

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ
ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΜΕ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΦΟΡΤΙΑ, ΣΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ
ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΙΣΧΥ ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΑΘΛΗΤΩΝ
CROSSFIT**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Π.Μ.Σ. : ΑΘΛΗΣΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ : ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ-ΠΛΑΤΩΝ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ : 20170362

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΧΑΡΙΛΑΟΣ

© Copyright

Αναστασίου Αναστάσιος-Πλάτων

Ιατρική Σχολή

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μικράς Ασίας 75, Αθήνα 115 27

ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

- 1) Τσολάκης Χαρίλαος, Καθηγητής Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΣΕΦΑΑ), Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΕΚΠΑ
- 2) Κουλουβάρης Παναγιώτης, Επίκουρος Καθηγητής Ορθοπαιδικής, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ
- 3) Αργειτάκη Πολυξένη, Επίκουρη Καθηγήτρια Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΣΕΦΑΑ), Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών, ΕΚΠΑ

Προς: Βιβλιοθήκη Επιστημών Υγείας

1.Βεβαίωση επιτυχούς διεκπεραίωσης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, από το ΠΜΣ <<Άθληση & Υγεία>>

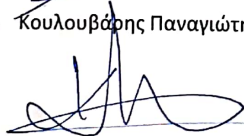
Βεβαιώνεται ότι η εργασία του Αναστασίου Αναστάσιου - Πλάτωνα (μετ. φοιτητή) του ΠΜΣ <<Άθληση & Υγεία>> με αριθμό μητρώου 20170362 και με τίτλο: «Η επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και πλειομετρικών ασκήσεων με επιπλέον φορτία στη μέγιστη δύναμη και την ισχύ ενήλικων αθλητών CrossFit» έχει εγκριθεί και βαθμολογηθεί.

**Υπογραφή παρόντων μελών 3μελούς Εξεταστικής Επιτροπής
(Όνοματεπώνυμο, βαθμίδα, Τμήμα, Ίδρυμα)**

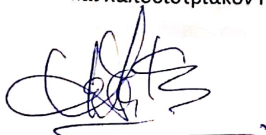
1. Τσολάκης Χαρίλαος, Καθηγητής Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΣΕΦΑΑ), Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, ΕΚΠΑ



2. Κουλουβάρας Παναγιώτης, Επίκουρος Καθηγητής Ορθοπαιδικής, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ



3. Αργειτάκη Πολυξένη, Επίκουρη Καθηγήτρια Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΣΕΦΑΑ), Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, ΕΚΠΑ



Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΜΕ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΦΟΡΤΙΑ, ΣΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΙΣΧΥ ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΑΘΛΗΤΩΝ CROSSFIT

Περίληψη

Σύνθετη προπόνηση είναι συνδυασμός ασκήσεων αντίστασης και πλειομετρικών ασκήσεων με παρόμοια κινητικά χαρακτηριστικά. Η επίδραση της σύνθετης προπόνησης σε δοκιμασίες μέγιστης δύναμης (1RM) στην άσκηση του Squat, και μέγιστης ισχύος μέσω κατακόρυφου άλματος με προφόρτιση (CMJ), έχει επιβεβαιωθεί από πλήθος μελετών. Ωστόσο, μέχρι στιγμής δεν έχει υπάρξει κάποια έρευνα η οποία να μελετά την επίδραση της σύνθετης προπόνησης με επιπρόσθετη επιβάρυνση στις πλειομετρικές (αλτικές) ασκήσεις. 20 υγιείς ενήλικες αθλητές CrossFit προχωρημένου επιπέδου, (περιγραφικά στοιχεία ηλικία, ανάστημα, ΣΒ, BMI) συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη. Οι συμμετέχοντες αφού αξιολογήθηκαν στη μέγιστη δύναμη στην άσκηση του βαθύ καθίσματος (1RM), στην ισχύ των κάτω άκρων με την δοκιμασία του κατακόρυφου άλματος με προφόρτιση (CMJ) χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες. Οι δύο ομάδες (πειραματική- ΠΟ και ομάδα ελέγχου-OE) εφάρμοσαν πρωτόκολλο συνδυαστικής προπόνησης, χρησιμοποιώντας την άσκηση Squat ως βασική άσκηση ενδυνάμωσης και τις ασκήσεις κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (CMJ), κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (SJ) και άλμα βάθους από πόσα cm (DJ), σαν πλειομετρικές ασκήσεις. Η ΠΟ έφερε επιπλέον γιλέκο επιβάρυνσης 12% σωματικού βάρους κατά τις πλειομετρικές ασκήσεις. Το προπονητικό πρόγραμμα διήρκεσε 8 εβδομάδες με συχνότητα, 2 φορές ανά εβδομάδα, και ήταν επιπρόσθετο σε πρόγραμμα CrossFit το οποίο διεξαγόταν 3 φορές ανά εβδομάδα σε διαφορετικές ημέρες από τη συνδυαστική προπόνηση. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέγιστη δύναμη βαθύ καθίσματος 1RM Squat και στο κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (CMJ) τόσο στην πειραματική ομάδα, όσο και στην ομάδα ελέγχου. Η ανάλυση ANOVA (2x2) έδειξε ότι υπήρξε μη σημαντική βελτίωση για την πειραματική ομάδα (+5.3%) στο 1RM Squat (+4%) στο CMJ ενώ οι αντίστοιχες μεταβολές της OE ήταν (+4,9%) και (+1,9%) αντίστοιχα. Συμπερασματικά η επιπρόσθετη χρήση επιβάρυνσης στην εφαρμογή πλειομετρικών ασκήσεων κατά την εφαρμογή σύνθετης προπόνησης σε ενήλικους αθλητές CrossFit φαίνεται να μην έχει σημαντική επίδραση στη μέγιστη

δύναμη βαθύ καθίσματος (1RM Squat) και στο κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (CMJ). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι για τη βελτίωση δύο διαφορετικών ικανοτήτων (δύναμη και ισχύ των κάτω άκρων) σε συστηματικά προπονημένους αθλητές CrossFit, χρειάζονται εξειδικευμένα αντίστοιχα ερεθίσματα και όχι ασκήσεις που εφαρμόζονται με τη μέθοδο CrossFit των οποίων τα χαρακτηριστικά στοχεύουν στην βελτίωση πολλαπλών ικανοτήτων.

Λέξεις κλειδιά : CrossFit, Σύνθετη προπόνηση, Μέγιστη δύναμη, Κατακόρυφο άλμα

THE EFFECT OF COMPLEX TRAINING WITH RESISTANCE AND PLYOMETRICS EXERCISES WITH ADDED LOAD, IN MAXIMAL STRENGTH AND POWER IN ADULT CROSSFIT ATHLETES

Abstract

Complex training is a combination of resistance and plyometric exercises with similar kinetic characteristics. The effect of complex training in maximal strength (1RM) Squat exercise, and maximal power via vertical jump (CMJ), has confirmed by many researchers. However, there is no research which studies the effect of complex training with added load in plyometric (jumping) exercises. 20 adult well trained CrossFit athletes (describe elements, age, height, weight, BMI) participated in this study. The subjects were firstly tested at maximal strength in Squat exercise (1RM), lower limb power via countermovement jump (CMJ), and then they were randomly separated in two groups. Both groups (experimental-EG and control-CG), practiced a complex training protocol, using Squat as main strength exercise, and countermovement jump (CMJ), squat jump (SJ), drop jump from several heights (DJ). EO subjects added a loaded vest 12% bodyweight at plyometric exercises. The complex training protocol was performed twice a week for 8 weeks, and was added in a CrossFit training routine which was performed 3 times a week, in separate days. Results did not show a significant statistic change at maximal strength 1RM Squat and vertical jump (CMJ) at both experimental and control group. ANOVA analysis (2x2) showed that there was not significant effect for experimental group (+5,3%) 1RM Squat (+4%) CMJ, whereas control group showed effects (+4,9%) and (1,9%). In conclusion, using added load in plyometrics, when practicing a complex training protocol at adult CrossFit athletes seem not to have significant effect at maximal strength (1RM) Squat and vertical jump (CMJ). The results show that if the specific aim is the improvement of these two different abilities (lower limb strength and power) at well trained CrossFit athletes, specific training exercises are needed, and not only

CrossFit exercises that aim to develop a broad physical fitness level.

Keywords: CrossFit, Complex training, Maximal strength, Vertical jump

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη στην ελληνική και αγγλική γλώσσα	σελ. 5
Πίνακας περιεχομένων	σελ. 9
Κατάλογος πινάκων	σελ. 11
Κατάλογος σχημάτων	σελ. 11
Κατάλογος συμβόλων	σελ. 12
Κατάλογος συντομογραφιών	σελ. 12
Ευρετήριο όρων	σελ. 13
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ. 14
1.2 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	σελ. 16
1.3 Η σημασία της έρευνας	σελ. 19
1.4.Ερευνητικές υποθέσεις	σελ. 19
1.5.Οριοθετήσεις και περιορισμοί	σελ. 19
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	σελ. 21
2.1. Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την σωματική δύναμη	σελ. 21
2.1.2 Φυσιολογικές προσαρμογές προπόνησης δύναμης-υπερτροφίας	σελ. 25
2.1.3 Είδη μυϊκών συστολών	σελ. 29
2.2 Ασκήσεις αντίστασης	σελ. 30
2.2.1 Προπονητικά στάδια ανάπτυξης δύναμης	σελ. 30
2.2.2 Προπόνηση ανάπτυξης μυϊκής ισχύος	σελ. 31
2.2.2.1 Μεγιστοποίηση Ισχύος με αντιστάσεις	σελ. 32
2.2.2.2 Μεγιστοποίηση Ισχύος με πλειομετρικές ασκήσεις	σελ. 33
2.2.2.3 Κατηγοριοποίηση κυριότερων πλειομετρικών ασκήσεων	σελ. 34
2.3 Αποτελέσματα άσκησης με αντίσταση	σελ. 36
2.3.1 Αποτελέσματα άσκησης αντίστασης στην μυϊκή υπερτροφία	σελ. 36
2.3.2 Αποτελέσματα άσκησης αντίστασης στην μέγιστη δύναμη 1ΜΕ	σελ. 37
2.3.3 Αποτελέσματα άσκησης αντιστάσεων στην αερόβια ικανότητα	σελ. 38
2.4 Εφαρμογή ταυτόχρονου προγράμματος άσκησης (αντιστάσεων και αερόβιας προπόνησης)	σελ. 39
2.4.1 Αποτελέσματα ταυτόχρονου προγράμματος άσκησης σε μέγιστη δύναμη (1ΜΕ) και ισχύ	σελ. 40

2.4.2 Αποτελέσματα ταυτόχρονου προγράμματος άσκησης στην αερόβια ικανότητα	σελ. 41
2.5 Συνδυαστική μέθοδος προπόνησης αντίστασης και πλειομετρικών ασκήσεων	σελ. 43
2.5.1 Αποτελέσματα συνδυαστικής μεθόδου προπόνησης σε μέγιστη δύναμη 1ΜΕ και ισχύ.....	σελ. 43
2.5.2 Αποτελέσματα συνδυαστικής μεθόδου προπόνησης σε μέγιστη δύναμη 1 ΜΕ και ισχύ, όταν αυτές εφαρμόζονται με αντίστροφη σειρά	σελ. 47
2.5.3 Αποτελέσματα συνδυαστικής προπόνησης με επιπρόσθετα φορτία στις πλειομετρικές ασκήσεις.....	σελ. 49
2.6 Συμμετοχή ενεργειακών συστημάτων στο CrossFit	σελ. 50
2.6.1. Εφαρμογή ασκήσεων αντίστασης για τη βελτίωση μέγιστης δύναμης 1ΜΕ, στην προπόνηση CrossFit	σελ. 53
2.6.2 Η άσκηση Back Squat (βαθύ κάθισμα) στη βελτίωση μέγιστης δύναμης στο CrossFit	σελ. 54
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	σελ. 56
3.1.Πειραματική προσέγγιση του προβλήματος	σελ. 56
3.2.Υλικό Δοκιμαζόμενα άτομα	σελ. 57
3.3 Διαδικασίες μέτρησης.....	σελ. 58
3.4. Πειραματικός σχεδιασμός	σελ. 59
3.5. Στατιστική Ανάλυση	σελ. 64
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	σελ. 65
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	σελ. 67
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	σελ. 77
6.1. Πρακτικές εφαρμογές	σελ. 77
6.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	σελ. 77
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	σελ. 78
VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	σελ. 98

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1. Ηλικία και ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων (σελ. 57).

Πίνακας 3.2. Πρόγραμμα Αντιστάσεων 8 εβδομάδων (σελ. 59).

Πίνακας 3.3. Πρόγραμμα Πλειομετρικών Ασκήσεων 8 εβδομάδων (σελ. 60).

Πίνακας 3.4. Πρόγραμμα CrossFit 8 εβδομάδων (σελ. 62).

Πίνακας 4.1 Μέσες τιμές και Τυπικές αποκλίσεις για τις δοκιμασίες βαθύ καθίσματος και κατακόρυφου άλματος με προφόρτιση πριν και μετά το προπονητικό πρωτόκολλο για την πειραματική ομάδα (ΠΟ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ) (σελ. 63).

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ-ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα (2.1). Σχηματική απεικόνιση δομής κινητικής μονάδας (σελ. 20)

Σχήμα (2.2). Απεικόνιση μυικών ινών στον τετρακέφαλο μυ απροπόνητου ατόμου (σελ. 21)

Σχήμα (2.3). Σχηματική απεικόνιση μηκοδυναμικής σχέσης (σελ. 22)

Σχήμα (2.4). Ταχοδυναμική και ισchioδυναμική σχέση για σύγκεντρη συστολή μυός (σελ. 23)

Σχήμα (2.5) : Η άσκηση Countermovement Jump (CMJ) (σελ. 32)

Σχήμα αριθμός (2.6) : Η άσκηση Squat Jump (SJ) (σελ. 33)

Σχήμα (2.7) : Η άσκηση Drop Jump (DJ) (σελ. 34)

Σχήμα (2.8) : Οι βασικές ασκήσεις που συνθέτουν τα WOD CrossFit. (σελ. 49)

Σχήμα (2.9) : Αγωνίσματα CrossFit Games 2019 (σελ. 49)

Σχήμα (2.10) : Η άσκηση Βαθύ κάθισμα (Back Squat) (σελ. 53)

Γράφημα 1. Σύγκριση μέσων τιμών μέγιστης επανάληψης (1ME) στην άσκηση βαθύ κάθισμα, πριν και μετά το προπονητικό πρόγραμμα (σελ. 64)

Γράφημα 2. Σύγκριση μέσων τιμών κατακόρυφου άλματος με προφόρτιση πριν και μετά το προπονητικό πρόγραμμα (σελ. 64)

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

F : Σύμβολο δύναμης

m : Σύμβολο μάζας

Kg: κιλά, μονάδα μέτρησης μάζας

a: Σύμβολο επιτάχυνσης

W: Σύμβολο έργου

X: Σύμβολο απόστασης

cm: εκατοστά, μονάδα μέτρησης απόστασης

V: Σύμβολο ταχύτητας

m/s: μέτρα/δευτερόλεπτο, μονάδα μέτρησης ταχύτητας

P : Σύμβολο ισχύος

l/min: λίτρα/λεπτό, μονάδα μέτρησης όγκου

ml/kg/min: χιλιοστόλιτρα/κilo σωματικού βάρους/λεπτό, μονάδα μέτρησης όγκου

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

1ME: 1 Μέγιστη Επανάληψη

1RM: Μέγιστη επανάληψη

CMJ: Countermovement Jump, Κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση

SJ: Squat Jump, Κατακόρυφο άλμα από ισομετρική θέση καθίσματος

DJ: Drop Jump, Κατακόρυφο άλμα μετά από πτώση

IGF-I: Insulin-like Growth Factor-I, αυξητικός παράγοντας-1 της ινσουλίνης

STE: short term effects: βραχυπρόθεσμη (οξεία) επίδραση

PAP: postactivation potentiation, μεταδιεργετική ενεργοποίηση

WOD /Workout of the day: προπόνηση της ημέρας

Benchmark WOD/ Benchmark Workout: WOD το οποίο είναι δείκτης απόδοσης

VO₂max: Μέγιστη πρόσληψη Οξυγόνου

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ

Back Squat/Squat: βαθύ κάθισμα

Half Squat: ημικάθισμα

Front Squat: μπροστινό κάθισμα

Overhead Squat: κάθισμα με μπάρα σε θέση πάνω από το κεφάλι

Squat Jump (με φορτίο): κατακόρυφο άλμα χωρίς προφόρτιση

Deadlift: άρση θανάτου

Leg press: πιέσεις ποδιών

Bench press: πιέσεις στήθους

Clean: επωμισμός

Clean and Jerk: επωμισμός και πίεση

Snatch: αρασέ

Double leg hop: αναπηδήσεις με τα 2 πόδια

Leg Curl: Κάμψη γόνατος

Leg Extension: έκταση γόνατος

Hurdle Jumps: άλματα εμποδίων

Calf Raises: άρσεις γαστροκνημίων

Lateral Jumps: πλάγια άλματα

Box Jumps: άλματα σε κουτί

Row: κωπηλατική άσκηση σε εργόμετρο

Press: πιέσεις ώμων

Plyometric Push Up: πλειομετρικό push up

Air Squat: βαθιά καθίσματα με την αντίσταση του βάρους σώματος

Pull Up: έλξη στο μονόζυγο

Thruster: συνδυαστική άσκηση, βαθύ μπροστινό κάθισμα και πίεση ώμων

Kettlebell Swings: αιωρήσεις με δράμια

AMRAP: Μέγιστος αριθμός επαναλήψεων

FOR TIME: Εκτέλεση συγκεκριμένων αριθμών επαναλήψεων μιας κίνησης (άσκησης) στον μικρότερο χρόνο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Δύναμη ονομάζεται η αιτία που προκαλεί αλλαγή στην κινητική κατάσταση των σωμάτων και ορίζεται ως το γινόμενο της μάζας με την επιτάχυνση ($F = m \cdot a$). Η μυϊκή δύναμη είναι η τάση που μπορεί να παράγει ένας μυς ή πολλοί μύες όταν λειτουργούν ταυτόχρονα. Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό στοιχείο της καθώς υπάρχουν καθημερινά πολύ απλά παραδείγματα που ο άνθρωπος τη χρειάζεται, όπως η ανύψωση ενός φορτίου σε κατακόρυφη θέση το οποίο αρχικά βρισκόταν στο έδαφος. Η ποιότητα ζωής του ανθρώπου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες φυσικής κατάστασης. Ένας από αυτούς είναι να έχει το βασικό επίπεδο δύναμης για την εκτέλεση των καθημερινών λειτουργιών. Έρευνες έχουν δείξει ότι η απώλεια βασικού επιπέδου δύναμης κατά την τρίτη ηλικία είναι αυτή που επιφέρει τραυματισμούς (Pizzigalli, Filippini, Ahmaidi, Jullien, & Rainoldi, 2011). Ένας άνθρωπος ο οποίος χρειάζεται βοήθεια για να εκτελέσει τις βασικές δραστηριότητες, παύει να είναι το ίδιο λειτουργικός. Με το πέρασμα της ηλικίας η δύναμη ελαττώνεται. Ο ρυθμός ελάττωσης της, μπορεί να περιοριστεί μέσω της συστηματικής σωματικής άσκησης. Επίσης, κατά τη σωματική δραστηριότητα η ανάπτυξη μέγιστης μυϊκής δύναμης, και εκρηκτικής ισχύος είναι απαραίτητη για την επιτυχία σε πολλά σπορ.

Το βαθύ κάθισμα (back squat) είναι η πιο διαδεδομένη άσκηση που χρησιμοποιούν οι προπονητές για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων. Πρόκειται για μία σύνθετη κίνηση η οποία απαιτεί τη συνεργασία και συντονισμό των μυών κάτω άκρων, συμπεριλαμβάνοντας τον τετρακέφαλο μηριαίο, τους καμπτήρες και εκτείνοντες του ισχίου, και τους προσαγωγούς και απαγωγούς του ισχίου και τον γαστροκνήμιο (Nissell, & Ekholm, 1986.). Επιπλέον, σημαντικού βαθμού ισομετρική δύναμη παράγουν οι κοιλιακοί και ραχιαίοι μύες, καθώς και αυτοί της μέσης και ανώτερης μοίρας της πλάτης, οι οποίοι λειτουργούν προσπαθώντας να σταθεροποιήσουν τις δομές της σπονδυλικής στήλης σε ουδέτερη θέση (Solomonow, Baratta, Zhou, Shoji, Bose, Beck, & D'Ambrosia, 1987). Από τον επαγγελματία αθλητή μέχρι τον απλό ασκούμενο, η ανάπτυξη μυϊκής δύναμης έχει απασχολήσει τους ερευνητές. Για το λόγο αυτό συνεχώς αναπτύσσονται νέα προπονητικά προγράμματα που στόχο έχουν τη βελτίωση της. Η άμεσα εξαρτώμενη σχέση της μέγιστης δύναμης στο βαθύ κάθισμα και στην αθλητική επίδοση αποδεικνύεται

εμπειρικά και επιστημονικά σε πολλά αθλήματα. Ένα από αυτά είναι το άθλημα της άρσης βαρών (Stone, Sands, Pierce, Carlock, Cardinale, & Newton, 2005).

