (*) ↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη ισομ. δύναμη ↑ $\dot{V}O_{2max}$
Ahtiainen et al., 2009	26 άνδρες 61±5 4/εβδ (2+2) 21 εβδ	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	3 σειρές 6-30 επ. 40- 90% 1 MAE 30-90λ αερόβιο κατώφλι/αναερόβιο κατώφλι	Σύσταση σώματος 1MAE Μέγιστη ισομ. δύναμη 1MAE σύγκεντρη Μυϊκή υπερηχογραφία Μυϊκή βιοψία $\dot{V}O_{2max}$ Μέγιστη αερόβια ισχύς Αιμοληψία	↓ % λίπους ↑ Πάχος μυός ↑ 1MAE ↑ Μέγιστη ισομ. δύναμη ↑ $\dot{V}O_{2max}$ (*) ↑ Μέγιστη αερόβια ισχύς -- Εγκάρσια επιφάνεια μυϊκών ινών τύπου II (*) -- % κατανομής μυϊκών ινών Ια (*)
Sillanpää et al., 2009	62 γυναίκες 39-64 4/εβδ (2+2) 21 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδήλατο	2-5 σειρές 6-15 επ. 40-90% 1MAE 30-60λ αερόβιο κατώφλι/αναερόβιο κατώφλι	1 MAE $\dot{V}O_{2max}$ Σύσταση σώματος Μέγιστη ισομ. δύναμη Αιμοληψία	↓ % λίπους ↑ % άλιπης μάζας ↑ 1MAE (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$
Cadore et al., 2010	23 άνδρες 65±4 3/εβδ. 12 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	2-3 σειρές 6-20 επ. 1MAE 20-30λ 80-95% $\dot{V}O_{2peak}$	Σύσταση σώματος 1MAE Μέγιστη ισομετρική δύναμη EMG $\dot{V}O_{2peak}$ Αιμοληψία	↑ 1MAE (*) -- Μέγιστη ισομ. δύναμη (*) ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ -- EMG (*)
Hendrickson et al., 2010	56 γυναίκες 21±0,4 3/εβδ. 8 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3 σειρές 6-12 επ. 1MAE 20-30λ 70-85% MHR συνεχόμενο τρέξιμο/διαλειματικό τρέξιμο	1MAE Κατακόρυφο άλμα Πέταγμα μπάρας $\dot{V}O_{2peak}$ Λειτουργικές ικανότητες	↑ 1MAE ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ ↑ Πέταγμα μπάρας -- Κατακόρυφο άλμα (*) ↑ Λειτουργικές ικανότητες

Πίνακας 1

Συνέχεια

Karavita et al., 2011	96 άνδρες 56±7 4/εβδ. (2-2) 21 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	2-4 σειρές 5-20 επ. 40-85% 1MAE 30-60λ.	1MAE Μέγιστη. Ισομ. δύναμη EMG Μυϊκή βιοψία, Αιμοληψία Μέγιστη αερόβια ισχύς VO _{2peak}	↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη ισομ. δύναμη -- CSA ΙΙΑ (*) -- % ΙΙΑ (*) ↑ EMG (*) ↑ Μέγιστη αερόβια ισχύς ↑ VO _{2peak}
Silva et al., 2012	44 γυναίκες 23,5±2,5 2/εβδ. 11 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Συνεχόμενο τρέξιμο/διαλ. Συνεχόμενο ποδήλατο	2 σειρές 8-18 επ. (μέχρι εξάντληση) 20-30λ 95% VT ₂ 1λ vVO _{2max} – 1λ 50%	Σύσταση σώματος 1MAE Μυϊκή αντοχή Ισομετρική δύναμη	↑ 1MAE (*) ↑ Ισομετρική δύναμη ↓ Μυϊκή αντοχή
Mikkola et al., 2012	38 άνδρες 37±5 2/εβδ. Δ. 2/εβδ. Α. 22 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση με αντιστάσεις για όλο το σώμα Ποδήλατο	50-80% 1MAE 3-4 σειρές 6-12 επ. Ποδήλατο 30-60 λ. (αερόβιο/αναερόβιο κατώφλι)	Σύσταση σώματος 1MAE Μέγιστη ισομετρική δ. PEΔ, EMG VO _{2max} Μυϊκή βιοψία Αιμοληψία	↑ 1MAE (*) ↑ CSA (*) ↑ Μέγιστη ισ. δ ↓ PEΔ ↑ Μέγιστη αερόβια ισχύς ↑ VO _{2max}
Cadore et al., 2012	26 άνδρες 64,7±4,1 3/εβδ. 12 εβδ. 2 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	2-3 σειρές 6-20 επ. 1MAE 20-30λ 80-95% HR _{VT}	1MAE VO _{2peak} Μυϊκή υπερηχογραφία Μέγιστη αερόβια ισχύς	↑ 1MAE (*) ↑ Πάχος μυός (*) ↑ Μέγιστη αερόβια ισχύς ↑ VO _{2peak}
Lundberg et al., 2013	10 άνδρες 25±4 2-3/εβδ. 5 εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) Ποδήλατο	4 σειρές 7 επ. 1MAE 40λ 70% W _{max}	1MAE Μυϊκή ισχύς Μυϊκή Υπερηχογραφία Μυϊκή βιοψία	↑ 1MAE (*) ↑ CSA (*) -- % μυϊκών ινών τύπου II
de Souza et al., 2013	37 άνδρες 26± 65 2/εβδ. 8 εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) Έντονο διαλειμματικό τρέξιμο	3-5 σειρές 6-12 MAE 20 σειρές 20δ. 80-100% vVO _{2max}	1MAE Μυϊκή βιοψία Εγκάρσια επιφάνεια τετ. VO _{2max}	↑ 1MAE (*) ↑ VO _{2max} ↑ Μέγιστη αερόβια ισχύς ↑ CSA (*) ↑ p70 S6K1
Libardi et al., 2014	47 άνδρες 49±4,1 3/εβδ 16 εβδ 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3 σειρές 8-10 επ. 1MAE 60λ 65-85% VO _{2peak}	1MAE Αιμοληψία VO _{2peak}	↑ 1MAE (*) ↑ VO _{2peak}
Cantrell et al., 2014	16 άνδρες 25,6 ± 6,1 2/εβδ 12 εβδ. 4/εβδ 12 εβδ 2 ομάδες	Προπόνηση δύναμης Διαλειμματική προπόνηση ποδηλασίας (διαφορετική μέρα)	3 σειρές 4-6 επ. 85% 1MAE 4-6 σειρές 20δευτ. Τροποποιημένο πρωτόκολλο wingate	Σύσταση σώματος 1MAE CMJ Αερόβια ικανότητα Αερόβια ισχύς	↑ 1 MAE ↑ VO _{2max} -- Αναερόβια ισχύς
Eklund et al., 2015	56 άνδρες 18-40 10/εβδ. (5+5) 24 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία	2-5 σειρές 3-20 επ.40- 95% 1MAE 30-50λ αερόβιο κατώφλι/αναερόβιο κατώφλι	1MAE Μέγιστη ισομ. δύναμη EMG Μυϊκή υπερηχογραφία Μέγιστη αερόβια ισχύς	↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη ισομ. δύναμη ↑ EMG (*) ↑ Εγκάρσια επιφάνεια έξω πλατύ (*) ↑ Μέγιστη αερόβια ισχύς

Πίνακας 1

Συνέχεια

Fyfe et al., 2016	23 άνδρες 29,6±5,5 3/εβδ. 8 εβδ.	Έντονη διαλειμματική άσκηση σε ποδήλατο / ποδηλασία σταθερής έντασης Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα)	5-10 σειρές 120-150% γαλακτικό κατώφλι 15-30λ 80-100% γαλακτικό κατώφλι 3-5 σειρές 4-12 επ. 65-90% 1MAE	Σύσταση σώματος 1MAE $\dot{V}O_{2peak}$ Wpeak Κατακόρυφο άλμα PEΔ	↑ 1MAE (*) -- Ισχύς κατ. άλμα. (*) -- Ταχύτητα κατ. άλμα (*) -- PEΔ -- Άλιπη μάζα κάτω άκρα (*) -- % λίπους ↑ Wpeak -- $\dot{V}O_{2peak}$
Robineau et al., 2016	58 άνδρες 25,5±0,4 7εβδ. 5 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Δρόμοι ταχύτητας (sprint)	3-4 σειρές 3-10 επ. 70- 90% 1 MAE 6 σειρές 6λ. 15δ/15δ 120% MVC	1MAE Κατακόρυφο άλμα Μέγιστη αερόβια ταχύτητα MVC, EMG $\dot{V}O_{2peak}$	↑ 1MAE (*) ↑ MVC (*) -- Μυϊκή ισχύς ↑ $\dot{V}O_{2peak}$
Jones et al., 2016	30 άνδρες 24±4 3/εβδ. 6 εβδ. 2 ομάδες	Άσκηση με αντιστάσεις για όλο το σώμα/Τρέξιμο	70-85% 1MAE 3-6 σειρές 6-10 επ. 70% αερόβιας ικανότητας 1% κλίση	1MAE CMJ Σύσταση σώματος Αιμοληψία $\dot{V}O_{2max}$	↑ 1MAE (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ CMJ
Kazior et al., 2016	16 άνδρες 28±3,7 2-3/εβδ. 7 εβδ. 2 ομάδες	Ποδηλασία Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα)	60-95% $\dot{V}O_{2max}$ 4-6 σειρές 8-12 επ 70% 1MAE	1MAE $\dot{V}O_{2max}$ Μυϊκή βιοψία	↑ 1MAE (*) ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ % μυϊκών ινών τύπου I
Laird et al., 2016	28 γυναίκες 20,3±1,7 3/εβδ. 11 εβδ. 2 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Υψηλής έντασης διαλειμματικό sprint	3-5 σειρές 3-10 επ. 1MAE 8 σειρές 20δ 110-120 $\dot{V}O_{2max}$	Σύσταση σώματος 1MAE Μέγιστη ισομ. δύναμη Wingate $\dot{V}O_{2max}$	↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη ισομ. δύναμη -- PEΔ ↑ % άλιπης μάζας ↑ Αναερόβια ισχύς ↑ $\dot{V}O_{2max}$
Tsitkanou et al., 2017	22 άνδρες 21,8 ±0,6 2/εβδ. 8 εβδ. 2 ομάδες	Ωθήσεις κάτω άκρων/Κάθισμα σε Smith ποδηλασία υψηλής έντασης	85% 1MAE 4 σειρές 6 επ. 10 σειρές 60δευτ. 100% μέγιστης αερόβιας ισχύος	Μέγιστη δύναμη PEΔ Αρχιτεκτονική δομή Μυϊκή βιοψία Εκτιμώμενη αερόβια ικανότητα	↑ 1MAE ↑ CSA ↑ Εκτιμώμενη αερόβια ικανότητα ↓ PEΔ ↑ Γωνία πρόσφυσης μυϊκών ινών
Robineau et al., 2017	36 αθλητές ράγμπι 26,4±3,0 4/εβδ. (2+2) 8εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Δρόμοι ταχύτητας(sprint)/ μέτριας έντασης τρέξιμο	2-3 σειρές 4-6επ. 2 σειρές 8-12λ 30δ/30δ 100% μέγιστης αερόβιας ταχύτητας, 4-8 σειρές 30δ. μέγιστη ταχύτητα	1MAE Μέγιστη αερόβια ταχύτητα Κατακόρυφο άλμα Sprint τεστ $\dot{V}O_{2peak}$	↑ 1MAE -- Ισχύς κατ. άλμα. (*) ↑ Μέγιστη αερόβια ταχύτητα -- MVC (*) -- $\dot{V}O_{2peak}$ (*)
Shamim et al., 2018	32 άνδρες 25±5 6/εβδ. (3+3) 12 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλασία (Συνεχόμενη μέτριας έντασης / διαλειμματική)	2-5 σειρές 3-15 επ. 60-98% 1MAE	Σύσταση σώματος 1MAE Μέγιστη. Ισομ. δύναμη Μέγιστη αναερόβια ισχύς $\dot{V}O_{2peak}$ Μυϊκή υπερηχογραφία	↑ 1MAE ↑ % άλιπης μάζας ↑ Πάχος έξω πλατύ ↑ Γωνία πρόσφυσης μ.δ. ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ -- Μέγιστη αερόβια ισχύς (*)

Πίνακας 1

Συνέχεια

Jones et al., 2018	30 άνδρες 23±4 3/εβδ. 6 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3-5 σειρές 6-10 επ. 70-85% 1MAE 70% $\dot{V}O_{2max}$ 1% ανηφόρα	Σύσταση σώματος 1MAE Κατακόρυφο άλμα $\dot{V}O_{2max}$ Αιμοληψία	↑ 1MAE (*) ↑ Κατακόρυφο άλμα (*) --% άλιπη μάζα ↓ % λίπους
Panissa et al., 2018	19 άνδρες 26.5±3.7 2/εβδ. 12 εβδ. 2 ομάδες	Υψηλής έντασης διαλειμματικό τρέξιμο Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα)	1λ. 100% μέγιστης αερόβιας ταχύτητας 3 σειρές 8-12 επ. 1MAE	1MAE Μέγιστη αερόβια ταχύτητα	↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη αερόβια ταχύτητα
Timmons et al., 2018	84 άνδρες/γυναίκ. 69,3 ± 3,5 3/εβδ. 12 εβδ. 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Ποδηλατο	6 σειρές 4λ. 80 %HR _{max} 4 σειρές 15 επ. 60% MAE	Σύσταση σώματος 1MAE Αιμοληψία Χειροδυναμομετρο Τεστ δεξιοτήτων Αερόβια ικανότητα	↑ Δύναμη χεριού ↑ Τεστ δεξιοτήτων ↑ Αερ. ικανότητα ↑ 1MAE ↑ % άλιπη μάζα (*) ↓ % λίπους (*)
Schroeder et., 2019	69 άνδρες/γυναίκες 58±7 3/εβδ. 8 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο/ποδηλασία	2-3 σειρές 10-20 επ. 1MAE 40-70%	Σύσταση σώματος 1MAE $\dot{V}O_{2max}$ Αιμοληψία	↑ Παράμετροι υγείας ↑ % άλιπη μάζα (*) ↓ % λίπους (*) ↑ 1MAE (*)
Lee et al., 2020	29 άνδρες 24,5±4,7 3/εβδ. 9εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Υψηλής έντασης διαλειμματικό ποδήλατο	3-4 σειρές 6-12 επ. 8-12 σειρές 2λ. 85- 97% W _{peak}	Σύσταση σώματος 1MAE Κατακόρυφο άλμα Αερόβια ισχύς $\dot{V}O_{2peak}$ Γαλακτικό κατόφλι	↑ 1MAE -- Ισχύς κατ. άλμα -- % λίπους -- % άλιπης μάζας ↑ $\dot{V}O_{2peak}$
Timmins et al., 2020	32 άνδρες 26±4 6/εβδ. (3/3) 12 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) Ποδηλασία	2-5 σειρές 2-15 επ. 60-97.5% 1MAE 50-100% μέγιστης αερόβιας ισχύος	Σύσταση σώματος 1MAE Μυϊκή υπερηχογραφία $\dot{V}O_{2peak}$	↓ Μήκους μυϊκών δεματίων ↑ Πάχος μυός ↑ Γωνία μυϊκών δεματίων ↑ 1MAE

Πίνακας 2

Μελέτες σχετικά με την επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης στην μυϊκή ισχύ σε σχέση με την προπόνηση με αντιστάσεις. * διαφορές μεταξύ των ομάδων

Ερευνητές	Δοκιμαζόμενοι/ Διάρκεια προπόνησης	Είδος προπόνησης	Πρόγραμμα προπόνησης	Δοκιμασίες αξιολόγησης	Αποτελέσματα
Hennessy et al., 1994	56 άνδρες 24±3 5/εβδ. 8 εβδ. 4 ομάδες	αθλητές Προπόνηση δύναμης Τρέξιμο	5-6 σειρές 6-10 επ. 70%+ 1MAE 20-60λ. 70-85% $\dot{V}O_{2max}$	Σύσταση σώματος 1MAE Κατακόρυφο άλμα 20μ ταχύτητα $E\dot{V}O_{2max}$	↓% λίπους ↑ 1MAE (*) --Κατ. άλμα (*) --20μ. ταχύτητα (*) ↑ $E\dot{V}O_{2max}$
Hakkinen et al., 2003	27 άτομα ηλικίας 38±5 2/εβδ. 21 εβδ. 2 ομάδες	Ωθήσεις κάτω άκρων/Εκτάσεις γονάτων Ποδήλατο	50-80% 1MAE 4-6 σειρές/6-12 επ. 60-90 λ.	EMG 1MAE Μέγιστη ισομ. δ. PEΔ Αρχιτεκτονική δομή Μυϊκή βιοψία	↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη ισ. δ. ↑ $\dot{V}O_{2max}$ -- Τύπου I και II CSA (*) ↓ PEΔ
Glowacki et al., 2004	45 άνδρες 25±5 5/εβδ 12 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3 σειρές 6-10 επ 75-85% 1MAE 20-40 λ 65-85% μέγιστης καρδιακής συχνότητας	Σύσταση σώματος 1MAE $\dot{V}O_{2peak}$ 60 and 180°·s ⁻¹ ισοκινητική δύναμη/ ισχύς έκταση/κάμψη γόνατος Κατακόρυφο άλμα	↓% λίπους ↑ 1MAE (*) ↑ Άλιπης μάζας ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ (*) -- Ισχύς -- Ύψος άλματος
Hendrickson et al., 2010	56 γυναίκες 21±0,4 3/εβδ 8 εβδ 4 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3 σειρές 6-12 επ. 1MAE 20-30λ 70-85% MHR συνεχόμενο τρέξιμο/διαλειμματικό τρέξιμο	1MAE Κατακόρυφο άλμα Πέταγμα μπάρας $\dot{V}O_{2peak}$ Λειτουργικές ικανότητες	↑ 1MAE (*) ↑ $\dot{V}O_{2peak}$ ↑ Πέταγμα μπάρας -- Κατακόρυφο άλμα (*) ↑ Λειτουργικές ικανότητες
Mikkola et al., 2012	38 άνδρες 37±5 2/εβδ. Δ. 2/εβδ. Α. 22 εβδ. 3 ομάδες	Προπόνηση με αντιστάσεις για όλο το σώμα Ποδήλατο	50-80% 1MAE 3-4 σειρές 6-12 επ. Ποδήλατο 30-60 λ. (αερόβιο/αναερόβιο κατώφλι)	Σύσταση σώματος 1MAE Μέγιστη ισομετρική δ. PEΔ EMG $\dot{V}O_{2max}$ Μυϊκή βιοψία Αιμοληψία	↑ 1MAE ↑ CSA ↑ Μέγιστη ισ. δ. ↓ PEΔ ↑ Μέγιστη αερόβια ισχύς ↑ $\dot{V}O_{2max}$
Terzis et al., 2016	20 νεαρές γυναίκες 21,6 ± 2,2 3/εβδ. 6 εβδ.	Προπόνηση ισχύος (κάτω άκρα) Χαμηλής έντασης τρέξιμο	Έκκεντρα καθίσματα (smith) 40-65% 1 MAE Κατακόρυφα άλματα 30 λεπτά χαμηλής έντασης τρέξιμο	1MAE CMJ RFD Μέγιστη ισομετρική δύναμη Ταχύτητα αγωγής των ηλεκτρικών ώσεων κατά μήκος των μυϊκών ινών (EMG) Αερόβια ικανότητα Αρχιτεκτονική δομή Μυϊκή βιοψία	↓ CMJ ισχύς ↑ 1MAE (*) ↑ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↑ RFD --Ταχύτητα αγωγής των ηλεκτρικών ώσεων -- Κατανομή μυϊκών ινών --CSA ↑ Αερόβια ικανότητα

Πίνακας 2

Συνέχεια

Jones et al., 2016	30 άνδρες 24±4 3/εβδ. 6 εβδ. 2 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Τρέξιμο	3 σειρές 6-8 επ. 75% 1MAE 30λ 75% HR _{max}	1MAE CMJ Σύσταση σώματος Αιμοληψία VO _{2max}	↑ 1MAE (*) ↑ VO _{2max} ↓ CMJ
Fyfe et al., 2016	23 άνδρες 29,6±5,5 3/εβδ 8 εβδ	Έντονη διαλειμματική άσκηση σε ποδήλατο / ποδηλασία σταθερής έντασης Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα)	5-10 σειρές 120-150% γαλακτικό κατόφλι 15-30λ 80-100% γαλακτικό κατόφλι 3-5 σειρές 4-12 επ. 65-90% 1MAE	Σύσταση σώματος 1MAE VO _{2peak} W _{peak} Κατακόρυφο άλμα PEΔ	↑ 1MAE (*) -- Ισχύς κατ. άλμα. (*) -- Ταχύτητα κατ. άλμα (*) -- PEΔ -- Άλιπη μάζα κάτω άκρα (*) -- % λίπους ↑ W _{peak} -- VO _{2peak}
Robineau et al., 2016	58 άνδρες 25,5±0,4 7εβδ 5 ομάδες	Άσκηση με αντιστάσεις για όλο το σώμα/Τρέξιμο	70-85% 1MAE 3-6 σειρές 6-10 επ. 70% αερόβιας ικανότητας 1% κλίση	1MAE CMJ Σύσταση σώματος Αιμοληψία VO _{2max}	↑ 1MAE (*) ↑ MVC (*) -- Μυϊκή ισχύς ↑ VO _{2peak}
Robineau et al., 2017	36 αθλητές 26,4±3,0 4/εβδ. (2+2) 8εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) Δρόμοι ταχύτητας/ μέτριας έντασης τρέξιμο	2-3 σειρές 4-6επ. 2 σειρές 8-12λ 30δ/30δ 100% μέγιστης αερόβιας ταχύτητας 4-8 σειρές 30δ. μέγιστη ταχύτητα	1MAE Μέγιστη αερόβια ταχύτητα Κατακόρυφο άλμα Sprint τεστ VO _{2peak}	↑ 1MAE -- Ισχύς κατ. άλμα. (*) ↑ Μέγιστη αερόβια ταχύτητα -- MVC (*) -- VO _{2peak} (*)
Tsitkanou et al., 2017	22 άτομα 21,8 ±0,6 2/εβδ. 8 εβδ. 2 ομάδες	Ωθήσεις κάτω άκρων/Κάθισμα σε Smith Διαλειμματική ποδηλασία υψηλής έντασης	85% 1MAE 4 σειρές 6 επ. 10 σειρές 60δευτ. 100% μέγιστης αερόβιας ισχύος	Μέγιστη δύναμη PEΔ Αρχιτεκτονική δομή Μυϊκή βιοψία Εκτιμώμενη αερόβια ικανότητα	↑ 1MAE ↑ CSA ↑ Εκτιμώμενη αερόβια ικανότητα ↓ PEΔ ↑ Γωνία μυϊκών ινών
Spiliopoulou et al., 2019	20 γυναίκες 21,8±2,8 3/εβδ 6 εβδ. 2 ομάδες	Προπόνηση ισχύος (κάτω άκρα) Υψηλής έντασης διαλειμματικό ποδήλατο	Εκκεντρα καθίσματα (smith) 40-65% 1 MAE Κατ. άλματα 10 σειρές 60δευτ. 100% μέγιστης αερόβιας ισχύος	1MAE CMJ Μέγιστη αερόβια ισχύς Αρχιτεκτονική δομή Κατανομή μυϊκών ινών	↓ CMJ ισχύς ↓ CMJ ύψος άλματος ↑ 1 MAE -- Κατανομή μυϊκών ινών ↑ CSA ↑ Αερόβια ικανότητα
Lee et al., 2020	29 άνδρες 24,5±4,7 3/εβδ 9εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης Υψηλής έντασης διαλειμματικό ποδήλατο	3-4 σειρές 6-12 επ. 8-12 σειρές 2λ. 85-97% W _{peak}	Σύσταση σώματος 1MAE Κατακόρυφο άλμα Αερόβια ισχύς VO _{2peak}	↑ 1MAE -- Ισχύς κατ. άλμα -- % λίπους -- % άλιπης μάζας ↑ VO _{2peak}

Αποπροπόνηση (detraining) και Μυϊκές Προσαρμογές

Η αποπροπόνηση στη διεθνής βιβλιογραφία ορίζεται ως η μερική ή πλήρης απώλεια φυσιολογικών προσαρμογών και προσαρμογών απόδοσης που προκαλούνται από την προπόνηση, ως συνέπεια της μείωσης ή κυρίως της διακοπής της προπόνησης (Mujika et al., 2000). Μερικοί από τους λόγους που μπορεί να οδηγήσουν ένα άτομο

στην πλήρη διακοπή της συστηματικής προπόνησης είναι η έλλειψη χρόνου, φόρτος εργασίας, κάποιος τραυματισμός, ασθένεια, μειωμένο ενδιαφέρον για την άσκηση και αλλαγή περιβάλλοντος (Burton et al., 2017· Vikne et al., 2020). Οι απώλειες των ασκούμενων στην μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύς και μυϊκή μάζα κατά την περίοδο αποπροπόνησης μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη διάρκεια της διακοπής της συστηματικής προπόνησης ξεκινώντας από μικρής διάρκειας περιόδου αποπροπόνησης (4 εβδομάδες ανεπαρκούς προπονητικού ερεθίσματος) έως μακράς διάρκειας περιόδου αποπροπόνησης (12 εβδομάδες και πάνω ανεπαρκούς προπονητικού ερεθίσματος). Επιπλέον, και η διάρκεια της περιόδου συστηματικής προπόνησης, πριν την περίοδο της αποπροπόνησης, παίζει σημαντικό ρόλο στις απώλειες που θα συμβούν στην μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύ και μυϊκή μάζα. Ένας μεγάλος αριθμός ερευνητών έχει προσπαθήσει να διερευνήσει την επίδραση της αποπροπόνησης σε αυτά τα 3 χαρακτηριστικά, με μια από τις πρώτες μελέτες να είναι του Häkkinen και συν. (1981). Η επίδραση της διάρκειας αποπροπόνησης στην μυϊκή δύναμη, μυϊκή μάζα και στην μυϊκή ισχύ θα αναλυθεί παρακάτω.

Ένας μεγάλος αριθμός μελετών δείχνει πως 4 εβδομάδες αποπροπόνησης μετά από συστηματική άσκηση με αντιστάσεις δεν μειώνουν καθόλου τη μέγιστη δύναμη αλλά και τη μυϊκή μάζα. Σε μελέτη των Juarez και συν. (2009) 16 νεαροί άνδρες έκαναν για 8 εβδομάδες προπόνηση με αντιστάσεις στο 70-85% της 1ΜΑΕ και στη συνέχεια 4 εβδομάδες αποπροπόνησης. Μετά το τέλος της αποπροπόνησης η μέγιστη δύναμη στο ημικάθισμα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με την μέγιστη δύναμη που παρατηρήθηκε μετά το τέλος της συστηματικής προπόνησης (Juarez et al., 2009). Σε μελέτη των Terzis και συν. (2008) 11 νεαροί άνδρες έκαναν για 14 εβδομάδες προπόνηση με αντιστάσεις στο 70-85% της 1ΜΑΕ και στη συνέχεια 4 εβδομάδες αποπροπόνησης. Η μέγιστη δύναμη αυξήθηκε 22-34% μετά το τέλος της προπόνησης και μειώθηκε 4-5% μετά το τέλος της αποπροπόνησης με τη μείωση αυτή να μην είναι στατιστικά σημαντική. Αντίστοιχα η μυϊκή ισχύς αυξήθηκε 6-12% και δεν μειώθηκε μετά το τέλος της αποπροπόνησης. Αντίθετα παρατηρήθηκε μείωση στην εγκάρσια επιφάνεια μυϊκών ινών τύπου ΙΙα, ΙΙχ (-10-12%) χωρίς όμως να φτάσουν στα αρχικά επίπεδα πριν την συστηματική προπόνηση (Terzis et al., 2008). Επιπλέον σε πρόσφατη μελέτη, γυναίκες μεγάλης ηλικίας (65±6,4 έτη) έκαναν για 20 εβδομάδες προπόνηση με αντιστάσεις και στη συνέχεια 4 εβδομάδες αποπροπόνηση. Μετά το τέλος της προπόνησης η μέγιστη δύναμη στις ωθήσεις ποδιών στο μηχάνημα αυξήθηκε σημαντικά, με σημαντική μείωση να παρατηρείται μετά το τέλος της αποπροπόνησης. Το ίδιο παρατηρήθηκε και με την επίδοση στις λειτουργικές ικανότητες (Filho et al., 2022). Από ένα εύρος μελετών, φαίνεται πως μετά από άσκηση με αντιστάσεις για τουλάχιστον 8 εβδομάδες (με ένταση 70-85% 1ΜΑΕ) η μέγιστη δύναμη μετά από 4 εβδομάδες αποπροπόνησης διατηρείται σχεδόν στα ίδια επίπεδα σε νεαρά (Izquierdo et al., 2007) και μεγαλύτερης ηλικίας άτομα (Serra-Rexach et al., 2011· Celestrin et al. 2020). Αντίθετα, 4 εβδομάδες αποπροπόνησης είναι αρκετές ώστε να εμφανιστούν σημαντικές μειώσεις στην μυϊκή μάζα, χωρίς όμως η μείωση αυτή να φτάνει τα προπονητικά επίπεδα (Lovell et al. 2010· McMahon et al. 2019· Häkkinen et al., 2022).

Επιπλέον, ένας μεγάλος αριθμός μελετών έχει εξετάσει την επίδραση της αποπροπόνησης μεγαλύτερης διάρκειας (6 έως 12 εβδομάδες), στα παραπάνω χαρακτηριστικά. Οι Ranttilä και συν. (2021) πραγματοποίησαν προπόνηση με αντιστάσεις (80-85% 1ΜΑΕ) σε νεαρούς άνδρες για 10 εβδομάδες. Υπήρξε αύξηση της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις ποδιών από καθιστή θέση σε μηχάνημα (+16,3%) και της εγκάρσιας επιφάνειας του έξω πλατύ μηριαίου μύος (+10,7%). Μετά από 6

εβδομάδες αποπροπόνησης υπήρξε μείωση της μέγιστης δύναμης (2,5%) και της εγκάρσιας επιφάνειας του έξω πλατύ μηριαίου μυός (5,1%) (Räntilä et al., 2021). Σε μελέτη των Tavares και συν. (2017) μετά από προπόνηση με αντιστάσεις 8 εβδομάδων, νεαροί άνδρες έκαναν αποπροπόνηση παρόμοιας διάρκειας. Μετά το τέλος της προπόνησης υπήρξε αύξηση της μέγιστης δύναμης στο ημικάθισμα (+28,4%) και στην εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός (+5,8%). Μετά το τέλος της αποπροπόνησης η μέγιστη δύναμη μειώθηκε σημαντικά (-22,6%), ενώ υπήρξε πλήρης απώλεια των προσαρμογών της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός (-5,4%), φτάνοντας στα επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Tavares et al., 2017). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν οι Elliot και συν. (2002) καθώς μετά από προπόνηση με αντιστάσεις 8 εβδομάδων σε γυναίκες μεγάλης ηλικίας (49–62 ετών), στο 80% των 10ΜΑΕ, η μέγιστη δύναμη αυξήθηκε σημαντικά, και μετά από 8 εβδομάδες αποπροπόνησης μειώθηκε χωρίς να φτάσει τα αρχικά επίπεδα (Elliot et al., 2002). Οι Blocquiaux και συν. (2020) έκαναν 12 εβδομάδες προπόνηση δύναμης (65-80% 1ΜΑΕ) σε ηλικιωμένους άνδρες. Η άσκηση με αντιστάσεις βελτίωσε την μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις γονάτων 10% η οποία μειώθηκε 5% μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (Blocquiaux et al., 2020). Επιπλέον, οι Correa και συν. (2013) έδειξαν, μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης με αντιστάσεις αύξηση της δύναμης στις εκτάσεις γονάτων (33%) και του πάχους του τετρακέφαλου μυός (26%). Μετά την περίοδο αποπροπόνησης 12 εβδομάδων η μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις γονάτων παρέμεινε 12% πάνω από την αρχική μέτρηση, αντίθετα υπήρξε πλήρης απώλεια των βελτιώσεων του πάχους του τετρακέφαλου μυός (Correa et al., 2013). Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία φαίνεται πως υπάρχει μείωση της μέγιστης δύναμης μετά από 6 εβδομάδες αποπροπόνησης, χωρίς αυτή να φτάνει στα επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Kalapotharakos et al., 2010· Pereira et al., 2012). Αυτή η μείωση εξακολουθεί να συμβαίνει ακόμη και μετά από 8 (Häkkinen et al., 1981· Häkkinen et al., 1983) έως 12 εβδομάδες (Padilha et al., 2015), εξακολουθώντας να κυμαίνεται πάνω από τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης. Αντίθετα, σύμφωνα με έναν μεγάλο αριθμό μελετών, η μυϊκή μάζα φαίνεται να μειώνεται με ταχύτερο ρυθμό, καθώς 4 εβδομάδες αποπροπόνησης είναι αρκετές για να παρουσιαστούν μειώσεις (Narici et al., 1989· Terzis et al., 2008· Kay et al., 2020· Häkkinen et al., 2022), οι οποίες φαίνονται έως και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης διατηρώντας ένα μέρος της μυϊκής μάζας που έχει αποκτηθεί με την προπόνηση με αντιστάσεις (Houston et al., 1983· Häkkinen et al., 1985· Tokmakidis et al., 2009) ή οδηγούν σε πλήρη απώλεια της μυϊκής μάζας φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα (Andersen et al., 2005· Leger et al., 2006· Correa et al., 2013).

Τέλος, σε αντίθεση με τη μέγιστη δύναμη, η μυϊκή ισχύς φαίνεται να μειώνεται με ταχύτερο ρυθμό κατά τη διάρκεια της αποπροπόνησης σε υγιείς ασκούμενους. Σε μελέτη των Makaruk και συν. (2011) νεαρές μη γυμνασμένες ασκούμενες έκαναν πλειομετρική προπόνηση για 12 εβδομάδες. Υπήρξε αύξηση της μυϊκής ισχύος στο κατακόρυφο άλμα με αώρηση, αλλά και στο ύψος άλματος. Οι αυξήσεις αυτές έμειναν στα ίδια επίπεδα μετά από 4 εβδομάδες αποπροπόνησης (Makaruk et al., 2011). Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και σε πρόσφατη μελέτη, με νεαρούς άνδρες να εκτελούν προπόνηση ισχύος 1 φορά την εβδομάδα για 8 εβδομάδες. Η αποπροπόνηση διάρκειας 4 εβδομάδων δεν ήταν αρκετή ώστε να υπάρξει μείωση της μυϊκής ισχύος στο κατακόρυφο άλμα μετά από προπόνηση 14 εβδομάδων (Berryman et al., 2021) και μετά 4 εβδομάδες αποπροπόνησης (Terzis et al., 2008). Αντίθετα, άλλες μελέτες δείχνουν πως μετά το τέλος της συστηματικής προπόνησης, 4 εβδομάδες αποπροπόνησης είναι αρκετές για να υπάρξουν σημαντικές

μειώσεις της μυϊκής ισχύος. Σε μελέτη των Izquierdo και συν. (2007), 46 άνδρες μέσης ηλικίας, έκαναν πλήρη διακοπή της άσκησης για 4 εβδομάδες, μετά από 16 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης με αντιστάσεις. Μετά από 4 εβδομάδες αποπροπόνησης υπήρξε 17% μείωση της μυϊκής ισχύος στις βαλλιστικές πιέσεις στήθους και 14% μείωση στο ύψος κατακόρυφου άλματος (Izquierdo et al., 2007). Σε μεταγενέστερη μελέτη, 16 νέοι άνδρες έκαναν αποπροπόνηση 4 εβδομάδων, μετά από 8 εβδομάδες συστηματικής άσκησης με αντιστάσεις. Μετά το τέλος της αποπροπόνησης υπήρξε σημαντική μείωση της απόδοσης της μυϊκής ισχύος στο κατακόρυφο άλμα, αλλά και στους δρόμους ταχύτητας, χωρίς όμως να φτάσουν τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Juarez et al., 2009). Επιπλέον, σε μελέτη των Lovell και συν. (2010) ηλικιωμένα άτομα έκαναν προπόνηση με αντιστάσεις (50-90% 1MAE) για 16 εβδομάδες, 3 φορές την εβδομάδα και στη συνέχεια έκαναν πλήρη διακοπή της άσκησης για 4 εβδομάδες. Η διακοπή αυτή ήταν αρκετή ώστε ο ρυθμός εφαρμογής της δύναμης να φτάσει τα αρχικά επίπεδα, τουλάχιστον στην συγκεκριμένη πληθυσμιακή ομάδα (Lovell et al., 2010). Αντίθετα, σε παλαιότερη μελέτη του Häkkinen και συν. (1985) μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης υπήρξε μείωση της επίδοσης του ρυθμού εφαρμογής δύναμης, χωρίς όμως να φτάσει τα αρχικά επίπεδα. Αυτή η μερική διατήρηση ίσως οφείλεται στο μεγαλύτερο προπονητικό ερέθισμα 24 εβδομάδων, στην ένταση της προπόνησης (70-120% 1MAE), όπως και στο ότι οι ασκούμενοι ήταν νεαροί άνδρες (Häkkinen et al. 1985). Σε μεταγενέστερη μελέτη, μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης ισχύος (40-75% 1MAE), 6 εβδομάδες αποπροπόνησης δεν ήταν αρκετές ώστε η μυϊκή ισχύς των κάτω άκρων (κατακόρυφο άλμα με αιώρηση) και των άνω άκρων (πέταγμα μπάλας) να φτάσει τα αρχικά επίπεδα, σε ηλικιωμένες γυναίκες, παρόλο που υπήρξαν σημαντικές μειώσεις (-4,5%). Επιπλέον, η λειτουργική ικανότητα των ασκούμενων (δοκιμασία άρση από καρέκλα 30 δευτερολέπτων) παρέμεινε σε υψηλότερα επίπεδα από τα αρχικά (Pereira et al., 2012). Η λειτουργική ικανότητα (δοκιμασία άρση από καρέκλα 30 δευτερολέπτων) φαίνεται να μη φτάνει τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης, παρόλο που υπάρχει σημαντική μείωση, ακόμη και μετά από 8 εβδομάδες αποπροπόνησης, καθώς και η μυϊκή ισχύς διατηρείται σε υψηλότερα επίπεδα από τα αρχικά (Sáez Sáez De Villarreal et al., 2010). Τέλος, σε πρόσφατη μελέτη, ηλικιωμένοι άνδρες έκαναν αποπροπόνηση 12 εβδομάδων, μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης με αντιστάσεις (65-80% 1MAE). Μετά το τέλος της αποπροπόνησης υπήρξε μείωση της μυϊκής ισχύος στις εκτάσεις γονάτων (-15%), όπως και μείωση της εγκάρσιας επιφάνειας των μυϊκών ινών τύπου II (-17%) (Blocquiaux et al. 2020). Παρόλο τον μικρό αριθμό μελετών που εξετάζουν τις επιπτώσεις της αποπροπόνησης στην μυϊκή ισχύ μετά από άσκηση με αντιστάσεις, η μυϊκή ισχύς τείνει να μειώνεται με γρηγορότερους ρυθμούς σε σχέση με την μυϊκή δύναμη, τουλάχιστον σε άτομα τα οποία είναι υγιείς και δεν είναι αθλητές.

Με βάση την παραπάνω βιβλιογραφία φαίνεται πως διακοπή της προπόνησης με αντιστάσεις μειώνει σημαντικά όλα τα χαρακτηριστικά που συμβάλουν στην παραγωγή της μυϊκής δύναμης και μυϊκής ισχύος. Το μέγεθος του αποτελέσματος διαφέρει ανάλογα με την κατάσταση της προπόνησης, την ηλικία ή τη διάρκεια της διακοπής της προπόνησης. Συμπερασματικά, η βελτίωση και η απώλεια της μυϊκής δύναμης και μυϊκής ισχύος λόγω προπόνησης με αντιστάσεις και αποπροπόνησης, αντίστοιχα, ίσως δεν σχετίζεται αποκλειστικά με αυξομειώσεις της μυϊκής μάζας.

Πίνακας 3

Μελέτες σχετικά με την επίδραση της αποπροπόνησης στην μυϊκή δύναμη και μυϊκή μάζα ανάλογα με την διάρκεια της αποπροπόνησης

Ερευνητές	Δοκιμαζόμενοι/ Διάρκεια προπόνησης	Είδος προπόνησης Πρόγραμμα	Αποτελέσματα	Διάρκεια αποπροπόνησης (detraining)	Αποτελέσματα αποπροπόνησης
Häkkinen et al., 1981	14 άνδρες (η:24,6±2,1) 16 εβδ. 3/εβδ	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 2-6επ. 80- 120% 1MAE	↑ Άλιπης μάζας ↑ MAE ↑ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↑ Ύψος κατακόρυφου άλματος ↑ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II	8 εβδομάδες	↑ % λίπους ↓ MAE ↓ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↓ Ύψος κατακόρυφου άλματος ↓ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II
Häkkinen et al., 1983	14 άνδρες (η:26,4±0,6) 16 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 2-3σειρές 1-6 επ. 80-120% 1MAE	↑ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↑ EMG	8 εβδομάδες	↓ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↓ EMG
Houston et al., 1983	6 άνδρες (η:20,3±0,9) 10 εβδ. 4/εβδ	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 3 σειρές 8- 10MAE	↑ peak torque ↑ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II	12 εβδομάδες	↓ peak torque ↓ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II
Häkkinen et al., 1985	11 άνδρες (η:27,1±3,2) 24 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 3-10επ. 70- 120% 1MAE	↑ Άλιπης μάζας ↓ % λίπους ↑ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II ↑ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↑ PEA ↑ EMG	12 εβδομάδες	-- Άλιπη μάζα -- % λίπους ↓ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II -- Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↓ PEA ↓ EMG
Narici et al., 1989	4 άνδρες (η:28,3±5,1) 8 εβδ. 4/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 6 σειρές 10MAE	↑ Εγκάρσια επιφάνεια τετ. ↑ Ισομετρική MVC	4 εβδομάδες	↓ Εγκάρσια επιφάνεια τετ. ↓ Ισομετρική MVC
Elliott et al., 2002	15 γυναίκες (η:58,0±4) 8 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 3 σειρές 8επ. 80% 1MAE	↑ MAE -- Ισοκινητική δύναμη -- Σύσταση σώματος	8 εβδομάδες	↓ MAE -- Ισοκινητική δύναμη -- Σύσταση σώματος
Andersen et al., 2005	14 άνδρες (η:23,6±3,1) 12 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 4-5 σειρές 6-12επ. 1MAE	↑ MAE (σύγκεντρη) ↑ Εγκάρσια επιφάνεια τετ.	12 εβδομάδες	↓ MAE (σύγκεντρη) ↓ Εγκάρσια επιφάνεια τετ.
Leger et al., 2006	25 άνδρες (η:36±4.9) 8 εβδ. 2-3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 4 σειρές 3-5 επ. 2 σειρές 20-28 επ.	↑ Πάχος τετρακέφαλου	8 εβδομάδες	↓ Πάχος τετρακέφαλου

Πίνακας 3

Συνέχεια

Izquierdo et al., 2007	46 άνδρες (η:24,8±2,9) 16 εβδ. 2/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 3 σειρές 2-10 επ. 80-90% 1MAE	↑ MAE ↑ Μυϊκή ισχύς ↑ Ύψος κατακόρυφου άλματος	4 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Μυϊκή ισχύς ↘ Ύψος κατακόρυφου άλματος
Terzis et al., 2008	11 άνδρες (η: 22±1) 14 εβδ. 2-3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 2-3 σειρές 6-10 επ. MAE	↑ Επίδοση ρίψης ↑ MAE ↑ Εγκάρσια επιφάνεια μυϊκών ινών τύπου I, IIa, IIx,	4 εβδομάδες	↔ Επίδοση ρίψης ↔ MAE ↘ Εγκάρσια επιφάνεια μυϊκών ινών τύπου IIa, IIx,
Juarez et al., 2009	16 άνδρες (η:19,13±1,36) 8 εβδ. 2/εβδ	Προπόνηση ισχύος / δύναμης Προπόνηση δύναμης 2 σειρές 4-8 επ. 70-85% 1MAE	↑ MAE ↑ Ύψος κατακόρυφου άλματος ↑ Ισχύς στο κατακόρυφο άλμα ↓ Χρόνος sprint	4 εβδομάδες	↔ MAE ↘ Ύψος κατακόρυφου άλματος ↘ Ισχύς στο κατακόρυφο άλμα ↗ Χρόνος sprint
Tokmakidis et al., 2009	20 α/γ (η:66±5) 12 εβδ. 2/εβδ	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα)	↑ MAE ↑ Εγκάρσια επιφάνεια τετ. ↑ Εγκάρσια επιφάνεια οπίσθιου μηριαίου	12 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Εγκάρσια επιφάνεια τετ. ↘ Εγκάρσια επιφάνεια οπίσθιου μηριαίου.
Kalaphothara kos et al., 2010	22 άνδρες (η:82,25±2,2) 8 εβδ. 2.εβδ	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 3 σειρές 10 επ. 70% 3MAE	↑ MAE ↑ Λειτουργικές ικανότητες	6 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Λειτουργικές ικανότητες
Lovell et al. 2010	24 άνδρες (η:75,2±0,8) 16 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 1-3 σειρές 6-10 επ. 50-90% 1MAE	↑ MAE ↑ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↑ PEA ↑ άλιπη μάζα κάτω άκρων	4 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↓ PEA ↓ άλιπη μάζα κάτω άκρων
Serra-Rexach et al., 2011	65 (άνδρες γυναίκες) (92±2) 8 εβδ. 2/βδ	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 2-3 σειρές 8-10 επ. 30-70% 1MAE	↑ MAE ↑ Λειτουργικές ικανότητες	4 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Λειτουργικές ικανότητες
Pereira et al., 2012	37 γυναίκες (η:64,8±2,8) 12 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση ισχύος (κάτω άκρα) 3 σειρές 4-12 επ. 40-75% 1MAE	↑ MAE ↑ Μυϊκή ισχύς ↑ Λειτουργικές ικανότητες	6 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Μυϊκή ισχύς ↘ Λειτουργικές ικανότητες
Correa et al., 2013	10 γυναίκες (η:67±5) 12 εβδ. 2/εβδ 3/εβδ 7 εβδ 3 ομάδες	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 4 σειρές 8-20επ. MAE	↑ MAE ↑ Πάχος τετρακέφαλου ↑ Ποιότητα μυός	12 εβδομάδες	↘ MAE ↓ Πάχος τετρακέφαλου -- Ποιότητα μυός
Padilha et al., 2015	27 γυναίκες (η:68,8 ± 4,8) 12 εβδ. 2-3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 1 σειρά 10-15 επ.	↑ MAE	12 εβδομάδες	↘ MAE
Tavares et al., 2017	33 άνδρες (η:24,7±3,9) 8 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 3-4 σειρές 6-12 επ. MAE	↑ MAE ↑ Εγκάρσια επιφάνεια τετ.	8 εβδομάδες	↘ MAE (*) ↓ Εγκάρσια επιφάνεια τετ.