Προσπαθώντας οι προπονητές να μεγιστοποιήσουν ταυτόχρονα την μυϊκή δύναμη και ισχύ χρησιμοποιούν τη μέθοδο της συνδυαστικής προπόνησης. Ο όρος «συνδυαστική προπόνηση» ή «σύνθετη προπόνηση» (complex training) αναπτύχθηκε από τους ερευνητές Verkhoshansky & Tatyan, (1983) και περιλαμβάνει σειρές ασκήσεων αντίστασης με υψηλό φορτίο (π.χ. ημικάθισμα ή βαθιά καθίσματα με φορτίο > 80% 1 ΜΑΕ) με πλειομετρικές αλτικές ασκήσεις υψηλής παραγωγής ισχύος. Η μέθοδος προβλέπει αυξημένη ενεργοποίηση νευρομυϊκού συστήματος μέσω υψηλού φορτίου αντίστασης ώστε η ανάπτυξη ισχύος στις πλειομετρικές ασκήσεις να είναι υψηλότερη (Tillin & Bishop, 2009).

Το CrossFit είναι μία από τις πιο ανεπτυγμένες τάσεις γυμναστικής στη σύγχρονη εποχή. Ο στόχος του είναι να σφυρηλατήσει ένα ευρύ, γενικό, επίπεδο φυσικής κατάστασης. Πρόκειται για ένα πολυδιάστατο πρόγραμμα το οποίο προετοιμάζει τους αθλητές για κάθε φυσική δοκιμασία, που αποσκοπεί στη βελτίωση 10 συγκεκριμένων παραμέτρων φυσικής κατάστασης. Οι παράμετροι αυτοί είναι η καρδιαγγειακή/αναπνευστική αντοχή, η ευκινησία, η δύναμη, η ισχύς, η ταχύτητα, ο συντονισμός, η ευκαμψία, η ισορροπία, και η ευστοχία, ενώ οι ασκούμενοι αποκομίζουν πολλά οφέλη που σχετίζονται με την δύναμη θέλησης, την επιμονή και την υπέρβαση των δυνατοτήτων τους (Glassman 2019). Η προπόνηση CrossFit εκτελείται συνήθως με υψηλής έντασης λειτουργικές κινήσεις οι οποίες περιέχονται στην προπόνηση της ημέρας (WOD). Αφορούν κινητικά πρότυπα, τα οποία εκτελούνται σε ένα κύμα μυϊκών συστολών από τον κορμό προς τα άκρα, και είναι σύνθετες κινήσεις, δηλαδή πολυαρθρικές. Γίνονται είτε με το βάρος του σώματος είτε εξωτερικών αντικειμένων (μπάλες, δράμια, αλτήρες, ιατρικές μπάλες). Υψηλής έντασης ασκήσεις εκτελούνται γρήγορα, επαναλαμβανόμενα, με καθόλου διάλειμμα ανάμεσα στα σετ. Η προπόνηση CrossFit χρησιμοποιεί ασκήσεις ενόργανης γυμναστικής (πχ ασκήσεις σε θέση κατακόρυφου, μονόζυγα, κρίκους, άλματα σε κουτιά), άρσης βαρών (πχ καθίσματα, πιέσεις, επωμισμό, αρασέ), και αερόβιες ασκήσεις (πχ κωπηλασία, τρέξιμο, ποδήλατο, κολύμπι, σχοινάκι). Μερικές από τις ασκήσεις αυτές κάθε φορά, χρησιμοποιούνται σε διαφορετικούς συνδυασμούς διάρκειας, επαναλήψεων, επιβάρυνσης για να συνθέσουν το WOD. Ο σκοπός κάθε

φορά που εκτελείται ένα δεδομένο WOD είναι ο αθλητής να το ολοκληρώσει όσο το δυνατόν γρηγορότερα, ή να εκτελέσει όσο το δυνατό περισσότερες επαναλήψεις από μια σειρά ασκήσεων σε δεδομένο χρονικό διάστημα. Οι ασκήσεις που αποτελούν το WOD μιμούνται κινητικά πρότυπα που υπάρχουν στην καθημερινή ζωή. Για παράδειγμα, η άσκηση κάθισμα είναι να σηκώνεσαι από μία καθιστή θέση, η άσκηση άρση θανάτου είναι να σηκώσεις ένα αντικείμενο από το έδαφος. Είναι και οι δύο λειτουργικές κινήσεις. Το CrossFit υποστηρίζει ότι μονοαρθρικές κινήσεις (πχ η έκταση και η κάμψη γόνατος σε ένα μηχάνημα ενδυνάμωσης) δεν είναι λειτουργικές κινήσεις γιατί από μόνες τους δεν επαναλαμβάνονται πολλές φορές στην καθημερινότητα πάρα μόνο σε συνδυασμό με άλλες κινήσεις. Η δυσκολία των ασκήσεων σε μία προπόνηση, καθώς επίσης το φορτίο, κλιμακώνεται από πολύ εύκολη έως πολύ δύσκολη έτσι ώστε ο κάθε ασκούμενος να είναι ικανός να συμμετάσχει σε οποιοδήποτε WOD. Σύμφωνα με τον ιδρυτή της CrossFit η μεθοδολογία που ακολουθεί κανείς για το σχεδιασμό της προπόνησης είναι κυρίως εμπειρική αλλά βασίζεται σε μετρήσιμα, παρατηρήσιμα και επαναλαμβανόμενα γεγονότα, καθώς οι επιδόσεις καθημερινά καταγράφονται. Η ασφάλεια, η αποτελεσματικότητα, και η ουσία, είναι οι τρεις σημαντικοί και αλληλεξαρτώμενοι παράγοντες που συνθέτουν το πρόγραμμα και μπορούν να υποστηριχτούν μόνο από μετρήσιμα, εύκολα στο να παρατηρηθούν, και επαναλαμβανόμενα στοιχεία.

Εκτός από το WOD, ξεχωριστό σημείο της προπόνησης CrossFit σε προχωρημένους αθλητές είναι ο σχεδιασμός και υλοποίηση προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης (Martin & White 2009 ;Glassman, 2019). Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι βελτιώνοντας την καλύτερη επίδοση σε μια άσκηση με πολύ υψηλό φορτίο αυξάνεις τον αριθμό επαναλήψεων που μπορείς να σηκώσεις ένα υπομέγιστο φορτίο στην άσκηση αυτή σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Butcher, Neyedly, Horvey, & Benko, 2015). Επιπλέον υπάρχουν Workout όπως το "Total 3" στα οποία η επίδοση αξιολογείται βάση του συνολικού φορτίου που θα σηκώσεις στις 3 αυτές κινήσεις Deadlift, Bench Press, Overhead Squat, άρα απαιτούν μέγιστη μυϊκή δύναμη. Αναπόσπαστο λοιπόν στοιχείο της προπόνησης CrossFit (WOD) είναι η ταυτόχρονη προπόνηση διαφορετικών μορφών δύναμης η οποία αποβλέπει άμεσα στη βελτίωση της επίδοσης μιας μέγιστης άρσης (1RM) σε επιλεγμένες ασκήσεις, είτε έμμεσα στο να μπορείς να κινείς ένα σταθερό υπομέγιστο φορτίο σε πιο γρήγορο ρυθμό στη μονάδα του χρόνου. Κάτι τέτοιο απαιτεί καλές επιδόσεις σε δοκιμασίες όπως το 1RM

στην άσκηση Back Squat, και η επίδοση κατακόρυφου άλματος, οι οποίες σχετίζονται με τη δύναμη και την ισχύ των κάτω άκρων των ασκούμενων.

1.2 Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Ψάχνοντας νέες μεθόδους για να μεγιστοποιήσουμε τα αποτελέσματα στην ανάπτυξη μέγιστης δύναμης και ισχύος σε προχωρημένους αθλητές CrossFit, σκεφτήκαμε να χρησιμοποιήσουμε τη σύνθετη μορφή προπόνησης. Όπως αναφέραμε η σύνθετη προπόνηση περιέχει σετ υψηλού φορτίου ασκήσεις αντίστασης και πλειομετρικές ασκήσεις με παρόμοια κινητικά χαρακτηριστικά στην ίδια προπόνηση (Eben 2002). Αφ' ενός η προπόνηση αντίστασης σκοπεύει στην ανάπτυξη μέγιστης δύναμης μέσω καλύτερης επιστράτευσης κινητικών ιών και αύξησης μυϊκής υπερτροφίας (Hakkinen 1989; Ronnestad, Kvamme, Sunde, & Raastad, 2008). Αφ' ετέρου οι πλειομετρικές ασκήσεις έχουν στόχο στη βελτίωση της μυϊκής ισχύος, δηλαδή την ταχεία ανάπτυξη μυϊκής δύναμης (Vossen, Kramer, Burke, & Vossen, D. 2000; Sáez-Sáez de Villarreal, Requena & Newton, 2009B). Από παλαιότερες έρευνες γνωρίζουμε ότι η σύνθετη προπόνηση είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος για την βελτίωση της μέγιστης δύναμης σε βασικές ασκήσεις ενδυνάμωσης όπως Squat, Deadlift, Leg Press, Bench Press, (Fry, Kraemer, Weseman, Conroy, Gordon, Hoffman, & Maresh, 1991; Lyttle, Wilson, & Ostrowski, 1996; Perez-Gomez, Olmedillas, Delgado-Guerra, Ara Royo, Vicente-Rodriguez, Arteaga Ortiz, Chavarren, & Calbet, 2008; Alvarez, Sedano Cuadrado, & Redondo, 2012; Carvalho, Mourao, & Abade, 2014; Sáez de Villarreal, Suarez-Arrones, Requena, Haff, & Rafael Veliz, 2015; Rodríguez-Rusell, Franco-Márquez, Mora-Custodio, & González-Badillo, 2017). Επίσης έχει βρεθεί ότι η σύνθετη προπόνηση βελτιώνει την απόδοση σε δοκιμασίες μέγιστης ισχύος όπως το CMJ, SJ, DJ, άλμα σε μήκος χωρίς φόρα, σπριντ (Polhemus, Burkhardt, Osina, & Patterson, 1980; Clutch, Mike Wilton, McGown, & Bryce, 1983; Fry et al., 1991; Lyttle et al., 1996; Perez-Gomez et al., 2008; Arabatzi, Kellis, & Saèz-Saez De Villarreal, 2010; Alvarez et al., 2014; Sáez de Villarreal et al., 2015; Rodríguez-Rusell et al., 2017). Ωστόσο απ' όσο ξέρουμε, στο παρελθόν δεν έχει διεξαχθεί κάποια έρευνα, η οποία να μελετά την επίδραση της σύνθετης προπόνησης στις παραπάνω παραμέτρους σε αθλητές CrossFit. Αυτό που μας προβληματίζει στην παρούσα έρευνα είναι αν θα υπάρχουν επιπρόσθετα οφέλη στη μέγιστη δύναμη (1ME) και μέγιστη ισχύ (Countermovement Jump) με την

χρήση εξωτερικής επιβάρυνσης κατά την εφαρμογή των πλειομετρικών ασκήσεων σε ένα προπονητικό κύκλο 8 εβδομάδων σύνθετης προπόνησης σε καλά προπονημένους άνδρες αθλητές CrossFit. Σύμφωνα με την ανασκόπηση βιβλιογραφίας καμία έρευνα δεν έχει συγκρίνει μια πειραματική ομάδα που χρησιμοποιεί εξωτερική επιβάρυνση, σε σχέση με μία ομάδα ελέγχου η οποία δεν φέρει εξωτερική επιβάρυνση στις πλειομετρικές ασκήσεις συνδυαστικού προγράμματος προπόνησης (αντιστάσεων + πλειομετρικών ασκήσεων). Θεωρούμε πως πρόκειται για μία ερευνητική περιοχή που χρήζει επιπρόσθετης μελέτης. Εμπνευστήκαμε, το αντικείμενο της μελέτης μας από την έρευνα των Khlifa, Aouadi, Hermassi, Chelly, Mohamed, Jlid, Hbacha, & Castagna, (2010). Οι Khlifa et al., (2010), σε 27 άνδρες παίκτες μπάσκετ 1^{ης} κατηγορίας στην Τυνησία χώρισαν 2 κατηγορίες πλειομετρικού προγράμματος (όχι σύνθετης προπόνησης) με η χωρίς γιλέκο που αντιστοιχούσε στο 10% σωματικού βάρους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το γκρουπ που χρησιμοποίησε επιπρόσθετη επιβάρυνση στις πλειομετρικές ασκήσεις βελτίωσε σε σημαντικότερο βαθμό την επίδοση στο countermovement jump σε σχέση με το άλλο γκρουπ. Στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων οι συγγραφείς ανέφεραν ότι η χρήση γιλέκου 10% επιβάρυνσης σωματικού βάρους, ίσως οδήγησε σε αυξημένη ικανότητα της μυοτενόντιας ένωσης να αποθηκεύσει και να ελευθερώσει πιο αποτελεσματικά ελαστική ενέργεια, και ενεργοποιήσει περισσότερο το μυοτατικό αντανακλαστικό.

Στον αντίποδα, κάποιοι άλλοι συγγραφείς αναφέρουν ότι αυξάνοντας την σωματική επιβάρυνση κατά τις πλειομετρικές ασκήσεις, αυξάνεται και ο χρόνος επαφής του ποδιού με το έδαφος άρα ο κύκλος επιμήκυνσης-βράχυνσης γίνεται λιγότερο αποδοτικός, υποστηρίζοντας ότι όταν ο χρόνος μετάβασης από την διάταση στη συστολή είναι μεγάλος τότε η αποθηκευμένη ελαστική ενέργεια χάνεται σαν θερμότητα (Brown, Mayhew, & Boleach, 1986; Bobbert, Huijing, & Van Ingen Schenau, 1987; Sáez-Sáez de Villarreal, et al., 2009B). Σύμφωνα με την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δεν έχουν βρεθεί πληροφορίες οι οποίες θα αφορούν στην εφαρμογή συνδυαστικής προπόνησης (προπόνηση δύναμης + πλειομετρικές) στις οποίες θα υπάρχει επιπλέον επιβάρυνση στις πλειομετρικές ασκήσεις σε επιλεγμένες δοκιμασίες απόδοσης μέγιστης δύναμης (RM) και ισχύος των κάτω άκρων (CMJ).

1.3. Η Σημασία της έρευνας

Η παρούσα έρευνα στοχεύει στην ανεύρεση ενός νέου προπονητικού πρωτοκόλλου ανάπτυξης μέγιστης δύναμης και βελτίωσης μυϊκής ισχύος μέσω της συνδυαστικής προπόνησης, για τον αθλητή CrossFit προχωρημένου επιπέδου. Τα ευρήματα θα βοηθήσουν στην κατανόηση της εφαρμογής συνδυαστικής προπόνησης στη ρουτίνα του αθλητή CrossFit, καθώς αυτή η σχέση δεν έχει μελετηθεί στο παρελθόν, καθιστώντας έτσι δύσκολη την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τον ρόλο της στην ανάπτυξη των παραπάνω παραμέτρων. Επιπλέον, οι πρακτικές εφαρμογές της έρευνας ίσως αποτελέσουν αρωγό για τους προπονητές CrossFit οι οποίοι βρίσκονται σε συνεχή αναζήτηση νέων μεθόδων για αύξηση της επίδοσης των αθλητών τους.

1.4. Ερευνητικές υποθέσεις

Μέσω αυτής της μελέτης, πιστεύουμε ότι θα υπάρξουν σημαντικές διαφορές στα αποτελέσματα της πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου, γι' αυτό και διατυπώνουμε τις ακόλουθες ερευνητικές υποθέσεις.

- 1) Η πρώτη ερευνητική υπόθεση είναι ότι οι ομάδες πειραματική και ελέγχου θα εμφανίσουν σημαντική βελτίωση στις παραμέτρους 1RM Back Squat και CMJ, μετά την εφαρμογή του προπονητικού προγράμματος,
- 2) Η δεύτερη ερευνητική υπόθεση είναι ότι η πειραματική ομάδα θα έχει σημαντικότερη βελτίωση στη μέτρηση 1RM Back Squat σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, μετά από εφαρμογή προπονητικού προγράμματος σύνθετης προπόνησης.
- 3) Η τρίτη ερευνητική υπόθεση είναι ότι η πειραματική ομάδα θα έχει σημαντικότερη βελτίωση στη μέτρηση CMJ σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, από εφαρμογή προπονητικού προγράμματος σύνθετης προπόνησης.

1.5. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί της έρευνας

- 1) Τα αποτελέσματα των δοκιμασιών δύναμης-ισχύος δεν μπορούν άμεσα να συσχετιστούν με την απόδοση σε CrossFit WOD.

2) Δεν υπήρξε δοκιμασία ελέγχου της αερόβιας ικανότητας VO₂max, πριν και μετά το πρόγραμμα σύνθετης προπόνησης.

3) Το αρχικό προπονητικό επίπεδο των ασκούμενων ήταν υψηλό. Άρα δεν περιμένουμε μεγάλες διαφορές στις μεταβλητές πριν και μετά το πρόγραμμα.

4) Στο πρόγραμμα CrossFit, για τις ασκήσεις οι οποίες έφεραν φορτίο, υπήρξε εξατομίκευση ως ποσοστό (%) του σωματικού βάρους του ασκούμενου, αλλά όχι ως προς το 1RM του στην εκάστοτε άσκηση.

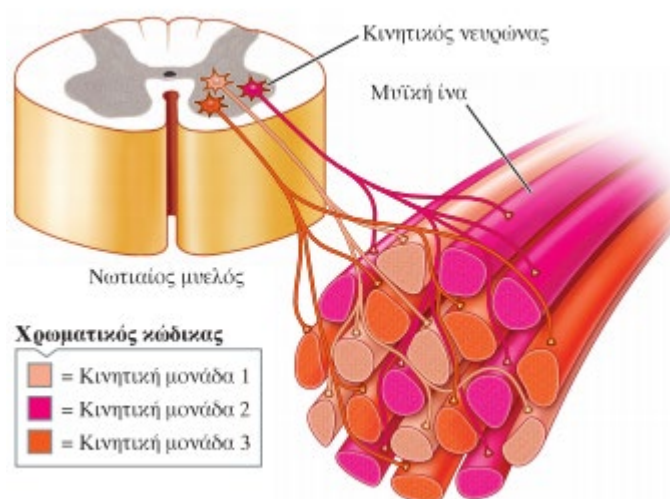
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την σωματική δύναμη

Η μέγιστη δύναμη που μπορεί να παράγει ένας μυς έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζεται από νευρικούς, ιστοχημικούς, και μηχανικούς παράγοντες τους οποίους αναπτύσσουμε εκτενέστερα παρακάτω.

A) Νευρικοί παράγοντες

Η επιτυχία για την παραγωγή περισσότερης δύναμης έγκειται στην επιλεκτική επιστράτευση μυϊκών ινών. Κινητική μονάδα ονομάζεται ο κινητικός νευρώνας μαζί με τις μυϊκές ίνες που νευρώνει. Όταν διεγείρεται η κινητική μονάδα, οι υποκείμενες μυϊκές ίνες συστέλλονται. Η ταυτόχρονη συστολή περισσότερων μυϊκών ινών οδηγεί στην παραγωγή μεγαλύτερης δύναμης. Ωστόσο υπάρχουν περιοριστικοί φυσιολογικοί και ψυχολογικοί παράγοντες στην ενεργοποίηση όλων των κινητικών μονάδων άρα η δύναμη που παράγεται είναι μικρότερη της μέγιστης δυνατής (Ikaï & Steinhaus 1961).

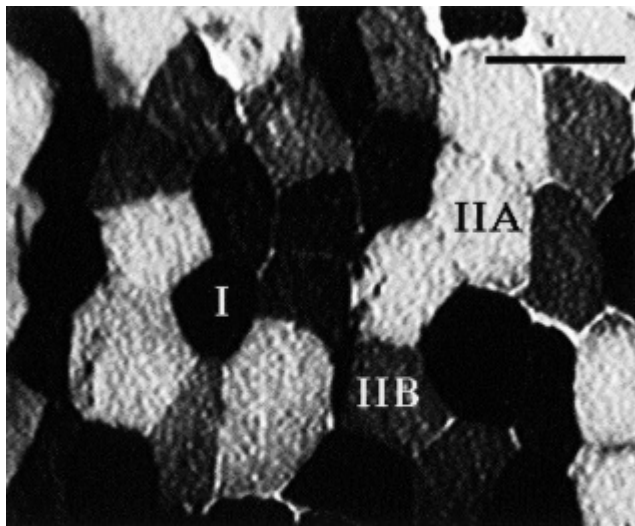


Σχήμα (2.1). Σχηματική απεικόνιση δομής κινητικής μονάδας (Sherwood, 2012).

B) Ιστοχημικοί παράγοντες

Οι μυϊκές ίνες κατηγοριοποιούνται σε δύο είδη, ανάλογα με τις ιστοχημικές τους

ιδιότητες, σε οξειδωτικές (τύπου I), οξειδωγλυκολυτικές ή ενδιάμεσες (τύπου IIα), γλυκολυτικές (τύπου IIβ, ή με την πρόσφατη ονομασία IIγ). Οι οξειδωτικές ίνες I αποκαλούνται ως ίνες βραδείας συστολής, έχουν μεγάλη ποσότητα αιμοσφαιρίνης και ερυθρό χρώμα, παρουσιάζουν παρατεταμένη αντοχή στον κάματο, και έχουν τις ιδιότητες που χρειάζονται για παραγωγή ενέργειας στο αερόβιο μηχανισμό, ενώ παράγουν τη μέγιστη δύναμη τους σε αργό χρόνο 110msec. Οι ίνες IIα και IIβ χαρακτηρίζονται ως ταχείας συστολής και μορφολογικά έχουν μεγάλο νευρώνα μικρή πυκνότητα μιτοχονδρίων και τριχοειδούς δικτύου, και υψηλό περιεχόμενο σε φωσφοκρεατίνη και γλυκογόνο, υψηλή ποσότητα μυοσφαιρίνης και λευκό χρώμα . Από λειτουργικής άποψης εμφανίζουν την μέγιστη δύναμη τους σε σύντομο χρονικό διάστημα περίπου 50msec, ταχεία αγωγιμότητα νευρικών ώσεων, ενώ ευθύνονται για την παραγωγή δύναμης και ισχύος. Έρευνες έδειξαν ότι οι ίνες τύπου IIα, παράγουν μεγαλύτερη ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας εγκάρσιας διατομής σε σχέση με τις ίνες I (Malisoux, Francaux, Nielens, & Theisen, (2006) .Ο αριθμός των μυϊκών ινών ταχείας συστολής και η κατανομή τους ,σχετίζεται με τη δύναμη που ο μυς μπορεί να παράγει (Schiaffino, Gorza, Sartore, Saggin, Ausoni, Vianello, & Gundersen, 1989; Pette, & Staron, 1990; Booth, & Thomason, 1991; Moss, Diffie, & Greaser, 1995; Kushmerick, 1995).

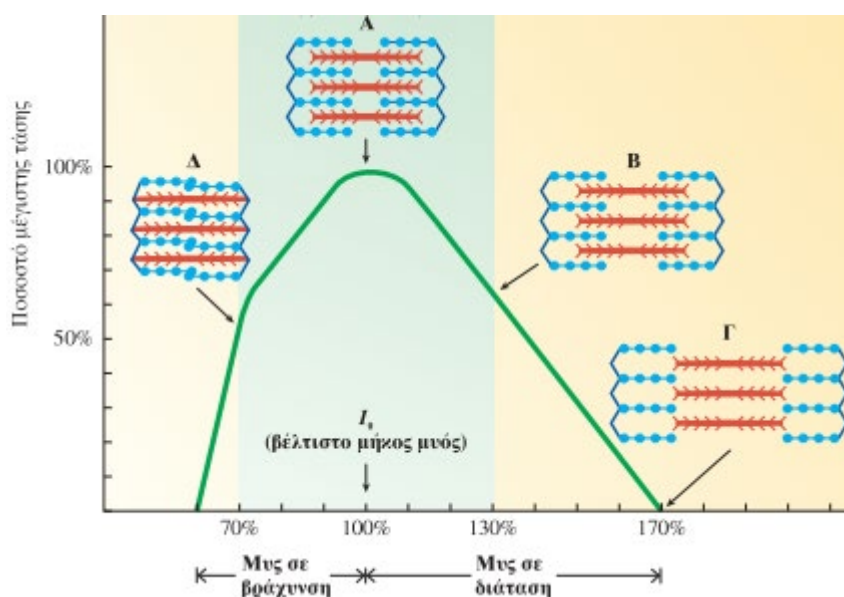


Βιοψία από τον τετρακέφαλο μυ απροπόνητου ατόμου. Οι σκούρες κηλίδες αντιστοιχούν στις βραδείας ίνες I, οι ανοιχτόχρωμες στις ταχείας IIα, και οι άλλες στις ενδιάμεσες ταχείας IIβ. Το μικρό ποσοστό IIα, δικαιολογεί τη χαμηλή απόδοση σε μέγιστη δύναμη.

Σχήμα (2.2). Απεικόνιση μυϊκών ινών στον τετρακέφαλο μυ απροπόνητου ατόμου (Fry, Webber, Weiss, Harber, Vaczi, & Pattison, 2003).

Γ) Μηχανικοί παράγοντες

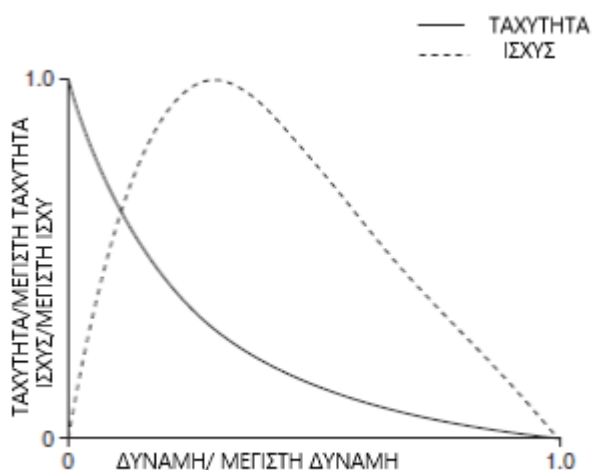
Μηκοδυναμική σχέση : Η συνολική δύναμη που μπορεί να αναπτύξει ένας μυς σε σχέση με το αρχικό μήκος συστολής του, είναι γνωστή ως μηκοδυναμική σχέση. Κατά την ηρεμία ο μυς είναι ελαστικός. Όταν εφαρμόζεται μία δύναμη ο μυς αυξάνει το μήκος του, και οι μυϊκές ίνες είναι σε τάση. Η ελαστικότητα αυτή οφείλεται στα στοιχεία συνδετικού ιστού που βρίσκονται γύρω από το μυ. Με τον τρόπο αυτό ο μυς είναι ικανός να συστέλλεται κάθε φορά από διαφορετικά αρχικά μήκη. Συνοπτικά όταν το σαρκομέριο βρίσκεται στο μήκος ηρεμίας του και υποστεί μία διέγερση είναι ικανό να παράγει τη μέγιστη ισομετρική δύναμη. Σε εκείνη τη θέση αλληλοεπιδρά μεγάλος αριθμός νηματίων ακτίνης και ενεργοποιούνται βέλτιστα οι εγκάρσιες γέφυρες (κατώτερο σχήμα σημείο Α) . Όταν διεγερθεί από μικρότερο αρχικό μήκος τα νημάτια ακτίνης αλληλοκαλύπτονται (σχήμα σημείο Δ). Έτσι μεγάλος αριθμός εγκάρσιων γεφυρών είναι ανενεργές. Όταν διεγερθεί από μεγαλύτερο του μήκους ηρεμίας, δηλαδή από θέση διάτασης, μικρός αριθμός εγκάρσιων γεφυρών καλύπτεται με τα νημάτια ακτίνης (σχήμα σημείο Β,Γ), συνεπώς δεν είναι δυνατή η παραγωγή μέγιστης ισομετρικής δύναμης.



Σχήμα (2.3). Σχηματική απεικόνιση μηκοδυναμικής σχέσης (Sherwood, 2012).

Ταχοδυναμική σχέση : Βασική ιδιότητα του μύος είναι να προσαρμόζει την δύναμη που πρόκειται να παράγει ως προς την επιβάρυνση που δέχεται. Η δύναμη αυτή είναι

ανάλογη με την ταχύτητα συστολής του μυός (Edman 2003). Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα συστολής του μυός, τόσο λιγότερη δύναμη μπορεί να παράγει. Δηλαδή ένα ελαφρύ φορτίο μπορεί ο ίδιος αθλητής να το σηκώσει γρηγορότερα από ένα βαρύ φορτίο. Η ταχο-δυναμική σχέση μυός αναπτύχθηκε από τον Hill (1938) για την μειομετρική συστολή, και μεταγενέστερα από τους Edman & Reggiani (1987) για την πλειομετρική συστολή αναφέροντας ότι η ταχύτητα συστολής μειώνεται με την αύξηση του φορτίου και είναι μηδενική με το μέγιστο φορτίο (Hill 1938 , Edman et al., 1987) . Όταν το φορτίο υπερβεί το 40-50% της μέγιστης ισομετρικής δύναμης ο μυς συστέλλεται πλειομετρικά και επιμηκύνεται (Edman 2003). Το ζητούμενο στην αθλητική επίδοση είναι η παραγωγή μέγιστης ισχύος. Η σχέση ταχύτητας ισχύος που αναπτύχθηκε από τους Faulkner, Claflin, & McCully (1986) έδειξε ότι η παραγόμενη ισχύς ήταν μέγιστη όταν η ταχύτητα κίνησης ήταν στο 1/3 της μέγιστης δυνατής (Faulkner et al., 1986). Βέβαια σύγχρονες έρευνες έδειξαν ότι τα αποτελέσματα στην παραγωγή μέγιστης ισχύος ήταν παρόμοια όταν χρησιμοποιήθηκε προπονητικό πρόγραμμα με διαφορετικές εντάσεις ανάμεσα στις πειραματικές ομάδες 20-38, 48-58, 90%1Rm (Smilios, Sotiropoulos, Christou, Douda, Spaias, & Tokmakidis, 2013). Τέλος, η τιμή της παραγόμενης ισχύος είναι μηδενική όταν η ταχύτητα κίνησης (ισομετρική συστολή), ή η δύναμη είναι μηδενική.



Σχήμα (2.4). Ταχοδυναμική και ισchioδυναμική σχέση για σύγκεντρη συστολή μυός (Hill, 1938).

2.1.2 Φυσιολογικές προσαρμογές προπόνησης δύναμης-υπερτροφίας

A) Νευρικές προσαρμογές.

Ενεργοποίηση κινητικών μονάδων

Πολλές έρευνες έδειξαν ότι τα αρχικά οφέλη στη δύναμη που προκαλούνται από άσκηση αντίστασης, οφείλονται κυρίως σε προσαρμογές του νευρικού συστήματος παρά σε προσαρμογές των συστατικών στοιχείων του σκελετικού μυός. Οι Moritani & DeVries (1979) ανακάλυψαν ότι νευρικές προσαρμογές οδήγησαν σε σημαντική αύξηση δύναμης στις 4 αρχικές εβδομάδες ενός προπονητικού κύκλου αντιστάσεων 8 εβδομάδων (Moritani et al., 1979). Μετά τις 6 εβδομάδες τα πρόσθετα οφέλη στη μέγιστη δύναμη, αποδόθηκαν σε μυϊκή υπερτροφία. Μολονότι οι συγγραφείς συμφωνούν ότι τα αρχικά οφέλη αποδίδονται στην βελτίωση του νευρικού συστήματος, οι απόψεις για τη στιγμή που εμφανίζονται οι αρχικές αυτές βελτιώσεις ποικίλουν από 2-8 εβδομάδες (Sale, 1988; Staron, Karapondo, Kraemer, Fry, Gordon, Falkel, Hagerman, & Hikida, 1994). Έρευνες έχουν δείξει ότι δεν αυξάνεται μόνο ο αριθμός επιστράτευσης κινητικών μονάδων αλλά και ο η συχνότητα πυροδότησής τους (Behm 1995, Semmler 2002). Σήμερα, τα διαθέσιμα στοιχεία που δείχνουν αυξημένη νευρική δραστηριότητα γίνονται ορατά στο ηλεκτρομυογράφημα. Η μέθοδος αυτή δείχνει αύξηση στην ενεργοποίηση του σκελετικού μυός σαν αποτέλεσμα της προπόνησης δύναμης. Επίσης, έχει παρατηρηθεί αυξημένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα, λόγω ταχύτερης μεταφοράς νευρικής οδηγίας από τα ανώτερο κεντρικό νευρικό σύστημα. Μετά από συστηματικό πρόγραμμα αντιστάσεων βρέθηκε καλύτερη επιστράτευση κινητικών ινών (Milner-Brown, Stein & Lee 1975). Επιπλέον κατά την εφαρμογή ετερόπλευρων ασκήσεων που έγιναν μόνο σε ένα μέλος βρέθηκαν βελτιώσεις δύναμης μικρότερου μεγέθους και στο απροπόνητο μέλος (Kannus, Alosa, Cook, Johnson, Renström, Pope, Beynon, Yasuda, Nichols, & Kaplan, 1992). Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι η νευρική οδηγία μεταφέρθηκε μέσω του κεντρικού νευρικού συστήματος και στο έτερο μέλος (Ploutz, Tesch, Biro, & Dudley, 1994). Μια άλλη μέθοδος που δείχνει αυξημένη μυϊκή ενεργοποίηση είναι και η απεικόνιση σε μαγνητικό τομογράφο. Σε απεικόνιση που έγινε στην εγκάρσια διατομή των μυών του ποδιού μετά από μονοποδική περίοδο προπόνησης δε βρέθηκε καμία διαφορά στη μυϊκή μάζα απροπόνητου μέλος, παρά το γεγονός ότι υπήρξε βελτίωση της μέγιστης δύναμης του,

(Ploutz et al., 1994). Η σημαντική αύξηση της μυϊκής δύναμης του απροπόνητου μέλους αποδόθηκε στην καλύτερη νευρική ενεργοποίηση του.

Μείωση δραστηριότητας ανταγωνιστών μυών

Ένας άλλος σημαντικός νευρικός παράγοντας που οδηγεί στην αύξηση μυϊκής δύναμης είναι η είναι η ελαχιστοποίηση της λειτουργίας των ανταγωνιστών μυών. Σύμφωνα με την μυϊκή δράση πρωταγωνιστής είναι ο μυς που είναι υπεύθυνος για την πραγματοποίηση μιας κίνησης και ανταγωνιστής εκείνος που δραστηριοποιείται ταυτόχρονα για να κάνει την αντίθετη κίνηση. Με την προπόνηση αντίστασης, η ηλεκτρομαγνητική δραστηριότητα δείχνει ότι η δράση των ανταγωνιστών μυών περιορίζεται με αποτέλεσμα την αύξηση της μυϊκής δύναμης (Carolan & Cafarelli, 1992).

B) Προσαρμογές συσταλών στοιχείων.

Υπερτροφία μυϊκών ινών

Ο όρος υπερτροφία δηλώνει την αύξηση του μεγέθους των μυϊκών ινών καθώς και το εμβαδό της εγκάρσιας διατομής τους. Η υπερτροφία οφείλεται στην αργή σύνθεση των συσταλών πρωτεϊνών ακτίνης και μυοσίνης που συνοδεύουν την προπόνηση με αντιστάσεις. Ουσιώδης μηχανισμός για την υπερτροφία των μυϊκών ινών είναι η ενεργοποίηση δορυφορικών κυττάρων. Τα κύτταρα αυτά είναι μυοβλάστες που βρίσκονται μεταξύ του σαρκειλήματος των μυϊκών ινών και του εξωκυτταρικού matrix. Μέσα σε αυτό το matrix βρίσκεται ο IGF-I (insulin-like growth factor-I) (Sara & Hall, 1990). Σε καταστάσεις φυσικού στρες, ο IGF-I ενεργοποιεί τα δορυφορικά κύτταρα, καθιστώντας τα μιτωτικά κύτταρα ενεργά για να αναπαραχθούν. Τα επακόλουθα κύτταρα που δημιουργούνται προσθέτουν πυρήνες στην μυϊκή ίνα. Φαίνεται ότι η αυτή πρόσθεση πυρήνων είναι που οδηγεί στη σύνθεση επιπλέον συσταλών πρωτεϊνών ακτίνης και μυοσίνης και οδηγεί στην υπερτροφία μυϊκών ινών (MacDougall, 1992). Η αλλαγή στη δομή του μυός είναι μια διαδικασία που καθυστερεί. Το διάστημα που απαιτείται για να υπάρξει σημαντική αύξηση στη μυϊκή υπερτροφία σε πληθυσμό ο οποίος δεν έχει εμπειρία σε προπόνηση αντίστασης είναι περισσότερο από 8 εβδομάδες (Staron et al., 1994). Ωστόσο, ο όρος υπερτροφία δεν πρέπει να συγχέεται με την προσωρινή διόγκωση που παρατηρείται στα μυϊκά κύτταρα λόγω εισόδου εξωκυτταρικού υγρού από το πλάσμα αίματος στα μυϊκό

κύτταρο, ως αποτέλεσμα προπόνησης αντιστάσεων (Ploutz, Convertino, & Dudley, 1995).

Υπερπλασία μυϊκών ινών

Ο όρος υπερπλασία αναφέρεται στην αύξηση του αριθμού μυϊκών ινών που προκαλείται μέσω της προπόνησης αντίστασης. Στο παρελθόν έχει αποτελέσει αντικείμενο διαμάχης αν πραγματικά συμβαίνει το φαινόμενο της υπερπλασίας. Ο MacDougall ανέπτυξε τη θεωρία ότι η υπερπλασία μυϊκών ινών συμβαίνει διότι οι μυϊκές ίνες ταχείας συστολής αποσχίζονται δημιουργώντας καινούργιες μυϊκές ίνες (MacDougall, 1992). Βέβαια, η έρευνα του αφορούσε σε πειραματόζωα. Όσον αφορά στον άνθρωπο έρευνες έδειξαν στοιχεία ύπαρξης φαινομένου υπερπλασίας (Sjöström, Lexell, Eriksson, & Taylor, 1991). Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε μεγαλύτερος αριθμός μυϊκών ινών σε αθλητές σωματοδόμησης σε σύγκριση με απροπόνητα άτομα (Larsson & Tesch, 1986).

Μετατροπή μυϊκών ινών

Ένα πρόγραμμα αντιστάσεων όταν εφαρμόζεται για μεγάλη χρονική διάρκεια φέρει αντιστροφή στον τύπο μυϊκών ινών των γυμναζόμενων μυών. Ενώ έρευνες επισημαίνουν ότι η σύνθεση μυϊκών ινών είναι γενετικά προκαθορισμένη (Komi, Karlsson, & Vittasalo, 1979) υπάρχουν μελέτες που δείχνουν προσαρμογή των μυϊκών ινών ανάλογα με το είδος της άσκησης. Η άσκηση υψηλής αντίστασης 6-8RM έχει βρεθεί ότι προκαλεί μείωση στο ποσοστό των ενδιάμεσων ΙΙβ ινών και αύξηση στο ποσοστό των ΙΙα (Mandroukas, Krotkiewski, Hedberg, Wroblewski, Bjorntorp, & Grimby, 1984; Staron, Malicky, Leonardi, Falkel, Hagerman, & Dudley, 1990; Adams, Hather, Baldwin, & Dudley, 1993). Το εύρημα αυτό φαίνεται να είναι αποτέλεσμα αλλαγής στις βαριές αλυσίδες της μυοσίνης, δείχνοντας ότι η προπόνηση μπορεί να προκαλέσει γενετική μεταβολή στους τύπους ινών ταχείας συστολής. Ωστόσο δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι ίνες βραδείας συστολής μπορούν να μετατραπούν σε ταχείας. Ακολουθώντας ένα πρόγραμμα αντίστασης αυξάνεται το εμβαδό διατομής των ινών ταχείας συστολής, και των ινών βραδείας θα μείνει αμετάβλητο (Pipes, 1994). Άρα ποσοστιαία αυξάνεται η αναλογία εμβαδού ταχείας/βραδείας συστολής, γεγονός το οποίο οδηγεί σε αύξηση μέγιστης δύναμης, και αύξησης περιφέρειας μυός.

Γ. Νευροενδοκρινικές Προσαρμογές.

Το ερέθισμα που προκύπτει από την άσκηση αντίστασης φαίνεται να προκαλεί άμεση, οξεία μετασκησιακή απόκριση στα επίπεδα ορμονών του αίματος μετά από μία προπόνηση. Φαίνεται ότι η υψηλής έντασης προπόνηση αντίστασης συνοδεύεται από υψηλά επίπεδα έκκρισης ορμονών. Κάποιες έρευνες έδειξαν προσωρινή αύξηση στα επίπεδα τεστοστερόνης άμεσα μετά από μια προπόνηση αντίστασης μεγάλων μυϊκών ομάδων (Volek, Kraemer, Bush, Incledon, & Boetes, 1997). Κάποιες έρευνες υποστηρίζουν αλλαγές και στην συγκέντρωση τεστοστερόνης στην ηρεμία μετά από ένα εκτεταμένο προπονητικό κύκλο αντιστάσεων (Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen, & Komi, 1987). Αντίθετα οι γυναίκες έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση τεστοστερόνης στην αιματική κυκλοφορία, και υψηλότερη τιμή αυξητικής ορμόνης. Φαίνεται ότι η τιμή αυξητικής ορμόνης μεγιστοποιείται, αμέσως μετά από πρόγραμμα αντιστάσεων στις γυναίκες, και είναι ο κυριότερος παράγοντας για την ανάπτυξη μυϊκού ιστού (Kraemer, Staron, Hagerman, Hikida, Fry, Gordon, Nindl, Gotshalk, Volek, Marx, Newton, & Häkkinen, 1998, Deschenes & Kraemer, 2002). Ωστόσο σε αντίθεση με την τεστοστερόνη τα στοιχεία δείχνουν ότι η μακροχρόνια άσκηση αντιστάσεων δεν μεταβάλλει τη βασική τιμή αυξητικής ορμόνης στο αίμα σε γυναίκες και άνδρες (Kraemer et al. 1998). Επιπρόσθετα στις αναβολικές ορμόνες, σύγχρονες μελέτες έδειξαν ότι η άσκηση αντίστασης αύξησε κατά την ηρεμία σημαντικά τον IGF, ο οποίος όπως αναφέραμε ευθύνεται για πρωτεϊνοσύνθεση και μυϊκή υπερτροφία (Borst, DeHoyos, Garzarella, Vincent, Pollock, Lowenthal, & Pollock, 2001; Marx, Ratamess, Nindl, Gotshalk, Volek, Dohi, Bush, Gómez, Mazzetti, Fleck, Häkkinen, Newton, & Kraemer, 2001). Από την άλλη μεριά, η κορτιζόλη είναι κυρίως καταβολική ορμόνη, προκαλεί μείωση του μυϊκού ιστού. Η καταβολική επίδραση της οφείλεται στη δράση της να αναστέλλει την πρωτεϊνοσύνθεση, και να περιορίζει την επίδραση των αναβολικών ορμονών όπως η τεστοστερόνη η αυξητική και η ινσουλίνη (Florini 1987). Επειδή χαρακτηρίζεται και ως η ορμόνη του στρες τα επίπεδα της στο αίμα εκτοξεύονται μετά από μια προπόνηση αντίστασης (Cumming, Wall, Galbraith, & Belcastro, 1987; Kraemer, et al., 1998). Ωστόσο κάποιοι μελετητές ανέφεραν ότι η τιμή κορτιζόλης αίματος κατά την ηρεμία, μειώνεται με τη συμμετοχή σε ένα συστηματικό πρόγραμμα αντίστασης (Alén, Pakarinen, Häkkinen, & Komi, 1988; Kraemer et al.,

1998; Marx, et al 2001), περιορίζοντας την καταβολική της δράση, οδηγώντας ίσως σε μεγαλύτερη μυϊκή ανάπτυξη.