Πίνακας 3

Συνέχεια

McMahon et al. 2019	16 (8 γυναίκες, 8 άνδρες) (η:20±3) 8 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 3-4 σειρές 8-10επ. 80% 1MAE	↑ Εγκάρσια επ. τετρακέφαλου ↑ KE Maximal Voluntary Contraction	4 εβδομάδες	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Εγκάρσια επ. τετρακέφαλου ↘ KE Maximal Voluntary Contraction
Celestrin et al. 2020	17 γυναίκες (η:68,8±4,8) 16 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 3 σειρές 15 επ.	↑ Μυϊκή Δύναμη ↑ Ευκαμψία	4 εβδομάδες	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Μυϊκή Δύναμη ↘ Ευκαμψία
Kay et al., 2020	27 (20 γυναίκες, 7 άνδρες, η:67,1±6,0) 6 εβδ. 2/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 50% MVC	<ul style="list-style-type: none"> ↑ TUG ↑ Έκεντρης μυϊκής δύναμης ↑ Πάχος τετ. ↑ Μήκος μυϊκών δεμ. ↑ Γωνία μυϊκών δεμ 	8 εβδομάδες	<ul style="list-style-type: none"> ↔ TUG ↔ Έκεντρης μυϊκής δύναμης ↘ Πάχος τετ. ↔ Μήκος μυϊκών δεμ. ↓ Γωνία μυϊκών δεμ.
Bloquiaux et al. 2020	40 άνδρες (η:66±5) 12 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 2-3 σειρές 8-15επ. 65-80% 1MAE	<ul style="list-style-type: none"> ↑ MAE ↑ Δύναμη έκταση γόνατος ↑ Ισχύς έκταση γόνατος ↑ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II 	12 εβδομάδες	<ul style="list-style-type: none"> ↘ MAE ↘ Δύναμη έκταση γόνατος ↘ Ισχύς έκταση γόνατος ↘ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II
Räntilä et al., 2021	24 άνδρες (η:24,6±3,8) 10 εβδ. 3/εβδ	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 2-5 σειρές 8-12 επ. 65-70% MAE	<ul style="list-style-type: none"> ↑ MAE ↑ Εγκάρσια επιφάνεια έξω πλατύ ↑ EMG 	6 εβδομάδες	<ul style="list-style-type: none"> ↘ MAE ↘ Εγκάρσια επιφάνεια έξω πλατύ ↔ EMG
Filho et al., 2022	95 γυναίκες (η:65±6,4) 20 εβδ. 2/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 1-5 σειρές 4-25 επ.	<ul style="list-style-type: none"> ↑ Λειτουργικές ικανότητες ↑ MAE ↑ Μυϊκή Ισχύς 	4 εβδομάδες	<ul style="list-style-type: none"> ↘ Λειτουργικές ικανότητες ↘ MAE ↘ Μυϊκή Ισχύς
Häkkinen et al., 2022	23 γυναίκες (η:27,2±4,5) 10 εβδ. 2/εβδ	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 2-4 σειρές 3-4 επ.	<ul style="list-style-type: none"> ↑ MAE ↑ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↑ Εγκάρσια επιφάνεια τρικέφαλου-θωρακικού 	5 εβδομάδες	<ul style="list-style-type: none"> ↓ MAE ↓ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↘ Εγκάρσια επιφάνεια τρικέφαλου-θωρακικού

Πίνακας 4

Μελέτες σχετικά με την επίδραση της αποπροπόνησης στην μυϊκή ισχύς ανάλογα με την διάρκεια της αποπροπόνησης

Ερευνητές	Δοκιμαζόμενοι/ Διάρκεια προπόνησης	Είδος προπόνησης Πρόγραμμα	Αποτελέσματα	Διάρκεια αποπροπόνησης (detraining)	Αποτελέσματα αποπροπόνησης
Häkkinen et al., 1985	11 άνδρες (η: 27,1±3,2) 24 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 3-10επ. 70- 120% 1MAE	↑ Άλιπης μάζας ↓ % λίπους ↑ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II ↑ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↑ PEΔ ↑ EMG	12 εβδομάδες	↔ Άλιπη μάζα ↔ % λίπους ↘ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II ↔ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↘ PEΔ ↘ EMG
Izquierdo et al., 2007	46 άνδρες (η: 24,8±2,9) 16 εβδ. 2/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 3 σειρές 2-10 επ. 80-90% 1MAE	↑ MAE ↑ Μυϊκή ισχύς ↑ Ύψος κατακόρυφου άλματος	4 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Μυϊκή ισχύς ↘ Ύψος κατακόρυφου άλματος
Terzis et al., 2008	11 άνδρες (η: 22±1) 14 εβδ. 2-3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 2-3 σειρές 6-10 επ. MAE	↑ Επίδοση ρίψης ↑ MAE ↑ Εγκάρσια επιφάνεια μυϊκών ινών τύπου I, IIa, IIx,	4 εβδομάδες	↔ Επίδοση ρίψης ↔ MAE ↘ Εγκάρσια επιφάνεια μυϊκών ινών τύπου IIa, IIx,
Juarez et al., 2009	16 άνδρες (η: 19,13±1,36) 8 εβδ. 2/εβδ	Προπόνηση ισχύος / δύναμης Προπόνηση δύναμης 2 σειρές 4-8 επ. 70-85% 1MAE	↑ MAE ↑ Ύψος κατακόρυφου άλματος ↑ Ισχύς στο κατακόρυφο άλμα ↓ Χρόνος sprint	4 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Ύψος κατακόρυφου άλματος ↘ Ισχύς στο κατακόρυφο άλμα ↗ Χρόνος sprint
Lovell et al., 2010	24 άνδρες (η: 75,2±0,8) 16 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (κάτω άκρα) 1-3 σειρές 6- 10επ. 50-90% 1MAE	↑ MAE ↑ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↑ PEΔ ↑ άλιπη μάζα κάτω άκρων	4 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Μέγιστη ισομετρική δύναμη ↓ PEΔ ↓ άλιπη μάζα κάτω άκρων
Sáez Sáez De Villarreal et al., 2010	55 γυναίκες (η: 40,1±3,8; 53,2±4,5; 64,8±2,5) 8 εβδ. 2/εβδ	Πλειομετρική προπόνηση	↔ Sprint 10μ ↑ Ύψος κατακόρυφου άλματος ↑ Άρση από καρέκλα	8 εβδομάδες	↔ Sprint 10μ ↘ Ύψος κατακόρυφου άλματος ↘ Άρση από καρέκλα
Makaruk et al., 2011	49 γυναίκες (η: 20,6±1,3) 12 εβδ. 2/εβδ. 2 ομάδες	Πλειομετρική προπόνηση	↑ Αναερόβια ισχύς ↑ Μυϊκή ισχύς	4 εβδομάδες	↔ Αναερόβια ισχύς ↔ Μυϊκή ισχύς

Πίνακας 4*Συνέχεια*

Pereira et al., 2012	37 γυναίκες (η:64,8±2,8) 12 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση ισχύος (κάτω άκρα) 3 σειρές 4-12 επ. 40-75% 1MAE	↑ MAE ↑ Μυϊκή ισχύς ↑ Λειτουργικές ικανότητες	6 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Μυϊκή ισχύς ↘ Λειτουργικές ικανότητες
Blocquiaux et al., 2020	40 άνδρες (η:66±5) 12 εβδ. 3/εβδ.	Προπόνηση δύναμης (όλο το σώμα) 2-3 σειρές 8-15επ. 65-80% 1MAE	↑ MAE ↑ Δύναμη έκταση γόνατος ↑ Ισχύς έκταση γόνατος ↑ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II	12 εβδομάδες	↘ MAE ↘ Δύναμη έκταση γόνατος ↘ Ισχύς έκταση γόνατος ↘ Εγκάρσια επ. μυϊκών ινών τύπου II
Berryman et al., 2021	8 άνδρες 8 εβδ. 1/εβδ.	Συνδυαστική προπόνηση δύναμης/ισχύος 3-6 σειρές 8 επ. 95% MAE	↑ Μυϊκή ισχύς ↑ Ύψος κατακόρυφου άλματος	4 εβδομάδες	↔ Μυϊκή ισχύς ↔ Ύψος κατακόρυφου άλματος

Αποπροπόνηση (detraining) και Αερόβιες Προσαρμογές

Οι απώλειες των αερόβιων προσαρμογών (μέγιστη αερόβια ικανότητα, μέγιστη αερόβια ισχύς, καρδιακή συχνότητα κατά την ηρεμία, καρδιακή συχνότητα κατά την άσκηση) την περίοδο αποπροπόνησης μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη διάρκεια της διακοπής της συστηματικής προπόνησης ξεκινώντας από μικρής διάρκειας περιόδου αποπροπόνησης (4 εβδομάδες ανεπαρκούς προπονητικού ερεθίσματος) έως μακράς διάρκειας περιόδου αποπροπόνησης (≥ 12 εβδομάδες και πάνω ανεπαρκούς προπονητικού ερεθίσματος). Επιπλέον, και η διάρκεια της περιόδου συστηματικής προπόνησης, πριν την περίοδο της αποπροπόνησης, παίζει σημαντικό ρόλο στις απώλειες που θα συμβούν στην αερόβια ικανότητα. Ένας μεγάλος αριθμός ερευνητών έχουν προσπαθήσει να διερευνήσουν την επίδραση της αποπροπόνησης σε αυτά το χαρακτηριστικό, με μια από τις πρώτες μελέτες να είναι του Cunningham και συν. (1975). Η επίδραση της διάρκειας αποπροπόνησης στην αερόβια ικανότητα θα αναλυθεί παρακάτω.

Ένας μεγάλος αριθμός μελετών δείχνει πως 4 εβδομάδες αποπροπόνησης μετά από συστηματική αερόβια άσκηση, στον γενικό πληθυσμό, είναι αρκετές ώστε να υπάρξει σημαντική μείωση της αερόβιας ικανότητας και συγκεκριμένα της μέγιστης αερόβιας ικανότητας ($\dot{V}O_{2max}$), με τις περισσότερες μελέτες να δείχνουν πως παρά την μείωση δεν φτάνει στα αρχικά επίπεδα. Σε μελέτη των Coyle και συν. (1986) 8 νεαροί άνδρες έκαναν για 8 εβδομάδες αερόβια προπόνηση ποδηλασία/τρέξιμο στο 70-80% της $\dot{V}O_{2max}$ και δρόμους ταχύτητας (σπριντ) των 5 σειρών στο 90-100% $\dot{V}O_{2max}$ και στη συνέχεια 4 εβδομάδες αποπροπόνησης. Μετά το τέλος της αποπροπόνησης η $\dot{V}O_{2max}$ μειώθηκε σημαντικά (6%) χωρίς όμως να φτάσει τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Coyle et al., 1986). Σε μελέτη των Lovell και συν. (2010) 24 άνδρες (75,2±0,8 έτη) έκαναν για 16 εβδομάδες αερόβια προπόνηση ποδηλασίας σταθερής έντασης στο 50-70% της $\dot{V}O_{2max}$ και στη συνέχεια 4 εβδομάδες αποπροπόνησης. Η $\dot{V}O_{2max}$ αυξήθηκε 15% μετά το τέλος της προπόνησης και μειώθηκε 4-5% μετά το τέλος της αποπροπόνησης με τη μείωση αυτή να είναι στατιστικά σημαντική αλλά να μη φτάνει στα αρχικά επίπεδα. Αντίθετα, όλες οι αυξήσεις που είχαν επέλθει στην άλιπη μάζα έφτασαν στα αρχικά επίπεδα, όπως και επίσης υπήρξε αύξηση του ποσοστού λίπους (Lovell et al., 2010). Επιπλέον, σε πρόσφατη μελέτη, 82 γυναίκες μεγάλης ηλικίας έκαναν για 12 εβδομάδες 4 διαφορετικά πρωτόκολλα αερόβιας διαλειμματικής προπόνησης στη

συνέχεια 4 εβδομάδες αποπροπόνηση. Μετά το τέλος της προπόνησης η $\dot{V}O_{2max}$ αυξήθηκε σε όλες τις ομάδες (20-27%) με σημαντική μείωση να παρατηρείται μετά το τέλος της αποπροπόνησης σε όλες τις ομάδες (3-7%), χωρίς να φτάσει στα επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Camacho-Cardenosa et al., 2020). Αντίθετα, σε πρόσφατη μελέτη 22 άνδρες/γυναίκες (ηλικία: 22-75) έκαναν για 13 εβδομάδες σταθερής έντασης αερόβια προπόνηση στο 70% του αποθεματικού καρδιακού ρυθμού και στη συνέχεια 4 εβδομάδες αποπροπόνησης. Φάνηκε πως 4 εβδομάδες ήταν αρκετές ώστε η $\dot{V}O_{2max}$ να επιστρέψει στα αρχικά επίπεδα (Nolan et al., 2018), κάτι το οποίο έρχεται σε αντίθεση με τις παραπάνω μελέτες. Για το αποτέλεσμα αυτό ίσως ευθύνεται η ηλικιακή ποικιλομορφία του πληθυσμού και το μικρό δείγμα. Από ένα εύρος μελετών, φαίνεται πως μετά από αερόβια προπόνηση, διαφορετικών εντάσεων, για τουλάχιστον 4 έως 16 εβδομάδες (με ένταση 60-90% $\dot{V}O_{2max}$) η $\dot{V}O_{2max}$ μετά από 4 εβδομάδες αποπροπόνησης, μειώνεται σημαντικά, αλλά διατηρείται πάνω από τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης σε νεαρά αλλά και σε μεγαλύτερης ηλικίας άτομα. Αντίθετα, 4 εβδομάδες αποπροπόνησης είναι αρκετές ώστε να εμφανιστούν σημαντικές μειώσεις στην άλιπη μάζα, φτάνοντας τα προπονητικά επίπεδα.

Επιπλέον, ένας μεγάλος αριθμός μελετών έχει εξετάσει την επίδραση της αποπροπόνησης μεγαλύτερης διάρκειας (8 εβδομάδες), στα παραπάνω χαρακτηριστικά. Οι Simoneau και συν. (1987) πραγματοποίησαν αερόβια προπόνηση (ποδηλασία σε ποδηλατοεργόμετρο) σταθερής έντασης 30 λεπτά (70% HRmax) και σειρές των 30 δευτερολέπτων μέγιστης σχεδόν έντασης σε άνδρες για 15 εβδομάδες. Υπήρξε αύξηση της $\dot{V}O_{2max}$ (+17,5%) και της μέγιστης αερόβιας ισχύος (+28,3%). Μετά από 7 εβδομάδες αποπροπόνησης υπήρξε μείωση 8,4% και 8,3% αντίστοιχα, παραμένοντας πάνω από τα αρχικά επίπεδα (Simoneau et al., 1987). Σε μελέτη των Maeda και συν. (2001) μετά από αερόβια προπόνηση σταθερής έντασης σε ποδηλατοεργόμετρο (1 ώρα) στο 70% της $\dot{V}O_{2max}$ 8 εβδομάδων, νεαροί άνδρες έκαναν αποπροπόνηση παρόμοιας διάρκειας. Μετά το τέλος της προπόνησης υπήρξε αύξηση της $\dot{V}O_{2max}$ (+24,3%). Μετά από μόλις τις πρώτες 4 εβδομάδες υπήρξε σημαντική μείωση (4,4%) και με το τέλος της αποπροπόνησης η $\dot{V}O_{2max}$ μειώθηκε σημαντικά (-10,8%), χωρίς να φτάσει στα επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Maeda et al., 2001). Παρόμοια αποτελέσματα παρουσίασαν οι Kakiyama και συν. (2005) καθώς μετά από αερόβια προπόνηση σταθερής έντασης μια ώρας (70% της $\dot{V}O_{2max}$) σε ποδηλατοεργόμετρο 8 εβδομάδων σε νεαρούς άνδρες (21,0±0,6 έτη), η $\dot{V}O_{2max}$ αυξήθηκε σημαντικά (21,7%), και μετά από 8 εβδομάδες αποπροπόνησης μειώθηκε σημαντικά (4,1%) χωρίς να φτάσει τα αρχικά επίπεδα (Kakiyama et al., 2005). Οι Gamelin και συν. (2007) έκαναν 12 εβδομάδες αερόβια προπόνηση σταθερής έντασης τρέξιμο 30 λεπτών στο 70% της $\dot{V}O_{2max}$ και 20 λεπτά τρέξιμο μέτριας έντασης στο 80% της μέγιστης ταχύτητας του κάθε δοκιμαζομένου στον διάδρομο σε νεαρούς άνδρες. Η αερόβια άσκηση βελτίωσε την $\dot{V}O_{2max}$ 11,2%, και στη συνέχεια υπήρξε μείωση 5,6% μετά από 8 εβδομάδες αποπροπόνησης (Gamelin et al., 2007). Επιπλέον οι Ratel και συν. (2012) έδειξαν, μετά από 16 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβια προπόνησης, αύξηση της $\dot{V}O_{2max}$ (14%). Μετά την περίοδο αποπροπόνησης 8 εβδομάδων η $\dot{V}O_{2max}$ παρέμεινε 8% πάνω από την αρχική μέτρηση (Ratel et al., 2012). Από την άλλη, μελέτη των Linossier και συν. (2003) πραγματοποίησε αερόβια υψηλής έντασης (ποδηλασία στα 150RPM 2 σειρές, 15επ. 5δ. η σειρά) προπόνηση σε ποδηλατοεργόμετρο σε νεαρούς άνδρες για 8 εβδομάδες. Βρέθηκε αύξηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος (28%) της $\dot{V}O_{2peak}$ (3%) και της μέγιστης αερόβιας ικανότητας (7%). Μετά από 7 εβδομάδες αποπροπόνησης δεν υπήρξε μείωση της μέγιστης αερόβιας ισχύος ενώ η $\dot{V}O_{2peak}$ και

η μέγιστη αερόβια ικανότητα έφτασαν στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (Linossier et al., 2003). Τέλος, σε μελέτη των Ichinose και συν. (2008) μετά από αερόβια προπόνηση σταθερής μέτριας έντασης ποδηλασίας (60% $\dot{V}O_{2max}$, 30λ), σε νεαρές γυναίκες, βρέθηκε αύξηση της $\dot{V}O_{2max}$ (15,6%) αλλά και μείωση της καρδιακής συχνότητας κατά την ηρεμία. Μετά από 8 εβδομάδες αποπροπόνησης $\dot{V}O_{2max}$ επέστρεψε στα αρχικά επίπεδα, ενώ υπήρξε και αύξηση της καρδιακής συχνότητας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Ichinose et al., 2008). Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία φαίνεται πως υπάρχει σημαντική μείωση της $\dot{V}O_{2max}$ μετά από 6 έως 8 εβδομάδες αποπροπόνησης, χωρίς αυτή να φτάνει στα επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Kakiyama et al., 2005· Gamelin et al., 2007· Ratel et al., 2012). Αντίθετα, ένας μικρός αριθμός μελετών, δείχνει πως οι 8 εβδομάδες αποπροπόνησης είναι αρκετές ώστε να χαθεί πλήρως όποια αύξηση έχει επέλθει με την συστηματική προπόνηση (Linossier et al., 2003· Ichinose et al., 2008). Για αυτά τα αντικρουόμενα αποτελέσματα μπορεί να ευθύνεται η συχνότητα του προπονητικού ερεθίσματος, ή ένταση της προπόνησης αλλά και η προπονητική εμπειρία των συμμετεχόντων.

Τέλος, φαίνεται πως απαιτείται ένα διάστημα αποπροπόνησης μεγαλύτερο από 9-10 εβδομάδες ώστε να χαθούν όλες οι προσαρμογές της συστηματικής προπόνησης. Σε μελέτη των Hatle και συν. (2014), 11 νεαροί άνδρες και 10 νεαρές γυναίκες, έκαναν αερόβια διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης για 8 εβδομάδες, με σημαντική αύξηση της $\dot{V}O_{2max}$ (10,7%). Μετά από 9 εβδομάδες αποπροπόνησης η $\dot{V}O_{2max}$ επέστρεψε στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Hatle et al., 2014). Σε προγενέστερη μελέτη, 11 άτομα (6 άνδρες/5 γυναίκες, 45±3 έτη) έκαναν αερόβια προπόνηση (ποδηλασία μέτριας και υψηλής έντασης) 8 εβδομάδων. Μετά το τέλος της προπόνησης υπήρξε σημαντική αύξηση της $\dot{V}O_{2max}$ στην ομάδα που έκανε αερόβια άσκηση σταθερής έντασης (9%) και στην ομάδα που έκανε υψηλής έντασης αερόβια άσκηση (15%). Μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης η $\dot{V}O_{2max}$ επανήλθε στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης και στις δύο ομάδες (Dausin et al., 2008). Επιπλέον, σε μελέτη των Lo και συν. (2011) νεαροί άνδρες, έκαναν για 24 εβδομάδες αερόβια προπόνησης (τρέξιμο μέτριας σταθερής έντασης). Μετά το τέλος της προπόνησης υπήρξε αύξηση 17% της $\dot{V}O_{2max}$. Η διακοπή της άσκησης στην συνέχεια για άλλες 24 εβδομάδες ήταν αρκετή ώστε η $\dot{V}O_{2max}$ να φτάσει τα αρχικά επίπεδα, τουλάχιστον στα άτομα αυτά (Lo et al., 2011).

Με βάση την παραπάνω βιβλιογραφία φαίνεται πως διακοπή της αερόβιας προπόνησης για τουλάχιστον 8 εβδομάδες μειώνει σημαντικά τις προσαρμογές που έχουν επέλθει μετά τη συστηματική άσκηση. Μάλιστα, μεγαλύτερο διάστημα αποπροπόνησης φαίνεται να αντιστρέφει πλήρως αυτές τις προσαρμογές. Το μέγεθος του αποτελέσματος διαφέρει ανάλογα με την κατάσταση της προπόνησης, την ηλικία ή τη διάρκεια της διακοπής της προπόνησης.

Πίνακας 5

Μελέτες σχετικά με την επίδραση της αποπροπόνησης στην αερόβια ικανότητα ($\dot{V}O_{2max}$, μέγιστη αερόβια ισχύ) ανάλογα με την διάρκεια της αποπροπόνησης

Ερευνητές	Δοκιμαζόμενοι/ Διάρκεια προπόνησης	Είδος προπόνησης Πρόγραμμα	Αποτελέσματα	Διάρκεια αποπροπόνησης (detraining)	Αποτελέσματα αποπροπόνησης
Cunningham et al., 1975	17 γυναίκες (η:21-48) 9 εβδ. 2-3/εβδ	Σταθερής έντασης τρέξιμο	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Ικανότητα έργου με ↑ 170 καρδιακή συχνότητα (Κ.Σ.) ↑ Απόσταση σε 12λ τρέξιμο	1 χρόνος	↓ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ Ικανότητα έργου με 170 Κ.Σ ↓ Απόσταση σε 12λ τρέξιμο
Ready et al., 1982	21 άνδρες (η:25) 9 εβδ. 4/εβδ.	Ποδηλασία (ποδηλατοεργόμετ ρο) 80% $\dot{V}O_{2max}$ 30λ	↑ $\dot{V}O_{2max}$	9 εβδομάδες	↘ $\dot{V}O_{2max}$
Coyle et al., 1986	8 άνδρες (η:25±2) 8 εβδ. 4/3εβδ.	Τρέξιμο/ποδηλασία) 1ώρα στο 70-80% $\dot{V}O_{2max}$ 5 σειρές 5 λεπτά 90-100% $\dot{V}O_{2max}$	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ Κ.Σ κατά την άσκηση	4 εβδομάδες	↘ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Κ.Σ. κατά την άσκηση
Simoneau et al., 1987	19 άνδρες 15 εβδ.	Ποδηλασία (ποδηλατοεργόμετ ρο) 30λ συνεχόμενη ποδηλασία 70 % HRmax 10-15 σειρές 30δ. 60% max workout output 4-5 σειρές 60δ. 70% max workout output	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Μέγιστη αερόβια ισχύς	7 εβδομάδες	↘ $\dot{V}O_{2max}$ ↘ Μέγιστη αερόβια ισχύς
Dart et al., 1992	10 (5 άνδρες, 5 γυναίκες, η:20-30) 4 εβδ. 3/εβδ.	Ποδηλασία 30λ 70% $\dot{V}O_{2max}$	↑ $\dot{V}O_{2max}$	4 εβδομάδες	↘ $\dot{V}O_{2max}$
Maeda et al., 2001	8 άνδρες (η:20,3±0,5) 8 εβδ. 3-4/εβδ.	Ποδηλασία (ποδηλατοεργόμετ ρο) 70% $\dot{V}O_{2max}$ 1 ώρα	↑ $\dot{V}O_{2max}$	4 εβδομάδες 8 εβδομάδες	↘ $\dot{V}O_{2max}$ ↘ $\dot{V}O_{2max}$
Linossier et al., 2003	8 άνδρες (η:20±1) 9 εβδ. 4εβδ.	Ποδηλασία (ποδηλατοεργόμετ ρο) 2 σειρές 15 επ. 5δ. σπριντ (150RPM) 55 διάλ.	↑ $\dot{V}O_{2peak}$ ↑ Μέγιστη αναερόβια ισχύς ↑ Μέγιστη αερόβια ικανότητα	7 εβδομάδες	↓ $\dot{V}O_{2peak}$ ↔ Μέγιστη αναερόβια ισχύς ↓ Μέγιστη αερόβια ικανότητα
Kakiyama et al., 2005	10 άνδρες (η:21,0±0,6) 8 εβδ. 3-4/εβδ.	Ποδηλασία (ποδηλατοεργόμετ ρο) στο 70% της $\dot{V}O_{2max}$ 60λ	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ BMI	8 εβδομάδες	↘ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ BMI
Gamelin et al., 2007	10 άνδρες (η:21,7 ± 2,2) 12 εβδ. 2-4/εβδ.	Τρέξιμο 20-30λ έντασης 80-85% της μέγιστης ταχύτητας τους στο διάδρομο Τρέξιμο 30-50λ στο 70%	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ μέγιστη ταχύτητα στον διάδρομο	8 εβδομάδες	↘ $\dot{V}O_{2max}$ ↘ μέγιστη ταχύτητα στον διάδρομο

Πίνακας 5

Συνέχεια

Dausin et al., 2008	11 (6 άνδρες-5 γυναίκες, η:45±3) 8 εβδ. 3/εβδ	Ποδηλασία 20-35λ 4-7 σειρές 5 λεπτά (4 λεπτά χαμηλή ένταση, 1 λεπτό 90% μέγιστης αερόβιας ισχύος)	↑ $\dot{V}O_{2max}$	12 εβδομάδες	↓ $\dot{V}O_{2max}$
Ichinose et al., 2008	11 γυναίκες (η:20,3±0,4) 14 εβδ. 4-5/εβδ	Ποδηλασία (60% $\dot{V}O_{2max}$, 30λ	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ Κ.Σ κατά την ηρεμία	8 εβδομάδες	↓ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ Κ.Σ κατά την ηρεμία
Lovell et al., 2010	24 άνδρες (η:75,2±0,8) 16 εβδ. 3/εβδ.	Ποδηλασία στο 50-70% $\dot{V}O_{2max}$ 30-45λ	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ άλπη μάζα ↓ %λίπους	4 εβδομάδες	↘ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ άλπη μάζα ↑ %λίπους
Lo et al., 2011	30 άνδρες (η:20,4±1,36) 24 εβδ. 3/εβδ.	Τρέξιμο 70-85% HR reserve 30λ.	↑ $\dot{V}O_{2max}$	24 εβδομάδες	↓ $\dot{V}O_{2max}$
Ratel et al., 2012	24 άνδρες (η:60,2 ± 3,0) 16 εβδ. 3/εβδ.	Αερόβια άσκηση + άσκηση με αντιστάσεις (πρόγραμμα σταθμών) 80% HRmax οι αερόβιες ασκήσεις	↑ VO_{2VT2} ↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ MVC	8 εβδομάδες	↘ VO_{2VT2} ↘ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ MVC
Hatle et al., 2014	21 (11 άνδρες 10 γυναίκες, η:23,0±2,1) 8 εβδ. 4εβδ.	Τρέξιμο 4 σειρές 4λ. 90-95% HRmax 4σ. 3λ 70% HRmax	↑ $\dot{V}O_{2max}$	9 εβδομάδες	↓ $\dot{V}O_{2max}$
Nolan et al., 2018	22 άνδρες/γυναίκες (η:22-75) 13 εβδ. 3-5/εβδ.	Τρέξιμο 30λ % HR reserve	↑ $\dot{V}O_{2max}$ ↓ %λίπους	4 εβδομάδες	↓ $\dot{V}O_{2max}$ ↑ %λίπους
Camacho-Cardenosa et al., 2020	82 γυναίκες 12 εβδ.	Αερόβια διαλειμματική άσκηση (55-65Wmax, 90%Wmax)	↑ $\dot{V}O_{2max}$	4 εβδομάδες	□ $\dot{V}O_{2max}$

Μειωμένη Συχνότητα Προπόνησης και Μυϊκές Προσαρμογές

Η μειωμένη προπόνηση είναι μια μείωση του όγκου και της συχνότητας της προπόνησης χωρίς να υπάρξει μείωση της έντασης της προπόνησης (Mujika & Padilla, 2000). Ένα σύντομο διάστημα μειωμένης συχνότητας προπόνησης μικρότερο ή ίσο των 4 εβδομάδων θεωρείται ως μια μορφή φορμαρίσματος (tapering) (Zarkadas et al., 1995· Banister et al., 1999· Izquierdo et al., 2007), που μπορεί να διατηρήσει ή ακόμα και να βελτιώσει πολλές από τις θετικές φυσιολογικές προσαρμογές και προσαρμογές της απόδοσης που αποκτήθηκαν με την προπόνηση (Houmard et al., 1996· Mujika, 1998· Izquierdo et al., 2007). Μελέτες σχετικά με την άσκηση αντοχής υποδεικνύουν ότι η αερόβια ικανότητα μπορεί να διατηρηθεί κατά τη διάρκεια μειωμένης συχνότητας και διάρκειας προπόνησης, εφόσον διατηρείται η ένταση της

προπόνησης (Hickson et al., 1981· Hickson et al., 1982· Hickson et al., 1985). Αρκετές είναι λοιπόν οι μελέτες που έχουν επικεντρωθεί κυρίως στην μειωμένη συχνότητα προπόνησης για 4 εβδομάδες με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης αθλητών, αλλά και στην επίδραση της μειωμένης συχνότητας προπόνησης στην αερόβια ικανότητα. Ο αριθμός των μελετών που εξετάζουν την επίδραση της μειωμένης συχνότητας προπόνησης, πάνω από 4 εβδομάδες στην μυϊκή δύναμη, μυϊκή μάζα και μυϊκή ισχύ στον γενικό πληθυσμό είναι περιορισμένος. Η πιο πρόσφατη μελέτη είναι των Tavares και συν. (2017). Αυτή η μελέτη διερεύνησε τις επιδράσεις των διαφορετικών μειωμένων συχνοτήτων προπόνησης δύναμης στη μέγιστη δύναμη στο ημικάθισμα και στην εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός. Νεαροί άνδρες έκαναν προπόνηση δύναμης για 8 εβδομάδες (3 φορές την εβδομάδα, 3-4 σειρές των 6-12 ΜΑΕ, στην άσκηση του ημικαθίσματος και στις εκτάσεις γονάτων), και στη συνέχεια για άλλες 8 εβδομάδες έκαναν προπόνηση είτε 1 φορά την εβδομάδα, είτε 2 φορές την εβδομάδα, είτε πλήρης διακοπή της άσκησης. Και στις δύο ομάδες μειωμένης συχνότητας άσκησης, ο όγκος προπόνησης μειώθηκε κατά ~50%. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στη μέγιστη δύναμη και στην εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός για τις δύο ομάδες άσκησης μετά την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης, ενώ η ομάδα αποπροπόνησης είχε μείωση στην μέγιστη δύναμη (22,6%) και στην εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός (5,4%) (Tavares et al., 2017). Φαίνεται ότι η μειωμένη συχνότητα άσκησης με αντιστάσεις δεν επηρεάζει αρνητικά τη διατήρηση της μυϊκής μάζας και της μυϊκής δύναμης σε νεαρούς άνδρες, τουλάχιστον για 8 εβδομάδες, εφόσον γίνεται προσπάθεια διατήρησης της έντασης της προπόνησης (Graves et al., 1988· Bickel et al., 2011), ενώ φαίνεται να υπάρχει διατήρηση (Trappe et al., 2002) είτε μερική μείωση της μυϊκής μάζας και της μυϊκής δύναμης σε ηλικιωμένα άτομα, χωρίς όμως να φτάνει τα αρχικά επίπεδα (Bickel et al., 2011). Αντίθετα, δεν υπάρχουν δεδομένα για την επίδραση της μειωμένης συχνότητας προπόνησης, μια φορά την εβδομάδα είτε μεγαλύτερου διαστήματος (1 φορά ανά 15 μέρες) στην μυϊκή ισχύ. Επιπλέον, δεν υπάρχουν δεδομένα για την επίδραση της μειωμένης συχνότητας προπόνησης στην μυϊκή δύναμη, μυϊκή ισχύ και στην μυϊκή μάζα μετά από συστηματική συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης, κάτι το οποίο αποτελεί το ερευνητικό αντικείμενο της παρούσας διατριβής. Επίσης η συμμετοχή γυναικών στη μελέτη προσθέτει ακόμη περισσότερο ενδιαφέρον καθώς οι μελέτες αποπροπόνησης σε γυναικείο πληθυσμό είναι ελάχιστες, σε σύγκριση με τον ανδρικό πληθυσμό.

Μεθοδολογία

Σκοπός της μελέτης είναι ο προσδιορισμός της αποτελεσματικότητας της μειωμένης συχνότητας άσκησης (1 προπονητική μονάδα την εβδομάδα ή 1 προπονητική μονάδα ανά 2 εβδομάδες) που ακολουθεί μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης δύναμης / ισχύος και αερόβιας άσκησης, στη μυϊκή υπερτροφία/δύναμη/ισχύ, στην αερόβια ισχύ και στην οστική πυκνότητα σε νεαρές δραστήριες γυναίκες. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις για τα άνω και κάτω άκρα (προπόνηση δύναμης για τα κάτω άκρα, βαλλιστική προπόνηση για τα άνω άκρα) και αερόβια προπόνηση για τα κάτω άκρα, σε κάθε προπονητική μονάδα.

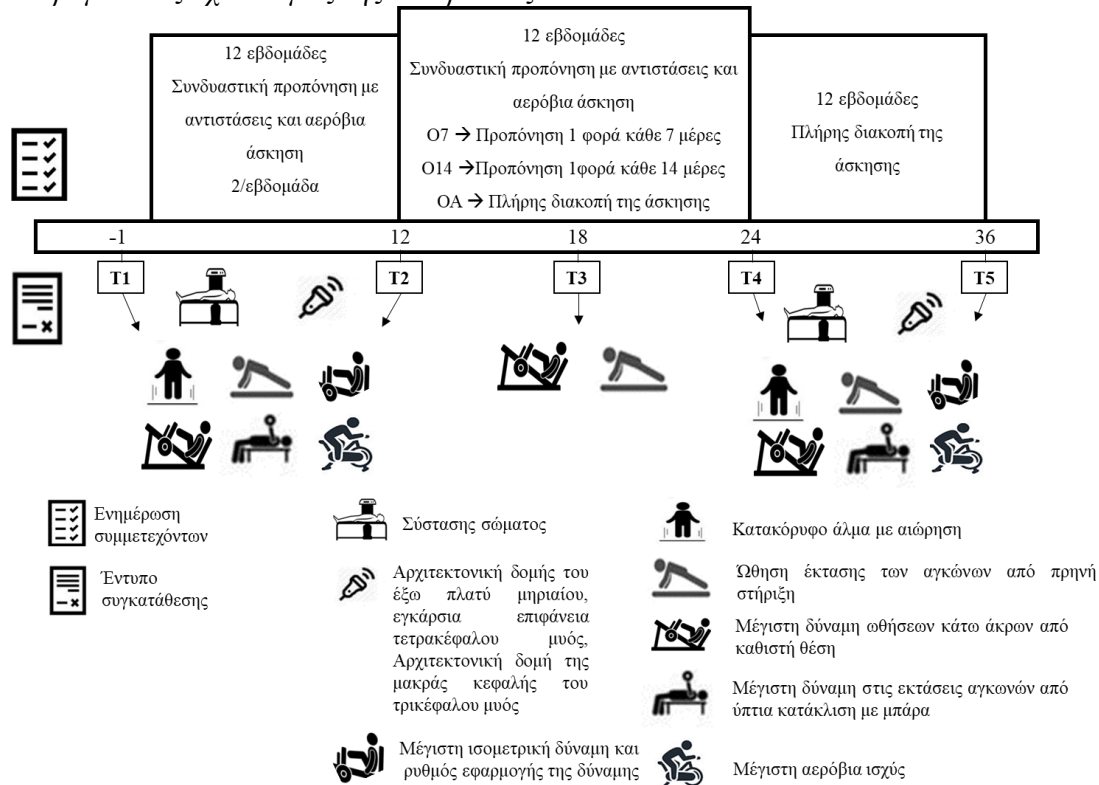
Πειραματικός Σχεδιασμός

Η ανεύρεση των δοκιμαζομένων έγινε μέσω προφορικής ανακοίνωσης στο σύνολο των φοιτητριών του 3ου έτους της της Σχολής. Στη συνέχεια έγινε τυχαία επιλογή με κλήρωση από το σύνολο των φοιτητριών που είχαν δηλώσει επιθυμία συμμετοχής. Οι φοιτήτριες που κληρώθηκαν, ενημερώθηκαν τηλεφωνικώς και έπειτα ορίστηκε κατ' ιδίαν συνάντηση για λεπτομερέστερη συνέντευξη. Συγκεκριμένα, στις συνεντεύξεις έγινε προφορική και γραπτή ενημέρωση για τη διαδικασία που θα ακολουθούσε κάθε δοκιμαζόμενη, καθώς και για τα τυχόν κινδύνους και ταλαιπωρίες κατά τη συμμετοχή τους. Έπειτα, υπέγραψαν το έντυπο συγκατάθεσης που ανέφερε ότι έλαβαν πληροφορίες σχετικά με τον σκοπό της έρευνας και όλες τις διαδικασίες που θα πραγματοποιούνταν σε αυτές. Παράλληλα με το έντυπο συγκατάθεσης που κλήθηκαν να υπογράψουν, οι φοιτήτριες ενημερώθηκαν πως είχαν την ελευθερία να αποχωρήσουν από την έρευνα όποτε εκείνες το επιθυμούσαν. Μετά την ολοκλήρωση της ενημέρωσης και την υπογραφή του έντυπου συναίνεσης, έγινε συλλογή των απαραίτητων πληροφοριών από κάθε δοκιμαζόμενη, με σκοπό την συμπλήρωση ατομικής καρτέλας. Η καρτέλα περιλαμβάνει τα προσωπικά στοιχεία κάθε δοκιμαζόμενης πχ. όνομα, ηλικία, ύψος, βάρος (η συμπλήρωση του ύψους και του βάρους έγινε κατά την διαδικασία των σωματομετρήσεων σε άλλο ραντεβού). Επίσης, αναγράφεται στην καρτέλα το ιατρικό ιστορικό της κάθε δοκιμαζόμενης πχ. η κατάσταση της υγείας της, τυχόν φαρμακευτική αγωγή και τέλος αν υπάρχουν προβλήματα στους μύες και στις αρθρώσεις των κάτω και άνω άκρων. Έπειτα, έγινε αξιολόγηση του κυρίαρχου/μη κυρίαρχου ποδιού για όλες τις δοκιμαζόμενες της πρώτης μελέτης [Waterloo Footedness Questionnaire-Revised(WFQ-R); Intraclass Correlation Coefficients (ICC) = 0,92] και του κυρίαρχου/μη κυρίαρχου χεριού για [Edinburgh Handedness Inventory; (ICC) = 0,92]. Τα γενικά κριτήρια για την συμμετοχή των δοκιμαζομένων στις μελέτες ήταν: 1) οι δοκιμαζόμενες δεν έπρεπε να πάσχουν από ορθοπεδικές και νευρομυϊκές παθήσεις-ασθένειες, 2) να μην είχαν ή παρουσίαζαν κάποιο καρδιοαναπνευστικό πρόβλημα, 3) να μην λάμβαναν συμπληρώματα διατροφής που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της μυϊκής μάζας, 4) να μην ήταν εν ενεργεία αθλήτριες. Για την ανεύρεση του απαραίτητου αριθμού συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε η Ανάλυση Ισχύος (Power Analysis), μέσω του στατιστικού προγράμματος G*Power (Version 3.1.9.4; Faul, Erdfelder, Buchner, Lang, 2009) το οποίο καθορίζει το μέγεθος του δείγματος με το οποίο μπορεί να έχει ισχύς η ανάλυση. Όλες οι διαδικασίες είναι σύμφωνες με τη «Διακήρυξη του Ελσίνκι» και την αναθεώρησή της, σχετικά με τις ηθικές αρχές για την έρευνα στην οποία συμμετέχουν άνθρωποι. Με την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας, στη συνέχεια οι δοκιμαζόμενες ακολούθησαν 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις (προπόνηση δύναμης για τα κάτω άκρα και βαλλιστική προπόνηση για τα

άνω άκρα) και αερόβιας προπόνησης (διαλειμματική ποδηλασία υψηλής έντασης). Έπειτα, οι συμμετέχουσες χωρίστηκαν σε 3 ομάδες και συνέχισαν για άλλες 12 εβδομάδες συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση ως εξής: η ομάδα Α προπονούνταν μια φορά την εβδομάδα, η ομάδα Β προπονούνταν μια φορά κάθε 14 μέρες και η ομάδα Γ δεν προπονούνταν καθόλου. Μετά την ολοκλήρωση των 12 εβδομάδων μειωμένης συχνότητας προπόνησης οι δοκιμαζόμενες ακολούθησαν μια περίοδο πλήρους διακοπής της προπόνησης για ακόμη 12 εβδομάδες. Η άσκηση κατά την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης πραγματοποιήθηκε με το ίδιο φορτίο και ένταση που πραγματοποιήθηκε την τελευταία εβδομάδα στην περίοδο προπόνησης. Σε περίπτωση που δεν μπορούσαν να εκτελέσουν τον προκαθορισμένο αριθμό των επαναλήψεων υπήρχε μείωση της επιβάρυνσης κατά 5%. Αξιολογήθηκε η σύσταση σώματος, η αρχιτεκτονική δομή του έξω πλατύ μηριαίου μυός και η εγκάρσια επιφάνεια των τεσσάρων κεφαλών του τετρακέφαλου. Επίσης, η μέγιστη μυϊκή δύναμη στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45°, ο ρυθμός εφαρμογής δύναμης, η μέγιστη ισομετρική δύναμη, η μυϊκή ισχύς και το ύψος στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση και η μέγιστη αερόβια ισχύς στο εργοποδήλατο. Επιπλέον, η αρχιτεκτονική δομή της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός, η μέγιστη μυϊκή δύναμη στις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση με μπάρα σε πάγκο στο μηχάνημα τύπου Smith, η μυϊκή ισχύς και του ύψους ώθησης μέσω της δοκιμασίας ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη. Όλες οι παραπάνω αξιολογήσεις, πραγματοποιήθηκαν, πριν την έναρξη της προπόνησης των 12 εβδομάδων (T1), μετά το τέλος των 12 εβδομάδων προπόνησης όπου συμπίπτει με την έναρξη της περιόδου μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T2), μετά από την συνολική περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4) και μετά την ολοκλήρωση των 12 εβδομάδων πλήρους διακοπής της προπόνησης (T5). Επιπλέον, μετά από 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T3), έγινε αξιολόγηση, στη μέγιστη μυϊκή δύναμη στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45° και στη μυϊκή ισχύς και του ύψους ώθησης μέσω της δοκιμασίας ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη. Συγκεκριμένα 2 εβδομάδες πριν την έναρξη των προπονήσεων (τις πρώτες 2 μέρες, Δευτέρα έως Τρίτη) οι δοκιμαζόμενες ήρθαν στο χώρο του Εργαστηρίου Αθλητικής Απόδοσης κατόπιν ραντεβού, ώστε να ενημερωθούν, να υπογράψουν το έντυπο συναίνεσης και να εξοικειωθούν με τις δοκιμασίες αξιολόγησης (ρυθμός εφαρμογής δύναμης, μέγιστη ισομετρική δύναμη, κατακόρυφο άλμα με αιώρηση, μέγιστη μυϊκή δύναμη στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση, μέγιστη αερόβια ισχύς, μέγιστη μυϊκή δύναμη στις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση με μπάρα σε πάγκο στο μηχάνημα τύπου Smith και της δοκιμασίας ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη). Έπειτα ξεκίνησε η περίοδος πρώτης αξιολόγησης (T1), με τις σωματομετρήσεις, σύσταση σώματος και μυϊκής υπερηχογραφίας (Πέμπτη έως Κυριακή). Στη συνέχεια έγινε η αξιολόγηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης, της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση, η δοκιμασία ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη και μετά από 30 λεπτά η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση και της μέγιστης μυϊκής δύναμης στις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση με μπάρα σε πάγκο στο μηχάνημα τύπου Smith για κάθε δοκιμαζόμενη, σύμφωνα με τα ραντεβού που είχαν οριστεί (Δευτέρα έως Πέμπτη). Τέλος, έγινε η αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος (Παρασκευή έως Κυριακή). Η περίοδος δεύτερης αξιολόγησης (T2), έγινε αμέσως μετά την ολοκλήρωση της περιόδου προπόνησης 12 εβδομάδων (την επόμενη εβδομάδα), και θεωρήθηκε ως έναρξη πρώτης προπόνησης της περιόδου μειωμένης προπονητικής συχνότητας καθώς την περίοδο μειωμένης προπονητικής συχνότητας το προπονητικό

ερέθισμα έπρεπε να είναι αυστηρά μια φορά την εβδομάδα. Η αξιολόγηση των δοκιμαζόμενων ξεκίνησε με σωματομετρήσεις, σύσταση σώματος και τη μυϊκή υπερηχογραφία που έγιναν από Σάββατο έως Δευτέρα. Στη συνέχεια έγινε η αξιολόγηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης, της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση, η δοκιμασία ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη και μετά από 30 λεπτά η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση και της μέγιστης μυϊκής δύναμης στις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση με μπάρα σε πάγκο στο μηχάνημα τύπου Smith για κάθε δοκιμαζόμενη, σύμφωνα με τα ραντεβού που είχαν οριστεί (Τρίτη έως Παρασκευή). Τέλος, έγινε η αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος (Σάββατο έως Κυριακή). Η περίοδος τρίτης αξιολόγησης (**T3**), έγινε ακριβώς την έκτη εβδομάδα μειωμένης προπονητικής συχνότητας και θεωρήθηκε ως προπονητικό ερέθισμα, καθώς δεν έπρεπε να υπάρξει δεύτερο προπονητικό ερέθισμα πέραν της μίας φορές την εβδομάδα ή μια φορά ανά 2 εβδομάδες. Έγινε αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45° και της μυϊκής ισχύος και του ύψους ώθησης μέσω της δοκιμασίας ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη. Η περίοδος τέταρτης αξιολόγησης (**T4**), έγινε μετά την ολοκλήρωση των 12 εβδομάδων μειωμένης προπονητικής συχνότητας. Η αξιολόγηση των δοκιμαζόμενων ξεκίνησε με σωματομετρήσεις, σύσταση σώματος και τη μυϊκή υπερηχογραφία που έγιναν από Σάββατο έως Δευτέρα. Στη συνέχεια έγινε η αξιολόγηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης, της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση, της μυϊκής ισχύος και του ύψους ώθησης μέσω της δοκιμασίας ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη και μετά από 30 λεπτά η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση κλίση 45° και της μέγιστης μυϊκής δύναμης στις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση με μπάρα σε πάγκο στο μηχάνημα τύπου Smith για κάθε δοκιμαζόμενη σύμφωνα με τα ραντεβού που είχαν οριστεί (Τρίτη έως Παρασκευή). Έπειτα έγινε η αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος (Σάββατο έως Κυριακή). Τέλος, η περίοδος πέμπτης αξιολόγησης (**T5**), έγινε μετά την ολοκλήρωση της περιόδου πλήρους διακοπής της προπόνησης 12 εβδομάδων. Η αξιολόγηση των δοκιμαζόμενων ξεκίνησε με σωματομετρήσεις, σύσταση σώματος και τη μυϊκή υπερηχογραφία που έγιναν από Σάββατο έως Δευτέρα. Στη συνέχεια έγινε η αξιολόγηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης, της μέγιστης ισομετρικής δύναμης, του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση, της μυϊκής ισχύος και του ύψους ώθησης μέσω της δοκιμασίας ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη και μετά από 30 λεπτά η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση κλίση 45° και η της μέγιστης μυϊκής δύναμης στις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση με μπάρα σε πάγκο στο μηχάνημα τύπου Smith για κάθε δοκιμαζόμενη, σύμφωνα με τα ραντεβού που θα έχουν οριστεί (Τρίτη έως Πέμπτη). Τέλος θα γίνει η αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος (Παρασκευή έως Σάββατο).