Δ) Σωματικές Προσαρμογές.

Όπως αναφέραμε, η προπόνηση αντιστάσεων αυξάνει την άλιπη σωματική μάζα μέσω της μυϊκής υπερτροφίας και μειώνει το ποσοστό σωματικού λίπους. Επιπλέον, βρέθηκε ότι η προπόνηση αντιστάσεων μετά από 16 εβδομάδες εφαρμογής μπορεί να αυξήσει το μεταβολισμό ηρεμίας, και ενισχύει τη λειτουργία του συμπαθητικού κεντρικού νευρικού συστήματος (Pratley, Nicklas, Rubin, Miller, Smith, Smith, Hurley, & Goldberg, 1985). Τέλος αυξάνει τα επίπεδα της ορμόνης νορεπινεφρίνη η οποία αυξάνει τα επίπεδα του βασικού μεταβολισμού (Pratley et al., 1985).

2.1.3 Είδη μυϊκών συστολών

Ισομετρική συστολή

Κατά την ισομετρική προπόνηση το μήκος μυός παραμένει σταθερό, χωρίς να υπάρχει κίνηση. Παράδειγμα ισομετρικής συστολής είναι στο μηχάνημα έκταση γόνατος κρατάμε σταθερά το βάρος σε σταθερή γωνία άρθρωσης. Στην ισομετρική συστολή οι εγκάρσιες γέφυρες προσδέονται σταθερά στα νημάτια ακτίνης χωρίς να μετακινούνται. Επιπλέον το συνολικό παραγόμενο έργο ($W = F \cdot X$), καθώς και η ισχύς έχουν μηδενική τιμή.

Σύγκεντρη συστολή

Κατά την σύγκεντρη συστολή ο μυς υπερνικά την αντίσταση και υπάρχει μετατόπιση του φορτίου παράγοντας θετικό έργο. Τα συσταλτά και ελαστικά στοιχεία του μυός βραχύνονται με αποτέλεσμα να βραχύνεται το μήκος του μυός. Στη μειομετρική συστολή ενεργοποιούνται οι εγκάρσιες γέφυρες οι οποίες κινούνται στα νημάτια ακτίνης προκαλώντας βράχυνση σαρκομερίων.

Έκκεντρη συστολή

Κατά την έκκεντρη συστολή ο μυς διατείνεται ως συνέπεια της εξωτερικής

επιβάρυνσης. Παράδειγμα έκκεντρης συστολής για το δικέφαλο βραχιόνιο, είναι το κατέβασμα του αλτήρα, στην άσκηση κάμψη δικεφάλων. Ο μυς στην έκκεντρη συστολή παράγει αρνητικό έργο. Ενεργοποιούνται και εδώ οι εγκάρσιες γέφυρες, με τη διαφορά ότι τραβιούνται τα νημάτια ακτίνης τραβιούνται μακριά από τη ζώνη Α. Επομένως σε αντίθεση με την σύγκεντρη συστολή, τα σαρκομέρια επιμηκύνονται προκαλώντας μικροτραυματισμούς στις μυϊκές ίνες, γεγονός το οποίο οδήγησε ερευνητές να υποστηρίζουν ότι η αυξημένη δραστηριότητα πρωτεϊνσύνθεσης για ανοικοδόμηση των μυϊκών ινών, ίσως οδηγεί σε μεγαλύτερα οφέλη μυϊκής υπερτροφίας (Evans & Cannon, 1991).

Οι έκκεντρες συστολές μπορούν να παράγουν μεγαλύτερη μέγιστη δύναμη σε σχέση με τις μειομετρικές, καθώς μπορούν να φέρουν σημαντικά εντονότερο προπονητικό ερέθισμα (Roig, O'Brien, Kirk, Murray, McKinnon, Shadgan, & Reid, 2009).

2.2 Ασκήσεις αντίστασης

Η προπόνηση αντιστάσεων είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη βελτίωση της λειτουργίας του νευρομυϊκού συστήματος καθώς με κατάλληλο σχεδιασμό οδηγεί στην μεγιστοποίηση της μυϊκής δύναμης και ισχύος. Οι κυριότερες μέθοδοι προπόνησης με αντιστάσεις γίνονται με ελεύθερα βάρη, χρησιμοποιώντας πολυαρθρικές ασκήσεις με μπάρες ή αλτήρες.

2.2.1 Προπονητικά στάδια ανάπτυξης δύναμης

Η προπόνηση αντιστάσεων ανάλογα με τον προπονητικό σχεδιασμό μπορεί να βελτιώσει την μέγιστη δύναμη, την ισχύ, την μυϊκή αντοχή. Για παράδειγμα, η μέγιστη δύναμη σε μία επιλεγμένη άσκηση είναι το συνολικό ποσό κιλών που μπορεί κάποιος να σηκώσει σε μία προσπάθεια (1RM ή 1ME στα ελληνικά). Για τη βελτίωση της χρειάζεται ένα πρόγραμμα με σετ χωρισμένα σε υψηλές επιβαρύνσεις και λίγες επαναλήψεις. Οι ερευνητές συμφωνούν ότι για τη μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων μυϊκής δύναμης, χρειάζεται ένα μοντέλο περιοδικότητας το οποίο θα χωρίζεται στα παρακάτω στάδια (Deschenes et al., 2002). Η χρονική διάρκεια σε κάθε φάση εξαρτάται από την προπονητική εμπειρία του αθλητή, από τους στόχους, και το διαθέσιμο χρονικό διάστημα.

1^ο στάδιο. Φάση Υπερτροφίας

Η δύναμη είναι συνδυασμός της ικανότητας του νευρικού συστήματος να ενεργοποιεί κινητικές ίνες, και του ποσού της μυϊκής μάζας που μπορεί να συσταλεί. Για αυτό στην αρχή του προπονητικού κύκλου έχουμε προπόνηση υψηλού όγκου, με χρησιμοποιούμενες αντιστάσεις 60-80%1ME, σε 3-5 σετ των 8-12 επαναλήψεων. Στην φάση αυτή στόχος είναι η υπερτροφία μυϊκών ινών η οποία όπως αναφέραμε ανώτερα, σε πληθυσμό που δεν έχει εμπειρία στην προπόνηση αντίστασης στο παρελθόν, χρειάζεται ένα διάστημα τουλάχιστον 8 εβδομάδων για να αναπτυχθεί.

2^ο στάδιο. Φάση αύξησης Δύναμης

Μετά την αρχική αυτή φάση, ακολουθεί μια περίοδος λίγων εβδομάδων υψηλής έντασης που οδηγεί σε θετικές προσαρμογές του νευρικού συστήματος. Μπορεί ο συνολικός όγκος των κιλών του σηκώνει ο αθλητής να περιορίζεται, αλλά η ένταση αυξάνεται στο 80-90%1ME, σε 3-5 σετ για 4-6 επαναλήψεις.

3^ο στάδιο. Φάση Κορύφωσης

Περιγράφει το τελικό στάδιο κατά το οποίο οι ασκήσεις αντίστασης εκτελούνται με πολύ υψηλή ένταση 95-100% και χαμηλό όγκο (1-3 σετ, 1-3 επαναλήψεις) για μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων.

4^ο στάδιο. Φάση Ενεργητικής Αποκατάστασης

Μετά το τέλος του προγράμματος ακολουθεί περίοδος ενεργητικής αποκατάστασης στην οποία οι εντάσεις που χρησιμοποιούνται στην προπόνηση αντίστασης είναι πολύ χαμηλές, με σκοπό την εκ νέου εισαγωγή του αθλητή σε νέο προπονητικό σχεδιασμό.

2.2.2 Προπόνηση ανάπτυξης μυϊκής ισχύος

Η μυϊκή ισχύς περιγράφεται σαν το γινόμενο της δύναμης-ταχύτητας ($P = F \cdot V$) . Η μέγιστη παραγωγή ισχύος σε μια δεδομένη αντίσταση είναι καθοριστική για την επίδοση σε δραστηριότητες που απαιτούν εκτέλεση κινητικών πρότυπων σε υψηλή ταχύτητα. Η ικανότητα να παράγει υψηλή ισχύ είναι ζωτικής σημασίας όχι μόνο για την αθλητική δραστηριότητα αλλά και για την εκτέλεση των καθημερινών λειτουργιών. Αναφέρουμε ξεχωριστά τη μυϊκή ισχύ καθώς υπάρχουν διάφορες

προτεινόμενες μέθοδοι προπόνησης για την αύξηση της.

2.2.2.1 Μεγιστοποίηση Ισχύος με αντιστάσεις

Υπάρχουν έρευνες που υποστηρίζουν ότι για τις μεγάλες μυϊκές ομάδες μεγιστοποίηση της μυϊκής ισχύος παρατηρείται με αντιστάσεις 30-45%1ΜΕ. Μια μεγαλύτερη αντίσταση φαίνεται ότι καθυστερεί την ταχύτητα συστολής. Όπως αναφέραμε παραπάνω έρευνες έδειξαν ότι η παραγόμενη ισχύς ήταν μέγιστη όταν η ταχύτητα κίνησης ήταν στο 1/3 της μέγιστης , και το φορτίο επίσης στο 1/3 του μέγιστου (Faulkner et al.,1986). Επιπλέον, ιδανική είναι η επιλογή ασκήσεων που δεν έχουν σημαντική μείωση ταχύτητας καθ' όλο το εύρος κίνησης (επωμισμός, αρασέ). Βέβαια σύγχρονες έρευνες έδειξαν ότι η βελτίωση μέγιστης ισχύος ήταν εξίσου σημαντική με χαμηλές, μεσαίες ή υψηλές επιβαρύνσεις (Smilios et al., 2013). Αυτό που θεωρούμε ότι πρέπει να εξετάσει ο προπονητής για την επιλογή της κατάλληλης επιβάρυνσης στην ανάπτυξη μέγιστης ισχύος είναι αν ο προπονητικός κύκλος αποβλέπει σε ταυτόχρονη αύξηση και της μυϊκής δύναμης (1ΜΕ). Υπάρχουν αθλήματα όπως η άρση βαρών στα οποία οι αθλητές χρειάζονται όχι μόνο υψηλό επίπεδο δύναμης αλλά και υψηλό ρυθμό ανάπτυξης της, κάτι που εκφράζεται μέσω της μυϊκής ισχύος. Οι αθλητές αυτοί, δεν θα πρέπει να γυμνάζονται μόνο με χαμηλές επιβαρύνσεις, καθώς η επιτυχία στο άθλημα τους εξαρτάται από τον σύνολο των κιλών που μπορούν να σηκώσουν.

Από την άλλη, όπως θα αναπτύξουμε παρακάτω, η ταυτόχρονη προπόνηση δύναμης-ισχύος με επιβαρύνσεις 80-100%1ΜΕ οδηγεί στην μυϊκή υπερτροφία . Όσων αφορά σε αερόβιας φύσης αθλήματα, (ποδόσφαιρο, καλαθοσφαίριση , δρόμοι ημιαντοχής κλπ), η μυϊκή υπερτροφία δεν είναι το ζητούμενο καθώς μπορεί να αυξήσει το σωματικό βάρος αθλητών, κάτι που ίσως μειώσει την αερόβια ικανότητα. Στα αθλήματα αυτά η μέγιστη δύναμη δεν είναι καθοριστικός παράγοντας επιτυχίας, για αυτό προτείνεται η χρήση μεσαίων ή χαμηλών εντάσεων προπόνησης αντιστάσεων. Είναι επίσης σημαντικό να γνωρίζουμε ότι ακόμη και αν χρησιμοποιούμε τις κατάλληλες προπονητικές μεθόδους, το αρχικό προπονητικό επίπεδο (αρχάριος, προπονημένος), επηρεάζει το μέγεθος της βελτίωσης της δύναμης σε ένα προπονητικό κύκλο.

2.2.2.2 Μεγιστοποίηση Ισχύος με πλειομετρικές ασκήσεις

Οι πλειομετρικές ασκήσεις είναι αλτικές ασκήσεις που έχουν στόχο στη βελτίωση της μυϊκής ισχύος (Vossen et al., 2000; Sáez de Villarreal, Kellis, & Izquierdo, 2009A). Η ισχύς αναφέρεται στο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης στη μονάδα του χρόνου. Ο όρος πλειομετρική συστολή χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ταχεία μεταφορά μιας έκκεντρης διάτασης σε σύγκεντρη συστολή (Bobbert, et al., 1987; Markovic 2007). Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως κύκλος επιμήκυνσης-βράχυνσης ή και διάτασης-σύσπασης (Stretch Shortening Cycle), (Komi 2003). Οι φυσιολογικοί μηχανισμοί που προκαλούν τη βελτίωση αφορούν στην πιο αποτελεσματική μεταφορά ελαστικής ενέργειας, και στην καλύτερη ενεργοποίηση του μυοτατικού αντανακλαστικού από την έκκεντρη στην σύγκεντρη φάση, στην καλύτερη νευρομυϊκή συνεργασία και επιστράτευση κινητικών ιών (Ebben & Watts, 1998; Fatouros Jamurtas, Leontsini, Taxildaridis, Aggelousis, Kostopoulos, & Buckenmeyer, 2000; Santos & Janera 2008; Sáez-Sáez de Villarreal, et al., 2009A). Οι Cavagna, Komarek, & Mazzoleni, (1971) βρήκαν ότι σε ταχύτητες τρεξίματος μεγαλύτερες από 7 m/s οι εκτεινόμενες της κνήμης προενεργοποιήθηκαν της προσγείωσης του ποδιού στο έδαφος, ενώ κατά την επαφή με το έδαφος επιμηκύνθηκαν και αποθήκευσαν ενέργεια στα ελαστικά τους στοιχεία, την οποία απελευθέρωσαν κατά την επερχόμενη μειομετρική συστολή. Τα παράλληλα ελαστικά στοιχεία του μυός, αντιπροσωπεύουν το σύνολο του συνδετικού ιστού που περιβάλλει τις μυϊκές ίνες (ενδομύιο), τα δεμάτια ιών (περιμύιο), και γενικότερα το μυ (επιμύιο). Σε υψηλές ταχύτητες κίνησης η κινητική ενέργεια αποθηκεύεται και απελευθερώνεται με μορφή ελαστικής ενέργεια καθιστώντας ισχυρότερη την μειομετρική συστολή. Τα παράλληλα ελαστικά στοιχεία παράγουν επιπρόσθετη δύναμη όταν ο μυς επιμηκύνεται κατά την έκκεντρη συστολή. Τα ελαστικά στοιχεία σε σειρά αποτελούν τον συνδετικό ιστό που συνδέει τα άκρα των σαρκομερίων με τους τένοντες, με κύρια λειτουργία να κρατούν το μυ σε διάταση αντενεργώντας στην βράχυνση του μυός. Είναι γνωστό ότι αν ο μυς διατείνεται πριν συσταλεί αποθηκεύει ελαστική ενέργεια την οποία ελευθερώνει κατά τη συστολή του, κάτι το οποίο οδηγεί σε ανάπτυξη μεγαλύτερης ισχύος. Ωστόσο, όπως αναφέραμε έρευνες υποστηρίζουν ότι έχει τεράστια σημασία, να μην μεσολαβήσει χρονικό διάστημα, και η μετάβαση από την έκκεντρη στη σύγκεντρη συστολή να είναι ακαριαία, διαφορετικά η αποθηκευμένη ελαστική ενέργεια δεν θα οδηγήσει σε

αύξηση ισχύος αλλά θα χαθεί σε μορφή θερμότητας (Bosco, Komi, & Ito, 1981; Brown, et al., 1986; Sáez de Villarreal, et al., 2009A).

2.2.2.3 Κατηγοριοποίηση κυριότερων πλειομετρικών ασκήσεων

Οι κυριότερες πλειομετρικές αλτικές ασκήσεις είναι οι ακόλουθες:

Countermovent Jump (CMJ): Ο αθλητής, ξεκινάει από όρθια θέση εκτελεί καθοδική κίνηση λυγίζοντας τα γόνατα και το ισχίο, και αμέσως ταχύτατα εκτείνει γόνατα και ισχίο, για να απογειωθεί και να πηδήξει κάθετα. Πολλές κινήσεις όπως το τρέξιμο, οι ρίψεις, τα άλματα, περιέχουν μυϊκές δράσεις κατά τις οποίες η επιθυμητή κίνηση διαδέχεται μια κίνηση προς την αντίθετη κατεύθυνση. Οι μύες προδιατείνονται πριν συσταλούν προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η προδιάταση αυτή βελτιώνει την παραγωγή ισχύος και την παραγωγή έργου στους μύες που ενεργούν στην συγκεκριμένη κίνηση. (Linthorne 2001).



Σχήμα (2.5) : Η άσκηση Countermovent Jump (CMJ).

Squat Jump (SJ): Ο αθλητής ξεκινά από μια στατική θέση ημικαθίσματος και ταχύτατα εκτείνει γόνατα και ισχίο για να απογειωθεί και να πηδήξει με κάθετο προσανατολισμό. Η κίνηση έχει μόνο ανοδική φάση, όχι καθοδική, για αυτό και δεν

περιέχει κύκλο διάτασης-συστολής. Η κίνηση SJ έχει περιορισμένη εφαρμογή στα σπορ. Ένα παράδειγμα στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι το σκι κατά την απογείωση σε αλτικά αγωνίσματα (Linthorne, 2001) και η ξιφασκία κατά την εκτέλεση της προβολής (Tsolakis , Kostaki & Vagenas, 2010)



Σχήμα αριθμός (2.6) : Η άσκηση Squat Jump (SJ).

Drop Jump (DJ): Πρόκειται για άλμα πτώσης, κατά το οποίο ο αθλητής πέφτει από καθορισμένο ύψος (20-80cm) και στην συνέχεια αναπηδά όσο το δυνατό γρηγορότερα επιδιώκοντας να πιάσει μέγιστο ύψος. Κατά τη φάση προσγείωσης δηλαδή την έκκεντρη συστολή, πρέπει να επιβραδύνει και να αποσβέσει τις δυνάμεις που προκαλούν την καθοδική κίνηση του κέντρου βάρους . Αμέσως μετά με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ταχύτητα, των ιδίων μυών ακολουθεί μια σύγκεντρη συστολή που καταλήγει στην απογείωση του αθλητή από το έδαφος (Young, Wilson, & Byrne, 1999).

Στη φάση της προσγείωσης οι γαστροκνήμιοι προενεργοποιούνται αυξάνοντας το μήκος τους, για να αντισταθμίσουν τις δυνάμεις πρόσκρουσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται έκκεντρη συστολή, ενώ ακολούθως οι γαστροκνήμιοι στη φάση ώθησης συστέλλονται συγκεντρικά βραχύνοντας το μήκος τους για να παράγουν το άλμα. Η γρήγορη μετάβαση από έκκεντρη σε σύγκεντρη δράση του μυός, καθώς επίσης η επιμήκυνση του, λειτουργεί ως προστατευτικός παράγοντας, καθώς προφυλάσσει

τους μύες από τις δυνάμεις πρόσκρουσης. Το κυριότερο ευεργετικό εύρημα που προκύπτει από την πλειομετρική προπόνηση με DJ είναι ότι προκαλεί αυξημένη μετάδοση νευρικών ώσεων από το κεντρικό νευρικό σύστημα στην περιφέρεια, άρα μεγαλύτερη δραστηριοποίηση των ενεργούντων μυών, με αποτέλεσμα την αύξηση της μέγιστης ταχύτητας και μυϊκής ισχύος (Young et al., 1999).



Σχήμα (2.7) : Η άσκηση Drop Jump (DJ).