Σχήμα 1

Πειραματικός σχεδιασμός της 1^{ης} έρευνας

Περιγραφή Δοκιμαζόμενων

Στη μελέτη συμμετείχαν 34 φοιτήτριες της Σχολής Φυσική Αγωγής και Αθλητισμού, ηλικίας 20-26 ετών, οι οποίες επιλέχθηκαν τυχαία, με κλήρωση από το σύνολο των φοιτητριών της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Ε.Κ.Π.Α, που ανταποκρίθηκαν στην προφορική ανακοίνωση εύρεσης δοκιμαζόμενων. Ο αριθμός αυτός ορίστηκε μέσω του προγράμματος G*Power (Version 3.1.9.4; Faul, Erdfelder, Buchner, Lang, 2009) το οποίο καθορίζει το μέγεθος του δείγματος με το οποίο μπορεί να έχει ισχύς η ανάλυση (Power 0.95). Οι φοιτήτριες ήταν μέτριας φυσικής κατάστασης, υγιείς και χωρίς μυοσκελετικούς τραυματισμούς, χωρίς σημαντική εμπειρία στην προπόνηση με αντιστάσεις. Σε παλαιότερες μελέτες του εργαστηρίου μας (Spiliouroulou et al., 2019· Stasinaki et al., 2019· Methenitis et al., 2020· Mrampoulis et al., 2021) φαίνεται ότι οι νεαρές φοιτήτριες Φ.Α. δεν έχουν υποβληθεί σε έντονα ερεθίσματα συστηματικής άσκησης και ειδικά έντονης άσκησης με αντιστάσεις με συνέπεια να είναι καταλληλότερο σύνολο προς μελέτη. Δεν υπήρξε κάποιος έλεγχος στις διατροφικές συνήθειες των δοκιμαζόμενων με μόνη προϋπόθεση να μην λαμβάνουν συμπληρώματα διατροφής που έχουν ως σκοπό την αύξηση της μυϊκής μάζας και γενικότερα τη βελτίωση της απόδοσης. Έγινε πλήρης προφορική ενημέρωση των δοκιμαζόμενων, πριν την έναρξη του προγράμματος, για τις μετρήσεις αξιολόγησης και τους πιθανούς τραυματισμούς κατά τη διάρκεια των αξιολογήσεων. Οι δοκιμαζόμενες υπέγραψαν έντυπο συγκατάθεσης για την συμμετοχή τους στην μελέτη. Τέλος, οι δοκιμαζόμενες, γνώριζαν πως, είχαν την δυνατότητα αποχώρησης από την μελέτη οποιαδήποτε στιγμή εκείνες ήθελαν.

Προπονητικό Πρόγραμμα

Στο πρώτο μέρος της έρευνας νεαρές δραστήριες γυναίκες ακολούθησαν 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις (προπόνηση δύναμης για τα κάτω άκρα, βαλλιστική προπόνηση για τα άνω άκρα) και αερόβιας προπόνησης (διαλειμματική ποδηλασία υψηλής έντασης) 2 φορές την εβδομάδα με τουλάχιστον 48 ώρες μεταξύ των προπονήσεων. Ο συνολικός χρόνος μιας προπονητικής μονάδας ήταν περίπου 50 λεπτά με 1 ώρα. Οι δοκιμαζόμενες αρχικά έκαναν προθέρμανση 5 λεπτών σε εργοποδήλατο στα 50 Watt και 3-5 λεπτά διατάσεις, για τα κάτω άκρα και άνω άκρα. Στη συνέχεια εκτελούσαν 1 σειρά των 12 επαναλήψεων με ένταση 40% της μέγιστης δύναμης και 1 σειρά των 6 επαναλήψεων με ένταση 50-60% της μέγιστης δύναμης στην άσκηση ωθήσεων κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45°. Στη συνέχεια εκτελούσαν 4 σειρές των 6 επαναλήψεων με ένταση 80-85% της μέγιστης δύναμης, με διάλειμμα 3 λεπτών ανάμεσα από κάθε σειρά (προπόνηση δύναμης). Έπειτα ξεκουράζονταν για 5 λεπτά. Στη συνέχεια, εκτελούσαν 1 σειρά των 12 επαναλήψεων με ένταση 40% της μέγιστης δύναμης στην άσκηση εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα (μηχάνημα Smith) και 1 σειρά των 6 επαναλήψεων με ένταση 40% της μέγιστης δύναμης στην άσκηση βαλλιστικές εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα (μηχάνημα Smith). Στη συνέχεια, εκτελούσαν 4 σειρές των 6 επαναλήψεων με ένταση 60% της μέγιστης δύναμης τους στην άσκηση βαλλιστικές εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα (μηχάνημα Smith), με διάλειμμα 3 λεπτών ανάμεσα από κάθε σειρά. Έπειτα, ξεκουράζονταν για 5 λεπτά. Τέλος, οι δοκιμαζόμενες πραγματοποιούσαν στο εργοποδήλατο και 20 λεπτά άσκηση στο 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος η οποία προέκυψε από την επίδοση των δοκιμαζόμενων στην αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος. Συγκεκριμένα, οι δοκιμαζόμενες πραγματοποιούσαν 10 σειρές του ενός λεπτού ποδηλασία με ένταση 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος με 1 λεπτό διάλειμμα μετά από κάθε σειρά με ρυθμό 50 περιστροφών το λεπτό (αερόβια προπόνηση). Την πρώτη εβδομάδα οι δοκιμαζόμενες, και στις δύο προπονητικές μονάδες, εκτελούσαν 3 σειρές των 8 επαναλήψεων με ένταση 60% της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση και 5 σειρές του ενός λεπτού ποδηλασία με ένταση 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος. Από τη δεύτερη εβδομάδα προπόνησης και έπειτα οι δοκιμαζόμενες εκτελούσαν 4 σειρές των 6 επαναλήψεων στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση και στην άσκηση βαλλιστικές εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα (μηχάνημα Smith). Αντίθετα, τη δεύτερη εβδομάδα προπόνησης στο εργοποδήλατο, εκτελούσαν 7 σειρές του ενός λεπτού ποδηλασία στο 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος και από την τέταρτη προπονητική μονάδα και έπειτα 10 σειρές του ενός λεπτού ποδηλασία με ένταση 100% της μέγιστης αερόβιας ισχύος. Έπειτα, ακολούθησε προοδευτική αύξηση της αντίστασης της τάξεως του 2,5 ή 5% στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45° και στις βαλλιστικές εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα σε κάθε προπονητική μονάδα όπως επίσης και στην ποδηλασία στο εργοποδήλατο, εάν αυτό χρειαζόταν, μέχρι το τέλος των 12 εβδομάδων συνδυαστικής προπόνησης. Κατά την έναρξη και μέχρι το τέλος της μειωμένης προπονητικής συχνότητας των 12 εβδομάδων οι δοκιμαζόμενες συνέχισαν να προπονούνται είτε 1 φορά ανά 7 ημέρες, είτε μια φορά ανά 14 ημέρες με το ίδιο προπονητικό πρόγραμμα που είχαν στην τελευταία προπονητική μονάδα στο τέλος των 12 εβδομάδων συνδυαστικής προπόνησης. Σε περίπτωση που οι δοκιμαζόμενες δεν μπορούσαν να ολοκληρώσουν με επιτυχία τις απαιτούμενες σειρές, όπου κρινόταν αναγκαίο η επιβάρυνση μειωνόταν 5% από την προβλεπόμενη επιβάρυνση της εκάστοτε προπονητικής μονάδας στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45°,

στις βαλλιστικές εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα και στην ποδηλασία.

Περιγραφή Οργάνων Μέτρησης

Σωματομετρίες. Για την αξιολόγηση του σωματικού βάρους χρησιμοποιήθηκε ζυγαριά ακριβείας (Inner Scan V, Segmental Body Composition Monitor, Tanita, Japan) με ICC = 1. Για την αξιολόγηση του αναστήματος των δοκιμαζόμενων χρησιμοποιήθηκε αναστημόμετρο (Seca 206. SECA GMBH & CO. Kg, Germany). Οι δοκιμαζόμενες στέκονταν χωρίς παπούτσια σε όρθια θέση, με χαμηλωμένους τους ώμους, ίσια την πλάτη και το βλέμμα να κοιτάει ευθεία μπροστά. Η αξιολόγηση έγινε σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης της Σ.Ε.Φ.Α.Α.

Εικόνα 1

Ζυγαριά ακριβείας Tanita



Εικόνα 2

Αναστημόμετρο Seca 206



Αξιολόγηση σύστασης σώματος. Για τον καθορισμό της σωματικής σύστασης, οι δοκιμαζόμενες υποβλήθηκαν σε ολόσωμη απορροφησιομετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA), τις πρωινές ώρες (χωρίς πρωινό). Τους ζητήθηκε να απέχουν από έντονες σωματικές δραστηριότητες για τουλάχιστον 24 ώρες πριν από την αξιολόγηση. Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης η δοκιμαζόμενη βρισκόταν σε ύπτια κατάκλιση στην τράπεζα της συσκευής DXA (Prodigy Pro, General Electric, Madison, WI, USA). Η δοκιμαζόμενη πριν ξαπλώσει στο μηχάνημα έπρεπε να μην έχει πάνω της οποιοδήποτε μεταλλικό αντικείμενο. Τα δεδομένα αναλύθηκαν από το πρόγραμμα Lunar encore v.18 software. Έγινε αξιολόγηση της σωματικής μάζας, του ποσοστού λίπους, της άλιπης μάζας και της οστικής πυκνότητας ως σύνολο αλλά και των κάτω και άνω άκρων. Ο δείκτης αξιοπιστίας (ICC) για την σωματική μάζα, το

ποσοστό λίπους και την άλιπη ήταν 0,99 για όλες τις μεταβλητές (μετρήθηκε σε 22 νεαρά άτομα μέτρια γυμνασμένα σε διαδοχικές ημέρες). Η αξιολόγηση έγινε σε ειδικά διαμορφωμένο χώρο στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης της Σ.Ε.Φ.Α.Α.

Εικόνα 3

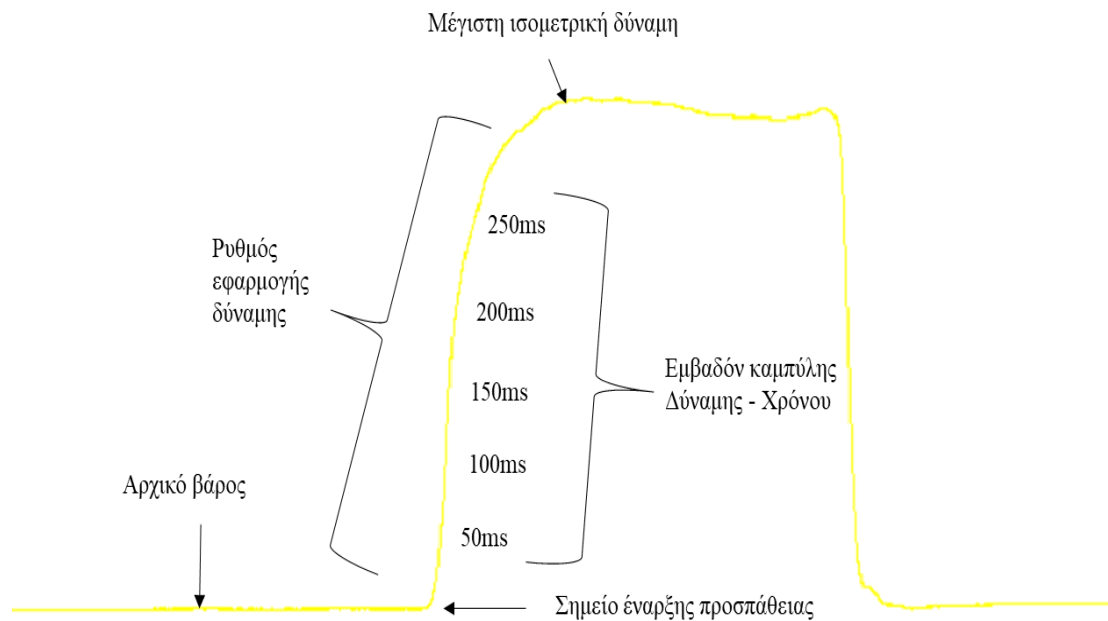
Μηχάνημα ολόσωμης απορροφησιμετρίας ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA)



Ρυθμός εφαρμογής δύναμης, μέγιστη ισομετρική δύναμη. Η αξιολόγηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης έγινε στις ωθήσεις κάτω άκρων από καθιστή θέση. Η αξιολόγηση όλων των δοκιμαζόμενων έγινε τις πρωινές ώρες, μία ή δύο μέρες μετά την αξιολόγηση σύστασης σώματος, στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Οι δοκιμαζόμενες αρχικά έκαναν προθέρμανση 5 λεπτών σε εργοποδήλατο στα 50 Watt και στη συνέχεια διατάσεις κυρίως για τα κάτω άκρα. Στη συνέχεια, κάθονταν στο ειδικά διαμορφωμένο κάθισμα που είναι σταθεροποιημένο στο έδαφος. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε σε σταθεροποιημένο δυναμοπλατφόρμα στο τοίχο εμπρός από το κάθισμα (WPX0606-1000 kg-005-000, Applied Measurements Ltd Co., Aldermaston, UK) με ICC = 0,94 για τον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης και ICC = 0,98 για τη μέγιστη ισομετρική δύναμη. Ανάλογα με το ύψος της κάθε δοκιμαζόμενης η θέση του καθίσματος τροποποιούνταν ανάλογα, ώστε η γωνία του γονάτου να ήταν στις 120° (η οποία μετρήθηκε με γωνιόμετρο). Αρχικά, οι δοκιμαζόμενες εκτελούσαν δύο δοκιμαστικές υπομέγιστες προσπάθειες και στη συνέχεια εκτελούσαν τρεις μέγιστες προσπάθειες με ενδιάμεσο διάλλειμα 3 λεπτά. Επιλέχθηκε η καλύτερη επίδοση. Καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειας υπήρχε προφορική παρακίνηση ενώ ταυτόχρονα υπήρχε και οπτική ανατροφοδότηση της καμπύλης δύναμης-χρόνου σε οθόνη υπολογιστή η οποία ήταν τοποθετημένη ακριβώς πάνω από τη δυναμοπλατφόρμα στο ύψος των ματιών της δοκιμαζόμενης. Το σήμα ψηφιοποιούνταν μέσα από αναλογικο-ψηφιακό μετατροπέα (A/D-converter; Kyowa sensor interface PCD-320A, Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan), και στη συνέχεια ακολουθούσε ανάλυση της καμπύλης γραφήματος δύναμης-χρόνου με το λογισμικό DCS-100A έκδοση 1.14 (Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan), σύμφωνα με προηγούμενες αναφορές και οδηγίες (Aagaard et al., 2002). Επιπλέον, έγινε ο υπολογισμός της μέγιστης ισομετρικής δύναμης ως η μέγιστη τιμή της καμπύλης δύναμης χρόνου. Ο PEΔ υπολογίστηκε για τα χρονικά σημεία από την έναρξη της προσπάθειας (0ms) έως και τα 250ms (σε διαστήματα των 50ms), με βάση την εξίσωση $PE\Delta = \Delta F \cdot \Delta T - 1$, όπου ΔF η διαφορά της δύναμης μεταξύ X χρονικού σημείου και έναρξης της προσπάθειας, ενώ ΔT η διαφορά χρόνου μεταξύ αυτών των δύο σημείων (Maffiuletti et al. 2016).

Σχήμα 2

Διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου κατά την διαδικασία της μέγιστης ισομετρικής προσπάθειας στην ώθηση κάτω άκρων από καθιστή θέση και τα κρίσιμα σημεία για τον υπολογισμό των παραμέτρων

**Εικόνα 4**

Θέση δοκιμαζόμενης κατά την διαδικασία της μέγιστης ισομετρικής προσπάθειας στην ώθηση κάτω άκρων από καθιστή θέση

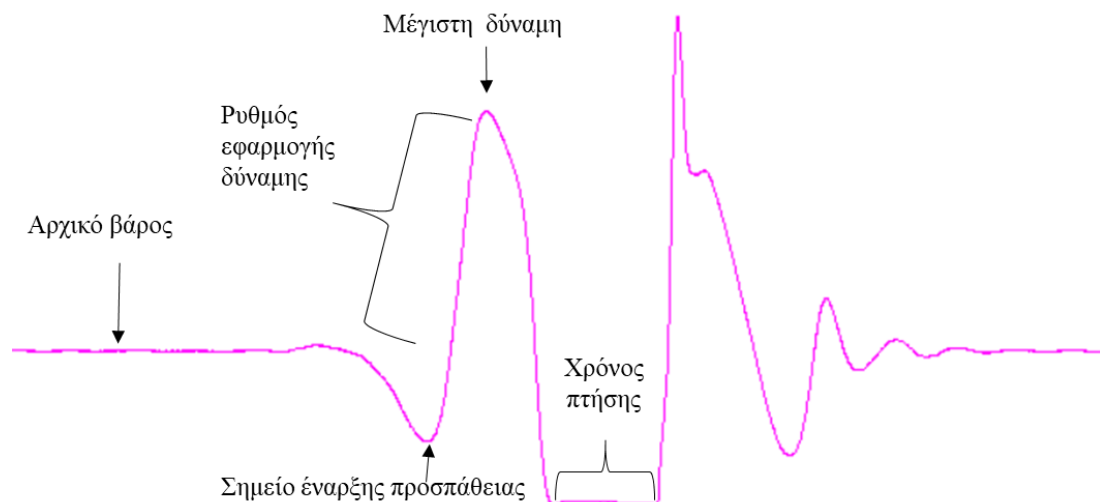


Αξιολόγηση κατακόρυφου άλματος με αιώρηση (CMJ). Η αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης της Σ.Ε.Φ.Α.Α. σε δυναμοπλατφόρμα (Applied Measurements Ltd Co. UK, WP800-1000kg weighting platform), με συχνότητα δειγματοληψίας 1000Hz. Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε 5 λεπτά μετά την αξιολόγηση του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης. Πριν την έναρξη της προσπάθειας οι δοκιμαζόμενες τοποθετούσαν τα χέρια τους σε μεσολαβή και με το παράγγελμα του ερευνητή εκτελούσαν το κατακόρυφο άλμα όσο πιο ψηλά και γρήγορα μπορούσαν. Οι δοκιμαζόμενες πραγματοποίησαν

δύο δοκιμαστικές προσπάθειες και στη συνέχεια κάθε δοκιμαζόμενη εκτέλεσε τρεις μέγιστες και εκρηκτικές προσπάθειες με 3 λεπτά ξεκούρασης μετά από κάθε προσπάθεια. Όλες οι προσπάθειες καταγράφηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, αφού πρώτα το σήμα από την πλατφόρμα ψηφιοποιήθηκε με αναλογικό μετατροπέα (A/D-converter; Kyowa sensor interface PCD-320A, Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan). Η ανάλυση των δεδομένων των αλμάτων έγινε μέσω του συνοδευτικού προγράμματος της δυναμοπλατφόρμας DCS-100A έκδοση 1.14 (Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan), σύμφωνα με προηγούμενες αναφορές και οδηγίες (Terzis et al., 2016· Bogdanis et al., 2019). Για τον υπολογισμό του ύψους τους άλματος χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση: $\text{Ύψος (cm)} = (0,5 \cdot \text{Χρόνο Πτήσης} \cdot 9,81)^2 \cdot (2 \cdot 9,81) - 1$, για τη μέγιστη μυϊκή ισχύ: $\text{Ισχύς (W)} = (\text{Σωματικό Βάρος} + \text{Μέγιστη Δύναμη}) \cdot 9,81 \cdot \text{Χρόνο Πτήσης}$ (Linthorne, 2001). Οι δείκτες αξιοπιστίας των παραπάνω αξιολογήσεων στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης ανέρχονται στο 0,910, 0,878 και 0,899, αντίστοιχα (Methenitis et al., 2016· Terzis et al., 2016· Stasinaki et al., 2019).

Σχήμα 3

Διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου κατά την πραγματοποίηση του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση και τα κρίσιμα σημεία για τον υπολογισμό των παραμέτρων



Εικόνα 5

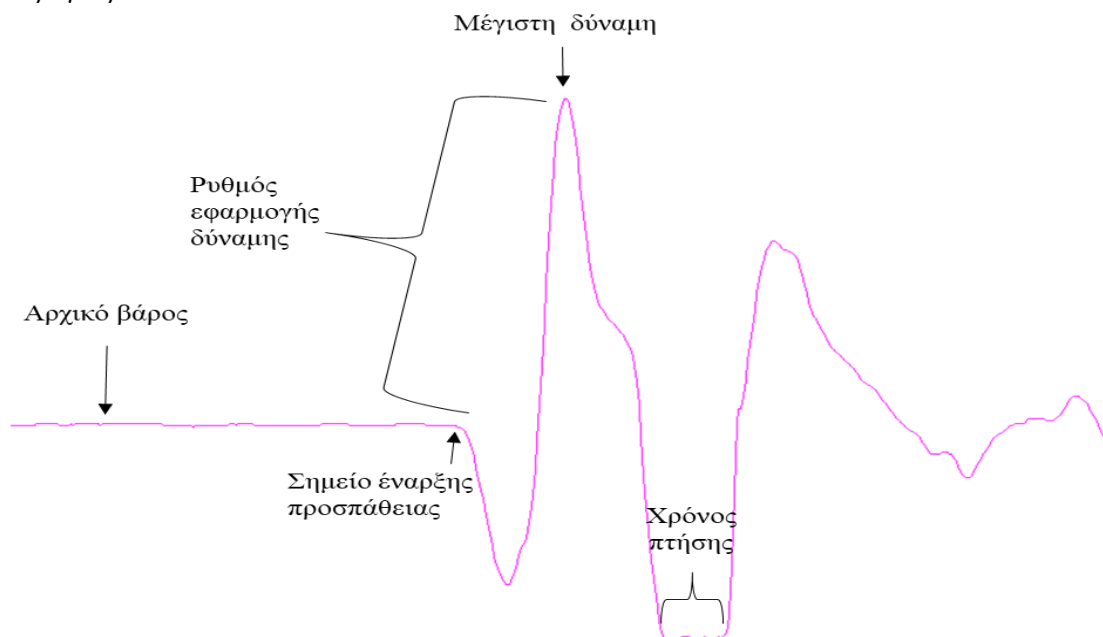
Αρχική θέση και εκτέλεση του κατακόρυφου άλματος με αιώρηση σε δυναμοπλατφόρμα.



Αξιολόγηση ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση (CMPU). Η αξιολόγηση της ικανότητας ώθησης πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης της Σ.Ε.Φ.Α.Α. σε δυναμοπλατφόρμα (Applied Measurements Ltd Co. UK, WP800- 1000kg), με συχνότητα δειγματοληψίας 1000Hz. Η δοκιμασία έγινε 5 λεπτά μετά την αξιολόγηση του κατακόρυφου άλματος. Πριν την έναρξη της προσπάθειας οι δοκιμαζόμενες τοποθετούσαν τα χέρια στο κέντρο της πλατφόρμας, λίγο μεγαλύτερο από το άνοιγμα των ώμων σε μια άνετη θέση (η οποία καταγράφονταν με φωτογραφία και μεζούρα) και με το παράγγελμα του ερευνητή η κάθε δοκιμαζόμενη από την θέση πρηνής στήριξης εκτελούσε κάμψη αγκώνων περίπου στις 90° γωνία (αγκώνα). Ο κορμός και τα κάτω άκρα βρίσκονταν σε ευθεία. Στη συνέχεια, ωθούσε το σώμα της προς τα πάνω κάνοντας έκταση αγκώνων με σκοπό να ξεκολλήσουν οι παλάμες από την πλατφόρμα. Οι δοκιμαζόμενες πραγματοποίησαν δύο δοκιμαστικές προσπάθειες και στη συνέχεια κάθε δοκιμαζόμενη εκτέλεσε τρεις μέγιστες και εκρηκτικές προσπάθειες με 3 λεπτά ξεκούρασης μετά από κάθε προσπάθεια (Parry et al., 2020· Zalleg et al., 2020). Όλες οι προσπάθειες καταγράφηκαν σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, αφού πρώτα το σήμα από την πλατφόρμα είχε ψηφιοποιηθεί μέσα από αναλογικό μετατροπέα (A/D-converter; Kyowa sensor interface PCD-320A, Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan). Η ανάλυση των δεδομένων των ωθήσεων έγινε μέσω του συνοδευτικού προγράμματος της δυναμοπλατφόρμας DCS-100A έκδοση 1.14 (Kyowa Electronic Instruments Ltd Co. Japan), σύμφωνα με προηγούμενες αναφορές και οδηγίες (Terzis et al., 2016· Bogdanis et al., 2019). Για τον υπολογισμό του ύψους της ώθησης χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση: $\text{Ύψος (cm)} = (0,5 \cdot \text{Χρόνο Πτήσης} \cdot 9,81)^2 \cdot (2 \cdot 9,81) - 1$, για την μέγιστη μυϊκή ισχύ: $\text{Ισχύς (W)} = (\text{Σωματικό Βάρος} + \text{Μέγιστη Δύναμη}) \cdot 9,81 \cdot \text{Χρόνο Πτήσης}$ (Linthorne, 2001). Οι δείκτες αξιοπιστίας των παραπάνω αξιολογήσεων στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης ανέρχονται στο 0,946 και 0,947, αντίστοιχα.

Σχήμα 4

Διάγραμμα δυνάμεων-χρόνου κατά την πραγματοποίηση ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση και τα κρίσιμα σημεία για τον υπολογισμό των παραμέτρων.



Εικόνα 6

Αρχική θέση και εκτέλεση της ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση σε δυναμοπλατφόρμα.



Αξιολόγηση μέγιστης δύναμης κάτω άκρων. Η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης για τα κάτω άκρα έγινε σε μηχανήμα ωθήσεων κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45° στο γυμναστήριο της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Χρησιμοποιήθηκε μηχανήμα της εταιρίας Super Sport με βαθμονομημένους ολυμπιακούς δίσκους. Το ίδιο μηχανήμα ωθήσεων κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45° και οι δίσκοι χρησιμοποιήθηκαν και σε όλο το διάστημα της προπόνησης. Αρχικά, έγινε προθέρμανση 5 λεπτών στο εργοποδήλατο με 50 Watt και στη συνέχεια διατάσεις κυρίως για τα κάτω άκρα. Στη συνέχεια, η δοκιμαζόμενη κάθονταν στο κάθισμα του μηχανήματος με κλίση 45° και τοποθετούσε τα πόδια της στο κέντρο της πλατφόρμας στο άνοιγμα των ισχίων, παράλληλα το ένα με το άλλο. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της κίνησης η πλάτη και το κεφάλι της δοκιμαζόμενης ήταν επαπτόμενο πάντα στην πλάτη του καθίσματος, η λεκάνη ήταν επαπτόμενη στο κάθισμα όπως και τα πέλματα των ποδιών πάνω στην πλατφόρμα. Επίσης, η δοκιμαζόμενη τοποθετούσε τα χέρια της σε ειδικές χειρολαβές στο μηχανήμα. Στη συνέχεια, η δοκιμαζόμενη εκτελούσε μια σειρά των 8-10 επαναλήψεων χωρίς επιπρόσθετο φορτίο. Μετά από 2 λεπτά διάλλειμα η δοκιμαζόμενη εκτελούσε 5-8 επαναλήψεις με επιπρόσθετο βάρος περίπου με ένταση 50% της προβλεπόμενης μέγιστης δύναμης. Μετά από 3 λεπτά διάλλειμα, η δοκιμαζόμενη εκτελούσε 1-2 επαναλήψεις με ένταση 70-80% της προβλεπόμενης μέγιστης δύναμης. Ακολουθούσαν και πάλι 3 λεπτά διάλλειμα. Στη συνέχεια, η δοκιμαζόμενη εκτελούσε 1 επανάληψη με ένταση 100% της προβλεπόμενης μέγιστης δύναμης με αυξανόμενη αντίσταση 5% μετά από κάθε επιτυχημένη προσπάθεια. Μετά από κάθε επιτυχημένη προσπάθεια το διάλλειμα ήταν 3 λεπτά. Η διαδικασία λάμβανε τέλος μόλις η δοκιμαζόμενη δεν μπορούσε να σηκώσει άλλο φορτίο. Ο δείκτης αξιοπιστίας ICC για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης είναι από 0,920 (Tsitkanou et al., 2017) έως 0,980 (Zaras, et al., 2020).

Εικόνα 7

Μηχάνημα ωθήσεων κάτω άκρων από καθιστή θέση με κλίση 45°, τοποθέτηση ποδιών και ενδεικτικοί ολυμπιακοί δίσκοι που χρησιμοποιήθηκαν για την αύξηση της επιβάρυνσης κατά την διαδικασία της μέγιστης δύναμης



Αξιολόγηση μέγιστης δύναμης άνω άκρων. Η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης για τα άνω άκρα έγινε σε μηχάνημα τύπου Smith στις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα στο γυμναστήριο της Σ.Ε.Φ.Α.Α. Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε 10 λεπτά μετά την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων. Χρησιμοποιήθηκε μηχάνημα της εταιρίας Super Sport με βαθμονομημένους ολυμπιακούς δίσκους για την αύξηση της επιβάρυνσης κατά την διαδικασία της μέγιστης. Το ίδιο μηχάνημα και οι δίσκοι χρησιμοποιήθηκαν και σε όλο το διάστημα της προπόνησης. Πριν την έναρξη της δοκιμασίας έγιναν διατάξεις για τα πάνω άκρα. Η δοκιμαζόμενη τοποθετούταν σε ύπτια κατάκλιση ώστε η πλάτη της και οι γλουτοί να ήταν επαφτόμενοι στον πάγκο. Τα πόδια ήταν σταθερά στο έδαφος λίγο πιο έξω από το άνοιγμα των ισχίων. Σε περίπτωση που κάποια δοκιμαζόμενη πραγματοποιούσε λόρδωση στην σπονδυλική στήλη (πέραν της φυσικής καμπύλης που προκαλείται κατά την πρηνή θέση) τοποθετούταν ειδικό κουτί στη βάση στήριξης των ποδιών για τον σωστό τρόπο εκτέλεσης της άσκησης και για την αποφυγή τραυματισμών. Η δοκιμαζόμενη τοποθετούσε τα χέρια πάνω στη μπάρα έξω από το άνοιγμα των ώμων, ώστε κατά το έκκεντρο μέρος της άσκησης (στο τελικό σημείο) να δημιουργείται γωνία αγκώνα 90°. Στη συνέχεια, η δοκιμαζόμενη εκτελούσε μια σειρά των 8-10 επαναλήψεων χωρίς επιπρόσθετο φορτίο. Μετά από 2 λεπτά διάλειμμα η δοκιμαζόμενη εκτελούσε 5-8 επαναλήψεις με επιπρόσθετο βάρος περίπου με ένταση 50% της προβλεπόμενης μέγιστης δύναμης. Μετά από 3 λεπτά διάλειμμα η δοκιμαζόμενη εκτελούσε 1-2 επαναλήψεις με ένταση 70-80% της προβλεπόμενης μέγιστης δύναμης. Ακολούθησαν και πάλι 3 λεπτά διάλειμμα. Στη συνέχεια η δοκιμαζόμενη εκτελούσε 1 επανάληψη με ένταση 100% της προβλεπόμενης μέγιστης δύναμης με αυξανόμενη επιβάρυνση μετά από κάθε επιτυχημένη προσπάθεια. Μετά από κάθε προσπάθεια το διάλειμμα ήταν 3 λεπτά. Η διαδικασία έλαβε τέλος μόλις η δοκιμαζόμενη δεν μπορούσε να σηκώσει άλλο φορτίο.

Εικόνα 8

Μηχάνημα τύπου Smith για τις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα, τοποθέτηση χεριών στο αρχικό σημείο και ενδεικτικοί ολυμπιακοί δίσκοι που χρησιμοποιήθηκαν για την αύξηση της επιβάρυνσης κατά την διαδικασία της μέγιστης δύναμης



Αξιολόγηση μέγιστης αερόβιας ισχύος. Η αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης της Σ.Ε.Φ.Α.Α. του ΕΚΠΑ. Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε κυκλοεργόμετρο τύπου Monark (Monark ergomedic 834E, Vansbro, Sweeden). Η αξιολόγηση έγινε σύμφωνα με το πρωτόκολλο του YMCA (ACSM, 2008). Συγκεκριμένα, οι δοκιμαζόμενες εκτελούσαν προθέρμανση 3 λεπτά με 50 περιστροφές το λεπτό, χωρίς να υπάρχει φορτίο πάνω στο κυκλοεργόμετρο. Στη συνέχεια, εκτελούσαν διατάσεις, κυρίως για τα κάτω άκρα και έπειτα ξεκινούσαν τη δοκιμασία στις 50 περιστροφές το λεπτό για 3 λεπτά με φορτίο 0,5kg (25Watt). Κάθε 3 λεπτά το φορτίο αυξανόταν κατά 0,5kg, με εξαίρεση το δεύτερο τρίλεπτο όπου η αύξηση γινόταν ανάλογα με την καρδιακή συχνότητα της εκάστοτε δοκιμαζόμενης. Η αξιολόγηση ολοκληρώνονταν όταν οι δοκιμαζόμενες δεν μπορούσαν να διατηρήσουν τις 50 περιστροφές το λεπτό. Για να επιτευχθεί ο ρυθμός των 50 περιστροφών το λεπτό, χρησιμοποιήθηκε ειδικός μετρονόμος—Στα τελευταία 10 δευτερόλεπτα κάθε λεπτού γινόταν καταγραφή της καρδιακής συχνότητας της κάθε δοκιμαζόμενης με ειδικό παλμογράφο τύπου Polar (Polar A300, 70FF7C15, Firmware 1.0.0, HW model 00753320.03, Finland). Τα δεδομένα μεταφέρονταν σε ειδικό ψηφιακό ρολόι, που κρατούσε ο ερευνητής. Επίσης, κάθε λεπτό γινόταν καταγραφή της αντιλαμβανόμενης κόπωσης (Rating of Perceived Exertion-RPE) μέσω της 20-βάθμιας κλίμακας του Borg (Borg, 1998).

Πίνακας 6

Τα τρίλεπτα στάδια του πρωτοκόλλου YMCA, για την αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος και μέγιστης αερόβιας ικανότητας στο κυκλοεργόμετρο

1° στάδιο	0,5kg (25W)			
	HR < 80	HR < 80-90	HR < 90-100	HR < 100
2° στάδιο	2,5kg (125W)	2kg (100W)	1,5kg (75W)	1kg (50W)
3° στάδιο	3kg (150W)	2,5kg (125W)	2kg (100W)	1,5kg (75W)
4° στάδιο	3,5kg (175W)	3kg (150W)	2,5kg (125W)	2kg (100W)
5° στάδιο	4kg (200W)	3,5kg (175W)	3kg (150W)	2,5kg (125W)

Εικόνα 9

20-βάθμια κλίμακα του Borg

20-βάθμια κλίμακα αντιλαμβανόμενης κόπωσης του Borg	
Εκτίμηση αντιλαμβανόμενης κόπωσης	Περιγραφή της κόπωσης
6	Καμία κόπωση
7	Πάρα πολύ ήπια
8	
9	Πολύ ήπια
10	
11	Ήπια
12	
13	Σχετικά δύσκολο
14	
15	Δύσκολο
16	
17	Πολύ δύσκολο
18	
19	Υπερβολικά δύσκολο
20	Μέγιστη κόπωση

Εικόνα 10

Κυκλοεργόμετρο τύπου Monark και παλμογράφος που θα χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος και την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας αντίστοιχα



Αξιολόγηση αρχιτεκτονικής δομής του έξω πλατύ μηριαίου και εγκάρσιας επιφάνειας τετρακέφαλου μυός. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης της Σ.Ε.Φ.Α.Α. του ΕΚΠΑ. Για την αξιολόγηση της μορφολογίας των μυών μέσω υπερηχοτομογραφίας, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο LOGIQ S9 (General Electric, USA). Η αξιολόγηση σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1-T5) έγινε τις πρωινές ώρες. Η λήψη των εικόνων έγινε με τη λειτουργία B-mode και επιλέχθηκε η κεφαλή ML6-15MHz (Matrix Linear). Η αξιολόγηση έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία που έχει ακολουθηθεί σε πολλές εργασίες του Εργαστηρίου Αθλητικής Απόδοσης (Stasinaki et al., 2019).

Για την αξιολόγηση της αρχιτεκτονικής δομής, η λήψη εικόνων έγινε από τον έξω πλατύ μηριαίο μυ του μη κυρίαρχου κάτω άκρου στο 50% της απόστασης του έξω κονδύλου του μηριαίου οστού και του μείζων τροχαντήρα. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνική εκτεταμένου πεδίου προβολής (Extended Field Of View) λαμβάνοντας διαμήκη απεικόνιση για την αξιολόγηση της αρχιτεκτονικής δομής (γωνία πρόσφυσης και μήκος μυϊκών δεματίων) του έξω πλατύ μηριαίου μυός, όπως έχει προηγουμένως πραγματοποιηθεί σε πρόσφατες μελέτες του Εργαστηρίου Αθλητικής Απόδοσης (Stasinaki et al., 2015· Stasinaki et al., 2019· Tsitkanou et al., 2017). Συγκεκριμένα, οι δοκιμαζόμενες αφού κατέφταναν στον χώρο της αξιολόγησης έμεναν σε ύπτια κατάκλιση για τουλάχιστον 20 λεπτά, ώστε να μην υπάρχει μεγάλη μετατόπιση υγρών στον τετρακέφαλο μυ (Reeves et al., 2004). Στη συνέχεια, χαράχθηκε μια διακεκομμένη γραμμή (περίπου 10 εκατοστά) μπροστά και πίσω από το 50% της απόστασης του έξω κονδύλου του μηριαίου οστού και του μείζων τροχαντήρα, έτσι ώστε να γινόταν λήψη πανοραμικής εικόνας. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίστηκε η ακριβής αξιολόγηση του μήκους των μυϊκών δεματίων. Έπειτα, ειδική υδατοδιάλυτη γέλη επιστρώθηκε πάνω στη κεφαλή για να διευκολυνθεί η διάδοση των υπερήχων. Η κεφαλή του υπερήχου τοποθετούταν κατά μήκος του μηριαίου οστού, με κατεύθυνση παράλληλη με αυτή των μυϊκών δεματίων και κάθετη ως προς το δέρμα. Για να εξασφαλιστεί η σωστή λήψη της εικόνας, η κεφαλή κινήθηκε ακριβώς πάνω στη γραμμή που είχε χαραχτεί. Τέλος, η γωνία με την οποία εφαπτόταν η κεφαλή με το δέρμα άλλαζε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, ώστε να ήταν κάθετη σε όλο το μήκος της περιοχής που εξετάστηκε. Εφαρμόστηκε ελάχιστη πίεση στο δέρμα ώστε να

αποφευχθεί οποιαδήποτε αλλοίωση της εικόνας των υποκείμενων ιστών λόγω πίεσης. Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία, έγινε λήψη τουλάχιστον δύο εικόνων ανά δοκιμαζόμενη και ανά χρονική περίοδο, ώστε να αξιολογηθεί το πάχος του μυός, ως η μέση απόσταση μεταξύ της άνω και της κάτω απονεύρωσης, η γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων στη κάτω απονεύρωση και τέλος το μήκος των μυϊκών δεματίων (Stasinaki et al., 2019· Tsitkanou et al., 2017). Όλες οι εικόνες αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας λογισμικό ανάλυσης εικόνας (ImageJ Version 1.54d National Institutes of Health). Το πάχος του έξω πλατύ μηριαίου μυός ορίστηκε ως η απόσταση της άνω και κάτω απονεύρωσης του, η γωνία πρόσφυσης ως η γωνία με την οποία προσφύονται τα μυϊκά δεμάτια στην κάτω απονεύρωση του έξω πλατύ και το μήκος των μυϊκών δεματίων ως η διαγώνια απόσταση που διανύουν τα μυϊκά δεμάτια από την άνω έως την κάτω απονεύρωση του έξω πλατύ μηριαίου μυός. Οι δείκτες αξιοπιστίας αυτής της μεθόδου έχουν εξεταστεί πρόσφατα από το Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης (Stasinaki et al., 2019) και ανέρχονται σε 0,97 (95% CI: 0,87-0,99, $p = 0,001$) για το πάχος του μυός, 0,88 (95% CI: 0,60-0,97, $p = 0,001$) για την γωνία πρόσφυσης και 0,84 (95% CI: 0,47-0,96, $p = 0,001$) για το μήκος των μυϊκών δεματίων.

Για τη λήψη εικόνας της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός χαράχθηκε μια γραμμή από το μέσο της επιγονατίδας έως την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα, και στο 40% της απόστασης αυτής μια επιπλέον κάθετη σε αυτήν γραμμή. Στη συνέχεια, με βάση την κάθετη γραμμή η κεφαλή του υπερήχου κινήθηκε εγκάρσια προς το μηρό με φορά από τον έσω προς το έξω πλατύ μηριαίο μυ, λαμβάνοντας μια πανοραμική εικόνα της εγκάρσιας επιφάνειας και των τεσσάρων κεφαλών του τετρακέφαλου μυός (Noorkoiv et al., 2010· Tsitkanou et al., 2017). Όλες οι εικόνες αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας λογισμικό ανάλυσης εικόνας (ImageJ Version 1.54d National Institutes of Health). Στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης οι δείκτες αξιοπιστίας για την αξιολόγηση μέσω υπερηχογραφίας της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός, του έξω πλατύ, του ορθού μηριαίου του μέσου μηριαίου και του έσω πλατύ μηριαίου μυός ανέρχονται στο 0,974 (95% CI: 0,892-0,994, $p = 0,001$), 0,962 (95% CI: 0,835-0,991, $p = 0,001$), 0,949 (95% CI: 0,725-0,989, $p = 0,001$), 0,956 (95% CI: 0,814-0,99, $p = 0,001$), 0,872 (95% CI: 0,479-0,971, $p = 0,001$), αντιστοίχως.

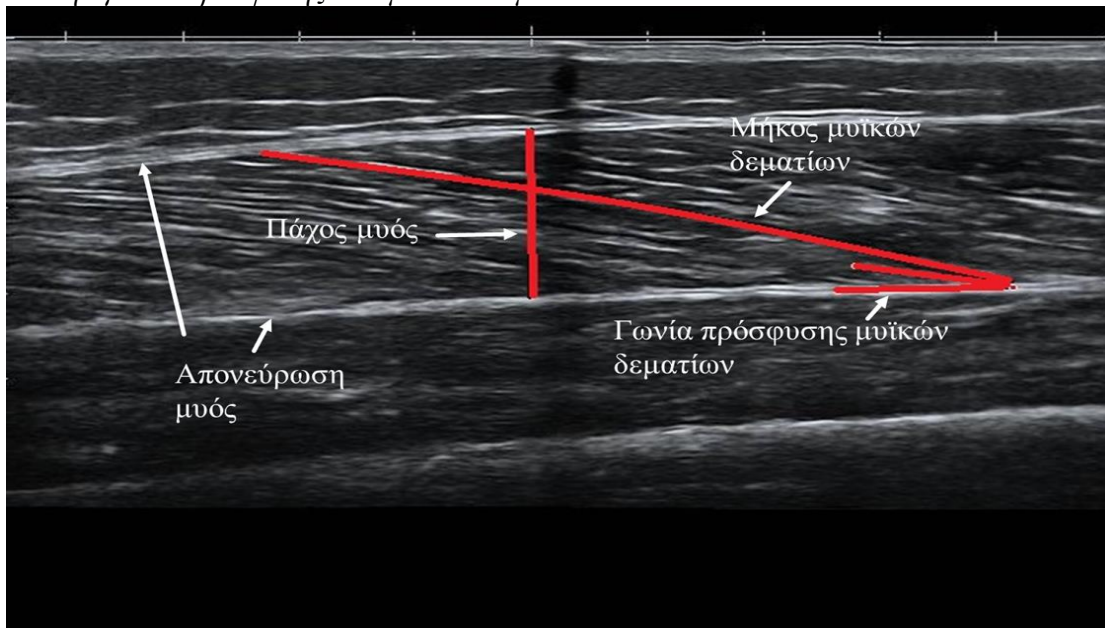
Εικόνα 11

Υπέρηχος μοντέλου LOGIQ S9 για λήψη εικόνων για τη αξιολόγηση αρχιτεκτονικής δομής του έξω πλατύ μηριαίου και εγκάρσιας επιφάνειας τετρακέφαλου μυός



Εικόνα 12

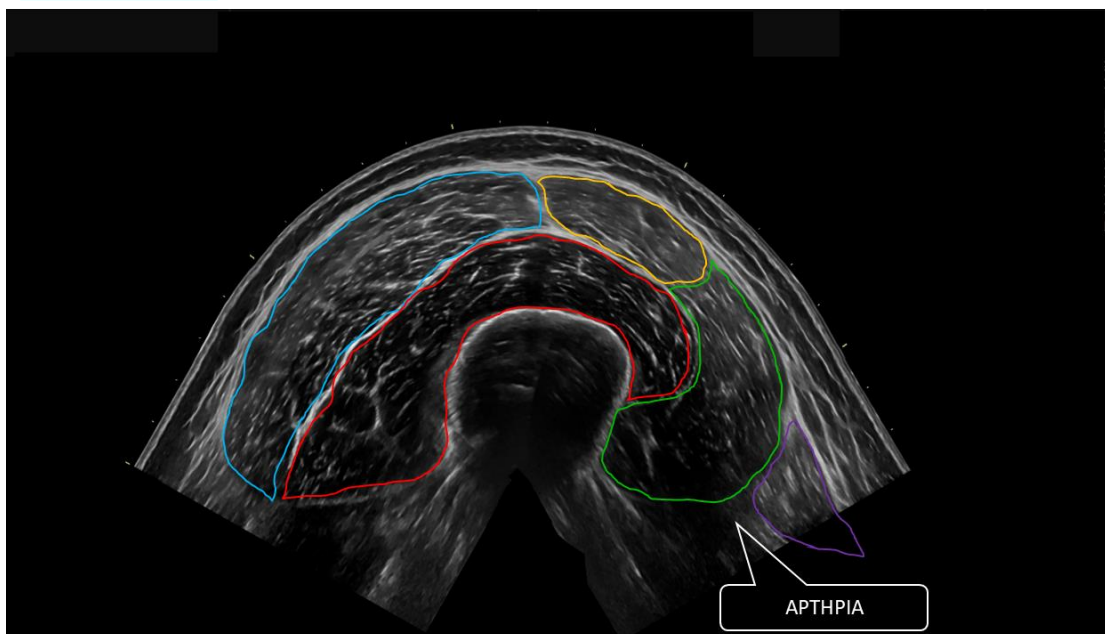
Απεικόνιση αρχιτεκτονικής δομής του έξω πλατύ μηριαίου μύος μετά από λήψη εικόνας και η ανάλυση της για την εύρεση του πάχους του μύος, το μήκος των μυϊκών δεματίων και την γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων



Εικόνα 13

Απεικόνιση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μύος ως σύνολο, και των κεφαλών του (έξω πλατύς, έσω πλατύς, ορθός μηριαίος, μέσος)

ΕΞΩ ΠΛΑΤΥΣ ΕΣΩ ΠΛΑΤΥΣ ΟΡΘΟΣ ΜΕΣΟΣ ΡΑΠΤΙΚΟΣ



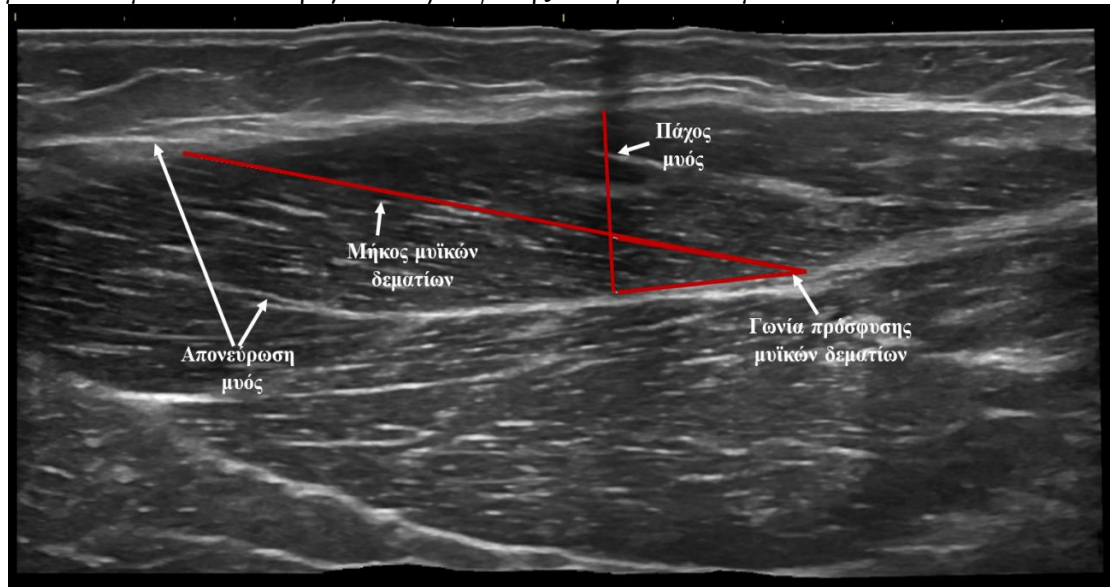
Αξιολόγηση αρχιτεκτονικής δομής της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης της Σ.Ε.Φ.Α.Α. του ΕΚΠΑ. Για την αξιολόγηση της μορφολογίας των μυών μέσω υπερηχοτομογραφίας, χρησιμοποιήθηκε ο υπέρηχος μοντέλου LOGIQ S9 (General Electric, USA). Η αξιολόγηση σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1-T5) έγινε αμέσως μετά την αξιολόγηση των κάτω άκρων. Η λήψη των εικόνων έγινε με τη λειτουργία B-mode και επιλέχθηκε η κεφαλή ML6-15MHz. Η αξιολόγηση έγινε σύμφωνα με την μεθοδολογία που έχει ακολουθηθεί σε πολλές εργασίες του Εργαστηρίου Αθλητικής Απόδοσης (Stasinaki et al., 2018· Zaras et al., 2022· Zaras et al., 2023).

Για την αξιολόγηση της αρχιτεκτονικής δομής, η λήψη εικόνων έγινε από τη μακρά κεφαλή του τρικέφαλου μυός του μη κυρίαρχου άνω άκρου στο 40% της απόστασης ξεκινώντας από το ακρώμιο. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνική εκτεταμένου πεδίου προβολής (Extended Field Of View) λαμβάνοντας διαμήκη απεικόνιση για την αξιολόγηση της αρχιτεκτονικής δομής (γωνία πρόσφυσης και μήκος μυϊκών δεματίων) της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός, όπως έχει προηγουμένως πραγματοποιηθεί σε πρόσφατες μελέτες του Εργαστηρίου Αθλητικής Απόδοσης Stasinaki et al., 2018· Zaras et al., 2022· Zaras et al., 2023). Συγκεκριμένα, από όρθια στάση, οι οπίσθιες επιφάνειες του ακρωμίου και ο έσω και έξω επικόνδυλος του βραχιονίου σημειώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ως το συνολικό μήκος του άνω βραχίονα. Στη συνέχεια, χαράχθηκε μια διακεκομμένη γραμμή (περίπου 10 εκατοστά) μπροστά και πίσω από το 40% της απόστασης του άνω βραχίονα (ξεκινώντας από το ακρώμιο), έτσι ώστε να γίνει λήψη πανοραμικής εικόνας. Στη συνέχεια, η δοκιμαζόμενη έρχονταν σε ύπτια κατάκλιση στο εργαστηριακό κρεβάτι, με την άρθρωση του αγκώνα να βρίσκεται σε πλήρη έκταση και σε ύπτια θέση. Η δοκιμαζόμενη πραγματοποιούσε μια ισομετρική συστολή στον τρικέφαλο μυ, ώστε να γίνει ο εντοπισμός της έκφυσης της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός χρησιμοποιώντας την εικόνα υπέρηχων σε πραγματικό χρόνο. Έπειτα, ειδική υδατοδιάλυτη γέλη επιστρώθηκε πάνω στη κεφαλή για να διευκολυνθεί η διάδοση των υπέρηχων. Η κεφαλή του υπέρηχου τοποθετούταν παράλληλα με τον βραχίονα, με κατεύθυνση παράλληλη με αυτή των μυϊκών δεματίων και κάθετη ως προς το δέρμα. Για να εξασφαλιστεί η σωστή λήψη της εικόνας, η κεφαλή κινήθηκε ακριβώς πάνω στη γραμμή που είχε χαραχτεί. Τέλος, η γωνία με την οποία εφαπτόταν η κεφαλή με το δέρμα άλλαζε κατά τη διάρκεια της μέτρησης, ώστε να ήταν κάθετη σε όλο το μήκος της περιοχής που εξετάστηκε. Εφαρμοζόταν ελάχιστη πίεση στο δέρμα ώστε να γινόταν αποφυγή οποιαδήποτε αλλοίωση της εικόνας των υποκείμενων ιστών λόγω πίεσης. Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία, έγινε λήψη τουλάχιστον δύο εικόνων ανά δοκιμαζόμενη και ανά χρονική περίοδο, αξιολογώντας το πάχος του μυός, ως η μέση απόσταση μεταξύ της άνω και της κάτω απονεύρωσης, η γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων στη κάτω απονεύρωση και τέλος το μήκος των μυϊκών δεματίων (Stasinaki et al., 2018). Όλες οι εικόνες αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας λογισμικό ανάλυσης εικόνας (ImageJ Version 1.54d National Institutes of Health). Το πάχος της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός ορίστηκε ως η απόσταση της άνω και κάτω απονεύρωσης του, η γωνία πρόσφυσης ως η γωνία με την οποία προσφύονται τα μυϊκά δεμάτια στην κάτω απονεύρωση της μακράς κεφαλής και το μήκος των μυϊκών δεματίων ως η διαγώνια απόσταση που διανύουν τα μυϊκά δεμάτια από την άνω έως την κάτω απονεύρωση της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός. Οι δείκτες αξιοπιστίας αυτής της μεθόδου έχουν εξεταστεί πρόσφατα από το Εργαστήριο Αθλητικής Απόδοσης (Stasinaki et al., 2018), και ανέρχονται στο 0,984 (95% CI: 0,51–0,995, $p = 0,001$ για το πάχος του μυός, 0,858

(95% CI: 0,626–0,952, $p = 0,001$) για την γωνία πρόσφυσης και 0,794 (95% CI: 0,483–0,928, $p = 0,001$) για το μήκος των μυϊκών δεματίων.

Εικόνα 14

Απεικόνιση αρχιτεκτονικής δομής της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός μετά από λήψη εικόνας και η ανάλυση της για την εύρεση του πάχους του μυός, το μήκος των μυϊκών δεματίων και την γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων



Στατιστική Ανάλυση

Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική: μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση. Για τον έλεγχο ομαλότητας των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το τεστ Shapiro-Wilks. Χρησιμοποιήθηκε t-test για την εύρεση διαφορών μεταξύ των ποσοστιαίων μεταβολών στη τέλος της συστηματικής προπόνησης (T1-T2). Για την εύρεση διαφορών μεταξύ των ομάδων (ομάδα 1/7, ομάδα 1/14, ομάδα αποπροπόνησης) και των χρονικών στιγμών (T2-T5) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διασποράς επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (ANOVA), ανάλογα την περίπτωση, όπου όταν διαπιστωνόταν σημαντική διαφορά εφαρμοζόταν το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni. Εξετάστηκε το μέγεθος επίδρασης (Hedges' g). Στη συνέχεια, εξετάστηκε η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών με τον συντελεστή συσχέτισης r Pearson. Ως επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε το $p \leq 0,05$. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Αποτελέσματα

Συστηματική Συνδυαστική Προπόνηση με Αντιστάσεις και Διαλειμματική Ποδηλασία Υψηλής Έντασης (T1-T2)

Τα χαρακτηριστικά και η επίδοση των συμμετεχόντων πριν την έναρξη της προπονητικής περιόδου και μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και διαλειμματικής ποδηλασίας υψηλής έντασης 12 εβδομάδων παρουσιάζονται, συνολικά, στον Πίνακα 7. Το σωματικό βάρος δεν μεταβλήθηκε σημαντικά ($p = 0,446$). Επιπλέον, δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στο ποσοστό λίπους ($p = 0,119$), στη συνολική άλιπη μάζα ($p = 0,744$) και στην οστική πυκνότητα ($p = 0,412$). Αντίθετα, σημαντική αύξηση βρέθηκε στην άλιπη μάζα των κάτω άκρων ($4,99 \pm 2,7\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,339$; Πίνακας 7) και στην άλιπη μάζα των άνω άκρων ($7,3 \pm 5,6\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,600$; Πίνακας 7).

Δοκιμασίες επίδοσης: Μετά το τέλος της προπόνησης, σημαντική αύξηση βρέθηκε στην μέγιστη δύναμη στις ωθήσεις ποδιών από καθιστή θέση 45° ($+28,7 \pm 10,7\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 1,630$; Πίνακας 7; Σχήμα 5) και στην μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις αγκωνών από ύπτια κατάκλιση σε πάγκο με μπάρα ($31,6 \pm 8,9\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 2,833$; Πίνακας 7; Σχήμα 6). Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή της μυϊκής ισχύος των κάτω άκρων και του ύψους άλματος στην επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση ($p = 0,701$; Πίνακας 7). Η μυϊκή ισχύς στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση αυξήθηκε σημαντικά ($57 \pm 54,8\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,688$; Πίνακας 7; Σχήμα 7). Το ύψος ώθησης στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση αυξήθηκε σημαντικά ($58 \pm 32\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 1,072$; Πίνακας 7; Σχήμα 8). Επίσης, σημαντική αύξηση βρέθηκε στη μέγιστη αερόβια ισχύ στο εργοποδήλατο ($+20,4 \pm 10,3\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 1,077$; Πίνακας 7; Σχήμα 9), ενώ σημαντική μείωση της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της ποδηλασίας βρέθηκε στα 100W ($-10,38 \pm 6,9\%$; $p = 0,001$, Hedges' $g = 1,084$; Πίνακας 7) και στα 125W ($-10,43 \pm 4,1\%$; $p = 0,001$, Hedges' $g = 1,685$; Πίνακας 7). Τέλος σημαντική αύξηση βρέθηκε, μετά το τέλος της προπόνησης, στη μέγιστη ισομετρική δύναμη ($+20,4 \pm 10,3\%$; $p = 0,001$, Hedges' $g = 1,569$; Πίνακας 7). Αντίθετα, δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα χρονικά σημεία 30ms ($p = 0,278$; Πίνακας 7), 80ms ($p = 0,714$; Πίνακας 7), 100ms ($p = 0,651$; Πίνακας 7), 150ms ($p = 0,602$; Πίνακας 7), 200ms ($p = 0,492$; Πίνακας 7) και 250ms ($p = 0,574$; Πίνακας 7). Καμία μεταβολή δεν βρέθηκε στη σύσταση σώματος και στην επίδοση στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$; Πίνακας 7).

Πίνακας 7

Άλιπη μάζα/κάτω άκρων, αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του έξω πλατύ μηριαίου μυός, εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός και παράμετροι επίδοσης πριν και μετά την συστηματική συνδυαστική προπόνηση στην ομάδα προπόνησης και ομάδα ελέγχου

	Ομάδα προπόνησης (N=27)		Ομάδα ελέγχου B (N=7)	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Κιλά (Kg)	61,1±6,2	61,5±7,2	60,3±2,5	59,8±3,5
Άλιπη Μάζα (Kg)	40,7±3,8	40,8±4,2	38,4±2,2	37,7±2,4
Άλιπη Μάζα Κάτω Άκρων (Kg)	13,8±1,7	14,5±1,8*	13,3±1,5	12,7±1,4
Άλιπη Μάζα Άνω Άκρων (Kg)	3,8±0,5	4,1±0,5*	3,7±0,2	3,8±0,3
Οστική πυκνότητα (g/cm²)	1,208	1,212	1,219	1,216
Αρχιτεκτονική Δομή Έξω Πλατύ Μηριαίου Μυός				
Μήκος Μυϊκών δεματίων (cm)	6,6±0,5	6,7±0,7	6,5±0,4	6,5±0,4
Γωνία Πρόσφυσης Μυϊκών δεματίων (°)	16,1±2,4	18,6±2,2*	16,1±4,0	16,9±4,1
Πάχος Μυός (cm)	1,8±0,2	2,0±0,2*	1,8±1,0	1,8±1,0
Αρχιτεκτονική Δομή Μακράς Κεφαλής Τρικέφαλου Μυός				
Μήκος Μυϊκών δεματίων (cm)	6,2±0,8	6,8±0,9*	6,1±0,1	6,1±0,1
Γωνία Πρόσφυσης Μυϊκών δεματίων (°)	14,7±2,5	13,5±2,2*	14,9±4,7	14,8±4,7
Πάχος Μυός (cm)	1,3±0,2	1,4±0,2*	1,3±0,2	1,3±0,2
Εγκάρσια Επιφάνεια Τετρακέφαλου Μυός				
Έξω πλατύς (cm²)	14,2±2,1	16,3±2,1*	14,1±2	14,3±2,1
Μέσος πλατύς (cm²)	15,9±2,9	17,7±3,2*	16,3±2,1	16,6±2,1
Ορθός μηριαίος (cm²)	4,7±1,1	5,5±1,2*	3,9±0,6	3,8±0,6
Έσω πλατύς (cm²)	9,5±1,9	10,8±1,8*	9,6±1,6	9,6±1,8
Σύνολο (cm²)	44,7±6,7	50,5±7,6*	44,2±3,4	44,5±3,5
Κατακόρυφο Άλμα με Αιώρηση (CMJ)				
Ισχύς (W)	1669±453	1681±443	1186±300	1138±325
Ύψος (cm)	19,4±3,7	19,6±3,8	17,3±1,8	16,7±1,7
Ωθηση Έκτασης των Αγκώνων από Πρηνή Στήριξη με Αιώρηση (CMPU)				
Ισχύς (W)	127±71	178±77*	83,8±17,2	80,4±17,5
Ύψος (cm)	2,2±1,1	3,4±1,6*	1,4±0,3	1,3±0,4

Πίνακας 7

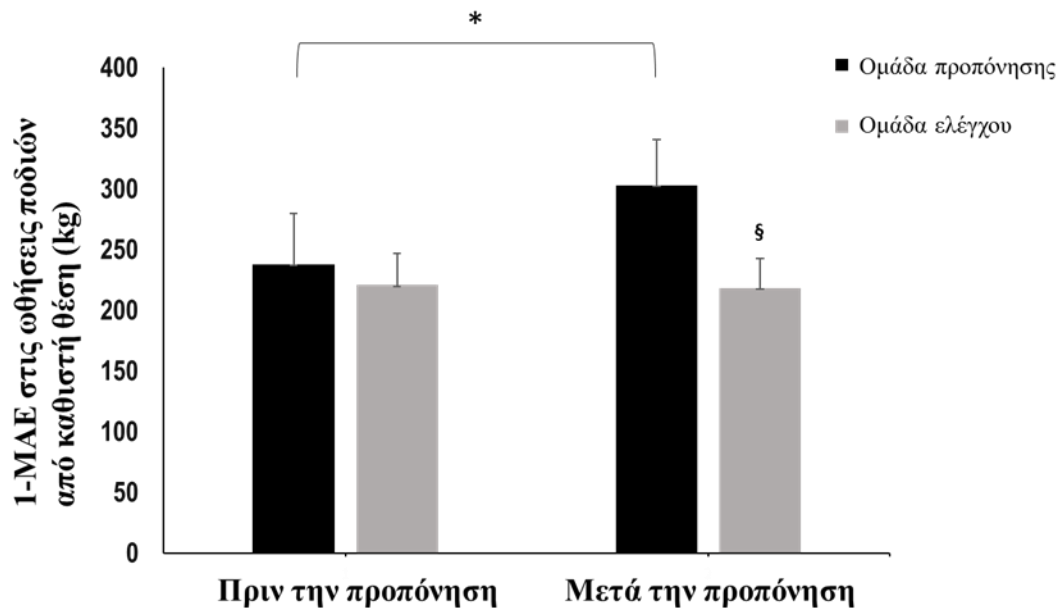
Συνέχεια

Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη και Ρυθμός Εφαρμογής της Δύναμης					
Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη (N)		250,3±76,7	303,8±76,4*	186,5±39,5	185,4±41,8
Ρυθμός Εφαρμογής της Δύναμης (N·s ⁻¹)	30ms	1838±1239	2151±1456	912±866	796±940
	80ms	4911±2831	5110±2937	3197±2285	3149±1773
	100ms	5889±2909	6135±2936	3819±2697	3449±1974
	150ms	6717±2517	6951±2385	5800±2890	5997±1895
	200ms	6607±2313	6833±2122	5547±3100	5069±2531
	250ms	6300±2262	6459±1885	5617±2628	5392±2619
Εργοποδήλατο					
Μέγιστη Αερόβια Ισχύς (W)		124,1±22,7	148,4±21,3*	117,4±12,7	117,6±12,8
Καρδιακή Συχνότητα	100W	153,6±15,2	137,9±14,5*	151,3±8,4	155,3±9,3
	125W	166,2±11,1	148,1±10,2*	169,2±11,8	173,3±7,1
Ωθήσεις Ποδιών από Καθιστή Θέση με Κλίση 45°					
Μέγιστη Δύναμη (Kg)		237,9±41,9	302,9±37,7*	220,7±26,3	218,5±24,1
Πιέσεις στήθους με μπάρα σε μηχάνημα τύπου Smith					
Μέγιστη Δύναμη (Kg)		53,5±6,2	70,1±6,4*	52,3±3,6	49,6±5,7

Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέση τιμή ± τυπική απόκλιση. Με (*) συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές μεταξύ της περιόδου T1 και T2 για κάθε ομάδα ξεχωριστά.

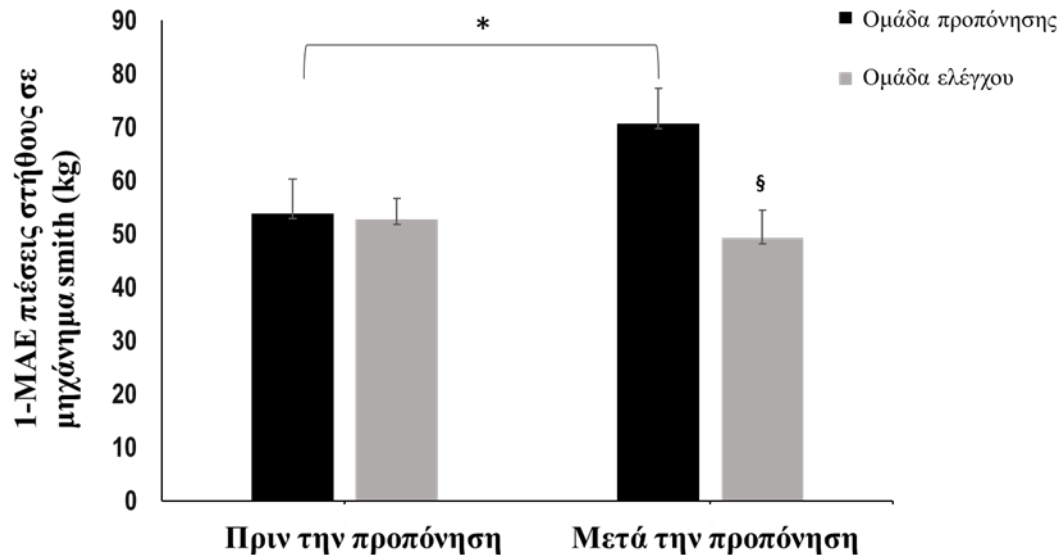
Σχήμα 5

Μεταβολή της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις ποδιών από καθιστή θέση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)

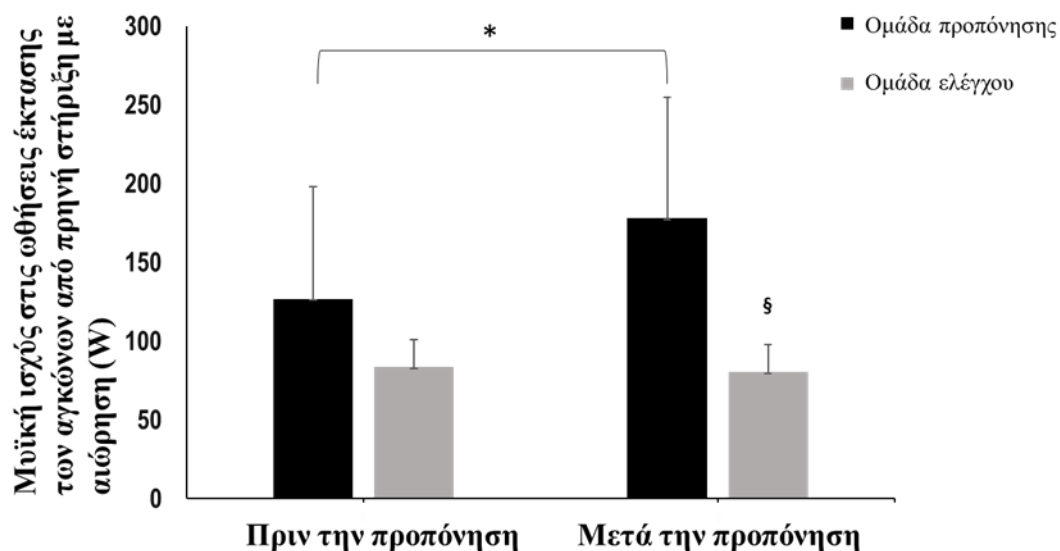


Σχήμα 6

Μεταβολή της μέγιστης δύναμης στις πιέσεις στήθους σε μηχάνημα smith πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)

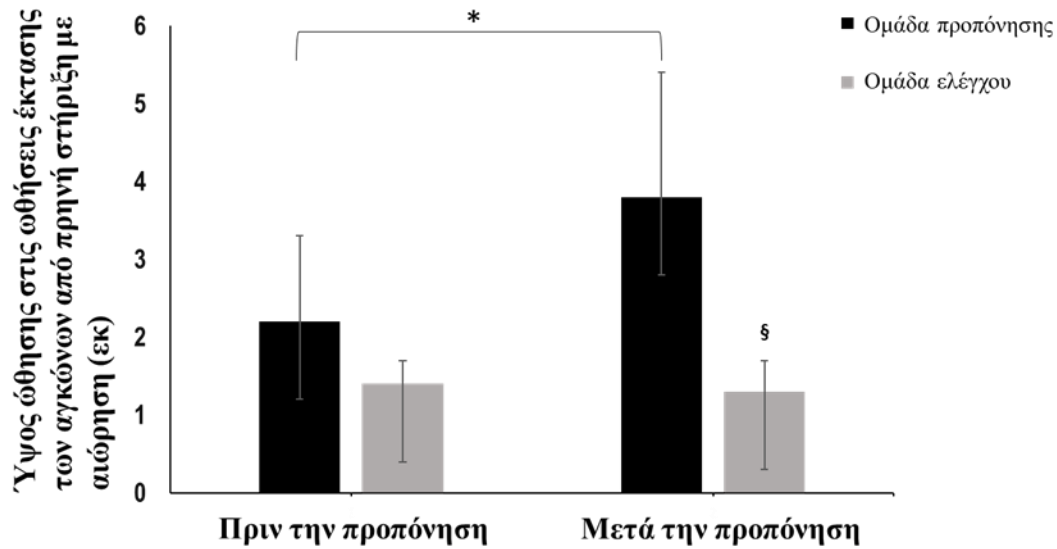
**Σχήμα 7**

Μεταβολή της μυϊκής ισχύος στις ωθήσεις έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)



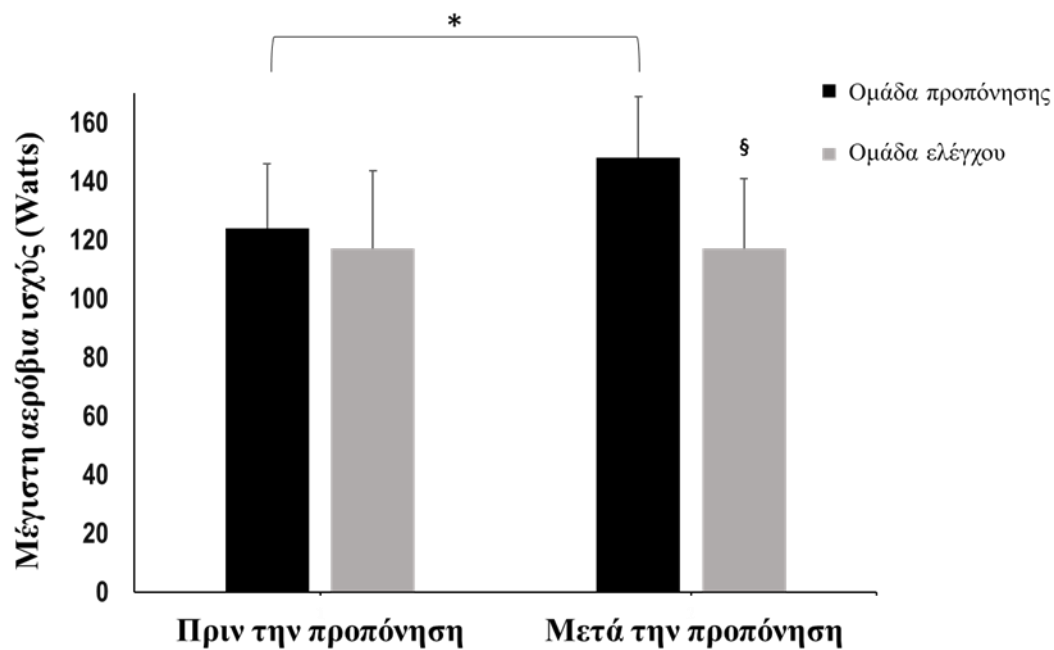
Σχήμα 8

Μεταβολή του ύψους ώθησης στις ωθήσεις έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)



Σχήμα 9

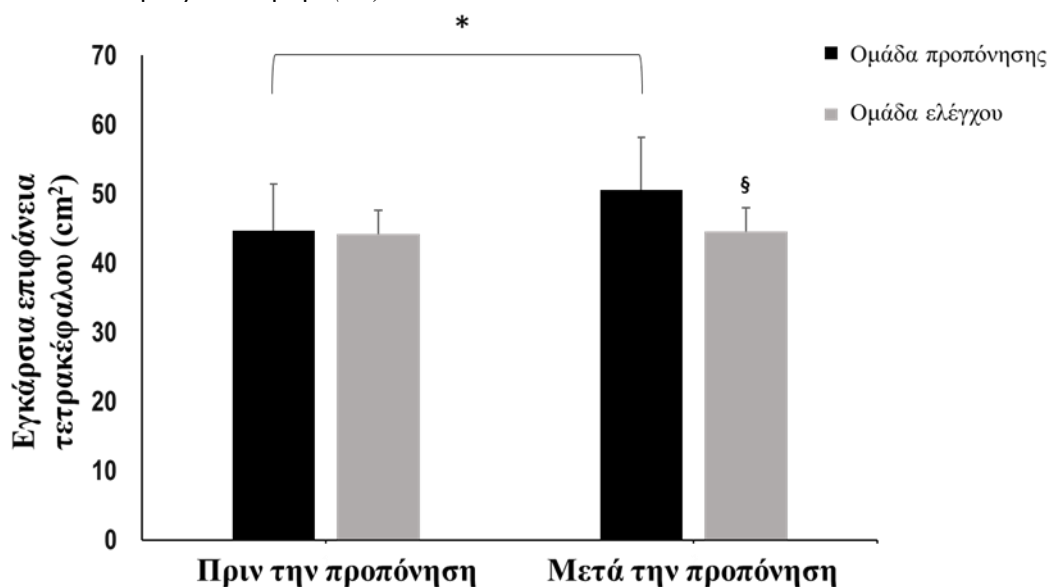
Μεταβολή της μέγιστης αερόβιας ισχύος πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)



Εγκάρσια επιφάνεια και αρχιτεκτονική δομή: Σημαντική αύξηση, στην ομάδα προπόνησης, βρέθηκε μετά το τέλος της προπόνησης στην εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός ως σύνολο ($13,1 \pm 4,7\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,815$; Πίνακας 7; Σχήμα 10), αλλά και σε κάθε κεφαλή του: έξω πλατύς ($13,7 \pm 7,5\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,952$; Πίνακας 7), μέσος πλατύς ($11,2 \pm 6,7\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,363$; Πίνακας 8), ορθός μηριαίος ($16,5 \pm 9,9\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,889$; Πίνακας 7) και έσω πλατύς ($14,5 \pm 9\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,667$; Πίνακας 7). Στην ομάδα προπόνησης δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στο μήκος των μυϊκών δεματίων ($p = 0,524$; Πίνακας 7), ενώ σημαντική αύξηση βρέθηκε στην γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων ($17,1 \pm 12,2\%$; $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,638$; Πίνακας 7) και στο πάχος του μυός ($10,7\% \pm 3,3\%$; $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,426$; Πίνακας 7). Σχετικά με την αρχιτεκτονική δομή της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός, μετά το τέλος της συστηματικής προπόνησης, στην ομάδα προπόνησης υπήρξε σημαντική αύξηση στο μήκος των μυϊκών δεματίων ($10,1 \pm 8,9\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,861$; Πίνακας 7; Σχήμα 11), στο πάχος του μυός ($6,7 \pm 5,3\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,729$; Πίνακας 7; Σχήμα 12). Αντίθετα υπήρξε σημαντική μείωση στη γωνία πρόσφυσης μυϊκών δεματίων ($-7,9 \pm 4,1\%$, $p = 0,001$, Hedges' $g = 0,457$; Πίνακας 7; Σχήμα 13). Καμία μεταβολή δεν βρέθηκε στην εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός, στην αρχιτεκτονική δομή του έξω πλατύ μηριαίου μυός και της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου στην ομάδας ελέγχου ($p > 0,05$; Πίνακας 7).

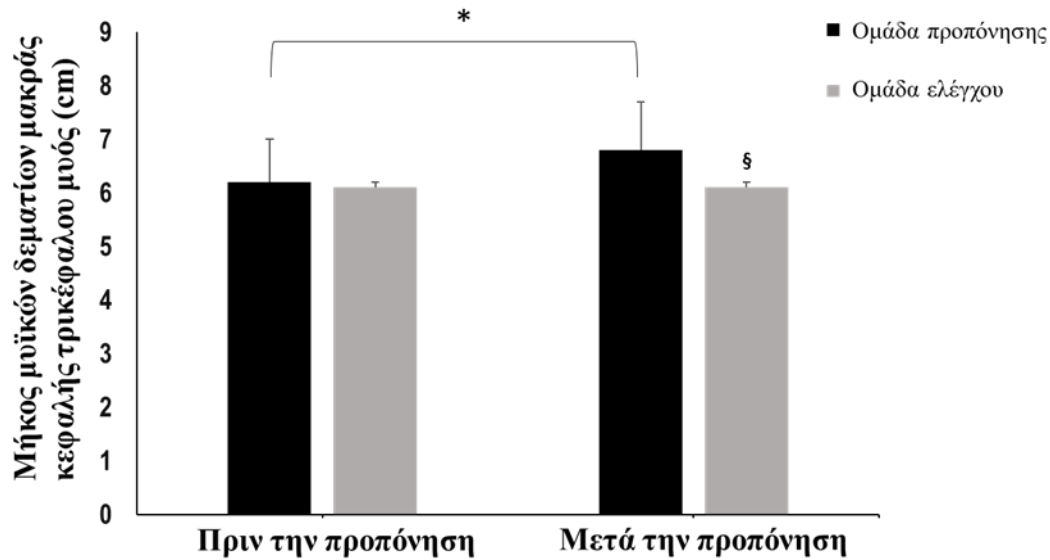
Σχήμα 10

Μεταβολή της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)



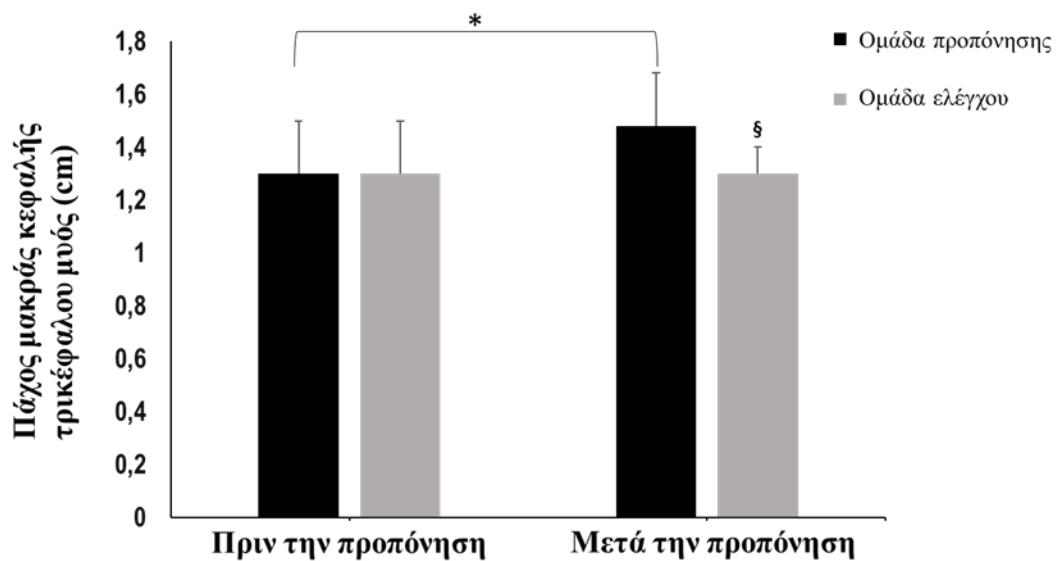
Σχήμα 11

Μεταβολή του μήκους των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)



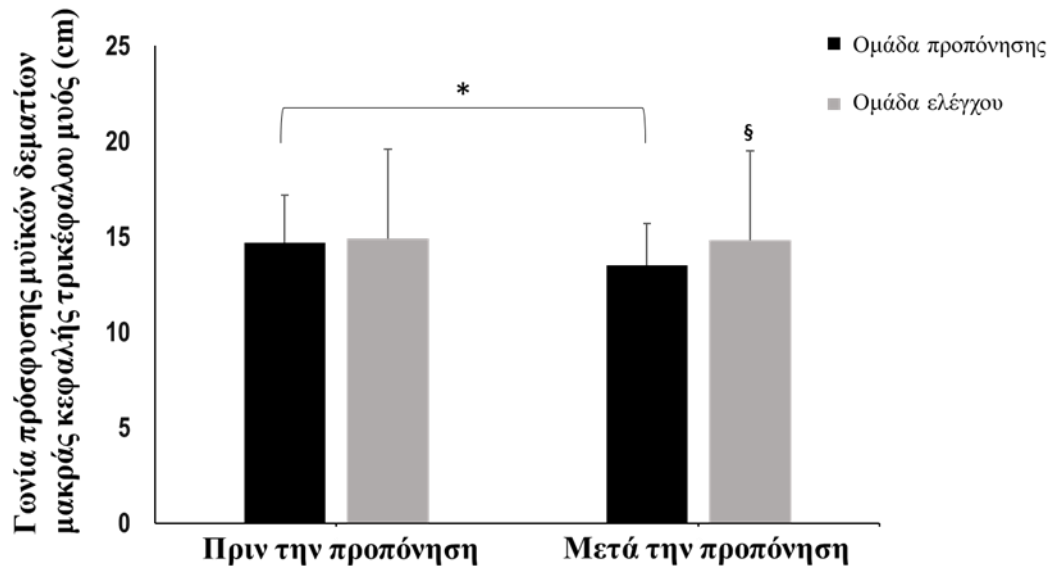
Σχήμα 12

Μεταβολή του πάχους της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)



Σχήμα 12

Μεταβολή της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1) και μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2). * διαφορές μετά το τέλος της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης. § διαφορές μεταξύ των ομάδων μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης (T2)

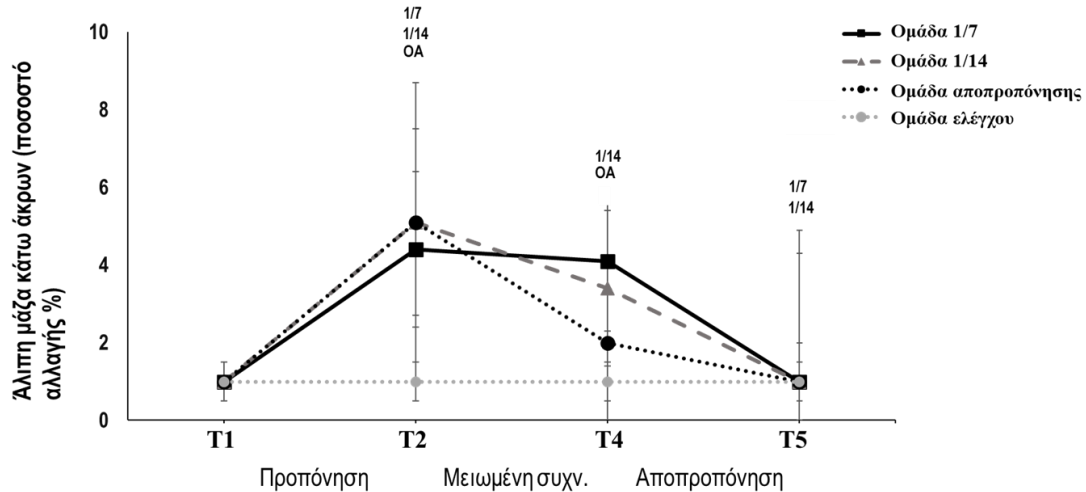
**Μειωμένη Συχνότητα Προπόνησης και Αποπροπόνηση (T2-T5)**

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν από την περίοδο T2 έως την περίοδο T5 χωρισμένα σε ομάδες (Πίνακας 8) με βάση τον τυχαίο διαχωρισμό τους σε ομάδες, μετά την ολοκλήρωση της κανονικής διάρκειας προπόνησης, για την έναρξη της μειωμένης συχνότητας προπόνησης. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις αρχικές τιμές (T2), τόσο για τους παράγοντες επίδοσης όσο και για τους βιολογικούς παράγοντες, μεταξύ των ομάδων ($p > 0,05$), με εξαίρεση το ύψος άλματος στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση, μεταξύ της ομάδας προπόνησης 1/7 και της ομάδας αποπροπόνησης ($p < 0,05$, Hedges' $g = 1,759$), την μυϊκή ισχύ και το ύψος ώθησης στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση ($p < 0,05$, Hedges' $g = 0,949$ και $p < 0,05$, Hedges' $g = 1,041$), αντίστοιχα και την μέγιστη δύναμη στις πιέσεις στήθους μεταξύ της ομάδας 1/14 και της ομάδας αποπροπόνησης ($p < 0,05$, Hedges' $g = 1,389$). Δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή του σωματικού βάρους, από την περίοδο T2 (τέλος συστηματικής προπόνησης και ταυτόχρονα έναρξη μειωμένης συχνότητας προπόνησης) στην περίοδο T4 (τέλος μειωμένης συχνότητας προπόνησης) και στην περίοδο T5 (πλήρης διακοπή της προπόνησης), στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($p > 0,05$; $p > 0,05$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($p > 0,05$; $p > 0,05$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($p > 0,05$; $p > 0,05$) χωρίς να υπάρχουν διαφορές μεταξύ των ομάδων (Hedges' $g = 0,518$). Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στο ποσοστό λίπους από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 και στην περίοδο T5, στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($p > 0,05$; $p > 0,05$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($p > 0,05$; $p > 0,05$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($p > 0,05$; $p > 0,05$) και δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων (Hedges' $g = 0,381$). Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στη συνολική άλιπη μάζα από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 και στην περίοδο T5, στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($p > 0,05$; $p > 0,05$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($p > 0,05$; $p > 0,05$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($p > 0,05$; $p > 0,05$) και δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων (Hedges' $g = 0,244$). Δεν

υπήρξε σημαντική αλλαγή στην οστική πυκνότητα από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 και στην περίοδο T5, στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($p > 0,05$; $p > 0,05$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($p > 0,05$; $p > 0,05$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($p > 0,05$; $p > 0,05$) και δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων (Hedges' $g = 0,244$). Δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή της άλιπης μάζας των κάτω άκρων από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,3 \pm 1,8\%$; $p = 0,502$; Hedges' $g = 0,052$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ σημαντική μείωση βρέθηκε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-1,76 \pm 2\%$; $p = 0,018$; Hedges' $g = 0,166$; Πίνακας 8; T1-T4 $p = 0,004$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-1,85 \pm 3,6\%$; $p = 0,011$; Hedges' $g = 0,399$; Πίνακας 8), με την ομάδα αποπροπόνησης να φτάνει τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T4, $p = 0,186$). Σημαντική μείωση της άλιπης μάζας των κάτω άκρων βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5, στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-3,05 \pm 3,9\%$; $p < 0,044$; Hedges' $g = 0,210$; Πίνακας 8) και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-2,29 \pm 3,3\%$; $p = 0,040$; Hedges' $g = 0,181$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T5, $p = 0,544$; $p = 0,806$, αντίστοιχα), ενώ δεν υπήρξε μεταβολή της άλιπης μάζας των κάτω άκρων στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,081$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,286$). Καμία αλλαγή της άλιπης μάζας των κάτω άκρων δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T2 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$). Καμία σημαντική διαφορά δεν υπήρξε στον ρυθμό μείωσης της άλιπης μάζας των κάτω άκρων την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), μεταξύ της ομάδας προπόνησης 1/7, της ομάδας προπόνησης 1/14 και της αποπροπόνησης ($p > 0,05$; Hedges' $g = 0,054 - 0,128$), σχήμα 13. Δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή της άλιπης μάζας των άνω άκρων από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-1,5 \pm 1,8\%$; $p = 0,052$; Hedges' $g = 0,102$; T1-T4, $p = 0,019$; Πίνακας 8), ενώ σημαντική μείωση βρέθηκε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-2,8 \pm 2,4\%$, $p = 0,005$; Hedges' $g = 0,166$; T1-T4, $p = 0,002$; Πίνακας 8) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-4,3 \pm 3,1\%$, $p = 0,011$; Hedges' $g = 0,333$; Πίνακας 8) φτάνοντας μάλιστα στα αρχικά επίπεδα πριν την προπόνηση (T1-T5, $p = 0,289$). Σημαντική μείωση της άλιπης μάζας των άνω άκρων βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5, στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-2,5 \pm 3,6\%$, $p < 0,019$; Hedges' $g = 0,250$; Πίνακας 8), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-2,7 \pm 2,1\%$, $p = 0,003$; Hedges' $g = 0,166$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T5, $p = 0,071$; $p = 0,081$ αντίστοιχα), ενώ δεν υπήρξε μεταβολή της άλιπης μάζας των κάτω άκρων στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,289$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,328$). Καμία αλλαγή της άλιπης μάζας των άνω άκρων δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$). Καμία σημαντική διαφορά δεν υπήρξε στον ρυθμό μείωσης της άλιπης μάζας των κάτω άκρων την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), μεταξύ της ομάδας προπόνησης 1/7, της ομάδας προπόνησης 1/14 και της αποπροπόνησης ($p > 0,05$; Hedges' $g = 0,358$; Hedges' $g = 0,054 - 0,128$), σχήμα 14.