2.3 Αποτελέσματα άσκησης με αντίσταση

2.3.1 Αποτελέσματα άσκησης αντίστασης στην μυϊκή υπερτροφία

Όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο 2.1.2 η προπόνηση αντιστάσεων προκαλεί μετά από ένα χρονικό διάστημα μυϊκή υπερτροφία. Η πιο αξιόπιστη μέθοδος για την αξιολόγηση της είναι η μέτρηση εγκάρσιας διατομής του μυός μετά από εξέταση μαγνητικής τομογραφίας, ενώ χρησιμοποιείται και αυτή της μυϊκής βιοψίας ή η ανθρωπομετρική μέθοδος καταγράφοντας το εμβαδό της εγκάρσιας διατομής μυών και οστού, μετρώντας την περίμετρο του μέλους σε σύσπαση και τη καταγραφή μιας δερματοπτυχής (Housh D, Housh T, Weir J, Weir L, Johnson & Stout, 1995).

Γενικότερα η μυϊκή υπερτροφία είναι κατά χρονική σειρά ο δεύτερος παράγοντας που βελτιώνει τη μυϊκή δύναμη, παρατηρείται μετά από 8 εβδομάδες προπόνησης αντιστάσεων (Moritani et al., 1979), και ο βαθμός βελτίωσης της είναι αυξημένος σε άτομα που δεν έχουν εμπειρία σε ασκήσεις αντίστασης (Ahtiainen, Pakarinen, Alen,

Kraemer, & Häkkinen, 2003).

Οι περισσότερες μελέτες αναφέρουν ότι σε απροπόνητο ή προπονημένο πληθυσμό, όσον αφορά τις μεγαλύτερες μυϊκές ομάδες, μετά από συστηματικό πρόγραμμα αντίστασης του οποίου η διάρκεια υπερβαίνει τις 6 εβδομάδες παρατηρείται μυϊκή υπερτροφία με υψηλές 80%-100%1ME, μέτριες 65-80%1RM, χαμηλές 50-65%1RM προπονητικές εντάσεις (Mitchell, Churchward-Venne, West, Burd, Breen, Baker, & Phillips, 2012; Schoenfeld, Peterson, Ogborn, Contreras, & Sonmez, 2015; Morton, Oikawa, Wavell, Mazara, McGlory, Quadrilatero, Baechler, Baker, & Phillips, 2016; Fink, Kikuchi, & Nakazato, 2018). Επίσης υπάρχουν μελέτες που υποστηρίζουν ότι τα αποτελέσματα στην υπερτροφία μεγιστοποιούνται με μέτριες προς υψηλές προπονητικές εντάσεις 65%-85%1ME (Schoenfeld, Wilson, Lowery, & Krieger, 2014) , και αυτές που προβλέπουν υψηλότερες εντάσεις (Campos, Luecke, Wendeln, Toma, Hagerman, Murray, Ragg, Ratamess, Kraemer, & Staron, 2002).

Ωστόσο, το επίπεδο προπόνησης των ασκούμενων ατόμων καθορίζει τον βαθμό των ασκησιογενών αλλαγών της προπόνησης υπερτροφίας. Στην μελέτη του, οι Ahtiainen et al., (2003) βρήκαν ότι μέσω της προπόνησης αντίστασης η εγκάρσια διατομή του τετρακέφαλου μυός αυξήθηκε κατά 5,6% σε μη αθλητές και 1,8% σε αθλητές μυϊκής ενδυνάμωσης, σε διάρκεια 21 εβδομάδων . Σε μία άλλη έρευνα οι Harris, Stone, O'Bryant, & Proulx (2000) δεν βρήκαν καμία διαφορά στην εγκάρσια διατομή τετρακέφαλου σε προχωρημένους αθλητές αντιστάσεων μέσα σε 9 εβδομάδες πριν και μετά από πρόγραμμα αντιστάσεων.

2.3.2 Αποτελέσματα άσκησης αντίστασης στην μέγιστη δύναμη 1ME

Όταν ο στόχος της προπόνησης αντιστάσεων είναι η βελτίωση μέγιστης δύναμης οι συγγραφείς προτείνουν χρήση υψηλότερων αντιστάσεων, ειδικά για προχωρημένους αθλητές . Πολλοί συγγραφείς αναφέρουν ότι η προπόνηση με υψηλές εντάσεις επιδρά καλύτερα απ' ότι χαμηλότερες στην βελτίωση του 1ME (Anderson & Kearney, 1982; Aagaard, Simonsen, Trolle, Bangsbo, & Klausen, 1996; Campos et al., 2002; Au, Oikawa, Morton, Macdonald, & Phillips, 2017). Ωστόσο υπάρχουν και ερευνητές οι οποίοι βρήκαν ίδιου βαθμού βελτιώσεις στη μυϊκή δύναμη με χρήση αντιστάσεων τόσο με υψηλές μεγαλύτερες του 85%1ME όσο με μέτριες προπονητικές εντάσεις 65-

85%1ME (Tanimoto & Ishii, 1985; Fisher & Steele, 2017) . Φαίνεται ότι η επίδραση της προπόνησης αντίστασης στη βελτίωση της μέγιστης δύναμης είναι μεγαλύτερη σε απροπόνητους σε σχέση ότι με προπονημένους, καθώς τα υπάρχουν μεγαλύτερα περιθώρια βελτίωσης νευρομυϊκών προσαρμογών όπως αναφέραμε παραπάνω (Ahtiainen et al., 2003).

2.3.3 Αποτελέσματα άσκησης αντιστάσεων στην αερόβια ικανότητα

Τα επιστημονικά δεδομένα δείχνουν ότι η προπόνηση αντιστάσεων από μόνη της, δεν έχει επίδραση στον κυριότερο δείκτη αερόβιας ικανότητας (VO_{2max}). Ωστόσο μπορεί να βελτιώσει δείκτες όπως η δρομική οικονομία σε τις όλες υπομέγιστες εντάσεις καθώς και ο χρόνος προς εξάντληση στην ταχύτητα που αντιστοιχεί στο $100\%VO_{2max}$. Οι Hickson, Rosenkoetter, & Brown, (1980B) σε αποκλειστικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης τετρακέφαλου μυός στην άσκηση έκτασης κνήμης παρατήρησαν ότι μετά από 10 εβδομάδες εφαρμογής του προγράμματος με συχνότητα 3 ημέρες ανά εβδομάδα, ο χρόνος προς εξάντληση στην ταχύτητα vVO_{2max} (η ταχύτητα που αντιστοιχούσε στο $100\%VO_{2max}$, στην αρχική μέτρηση), αυξήθηκε κατά 47% σε ποδηλατοεργόμετρο ενώ στο δαπεδοεργόμετρο η αντίστοιχη αύξηση ήταν 12% (Hickson et al., 1980B). Όσων αφορά στην τιμή της VO_{2max} δεν βρέθηκε σημαντική μεταβολή, μολονότι παρατηρήθηκε μικρή αύξηση 4%, οποία συνοδεύτηκε με σημαντική αύξηση 40%1ME στην άσκηση έκτασης κνήμης. Η περαιτέρω αυτή αύξηση στο ποδηλατοεργόμετρο αποδόθηκε στην εξειδίκευση του προπονητικού ερεθίσματος που στην συγκεκριμένη περίπτωση ο τετρακέφαλος μυς συμμετέχει πιο ενεργά στην ποδηλασία σε σχέση με το τρέξιμο.

Οι Marcinik, Potts, Schlabach, Will, Dawson, & Hurley, (1991) διαπίστωσαν ότι σε άνδρες οι οποίοι δεν έχουν γυμναστεί στο παρελθόν, ότι το πρόγραμμα αντιστάσεων επίσης δεν προκαλεί καμία μεταβολή στη VO_{2max} . Ωστόσο ο χρόνος προς εξάντληση στην ταχύτητα vVO_{2max} , μετά από πρόγραμμα αντιστάσεων 8 εβδομάδων αυξήθηκε κατά 75%. Παράλληλα μειώθηκε σημαντικά η συσσώρευση γαλακτικού σε υπομέγιστες ταχύτητες 55-75% VO_{2max} , αυξάνοντας κατά 12% την ταχύτητα που αντιστοιχεί στο αναερόβιο κατώφλι. Ταυτόχρονα η μέγιστη δύναμη σε ασκήσεις όπως η έκταση και η κάμψη κνήμης αυξήθηκε κατά 30% και 52% μετά από 12 εβδομάδες προπόνησης (Marcinik et al, 1991).

Οι Hurley, Seals, Ehsani, Cartier, Dalsky, Hagberg, & Holloszy, (1984) επίσης δεν παρατήρησαν καμία μεταβολή τόσο στη VO₂max όσο και στην καρδιακή παροχή σε υπομέγιστες εντάσεις σε απροπόνητους άνδρες μέσης ηλικίας, αναφέροντας ότι ίσως δεν υπάρχει βελτίωση σε δείκτες αερόβιας ικανότητας λόγω του ότι η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης δεν απαιτεί αυξημένες τιμές VO₂max. Ωστόσο η βελτίωση στην 1ΜΕ των ασκήσεων ενδυνάμωσης ήταν 44% (Hurley et al 1984).

Ενδιαφέρον προκαλεί ότι η προπόνηση ενδυνάμωσης επιδρά καλύτερα στην αερόβια ικανότητα, σε ηλικιωμένους πληθυσμούς, οι οποίοι δεν έχουν επιπρόσθετα προπονητικά ερεθίσματα. Η μέγιστη τιμή της VO₂max των ηλικιωμένων με την πάροδο των χρόνων χαμηλώνει. Οι Lovell, Cuneo, & Gass, (2009) ανακάλυψαν ότι η προπόνηση αντιστάσεων οδήγησε σε σημαντική αύξηση της VO₂max σε ηλικιωμένους άνδρες, η οποία συνοδεύτηκε από μειωμένο επίπεδο καρδιακών παλμών σε υπομέγιστες εντάσεις της VO₂max με ταυτόχρονη αύξηση της μέγιστης δύναμης. Οι βελτιώσεις αυτές παρέμειναν σημαντικές ακόμη και μετά από 4 εβδομάδες αποχής από την προπόνηση (Lovell, et al., 2009). Επιπλέον πληροφορίες παρέχονται από τους Frontera, Meredith, O'Reilly & Evans (1990) οι οποίοι παρατήρησαν μικρή αύξηση κατά 6% της τιμής της VO₂max όταν αυτή εκφράστηκε σε l/min σε , μετά από πρόγραμμα ενδυνάμωσης εκτινόντων και καμπηρών μυών της άρθρωσης του γόνατος σε ηλικιωμένους άνδρες αντίστοιχα.

2.4 Εφαρμογή ταυτόχρονου προγράμματος άσκησης (αντιστάσεων και αερόβιας προπόνησης)

Υπάρχουν αθλήματα ταυτόχρονων υψηλών απαιτήσεων σε μέγιστη δύναμη -ισχύ, και ικανοποιητική αερόβια ικανότητα. Ωστόσο, η βελτίωση της δύναμης με ταυτόχρονη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής είναι αντικρουόμενοι παράγοντες καθώς η αερόβια προπόνηση προκαλεί προσαρμογές στην πυκνότητα του τριχοειδούς δικτύου για καλύτερη μεταφορά οξυγόνου στους μύες, και αύξηση στον αριθμό μιτοχονδρίων για ταχύτερη παραγωγή ενέργειας. Οι παραπάνω προσαρμογές είναι εντελώς αντίθετες σε σχέση με τις νευρομυϊκές προσαρμογές που προκαλούνται από την προπόνηση δύναμης για τις οποίες έγινε εκτενής αναφορά παραπάνω. Ο προπονητής καλείται να βρει την κατάλληλη δοσολογία προπόνησης δύναμης και

αντοχής για την καλύτερη επίδοση στις παραμέτρους αυτές.

2.4.1 Αποτελέσματα ταυτόχρονου προγράμματος άσκησης (αντιστάσεων και αερόβιας προπόνησης) σε μέγιστη δύναμη(1ME) και ισχύ

Κάποιες έρευνες δείχνουν ότι η συνύπαρξη προγράμματος αντίστασης με αερόβια προπόνηση επιδρά αρνητικά στην αύξηση της μέγιστης δύναμης (Hickson, 1980A; Dudley, & Djamil, 1985; Bell, Syrotuik, Martin, Burnham, & Quinney, 2000). Γενικά από τη βιβλιογραφία προκύπτει ότι μπορούν να εκμηδενιστούν οι αρνητικές επιπτώσεις της αερόβιας προπόνησης στην μέγιστη δύναμη όταν αξιοποιηθούν οι κατάλληλες μέθοδοι. Αξίζει να αναφερθούμε διεξοδικά στην έρευνα του Hickson, (1980A) στην οποία χρησιμοποιήθηκαν 24 απροπόνητοι άνδρες και γυναίκες ηλικίας 20 έως 35 ετών. Χωρίστηκαν σε 3 ομάδες αντίστασης, αερόβιας, και ταυτόχρονης αντίστασης με αερόβια. Η έρευνα είχε διάρκεια 10 εβδομάδες και η προπόνηση γινόταν 5 φορές ανά εβδομάδα. Η ομάδα αντιστάσεων εκτελούσε σε φορτίο 80%1ME, για 3-5 σετ ασκήσεις ημικάθισμα, κάμψη και έκταση γόνατος, leg press, άρσεις γαστροκνημίου. Η ομάδα αερόβιας προπόνησης την μία ημέρα εκτελούσε 5 σετ των 6 λεπτών με 3 λεπτά διάλλειμα, στο ποδηλατοεργόμετρο σε ένταση που αντιστοιχούσε στη 100%VO₂max, και την επόμενη προπόνηση 30-40 λεπτά συνεχόμενο τρέξιμο στον διάδρομο με ένταση 80-85%VO₂max. Η ομάδα ταυτόχρονης προπόνησης εκτελούσε συνδυασμό των παραπάνω δυο ομάδων με 2-3 ώρες διαφορά ανάμεσα στις προπονήσεις. Παρατηρήθηκε ότι ο ρυθμός αύξησης της δύναμης για τις δύο ομάδες (ταυτόχρονης, αντιστάσεων) ήταν ο ίδιος μέχρι την 7^η εβδομάδα, ενώ μειώθηκε για την ομάδα ταυτόχρονης προπόνησης κατά την 9^η και 10^η εβδομάδα. Η ομάδα αερόβιας προπόνησης δεν είχε καμία μεταβολή στη δύναμη πριν και μετά το πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα της ταυτόχρονης ομάδας μολονότι βελτιωμένα δεν ήταν παρόμοια σε σχέση με την ομάδα αντιστάσεων όσον αφορά στη μέγιστη δύναμη ίσως λόγο του αυξημένου αερόβιου όγκου που εκτελέστηκε (Hickson, 1980A). Μια πρόσφατη ανασκοπική μελέτη του Methenitis (2019), αναφέρει υψηλού όγκου, μέτριας έντασης, συνεχόμενης μορφής και μεγάλης συχνότητας προπόνηση αντοχής, φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την απόδοση στη μέγιστη δύναμη, καθώς ενεργοποιεί το ένζυμο AMPK (μονοφοσφορική αδενοσίνη πρωτεϊνική κινάση). Σε αντίθεση, φαίνεται ότι μικρές περιόδους από υψηλής έντασης διαλλειματική προπόνηση (HIIT), ή μικρά σετ sprint, ελαχιστοποιούν τις αρνητικές

επιπτώσεις της ταυτόχρονης προπόνησης στη μέγιστη δύναμη (Methenitis , 2019). Στον αντίποδα, σε άλλες έρευνες βρέθηκε ότι ταυτόχρονη προπόνηση δεν επηρέασε αρνητικά την ανάπτυξη ισομετρικής δύναμης στην άσκηση εκτάσεις κνήμης, σε σχέση με την ομάδα αντίστασης (Bell, Petersen, Wessel, Bagnall, & Quinney, 1991) . Πιο συγκεκριμένα, σε μελέτες, στις οποίες το προπονητικό πλάνο σχεδιάστηκε με την προπόνηση αερόβιας να γίνεται μέχρι 3 φορές την εβδομάδα , και την προπόνηση αντίστασης επίσης μέχρι 3 φορές την εβδομάδα, αλλά σε διαφορετικές ημέρες, η μυϊκή δύναμη βελτιώθηκε στον ίδιο βαθμό είτε μόνο με αντιστάσεις είτε σε συνδυασμό τους με αερόβια (Sale, MacDougall, Jacobs, & Garner, 1990; McCarthy, Agre, Graf, Pozniak, & Vailas, 1995; Glowacki, Martin, Maurer, Baek, Green, & Crouse, 2004). Ωστόσο οι Balabinis, Psarakis, Moukas, Vassiliou , & Behrakis, (2003) αναφέρουν ότι ακόμη και την ίδια ημέρα, αν ανάμεσα στα προγράμματα αντίστασης και υπερτροφίας μεσολαβεί χρονικό διάστημα τουλάχιστον 6-7 ωρών, παρατηρούνται αντίστοιχα οφέλη στη μέγιστη δύναμη και ισχύ, μεταξύ ταυτόχρονης προπόνησης και προπόνησης αντιστάσεων (Balabinis et al., 2003).

2.4.2 Αποτελέσματα ταυτόχρονου προγράμματος άσκησης (αντιστάσεων και αερόβιας προπόνησης) στην αερόβια ικανότητα

Στην έρευνα του Hickson (1980A) που αναφέραμε διεξοδικά στο κεφάλαιο 2.4.1 η VO_{2max} βελτιώθηκε ισόποσα τόσο στην ομάδα αερόβιας όσο και στην ομάδα ταυτόχρονης προπόνησης κατά 25%, τα ευρήματα του οποίου ήρθαν σε συμφωνία με των Kraemer, Patton, Gordon, Harman, Deschenes, Reynolds, Newton, Triplett, & Dziados, (1995). Οι Kraemer et al., (1995) χρησιμοποίησαν 41 προχωρημένου επιπέδου Αμερικανούς στρατιώτες οι οποίοι χωρίστηκαν σε ομάδες αντίστασης, αερόβιας και ταυτόχρονης προπόνησης, και προπονήθηκαν για 4 φορές ανά εβδομάδα . Η ομάδα αντιστάσεων στις μονές αριθμητικά προπονήσεις στις οποίες στόχος ήταν η υπερτροφία εκτελούσε τις ασκήσεις ενδυνάμωσης πιέσεις πάγκου, πιέσεις ώμων, κωπηλατική, προβολές, κάμψεις και εκτάσεις γόνατος για 3 σετ με φορτία 10 επαναλήψεων 60-70%1ME με διάλλειμα ενός λεπτού. Στις ζυγές αριθμητικά προπονήσεις στόχος ήταν η ανάπτυξη δύναμης, χρησιμοποιήθηκε η ίδια μέθοδος με μεγαλύτερη επιβάρυνση 70-90%1ME και 2-3 λεπτά διάλλειμα μεταξύ των σετ. Η ομάδα αερόβιας προπόνησης στις μονές προπονήσεις είχε συνεχόμενο τρέξιμο 40 λεπτών σε ένταση 80-85% VO_{2max} , ενώ στις ζυγές διαλλειματική

προπόνηση σε αποστάσεις 200-800 μέτρων στο 95-100%VO₂max . Η ομάδα της σύνθετης προπόνησης εκτελούσε συνδυασμό των ανωτέρω σε ανάλογες ημέρες με διάστημα 6 ωρών μεταξύ των διπλών προπονήσεων. Βρέθηκε παρόμοια αύξηση μεταξύ των ομάδων αντίστασης και ταυτόχρονης προπόνησης στην VO₂max μεγέθους 7-7,5% αντίστοιχα. Οι βελτιώσεις που παρατηρούνται στην αερόβια ικανότητα στην έρευνα των Kraemer et al., (1995) έχουν μικρότερη τιμή από των Hickson et al., (1980A), και οφείλονται ίσως στο υψηλότερο αρχικό προπονητικό επίπεδο VO₂max . Σε παρόμοια έρευνα των Balabinis et al., (2003) βρέθηκε ότι η ομάδα ταυτόχρονης προπόνησης βελτίωσε τη VO₂max και η βελτίωση αυτή ήταν σημαντικότερη από την ομάδα αερόβιας προπόνησης. Η περαιτέρω βελτίωση αυτή αποδόθηκε στο ότι ίσως η ταυτόχρονη προπόνηση προκαλεί αυξημένη ενεργοποίηση στο ένζυμο κιτρική συνθάση χωρίς προφανή αιτία , γεγονός που δίνει μεγαλύτερες βελτιώσεις στη VO₂max. Όσον αφορά δρομείς υψηλού επιπέδου VO₂max> 61ml/kg/min μετά από πρόγραμμα ταυτόχρονης προπόνησης 12 εβδομάδων καταγράφηκε σημαντική βελτίωση 21,3% στο μέγιστο χρόνο που μπορούσαν να αντέξουν στον διάδρομο, στην ταχύτητα που αντιστοιχούσε σε ένταση του 100% της VO₂max, ενώ παρατηρήθηκε 5% βελτίωση στη δρομική οικονομία σε ταχύτητα που αντιστοιχούσε στο 70%VO₂max, χωρίς καμία μεταβολή στη VO₂max, και στο σωματικό βάρος (Støren, Helgerud, Stoa, & Hoff, 2008). Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Vikmoen, Ellefsen, Trøen, Hollan, Hanestadhaugen, Raastad, & Rønnestad, (2016) σε γυναίκες αθλήτριες ποδηλασίας με VO₂max>51,5ml/kg/min. Δεν υπήρξε καμία μεταβολή τόσο στη VO₂max, ενώ βρέθηκε σημαντική αύξηση μέγιστης και μέσης ισχύος στο Wingate test μέσω προγράμματος ταυτόχρονης προπόνησης (Vickmoen et al., 2016). Στην ανασκόπηση του ο Aagaard η οποία αφορά πολύ υψηλού επιπέδου αθλητές αναφέρει ότι η ταυτόχρονη προπόνηση βελτίωσε την επίδοση σε αγωνίσματα που διαρκούν περισσότερο από 30 λεπτά και λιγότερο από 15 λεπτά, ειδικότερα όταν χρησιμοποιούνται υψηλού φορτίου και όγκου ασκήσεις αντίστασης, αφού οδηγούν σε αύξηση των ενδιάμεσων γλυκολυτικών IIa ινών ταχείας συστολής (Aagaard, & Andersen, 2010).