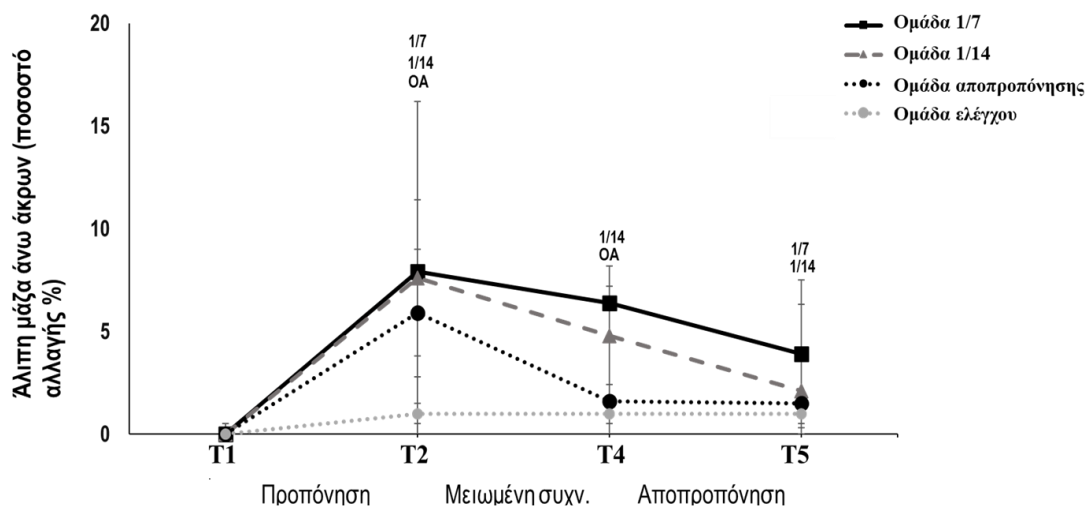
Σχήμα 13

Μεταβολή της άλιπης μάζας των κάτω άκρων πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5)



Σχήμα 14

Μεταβολή της άλιπης μάζας των άνω άκρων πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5)



Πίνακας 8

Άλιπη μάζα/κάτω/άνω άκρων, αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του έξω πλατύ μηριαίου μυός/μακράς κεφαλής τρικέφαλου μυός, εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός και παράμετροι επίδοσης στην ομάδα προπόνησης 1/7, στην ομάδα προπόνησης 1/14 και στην ομάδα αποπροπόνησης μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5)

	Ομάδα Προπόνησης 1/7 (N=10)			Ομάδα Προπόνησης 1/14 (N=10)			Ομάδα Αποπροπόνησης (N=7)			
	T2	T4	T5	T2	T4	T5	T2	T4	T5	
Άλιπη μάζα κάτω άκρων (Kg)	14,4±1,9	14,3±1,9	13,9±1,9**	14,9±1,9	14,6±1,7*	14,3±1,6**	14,1±1,6	13,5±1,4*	13,5±1,5*	
Άλιπη μάζα άνω άκρων (Kg)	4,2±0,4	4,1±0,4	4±0,4**	4,1±0,6	4±0,6*	3,9±0,6**	3,9±0,6	3,7±0,6*	3,6±0,6*	
Οστική πυκνότητα (g/cm ²)	1,227±0,1	1,230±0,1	1,228±0,1	1,224±0,1	1,226±0,1	1,222±0,1	1,174±0,7	1,175±0,7	1,173±0,7	
Αρχιτεκτονική Δομή Έξω Πλατύ Μηριαίου Μυός										
Μήκος μυϊκών δεματίων (cm)	6,4±0,9	6,6±0,9	6,4±0,7	6,7±0,6	6,8±0,4	6,8±0,5	6,9±0,3	6,8±0,4	6,8±0,4	
Γωνία πρόσφυσης μυϊκών δεμ. (°)	18,4±1,9	18,1±1,7	15,7±2,4**	19,1±2,8	17,7±2,7*	16,3±3,2**	18,4±2	16,7±1*	16,6±1*	
Πάχος μυός (cm)	2±0,2	2±0,2	1,8±0,2**	2±0,2	1,9±0,2*	1,8±0,2**	2±0,1	1,8±0,1*	1,8±0,1*	
Αρχιτεκτονική Δομή Μακράς Κεφαλής Τρικέφαλου Μυός										
Μήκος μυϊκών δεματίων (cm)	6,8±0,8	6,8±0,8	6±0,6**	6,7±0,9	6,4±0,6*	6±0,6**	7±1	6,3±0,6*	6,3±0,9*	
Γωνία πρόσφυσης μυϊκών δεμ. (°)	13±2,3	13,1±2,2	14,2±2,1**	13,9±2,7	14,5±3,2*	15,1±3,1**	13,7±1,5	14,3±1,8*	14,6±2,1*	
Πάχος μυός (cm)	1,4±0,1	1,39±0,1*	1,33±0,1**	1,51±0,2	1,47±0,2*	1,41±0,2**	1,55±0,3	1,48±0,3*	1,47±0,3*	
Εγκάρσια Επιφάνεια Τετρακέφαλου Μυός										
Έξω πλατύς (cm ²)	16±2,8	16±2,9	14,1±2,1**	17,7±2,5	16,7±2,4*	15,4±2**	14,8±1,5	13,7±1,6*	13,6±1,5*	
Μέσος πλατύς (cm ²)	17,2±3,7	17,2±3,7	15,5±3,1**	19,3±2,8	18,3±2,2*	17±2,5**	16,1±2,1	15,4±2,5*	15,3±2,5*	
Ορθός μηριαίος (cm ²)	5,3±1,3	5,2±1,4	4,4±0,9**	5,7±0,9	5,2±0,9*	4,8±0,9**	5,4±1,7	4,9±1,6*	4,9±1,6*	
Έσω πλατύς (cm ²)	11,1±1,9	11±1,9	9,7±2,4**	10,9±2,1	10,1±2*	9,7±1,3*	10,1±0,7	8,8±1,4*	8,7±1,4*	
Σύνολο (cm ²)	49,9±8,8	49,6±9,2	43,8±7,8**	53,8±6,6	50,7±6,6*	47,1±5,7**	46,6±5,5	43,3±6,5*	42,8±6,4*	
Μέγιστη δύναμη πιέσεως στήθους (kg)	72,5±4,8	71,5±3,9	54,8±5,3**	73,2±5,1	68,7±2*	53,4±5,6**	64,6±8,6	54,2±7,3*	48,2±8,2**	
Ισχύς CMJ (W)	1892±585	1863±461	1768±509	1675±274	1654±294	1600±217	1388±222	1358±232	1337±289	
Ύψος άλματος (cm)	22,5±4,1	22,9±3,9	22,5±4,2	18±1,8	17,8±2,4	18±1,9	17,7±3,1	17,9±2,3	16,9±1,6	
Μέγιστη ισομετρική δύναμη (N)	317±78	301±83*	266±73**	297±97	255±100*	243±103*	292±39	265±43*	245±27*	
PEΔ (N·s ⁻¹)	30ms	1616±1216	1641±778	1883±1277	2284±1692	1600±855	1972±834	2725±1335	2713±1163	2723±1684
	80ms	4310±2684	4165±2350	3830±2353	4616±3710	4328±2612	4686±2374	5532±2057	4942±1336	5574±2969
	100ms	5363±2867	5049±2633	4468±2487	6638±3540	5013±3302	5162±2622	6518±2156	5837±1376	6491±2519
	150ms	6624±2194	6216±2136	5628±1958	6993±2953	5825±4047	6073±2986	7057±1994	6381±1349	6523±1711
	200ms	6953±1754	6332±1703	6021±1472	6816±2683	5927±3483	6273±2729	6686±2010	5749±1694	5865±1884
	250ms	6957±1536	6440±1601	6067±1312	6217±2302	5814±3127	6019±2589	6092±1801	5490±1545	5765±1458
Μέγιστη ασρόβια ισχύς (W)	147,5±24,8	145±22,9	125±33,3**	157,5±16,8	142,5±12*	127,5±18**	135,7±15	114,2±19,6*	107,5±26,7*	
ΚΣ	100W	141,2±13,2	146,1±13,8	152,5±10**	128,9±16	142,7±8,2*	148±14,3*	145,1±9,1	159,8±9,2*	162,8±10,3*
	125W	160,2±13,3	162,5±12,2	167,5±7,5**	148,4±14,1	160,2±8,2**	164,7±6,8*	156,3±8	167±8,6*	167,2±4*

Με (*) συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές των περιόδων T4 και T5 σε σχέση με την περίοδο T2 για κάθε ομάδα ξεχωριστά. Με (±) συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές της περιόδου T5 σε σχέση με την περίοδο T4 για κάθε ομάδα ξεχωριστά. Ρ.Ε.Δ = Ρυθμός εφαρμογής της δύναμης. Κ.Σ = Καρδιακή συχνότητα.

Δοκιμασίες επίδοσης: Υπήρξε διατήρηση της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων από την περίοδο T2 στην περίοδο T3 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,4 \pm 1\%$; $p = 0,193$; Hedges' $g = 0,036$; Πίνακας 9; T1-T3, $p = 0,001$), και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-1,4 \pm 2\%$; $p = 0,056$; Hedges' $g = 0,149$; Πίνακας 9; T1-T3, $p = 0,001$) ενώ σημαντική μείωση στην ομάδα αποπροπόνησης ($-9,1 \pm 2,3\%$; $p = 0,001$; Hedges' $g = 1,048$; Πίνακας 9; T1-T3, $p = 0,001$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων τις πρώτες έξι εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T3), με την ομάδα αποπροπόνησης να έχει μεγαλύτερη μείωση σε σύγκριση με την ομάδα προπόνησης 1/7 και την ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,003$ και $p = 0,012$ αντίστοιχα; Hedges' $g = 1,660 - 2,104$; Σχήμα 15). Υπήρξε διατήρηση της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις κάτω άκρων από την περίοδο T3 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,5 \pm 1,2\%$, $p = 0,168$; , Hedges' $g = 0,040$; Πίνακας 9; T2-T4, $p = 0,089$; T1-T4, $p = 0,001$). ενώ σημαντική μείωση υπήρξε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-2,9 \pm 3,1\%$; $p = 0,009$; Hedges' $g = 0,342$; Πίνακας 9; T2-T4, $p = 0,002$; T1-T4, $p = 0,001$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-6,8 \pm 3,2\%$; $p = 0,006$; Hedges' $g = 0,688$; Πίνακας 9; T2-T4, $p = 0,001$; T1-T4, $p = 0,001$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της μέγιστης δύναμης στις ωθήσεις ποδιών μετά το τέλος της περιόδου μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδα αποπροπόνησης να έχει μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 και την ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,001$ και $p = 0,029$ αντίστοιχα; Hedges' $g = 2,267 - 2,081$; Σχήμα 15). Σημαντική μείωση της μέγιστης δύναμης υπήρξε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-17,4 \pm 5,9\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 1,286$; Πίνακας 9), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-16,5 \pm 6,8\%$, $p = 0,025$; Hedges' $g = 1,418$; Πίνακας 9) και ομάδα αποπροπόνησης ($-9,3 \pm 4,6\%$, $p = 0,002$; Πίνακας 9) φτάνοντας μάλιστα στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T5, $p = 0,285$; Hedges' $g = 0,843$; T1-T5, $p = 0,238$; T1-T5, $p = 0,062$, αντίστοιχα). Καμία αλλαγή στη μέγιστη δύναμη σε όλες τις χρονικές περιόδους δε βρέθηκε στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

Πίνακας 9

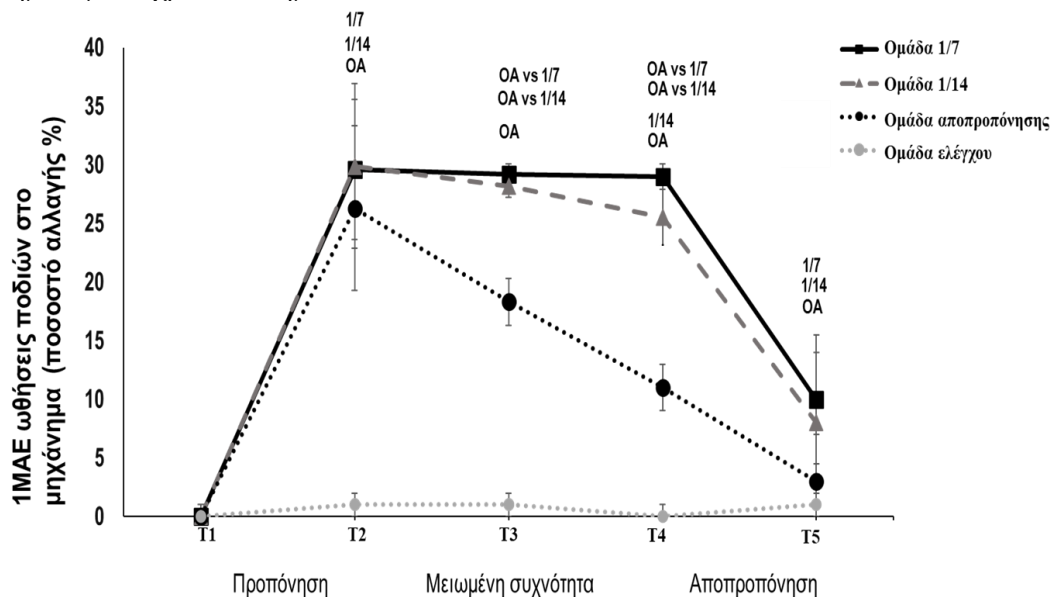
Μέγιστη δύναμη στην ώθηση ποδιών από καθιστή θέση σε μηχάνημα και μυϊκή ισχύς και ύψος ώθησης στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση στην ομάδα προπόνησης 1/7, στην ομάδα προπόνησης 1/14 και στην ομάδα αποπροπόνησης, μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από τις 6 πρώτες εβδομάδες της προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5)

	Ομάδα Προπόνησης 1/7 (N=10)			
	T2	T3	T4	T5
Μέγιστη δύναμη ωθήσεις ποδιών στο μηχάνημα (kg)	314,0±41,4	312,5±41,1	310,5±40	257,0±43,1*‡
	Ομάδα Προπόνησης 1/14 (N=10)			
	308,3±35,7	303,6±30,9	293,5±27,4*±	246,2±38,3*‡
	Ομάδα Αποπροπόνησης (N=7)			
	280,4±26,4	254,2±23,5*	237,1±26,1*±	215,5±26,3*‡
	Ομάδα Προπόνησης 1/7 (N=10)			
Ισχύς (W)	210,2±96,2	198,3±96,7*	192,2±94,1*	163,4±97,5*‡
Ύψος ώθησης (cm)	4,5±1,9	3,8±1,4*	3,8±1,3*	3,1±1,5*‡
	Ομάδα Προπόνησης 1/14 (N=10)			
Ισχύς (W)	175,5±70,9	160,6±69,1*	156,5±64,9*	120,8±41,5*‡
Ύψος ώθησης (cm)	3,7±1,4	3,2±1,1*	2,9±1,5*	2,2±0,9*‡
	Ομάδα Αποπροπόνησης (N=7)			
Ισχύς (W)	137,5±32,4	111,5±17,1*	84,8±17,1*±	82,5±18,1*
Ύψος ώθησης (cm)	2,9±0,7	2,3±0,6*	1,6±0,3*±	1,5±0,3*

Με (*) συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές των περιόδων T3, T4 και T5 σε σχέση με την περίοδο T2 για κάθε ομάδα ξεχωριστά. Με (±) συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές της περιόδου T4 σε σχέση με την περίοδο T3 για κάθε ομάδα ξεχωριστά. Με (‡) συμβολίζονται οι σημαντικές διαφορές της περιόδου T5 σε σχέση με την περίοδο T4 για κάθε ομάδα ξεχωριστά.

Σχήμα 15

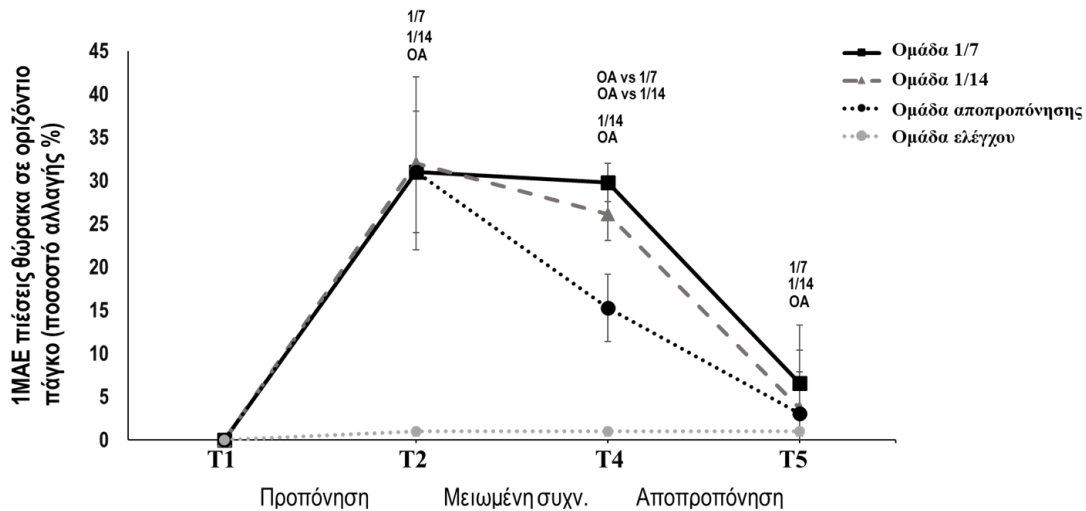
Ποσοστό αλλαγής της 1-MAE στις ωθήσεις ποδιών μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T3, T3 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στην μέγιστη δύναμη στις πιέσεις πάγκου με μπάρα από ύπτια θέση από την χρονική περίοδο T2 στην χρονική περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-1,2 \pm 2,2\%$, $p = 0,104$; Hedges' $g = 0,228$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$) ενώ σημαντική μείωση υπήρξε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-5,9 \pm 4,9\%$, $p = 0,004$; Hedges' $g = 1,161$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-15,7 \pm 7,9\%$, $p = 0,003$; Hedges' $g = 1,303$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,015$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της μέγιστης δύναμης στις πιέσεις πάγκου με μπάρα από ύπτια θέση την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδα αποπροπόνησης να έχει μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,001$; Hedges' $g = 3,135$) και την ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,002$; Hedges' $g = 2,824$), σχήμα 16. Σημαντική μείωση της μέγιστης δύναμης υπήρξε από την χρονική περίοδο T4 στην χρονική περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-23,2 \pm 6,6\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 2,437$; Πίνακας 8), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-22,4 \pm 6,7\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 2,567$; Πίνακας 8) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-12,1 \pm 4,8\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,772$; Πίνακας 4.2), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T5, $p = 0,301$; T1-T5, $p = 0,137$; T1-T5, $p = 0,094$, αντίστοιχα). Καμία αλλαγή στη μέγιστη δύναμη στις πιέσεις πάγκου με μπάρα από ύπτια θέση δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

Σχήμα 16

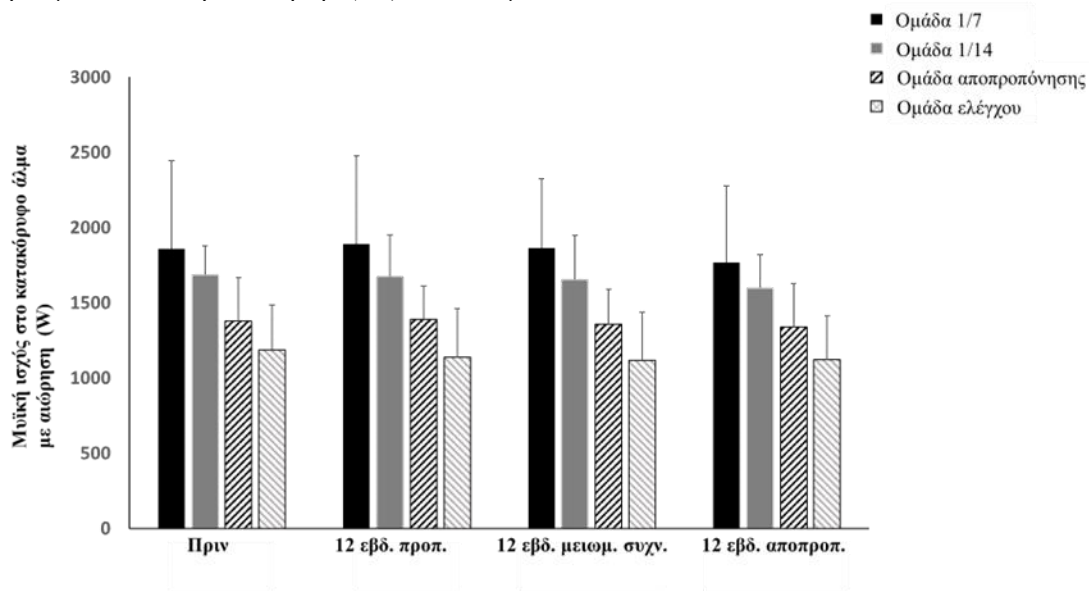
Ποσοστό αλλαγής της 1-MAE στις πιέσεις πάγκου με μπάρα σε μηχανήμα τύπου Smith μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



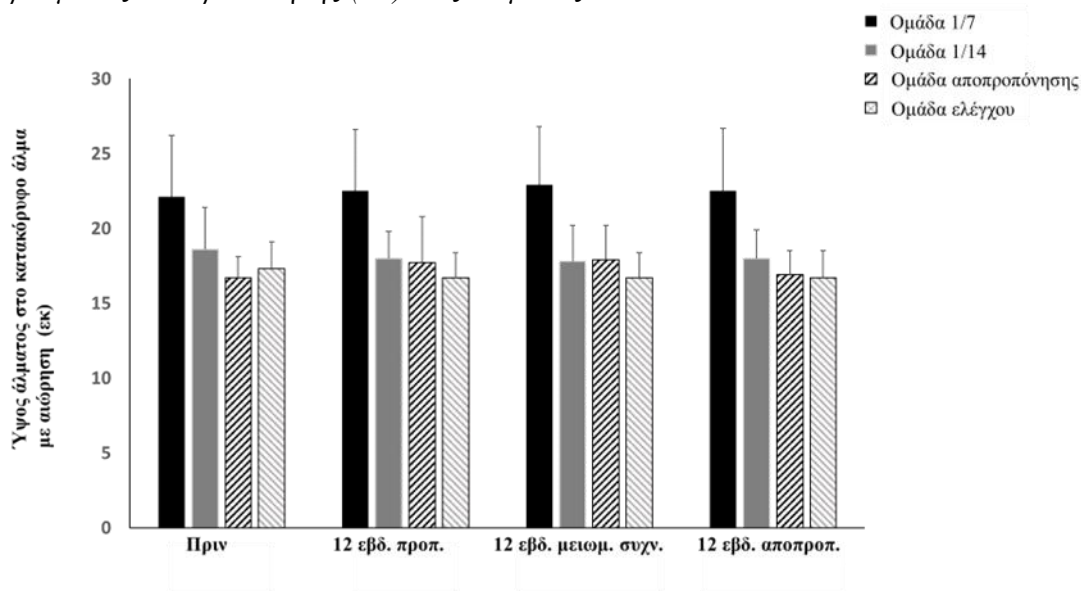
Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή της μυϊκής ισχύος στην επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση, από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 και από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,806$; $p = 0,187$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,603$; $p = 0,217$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,543$; $p = 0,676$), πίνακας 8, σχήμα 17. Επιπλέον, δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή του ύψους άλματος, από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 και από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,566$; $p = 0,467$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,665$; $p = 0,704$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,835$; $p = 0,103$), πίνακας 8, σχήμα 18. Καμία αλλαγή της μυϊκής ισχύος και του ύψους άλματος στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση δεν βρέθηκε στην ομάδα ελέγχου ($p > 0.05$; $p > 0.05$, αντίστοιχα).

Σχήμα 17

Μεταβολή της μυϊκής ισχύος στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες

**Σχήμα 18**

Μεταβολή του ύψους άλματος στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες

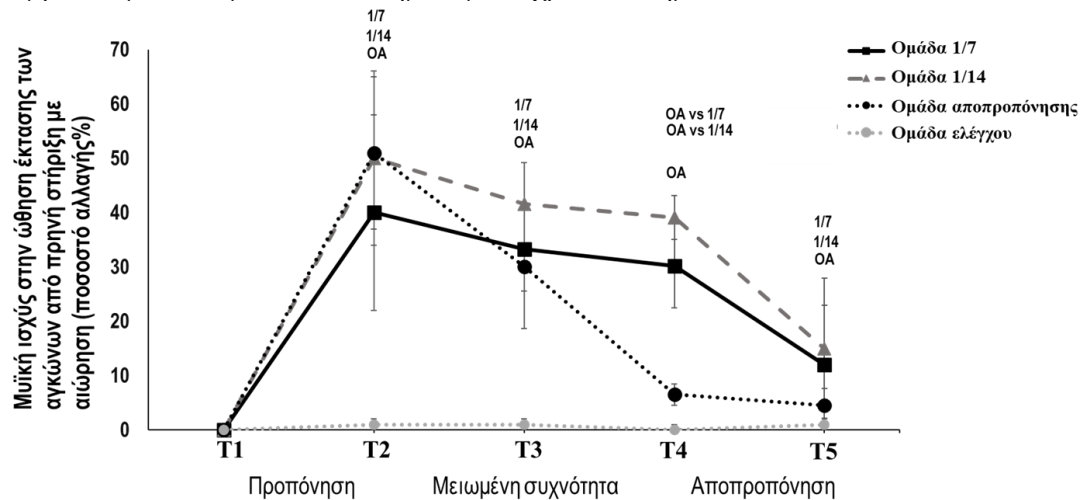


Η μυϊκή ισχύς στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση μειώθηκε σημαντικά από την χρονική περίοδο T2 στην χρονική περίοδο T3 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-6,7 \pm 7,7\%$, $p = 0,034$; Hedges' $g = 0,124$; Πίνακας 9; T1-T3, $p = 0,001$) στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-8,4 \pm 7,6\%$, $p = 0,014$; Hedges' $g = 0,212$; Πίνακας 9; T1-T3, $p = 0,032$), και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-16,5 \pm 11,4\%$, $p = 0,024$; Hedges' $g = 0,984$; Πίνακας 9; T1-T3, $p = 0,013$). Υπήρξε διατήρηση της μυϊκής ισχύος στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση

από την χρονική περίοδο T3 στην χρονική περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-3,1 \pm 7,7\%$, $p = 0,133$; Hedges' $g = 0,066$; Πίνακας 9; T1-T4, $p = 0,001$) και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-2,5 \pm 3,2\%$, $p = 0,079$; Hedges' $g = 0,061$; Πίνακας 9; T1-T4, $p = 0,035$), ενώ σημαντική μείωση υπήρξε στην ομάδα αποπροπόνησης ($-23,5 \pm 16,9\%$; $p = 0,014$; Hedges' $g = 1,608$; Πίνακας 9), φτάνοντας μάλιστα στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T4, $p = 0,082$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της μυϊκής ισχύος στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδα αποπροπόνησης να έχει μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,001$; Hedges' $g = 1,467$) και την ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,002$; Hedges' $g = 1,419$), σχήμα 19. Σημαντική μείωση της μυϊκής ισχύος στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση υπήρξε από την χρονική περίοδο T4 στην χρονική περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-16,7 \pm 11,9\%$, $p = 0,004$; Hedges' $g = 0,298$; Πίνακας 9) και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-21,2 \pm 13,9\%$, $p = 0,018$; Hedges' $g = 0,655$; Πίνακας 9), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T5, $p = 0,718$, T1-T5, $p = 0,824$, αντίστοιχα) ενώ καμία αλλαγή δεν υπήρξε στην ομάδα αποπροπόνησης ($-1,9 \pm 3,1$, $p = 0,129$; Hedges' $g = 0,085$; Πίνακας 9; T1-T5, $p = 0,999$.) Καμία αλλαγή της μυϊκής ισχύος δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$). Το ύψος ώθησης στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση μειώθηκε σημαντικά από την χρονική περίοδο T2 στην χρονική περίοδο T3 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-12,2 \pm 11,9\%$, $p = 0,047$; Hedges' $g = 0,419$; Πίνακας 9; T1-T3 $p = 0,018$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-12,9 \pm 14,1\%$, $p = 0,017$; Hedges' $g = 0,397$; Πίνακας 9; T1-T3, $p = 0,001$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-18 \pm 16,2\%$; $p = 0,014$; Hedges' $g = 0,920$; Πίνακας 9; T1-T3, $p = 0,007$). Υπήρξε διατήρηση του ύψους ώθησης από την χρονική περίοδο T3 στην χρονική περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,3 \pm 8,2\%$, $p = 0,584$; Hedges' $g = 0,000$; Πίνακας 9; T1-T4, $p = 0,026$) και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-10,9 \pm 17,9\%$, $p = 0,069$; Hedges' $g = 0,228$; Πίνακας 9; T1-T4, $p = 0,029$), ενώ σημαντική μείωση υπήρξε στην ομάδα αποπροπόνησης ($-29,5 \pm 11,5\%$; $p = 0,004$; Hedges' $g = 1,475$; Πίνακας 9), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T4, $p = 0,391$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών στο ύψος ώθησης στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδα αποπροπόνησης να έχει μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,001$; Hedges' $g = 2,146$), σχήμα 20. Σημαντική μείωση του ύψους ώθησης υπήρξε στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση από την χρονική περίοδο T4 στην χρονική περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-21,2 \pm 13,3\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,498$; Πίνακας 9), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-13,2 \pm 37,5\%$; $p = 0,045$; Hedges' $g = 0,565$; Πίνακας 4.3) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T5, $p = 0,498$; T1-T5 $p = 0,350$, αντίστοιχα) και καμία σημαντική αλλαγή δεν υπήρξε στην ομάδα αποπροπόνησης ($-7,1 \pm 5,5\%$, $p = 0,121$; Hedges' $g = 0,085$; Πίνακας 9; T1-T5, $p = 0,906$). Καμία αλλαγή στο ύψος ώθησης δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

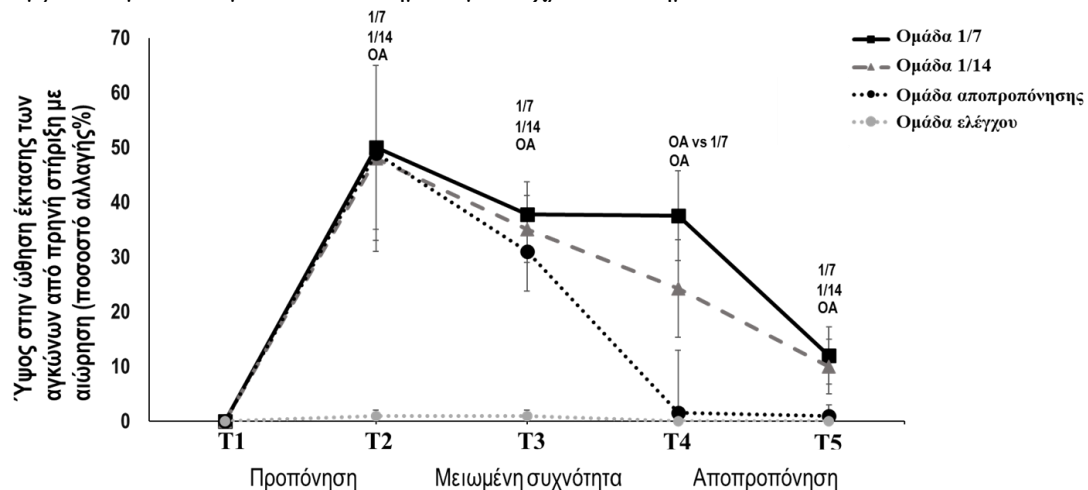
Σχήμα 19

Ποσοστό αλλαγής της μυϊκής ισχύος στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T3, T3 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



Σχήμα 20

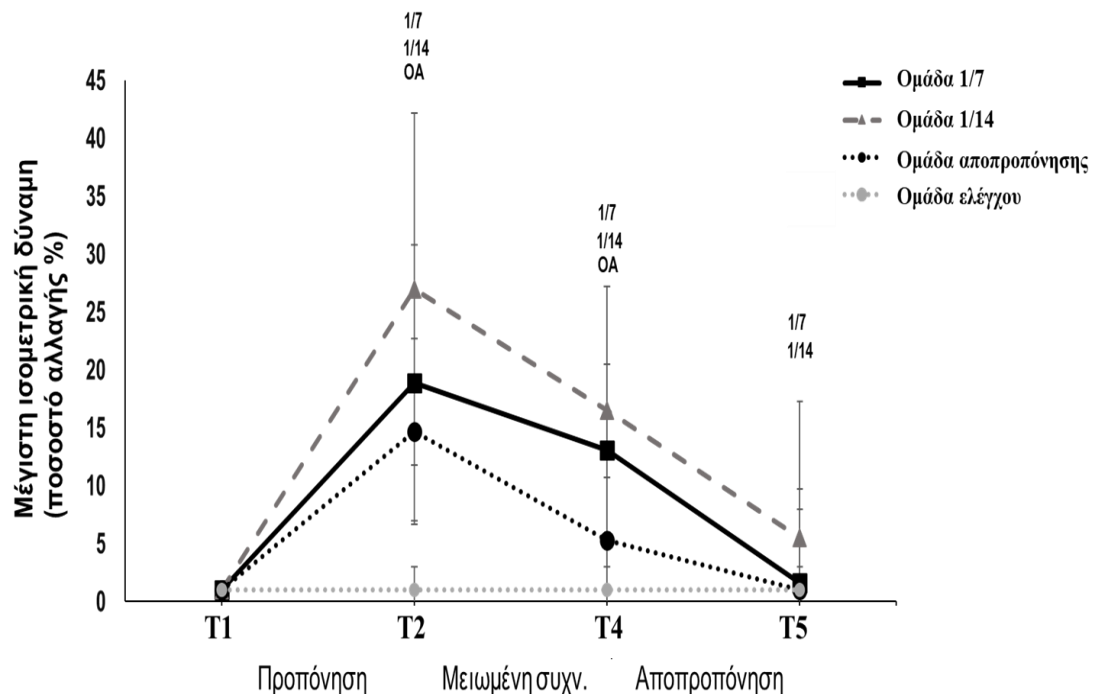
Ποσοστό αλλαγής στο ύψος ώθησης έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T3, T3 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



Υπήρξε σημαντική μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-5,8 \pm 7,4\%$, $p = 0,025$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-10,6 \pm 10,7\%$, $p = 0,015$; Πίνακας 8) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-9,4 \pm 5,4\%$, $p = 0,003$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T4, $p = 0,116$; T1-T4, $p = 0,216$, αντίστοιχα). Σημαντική μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-11,5 \pm 6,4\%$, $p = 0,002$; Πίνακας 8), και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-9,6 \pm 11,8\%$, $p = 0,040$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,189$, $p = 0,089$, αντίστοιχα), ενώ δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στην ομάδα αποπροπόνησης ($-6,5 \pm 8,7\%$, $p = 0,081$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,216$). Καμία αλλαγή της μέγιστης ισομετρικής δύναμης δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$), σχήμα 21. Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 και στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 στα 30ms ($p = 0,925$; $p = 0,498$), στα 80ms ($p = 0,714$; $p = 0,595$), στα 100ms ($p = 0,485$; $p = 0,384$), στα 150ms ($p = 0,105$; $p = 0,364$), στα 200ms ($p = 0,065$; $p = 0,507$) και στα 250ms ($p = 0,103$; $p = 0,350$), ομάδα προπόνησης 1/14 30ms ($p = 0,225$; $p = 0,122$), στα 80ms ($p = 0,204$; $p = 0,505$), στα 100ms ($p = 0,063$; $p = 0,821$), στα 150ms ($p = 0,088$; $p = 0,714$), στα 200ms ($p = 0,099$; $p = 0,454$) και στα 250ms ($p = 0,349$; $p = 0,607$). και στην ομάδα αποπροπόνησης στα 30ms ($p = 0,966$; $p = 0,970$), στα 80ms ($p = 0,241$; $p = 0,277$), στα 100ms ($p = 0,285$; $p = 0,265$), στα 150ms ($p = 0,212$; $p = 0,674$), στα 200ms ($p = 0,159$; $p = 0,544$) και στα 250ms ($p = 0,315$; $p = 0,052$), πίνακας 8. Καμία αλλαγή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης σε όλες τις χρονικές περιόδους (T2-T5) και στα χρονικά σημεία 30ms ($p > 0,05$), 80ms ($p > 0,05$), 100ms ($p > 0,05$), 150ms ($p > 0,05$), 200ms ($p > 0,05$), και στα 250ms ($p > 0,05$) στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$). Τα αποτελέσματα του ρυθμού εφαρμογής δύναμης από τη χρονική περίοδο T1 μέχρι τη χρονική περίοδο T5 στο χρονικό σημείο 80ms παρουσιάζεται στο σχήμα 22. Τα αποτελέσματα του ρυθμού εφαρμογής δύναμης από τη χρονική περίοδο T1 μέχρι τη χρονική περίοδο T5 στο χρονικό σημείο 100ms παρουσιάζεται στο σχήμα 23. Τα αποτελέσματα του ρυθμού εφαρμογής δύναμης από τη χρονική περίοδο T1 μέχρι τη χρονική περίοδο T5 στο χρονικό σημείο 150ms παρουσιάζεται στο σχήμα 24. Τα αποτελέσματα του ρυθμού εφαρμογής δύναμης από τη χρονική περίοδο T1 μέχρι τη χρονική περίοδο T5 στο χρονικό σημείο 200ms παρουσιάζεται στο σχήμα 25. Τα αποτελέσματα του ρυθμού εφαρμογής δύναμης από τη χρονική περίοδο T1 μέχρι τη χρονική περίοδο T5 στο χρονικό σημείο 250ms παρουσιάζεται στο σχήμα 26.

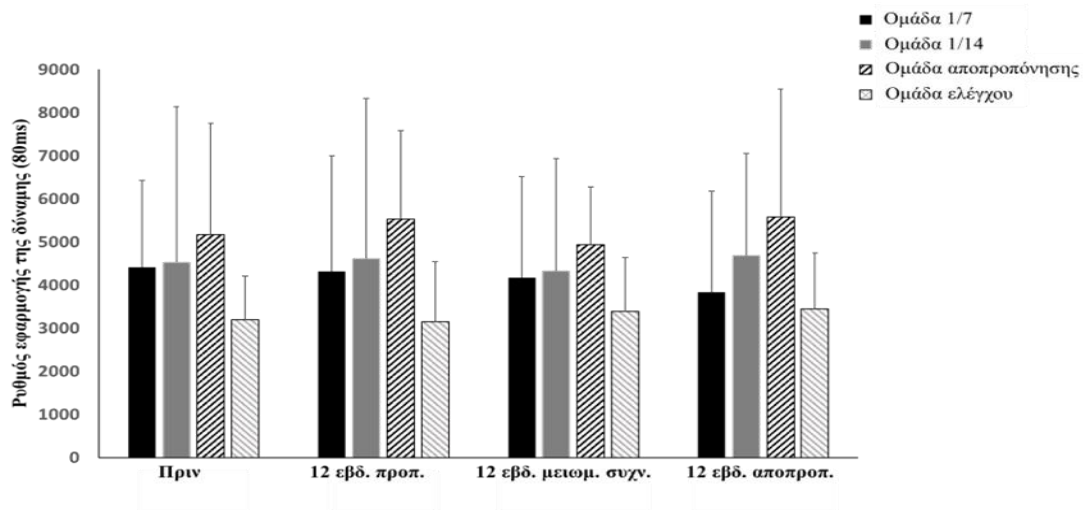
Σχήμα 21

Ποσοστό αλλαγής της μέγιστης ισομετρικής δύναμης μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 6 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T3), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.



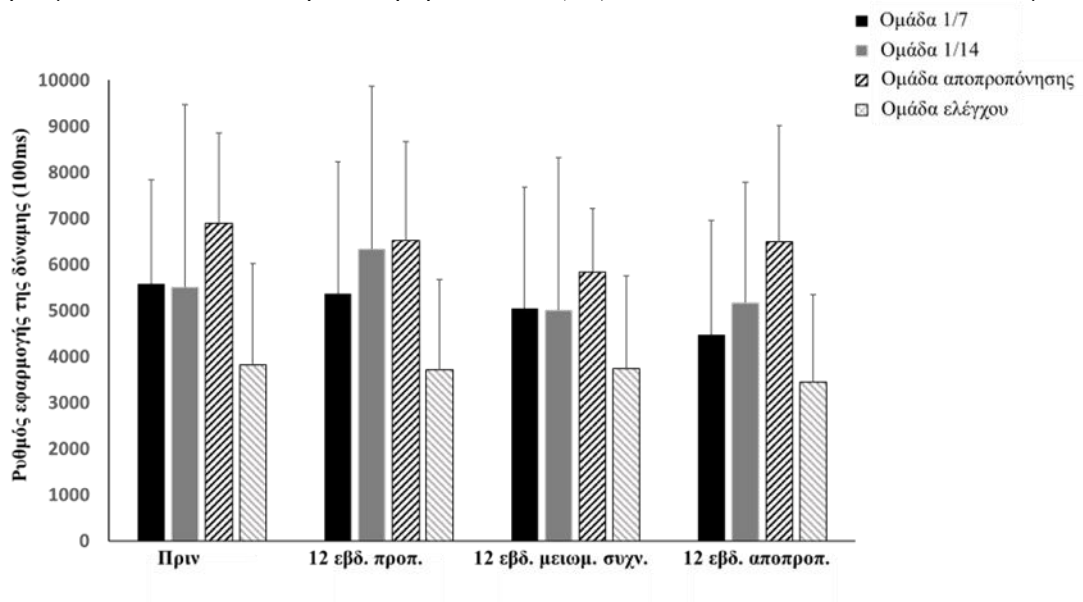
Σχήμα 22

Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 80ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες



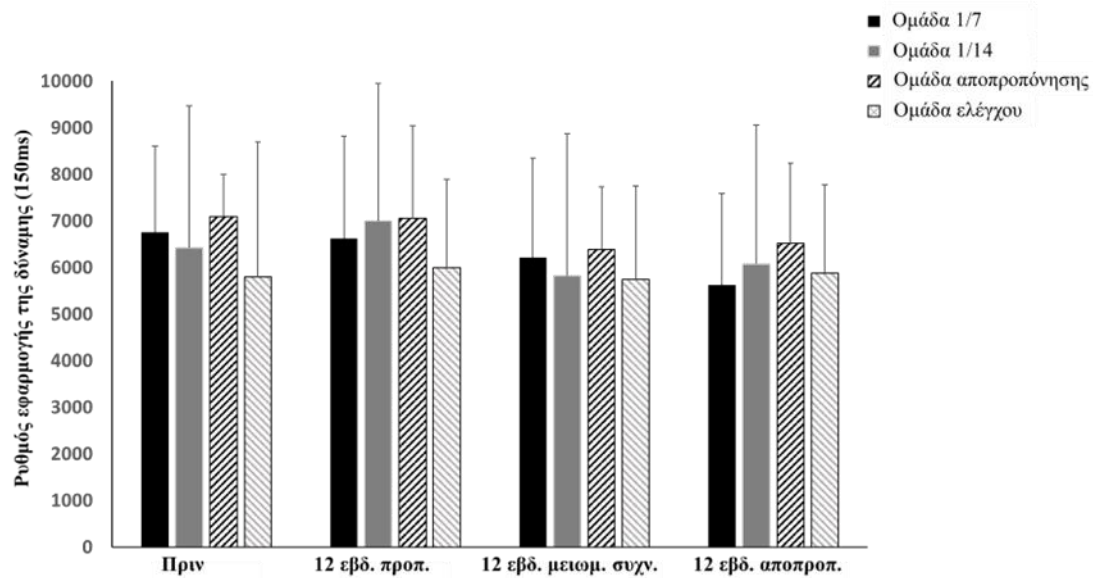
Σχήμα 23

Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 100ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες

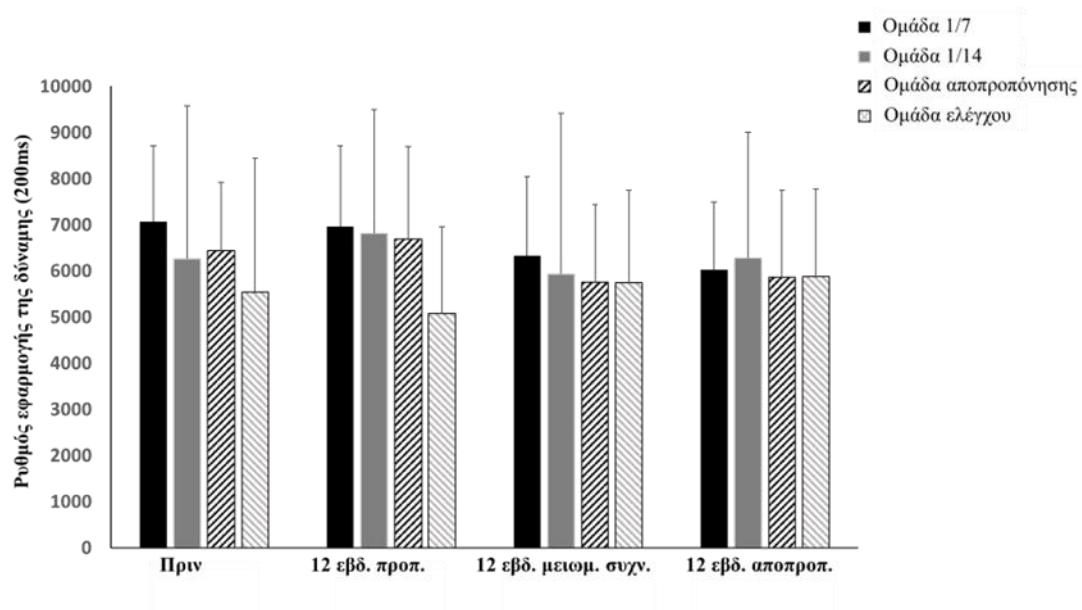


Σχήμα 24

Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 150ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες

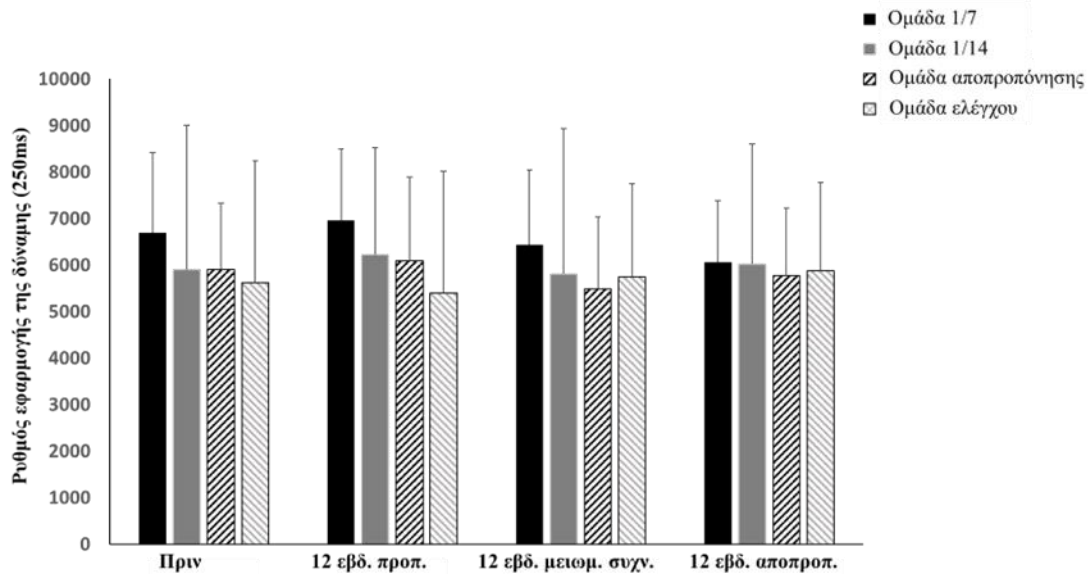
**Σχήμα 25**

Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 200ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες



Σχήμα 26

Μεταβολή του ρυθμού εφαρμογής της δύναμης στα 250ms πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες

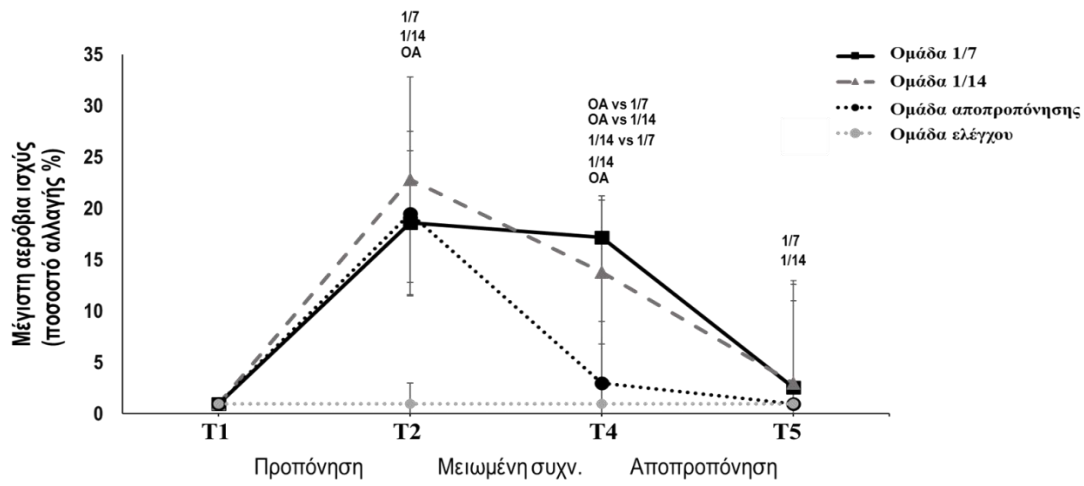


Υπήρξε διατήρηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-1,4 \pm 4,5\%$, $p = 0,343$; Hedges' $g = 0,096$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ σημαντική μείωση στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-9 \pm 7,8\%$, $p = 0,005$; Hedges' $g = 1,024$; Πίνακας 8), χωρίς όμως να φτάσει στα αρχικά επίπεδα (T1-T4, $p = 0,096$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-15,8 \pm 7,3\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 1,231$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την προπόνησης (T1-T4, $p = 0,999$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης των προσαρμογών της μέγιστης αερόβιας ισχύος την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδας προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,048$, Hedges' $g = 1,233$ και $p = 0,001$, Hedges' $g = 1,486$, αντίστοιχα). Επιπλέον, η ομάδα αποπροπόνησης είχε μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,049$, Hedges' $g = 1,843$), σχήμα 27. Σημαντική μείωση της μέγιστης αερόβιας ισχύος βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-14,5 \pm 15,3\%$, $p = 0,011$; Hedges' $g = 0,696$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T5, $p = 0,999$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-10 \pm 11,9\%$; $p = 0,024$; Hedges' $g = 0,978$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T5, $p = 0,726$), ενώ δεν υπήρξε σημαντική στην ομάδα αποπροπόνησης ($-6,4 \pm 11\%$, $p = 0,078$; Hedges' $g = 0,178$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,078$). Καμία αλλαγή της μέγιστης αερόβιας ισχύος σε όλες τις χρονικές περιόδους και χρονικά σημεία δε βρέθηκε στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$). Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή της καρδιακής συχνότητας στα 100W από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($+3,5 \pm 5,1\%$; $p = 0,064$; Hedges' $g = 0,362$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,045$), ενώ σημαντική αύξηση υπήρξε στην ομάδα προπονησης 1/14 ($+12,2 \pm 15,8\%$; $p = 0,030$; Hedges' $g = 1,085$; Πίνακας 8)

και στην ομάδα αποπροπόνησης (+9,7±2,9%; $p = 0,001$; Hedges' $g = 1,606$; Πίνακας 8), φτάνοντας μάλιστα τα αρχικά επίπεδα (T1-T4, $p = 0,626$; T1-T4, $p = 0,233$, αντίστοιχα). Υπήρξε σημαντική αύξηση της καρδιακής συχνότητας στα 100W από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 (+8,1±3,1%; $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,529$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα (T1-T5, $p = 0,798$), ενώ δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στην ομάδα προπόνησης 1/14 (4,3±3,5%; $p = 0,245$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,099$) και στην ομάδα αποπροπόνησης (+2,3±3,6%; $p = 0,145$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,493$). Καμία αλλαγή στην καρδιακή συχνότητα στα 100W σε όλες τις χρονικές περιόδους δε βρέθηκε στην ομάδα ελέγχου ($p > 0.05$), σχήμα 28. Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή της καρδιακής συχνότητας στα 125W από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 (+1,5±4,2%; $p = 0,320$; Hedges' $g = 0,178$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ υπήρξε σημαντική αύξηση στην ομάδα προπόνησης 1/14 (+11,2±8,6%; $p = 0,002$; Hedges' $g = 1,016$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα (T1-T4, $p = 0,960$) και στην ομάδα αποπροπόνησης (+7,3±7,2%, $p = 0,001$; Hedges' $g = 1,288$; Πίνακας 8), φτάνοντας επίσης στα αρχικά επίπεδα (T1-T4, $p = 0,349$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της καρδιακής συχνότητας στα 125W την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδας προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,001$, Hedges' $g = 1,433$ και $p = 0,036$, Hedges' $g = 1,036$ αντίστοιχα), σχήμα 29. Υπήρξε σημαντική αύξηση της καρδιακής συχνότητας στα 125W από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 (+4,8±4,1%; $p = 0,004$; Hedges' $g = 0,493$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα (T1-T5 $p = 0,460$), ενώ καμία αλλαγή δεν υπήρξε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,960$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,100$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,812$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,380$). Καμία αλλαγή στην καρδιακή συχνότητα στα 125W σε όλες τις χρονικές περιόδους δε βρέθηκε στην ομάδα ελέγχου ($p > 0.05$).

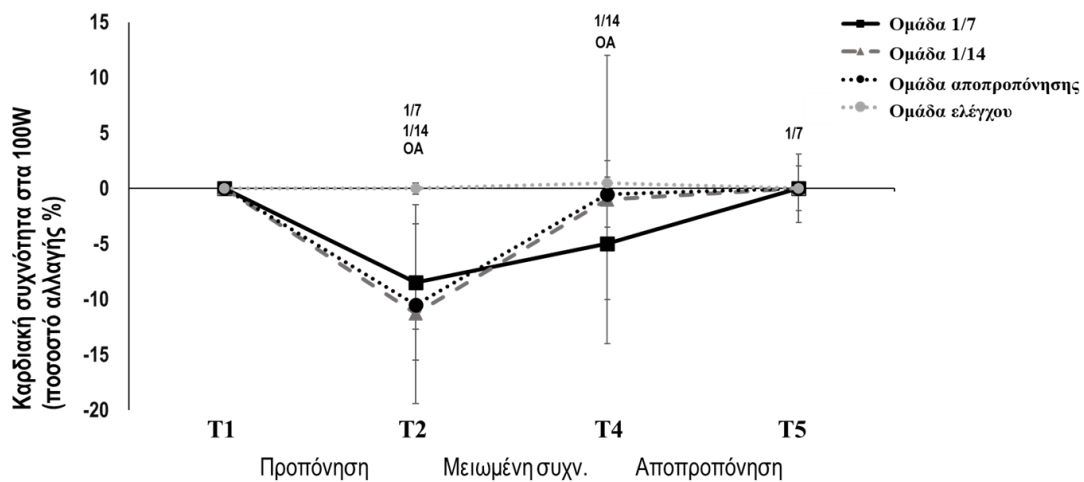
Σχήμα 27

Ποσοστό αλλαγής μέγιστης αερόβιας ισχύος μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



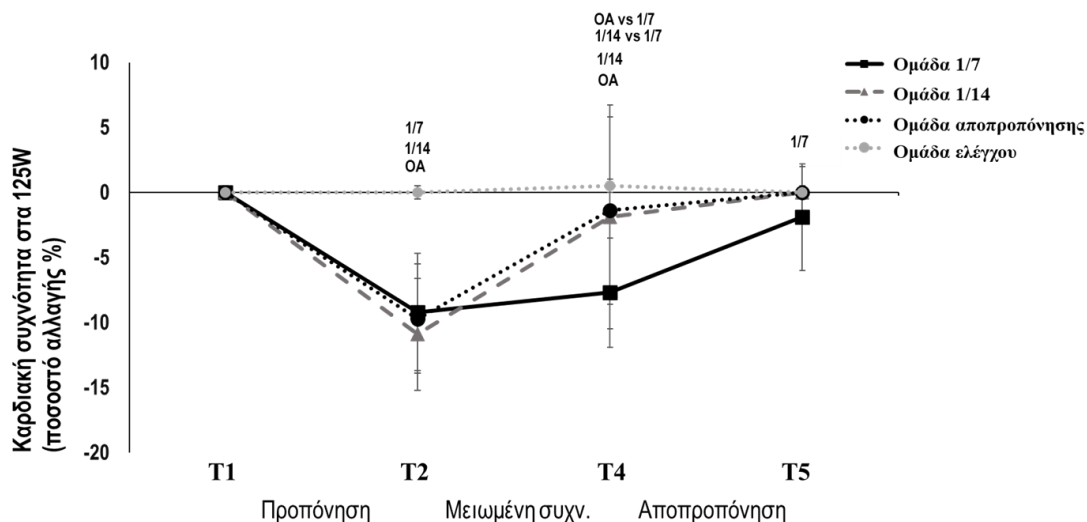
Σχήμα 28

Ποσοστό αλλαγής της καρδιακής συχνότητας στα 100W μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5)



Σχήμα 29

Ποσοστό αλλαγής της καρδιακής συχνότητας στα 125W μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T3, T3 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



Εγκάρσια επιφάνεια και αρχιτεκτονική δομή: Μεταβολές υπήρξαν και στην εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μύος συνολικά, αλλά και σε κάθε μια από τις 4 κεφαλές που τον αποτελούν ξεχωριστά, από την περίοδο T2 έως T5. Συγκεκριμένα, υπήρξε διατήρηση της εγκάρσιας επιφάνειας του έξω πλατύ από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,3 \pm 0,6\%$, $p = 0,140$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,002$), ενώ υπήρξε σημαντική μείωση στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-5,7 \pm 2,6\%$, $p = 0,001$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-7,5 \pm 3,7\%$, $p = 0,001$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T4, $p = 0,420$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της εγκάρσιας επιφάνειας του έξω πλατύ την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδα προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,001$, Hedges' $g = 2,861$ και $p = 0,001$ Hedges' $g = 3,017$, αντίστοιχα), σχήμα 30. Σημαντική μείωση της εγκάρσιας επιφάνειας του έξω πλατύ βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-11,1 \pm 6\%$, $p = 0,001$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,379$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-7,3 \pm 2,9\%$, $p = 0,001$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,318$), ενώ δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στην ομάδα αποπροπόνησης ($0,3 \pm 0,4\%$, $p = 0,096$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,444$). Καμία αλλαγή της εγκάρσιας επιφάνειας του έξω πλατύ δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

Υπήρξε διατήρηση της εγκάρσιας επιφάνειας του μέσου πλατύ από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,6 \pm 0,5\%$, $p = 0,120$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ βρέθηκε σημαντική μείωση στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-4,6 \pm 4\%$, $p = 0,015$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,005$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-4,7 \pm 3,3\%$, $p = 0,003$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T4, $p = 0,085$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της εγκάρσιας επιφάνειας του μέσου πλατύ την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδας προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,018$, Hedges' $g = 1,403$ και $p = 0,031$ Hedges' $g = 1,931$, αντίστοιχα), σχήμα 31. Σημαντική μείωση της εγκάρσιας επιφάνειας του μέσου πλατύ βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-9,6 \pm 4,5\%$, $p = 0,001$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,382$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-7,3 \pm 5,4\%$, $p = 0,002$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,946$), ενώ δεν υπήρξε αλλαγή στην ομάδα αποπροπόνησης ($-0,5 \pm 0,5\%$, $p = 0,069$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,090$). Καμία αλλαγή της εγκάρσιας επιφάνειας του μέσου πλατύ δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

Υπήρξε διατήρηση της εγκάρσιας επιφάνειας του ορθού μηριαίου από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-2,3 \pm 3,9\%$, $p = 0,104$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,007$), ενώ βρέθηκε σημαντική μείωση στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-8,3 \pm 5,7\%$, $p = 0,001$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,012$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-9,8 \pm 5\%$, $p = 0,001$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T4, $p = 0,932$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της εγκάρσιας επιφάνειας του ορθού μηριαίου την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδας προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,037$, Hedges' $g = 1,228$; $p = 0,013$ Hedges' $g = 1,714$, αντίστοιχα), σχήμα 32. Σημαντική μείωση της εγκάρσιας επιφάνειας του ορθού μηριαίου βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-14,8 \pm 8,3\%$, $p = 0,002$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,619$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-8,1 \pm 7,5\%$, $p = 0,007$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,116$), ενώ δεν υπήρξε αλλαγή στην ομάδα αποπροπόνησης ($-0,3 \pm 0,7\%$, $p = 0,342$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,435$). Καμία αλλαγή της εγκάρσιας επιφάνειας του ορθού μηριαίου δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

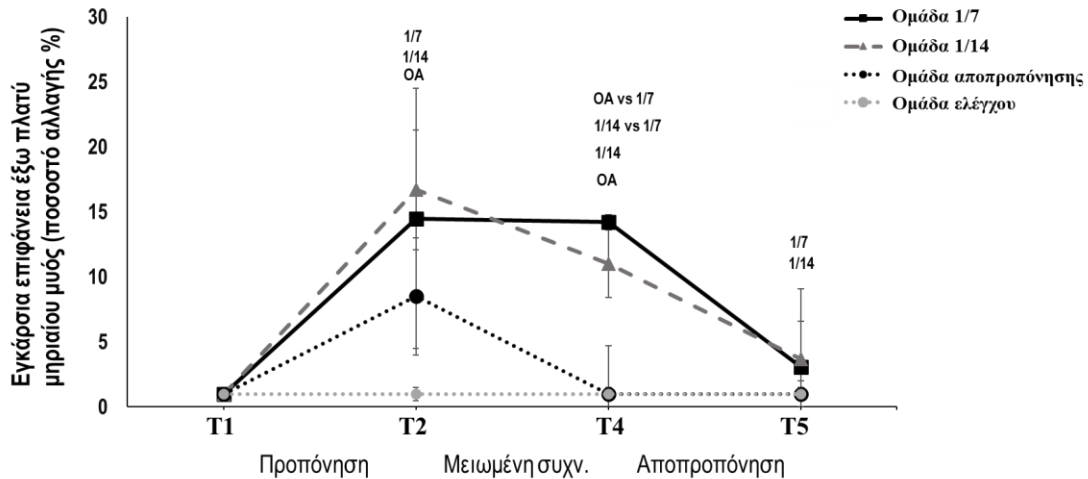
Υπήρξε διατήρηση της εγκάρσιας επιφάνειας του έσω πλατύ από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,2 \pm 0,4\%$, $p = 0,076$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ βρέθηκε σημαντική μείωση στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-6,8 \pm 5,2\%$, $p = 0,003$; Πίνακας 8) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-13,5 \pm 7,4\%$, $p = 0,002$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T4, $p = 0,330$; T1-T4, $p = 0,183$, αντίστοιχα). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της εγκάρσιας επιφάνειας του έσω πλατύ την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδας προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,020$, Hedges' $g =$

1,789 και $p = 0,001$, Hedges' $g = 2,835$, αντίστοιχα). Επιπλέον, η ομάδα αποπροπόνησης είχε μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,041$, Hedges' $g = 1,085$), σχήμα 33. Σημαντική μείωση της εγκάρσιας επιφάνειας του έσω πλατύ βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-13 \pm 7,8\%$, $p = 0,001$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,718$), ενώ δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-3 \pm 10,1\%$, $p = 0,220$; Πίνακας 8 T1-T5, $p = 0,869$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-0,6 \pm 1,4$, $p = 0,311$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,664$). Καμία αλλαγή της εγκάρσιας επιφάνειας του έσω πλατύ δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

Υπήρξε διατήρηση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός ως σύνολο από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,6 \pm 0,6\%$, $p = 0,376$; Hedges' $g = 0,032$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ βρέθηκε σημαντική μείωση στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-5,9 \pm 1,8\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,396$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-7,6 \pm 3,4\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,548$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T4, $p = 0,100$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός ως σύνολο την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδα προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,001$, Hedges' $g = 2,950$ και $p = 0,001$, Hedges' $g = 3,094$, αντίστοιχα). Επιπλέον, η ομάδα αποπροπόνησης είχε μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/14 ($p = 0,037$; Hedges' $g = 0,649$), σχήμα 34. Σημαντική μείωση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός ως σύνολο βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-11,5 \pm 3,2\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,530$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,707$), και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-6,7 \pm 2,2\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,427$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,860$), ενώ δεν υπήρξε αλλαγή στην ομάδα αποπροπόνησης ($-1,1 \pm 1,8\%$, $p = 0,156$; Hedges' $g = 0,045$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,318$). Καμία αλλαγή της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός ως σύνολο δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

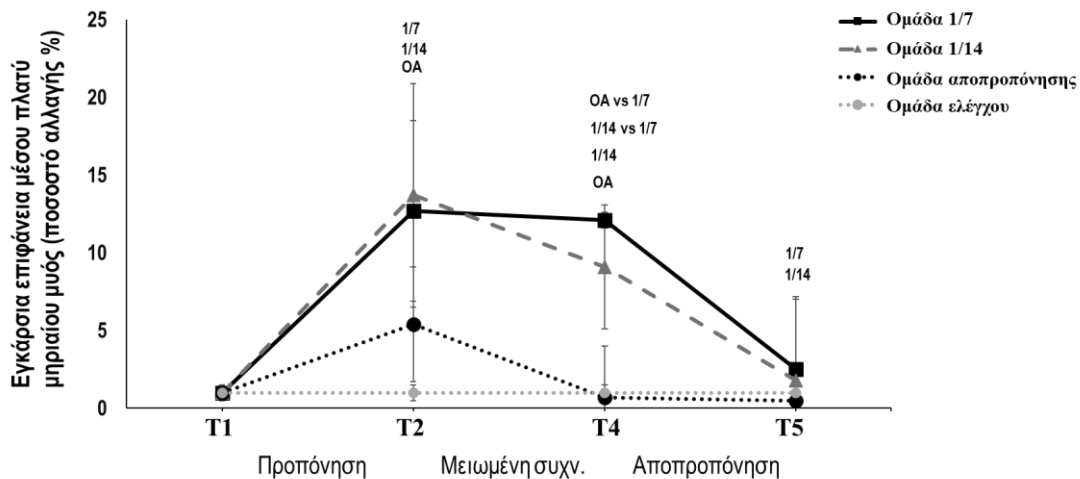
Σχήμα 30

Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του έξω πλατύ μηριαίου μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



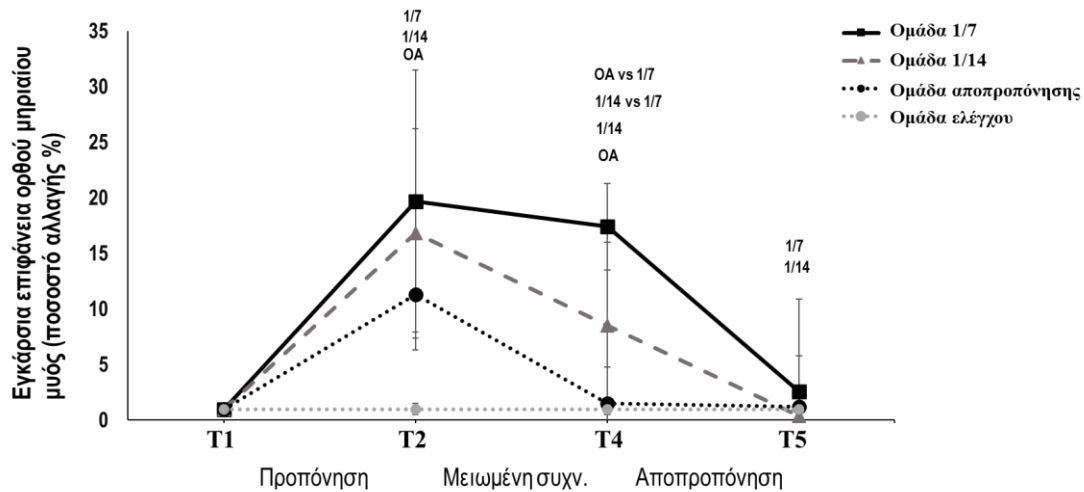
Σχήμα 31

Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του μέσου πλατύ μηριαίου μύος μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



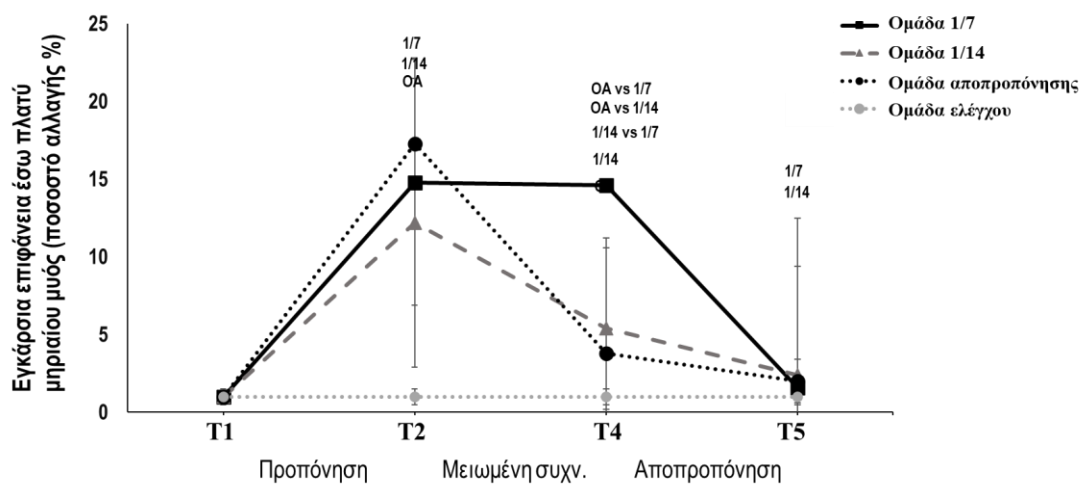
Σχήμα 32

Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του ορθού μηριαίου μύος μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



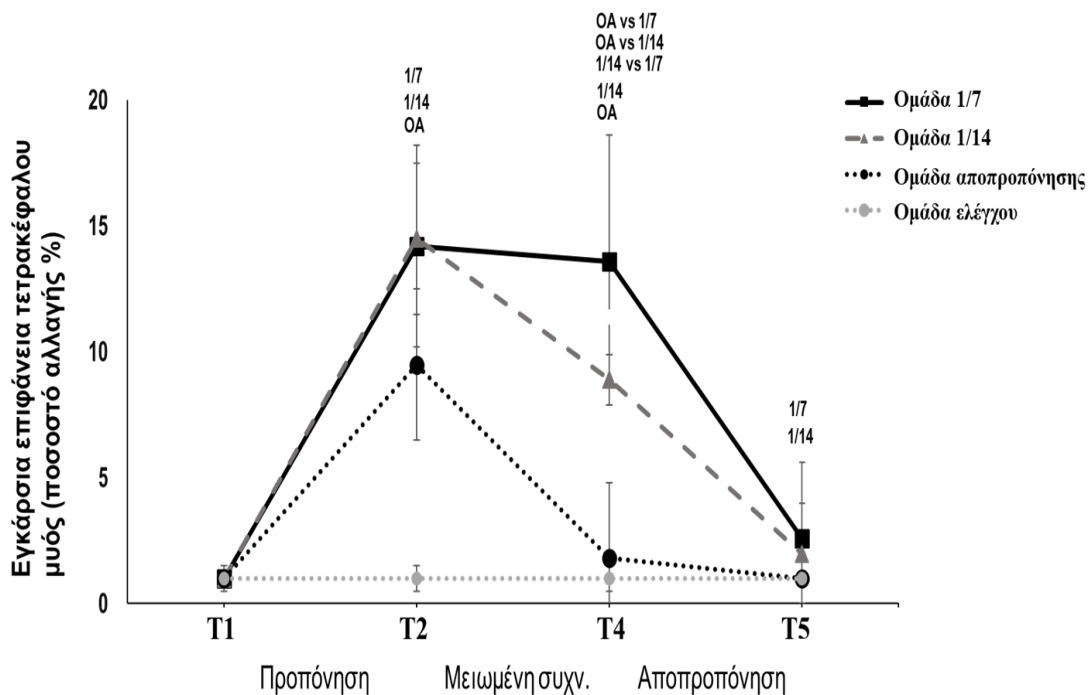
Σχήμα 33

Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του έσω πλατύ μηριαίου μύος μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



Σχήμα 34

Ποσοστό αλλαγής της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



Υπήρξε διατήρηση του πάχους του έξω πλατύ μηριαίου μυός από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,5 \pm 0,9\%$, $p = 0,111$; Hedges' $g = 0,010$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ σημαντική μείωση υπήρξε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-5,2 \pm 2,3\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,500$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-8,4 \pm 2,6\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 1,264$; Πίνακας 8) φτάνοντας μάλιστα στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T4, $p = 0,225$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών του πάχους του έξω πλατύ μηριαίου μυός την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδα προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,001$, Hedges' $g = 2,691$ και $p = 0,001$, Hedges' $g = 3,439$, αντίστοιχα), σχήμα 35. Σημαντική μείωση του πάχους του έξω πλατύ μηριαίου μυός βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-10,5 \pm 2,6\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 1$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,955$) και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-4,5 \pm 2,9\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,500$; Πίνακας 8), φτάνοντας

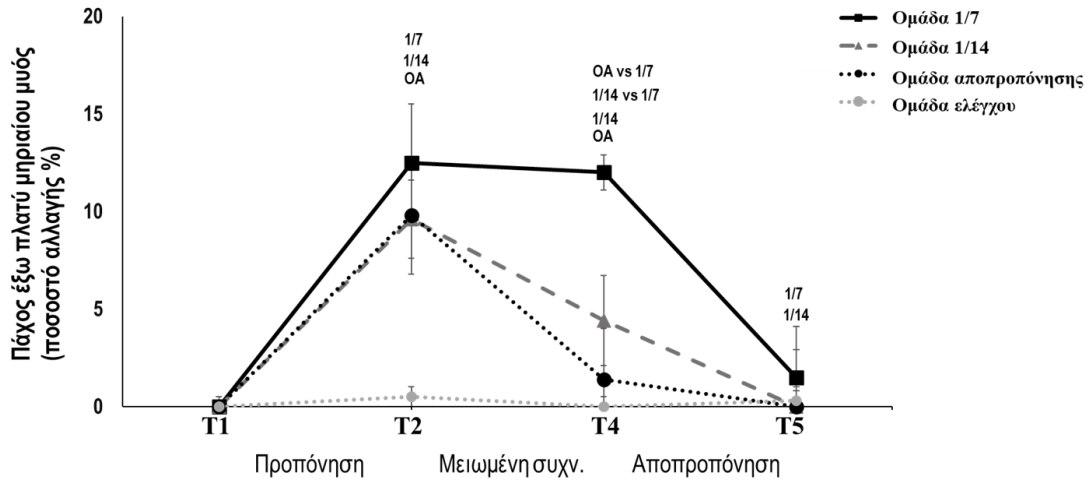
στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης ($p = 0,092$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,501$), ενώ καμία σημαντική αλλαγή δεν υπήρξε στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,092$; Hedges' $g = 0,095$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,256$). Καμία αλλαγή του πάχους του έξω πλατύ μηριαίου μυός δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

Υπήρξε διατήρηση της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων του έξω πλατύ μηριαίου μυός από την περίοδο T2 στην περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-1,5 \pm 3,3\%$, $p = 0,179$; Hedges' $g = 0,166$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ σημαντική μείωση βρέθηκε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-7,5 \pm 4\%$, $p = 0,013$; Hedges' $g = 0,500$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,010$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-8,7 \pm 5,1\%$, $p = 0,011$; Hedges' $g = 1,075$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T4, $p = 0,104$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων του έξω πλατύ μηριαίου μυός την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδας προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,008$, Hedges' $g = 1,636$ και $p = 0,003$ Hedges' $g = 1,749$, αντίστοιχα), σχήμα 36. Σημαντική μείωση της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων του έξω πλατύ μηριαίου μυός βρέθηκε από την περίοδο T4 στην περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-13,3 \pm 8,2\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 1,154$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,098$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-7,7 \pm 8,4\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,558$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης (T1-T5, $p = 0,245$) και καμία μεταβολή δεν υπήρξε στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,084$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,380$). Καμία αλλαγή της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων του έξω πλατύ μηριαίου μυός δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

Το μήκος των μυϊκών δεματίων του έξω πλατύ μηριαίου μυός δεν μεταβλήθηκε σημαντικά από την χρονική περίοδο T2 έως την χρονική περίοδο T5 στην ομάδα 1/7, στην ομάδα 1/14 και στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,05$; Πίνακας 8; Σχήμα 37). Επίσης καμία αλλαγή δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

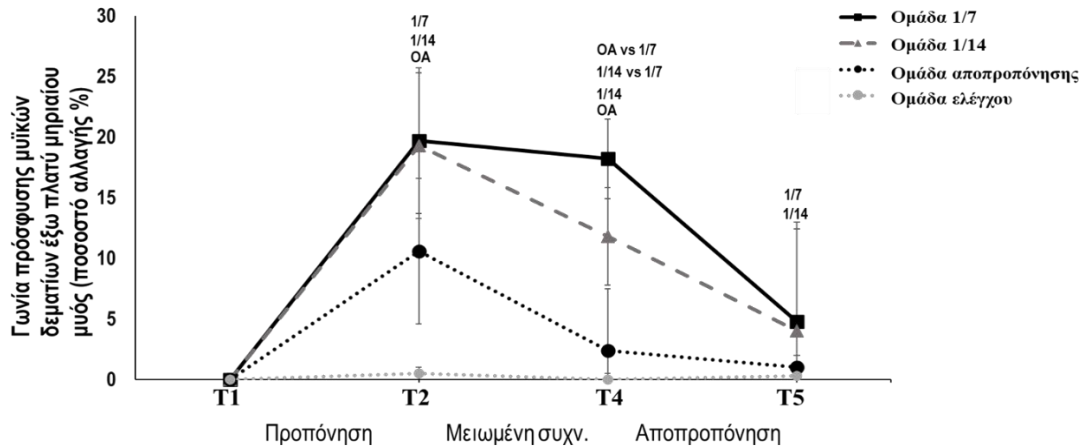
Σχήμα 35

Ποσοστό αλλαγής του πάχους του έξω πλατύ μηριαίου μύος πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματικής προπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.



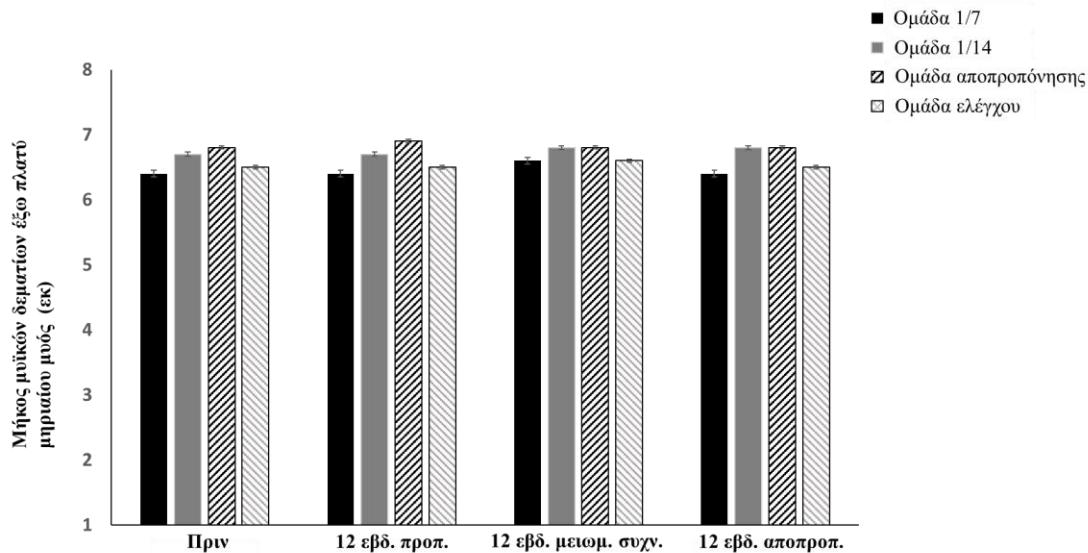
Σχήμα 36

Ποσοστό αλλαγής της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δερματίων του έξω πλατύ μηριαίου μύος πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία.



Σχήμα 37

Μεταβολή του μήκους μυϊκών δερματίων του έξω πλατύ μηριαίου μύος πριν την έναρξη της περιόδου προπόνησης (T1), μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες



Δεν υπήρξε αλλαγή στο μήκος των μυϊκών δερματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος από την χρονική περίοδο T2 στην χρονική περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,4 \pm 0,7\%$, $p = 0,065$; Hedges' $g = 0,013$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ σημαντική μείωση υπήρξε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-4,1 \pm 4,5\%$, $p = 0,027$; Hedges' $g = 0,392$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,007$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($-8,2 \pm 8,2\%$, $p = 0,027$; Hedges' $g = 0,848$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (T1-T4, $p = 0,220$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δερματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδας προπόνησης 1/14 και την ομάδα αποπροπόνησης να έχουν μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,011$, Hedges' $g = 1,148$ και $p = 0,003$, Hedges' $g = 1,495$, αντίστοιχα), σχήμα 38. Σημαντική μείωση του μήκους των μυϊκών δερματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος υπήρξε από την χρονική περίοδο T4 στην χρονική περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-12 \pm 6,6\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 1,131$; Πίνακας 8), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-6,9 \pm 5,3\%$, $p = 0,010$; Hedges' $g = 0,676$; Πίνακας 8) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα (T1-T5, $p = 0,532$; T1-T5, $p = 0,160$, αντίστοιχα), ενώ καμία αλλαγή δεν υπήρξε στην ομάδα αποπροπόνησης ($p = 0,870$; Πίνακας 8). Καμία αλλαγή στο μήκος των μυϊκών δερματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

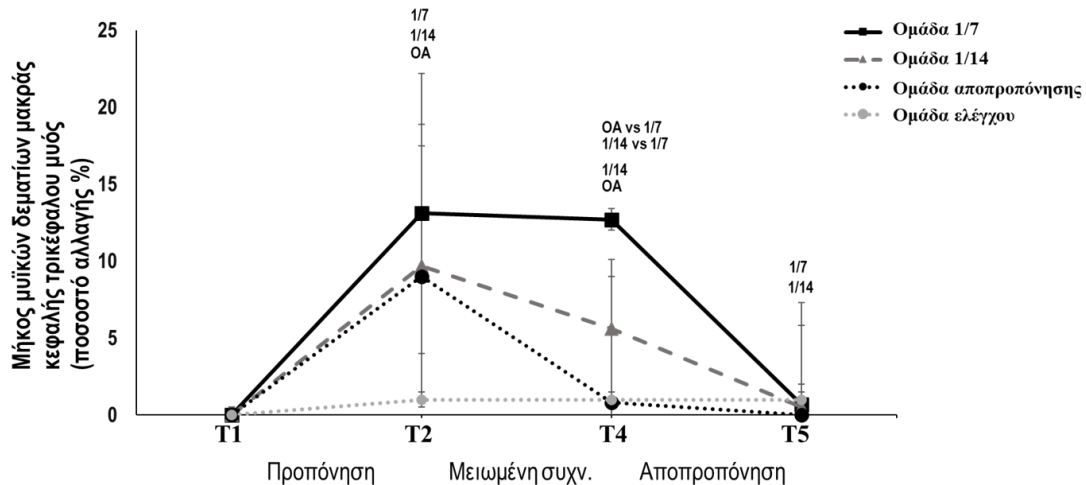
Δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στη γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δερματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος από την χρονική περίοδο T2 στην χρονική περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($+0,8 \pm 0,9\%$, $p = 0,265$; Hedges' $g = 0,044$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$), ενώ σημαντική αύξηση υπήρξε στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($+3,8 \pm 4,4\%$, $p = 0,029$; Hedges' $g = 0,202$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$) και στην ομάδα αποπροπόνησης ($+4,5 \pm 2,2\%$, $p = 0,003$; Hedges' $g = 0,362$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,001$) φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της

προπόνησης (T1-T4, $p = 0,123$). Σημαντική αύξηση της γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός υπήρξε από την χρονική περίοδο T4 στην χρονική περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($+9,8 \pm 6\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,511$; Πίνακας 8) και στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($+4,1 \pm 3,7\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,190$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα (T1-T5, $p = 0,926$; T1-T5, $p = 0,152$, αντίστοιχα), ενώ δεν υπήρξε σημαντική αλλαγή στην ομάδα αποπροπόνησης ($+1,5 \pm 2,1\%$, $p = 0,132$; Hedges' $g = 0,045$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,220$), σχήμα 39. Καμία αλλαγή της γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

Σημαντική μείωση υπήρξε στο πάχος της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός από την χρονική περίοδο T2 στην χρονική περίοδο T4 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-0,9 \pm 0,6\%$, $p = 0,001$; Hedges' $g = 0,100$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,021$), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-2,8 \pm 2,7\%$, $p = 0,009$; Hedges' $g = 0,400$; Πίνακας 8; T1-T4, $p = 0,024$) και ομάδα αποπροπόνησης ($-5,4 \pm 4,5\%$, $p = 0,004$; Hedges' $g = 0,700$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπονητικής περιόδου (T1-T4, $p = 0,864$). Σημαντική διαφορά βρέθηκε στον ρυθμό μείωσης (ποσοστιαία μεταβολή) των προσαρμογών του πάχους της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης (T4), με την ομάδα αποπροπόνησης να έχει μεγαλύτερη μείωση σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/7 ($p = 0,008$; Hedges' $g = 1,560$), σχήμα 40. Σημαντική μείωση υπήρξε στο πάχος της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός από την χρονική περίοδο T4 στην χρονική περίοδο T5 στην ομάδα προπόνησης 1/7 ($-4,7 \pm 3,4\%$, $p = 0,002$; Hedges' $g = 0,600$; Πίνακας 8), στην ομάδα προπόνησης 1/14 ($-4 \pm 4,4\%$, $p = 0,047$; Hedges' $g = 0,600$; Πίνακας 8), φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα (T1-T5, $p = 0,938$, T1-T5, $p = 0,774$, αντίστοιχα), ενώ δεν υπήρξε καμία σημαντική αλλαγή στην ομάδα αποπροπόνησης ($-0,6 \pm 1,3\%$, $p = 0,360$; Hedges' $g = 0,100$; Πίνακας 8; T1-T5, $p = 0,140$). Καμία αλλαγή στο πάχος της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός δεν βρέθηκε, σε όλες τις χρονικές περιόδους (T1 έως T5), στην ομάδα ελέγχου ($p > 0,05$).

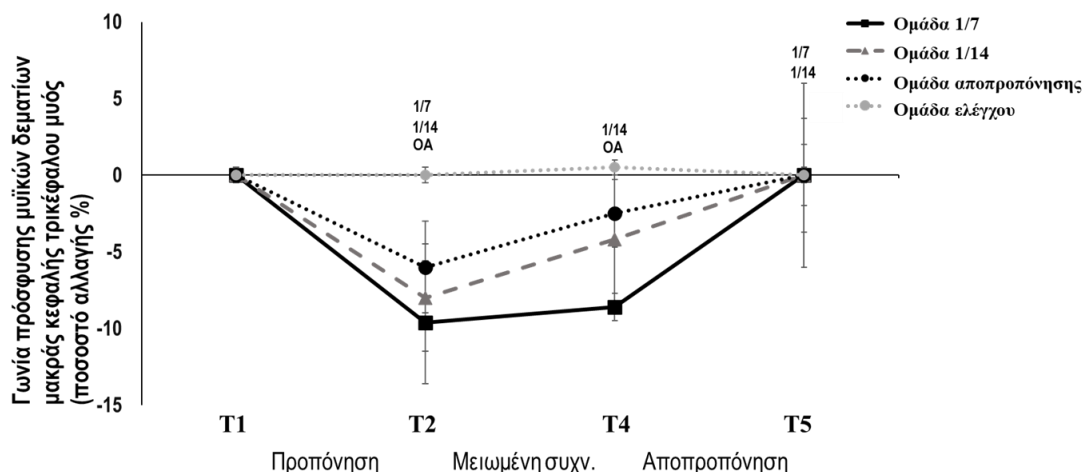
Σχήμα 38

Ποσοστό αλλαγής του μήκους των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



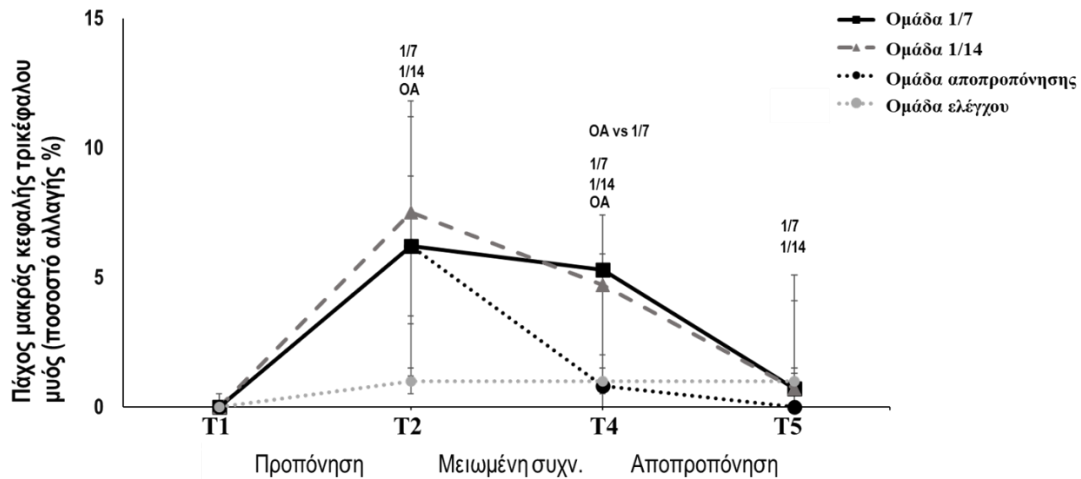
Σχήμα 39

Ποσοστό αλλαγής της γωνίας πρόσφυσης της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 4 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5)



Σχήμα 40

Ποσοστό αλλαγής πάχους της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μύος μετά από 12 εβδομάδες συστηματική προπόνηση (T2), μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης μειωμένης συχνότητας (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5) στις 3 ομάδες. Τα μικρά γράμματα συμβολίζουν τις σημαντικές διαφορές στην επιλεγμένη ομάδα ξεχωριστά (όπου 1/7 = 1 προπόνηση κάθε 7 μέρες, 1/14 = 1 προπόνηση κάθε 14 μέρες, και OA = διακοπή της άσκησης) μεταξύ χρονικών περιόδων (T1 - T2, T2 - T4, T4 - T5). Όταν παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των ομάδων (για παράδειγμα OA vs 1/7), αναφέρεται στις σημαντικές διαφορές μεταξύ των συμβολιζόμενων ομάδων στα σημειωμένα χρονικά σημεία



Συζήτηση - Συμπεράσματα

Το κυριότερο εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν ότι η μυϊκή δύναμη των κάτω άκρων διατηρείται στο ίδιο επίπεδο με μόνο 3 προπονήσεις σε διάστημα 6 εβδομάδων (μία κάθε 14 ημέρες), εάν διατηρηθεί η ένταση της προπόνησης αλλά και ο προπονητικός όγκος, μετά από μια περίοδο συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης. Εάν αυτή η συχνότητα προπόνησης συνεχιστεί για 6 ακόμη εβδομάδες, η μυϊκή δύναμη μειώνεται, ωστόσο οι περισσότερες από τις βελτιώσεις που προκαλούνται από την προπόνηση διατηρούνται. Συγκεκριμένα, το 95% των αυξήσεων της μυϊκής δύναμης που προκλήθηκαν από τη συστηματική προπόνηση διατηρήθηκαν μετά από 12 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης, με 1 προπόνηση κάθε 14 ημέρες. Φαίνεται πως η διατήρηση της υψηλής έντασης στην προπόνηση (> 80% 1-RM) πριν από την έναρξη της μειωμένης συχνότητας προπόνησης αλλά και κατά τη διάρκεια της μειωμένης συχνότητας προπόνησης, παρατείνουν τη διατήρηση της δύναμης σε υψηλά επίπεδα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στον προγραμματισμό της προπόνησης τους ασκούμενους που έχουν ελάχιστο χρόνο να αφιερώσουν μέσα στην εβδομάδα για να αθληθούν. Επιπλέον, η υψηλή ένταση προπόνησης φαίνεται να παρατείνει τη διατήρηση της μυϊκής δύναμης για τουλάχιστον 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (Fatouros et al., 2005· Sakugawa et al., 2019). Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αυτή είναι η πρώτη μελέτη συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης που πραγματοποίησε περισσότερες από 4 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης με προπονήσεις μία φορά κάθε 14 ημέρες. Επιπλέον, η προπόνηση μία φορά την εβδομάδα, για τουλάχιστον 12 εβδομάδες, είναι αρκετή για τη διατήρηση της μυϊκής δύναμης στα ίδια επίπεδα με αυτά της συστηματικής προπόνησης. Τα ευρήματά αυτά είναι παρόμοια με άλλες μελέτες που δείχνουν ότι τουλάχιστον με 1 συνεδρία προπόνησης με αντιστάσεις, η μυϊκή δύναμη μπορεί να διατηρηθεί χωρίς σημαντική μείωση ακόμη και για 4 μήνες (Trappe et al., 2002· Bickel et al., 2011· Tavares et al., 2017). Συγκεκριμένα, οι Trappe και συν (2002) κατά την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης, εκτέλεσαν προπόνηση μια φορά την εβδομάδα για 12 εβδομάδες, με μείωση 50% του συνολικού όγκου προπόνησης μετά από άσκηση με αντιστάσεις 3 φορές την εβδομάδα. Οι συγγραφείς παρατήρησαν διατήρηση της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις γονάτων μετά την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης, ενώ παρατηρήθηκε μείωση 11% της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις γονάτων, στην ομάδα αποπροπόνησης (Trappe et al., 2002). Σε άλλη μελέτη, οι Bickel και συν. (2011) παρατήρησαν διατήρηση των προσαρμογών της 1-MAE μετά από 32 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης, με 1 προπόνηση την εβδομάδα με μείωση 30% της συνολικής έντασης και όγκου προπόνησης που χρησιμοποίησαν στην συστηματική προπόνηση δύναμης. Αντίθετα, σημαντική μείωση της 1-MAE, φτάνοντας τα αρχικά επίπεδα, παρατηρήθηκε στην ομάδα που σταμάτησε πλήρως την προπόνηση (Bickel et al., 2011). Επιπλέον σε μελέτη των Tavares και συν. (2017) μετά από μείωση του όγκου προπόνησης 50 και 57%, σε σύγκριση με τον όγκο προπόνησης που εκτέλεσαν κατά τη διάρκεια της συστηματικής προπόνησης με αντιστάσεις, στις ομάδες που πραγματοποίησαν μειωμένη συχνότητα προπόνησης (από τρεις φορές την εβδομάδα σε δύο και από τρεις φορές την εβδομάδα σε μια), παρατηρήθηκε διατήρηση των προσαρμογών της 1-MAE στο ημικάθισμα, ενώ στην ομάδα πλήρους διακοπής της άσκησης υπήρξε μείωση 22,6% των προσαρμογών της 1-MAE στο ημικάθισμα (Tavares et al., 2017). Πρέπει όμως να σημειωθεί πως στις μελέτες του Bickel και συν. (2011) αλλά και Trappe και συν. (2002) το κύριο

ερευνητικό ερώτημα των μελετών για την διατήρηση της δύναμης ήταν για το ποια ήταν η βέλτιστη τροποποίηση του όγκου προπόνησης, ενώ μόνο στην μελέτη του Tavares και συν. (2017) το κύριο ερευνητικό ερώτημα ήταν η τροποποίηση της προπονητικής συχνότητας. Ωστόσο, αυτή είναι η πρώτη μελέτη που διερευνά την επίδραση μιας προπόνησης κάθε εβδομάδα, χρησιμοποιώντας συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβιας άσκησης. Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη, στην ομάδα αποπροπόνησης όλες οι προσαρμογές της μυϊκής δύναμης υποχώρησαν μετά από 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με μεγάλο αριθμό μελετών που δείχνουν ότι 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης είναι αρκετές για πλήρη απώλεια της μυϊκής δύναμης (Andersen et al., 2005· Häkkinen et al., 2022). Από την άλλη πλευρά, σε μια σειρά από μελέτες, μετά από 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης, φαίνεται πως η μυϊκή δύναμη διατηρείται πάνω από τα αρχικά επίπεδα, σε σχέση με αυτό πριν από την έναρξη της περιόδου προπόνησης (Fatouros et al., 2005· Correa et al., 2013· Celestrin et al., 2020· Blocquiaux et al., 2020). Αυτά τα αντικρουόμενα αποτελέσματα μπορεί να οφείλονται στο διαφορετικό υπόβαθρο προπόνησης των συμμετεχόντων, την ηλικία, την ένταση της προπόνησης, τον τύπο της προπόνησης, τη διάρκεια και τον όγκο προπόνησης, που μπορεί να έχουν οδηγήσει σε διαφορετικές μυϊκές και νευρικές προσαρμογές και κατά συνέπεια σε διαφορετικές προσαρμογές στο ποσοστό αύξησης της δύναμης.