2.5 Συνδυαστική μέθοδος προπόνησης (αντίστασης+ πλειομετρικών αλτικών ασκήσεων)

Η σύνθετη προπόνηση περιέχει σετ υψηλού φορτίου ασκήσεις αντίστασης και πλειομετρικές ασκήσεις με παρόμοια κινητικά χαρακτηριστικά στην ίδια προπόνηση (Eben 2002). Αφ' ενός η προπόνηση αντίστασης σκοπεύει στην ανάπτυξη μέγιστης δύναμης μέσω καλύτερης επιστράτευσης κινητικών ιών και αύξησης μυϊκής υπερτροφίας (Hakkinen 1989; Romnestad, et al., 2008). Αφ' ετέρου οι πλειομετρικές ασκήσεις έχουν στόχο στη βελτίωση της μυϊκής ισχύος (Vossen et al., 2000; Sáez-Sáez de Villarreal et al., 2009B). Γνωρίζουμε ότι η σύνθετη προπόνηση είναι η πλέον κατάλληλη μέθοδος για την βελτίωση της μέγιστης δύναμης σε βασικές ασκήσεις ενδυνάμωσης όπως Squat, Deadlift, Leg Press, Bench Press, (Fry et al., 1991; Lyttle, et al., 1996; Perez-Gomez et al., 2008; Alvarez et al., 2012; Carvalho et al., 2014; Sáez de Villarreal et al., 2015; Rodríguez-Rusellet al., 2017). Επίσης έχει βρεθεί ότι η σύνθετη προπόνηση βελτιώνει την απόδοση σε δοκιμασίες μέγιστης ισχύος όπως το CMJ, SJ, DJ, άλμα σε μήκος χωρίς φόρα, σπριντ (Polhemus et al., 1980; Clutch et al., 1983; Fry et al., 1991; Lyttle et al., 1996; Perez-Gomez et al., 2008; Arabatzi et al., 2010 ; Alvarez et al., 2014; Sáez de Villarreal et al., 2015; Rodríguez-Rusell et al., 2017).

2.5.1. Αποτελέσματα συνδυαστικής μεθόδου προπόνησης σε μέγιστη δύναμη 1ME, και ισχύ

Παρακάτω γίνεται μια αναλυτική ανασκοπική προσπάθεια που δείχνει τα οφέλη που προέκυψαν από την εισαγωγή της σύνθετης προπόνησης χρησιμοποιώντας ως βασική άσκηση αντίστασης το βαθύ κάθισμα και πλειομετρικές αλτικές ασκήσεις, σε μέγιστη δύναμη 1ME και μέγιστη ισχύ μέσω κατακόρυφου άλματος.

Οι Adams, O'Shea, O'Shea, & Climstein, (1992) χρησιμοποίησαν 48 άνδρες ασκούμενους ως εξεταζόμενα άτομα που είχαν τουλάχιστον 1 χρόνο εμπειρία στην προπόνηση αντίστασης. Διέκριναν μία ομάδα αντιστάσεων στην άσκηση βαθύ κάθισμα (2-4 σετ* 2-8 επαναλήψεις) με φορτία 70-100%1ME, μια ομάδα πλειομετρικών ασκήσεων με βασική άσκηση τα DJ (1-3 σετ *8-15 επαναλήψεις), και μία ομάδα σύνθετης προπόνησης που έκανε συνδυασμό των ανωτέρων αλλά με

μειωμένο όγκο προπόνησης κατά 25%. Οι ομάδες προπονήθηκαν για 2 φορές την εβδομάδα επί 6 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ομάδα που εκτελούσε συνθέτη προπόνηση με φορτία βελτίωσε την άσκηση CMJ κατά 10,7 cm, η ομάδα αντιστάσεων κατά 3,3 cm, ενώ η πλειομετρική ομάδα κατά 3,8 cm. Οι συγγραφείς υποστήριξαν ότι τα αποτελέσματα έδειξαν τη στενή σχέση μεταξύ νευρομυϊκής ενεργοποίησης (μέσω της επιστράτευσης περισσότερων κινητικών ιών, και την αυξημένη διέγερση του μυοτατικού αντανακλαστικού) με την βελτίωση στην επίδοση του κατακόρυφου άλματος.

Η μελέτη των Ronnestad et al., (2008), έγινε στη φάση προετοιμασίας επαγγελματιών ποδοσφαιριστών της Premier League Νορβηγίας. Οι ερευνητές διέκριναν μία ομάδα προπόνησης αντιστάσεων με βασική άσκηση το ημικάθισμα (3-5 σετ * 4-6 επαναλήψεις με επιβάρυνση ανώτερη του 75%1RM), μια ομάδα σύνθετης προπόνησης που πρόσθεσε στις αντιστάσεις πλειομετρικό πρόγραμμα (2-4 σετ * 5-10 επαφές) στην άσκηση το Double Leg Hop, και μια ομάδα ελέγχου η οποία εκτελούσε μόνο την προπόνηση ποδοσφαίρου. Διαπιστώθηκε ότι ενώ και οι 2 πειραματικές ομάδες βελτίωσαν την επίδοση στο 1ME ημικαθίσματος σε σημαντικό βαθμό (κατά 41kg/43kg), καμία ομάδα δεν βελτίωσε σημαντικά την επίδοση στην άσκηση CMJ. Ο Ronnestad υποστήριξε ότι στα ομαδικά αθλήματα στα οποία το πλειομετρικό ερέθισμα είναι μεγάλο κατά την διάρκεια της προπόνησης λόγω της φύσης του αθλήματος, η εισαγωγή μεθόδου σύνθετης προπόνησης δεν φέρει σημαντικότερα αποτελέσματα σε μέγιστη δύναμη και ισχύ από την προπόνηση αντιστάσεων.

Οι Perez-Gomez et al., (2008) διαπίστωσαν σημαντική βελτίωση σε ημικάθισμα, Leg Press και CMJ μετά από σύνθετη προπόνηση σε φοιτητές φυσικής αγωγής. Η προπόνηση είχε διάρκεια 6 εβδομάδες για 3 φορές τη εβδομάδα. Χρησιμοποιήθηκαν βασικές ασκήσεις ενδυνάμωσης ημικάθισμα, Leg press, κάμψεις δικεφάλων, εκτάσεις τετρακέφαλων (4-6 σετ, 3-12 επαναλήψεις, 50-90%1RM), και ως πλειομετρικές ασκήσεις DJ από ύψος 40-60 εκατοστά και άλματα πάνω από εμπόδια. Η βελτίωση στο 1ME ημικαθίσματος (63 κιλά) και Leg Press (122 κιλά) ήταν εξαιρετικά μεγάλη γιατί κανείς από τους συμμετέχοντες δεν είχε κάνει προπόνηση δύναμης τουλάχιστον 6 μήνες πριν την εφαρμογή του προγράμματος. Επιπλέον, η επίδοση στο CMJ αυξήθηκε κατά 3 cm. Μάλιστα τα αποτελέσματα θεωρήθηκε ότι είχαν ιδιαίτερη

πρακτική αξία επειδή το αρχικό προπονητικό επίπεδο των ασκούμενων ήταν χαμηλό και οι διαφορές στη δύναμη και την ισχύ πολύ υψηλές.

Παρομοίως, οι Lyttle et al., (1996) αναφέρουν ότι η βελτίωση στην ομάδα σύνθετης προπόνησης σε άνδρες που δεν έχουν εμπειρία σε ασκήσεις αντίστασης είναι μεγαλύτερη από ότι σε προπονημένους αθλητές. Οι ερευνητές έκαναν σύγκριση 2 μεθόδων προπόνησης. Η πειραματική ομάδα μέγιστης ισχύος εκτελούσε άλματα 2-6 σετ, 8 επαναλήψεις, στο 30%1Rm Squat, αλλά στην άσκηση ημικάθισμα άλμα με βάρος. Η πειραματική ομάδα σύνθετης προπόνησης εκτελούσε σύνθετα ζευγάρια, 1-3 σετ, 6-10 επαναλήψεις στην άσκηση βαθύ κάθισμα, και κατευθείαν 8-10 DJ, από ύψος 20-60 εκατοστών. Βρέθηκε ότι οι 2 πειραματικές ομάδες βελτίωσαν εξ ίσου το 1ME βαθύ κάθισμα (14,7-14,8%) , ενώ η βελτίωση στην ομάδα σύνθετης προπόνησης για την άσκηση CMJ ήταν σημαντικότερη 12,9%, σε σχέση με την ομάδα μέγιστης ισχύος η οποία είχε αύξηση 7,9% .

Οι MacDonald, Lamont, Garner, & Hugh (2012) έκαναν σύγκριση της συνδυαστικής μεθόδου, με την πλειομετρική και την προπόνηση αντίστασης σε 3 διαφορετικές ομάδες προπονημένων αθλητών κολλεγίου με 2 φορές την εβδομάδα, για 6 εβδομάδες. Όλοι οι ασκούμενοι είχαν εμπειρία σε ασκήσεις αντιστάσεων για τουλάχιστον 6 μήνες. Το πρωτόκολλο δύναμης ήταν 3 σετ, 3-6 επαναλήψεις, στο 45-90% 1ME για τις ασκήσεις βαθύ κάθισμα, άρση θανάτου, άρση γαστροκνημίου. Η ομάδα πλειομετρικής προπόνησης εκτέλεσε 3 σετ, 7 επαναλήψεις στις ασκήσεις DJ, Lateral Jumps, Box Jumps. Η ομάδα σύνθετης προπόνησης εκτέλεσε συνδυασμό των παραπάνω προγραμμάτων. Βρέθηκε σημαντική βελτίωση σε όλες τις ομάδες στο 1ME βαθύ κάθισμα και άρση θανάτου, αλλά καμία διαφορά μεταξύ των ομάδων. Ο Mac Donald τόνισε ίσως δεν υπήρξε περαιτέρω βελτίωση στην ομάδα σύνθετης προπόνησης διότι σε διάστημα 6 εβδομάδων δεν προλαβαίνει να αναπτυχθεί μυϊκή υπερτροφία και κατά συνέπεια οι διαφορές στη δύναμη θα μπορούσαν να αποδοθούν σε νευρομυϊκές προσαρμογές.

Οι Alvarez, Sedano, Cuadrado, & Redondo, (2012) παρατήρησαν ότι η συνδυαστική προπόνηση 6 εβδομάδων σε επαγγελματίες παίκτες Golf οδήγησε σε μη στατιστικά σημαντική αύξηση της επίδοσης CMJ 1,15cm και αύξηση 1ME βαθύ κάθισμα 26,08kg η οποία διατηρήθηκε μετά από 5 βδομάδες αποχής από το πρόγραμμα.

Βασικές ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την ενδυνάμωση ήταν πιέσεις πάγκου, βαθύ κάθισμα, κωπηλατική, πιέσεις ώμων και οι πλειομετρικές άλματα πάνω από εμπόδια, πλειομετρικό push up. Η μέθοδος σύνθετης προπόνησης που εφαρμόστηκε ήταν τα σύνθετα ζευγάρια με τους ασκούμενους να εκτελούν σε κάθε ζευγάρι 6 επαναλήψεις στο 70%1ΜΕ στις ασκήσεις ενδυνάμωσης, και ακολούθως 10 επαναλήψεις από την πλειομετρική άσκηση. Το διάλλειμα ανάμεσα στα σετ ήταν 3 λεπτά (Alvarez et al., 2012).

Όσον αφορά τις εφηβικές ηλικίες η σύνθετη προπόνηση έχει βρεθεί ότι φέρει αντίστοιχου βαθμού βελτιώσεις. Τα ευρήματα των Rodríguez-Rosell, Franco-Márquez, Mora-Custodio, & González-Badillo, (2017), δείχνουν ότι χαμηλού φορτίου (45-60%) εφαρμογή προπόνηση στην άσκηση βαθύ κάθισμα χωρισμένες σε 2-3 σετ, για 4-8 επαναλήψεις, σε συνδυασμό με ασκήσεις σπριντ, έχει τεράστια σημασία σε αθλητές ηλικίας κάτω των 13-14 χρόνων. Την πειραματική ομάδα στην παραπάνω έρευνα αποτελούσαν αγόρια προεφηβικής ηλικίας που δεν είχαν εμπειρία ασκήσεις αντίστασης, με συχνότητα 2 προπονήσεις για 6 εβδομάδες. Η βελτίωση που παρατηρήθηκε ήταν 17,4kg για το 1ΜΕ κάθισμα σε παράλληλο επίπεδο και 3,3 cm για το CMJ. Μάλιστα επισημαίνουν ότι η βελτίωση των παραμέτρων χρησιμοποιώντας τις χαμηλές αυτές αντιστάσεις σε αγόρια 16 χρονών δεν είναι το ίδιο μεγάλη, και τονίζουν την αναγκαιότητα εισαγωγής υψηλών φορτίων αντίστασης σε αθλητές αυτή της ηλικίας. Τα ευρήματα του Randor, Lloyd, & Oliver (2017) ενισχύουν την ανάγκη που έχουν οι αθλητές μετά την ηλικία των 16 χρόνων, στην συνθέτη προπόνηση, για βελτίωση τους σε ταχυδυναμικές δοκιμασίες. Βελτίωση στο κατακόρυφο άλμα CMJ 3,14% βρίσκει και ο Santos μετά από την εφαρμογή προγράμματος σύνθετης προπόνησης σε αγόρια 14-15 χρόνων (Santos et al., 2008). Εξαίρεση ίσως αποτελεί η προεφηβική ηλικία στην οποία φαίνεται η πλειομετρική προπόνηση να έχει καλύτερα αποτελέσματα. Κάτι τέτοιο ίσως οφείλεται στο ότι οι προπονητικές προσαρμογές που συμβαίνουν σε αυτή την ηλικία είναι περισσότερο νευρικές παρά υπερτροφίας. Ορισμένοι συγγραφείς αναφέρουν ότι η πλειομετρική προπόνηση έχει καλύτερα αποτελέσματα σε αγόρια μικρότερα των 14 χρόνων, ενώ κατά την σωματική ωρίμανση η σύνθετη προπόνηση στην οποία χρησιμοποιούνται αντιστάσεις φαίνεται καταλληλότερη μέθοδος προπόνησης στην επίδοση της μέγιστης δύναμης και του κάθετου άλματος (Santos et al., 2008; Lloyd, Radnor, De Ste, Mark B. Cronin, & Oliver, 2016; Randor et al., 2017).

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε το συμπέρασμα ότι σε οποιοδήποτε προπονητικό επίπεδο, φύλο, μετά την ηλικία των 15 ετών η σύνθετη προπόνηση έχει καλύτερα ή τουλάχιστον ίδια αποτελέσματα σε 1ΜΕ βαθύ κάθισμα, και CMJ σε σύγκριση με προπόνηση αντιστάσεων, ή πλειομετρική προπόνηση από μόνες τους. (Polhemus et al., 1980; Clutch et al., 1983; Adams et al., 1992; Fatouros et al., 2000; Vossen et al., 2000; Sedano et al., 2013; Randor et al., 2017).

2.5.2 Αποτελέσματα συνδυαστικής μεθόδου προπόνησης σε μέγιστη δύναμη 1 ΜΕ και ισχύ, όταν αυτές εφαρμόζονται με αντίστροφη σειρά

Υπάρχει σημαντικός αριθμός ερευνών στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν φορτία ποικίλων εντάσεων 30-80%1ΜΕ, είτε διαφοροποιήθηκε η σειρά της εκτέλεσης των ασκήσεων δύναμης και πλειομετρικών (εναλλάξ 1 σετ δύναμης , 1 σετ πλειομετρικών). Τα αποτελέσματα δεν φαίνεται να είναι διαφορετικά σε σύγκριση με την κλασική μέθοδο που προβλέπει αρχικά όλα τα σετ της δύναμης και στη συνέχεια τα σετ των πλειομετρικών. Μερικές από αυτές τις έρευνες παρουσιάζουμε αναλυτικά παρακάτω.

Εντύπωση μας κάνουν τα ευρήματα του Kobal, Loturco, Barroso, Gil, Cuniyochi, Ugrinowitsch, Roschel, & Tricoli, (2017) οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση της σειράς εφαρμογής των ασκήσεων σε συνδυαστικό πρόγραμμα δύναμης και πλειομετρικών σε νεαρούς αθλητές ποδοσφαίρου. Η χρονική διάρκεια εφαρμογής των προπονήσεων ήταν 3 φορές /εβδομάδα για 8 εβδομάδες, και περιλάμβανε 3-5 σετ βαθύ καθίσματος, 6-10 επαναλήψεις, με φορτίο 60-80%1ΜΕ, και την πλειομετρική άσκηση DJ 3-5 σετ, 10-12 επαναλήψεις. Η μια ομάδα πειραματική ομάδα εκτελούσε αρχικά όλα τα σετ των αντιστάσεων, ενώ η δεύτερη ομάδα όλα τα σετ πλειομετρικών ασκήσεων. Η βελτίωση στην άσκηση ημικάθισμα (+48,6 και +46,3%) και το CMJ (+13, +14,2%) ήταν παρόμοια, και με τις δύο μεθόδους προπόνησης.

Ενδιαφέρον προκαλούν τα ευρήματα της Stasinaki, Gloumis, Spengos, Blazeovich, Zaras, Georgiadis, Karampatsos, & Terzis, (2015) οι οποίοι συμπεριέλαβαν φοιτητές φυσικής αγωγής που είχαν μέτρια εξοικείωση στην προπόνηση αντίστασης . Η πρώτη ομάδα στην μία προπόνηση χρησιμοποιούσε μόνο ασκήσεις αντιστάσεων με υψηλές

εντάσεις στην άσκηση βαθύ κάθισμα, Leg press (85%1ME), εκτελώντας 4 σετ για 6 επαναλήψεις, ενώ στην επόμενη προπόνηση, εκτελούσε πλειομετρικές ασκήσεις με βάρος (30%1ME) Leg press throw, DJ,SJ, για 4 σετ των 8 επαναλήψεων. Η παραπάνω μέθοδος είχε σαν αποτέλεσμα να εναλλάσσεται το φορτίο (υψηλό-χαμηλό), και η ταχύτητα κίνησης (χαμηλή-υψηλή), σε διαδοχικές προπονήσεις. Η δεύτερη ομάδα εκτελούσε τις ίδιες ασκήσεις με μορφή σύνθετων ζευγαριών δηλαδή η πλειομετρική άσκηση κάθε φορά γινόταν μετά την άσκηση αντίστασης. Το πρόγραμμα διήρκεσε 3 φορές ανά εβδομάδα για 6 εβδομάδες. Βρέθηκε ότι μόνο η πρώτη ομάδα βελτίωσε σημαντικά το κατακόρυφο άλμα CMJ, ενώ η δεύτερη ομάδα βελτίωσε το 1ME βαθύ κάθισμα σε σημαντικότερο βαθμό. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι αν ο στόχος είναι η αύξηση της μέγιστης ισχύος, σετ με υψηλά φορτία με αργή ταχύτητα κίνησης, σε συνδυασμό με σετ χαμηλού φορτίου με υψηλή ταχύτητα κίνησης, σε διαδοχικές προπονήσεις είναι ιδανικός. Οι Dobbs, Gill, Smart, & McGuigan, (2015) συμπεριέλαβαν παίκτες Rugby 17 ετών εξοικειωμένους με προπόνηση δύναμης, εναλλάσσοντας σετ βαθύ καθίσματος με CMJ, βρήκαν ότι η βελτίωση ήταν παρόμοια στις 2 ομάδες στην άσκηση 4ME στο βαθύ κάθισμα (+12%). Ωστόσο, η ομάδα που εκτελούσε εναλλάξ σετ βαθύ καθίσματος και CMJ σε σύνθετα ζευγάρια και όχι με τον παραδοσιακό τρόπο (αρχικά όλα τα σετ δύναμης και στη συνέχεια τις πλειομετρικές) είχε καλύτερα αποτελέσματα στην τελική επίδοση CMJ, θεωρώντας ότι η εναλλαγή σε σετ δύναμης και ισχύος είναι καλύτερη μέθοδος για την παραγωγή μέγιστης ισχύος. Οι συγγραφείς υποστήριξαν ότι η βελτίωση στο κατακόρυφο άλμα προέρχεται από το φαινόμενο STE (short term effects), που δηλώνει μια οξεία βελτίωση στην επίδοση του κατακόρυφου άλματος εξ αιτίας της συστολής που έγινε κατά το σετ αντίστασης υψηλού φορτίου. Η βελτίωση αυτή μπορεί να είναι άμεση, αλλά και χρόνια για αθλητές που προπονούνται με τη μέθοδο προπόνησης αντιστάσεων και ισχύος, καθώς το προπονητικό του πρωτόκολλο είχε διάρκεια 7 εβδομάδες με 2 φορές ανά εβδομάδα συχνότητα. Ανέφερε μάλιστα, ότι κατά την συνθέτη προπόνηση δεν είναι δυνατό να υπάρξουν οι προσαρμογές που προκαλεί το STE διότι οι μηχανισμοί βελτίωσης που προκαλούν οι αντιστάσεις ελαχιστοποιούνται κατά το πέρασμα του χρόνου όταν στο δεύτερο μέρος του προγράμματος εκτελούνται οι πλειομετρικές ασκήσεις.