Ένα ακόμη σημαντικό εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν ότι η μυϊκή δύναμη των άνω άκρων διατηρείται στο ίδιο επίπεδο με μόνο 6 προπονήσεις σε διάστημα 12 εβδομάδων (μία κάθε 14 ημέρες), εάν διατηρηθεί η ένταση της προπόνησης αλλά και ο προπονητικός όγκος της μιας προπονητικής μονάδας, μετά από μια περίοδο συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις (ισχύος) και αερόβιας προπόνησης. Συγκεκριμένα, το 95% των αυξήσεων της μυϊκής δύναμης που προκλήθηκαν από τη συστηματική προπόνηση διατηρήθηκαν μετά από 12 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης, με 1 προπόνηση κάθε 14 ημέρες. Φαίνεται πως η διατήρηση της υψηλής έντασης στην προπόνηση (> 80% 1-RM) πριν από την έναρξη της μειωμένης συχνότητας προπόνησης αλλά και κατά τη διάρκεια της μειωμένης συχνότητας προπόνησης, παρατείνουν τη διατήρηση της δύναμης σε υψηλά επίπεδα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στον προγραμματισμό της προπόνησης τους ασκούμενους που έχουν ελάχιστο χρόνο να αφιερώσουν μέσα στην εβδομάδα για να αθληθούν. Επιπλέον, η υψηλή ένταση προπόνησης φαίνεται να παρατείνει τη διατήρηση της μυϊκής δύναμης για τουλάχιστον 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (Fatouros et al., 2005· Sakugawa et al., 2019). Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αυτή είναι η πρώτη μελέτη συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης που πραγματοποίησε περισσότερες από 4 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης με προπονήσεις μία φορά κάθε 14 ημέρες για τα άνω άκρα. Η μοναδική μελέτη που αξιολογεί την επίδραση της μειωμένης συχνότητας προπόνησης μετά από προπόνηση δύναμης, στα άνω άκρα (υπερακάνθιο μυ) είναι των McCarrick και συν. (2000). Συγκεκριμένα, για 12 εβδομάδες 21 άτομα έκαναν προπόνηση δύναμης, 3 φορές την εβδομάδα, με τρεις συγκεκριμένες ασκήσεις ενδυνάμωσης του υπερακάνθιου. Μετά το τέλος της προπόνησης πραγματοποίησαν 12 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνηση, από 3 φορές δύο φορές, από 3 φορές 1 φορά την εβδομάδα και καθόλου προπόνηση. Δεν υπήρξε μείωση της δύναμης σε καμία από τις 2 ομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης, ενώ σημαντική μείωση υπήρξε στην ομάδα αποπροπόνησης (McCarrick et al., 2000). Επιπλέον, με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, η προπόνηση μία φορά την εβδομάδα, για τουλάχιστον 12 εβδομάδες, είναι αρκετή για τη διατήρηση της

μυϊκής δύναμης στα ίδια επίπεδα με αυτά της συστηματικής προπόνησης. Τα ευρήματά αυτά είναι παρόμοια με άλλες μελέτες που δείχνουν ότι τουλάχιστον με 1 συνεδρία προπόνησης με αντιστάσεις, η μυϊκή δύναμη μπορεί να διατηρηθεί χωρίς σημαντική μείωση ακόμη και για 4 μήνες (Trappe et al., 2002; Bickel et al., 2011; Tavares et al., 2017), με τη σημείωση πως οι μελέτες αυτές αφορούν τα κάτω άκρα. Ωστόσο, αυτή είναι η πρώτη μελέτη που διερευνά την επίδραση μιας προπόνησης κάθε εβδομάδα, χρησιμοποιώντας συνδυαστική βαλλιστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβιας άσκησης. Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη, στην ομάδα αποπροπόνησης, σε αντίθεση με τα κάτω άκρα, οι προσαρμογές της μυϊκής δύναμης υποχώρησαν σε μεγάλο βαθμό μετά από 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης, χωρίς να φτάσουν τα αρχικά επίπεδα. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με μια σειρά από μελέτες, οι οποίες δείχνουν πως μετά από 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης, φαίνεται πως η μυϊκή δύναμη διατηρείται πάνω από τα αρχικά επίπεδα, σε σχέση με αυτό πριν από την έναρξη της περιόδου προπόνησης (Fatouros et al., 2005; Correa et al., 2013; Celestrin et al., 2020; Blocquiaux et al., 2020). Βέβαια στην περίοδο πλήρους αποπροπόνησης (T5) όλων των ομάδων η μέγιστη δύναμη στις πιέσεις θώρακα με μπάρα από ύπτια κατάκλιση έφτασε τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης (Andersen et al., 2005; Häkkinen et al., 2022).

Ένα από τα κύρια εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν ότι η μυϊκή ισχύς των άνω άκρων, στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση στην ομάδα προπόνησης 1 φορά κάθε 7 μέρες και στην ομάδα προπόνησης 1 φορά κάθε 14 μέρες μετά από 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης μειώθηκε σημαντικά χωρίς όμως να φτάσει στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης. Ωστόσο, η μυϊκή ισχύς δεν άλλαξε κατά τις τελευταίες 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης και στις δύο ομάδες παραμένοντας πάνω από τα αρχικά επίπεδα. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η μυϊκή ισχύς των άνω άκρων μειώνεται σημαντικά όταν η συχνότητα βαλλιστικής προπόνησης μειώνεται σε μία συνεδρία κάθε εβδομάδα ή μία συνεδρία κάθε 14 ημέρες τουλάχιστον τις πρώτες 6 εβδομάδες. Η συνέχιση της προπόνησης με την ίδια ένταση και όγκο μπορεί να διατηρήσει ένα μεγάλο μέρος των προσαρμογών μυϊκής ισχύος που επιτυγχάνονται μετά την αρχική περίοδο προπόνησης, σε μέτρια γυμνασμένες γυναίκες. Συγκεκριμένα, το 93% των αυξήσεων της μυϊκής ισχύος που προκλήθηκαν από την συστηματική προπόνηση διατηρήθηκαν μετά από 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης, με 1 προπόνηση κάθε 7 ημέρες και το 91% με 1 προπόνηση κάθε 14 ημέρες. Μετά από 12 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης διατηρήθηκε το 91% των αυξήσεων της μυϊκής ισχύος που προκλήθηκαν από την συστηματική προπόνηση με 1 προπόνηση κάθε εβδομάδα και το 89% με μια προπόνηση κάθε 14 ημέρες. Επιπλέον το ύψος ώθησης των άνω άκρων, στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση στην ομάδα προπόνησης 1 φορά κάθε 7 μέρες και στην ομάδα προπόνησης 1 φορά κάθε 14 μέρες μετά από 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης μειώθηκε σημαντικά χωρίς όμως να φτάσει στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης. Ωστόσο, το ύψος ώθησης δεν άλλαξε κατά τις τελευταίες 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης και στις δύο ομάδες παραμένοντας πάνω από τα αρχικά επίπεδα. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι και το ύψος άλματος των άνω άκρων μειώνεται σημαντικά όταν η συχνότητα βαλλιστικής προπόνησης μειώνεται σε μία συνεδρία κάθε εβδομάδα ή μία συνεδρία κάθε 14 ημέρες τουλάχιστον τις πρώτες 6 εβδομάδες. Η συνέχιση της προπόνησης με την ίδια ένταση και όγκο μπορεί να διατηρήσει ένα μεγάλο μέρος των προσαρμογών ύψους ώθησης που επιτυγχάνονται μετά την αρχική περίοδο προπόνησης, σε μέτρια

γυμνασμένες γυναίκες. Συγκεκριμένα, το 87% των αυξήσεων του ύψους ώθησης που προκλήθηκαν από την συστηματική προπόνηση διατηρήθηκαν μετά από 6 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης, με 1 προπόνηση κάθε 7 ημέρες και το 88% με 1 προπόνηση κάθε 14 ημέρες. Μετά από 12 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης διατηρήθηκε το 86% των αυξήσεων του ύψους ώθησης που προκλήθηκαν από την συστηματική προπόνηση με 1 προπόνηση κάθε εβδομάδα και το 75% με 1 προπόνηση κάθε 14 ημέρες. Φαίνεται πως η διατήρηση της υψηλής έντασης στην προπόνηση (> 80% 1-RM) πριν από την έναρξη της μειωμένης συχνότητας προπόνησης αλλά και κατά την διάρκεια της μειωμένης συχνότητας προπόνησης, παρατείνουν τη διατήρηση της μυϊκής ισχύος σε υψηλά επίπεδα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στον προγραμματισμό της προπόνησης τους ασκούμενους που έχουν ελάχιστο χρόνο να αφιερώσουν μέσα στην εβδομάδα για να αθληθούν. Επιπλέον, η υψηλή ένταση προπόνησης φαίνεται να παρατείνει τη διατήρηση της μυϊκής ισχύος για τουλάχιστον 12 εβδομάδες αποπροπόνησης, όπως φαίνεται να γίνεται και με την μυϊκή δύναμη (Fatouros et al., 2005· Sakugawa et al., 2019). Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αυτή είναι η πρώτη μελέτη συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης που πραγματοποίησε περισσότερες από 4 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης με προπονήσεις μία φορά κάθε 14 ημέρες. Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν υπάρχουν μελέτες οι οποίες σχετίζονται με την διατήρηση της μυϊκής ισχύος, αλλά μόνο της μυϊκής δύναμης. Η μελέτη αυτή είναι η πρώτη που διερευνάει την διατήρηση της μυϊκής ισχύος, στην ώθηση έκτασης των αγκώνων από πρηνή στήριξη με αιώρηση, σε περίοδο παρατεταμένης μειωμένης συχνότητας προπόνησης. Επιπλέον, στην παρούσα μελέτη, στην ομάδα αποπροπόνησης όλες οι προσαρμογές της μυϊκής ισχύος υποχώρησαν μετά από 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με μεγάλο αριθμό μελετών που δείχνουν ότι 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης είναι αρκετές για πλήρη απώλεια της μυϊκής ισχύος (Juarez et al., 2009· Lovell et al., 2010· Pereira et al., 2012).

Ένα άλλο σημαντικό εύρημα της μελέτης ήταν ότι 1 συνεδρία κάθε 14 ημέρες για 12 εβδομάδες διατήρησε την εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός σε ποσοστό 94% των αυξήσεων που προκλήθηκαν από την προπόνηση, που είναι, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η πρώτη μελέτη που παρουσιάζει τέτοια δεδομένα. Επιπλέον, η διατήρηση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός, στην παρούσα έρευνα, συνοδεύεται και από τη διατήρηση του πάχους του έξω πλατύ μηριαίου μυός και της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δερματίων πάνω από τα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης. Η διατήρηση της μυϊκής μάζας είναι ένα κρίσιμο στοιχείο για τον γενικό πληθυσμό, δηλαδή για νεαρά και ηλικιωμένα άτομα και των δύο φύλων, καθώς μια καλά διατηρημένη μυϊκή μάζα σχετίζεται με καλύτερη ποιότητα ζωής (Kenney et al., 2015). Επιπλέον, η προπόνηση μία φορά την εβδομάδα, για τουλάχιστον 12 εβδομάδες, είναι αρκετή για τη διατήρηση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός, καθώς και του πάχους του έξω πλατύ μηριαίου μυός και της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δερματίων, στα ίδια επίπεδα με αυτά της συστηματικής προπόνησης. Δεδομένα από μελέτες δείχνουν ότι μετά από 8-20 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης από 3 φορές την εβδομάδα σε 2 φορές την εβδομάδα ή από 2 φορές την εβδομάδα έως μία φορά την εβδομάδα, η μυϊκή μάζα μπορεί να διατηρηθεί χωρίς σημαντική μείωση (Trappe et. al., 2002· Bickel et al., 2011· Tavares et al., 2017). Συγκεκριμένα, οι Trappe και συν (2002) κατά την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης, εκτέλεσαν προπόνηση μια φορά την εβδομάδα για 12 εβδομάδες, με μείωση 50% του συνολικού όγκου

προπόνησης μετά από άσκηση με αντιστάσεις 3 φορές την εβδομάδα. Οι συγγραφείς παρατήρησαν διατήρηση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός μετά την περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης, ενώ παρατηρήθηκε μείωση 7% της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός, στην ομάδα αποπροπόνησης (Trappe et al., 2002). Σε άλλη μελέτη, οι Bickel και συν. (2011) παρατήρησαν διατήρηση των προσαρμογών της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός μετά από 32 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης, με 1 προπόνηση την εβδομάδα, με μείωση 30% της συνολικής έντασης και όγκου προπόνησης που χρησιμοποίησαν στην συστηματική προπόνηση δύναμης. Αντίθετα σημαντική μείωση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός, φτάνοντας τα αρχικά επίπεδα, παρατηρήθηκε στην ομάδα που σταμάτησε πλήρως την προπόνηση (Bickel et al., 2011). Επιπλέον σε μελέτη των Tavares και συν. (2017) μετά από μείωση του όγκου προπόνησης 50 και 57%, σε σύγκριση με τον όγκο προπόνησης που εκτέλεσαν κατά την διάρκεια της συστηματικής προπόνησης με αντιστάσεις, στις ομάδες που πραγματοποίησαν μειωμένη συχνότητα προπόνησης (από τρεις φορές την εβδομάδα σε δύο και από τρεις φορές την εβδομάδα σε μια), παρατηρήθηκε διατήρηση της των προσαρμογών της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός, ενώ στην ομάδα πλήρους διακοπής της άσκησης υπήρξε μείωση 5,4% της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός (Tavares et al., 2017). Ένα μεγάλο μέρος σε αυτή τη διατήρηση φαίνεται να είναι η προσπάθεια διατήρησης της έντασης και του όγκου της προπόνησης που χρησιμοποιήθηκαν στη συστηματική προπονητική περίοδο (Graves et al., 1988· Bickel et al., 2011). Ωστόσο, στην ομάδα αποπροπόνησης όλες οι προσαρμογές της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός φαίνεται να υποχωρούν στα αρχικά επίπεδα από 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί σε μεγάλο αριθμό μελετών δείχνοντας ότι 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης είναι αρκετές για πλήρη απώλεια της μυϊκής μάζας (Taaffe et al., 1997· Andersen et al., 2005· Tavares et al., 2017).

Ένα άλλο σημαντικό εύρημα της μελέτης ήταν ότι 1 συνεδρία κάθε 14 ημέρες για 12 εβδομάδες, δηλαδή 6 προπονήσεις σε 12 εβδομάδες, διατήρησε το μήκος των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός σε ποσοστό 70% των αυξήσεων που προκλήθηκαν από την συστηματική προπόνηση, την γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων σε ποσοστό 60% των μειώσεων που προκλήθηκαν από την συστηματική προπόνηση και το πάχος της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός σε ποσοστό 72% των αυξήσεων που προκλήθηκαν από την συστηματική προπόνηση που είναι, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, η πρώτη μελέτη που παρουσιάζει τέτοια δεδομένα. Επιπλέον, η προπόνηση μία φορά την εβδομάδα, για τουλάχιστον 12 εβδομάδες, είναι αρκετή για τη διατήρηση του μήκους των μυϊκών δεματίων της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός και της γωνίας πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων στα ίδια επίπεδα με αυτά της συστηματικής προπόνησης και του πάχους της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός σε ποσοστό 92% των αυξήσεων που προκλήθηκαν από την συστηματική προπόνηση. Αντίθετα, όλες οι προσαρμογές αυτές υποχώρησαν μετά από 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης στην ομάδα αποπροπόνησης. Καθώς η αρχιτεκτονική δομή του μυός σχετίζεται με την παραγωγή μυϊκής ισχύος η διατήρηση των παραπάνω χαρακτηριστικών (μήκος μυϊκών δεματίων, γωνίας πρόσφυσης μυϊκών δεματίων, πάχος μυός), ίσως συμβάλλει στο υψηλό ποσοστό διατήρησης της μυϊκής ισχύος στην ομάδα προπόνησης 1/14 αλλά και στην ομάδα προπόνησης 1/7. Συγκεκριμένα, θεωρητικά, οι μύες που έχουν μεγάλο μήκος δεματίων παράγουν μεγαλύτερη μυϊκή ισχύ έχοντας ταυτόχρονα αυξημένη ταχύτητα βράχυνσης, καθώς έχουν έναν μεγάλο αριθμό σαρκομερίων, κατανεμημένο σε σειρά (Blazevich, 2006). Συνεπώς, ένας μυς που έχει περισσότερα

σαρκομέρια σε σειρά μπορεί να συσταλθεί ταχύτερα (Cormie, et al., 2011). Με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία, αυτή είναι η πρώτη μελέτη συνδυαστικής βαλλιστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης που πραγματοποίησε περισσότερες από 4 εβδομάδες μειωμένης συχνότητας προπόνησης με προπονήσεις μία φορά κάθε 14 ημέρες για τα άνω άκρα και παρουσιάζει δεδομένα σχετικά με την αρχιτεκτονική δομή της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός.

Το τελευταίο σημαντικό εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν ότι 1 συνεδρία κάθε 14 ημέρες για 12 εβδομάδες διατήρησε τη μέγιστη αερόβια ισχύ και τους καρδιακούς παλμούς κατά την άσκηση σε ποσοστό 91% των αυξήσεων που προκλήθηκαν από την προπόνηση, κάτι που είναι, με βάση την υπάρχουσα βιβλιογραφία έως τώρα, η πρώτη μελέτη που παρουσιάζει τέτοια δεδομένα. Επιπλέον, η προπόνηση μία φορά την εβδομάδα, για τουλάχιστον 12 εβδομάδες, είναι αρκετή για τη διατήρηση της μέγιστης αερόβιας ισχύος και των καρδιακών παλμών κατά την άσκηση, στα ίδια επίπεδα με αυτά της συστηματικής συνδυαστικής άσκησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης. Οι Hickson και συν. (1981) έδειξαν ότι όταν η συχνότητα προπόνησης μειώθηκε από 6 σε 4 ή 2 ημέρες/εβδομάδα για 15 εβδομάδες, αλλά διατηρώντας υψηλή ένταση προπόνησης, δεν υπήρξε καμία μείωση στην αερόβια ισχύ (Hickson et al., 1981). Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η ένταση της προπόνησης παίζει πρωταρχικό ρόλο στη προσπάθεια της διατήρησης της αυξημένης αερόβιας ισχύος. Αυτές οι μελέτες προτείνουν ότι η ένταση της προπόνησης πρέπει να είναι τουλάχιστον 70% ή περισσότερο (πιθανώς 90-100%) για να διατηρηθούν οι αυξήσεις που προκαλούνται από την προπόνηση (Hickson et al., 1982· Hickson et al., 1985). Αντίθετα, όλες οι προσαρμογές της αερόβιας προπόνησης υποχώρησαν μετά από 12 εβδομάδες πλήρους διακοπής της άσκησης στην ομάδα αποπροπόνησης.

Η διατήρηση των προσαρμογών που προκαλούνται από την προπόνηση κατά τη διάρκεια, μικρού διαστήματος, περιόδου μειωμένης συχνότητας προπόνησης φαίνεται να εξαρτάται από την ένταση και τον όγκο της προπόνησης. Πράγματι, έχει αναφερθεί ότι εάν η ένταση και ο όγκος της προπόνησης διατηρηθούν στα ίδια επίπεδα με αυτά που εκτελούνται κατά τη συστηματική περίοδο προπόνησης, η πλειονότητα των προσαρμογών που προκαλούνται από την προπόνηση θα διατηρηθεί, τουλάχιστον εάν το προπονητικό ερέθισμα παρέχεται μία φορά την εβδομάδα (Graves et al., 1988· Sallinen et al., 2007). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, φαίνεται ότι ακόμη και αν το προπονητικό ερέθισμα παρέχεται μία φορά κάθε 14 ημέρες με την ίδια ένταση και όγκο προπόνησης με αυτό που χρησιμοποιήθηκε κατά την περίοδο της συστηματικής προπόνησης, οι περισσότερες από τις προσαρμογές που προκαλούνται από την προπόνηση διατηρούνται έως και 90-95%. Η ένταση της προπόνησης είναι βασικός παράγοντας για την αύξηση της μυϊκής δύναμης. Αυτό συμβαίνει πιθανώς επειδή η δύναμη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό όχι μόνο από τη μυϊκή μάζα αλλά και από άλλους παράγοντες όπως νευρομυϊκούς παράγοντες που ωφελούνται περισσότερο από εκρηκτικές και/ή προσπάθειες με υψηλό φορτίο (Baechle & Earle, 2002). Πράγματι, σε παλαιότερη μελέτη έχει βρεθεί πως άτομα μέσης ηλικίας αλλά και άτομα μεγαλύτερης ηλικίας παρουσίασαν μεγάλες αυξήσεις στη δύναμη (35%-65%) παρόλο που υπήρξε, συγκριτικά, μικρή αύξηση της μυϊκής μάζας (2%-10%) (Hakkinen et al., 1998), υποδηλώνοντας μια όχι τόσο μεγάλη σύνδεση μεταξύ της μυϊκής ανάπτυξης και τις αυξήσεις της δύναμης, στη συγκεκριμένη μελέτη. Επιπλέον, η καλύτερη ενεργοποίηση της κινητικής μονάδας, ο καλύτερος συντονισμός αγωνιστών ή/και η αναστολή ανταγωνιστών, η κινητοποίηση μυϊκών ινών ταχείας συστολής, που επηρεάζουν την απόδοση της δύναμης, “επιμένουν” περισσότερο στη διατήρησή τους

σε μια περίοδο αποπροπόνησης και μειωμένης συχνότητας προπόνησης, σε σχέση με τη μυϊκή μάζα (Häkkinen et al., 1998). Πράγματι, οι αυξήσεις της νευρικής ενεργοποίησης που παρατηρούνται με την προπόνηση με αντιστάσεις μπορούν να διατηρηθούν για αρκετές εβδομάδες αποπροπόνησης (Häkkinen & Komi, 1983· Narici et al., 1989). Μάλιστα, μελέτη των Kubo και συν. (2010) παρουσιάζει ότι οι βελτιώσεις της δύναμης, της ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων και τα επίπεδα της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια μέγιστων συσπάσεων, κράτησαν για τουλάχιστον 3 μήνες αποπροπόνησης σε νεαρά άτομα (Kubo et al., 2010). Επομένως, ακόμη και ένα ερέθισμα υψηλής έντασης προπόνησης 1 φορά κάθε 14 μέρες, πιθανόν να είναι αρκετό ώστε οι νευρικές προσαρμογές να διατηρηθούν σε μεγάλο ποσοστό, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση της μυϊκής δύναμης, ανεξάρτητα από τη ταυτόχρονη διατήρηση της μυϊκής μάζας σε υψηλά επίπεδα. Από την άλλη, αυτό δεν φαίνεται να συμβαίνει και με τη μυϊκή ισχύ. Στη παρούσα μελέτη βρέθηκε πως κάνοντας προπόνηση τουλάχιστον μια φορά κάθε 7 μέρες, δεν υπάρχει απώλεια των προσαρμογών της μυϊκής δύναμης, για τουλάχιστον 12 εβδομάδες. Αντίθετα, υπήρξε σημαντική μείωση της μυϊκής ισχύος, παρόλο που παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα, ακόμη και με προπόνηση μια φορά την εβδομάδα. Σε αντίθεση με τη διατήρηση της μυϊκής δύναμης, πιθανόν ούτε η διατήρηση της μυϊκής μάζας αλλά ούτε η διατήρηση των νευρομυϊκών προσαρμογών (π.χ. η καλύτερη ενεργοποίηση της κινητικής μονάδας, ο καλύτερος συντονισμός αγωνιστών ή/και η αναστολή ανταγωνιστών, η κινητοποίηση μυϊκών ινών ταχείας συστολής), είναι αρκετά ώστε να υπάρξει πλήρης διατήρηση των προσαρμογών της μυϊκής ισχύος μετά από συστηματική προπόνηση. Μια πιθανή εξήγηση μπορεί να είναι ο τύπος των μυϊκών ινών και οι αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτές μέσω της προπόνησης με αντιστάσεις και πιο συγκεκριμένα με τη προπόνηση μυϊκής ισχύος (Bickel et al., 2011). Δυστυχώς στη συγκεκριμένη μελέτη δεν ήταν εφικτό να πραγματοποιηθούν μυϊκές βιοψίες για να έχουμε πληροφορίες σχετικά με την κατανομή και τον τύπο των μυϊκών ινών και τις όποιες αλλαγές συμβαίνουν μετά από τη συστηματική προπόνηση και κυρίως μετά τη περίοδο μειωμένης συχνότητας προπόνησης. Επιπλέον, ο όγκος προπόνησης φαίνεται να είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες για την υπερτροφία των μυών, με τους υψηλούς όγκους προπόνησης να οδηγούν σε σημαντικά μεγαλύτερες προσαρμογές στη μυϊκή μάζα ανεξάρτητα από την ένταση του εξωτερικού φορτίου, εφόσον τα άτομα κάνουν προπόνηση μέχρι τη μυϊκή αποτυχία ή τουλάχιστον φτάνουν κοντά σε αυτή (Morton et al., 2016). Για παράδειγμα, έχει βρεθεί πως και χαμηλά φορτία με μεγάλο αριθμό επαναλήψεων (20-25 επαναλήψεις με ένταση 30-50% MAE) αλλά και υψηλά φορτία με λίγες επαναλήψεις (8-12 επαναλήψεις με ένταση 75-90% MAE) είχαν ως αποτέλεσμα ίδιες βελτιώσεις στη μυϊκή μάζα, αν και τα δύο πρωτόκολλα έχουν τον ίδιο προπονητικό όγκο και πραγματοποιούνται μέχρι τη μυϊκή εξάντληση (Baechle & Earle, 2008).

Στην πραγματικότητα, η περίοδος αποπροπόνησης είχε ως αποτέλεσμα την πλήρη απώλεια της επίδοσης αλλά και των φυσιολογικών προσαρμογών στην ομάδα προπόνησης 1/7 αλλά και στην ομάδα προπόνησης 1/14 φτάνοντας στα αρχικά επίπεδα πριν την έναρξη της προπόνησης. Βέβαια παραμένει άγνωστος ο ρυθμός μείωσης των προσαρμογών αυτών στα δύο αυτά προπονητικά πρωτόκολλα, παρά την όμοια κατάληξη τους. Για παράδειγμα ο ρυθμός μείωσης, κατά την περίοδο αποπροπόνησης, στην ομάδα προπόνησης 1/7 ίσως ήταν πιο αργός τις πρώτες εβδομάδες αποπροπόνησης, σε σχέση με την ομάδα προπόνησης 1/14. Προηγούμενες μελέτες δείχνουν ότι η μυϊκή δύναμη επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα, πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης, μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (de Jesus Leite et al. 2021· Häkkinen et al. 2022), ότι η μυϊκή ισχύς

επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα, πριν την έναρξη της συστηματικής προπόνησης, μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (Juarez et al., 2009· Lovell et al., 2010· Pereira et al., 2012), καθώς και η μυϊκή υπερτροφία (Andersen et al. 2005· Leger et al. 2006· Correa et al. 2013) και αερόβια απόδοση (Sousa et al. 2020).

Η συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις και αερόβια προπόνηση υψηλής έντασης προκαλούν θετικές προσαρμογές στη μυϊκή δύναμη, μυϊκή μάζα και αερόβια ικανότητα (Tsitkanou et al. 2017· Spiliouroulou et al., 2019). Η παρούσα μελέτη υποστηρίζει και επιβεβαιώνει αυτά τα δεδομένα. Μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης με αντίστασης και αερόβιας προπόνησης υψηλής έντασης βρέθηκαν σημαντικές αυξήσεις στη μυϊκή δύναμη, τη μυϊκή μάζα και την αερόβια ισχύ. Οι αυξήσεις της μυϊκής δύναμης που προκαλούνται από την προπόνηση με αντιστάσεις αποδίδονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό στην μυϊκή υπερτροφία και τις νευρικές προσαρμογές. Επομένως, εκτός από τις νευρικές προσαρμογές, η αύξηση της μυϊκής δύναμης μπορεί να οφείλεται εν μέρει στην αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας του τετρακέφαλου μυός. Επιπρόσθετα, οι αυξήσεις στη μυϊκή δύναμη και την εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός συνοδεύτηκαν από αυξήσεις στο πάχος του έξω πλατύ μηριαίου μυός και στη γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων του έξω πλατύ μηριαίου μυός μετά το τέλος της συστηματικής προπόνησης. Σύμφωνα με μελέτες, το πάχος των μυών και η γωνία πρόσφυσης των μυϊκών δεματίων (Aagaard et al., 2001· Cormie et al., 2010· Zaras et al., 2014) έχουν συσχετιστεί με την παραγωγή μυϊκής δύναμης. Η προσθήκη ποδηλασίας υψηλής έντασης στην άσκηση με αντιστάσεις προκάλεσε σημαντικές καρδιαγγειακές προσαρμογές που οδηγούν σε βελτιωμένη αερόβια ισχύ και καρδιακό ρυθμό άσκησης. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει πως η άσκηση με αντιστάσεις δεν αναστέλλει τις προσαρμογές που προκαλεί η αερόβια προπόνηση που εκφράζονται είτε ως VO₂max, μέγιστη αερόβια ισχύ ή αερόβια ικανότητα μέχρι την εξάντληση (Hakkinen et al., 2003· Cadore et al., 2012· Cantrell et al., 2014· Fyfe et al., 2016) και αντίστροφα, η αερόβια προπόνηση υψηλής έντασης (ποδηλασία) δεν αναστέλλει τις προσαρμογές που επιφέρει η άσκηση με αντιστάσεις σε μυϊκή δύναμη και μυϊκή μάζα (Tsitkanou et al., 2017· Spiliouroulou et al., 2019). Αντίθετα, η επίδοση στο κατακόρυφο άλμα με αιώρηση (ύψος άλματος, μέγιστη ισχύς) δεν αυξήθηκε μετά την προπόνηση, παρόλο που η προπόνηση με αντιστάσεις επιφέρει αυξήσεις στη μυϊκή δύναμη και στη μυϊκή μάζα, επομένως, επιφέρει, σε έναν βαθμό, αύξηση της μυϊκής ισχύος (Zaras et al. 2013· Stasinaki et al. 2015). Η προσθήκη αερόβιας άσκησης μετά την προπόνηση με αντιστάσεις φαίνεται να αναστέλλει τις προσαρμογές στην απόδοση στο άλμα και κατά συνέπεια τη μυϊκή ισχύ (Jones et al., 2016· Terzis et al. 2016· Spiliouroulou et al., 2019· Lee et al., 2020) παρόλο που μπορεί να υπάρχει αύξηση της μυϊκής δύναμης και της μυϊκής μάζας. Αντίθετα, στην παρούσα μελέτη, φαίνεται πως η συνδυαστική βαλλιστική προπόνηση με αντιστάσεις για τα άνω άκρα και αερόβια προπόνηση για τα κάτω άκρα δεν αναστέλλει τις προσαρμογές της μυϊκής ισχύος των άνω άκρων. Τα δεδομένα αυτά συμφωνούν και με μελέτη του Hendrickson και συν. (201) όπου μετά από συνδυαστική προπόνηση δύναμης και αερόβιας άσκησης παρατήρησε αύξηση της μυϊκής ισχύος στις βαλλιστικές πιέσεις στήθους (Hendrickson et al., 2010). Αυτό υποδηλώνει πως άλλες βιολογικές προσαρμογές, πέρα από τις αυξήσεις στη μυϊκή δύναμη και τη μυϊκή υπερτροφία, μπορεί να ευθύνονται για την έλλειψη ύπαρξης προσαρμογών στην απόδοση του άλματος με αυτόν τον τύπο συνδυαστικής προπόνησης.

Από όσο γνωρίζουμε μέχρι τώρα, αυτή είναι η πρώτη μελέτη που αξιολογεί την επίδραση δύο διαφορετικών μειωμένων συχνοτήτων συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας άσκησης, κάθε 7 ή 14 ημέρες, μετά από 12 εβδομάδες

συνδυαστικής προπόνησης με αντίστασης και αερόβιας άσκησης στη μυϊκή δύναμη και τη μορφολογία νεαρών γυναικών. Η μελέτη αυτή παρέχει πρακτικές εφαρμογές για άτομα που αναζητούν βελτιώσεις σχετικά με την υγεία στη μυϊκή δύναμη και την υπερτροφία, καθώς και στην καρδιαγγειακή αντοχή, αλλά έχουν περιορισμένο χρόνο για να αφιερώσουν στην άσκηση. Τα παραπάνω δεδομένα υποδηλώνουν ότι για να διατηρηθούν οι επιδόσεις δύναμης, αερόβιας ικανότητας και οι αυξήσεις στη μορφολογικά των μυών μετά από ένα τυποποιημένο πρόγραμμα συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης, η ένταση και ο όγκος της προπόνησης κατά τη μειωμένη συχνότητα προπόνησης πρέπει να διατηρηθούν στο επίπεδο που χρησιμοποιήθηκαν στη συστηματική προπόνηση. Δυστυχώς, δεν ήταν εφικτό να αξιολογηθεί η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της προπόνησης και αποπροπόνησης, επομένως είναι αδύνατο να σχολιαστεί η επίδραση των νευρομυϊκών προσαρμογών με διαφορετικές παρεμβάσεις κατά τη διάρκεια της προπόνησης και της αποπροπόνησης. Επιπλέον, δεν είναι γνωστό εάν τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να εφαρμοστούν σε μεσήλικες ή ηλικιωμένους, κάτι που θα ήταν ενδιαφέρον λόγω του πιθανού υψηλότερου ποσοστού, αλλά ίσως και ρυθμού, απώλειας μυϊκής μάζας σε αυτούς τους πληθυσμούς.

Συμπερασματικά, αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η μυϊκή δύναμη διατηρείται με μόλις 3 προπονήσεις σε 6 εβδομάδες (μία κάθε 14 ημέρες), μετά από μια περίοδο συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης. Εάν αυτή η διμηνιαία συχνότητα προπόνησης συνεχιστεί για 6 ακόμη εβδομάδες, τόσο η μυϊκή δύναμη/μάζα όσο και η αερόβια ισχύς μειώνονται σημαντικά, ωστόσο οι περισσότερες από τις βελτιώσεις που προκαλούνται από την προπόνηση διατηρούνται. Επομένως, η εκτέλεση μιας προπόνησης κάθε 2 εβδομάδες για 3 μήνες μετά τη διακοπή της συστηματικής συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης μπορεί να διατηρήσει έως και 90-95% της μυϊκής δύναμης, της μυϊκής μάζας και των προσαρμογών αερόβιας ισχύος που επιτυγχάνονται, εάν η ένταση και ο όγκος της προπόνησης είναι επαρκής. Επιπλέον, αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η μυϊκή ισχύς των άνω άκρων μειώνεται σημαντικά όταν η συχνότητα βαλλιστικής προπόνησης μειώνεται σε μία συνεδρία κάθε εβδομάδα ή μία συνεδρία κάθε 14 ημέρες. Ωστόσο, η συνέχιση της προπόνησης με την ίδια ένταση και όγκο μπορεί να διατηρήσει ένα μεγάλο μέρος των προσαρμογών της μυϊκής ισχύος που επιτυγχάνονται μετά την αρχική περίοδο προπόνησης, σε νεαρές γυναίκες χωρίς μεγάλη προπονητική εμπειρία σε άσκηση με αντιστάσεις. Επιπλέον φαίνεται πως η αερόβια άσκηση (έντονη διαλειμματική ποδηλασία) δεν αναστέλλει την αύξηση της μυϊκής ισχύος των άνω άκρων. Έτσι, όταν οι ασκούμενοι αναγκάζονται να μειώσουν τη συχνότητα άσκησής τους, ακόμη και μια προπόνηση κάθε 14 ημέρες μπορεί να είναι ευεργετική για τη διατήρηση των οφελών που προκαλούνται από την άσκηση στην απόδοση και την υγεία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Aagaard, P. (2003). Training-Induced Changes in Neural Function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(2), 61–67. <https://doi.org/10.1097/00003677-200304000-00002>
- Aagaard, P., & Andersen, J. L. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(8), 1217–1222. <https://doi.org/10.1097/00005768-199808000-00006>
- Aagaard, P., Andersen, J. L., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J. L., Cramer, R., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(6), e298–e307. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01283.x>
- Aagaard P., Simonsen, E., B., Andersen, J., L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 93: 1318–1326. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00283.2002>
- Aagaard P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 49-64. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01084.x>
- Abernethy, P. J., & Quigley, B. M. (1993). Concurrent Strength and Endurance Training of the Elbow Extensors. *Journal of Strength and Conditioning Research* 7(4), 234-240.
- A.C.S.M. (2008). Laboratory Submaximal Exercise Testing: YMCA Cycle Ergometer Test. ACSM's *Health-Related Physical Fitness Assessment Manual*. (2nd ed., pp. 112-116). Philadelphia, USA: Wolters Kluwer.
- Ahtiainen, J. P., Hulmi, J. J., Kraemer, W. J., Lehti, M., Pakarinen, A., Mero, A. A., Karavirta, L., Sillanpää, E., Selänne, H., Alen, M., Komulainen, J., Kovanen, V., Nyman, K., & Häkkinen, K. (2009). Strength, endurance or combined training elicit diverse skeletal muscle myosin heavy chain isoform proportion but unaltered androgen receptor concentration in older men. *International journal of sports medicine*, 30(12), 879–887. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1238290>
- Andersen, L. L., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., & Aagaard, P. (2005). Neuromuscular adaptations to detraining following resistance training in previously untrained subjects. *European journal of applied physiology*, 93(5-6), 511–518. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1297-9>
- Andersen L., L., Andersen, J., L., Zebis, M., K., & Aagaard P. (2010) Early and late rate of force development: Differential adaptive responses to resistance training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 162–169. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00933.x>
- Annesi, J. J., & Westcott, W. L. (2004). Relationship of feeling states after exercise and Total Mood Disturbance over 10 weeks in formerly sedentary women. *Perceptual and motor skills*, 99(1), 107–115. <https://doi.org/10.2466/pms.99.1.107-115>
- Annesi, J. J., Westcott, W. L., LaRosa Loud R., & Powers L. (2004). Effects of association and dissociation formats on resistance exercise-induced emotion

- change and physical self-concept in older women. *Journal of Mental Health and Aging* 10(2), 87-98.
- Annesi, J. J., & Westcott, W. L. (2007). Relations of physical self-concept and muscular strength with resistance Exercise-induced Feeling State scores in older women. *Perceptual and motor skills*, 104(1), 183–190. <https://doi.org/10.2466/pms.104.1.183-190>
- Arazi, H., Samadpour, M., & Eghbali, E. (2018). The effects of concurrent training (aerobic-resistance) and milk consumption on some markers of bone mineral density in women with osteoporosis. *BMC Women's Health*, 18(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12905-018-0694-x>
- Baar, K. (2006). Training for endurance and strength: Lessons from cell signaling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1939–1944. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000233799.62153.19>
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). Essentials of strength training and conditioning. Champaign, IL: HumanKinetics.
- Balabinis, C. P., Psarakis, C. H., Moukas, M., Vassiliou, M. P., & Behrakis, P. K. (2003). Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *Journal of strength and conditioning research*, 17(2), 393–401. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0393:epcbce>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0393:epcbce>2.0.co;2)
- Banister, E. W., Carter, J. B., & Zarkadas, P. C. (1999). Training theory and taper: validation in triathlon athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 79(2), 182–191. <https://doi.org/10.1007/s004210050493>
- Bell, G. J., Petersen, S. R., Wessel, J., Bagnall, K., & Quinney, H. A. (1991). Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. *International journal of sports medicine*, 12(4), 384–390. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024699>
- Bell, G. J., Syrotuik, D., Martin, T. P., Burnham, R., & Quinney, H. A. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European journal of applied physiology*, 81(5), 418–427. <https://doi.org/10.1007/s004210050063>
- Bell, G., Syrotuik, D., Socha, T., Maclean, I., Quinney, H. A. (1997). Effect of Strength Training and Concurrent Strength and Endurance Training on Strength, Testosterone, and Cortisol. *Journal of Strength and Conditioning Research* 11(1), 57-64.
- Berryman, N., Mujika, I., & Bosquet, L. (2020). Effects of Short-Term Concurrent Training Cessation on the Energy Cost of Running and Neuromuscular Performances in Middle-Distance Runners. *Sports (Basel, Switzerland)*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.3390/sports9010001>
- Bickel, C. S., Cross, J. M., & Bamman, M. M. (2011). Exercise dosing to retain resistance training adaptations in young and older adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1177–1187. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318207c15d>
- Billinger, S. A., Arena, R., Bernhardt, J., Eng, J. J., Franklin, B. A., Johnson, C. M., Mackay-Lyons, M., Macko, R. F., Mead, G. E., Roth, E. J., Shaughnessy, M., & Tang, A. (2014). Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 45(8), 2532–2553. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000022>
- Bishop, D. J., Granata, C., & Eynon, N. (2014). Can we optimise the exercise training prescription to maximise improvements in mitochondria function and

- content?. *Biochimica et biophysica acta*, 1840(4), 1266–1275.
<https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2013.10.012>
- Blazevich A., J. (2006). Effects of physical training and detraining, immobilisation, growth and aging on human fascicle geometry. *Sports Medicine*, 36 (12), 1003–1017. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636120-00002>
- Blocquiaux, S., Gorski, T., Van Roie, E., Ramaekers, M., Van Thienen, R., Nielens, H., Delecluse, C., De Bock, K., & Thomis, M. (2020). The effect of resistance training, detraining and retraining on muscle strength and power, myofibre size, satellite cells and myonuclei in older men. *Experimental gerontology*, 133, 110860. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110860>
- Bogdanis, G., Tsoukos, A., Methenitis, S., Selima, E., Veligekas, P., & Terzis, G. (2019). Effects of low volume isometric leg press complex training at two knee angles on force-angle relationship and rate of force development. *European Journal of Sport Science*, 19(3), 345–353. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1510989>
- Bojsen-Møller, J., Magnusson, S. P., Rasmussen, L. R., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2005). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 99(3), 986–994. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01305.2004>
- Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*.
- Burton, E., Hill, A. M., Pettigrew, S., Lewin, G., Bainbridge, L., Farrier, K., Airey, P., & Hill, K. D. (2017). Why do seniors leave resistance training programs? *Clinical Interventions in Aging*, 12, 585–592. <https://doi.org/10.2147/CIA.S128324>
- Butler, R. J., Crowell, H. P., 3rd, & Davis, I. M. (2003). Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 18(6), 511–517. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(03\)00071-8](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(03)00071-8)
- Cadore, E. L., Izquierdo, M., Alberton, C. L., Pinto, R. S., Conceição, M., Cunha, G., Radaelli, R., Bottaro, M., Trindade, G. T., & Krueel, L. F. (2012). Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Experimental gerontology*, 47(2), 164–169. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2011.11.013>
- Cadore, E. L., Pinto, R. S., Lhullier, F. L., Correa, C. S., Alberton, C. L., Pinto, S. S., Almeida, A. P., Tartaruga, M. P., Silva, E. M., & Krueel, L. F. (2010). Physiological effects of concurrent training in elderly men. *International journal of sports medicine*, 31(10), 689–697. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1261895>
- Camacho-Cardenosa, A., Camacho-Cardenosa, M., Brazo-Sayavera, J., Timón, R., González-Custodio, A., & Olcina, G. (2020). Repeated sprint in hypoxia as a time-metabolic efficient strategy to improve physical fitness of obese women. *European journal of applied physiology*, 120(5), 1051–1061. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04344-2>
- Cantrell, G. S., Schilling, B. K., Paquette, M. R., & Murlasits, Z. (2014). Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *European journal of applied physiology*, 114(4), 763–771. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2811-8>
- Celestrin, C. P., Rocha, G. Z., Stein, A. M., Guadagnini, D., Tadelle, R. M., Saad, M. J. A., & Oliveira, A. G. (2020). Effects of a four week detraining period on physical, metabolic, and inflammatory profiles of elderly women who regularly participate in a program of strength training. *European review of aging and physical activity : official journal of the European Group for Research into*

- Elderly and Physical Activity*, 17, 12. <https://doi.org/10.1186/s11556-020-00244-8>
- Chou, L. W., Kesar, T. M., & Binder-Macleod, S. A. (2008). Using customized rate-coding and recruitment strategies to maintain forces during repetitive activation of human muscles. *Physical therapy*, 88(3), 363–375. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070201>
- Collins, M. A., & Snow, T. K. (1993). Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training?. *Journal of sports sciences*, 11(6), 485–491. <https://doi.org/10.1080/02640419308730017>
- Conley, D. L., Krahenbuhl, G. S., & Burkett, L. N. (1981). Training for aerobic capacity and running economy. *The Physician and Sports Medicine*, 9(4), 107–146. <https://doi.org/10.1080/00913847.1981.11711060>
- Correa, C. S., Baroni, B. M., Radaelli, R., Lanferdini, F. J., Cunha, G.dosS., Reischak-Oliveira, Á., Vaz, M. A., & Pinto, R. S. (2013). Effects of strength training and detraining on knee extensor strength, muscle volume and muscle quality in elderly women. *Age (Dordrecht, Netherlands)*, 35(5), 1899–1904. <https://doi.org/10.1007/s11357-012-9478-7>
- Cormie P., McGuigan M. R., & Newton R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17-38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Costill, D. L., Coyle, E. F., Fink, W. F., Lesmes, G. R., & Witzmann, F. A. (1979). Adaptations in skeletal muscle following strength training. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 46(1), 96–99. <https://doi.org/10.1152/jappl.1979.46.1.96>
- Costill, D. L., Thomas, R., Robergs, R. A., Pascoe, D., Lambert, C., Barr, S., & Fink, W. J. (1991). Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Medicine and Science Sports Exercise*, 23(3), 371-377.
- Courneya, K. S., Segal, R. J., Mackey, J. R., Gelmon, K., Reid, R. D., Friedenreich, C. M., Ladha, A. B., Proulx, C., Vallance, J. K., Lane, K., Yasui, Y., & McKenzie, D. C. (2007). Effects of aerobic and resistance exercise in breast cancer patients receiving adjuvant chemotherapy: a multicenter randomized controlled trial. *Journal of clinical oncology : official journal of the American Society of Clinical Oncology*, 25(28), 4396–4404. doi:10.1200/JCO.2006.08.2024
- Coyle E. F. (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and sport sciences reviews*, 23, 25–63.
- Coyle, E. F., Hemmert, M. K., & Coggan, A. R. (1986). Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: role of blood volume. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 60(1), 95–99. doi:10.1152/jappl.1986.60.1.95
- Craig, B. W., Lucas, J., Pohlman, R., & Stelling, H. (1991). The Effects of Running, Weightlifting and a Combination of Both on Growth Hormone Release. *Journal of Strength and Conditioning Research* 5(4), 198-203.
- Cunha, P. M., Werneck, A. O., Santos, L. D., Oliveira, M. D., Zou, L., Schuch, F. B., & Cyrino, E. S. (2024). Can resistance training improve mental health outcomes in older adults? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychiatry research*, 333, 115746. doi:10.1016/j.psychres.2024.115746
- Cunningham, D. A., & Hill, J. S. (1975). Effect of training on cardiovascular response to exercise in women. *Journal of applied physiology*, 39(6), 891–895. doi:10.1152/jappl.1975.39.6.891

- Cussler, E. C., Lohman, T. G., Going, S. B., Houtkooper, L. B., Metcalfe, L. L., Flint-Wagner, H. G., Harris, R. B., & Teixeira, P. J. (2003). Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(1), 10–17. doi:10.1097/00005768-200301000-00003
- Daussin, F. N., Zoll, J., Dufour, S. P., Ponsot, E., Lonsdorfer-Wolf, E., Doutreleau, S., Mettauer, B., Piquard, F., Geny, B., & Richard, R. (2008). Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 295(1), R264–R272. doi:10.1152/ajpregu.00875.2007
- de Souza, E. O., Tricoli, V., Aoki, M. S., Roschel, H., Brum, P. C., Bacurau, A. V., Silva-Batista, C., Wilson, J. M., Neves, M., Jr, Soares, A. G., & Ugrinowitsch, C. (2014). Effects of concurrent strength and endurance training on genes related to myostatin signaling pathway and muscle fiber responses. *Journal of strength and conditioning research*, 28(11), 3215–3223. doi:10.1519/JSC.0000000000000525
- de Souza, E. O., Tricoli, V., Roschel, H., Brum, P. C., Bacurau, A. V., Ferreira, J. C., Aoki, M. S., Neves, M., Jr, Aihara, A. Y., da Rocha Correa Fernandes, A., & Ugrinowitsch, C. (2013). Molecular adaptations to concurrent training. *International journal of sports medicine*, 34(3), 207–213. doi:10.1055/s-0032-1312627
- Dolezal, B. A., & Potteiger, J. A. (1998). Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 85(2), 695–700. doi:10.1152/jappl.1998.85.2.695
- Doma, K., Deakin, G. B., & Bentley, D. J. (2017). Implications of Impaired Endurance Performance following Single Bouts of Resistance Training: An Alternate Concurrent Training Perspective. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(11), 2187–2200. doi:10.1007/s40279-017-0758-3
- Dudley, G. A., & Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 59(5), 1446–1451. doi:10.1152/jappl.1985.59.5.1446
- Eklund, D., Pulverenti, T., Bankers, S., Avela, J., Newton, R., Schumann, M., & Häkkinen, K. (2015). Neuromuscular adaptations to different modes of combined strength and endurance training. *International journal of sports medicine*, 36(2), 120–129. doi:10.1055/s-0034-1385883
- Elliott, K. J., Sale, C., & Cable, N. T. (2002). Effects of resistance training and detraining on muscle strength and blood lipid profiles in postmenopausal women. *British journal of sports medicine*, 36(5), 340–344. doi:10.1136/bjism.36.5.34
- Evans W. J. (2004). Protein nutrition, exercise and aging. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(6 Suppl), 601S–609S. doi:10.1080/07315724.2004.10719430
- Fatouros, I. G., Kambas, A., Katrabasas, I., Nikolaidis, K., Chatzinikolaou, A., Leontsini, D., & Taxildaris, K. (2005). Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. *British journal of sports medicine*, 39(10), 776–780. https://doi.org/10.1136/bjism.2005.019117
- Faul F., Erdfelder E., Buchner A., & Lang A., G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149

- Filho, M. M., Venturini, G. R. D. O., Moreira, O. C., Leitão, L., Mira, P. A. C., de Castro, J. B. P., Aidar, F. J., Novaes, J. D. S., Vianna, J. M., & Caputo Ferreira, M. E. (2022). Effects of Different Types of Resistance Training and Detraining on Functional Capacity, Muscle Strength, and Power in Older Women: A Randomized Controlled Study. *Journal of strength and conditioning research*, 36(4), 984–990. doi:10.1519/JSC.0000000000004195
- Fyfe, J. J., Bartlett, J. D., Hanson, E. D., Stepto, N. K., & Bishop, D. J. (2016). Endurance Training Intensity Does Not Mediate Interference to Maximal Lower-Body Strength Gain during Short-Term Concurrent Training. *Frontiers in physiology*, 7, 487. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00487>
- Gamelin, F. X., Berthoin, S., Sayah, H., Libersa, C., & Bosquet, L. (2007). Effect of training and detraining on heart rate variability in healthy young men. *International journal of sports medicine*, 28(7), 564–570. doi:10.1055/s-2007-964861
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., Nieman, D. C., & Swain, D. P. (2011). Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb>
- Gettman, L. R., Ward, P., & Hagan, R. D. (1982). A comparison of combined running and weight training with circuit weight training. *Medicine and science in sports and exercise*, 14(3), 229–234.
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *The Journal of physiology*, 590(5), 1077–1084. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2011.224725>
- Gillen, J. B., & Gibala, M. J. (2014). Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness?. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 39(3), 409–412. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0187>
- Global Recommendations on Physical Activity for Health. (2010). World Health Organization.
- Glowacki, S. P., Martin, S. E., Maurer, A., Baek, W., Green, J. S., & Crouse, S. F. (2004). Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(12), 2119–2127. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000147629.74832.52>
- Gordon, A. M., Huxley, A. F., & Julian, F. J. (1966). The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. *The Journal of physiology*, 184(1), 170–192. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1966.sp007909>
- Graves, J. E., Pollock, M. L., Leggett, S. H., Braith, R. W., Carpenter, D. M., & Bishop, L. E. (1988). Effect of reduced training frequency on muscular strength. *International journal of sports medicine*, 9(5), 316–319. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1025031>
- Hackney, K. J., Engels, H. J., & Gretebeck, R. J. (2008). Resting energy expenditure and delayed-onset muscle soreness after full-body resistance training with an eccentric concentration. *Journal of strength and conditioning research*, 22(5), 1602–1609. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31818222c5>
- Hagerman, F. C., Walsh, S. J., Staron, R. S., Hikida, R. S., Gilders, R. M., Murray, T. F., Toma, K., & Ragg, K. E. (2000). Effects of high-intensity resistance training

- on untrained older men. I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 55(7), B336–B346. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.7.b336>
- Häkkinen, A., Hannonen, P., Nyman, K., Lyyski, T., & Häkkinen, K. (2003). Effects of concurrent strength and endurance training in women with early or longstanding rheumatoid arthritis: comparison with healthy subjects. *Arthritis and rheumatism*, 49(6), 789–797. <https://doi.org/10.1002/art.11466>
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J., & Paavolainen, L. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European journal of applied physiology*, 89(1), 42–52. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0751-9>
- Häkkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W. J., Newton, R. U., & Alen, M. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 84(4), 1341–1349. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.4.1341>
- Häkkinen, K., & Keskinen, K. L. (1989). Muscle cross-sectional area and voluntary force production characteristics in elite strength- and endurance-trained athletes and sprinters. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 59(3), 215–220. <https://doi.org/10.1007/BF02386190>
- Häkkinen, K., Komi, P. V., & Alén, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta physiologica Scandinavica*, 125(4), 587–600. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1985.tb07759.x>
- Häkkinen, K., Komi, P., & Tesch, P. (1981). Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 3(2), 50–58.
- Häkkinen, K., & Komi, P. V. (1983). Electromyographic changes during strength training and detraining. *Medicine and science in sports and exercise*, 15(6), 455–460.
- Häkkinen, K., Newton, R. U., Walker, S., Häkkinen, A., Krapic, S., Rekola, R., Koponen, P., Kraemer, W. J., Haff, G. G., Blazevich, A. J., Nosaka, K., & Ahtiainen, J. (2022). Effects of Upper Body Eccentric versus Concentric Strength Training and Detraining on Maximal Force, Muscle Activation, Hypertrophy and Serum Hormones in Women. *Journal of sports science & medicine*, 21(2), 200–213. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.200>
- Haltom, R. W., Kraemer, R. R., Sloan, R. A., Hebert, E. P., Frank, K., & Tryniecki, J. L. (1999). Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(11), 1613–1618. <https://doi.org/10.1097/00005768-199911000-00018>
- Harber, M. P., Konopka, A. R., Udem, M. K., Hinkley, J. M., Minchev, K., Kaminsky, L. A., Trappe, T. A., & Trappe, S. (2012). Aerobic exercise training induces skeletal muscle hypertrophy and age-dependent adaptations in myofiber function in young and older men. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 113(9), 1495–1504. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00786.2012>

- Hatle, H., Støbakk, P. K., Mølmen, H. E., Brønstad, E., Tjønn, A. E., Steinshamn, S., Skogvoll, E., Wisløff, U., Ingul, C. B., & Rognmo, Ø. (2014). Effect of 24 sessions of high-intensity aerobic interval training carried out at either high or moderate frequency, a randomized trial. *PloS one*, 9(2), e88375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088375>
- Hawley J. A. (2002). Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, 29(3), 218–222. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2002.03623.x>
- Haykowsky, M., McGavock, J., Vonder Muhll, I., Koller, M., Mandic, S., Welsh, R., & Taylor, D. (2005). Effect of exercise training on peak aerobic power, left ventricular morphology, and muscle strength in healthy older women. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 60(3), 307–311. <https://doi.org/10.1093/gerona/60.3.307>
- Heden, T., Lox, C., Rose, P., Reid, S., & Kirk, E. P. (2011). One-set resistance training elevates energy expenditure for 72 h similar to three sets. *European journal of applied physiology*, 111(3), 477–484. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1666-5>
- Hendrickson, N. R., Sharp, M. A., Alemany, J. A., Walker, L. A., Harman, E. A., Spiering, B. A., Hatfield, D. L., Yamamoto, L. M., Maresh, C. M., Kraemer, W. J., & Nindl, B. C. (2010). Combined resistance and endurance training improves physical capacity and performance on tactical occupational tasks. *European journal of applied physiology*, 109(6), 1197–1208. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1462-2>
- Hennessy, L. C., & Watson, A. W. S. (1994). The Interference Effects of Training for Strength and Endurance Simultaneously. *Journal of Strength and Conditioning Research* 8(1), 12-19.
- Hickson R. C. (1980). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 45(2-3), 255–263. <https://doi.org/10.1007/BF00421333>
- Hickson, R. C., Foster, C., Pollock, M. L., Galassi, T. M., & Rich, S. (1985). Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 58(2), 492–499. <https://doi.org/10.1152/jappl.1985.58.2.492>
- Hickson, R. C., Kanakis, C., Jr, Davis, J. R., Moore, A. M., & Rich, S. (1982). Reduced training duration effects on aerobic power, endurance, and cardiac growth. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*, 53(1), 225–229. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.53.1.225>
- Hickson, R. C., & Rosenkoetter, M. A. (1981). Reduced training frequencies and maintenance of increased aerobic power. *Medicine and science in sports and exercise*, 13(1), 13–16.
- Houmard, J. A., Tyndall, G. L., Midyette, J. B., Hickey, M. S., Dolan, P. L., Gavigan, K. E., Weidner, M. L., & Dohm, G. L. (1996). Effect of reduced training and training cessation on insulin action and muscle GLUT-4. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 81(3), 1162–1168. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.3.1162>
- Houston, M. E., Froese, E. A., Valeriote, S. P., Green, H. J., & Ranney, D. A. (1983). Muscle performance, morphology and metabolic capacity during strength training and detraining: a one leg model. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 51(1), 25–35. <https://doi.org/10.1007/BF00952534>

- Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harbor perspectives in medicine*, 8(6), a029769. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>
- Hughes, D. C., Wallace, M. A., & Baar, K. (2015). Effects of aging, exercise, and disease on force transfer in skeletal muscle. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 309(1), E1–E10. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00095.2015>
- Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., Fields, D. A., Brown, A., & Bamman, M. M. (2000). Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 89(3), 977–984. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.3.977>
- Ichinose, T. K., Inoue, Y., Hirata, M., Shamsuddin, A. K., & Kondo, N. (2009). Enhanced heat loss responses induced by short-term endurance training in exercising women. *Experimental physiology*, 94(1), 90–102. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2008.043810>
- Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Bonnabau, H., Granados, C., French, D. N., & Gorostiaga, E. M. (2007). Detraining and tapering effects on hormonal responses and strength performance. *Journal of strength and conditioning research*, 21(3), 768–775. <https://doi.org/10.1519/R-21136.1>
- Jones, T. W., Howatson, G., Russell, M., & French, D. N. (2013). Performance and neuromuscular adaptations following differing ratios of concurrent strength and endurance training. *Journal of strength and conditioning research*, 27(12), 3342–3351. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2cf39>
- Jones, T. W., Howatson, G., Russell, M., & French, D. N. (2016). Performance and Endocrine Responses to Differing Ratios of Concurrent Strength and Endurance Training. *Journal of strength and conditioning research*, 30(3), 693–702. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001135>
- Jones, T. W., Howatson, G., Russell, M., & French, D. N. (2017). Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. *European journal of sport science*, 17(3), 326–334. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1236148>
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of physiology*, 586(1), 35–44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Juárez, D., González-Ravé, J. M., & Navarro, F. (2009). Effects of Complex Vs Non Complex Training Programs on Lower Body Maximum Strength and Power. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(4), 233 – 241.
- Judge, J. O., Kleppinger, A., Kenny, A., Smith, J. A., Biskup, B., & Marcella, G. (2005). Home-based resistance training improves femoral bone mineral density in women on hormone therapy. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 16(9), 1096–1108. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1816-x>
- Kakiyama, T., Sugawara, J., Murakami, H., Maeda, S., Kuno, S., & Matsuda, M. (2005). Effects of short-term endurance training on aortic distensibility in young males. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(2), 267–271. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000152733.12578.5a>
- Kalapotharakos, V. I., Diamantopoulos, K., & Tokmakidis, S. P. (2010). Effects of resistance training and detraining on muscle strength and functional performance

- of older adults aged 80 to 88 years. *Aging clinical and experimental research*, 22(2), 134–140. <https://doi.org/10.1007/BF03324786>
- Karavirta, L., Häkkinen, A., Sillanpää, E., García-López, D., Kauhanen, A., Haapasaari, A., Alen, M., Pakarinen, A., Kraemer, W. J., Izquierdo, M., Gorostiaga, E., & Häkkinen, K. (2011). Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40-67-year-old men. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(3), 402–411. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01059.x>
- Kawakami, Y., Abe, T., & Fukunaga, T. (1993). Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 74(6), 2740–2744. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.6.2740>
- Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of strength and conditioning research*, 18(3), 675–684. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2)
- Kay, A. D., Blazevich, A. J., Fraser, M., Ashmore, L., & Hill, M. W. (2020). Isokinetic eccentric exercise substantially improves mobility, muscle strength and size, but not postural sway metrics in older adults, with limited regression observed following a detraining period. *European journal of applied physiology*, 120(11), 2383–2395. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04466-7>
- Kazior, Z., Willis, S. J., Moberg, M., Apró, W., Calbet, J. A., Holmberg, H. C., & Blomstrand, E. (2016). Endurance Exercise Enhances the Effect of Strength Training on Muscle Fiber Size and Protein Expression of Akt and mTOR. *PLoS one*, 11(2), e0149082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149082>
- Kemmler, W., von Stengel, S., Weineck, J., Lauber, D., Kalender, W., & Engelke, K. (2005). Exercise effects on menopausal risk factors of early postmenopausal women: 3-yr Erlangen fitness osteoporosis prevention study results. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(2), 194–203. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000152678.20239.76>
- Kenney, L. W., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2015). Physiology of Sport and Exercise. In *Physiology of sport and exercise* (6th ed.). Human Kinetics.
- Kerr, D., Ackland, T., Maslen, B., Morton, A., & Prince, R. (2001). Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 16(1), 175–181. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2001.16.1.175>
- Knuttgen, H. G., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of applied sport science research*, 1(1), 1-10.
- Konopka, A. R., Douglass, M. D., Kaminsky, L. A., Jemiolo, B., Trappe, T. A., Trappe, S., & Harber, M. P. (2010). Molecular adaptations to aerobic exercise training in skeletal muscle of older women. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 65(11), 1201–1207. <https://doi.org/10.1093/gerona/gdq109>
- Konopka, A. R., & Harber, M. P. (2014). Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training. *Exercise and sport sciences reviews*, 42(2), 53–61. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000007>
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T., & Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and

- skeletal muscle adaptations. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 78(3), 976–989. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.3.976>
- Kraemer, W. J., Vescovi, J. D., Volek, J. S., Nindl, B. C., Newton, R. U., Patton, J. F., Dziados, J. E., French, D. N., & Häkkinen, K. (2004). Effects of concurrent resistance and aerobic training on load-bearing performance and the Army physical fitness test. *Military medicine*, 169(12), 994–999. <https://doi.org/10.7205/milmed.169.12.994>
- Kosek, D. J., Kim, J. S., Petrella, J. K., Cross, J. M., & Bamman, M. M. (2006). Efficacy of 3 days/wk resistance training on myofiber hypertrophy and myogenic mechanisms in young vs. older adults. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 101(2), 531–544. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01474.2005>
- Kubo, K., Ikebukuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., & Kanehisa, H. (2010). Time course of changes in muscle and tendon properties during strength training and detraining. *Journal of strength and conditioning research*, 24(2), 322–331. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c865e2>
- Kubo, K., Yata, H., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2006). Effects of isometric squat training on the tendon stiffness and jump performance. *European journal of applied physiology*, 96(3), 305–314. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0087-3>
- Layne, J. E., & Nelson, M. E. (1999). The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(1), 25–30. <https://doi.org/10.1097/00005768-199901000-00006>
- Laird, R. H., 4th, Elmer, D. J., Barberio, M. D., Salom, L. P., Lee, K. A., & Pascoe, D. D. (2016). Evaluation of Performance Improvements After Either Resistance Training or Sprint Interval-Based Concurrent Training. *Journal of strength and conditioning research*, 30(11), 3057–3065. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001412>
- Lee, M. J., Ballantyne, J. K., Chagolla, J., Hopkins, W. G., Fyfe, J. J., Phillips, S. M., Bishop, D. J., & Bartlett, J. D. (2020). Order of same-day concurrent training influences some indices of power development, but not strength, lean mass, or aerobic fitness in healthy, moderately-active men after 9 weeks of training. *PloS one*, 15(5), e0233134. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233134>
- Léger, B., Cartoni, R., Praz, M., Lamon, S., Dériaz, O., Crettenand, A., Gobelet, C., Rohmer, P., Konzelmann, M., Luthi, F., & Russell, A. P. (2006). Akt signalling through GSK-3beta, mTOR and Foxo1 is involved in human skeletal muscle hypertrophy and atrophy. *The Journal of physiology*, 576(Pt 3), 923–933. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.116715>
- Leitão, L., Pereira, A., Mazini, M., Venturini, G., Campos, Y., Vieira, J., Novaes, J., Vianna, J., da Silva, S., & Louro, H. (2019). Effects of three months of detraining on the health profile of older women after a multicomponent exercise program. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(20), 2–11. <https://doi.org/10.3390/ijerph16203881>
- Leveritt, M., Abernethy, P. J., Barry, B., & Logan, P. A. (2003). Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. *Journal of strength and conditioning research*, 17(3), 503–508. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0503:csaett>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0503:csaett>2.0.co;2)
- Libardi, C. A., De Souza, G. V., Cavaglieri, C. R., Madruga, V. A., & Chacon-Mikahil, M. P. (2012). Effect of resistance, endurance, and concurrent training on TNF- α , IL-6, and CRP. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(1), 50–56. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318229d2e9>

- Linossier, M. T., Dormois, D., Perier, C., Frey, J., Geysant, A., & Denis, C. (1997). Enzyme adaptations of human skeletal muscle during bicycle short-sprint training and detraining. *Acta physiologica Scandinavica*, *161*(4), 439–445. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1997.00244.x>
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, *69*, 1198–1204. <https://doi.org/10.1119/1.1397460>
- Li, R., Xia, J., Zhang, X. I., Gathirua-Mwangi, W. G., Guo, J., Li, Y., McKenzie, S., & Song, Y. (2018). Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. *Medicine and science in sports and exercise*, *50*(3), 458–467. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001448>
- Lo, M. S., Lin, L. L., Yao, W. J., & Ma, M. C. (2011). Training and detraining effects of the resistance vs. endurance program on body composition, body size, and physical performance in young men. *Journal of strength and conditioning research*, *25*(8), 2246–2254. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e8a4be>
- Lovell, D. I., Cuneo, R., & Gass, G. C. (2010). The effect of strength training and short-term detraining on maximum force and the rate of force development of older men. *European journal of applied physiology*, *109*(3), 429–435. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1375-0>
- Lundberg, T. R., Fernandez-Gonzalo, R., Gustafsson, T., & Tesch, P. A. (2013). Aerobic exercise does not compromise muscle hypertrophy response to short-term resistance training. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *114*(1), 81–89. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01013.2012>
- Maeda, S., Miyauchi, T., Kakiyama, T., Sugawara, J., Iemitsu, M., Irukayama-Tomobe, Y., Murakami, H., Kumagai, Y., Kuno, S., & Matsuda, M. (2001). Effects of exercise training of 8 weeks and detraining on plasma levels of endothelium-derived factors, endothelin-1 and nitric oxide, in healthy young humans. *Life sciences*, *69*(9), 1005–1016. [https://doi.org/10.1016/s0024-3205\(01\)01192-4](https://doi.org/10.1016/s0024-3205(01)01192-4)
- Maffiuletti N., A., Aagaard P., Blazevich J., A., Folland J., Tillin N., & Duchateau J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Journal of Applied Physiology*, *116*(6), 1091–1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Makaruk, H., Winchester, J. B., Sadowski, J., Czaplicki, A., & Sacewicz, T. (2011). Effects of unilateral and bilateral plyometric training on power and jumping ability in women. *Journal of strength and conditioning research*, *25*(12), 3311–3318. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318215fa33>
- McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A., & Vailas, A. C. (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *27*(3), 429–436.
- McCarthy, J. P., Pozniak, M. A., & Agre, J. C. (2002). Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Medicine and science in sports and exercise*, *34*(3), 511–519. <https://doi.org/10.1097/00005768-200203000-00019>
- McMahon, G., Morse, C. I., Winwood, K., Burden, A., & Onambélé, G. L. (2019). Circulating Tumor Necrosis Factor Alpha May Modulate the Short-Term Detraining Induced Muscle Mass Loss Following Prolonged Resistance Training. *Frontiers in physiology*, *10*, 527. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00527>
- Megakli, T., Vlachopoulos, S. P., Thøgersen-Ntoumani, C., & Theodorakis, Y. (2017). Impact of aerobic and resistance exercise combination on physical self-perceptions and self-esteem in women with obesity with one-year follow-

- up. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 15(3), 236–257. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2015.1094115>
- Methenitis, S., Mpampoulis, T., Spiliopoulou, P., Papadimas, G., Papadopoulos, C., Chalari, E., Evangelidou, E., Stasinaki, A. N., Nomikos, T., & Terzis, G. (2020). Muscle fiber composition, jumping performance, and rate of force development adaptations induced by different power training volumes in females. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 45(9), 996–1006. <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0786> <https://doi.org/10.1139/apnm-2019-0786>
- Methenitis, S., Terzis G., Zaras, N., Stasinaki, A., N., & Karandreas, N. (2016). Intramuscular fiber conduction velocity, isometric force and explosive performance. *Journal of Human Kinetics*, 51, 93-101. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0174>
- Mikkola, J., Rusko, H., Izquierdo, M., Gorostiaga, E. M., & Häkkinen, K. (2012). Neuromuscular and cardiovascular adaptations during concurrent strength and endurance training in untrained men. *International journal of sports medicine*, 33(9), 702–710. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1295475>
- Millet, G. Y., & Lepers, R. (2004). Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(2), 105–116. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434020-00004>
- Monteiro, P. A., Chen, K. Y., Lira, F. S., Saraiva, B. T. C., Antunes, B. M. M., Campos, E. Z., & Freitas, I. F. (2015). Concurrent and aerobic exercise training promote similar benefits in body composition and metabolic profiles in obese adolescents. *Lipids in Health and Disease*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12944-015-0152-9>
- Morton, R. W., Oikawa, S. Y., Wavell, C. G., Mazara, N., McGlory, C., Quadrilatero, J., Baechler, B. L., Baker, S. K., & Phillips, S. M. (2016). Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 121(1), 129–138. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00154.2016>
- Mpampoulis, T., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Papadimas, G., Spiliopoulou, P., Stasinaki, A. N., Bogdanis, G. C., Karampatsos, G., & Terzis, G. (2021). Weak Association Between Vastus Lateralis Muscle Fiber Composition and Fascicle Length in Young Untrained Females. *Sports (Basel, Switzerland)*, 9(5), 56. <https://doi.org/10.3390/sports9050056>
- Moritani T. (2005). Motor unit and motoneurone excitability during explosive movement. Strength and power in sport. Ed: Komi, P.V. *Oxford: Blackwell Scientific Publications*. 27-49.
- Moritani, T., & deVries, H. A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American journal of physical medicine*, 58(3), 115–130.
- Mujika I. (1998). The influence of training characteristics and tapering on the adaptation in highly trained individuals: a review. *International journal of sports medicine*, 19(7), 439–446. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971942>
- Mujika, I., Chatard, J. C., Busso, T., Geysant, A., Barale, F., & Lacoste, L. (1995). Effects of training on performance in competitive swimming. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 20(4), 395-406. <https://doi.org/10.1139/h95-031>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2000). Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training

- stimulus. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 30(2), 79–87. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030020-00002>
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001). Muscular characteristics of detraining in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1297–1303. <https://doi.org/10.1097/00005768-200108000-00009>
- Narici, M. V., Roi, G. S., Landoni, L., Minetti, A. E., & Cerretelli, P. (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 59(4), 310–319. <https://doi.org/10.1007/BF02388334>
- Nelson, A. G., Arnall, D. A., Loy, S. F., Silvester, L. J., & Conlee, R. K. (1990). Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Physical therapy*, 70(5), 287–294. <https://doi.org/10.1093/ptj/70.5.287>
- Neufer P. D. (1989). The effect of detraining and reduced training on the physiological adaptations to aerobic exercise training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 8(5), 302–320. <https://doi.org/10.2165/00007256-198908050-00004>
- Nickols-Richardson, S. M., Miller, L. E., Wootten, D. F., Ramp, W. K., & Herbert, W. G. (2007). Concentric and eccentric isokinetic resistance training similarly increases muscular strength, fat-free soft tissue mass, and specific bone mineral measurements in young women. *Osteoporosis international : a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 18(6), 789–796. <https://doi.org/10.1007/s00198-006-0305-9>
- Nolan, P. B., Keeling, S. M., Robitaille, C. A., Buchanan, C. A., & Dalleck, L. C. (2018). The Effect of Detraining after a Period of Training on Cardiometabolic Health in Previously Sedentary Individuals. *International journal of environmental research and public health*, 15(10), 2303. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102303>
- Noorkoiv, M., Nosaka, K., Blazevich, A. J. (2010). Assessment of quadriceps muscle cross-section area by ultrasound extended-field-of-view imaging. *European Journal of Applied Physiology*, 109, 631-639. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1402-1>
- O'Connor, P. J., Herring, M. P., & Carvalho, A. (2010) Mental Health Benefits of Strength Training in Adults. *American Journal of Lifestyle Medicine*, 4, 377-396. <https://doi.org/10.1177/1559827610368771>
- Ozaki, H., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Abe, T. (2015). Cycle training induces muscle hypertrophy and strength gain: strategies and mechanisms. *Acta physiologica Hungarica*, 102(1), 1–22. <https://doi.org/10.1556/APhysiol.102.2015.1.1>
- Panissa, V. L. G., Fukuda, D. H., de Oliveira, F. P., Parmezzani, S. S., Campos, E. Z., Rossi, F. E., Franchini, E., & Lira, F. S. (2018). Maximum Strength Development and Volume-Load during Concurrent High Intensity Intermittent Training Plus Strength or Strength-Only Training. *Journal of sports science & medicine*, 17(4), 623–632.
- Parry, G. N., Herrington, L. C., & Horsley, I. G. (2020). The Test-Retest Reliability of Force Plate-Derived Parameters of the Countermovement Push-Up as a Power Assessment Tool. *Journal of sport rehabilitation*, 29(3), 381–383. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0419>
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2015). Exercise as medicine - Evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25, 1–72. <https://doi.org/10.1111/sms.12581>

- Pereira, A., Izquierdo, M., Silva, A. J., Costa, A. M., González-Badillo, J. J., & Marques, M. C. (2012). Muscle performance and functional capacity retention in older women after high-speed power training cessation. *Experimental gerontology*, 47(8), 620–624. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2012.05.014>
- Räntilä, A., Ahtiainen, J. P., Avela, J., Restuccia, J., Dawson, K., & Häkkinen, K. (2021). High responders to hypertrophic strength training also tend to lose more muscle mass and strength during detraining than low responders. *Journal of strength and conditioning research*, 35(6), 1500–1511. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004044>
- Ratel, S., Gryson, C., Rance, M., Penando, S., Bonhomme, C., Le Ruyet, P., Duclos, M., Boirie, Y., & Walrand, S. (2012). Detraining-induced alterations in metabolic and fitness markers after a multicomponent exercise-training program in older men. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*, 37(1), 72–79. <https://doi.org/10.1139/h11-130>
- Ready, A. E., & Quinney, H. A. (1982). Alterations in anaerobic threshold as the result of endurance training and detraining. *Medicine and science in sports and exercise*, 14(4), 292–296. <https://doi.org/10.1249/00005768-198204000-00007>
- Reeves, N. D., Maganaris, C. N., & Narici, M. V. (2004). Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *European journal of applied physiology*, 91(1), 116–118. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0961-9>
- Robineau, J., Babault, N., Piscione, J., Lacome, M., & Bigard, A. X. (2016). Specific Training Effects of Concurrent Aerobic and Strength Exercises Depend on Recovery Duration. *Journal of strength and conditioning research*, 30(3), 672–683. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000798>
- Robineau, J., Lacome, M., Piscione, J., Bigard, X., & Babault, N. (2017). Concurrent Training in Rugby Sevens: Effects of High-Intensity Interval Exercises. *International journal of sports physiology and performance*, 12(3), 336–344. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0370>
- Sáez Sáez De Villarreal, E., Requena, B., Arampatzi, F., & Salonikidis, K. (2010). Effect of plyometric training on chair-rise, jumping and sprinting performance in three age groups of women. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 50(2), 166–173.
- Sakugawa, R. L., Moura, B. M., Orssatto, L. B. D. R., Bezerra, E. S., Cadore, E. L., & Diefenthaler, F. (2019). Effects of resistance training, detraining, and retraining on strength and functional capacity in elderly. *Aging clinical and experimental research*, 31(1), 31–39. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-0970-5>
- Sale, D. G., Jacobs, I., MacDougall, J. D., & Garner, S. (1990). Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 22(3), 348–356.
- Sale, D. G., MacDougall, J. D., Jacobs, I., & Garner, S. (1990). Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 68(1), 260–270. <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.68.1.260>
- Sallinen, J., Fogelholm, M., Volek, J. S., Kraemer, W. J., Alen, M., & Häkkinen, K. (2007). Effects of strength training and reduced training on functional performance and metabolic health indicators in middle-aged men. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 815–822. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964901>

- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods*, *9*(7), 671–675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
- Schroeder, E. C., Franke, W. D., Sharp, R. L., & Lee, D. C. (2019). Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. *PLoS one*, *14*(1), e0210292. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210292>
- Schumann, M., & Rønnestad, B. R. (2019). *Concurrent Aerobic and Strength Training: Scientific Basics and Practical Applications*. Berlin/Heidelberg, Germany, Springer.
- Seitz, L. B., Trajano, G. S., Haff, G. G., Dumke, C. C., Tufano, J. J., & Blazevich, A. J. (2016). Relationships between maximal strength, muscle size, and myosin heavy chain isoform composition and postactivation potentiation. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, *41*(5), 491–497. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0403>
- Serra-Rexach, J. A., Bustamante-Ara, N., Hierro Villarán, M., González Gil, P., Sanz Ibáñez, M. J., Blanco Sanz, N., Ortega Santamaría, V., Gutiérrez Sanz, N., Marín Prada, A. B., Gallardo, C., Rodríguez Romo, G., Ruiz, J. R., & Lucia, A. (2011). Short-term, light- to moderate-intensity exercise training improves leg muscle strength in the oldest old: a randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, *59*(4), 594–602. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2011.03356.x>
- Severinsen, M. C. K., & Pedersen, B. K. (2020). Muscle-Organ Crosstalk: The Emerging Roles of Myokines. *Endocrine reviews*, *41*(4), 594–609. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa016>
- Shamim, B., Devlin, B. L., Timmins, R. G., Tofari, P., Lee Dow, C., Coffey, V. G., Hawley, J. A., & Camera, D. M. (2018). Adaptations to Concurrent Training in Combination with High Protein Availability: A Comparative Trial in Healthy, Recreationally Active Men. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, *48*(12), 2869–2883. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0999-9>
- Sherrington, C., Fairhall, N. J., Wallbank, G. K., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., Clemson, L., Hopewell, S., & Lamb, S. E. (2019). Exercise for preventing falls in older people living in the community. *The Cochrane database of systematic reviews*, *1*(1), CD012424. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012424.pub2>
- Sigal, R. J., Kenny, G. P., Wasserman, D. H., Castaneda-Sceppa, C., & White, R. D. (2006). Physical activity/exercise and type 2 diabetes: A consensus statement from the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, *29*(6), 1433–1438. <https://doi.org/10.2337/dc06-9910>
- Sillanpää, E., Häkkinen, A., Nyman, K., Mattila, M., Cheng, S., Karavirta, L., Laaksonen, D. E., Huuhka, N., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2008). Body composition and fitness during strength and/or endurance training in older men. *Medicine and science in sports and exercise*, *40*(5), 950–958. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318165c854>
- Sillanpää, E., Laaksonen, D. E., Häkkinen, A., Karavirta, L., Jensen, B., Kraemer, W. J., Nyman, K., & Häkkinen, K. (2009). Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *European journal of applied physiology*, *106*(2), 285–296. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1013-x>

- Silva, R. F., Cadore, E. L., Kothe, G., Guedes, M., Alberton, C. L., Pinto, S. S., Pinto, R. S., Trindade, G., & Kruegel, L. F. (2012). Concurrent training with different aerobic exercises. *International journal of sports medicine*, 33(8), 627–634. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299698>
- Simoneau, J. A., Lortie, G., Boulay, M. R., Marcotte, M., Thibault, M. C., & Bouchard, C. (1987). Effects of two high-intensity intermittent training programs interspaced by detraining on human skeletal muscle and performance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 56(5), 516–521. <https://doi.org/10.1007/BF00635363>
- Singh, N. A., Clements, K. M., & Fiatarone, M. A. (1997). A randomized controlled trial of progressive resistance training in depressed elders. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 52(1), M27–M35. <https://doi.org/10.1093/gerona/52a.1.m27>
- Singh, N. A., Clements, K. M., & Singh, M. A. (2001). The efficacy of exercise as a long-term antidepressant in elderly subjects: a randomized, controlled trial. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 56(8), M497–M504. <https://doi.org/10.1093/gerona/56.8.m497>
- Singh, N. A., Stavrinou, T. M., Scarbek, Y., Galambos, G., Liber, C., & Fiatarone Singh, M. A. (2005). A randomized controlled trial of high versus low intensity weight training versus general practitioner care for clinical depression in older adults. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 60(6), 768–776. <https://doi.org/10.1093/gerona/60.6.768>
- Sousa, A. C., Neiva, H. P., Gil, M. H., Izquierdo, M., Rodríguez-Rosell, D., Marques, M. C., & Marinho, D. A. (2020). Concurrent Training and Detraining: The Influence of Different Aerobic Intensities. *Journal of strength and conditioning research*, 34(9), 2565–2574. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002874>
- Sousa, A. C., Neiva, H. P., Izquierdo, M., Cadore, E. L., Alves, A. R., & Marinho, D. A. (2019). Concurrent Training and Detraining: Brief Review on the Effect of Exercise Intensities. *International Journal of Sports Medicine*, 40(12), 747–755. <https://doi.org/10.1055/a-0975-9471>
- Spiliopoulou, P., Zaras, N., Methenitis, S., Papadimas, G., Papadopoulos, C., Bogdanis, G. C., & Terzis, G. (2021). Effect of Concurrent Power Training and High-Intensity Interval Cycling on Muscle Morphology and Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 35(9), 2464–2471. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003172>
- Staron R., Hagerman F., Hikida R., Murray T., Hostler D., Crill M., Ragg E., & Toma K. (2000). Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *The Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 48(5), 623–629. <https://doi.org/10.1177/002215540004800506>
- Staron, R. S., Leonardi, M. J., Karapondo, D. L., Malicky, E. S., Falkel, J. E., Hagerman, F. C., & Hikida, R. S. (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 70(2), 631–640. <https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.2.631>
- Stasinaki, A., N., Gloumis, G., Spengos, K., Blazeovich, A., J., Zaras, N., Georgiadis, G., Karampatsos, G., & Terzis, G. (2015). Muscle strength, power, and morphologic adaptations after 6 weeks of compound vs. complex training in healthy men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2559–2569. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000917>

- Stasinaki, N., A., Zaras, N., Methenitis, S., Bogdanis, G., C., & Terzis, G. (2019). Rate of force development and muscle architecture after fast and slow velocity eccentric training. *Sports*, 7, 41. <https://doi.org/10.3390/sports7020041>
- Stasinaki, A-N., Zaras, N., Methenitis, S., Tsitkanou, S., Krase, A., Kavvoura, A., Terzis, G. (2018). Triceps Brachii Muscle Strength and Architectural Adaptations with Resistance Training Exercises at Short or Long Fascicle Length. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(2), 28. <https://doi.org/10.3390/jfmk3020028>
- Stone, M. H., Cormie, P., Lamont, H., & Stone, M.E. Developing strength and power. In: Jeffreys I, Moody J, editors. *Strength and conditioning for sports performance*. New York: Routledge; 2016. p. 230–60.
- Strasser, B., & Schobersberger, W. (2011). Evidence for resistance training as a treatment therapy in obesity. *Journal of obesity*, 2011, 482564. <https://doi.org/10.1155/2011/482564>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Tavares, L. D., de Souza, E. O., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G. C., Roschel, H., Aihara, A. Y., Cardoso, F. N., & Tricoli, V. (2017). Effects of different strength training frequencies during reduced training period on strength and muscle cross-sectional area. *European journal of sport science*, 17(6), 665–672. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1298673>
- Terzis, G., Spengos, K., Methenitis, S., Aagaard, P., Karandreas, N., & Bogdanis, G. (2016). Early phase interference between low-intensity running and power training in moderately trained females. *European Journal of Applied Physiology*, 116(5), 1063–1073. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3369-z>
- Terzis, G., Stratakos, G., Manta, P., & Georgiadis, G. (2008). Throwing performance after resistance training and detraining. *Journal of strength and conditioning research*, 22(4), 1198–1204. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816d5c97>
- Thorstensson, A., Grimby, G., & Karlsson, J. (1976). Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *Journal of applied physiology*, 40(1), 12–16. <https://doi.org/10.1152/jappl.1976.40.1.12>
- Tikac, G., Unal, A., & Altug, F. (2022). Regular exercise improves the levels of self-efficacy, self-esteem and body awareness of young adults. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 62(1), 157–161. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12143-7>
- Timmins, R. G., Shamim, B., Tofari, P. J., Hickey, J. T., & Camera, D. M. (2020). Differences in lower limb strength and structure after 12 weeks of resistance, endurance, and concurrent training. *International journal of sports physiology and performance*, 1–8. Advance online publication. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0788>
- Timmons, J. F., Minnock, D., Hone, M., Cogan, K. E., Murphy, J. C., & Egan, B. (2018). Comparison of time-matched aerobic, resistance, or concurrent exercise training in older adults. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(11), 2272–2283. <https://doi.org/10.1111/sms.13254>
- Tokmakidis, S. P., Kalapotharakos, V. I., Smilios, I., & Parlavantzas, A. (2009). Effects of detraining on muscle strength and mass after high or moderate intensity of resistance training in older adults. *Clinical physiology and functional imaging*, 29(4), 316–319. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2009.00866.x>

- Trappe, S., Williamson, D., & Godard, M. (2002). Maintenance of whole muscle strength and size following resistance training in older men. *The Journals of Gerontology*, 57(4), 138-143. <https://doi.org/10.1093/gerona/57.4.b138>
- Tsitkanou S., Spengos K., Stasinaki N., A., Zaras, N., Bogdanis, G., Papadimas, G., & Terzis, G. (2017). Effects of high-intensity interval cycling performed after resistance training on muscle strength and hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27, 1317-1327. <https://doi.org/10.1111/sms.12751>
- Verdijk, L. B., Gleeson, B. G., Jonkers, R. A., Meijer, K., Savelberg, H. H., Dendale, P., & van Loon, L. J. (2009). Skeletal muscle hypertrophy following resistance training is accompanied by a fiber type-specific increase in satellite cell content in elderly men. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 64(3), 332–339. <https://doi.org/10.1093/gerona/gln050>
- Vikne, H., Strøm, V., Hugo Pripp, A., & Gjøvaag, T. (2020). Human skeletal muscle fiber type percentage and area after reduced muscle use. A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.13675>
- Warren, M., Petit, M. A., Hannan, P. J., & Schmitz, K. H. (2008). Strength training effects on bone mineral content and density in premenopausal women. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(7), 1282–1288. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31816bce8a>
- Westcott W. (2009). Strength training for frail older adults. *Journal on Active Aging*, 8:52Y9. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2011.0359>
- Westcott W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current sports medicine reports*, 11(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>
- Westcott, W. L., Winett, R. A., Annesi, J. J., Wojcik, J. R., Anderson, E. S., & Madden, P. J. (2009). Prescribing physical activity: applying the ACSM protocols for exercise type, intensity, and duration across 3 training frequencies. *The Physician and sportsmedicine*, 37(2), 51–58. <https://doi.org/10.3810/psm.2009.06.1709>
- Widrick J., J., Stelzer J., E., Shoepe T., C., & Garner D., P. (2002). Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 283 (2), 408-416. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00120.2002>
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P., & Anderson, J. C. (2012). Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of strength and conditioning research*, 26(8), 2293–2307. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823a3e2d>
- Wilson, P. W., D'Agostino, R. B., Sullivan, L., Parise, H., & Kannel, W. B. (2002). Overweight and obesity as determinants of cardiovascular risk: the Framingham experience. *Archives of internal medicine*, 162(16), 1867–1872. <https://doi.org/10.1001/archinte.162.16.1867>
- Winters, K. M., & Snow, C. M. (2000). Detraining reverses positive effects of exercise on the musculoskeletal system in premenopausal women. *Journal of bone and mineral research : the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 15(12), 2495–2503. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2000.15.12.2495>
- Zalleg, D., Ben Dhahbi, A., Dhahbi, W., Sellami, M., Padulo, J., Souaifi, M., Bešlija, T., & Chamari, K. (2020). Explosive Push-ups: From Popular Simple Exercises

- to Valid Tests for Upper-Body Power. *Journal of strength and conditioning research*, 34(10), 2877–2885. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002774>
- Zamparo, P., Minetti, A. E., & di Prampero, P. E. (2002). Interplay among the changes of muscle strength, cross-sectional area and maximal explosive power: theory and facts. *European journal of applied physiology*, 88(3), 193–202. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0691-4>
- Zaras, N., Stasinaki, A., Krase, A., Methenitis, S., Karampatsos, G., Georgiadis, G., Spegos, K., & Terzis, G. (2014). Effects of tapering with light vs heavy loads on track and field throwing performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 128(12), 3484–3495. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000566>
- Zaras, N., Stasinaki, A. N., Mpampoulis, T., Spiliopoulou, P., Hadjicharalambous, M., & Terzis, G. (2022). Effect of Inter-Repetition Rest Vs. Traditional Resistance Training on The Upper Body Strength Rate of Force Development and Triceps Brachii Muscle Architecture. *Journal of human kinetics*, 81, 189–198. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0016>
- Zaras, N., Stasinaki, A. N., Spiliopoulou, P., Mpampoulis, T., Hadjicharalambous, M., Terzis, G. (2021). Effect of inter-repetition rest vs. traditional strength training on lower body strength, rate of force development, and muscle architecture. *Applied Sciences*, 11(1), 45. <https://doi.org/10.3390/app11010045>
- Zaras, N., Stasinaki, A., Spiliopoulou, P., Mpampoulis, T., & Terzis, G. (2023). Triceps brachii muscle architecture, upper-body rate of force development, and bench press maximum strength of strong and weak trained participants. *Human Movement*, 24(1), 121-129. <https://doi.org/10.5114/hm.2023.113714>
- Zarkadas, P. C., Carter, J. B., & Banister, E. W. (1995). Modelling the effect of taper on performance, maximal oxygen uptake, and the anaerobic threshold in endurance triathletes. *Advances in experimental medicine and biology*, 393, 179–186. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1933-1_35

Παράρτημα

Παράρτημα 1

Ενημέρωση δοκιμαζομένων



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Επιστημονικός υπεύθυνος της έρευνας: Μπάμπουλης Θωμάς, Υποψήφιος Διδάκτωρ

ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή

Σκοπός της μελέτης είναι ο προσδιορισμός της αποτελεσματικότητας της μειωμένης συχνότητας άσκησης που ακολουθεί μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και αερόβιας προπόνησης στη σωματική σύσταση, στη μυϊκή υπερτροφία, δύναμη, ισχύ και αερόβια ισχύ σε νεαρές δραστήριες γυναίκες. Η εγκάρσια επιφάνεια του τετρακέφαλου μυός και η αρχιτεκτονική δομή του έξω πλατύ μηριαίου μυός, η αερόβια ισχύς η σωματική σύσταση και η μυϊκή δύναμη άνω και κάτω άκρων, η μυϊκή ισχύς άνω και κάτω άκρων θα αξιολογηθούν πριν και μετά την περίοδο προπόνησης 12 εβδομάδων, μετά από 6 και 12 εβδομάδες μειωμένης προπονητικής συχνότητας και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης.

Μεθοδολογία

Νεαρές δραστήριες γυναίκες (Σ.Ε.Φ.Α.Α.Ε.Κ.Π.Α) θα ακολουθήσουν 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης δύναμης και αερόβιας προπόνησης. Έπειτα, οι συμμετέχουσες θα χωριστούν σε 3 ομάδες και θα συνεχίσουν να προπονούνται για άλλες 12 εβδομάδες ως εξής: η ομάδα Α θα προπονηθεί μια φορά την εβδομάδα, η ομάδα Β θα προπονηθεί μια φορά κάθε 14 μέρες και η ομάδα Γ δεν θα προπονηθεί καθόλου. Η προπόνηση κατά την περίοδο *αποπροπόνησης* θα πραγματοποιείται με το ίδιο χαρακτηριστικά που πραγματοποιήθηκε την τελευταία εβδομάδα της αρχικής προπονητικής περιόδου. Στη συνέχεια θα ακολουθήσουν 12 εβδομάδες αποπροπόνησης για όλες τις ομάδες. Η σύσταση σώματος, η αρχιτεκτονική δομή του έξω πλατύ μηριαίου μυός και της μακράς κεφαλής του τρικέφαλου μυός αλλά και όλες οι μετρήσεις επίδοσης θα γίνουν, πριν την έναρξη της προπόνησης των 12 εβδομάδων (T1), μετά το τέλος των 12 εβδομάδων προπόνησης όπου συμπίπτει με την έναρξη της περιόδου αποπροπόνησης (T2), μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T4) και μετά από 12 εβδομάδες αποπροπόνησης (T5). Θα γίνουν μετρήσεις επίδοσης και μετά από 6 εβδομάδες αποπροπόνησης (T3). Οι συγκεκριμένες μετρήσεις αθλητικής απόδοσης, πέραν της αερόβιας ικανότητας, επιβαρύνουν κυρίως το μυοσκελετικό και όχι το καρδιαγγειακό σύστημα, συνεπώς δεν υπάρχει κάποιος κίνδυνος κατά την εκτέλεσή τους. Ωστόσο, υπάρχει η πιθανότητα να νιώσεις «πιάσιμο» στους μύες με την έντονη προπόνηση, επομένως και μία μυϊκή κόπωση την επόμενη/επόμενες μέρες, χωρίς να είναι περιοριστική στις καθημερινές ασχολίες. Η υπερηχογραφία των μυών δεν δημιουργεί κάποια ενόχληση ή παρενέργεια. Η ανάλυση σωματικής σύσταση με συσκευή DXA θα σε εκθέσει σε χαμηλή δόση ακτινοβολίας (που ισοδυναμεί με κατανάλωση 5 μπανανών) χωρίς να έχει κάποια επίπτωση στην υγεία σου μακροπρόθεσμα. Αν υπάρχει πιθανότητα να είσαι έγκυος πρέπει να μας το δηλώσεις πριν την έναρξη των μετρήσεων.

Πληροφορίες/Ερωτήσεις

Μη διστάσεις να κάνεις ερωτήσεις γύρω από κάθε διαδικασία. Αν έχεις κάποιες αμφιβολίες ή ερωτήσεις ζήτησέ μας να σου δώσουμε πρόσθετες εξηγήσεις. Τα αποτελέσματα των δικών σου μετρήσεων θα είναι στη διάθεσή σου μετά το τέλος των αναλύσεων. Δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων (π.χ. σε επιστημονικές μελέτες ή συνέδρια) μπορεί να γίνει μόνο ανώνυμα. Να θυμάσαι ότι είσαι ελεύθερη να αποσυρθείς από τη μελέτη όποτε εσύ θέλεις.

Συγκατάθεση συμμετεχόντων

Δηλώνω υπεύθυνα ότι έλαβα σαφείς γραπτές και προφορικές πληροφορίες για τη μελέτη και τις δοκιμασίες στις οποίες θα υποβληθώ και συγκατατίθεμαι να συμμετάσχω αβίαστα. Έχω δικαίωμα να διακόψω τη συμμετοχή μου όποτε το επιθυμήσω, χωρίς να έχω την υποχρέωση να εξηγήσω τους λόγους για τους οποίους θα το κάνω.

Ημερομηνία : ___ / ___ / 2023

Όνοματεπώνυμο δοκιμαζόμενου/ης : (Υπογραφή)

Όνοματεπώνυμο μάρτυρα : (Υπογραφή)