Οι McBride, Triplett-McBride, Davie, & Newton, (2002) θέλοντας να διερευνήσουν την επίδραση διαφορετικών φορτίων που σχετίζονται με την ισχύ (πολύ μικρό ή πολύ

μεγάλο) χρησιμοποίησαν έμπειρους αθλητές στην προπόνηση αντίστασης, και τους εφάρμοσαν το ίδιο προπονητικό κύκλο 8 εβδομάδων με συχνότητα 2 φορές ανά εβδομάδα, αλλά με διαφορετική επιβάρυνση στις πειραματικές ομάδες. Οι ασκούμενοι εκτελούσαν την πλειομετρική άσκηση κάθισμα με άλμα στο μηχάνημα Smith, η μία ομάδα στο 30%1ME ενώ η επόμενη στο 80%1ME. Ο όγκος και το έργο προπόνησης εξισώθηκε μεταξύ των δύο πειραματικών ομάδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 1ME βαθύ κάθισμα αυξήθηκε εξ ίσου σημαντικά και στις 2 ομάδες (+8, +11%), με καμία διαφορά ανάμεσα τους.

2.5.3 Αποτελέσματα συνδυαστικής προπόνησης με επιπρόσθετα φορτία, κατά την εκτέλεση των πλειομετρικών ασκήσεων.

Η μετανάλυση των Sáez-Sáez de Villarreal et al., (2009B) υποστηρίζει ότι δεν υπάρχει διαφορά στην επίδοση του κάθετου άλματος όταν προσθέσουμε αντίσταση στις πλειομετρικές ασκήσεις, διότι αυξάνοντας την επιβάρυνση, υπάρχει μεγαλύτερος χρόνος επαφής του ποδιού με το έδαφος άρα λιγότερο αποτελεσματικός κύκλος επιμήκυνσης-βράχυνσης. Έτσι, ίσως η αποθηκευμένη ελαστική ενέργεια των συσταλτών και ελαστικών χάνεται σαν θερμότητα. Ωστόσο υπάρχουν έρευνες που έδειξαν ότι οι πλειομετρικές ασκήσεις που γίνονται με πρόσθετη επιβάρυνση έχουν καλύτερο αποτέλεσμα στη μέγιστη δύναμη και ισχύ. Μερικές από τις μελέτες αυτές αναλύονται παρακάτω.

Οι Blattner & Noble (1979) στη μελέτη τους σε άνδρες μεσαίου αθλητικού επιπέδου χώρισε 2 ομάδες θέλοντας να συγκρίνει μία μέθοδο αντιστάσεων και μία πλειομετρικών ασκήσεων με επιβάρυνση. Η πρώτη ομάδα έκανε Leg Press 3 σετ επί 10 επαναλήψεις με επιβάρυνση 60-80%1ME , και η δεύτερη ομάδα εκτελούσε 3 σετ επί 10 επαναλήψεις στην άσκηση DJ, χρησιμοποιώντας εξωτερική αντίσταση. Το βάρος στις πλειομετρικές αυξανόταν κάθε εβδομάδα, μέχρι να καταλήξει στις 20 λίβρες. Οι 2 ομάδες αξιολογήθηκαν στη δοκιμασία Jump And Reach. Η επίδοση τους βελτιώθηκε εξ ίσου σημαντικά μετά από 8 εβδομάδες και 3 προπονήσεις ανά εβδομάδα σε μέγεθος 3 cm.

Ο Polhemus et al., (1980) στην έρευνα του πάνω σε αθλητές στίβου και καλαθοσφαίρισης χρησιμοποίησε μια ομάδα αντιστάσεων η οποία για 6 εβδομάδες με

συχνότητα 3 φορές, εκτελούσε στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης τις ασκήσεις ημικάθισμα, επωμισμό, για 5 σετ από 5 επαναλήψεις με φορτία 65-10%1ME. Η πειραματική ομάδα εκτελούσε επιπλέον στο πρόγραμμα δύναμης, πλειομετρική προπόνηση προσθέτοντας στην άσκηση DJ γιλέκο επιβάρυνσης 10-12% του σωματικού βάρους, 3 σετ από 10 επαναλήψεις. Η ομάδα αντιστάσεων βελτίωσε την επίδοση στο CMJ κατά 2,5cm , ενώ η πειραματική ομάδα κατά 7,5cm , διαφορά που ανάμεσα στις ομάδες ήταν σημαντική.

Ο Fry et al., (1991) σε αθλήτριες πετοσφαίρισης εθνικής κατηγορίας γυναικών εφάρμοσε προπονητικό πλάνο 12 εβδομάδων σύνθετης προπόνησης. Η προπόνηση δύναμης γινόταν 4 φορές ανά εβδομάδα, και περιείχε 2 φορές την εβδομάδα ημικάθισμα, και άλλες 2 φορές μονοποδικά καθίσματα και πλάγια καθίσματα. Η πλειομετρική προπόνηση γινόταν 3 φορές ανά εβδομάδα, χρησιμοποιώντας 3 με 4 ασκήσεις κάθε φορά εκ των οποίων οι βασικές ήταν τα CMJ και DJ στις οποίες χρησιμοποιήθηκε επιπρόσθετη εξωτερική επιβάρυνση. Κατά το πέρας του προγράμματος η πειραματική ομάδα αύξησε την επίδοση στο ημικάθισμα 90 μοίρες κάμψης γόνατος κατά 14 kg και το κατακόρυφο άλμα κατά 3,2cm αντίστοιχα.

Οι Fowler, Trzaskoma, Wit, Iskra, & Lees (1995), σε 18 φοιτητές, εξοικειωμένους με την προπόνηση αντίστασης και την πλειομετρική προπόνηση, εφάρμοσε σύνθετη προπόνηση χρησιμοποιώντας τις ασκήσεις ημικάθισμα στις 90 μοίρες κάμψης γόνατος 3-4 σετ, 3-12 επαναλήψεις, 65-125%1ME, και ημικάθισμα άλμα με επιβάρυνση. Μετά από 12 προπονήσεις σε διάστημα 3 εβδομάδων η αύξηση στο CMJ ήταν 2,5cm , και η αύξηση 1ME ημικάθισμα στις 90 μοίρες, 17 kg, βελτιώσεις που ήταν στατιστικά σημαντικές σε σύγκριση με το αρχικό επίπεδο (Fowler et al., 1995).

2.6 Συμμετοχή ενεργειακών συστημάτων στο CrossFit

Δυστυχώς το CrossFit είναι μια πρόσφατα αναπτυσσόμενη τάση γυμναστικής για την οποία δεν υπάρχει πλούσιο ερευνητικό περιεχόμενο μέχρι στιγμής (Μάρτιος 2020) για να ξέρουμε επακριβώς τη συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων σε κάθε WOD. Ανάλογα με τα στοιχεία που συνθέτουν κάθε WOD, τη διάρκεια, τον τύπο των ασκήσεων (αερόβιας, ενόργανης, άρσης βαρών), το φορτίο, αλλάζει και η συμβολή τους στη συνολική παραγωγή ενέργειας . Το σίγουρο είναι ότι ο αθλητής υψηλού

επιπέδου πρέπει να έχει αυξημένα επίπεδα δύναμης, μυϊκής και αερόβιας αντοχής ώστε να ανταποκριθεί στις δοκιμασίες των αγώνων. Χαρακτηριστικά, αναφέρουμε ότι στα πρόσφατα CrossFit Games 2019 (ετήσιο παγκόσμιο πρωτάθλημα CrossFit), στο 3^ο αγώνισμα οι αθλητές έπρεπε να τερματίσουν όσο γρηγορότερα μπορούν στο δρόμο των 6.000 μέτρων, ενώ στο 9^ο αγώνισμα καλούνταν να σηκώσουν 1ΜΕ στην άσκηση του επωμισμού.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΑΝΑ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ		
Ενόργανη	Μεταβολικές	Άρσης Βαρών
Βαθύ κάθισμα/ Air Squat	Τρέξιμο/ Run	Άρσεις θανάτου/ Deadlift
Έλξη/ Pull Up	Κωπηλασία/ Row	Επωμισμός/ Clean
Κάμψη/ Push Up	Ποδήλατο/ Bike	Πιέσεις/ Press
Βύθιση/ Dip	Σκι/ Ski	Αρασέ/ Snatch
Κατακόρυφες κάμψεις/ Handstand Push Up	Σχοινάκι/ Rope Jump	Επωμισμός και πίεση/ Clean and Jerk
Σκαρφάλωμα σχοινού/ Rope Climb		Ασκήσεις με ιατρική μπάλα/ medicine Ball Drills
Ανατροπή/ Muscle Up		Αιωρήσεις με δράμι/ Kettlebell Swings
Περπάτημα με τα χέρια/ Handstand walk		
Κοιλιακοί/ Sit Ups		
Άλματα/ Jumps		
Προβολές/ Lunges		

Σχήμα (2.8) : Οι βασικές ασκήσεις που συνθέτουν τα WOD CrossFit. Την αριστερή στήλη αποτελούν οι ασκήσεις ενόργανης που γίνονται με το βάρος του σώματος. Η μεσαία στήλη απαρτίζεται από τις ασκήσεις αερόβιας ικανότητας και οι αριστερή στήλη από ασκήσεις άρσης βαρών (Glassman, 2019).

ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ
<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 1</u> 4 γύρους για χρόνο 400 μέτρα τρέξιμο 3 σκαρφαλώματα σε σχοινί 7 αρασέ με βαθύ κάθισμα (60/80κιλά) χρονικό περιθώριο: 20'	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 3</u> 6000 μέτρα με διαφορετικό σακίδιο επιβάρυνσης κάθε 1500 μέτρα βάρος σακιδίου γυναίκες/άνδρες: 10/15/20/25κιλά	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 6</u> 200 μέτρα σπριντ με αλλαγές κατεύθυνσης	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 9</u> 1000 μέτρα κολύμπι 1000 μέτρα κωπηλασία από πρηνή θέση σε σανίδα ιστιοπλοΐας χρονικό περιθώριο: 50'

<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 2</u> 800 μέτρα κωπηλασία 66 πιέσεις με δράμι (12/16κιλά) 40 μέτρα περπάτημα με τα χέρια χρονικό περιθώριο: 10'	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 4</u> 52 μέτρα σπρώξιμο έλικθρου 15/18 ανατροπές στο μονόζυγο 52 μέτρα σπρώξιμο έλικθρου χρονικό περιθώριο: 6'	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 7</u> 5 γύροι: 1 σκαρφάλωμα σε τοίχο 100 διπλά περάσματα με σχοινάκι 10 αρασέ με αλήτρα 10 επωμισμούς με πίεση (25/36κιλά) χρονικό περιθώριο: 20'	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 10.A</u> 30-20-10 επαναλήψεις από θερμίδες στο ποδήλατο δάκτυλα ποδιών στους κρίκους χρονικό περιθώριο: 6'
	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 5</u> 20' AMRAP 5 κατακόρυφες κάμψης 10 καθίσματα στο ένα πόδι 15 έλξεις στο μονόζυγο	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 8</u> 1 μέγιστη επανάληψη επωμισμού. Τα κιλά ανεβαίνουν ανά 2,5 στις γυναίκες, και ανά 5 στους άνδρες	<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 10.B</u> 15-10-5 burpees καθίσματα με μπάρα πάνω από το κεφάλι (40/60κιλά) χρονικό περιθώριο: 5'
			<u>ΑΓΩΝΙΣΜΑ 11</u> 30 επωμισμούς και πίεση 30 ανατροπές στους κρίκους 30 αρασέ (40/60κιλά) χρονικό περιθώριο: 12'

Σχήμα (2.9) : Θέλοντας να εξοικειώσουμε τον αναγνώστη της διατριβής μας με τις ενεργητικές απαιτήσεις του αγωνιστικού CrossFit, αναφέρουμε τα αγωνίσματα στα οποία διαγωνίστηκαν οι αθλητές στα CrossFit Games 2019.

Παρακάτω παραθέτουμε τα πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με την συμμετοχή των ενεργειακών συστημάτων στο CrossFit.

Οι Fernandez, Solana, Moya, Marin, & Ramon (2015) παρατήρησαν ότι τα προγράμματα (συνεδρίες) Benchmark Workout Cindy και Fran είναι υψηλής έντασης, καθώς η καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια του κάθε WOD ανέρχεται στο 90-95% της μέγιστης, και η πρόσληψη οξυγόνου βρίσκεται στο 55-65% της VO2max. Benchmark WOD θεωρείται μια σειρά από τυποποιημένα προγράμματα (συνεδρίες) ελέγχου, καθένα από τα οποία μπορεί να εκτελείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα με σκοπό να συγκρίνει ο κάθε αθλητής την πρόοδο του ως προς τον εαυτό του, ή την επίδοση του σε σχέση με κάποιο άλλο αθλητή. Το workout Cindy σημαίνει ότι ο αθλητής προσπαθεί να εκτελέσει όσο το δυνατό περισσότερες επαναλήψεις από 5 pull ups, 10 push ups, 15 air squats, μέσα σε 20 λεπτά. Το workout Fran σημαίνει ότι ο αθλητής εκτελεί όσο το δυνατό γρηγορότερα 21/15/9 επαναλήψεις από pull ups και thrusters με τη μπάρα να ζυγίζει για τους άνδρες 42,5 κιλά.

Οι Farrar, Mayhew, & Koch (2016) έδειξαν ότι αθλητές κολλεγίου οι οποίοι εκτέλεσαν μέσα σε 12 λεπτά όσες περισσότερες επαναλήψεις μπορούν στην άσκηση Kettlebell Swings με 16 κιλά, δούλευαν στο 86,8% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας, και στο 65,3% της VO2max.

Ο Babiash (2013), παρατήρησε ότι σε εξοικειωμένους αθλητές κατά τη διάρκεια ενός Workout (Donkey Kong), το οποίο περιείχε 21-15-9 επαναλήψεις από Burpees, αιωρήσεις με δράμι 24 κιλών, και άλματα σε κουτί 60 εκατοστών η μέση VO2max ήταν στο 83%, και η μέση καρδιακή συχνότητα στο 91%.

Οι Bellar, Hatchett, Judge, Breaux, & Marcus (2015) ανακάλυψαν ότι οι αθλητές CrossFit που είχαν ανώτερη αναερόβια ισχύ και καλύτερη αερόβια ικανότητα (VO2max), είχαν υψηλότερες επιδόσεις στα WOD Cindy και Fran, και παράλληλα υποστήριξε ότι η επιτυχία στο άθλημα αυτό εξαρτάται από ένα συνδυασμό αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας.

2.6.1. Εφαρμογή ασκήσεων αντίστασης για τη βελτίωση μέγιστης δύναμης 1ME, στην προπόνηση CrossFit

Ξεχωριστό σημείο της προπόνησης CrossFit σε προχωρημένους αθλητές είναι η προπόνηση δύναμης. Βελτιώνοντας θεωρητικά την καλύτερη επίδοση σε μια κίνηση άρσης βαρών, αυξάνεις τον αριθμό επαναλήψεων που μπορείς να σηκώσεις ένα υπομέγιστο φορτίο (Butcher, Neyedly, Horvey, & Benko, 2015). Επιπλέον υπάρχουν συνεδρίες ελέγχου όπως το Total 3 στα οποία η επίδοση αξιολογείται βάση του συνολικού φορτίου που ο αθλητής θα καταφέρει στις 3 αυτές κινήσεις Deadlift, Bench Press, Overhead Squat. Τέλος, βρέθηκε ότι η συνολική δύναμη σε ασκήσεις με μπάρα όπως το Deadlift, το Bench Press, και το Overhead Squat, σχετίζεται με την επίδοση σε Benchmark Workouts όπως το Fran και το Grace (Butcher et al., 2015).

Αναπόσπαστο λοιπόν στοιχείο της προπόνησης είναι η προπόνηση δύναμης η οποία αποβλέπει άμεσα στη βελτίωση της επίδοσης μιας μέγιστης άρσης (1ME) σε επιλεγμένες ασκήσεις, είτε έμμεσα στο να μπορείς να κινείς ένα σταθερό υπομέγιστο φορτίο σε πιο γρήγορο ρυθμό στη μονάδα του χρόνου. Κάτι τέτοιο απαιτεί καλές επιδόσεις σε δοκιμασίες όπως το 1ME στην άσκηση Back Squat, και η επίδοση

κατακόρυφου άλματος, οι οποίες σχετίζονται με τη δύναμη και την ισχύ των κάτω άκρων των ασκούμενων.

Με βάση τα παραπάνω καταλαβαίνει κανείς ότι ένας ολοκληρωμένος αθλητής CrossFit μαζί με την τυπική του προπόνηση, χρειάζεται να συμπεριλάβει προπονητικούς κύκλους δύναμης σε συγκεκριμένες ασκήσεις για να έχει βέλτιστα αποτελέσματα. Πρόκειται για ένα πολυδιάστατο άθλημα το οποίο απαιτεί ταυτόχρονα καλές επιδόσεις σε αγωνίσματα μέγιστης δύναμης 1ΜΕ, και αερόβιας ικανότητας, για δοκιμασίες υψηλής χρονικής διάρκειας.

2.6.2 Η άσκηση Back Squat (βαθύ κάθισμα) στη βελτίωση μέγιστης δύναμης στο CrossFit

Σύμφωνα με την CrossFit, κατά τη σωστή εκτέλεση της άσκησης Back Squat ο αθλητής τοποθετεί την μπάρα στην ανώτερη μοίρα του τραπεζοειδή, σφίγγει καλά τον κορμό, εκτελεί κάθισμα σε όλο το εύρος κίνησης μέχρι η άρθρωση του ισχίου να περάσει εμφανώς κατώτερα από την άρθρωση του γόνατος. Κατόπιν, εκρηκτικά τεντώνει γόνατα ισχίο αστραγάλους και επανέρχεται σε όρθια θέση (Glassman, 2019). Όπως αναφέραμε στο κεφάλαιο 1 η κίνηση Back Squat επιστρατεύει τους περισσότερους μύες του κατώτερου σώματος, συμπεριλαμβάνοντας τον τετρακέφαλο μηριαίο, τους καμπήρες και εκτείνοντες του ισχίου, και τους προσαγωγούς και απαγωγούς του ισχίου και τον γαστροκνήμιο (Nissell et al., 1986.). Επιπλέον, σημαντικού βαθμού ισομετρική δύναμη παράγουν οι κοιλιακοί και ραχιαίοι μύες, καθώς και αυτοί της μέσης και ανώτερης μοίρας της πλάτης, οι οποίοι λειτουργούν προσπαθώντας να σταθεροποιήσουν τις δομές της σπονδυλικής στήλης σε ουδέτερη θέση (Solomonow, et al., 1987).

Ο Stone βρήκε υψηλή συσχέτιση της μέγιστης δύναμης στην επίδοση του 1ΜΕ Back Squat, με την επίδοση στις κινήσεις της άρσης βαρών, αναδεικνύοντας τη σημασία της δύναμης των κάτω άκρων στις επιδόσεις των αντίστοιχων δοκιμασιών. Για την έρευνα του χρησιμοποίησε 65 διεθνούς και εθνικού επιπέδου αθλητές άρσης βαρών (Stone et al., 2005).

Επιπλέον οι ασκήσεις που περιέχουν βαθύ κάθισμα στο CrossFit είναι πολλές (Back

Squat, Front Squat, Overhead Squat, Thrusters, Clusters, Squat Snatch, Squat Clean κλπ). Σύμφωνα με την εμπειρία μας γνωρίζουμε ότι η άσκηση Back Squat είναι η κίνηση καθίσματος με την οποία ο αθλητής μπορεί να σηκώσει τα περισσότερα κιλά από οποιοδήποτε άλλο είδος καθίσματος. Οποιαδήποτε βελτίωση στην καλύτερη επίδοση της άσκησης Back Squat ίσως σηματοδοτήσει ευεργετικά αποτελέσματα σε κάποιες από τις υπόλοιπες κινήσεις Squat. Στο CrossFit δεδομένου ότι όλες οι ασκήσεις είναι σύνθετες και πολυαρθρικές πιθανόν δεν θα είχε καμία πρακτική εφαρμογή βελτίωση σε μονοαρθρική άσκηση όπως η έκταση ή η κάμψη γόνατος, γι' αυτό και μηχανήματα ενδυνάμωσης ανοιχτής κινητικής αλυσίδας δεν περιέχονται στο πρόγραμμα .



Σχήμα (2.10) : Η άσκηση Βαθύ κάθισμα (Back Squat)

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Πειραματική προσέγγιση του προβλήματος

Όπως εξηγήσαμε στην εισαγωγή, οι δοκιμασίες μέγιστης δύναμης αποτελούν αναπόσπαστο σημείο για την συνολική επίδοση ενός αθλητή CrossFit. Το δυσκολότερο σημείο στο σχεδιασμό του προπονητικού προγράμματος είναι πως θα καταφέρει ο προπονητής να μεγιστοποιήσει τα αποτελέσματα στην δύναμη με την ταυτόχρονη παρουσία αερόβιου προγράμματος (WOD). Εμείς επιλέξαμε να χωρίσουμε 2 μέρες την εβδομάδα στις οποίες κάναμε συνδυαστική προπόνηση αντιστάσεων και πλειομετρικές ασκήσεις, και άλλες 3 ημέρες κάναμε υψηλής έντασης (WOD) βασιζόμενοι σε στοιχεία προηγούμενων μελετών οι οποίες ανέφεραν ότι όταν η προπόνηση αερόβιας γίνεται μέχρι 3 φορές την εβδομάδα, και η προπόνηση αντίστασης επίσης μέχρι 3 φορές την εβδομάδα, αλλά σε διαφορετικές ημέρες, η μυϊκή δύναμη βελτιώνεται στον ίδιο βαθμό είτε μόνο με αντιστάσεις είτε σε συνδυασμό τους με αερόβια (Sale et al., 1990; McCarthy et al., 1995; Glowacki et al., 2004). Αντλώντας στοιχεία παλαιότερων μελετών, οι οποίες αναδεικνύουν τις αρχές προπόνησης με αντιστάσεις, βάση του περιοδισμού και της αρχής προοδευτικής επιβάρυνσης, δημιουργήσαμε ένα πρωτόκολλο προπόνησης κατά το οποίο πιστεύουμε ότι θα είναι κατάλληλο στις ανάγκες των αθλητών, χωρίς να τους οδηγήσει στην υπέρπροπόνηση (Deschenes et al., 2002).

Στηριχτήκαμε στην έρευνα των Khelifa et al., 2010 αφού σύμφωνα με την τελευταία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Μάρτιος 2020) ήταν ο μόνος ερευνητής που έχει μελετήσει την χρήση επιπρόσθετης επιβάρυνσης στις πλειομετρικές ασκήσεις μέσω γιλέκου 10-11% σωματικού βάρους, σε σύγκριση με μία ομάδα ελέγχου που εκτελεί τον ίδιο όγκο και τύπο πλειομετρικών ασκήσεων αλλά χωρίς επιβάρυνση. Ο πληθυσμός που χρησιμοποίησε ήταν επαγγελματίες αθλητές καλαθοσφαίρισης και οι δοκιμασίες που αξιολογήθηκαν ήταν η επίδοση της μέγιστης ισχύος (CMJ), για χρονικό διάστημα 10 εβδομάδων με 2/3 φορές ανά εβδομάδα προπόνηση.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν υπάρχουν αντίστοιχες μελέτες σχεδιάστηκε πρόγραμμα συνδυαστικής προπόνησης (αντίστασης και πλειομετρικών) διάρκειας 8 εβδομάδων με συχνότητα 2 φορές την εβδομάδα. Ο πληθυσμός χωρίστηκε σε 2 ομάδες

(πειραματική και ελέγχου) για τις οποίες το πρωτόκολλο αντιστάσεων και πλειομετρικών ήταν όμοιο. Η μοναδική διαφορά στην οποία υπεβλήθησαν οι ομάδες ήταν ότι κατά την εκτέλεση των πλειομετρικών ασκήσεων η πειραματική ομάδα έφερε γιλέκο επιβάρυνσης 12% του σωματικού βάρους, όπως εφάρμοσε και ο Khlifa et al., 2010. Επιπρόσθετα στην συνδυαστική προπόνηση και σε διαφορετικές ημέρες 3 φορές/εβδομάδα εφαρμόστηκε αερόβιο πρόγραμμα WOD CrossFit το οποίο ήταν όμοιο για όλους τους δοκιμαζόμενους. Στα WOD οι δοκιμαζόμενοι φορούσαν ζώνη μέτρησης καρδιακών παλμών, για να ελέγχεται ανά πάσα στιγμή η καρδιακή συχνότητα. Πριν και μετά το τέλος του προγράμματος έγινε καταγραφή της μέγιστης δύναμης στο βαθύ κάθισμα και της ισχύος των κάτω άκρων (κατακόρυφες αλτικές προσπάθειες με προφόρτιση-CMJ).

3.2.Υλικό-Δοκιμαζόμενα άτομα

Στη μελέτη μετά από έγγραφη πληροφόρηση δήλωσαν συμμετοχή 37 καλά προπονημένοι αθλητές CrossFit, οι οποίοι για να συμμετέχουν στην έρευνα έπρεπε να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις :

- 1) Να έχουν προπονητική εμπειρία πάνω από 2 χρόνια.
- 2) Να έχουν κάνει τουλάχιστον 3 προπονητικούς κύκλους δύναμης στο παρελθόν στην άσκηση Back Squat.
- 3) Το ατομικό τους ρεκόρ στην άσκηση του Back Squat, να είναι ανώτερο του 1,5 φορές το σωματικό βάρος του αθλητή, για να θεωρηθούν προχωρημένοι (Willoughby, 1993).
- 4) Η επίδοση στο Benchmark Workout Fran να είναι κάτω από 5 λεπτά. Το WOD Fran προβλέπει να εκτελέσεις σε όσο δυνατό λιγότερο χρόνο, 21-15-9 επαναλήψεις από thrusters με 42,5 kg και pull ups.
- 5) Να μην έχουν αναφέρει τους τελευταίους 6 μήνες προβλήματα τραυματισμού σε αρθρώσεις γόνατου και ισχίου.

Οι αθλητές έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεση τους για τη συμμετοχή στην έρευνα, ενώ καταγράφηκε η ηλικία, το ύψος κατά προσέγγιση 0,5 cm, το σωματικό τους βάρος κατά προσέγγιση 0,1 kg. Το πρώτο βήμα ήταν η διαδικασία της διαλογής. Ο κάθε αθλητής δήλωσε το ατομικό του ρεκόρ στην άσκηση Back Squat με βάση την

καλύτερη επίδοση που είχε κάνει στο παρελθόν.

3.3 Διαδικασίες μέτρησης

Οι συμμετέχοντες ακολούθησαν ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο προθέρμανσης το οποίο περιείχε 8 λεπτά ποδηλασίας στο κυκλοεργόμετρο, σε χαμηλό ρυθμό. Η αξιολόγηση της ΚΣ έγινε με τη βοήθεια παλμογράφου Polar έτσι ώστε ο κάθε αθλητής να ελεγχόταν ότι δεν ξεπερνάει τους 140 παλμούς. Στην συνέχεια, έκαναν βαλλιστικές διατάσεις ποδιών, περιφορές ώμων, 2 ασκήσεις ευκινησίας για την άρθρωση του αστραγάλου και 2 ασκήσεις ευκινησίας για την άρθρωση του ισχίου από 30 δευτερόλεπτα σε κάθε άσκηση.

Μέτρηση 1RM Back Squat (1^η δοκιμασία)

Οι αθλητές εκτέλεσαν 20 Squats με το βάρος του σώματος, 10 Back Squats στο 30%1RM, 6 Back Squats στο 50%1RM, 3 στο 70%1RM. Από το σημείο αυτό εκτελούσαν 1 επανάληψη στο 75, 80, 85, 90, 95, 100%1RM, με βάση το ατομικό ρεκόρ του κάθε αθλητή. Αν όλες οι προσπάθειες ήταν επιτυχημένες, η διαδικασία συνεχιζόταν με την επιβάρυνση να ανεβαίνει κατά 2,5%1RM μέχρι την πρώτη αποτυχημένη προσπάθεια. Η προοδευτικότητα της επιβάρυνσης είναι παρόμοια με αυτή προτείνεται από τους συγγραφείς για τη μέτρηση του 1RM Beachle & Earle, (2008). Το διάλειμμα μεταξύ των προσπαθειών ήταν 3-5 λεπτά ώστε να μην υπάρξει νευρομυϊκή κόπωση (Comyns, Harrison, Hennessy, & Jensen, 2006). Οι κανόνες για να θεωρηθεί η προσπάθεια στο Back Squat έγκυρη ήταν όμοιοι με αυτούς που αναπτύξαμε στην εισαγωγή. Βιντεοσκοπήθηκαν όλες οι μέγιστες προσπάθειες για να διασφαλιστεί η εγκυρότητα και αξιοπιστία της διαδικασίας μετρήσεων. Ως καλύτερη προσπάθεια καταγράφηκε η επιτυχημένη άρση στα μέγιστα κιλά κάθε συμμετέχοντα μέχρι να προκύψει φορτίο στο οποίο θα αποτύχει. Αν ο δοκιμαζόμενος κατάφερνε επίδοση στο Back Squat ίση ή ανώτερη με το δηλωθέν ατομικό του ρεκόρ, τότε προχωρούσε στην δοκιμασία μέτρησης μέγιστης ισχύος. Η διαδικασία της διαλογής έγινε έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι όλοι συμμετέχοντες θα είναι στην καλύτερη σωματική κατάσταση, και να εξεταστεί η επίδραση του προγράμματος σε προχωρημένους αθλητές. Όλοι οι υπόλοιποι συμμετέχοντες εξαιρέθηκαν από την προπονητική διαδικασία.

Μέτρηση κατακόρυφου άλματος CMJ (2^η δοκιμασία)

Δόθηκαν 3 προσπάθειες με 2 λεπτά διάλειμα μεταξύ των προσπαθειών. Η μέθοδος καταγραφής και αξιολόγησης ήταν η εφαρμογή My Jump 2, η οποία μετρούσε το συνολικό χρόνο πτήσης, όπως προτείνεται από τον κατασκευαστή της (Balsalobre-Fernandez, Glaister, & Lockey, 2015). Χρησιμοποιήθηκε κινητό iPhone 7s για την βιντεοσκόπηση και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Από τους 37 μόνο 20 αθλητές CrossFit συμμετείχαν στο πρόγραμμα της σύνθετης προπόνησης. Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών φαίνονται στον πίνακα 3.1.

	<u>ΟΜΑΔΕΣ</u>	
	<u>ΠΟ</u>	<u>ΕΟ</u>
Ηλικία (έτη)	27±7,54	30±6,62
Βάρος (κιλά)	85±15,20	85±13,40
Ύψος (εκατοστά)	175±12,50	173±11,00

*ΠΟ= πειραματική ομάδα, ΕΟ= ομάδα ελέγχου

3.4. Πειραματικός σχεδιασμός

Τα εξεταζόμενα άτομα τυχαία κατηγοριοποιήθηκαν σε 2 ομάδες. Η πρώτη ήταν η πειραματική (n=10), και η δεύτερη η ομάδα ελέγχου (n=10).

17 από τους συμμετέχοντες κατάφεραν να ολοκληρώσουν την προπονητική διαδικασία. 2 από τους συμμετέχοντες της ομάδας ελέγχου ανέφεραν πρόβλημα στα γόνατα και εγκατέλειψαν την έρευνα. 1 από τους συμμετέχοντες της πειραματικής ομάδας εγκατέλειψε την έρευνα λόγω ασθένειας. Η προπονητική διαδικασία καθώς επίσης οι αρχικές και τελικές μετρήσεις έλαβαν χώρα στο γυμναστήριο CrossFit Northzone σε ειδικά διαμορφωμένη αίθουσα και σταθερή θερμοκρασία 22 βαθμών Κελσίου, για τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο.

Η πειραματική ομάδα θα έκανε σύνθετη προπόνηση 8 εβδομάδων , 2 φορές/εβδομάδα, η οποία περιλάμβανε :

ι) Ένα περιοδικό πρόγραμμα δύναμης αποτελούμενο αποκλειστικά από την άσκηση του Back Squat. Το πρόγραμμα ενδυνάμωσης ήταν όμοιο για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, εμπνευσμένο από την ανασκόπηση των Deschenes et al, (2002) και περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα 3.2. Περιλαμβάνει 2 εβδομάδων εισαγωγική προπόνηση υπερτροφίας με εντάσεις 65-80%1RM, 3 εβδομάδες αύξησης δύναμης με εντάσεις 80-90%1RM, 2 εβδομάδες φάση κορύφωσης και μεγιστοποίησης με εντάσεις 90-95%1RM, και η τελευταία είναι η εβδομάδα φορμαρίσματος, στόχος της οποίας ήταν η προετοιμασία για την τελική δοκιμασία. Το διάλλειμα ανάμεσα στα σετ ήταν 3-5 λεπτά για την καλύτερη ανασύνθεση της φωσφοκρεατίνης (Comyns et al., 2006).

ιι) Μετά το πρόγραμμα ενδυνάμωσης σε κάθε προπόνηση, τα εξεταζόμενα άτομα υποβλήθηκαν σε πλειομετρική προπόνηση η οποία περιλάμβανε τις εξής ασκήσεις: CMJ,SJ,DJ όπως περιγράφονται στον πίνακα 3.3. Αναλυτικά οι ασκήσεις περιγράφονται στην εισαγωγή. Η τεχνική που ακολουθήσαμε και στις 3 πλειομετρικές ασκήσεις ήταν « πήδα όσο ψηλότερα μπορείς».

Ειδικότερα, κατά την άσκηση DJ χρησιμοποιήσαμε πολλαπλό ύψος πτώσης (30, 40, 50 cm) για μεγιστοποίηση των αποτελεσμάτων ισχύος όπως προτείνει οι Byrne, Moran, Rankin, & Kinsella, (2010). Επιπλέον, εφαρμόσαμε την τεχνική του Countermovement Drop Jump όπως περιγράφεται σε παλαιότερες έρευνες (Bobbert 1990; Marshall & Moran 2013).

Οι πλειομετρικές ασκήσεις εκτελέστηκαν για την πειραματική ομάδα, φορώντας ένα γιλέκο επιβάρυνσης της εταιρείας GEAR UP. Κάθε γιλέκο περιείχε υφασμάτινα σακίδια άμμου βάρους 1 κιλού, τα οποία αφαιρούνταν ή προθέτονταν στο γιλέκο έτσι ώστε το βάρος του γιλέκου να προσεγγίσει περίπου το 12% του σωματικού βάρους του συμμετέχοντα. Το διάλλειμα ανάμεσα στις επαναλήψεις ήταν 10 sec, ενώ ανάμεσα στα σετ 90 sec. Η επιλογή των πλειομετρικών ασκήσεων αφορά σε κατακόρυφη διεύθυνση προκειμένου να προσομοιάζει με την δοκιμασία επίδοσης, και να υπάρχουν οι επιθυμητές προσαρμογές. Ο αριθμός σετ, επαναλήψεων και

ύψους πτώσης είναι εμπνευσμένος από τη μετανάλυση των Sáez-Sáez de Villarreal, et al., 2009B)

Η ομάδα ελέγχου εκτέλεσε ακριβώς το ίδιο πρόγραμμα στην ενδυνάμωση και τις πλειομετρικές ασκήσεις (όγκο, επαναλήψεις), με τη διαφορά ότι οι πλειομετρικές ασκήσεις εκτελέστηκαν χωρίς επιπρόσθετη επιβάρυνση.

<u>Πίνακας 3.2. Πρόγραμμα Αντιστάσεων 8 εβδομάδων</u>		
	Τρίτη	Παρασκευή
	<u>1,3</u>	<u>2,4</u>
Αριθμός Προπόνησης		
	2 SETS * (8 REPS) @65%	1 SET * (6 REPS) @70%
	2 SETS * (6 REPS) @70%	2 SETS * (4 REPS) @75%
	2 SETS * (4 REPS) @75%	2 SETS* (3 REPS) @80%
	<u>5,7,9</u>	<u>6,8,10</u>
Αριθμός Προπόνησης		
	1 SET * (4 REPS) @75%	1 SET * (3 REPS) @80%
	2 SETS* (3 REPS) @80%	2 SETS* (2 REPS) @85%
	2 SETS* (2 REPS) @85%	2 SETS* (2 REPS) @90%
	<u>11,13</u>	<u>12,14</u>
Αριθμός Προπόνησης		
	1 SET * (2 REPS) @85%	1 SET * (2 REPS) @90%
	2 SETS* (2 REPS) @90%	2 SETS* (1 REPS) @92,5%
	2 SETS* (1 REP) @92%	1 SET * (1 REPS) @95%
	<u>15</u>	<u>16</u>
Αριθμός Προπόνησης		
	1 SET * (5 REPS) @80%	1 SET * (1 REP) @90%
	1 SET * (3 REPS) @85%	1 SET * (1 REP) @92,5%
	1 SET * (2 REPS) @90%	1 SET * (1 REP) @97,5%
	1 SET * (1 REP) @92,5%	
*SET= Αριθμός Σειρών, REPS= Αριθμός Επαναλήψεων, @ΠΟΣΟΣΤΟ= Ποσοστό % 1RM Back Squat		

Πίνακας 3.3. Πρόγραμμα Πλειομετρικών Ασκήσεων 8 εβδομάδων					
Τρίτη			Παρασκευή		
Αριθμός Προπόνησης	1,3		2,4		
	SJ	3 SETS* (6 REPS)	SJ	3 SETS* (6 REPS)	
	CMJ	3 SETS* (6 REPS)	CMJ	3 SETS* (6 REPS)	
	DJ30	3 SETS* (6 REPS)	DJ30	3 SETS* (6 REPS)	
Αριθμός Προπόνησης	5,7,9		6,8,10		
	SJ	4 SETS* (6 REPS)	SJ	4 SETS* (6 REPS)	
	CMJ	4 SETS* (6 REPS)	CMJ	4 SETS* (6 REPS)	
	DJ40	4 SETS* (6 REPS)	DJ40	4 SETS* (6 REPS)	
Αριθμός Προπόνησης	11,13		12,14		
	SJ	4 SETS* (8 REPS)	SJ	4 SETS* (8 REPS)	
	CMJ	4 SETS* (8 REPS)	CMJ	4 SETS* (8 REPS)	
	DJ50	4 SETS* (8 REPS)	DJ50	4 SETS* (8 REPS)	
Αριθμός Προπόνησης	15		16		
	SJ	3 SETS* (6 REPS)	SJ	3 SETS* (6 REPS)	
	CMJ	3 SETS* (6 REPS)	CMJ	3 SETS* (6 REPS)	
	DJ30	3 SETS* (6 REPS)	DJ30	3 SETS* (6 REPS)	
*SET= Αριθμός Σειρών, REPS= Αριθμός Επαναλήψεων, SJ= Squat Jump, *CMJ= Countermovent Jump, DJ30/40/50= Drop Jump από 30/40/50 εκατοστά.					

Μετά το πέρας του προπονητικού κύκλου των 8 εβδομάδων υπήρξαν εκ νέου μετρήσεις στις παραμέτρους 1RM Back Squat και CMJ. Οι τελικές μετρήσεις διεξήχθησαν με διαδικασία όμοια με την αρχική, ακριβώς 3 ημέρες μετά την τελευταία προπόνηση.

Το πρόγραμμα σύνθετης προπόνησης γινόταν για τις ημέρες Τρίτη και Παρασκευή. Για τις ημέρες εκείνες ήταν η μοναδική άσκηση που έκαναν οι συμμετέχοντες πέραν των καθημερινών τους δραστηριοτήτων. Το πρόγραμμα σύνθετης προπόνησης ήταν επιπρόσθετο σε προπόνηση CrossFit η οποία λάμβανε χώρα για τις ημέρες Δευτέρα, Πέμπτη, Σάββατο. Κάθε προπόνηση περιλάμβανε μία τυπική προθέρμανση διάρκειας 10 λεπτών σε εργόμετρο, 5 λεπτά ειδικές ασκήσεις ευκινησίας, 10 λεπτά εξάσκηση με μία άσκηση (skill) υψηλής τεχνικής απαίτησης, και ένα WOD διάρκειας 7-16 λεπτών. Ήταν υψηλής απαίτησης προπονήσεις σε μυϊκή και καρδιοαναπνευστική αντοχή σε ένταση μεγαλύτερης του 90% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Η μέγιστη

καρδιακή συχνότητα κάθε δοκιμαζόμενου υπολογίστηκε κατά προσέγγιση από τις διαδικασίες που περιγράφονται στην μετανάλυση των Tanaka , Monahan , Seals, (2001). Οι αθλητές φορούσαν καρδιοσυχνόμετρο, τα δεδομένα του οποίου απεικονίζονταν σε κεντρικό υπολογιστή έτσι ώστε να ελέγχεται από τον ερευνητή το επίπεδο της καρδιακής έντασης, και να δίνονται οι κατάλληλες οδηγίες. Στις ασκήσεις των WOD δεν χρησιμοποιήσαμε κανένα κινητικό πρότυπο που να μιμείται τόσο την κίνηση του Squat, όσο επίσης καμία αλτική άσκηση (πχ box jumps), έτσι ώστε να υπάρξουν όσο το δυνατό λιγότερες προσαρμογές μέγιστης δύναμης ή ισχύος, μέσω του προγράμματος CrossFit. Επιπλέον, στις ασκήσεις οι οποίες έφεραν εξωτερικό φορτίο, η επιβάρυνση διατηρήθηκε σε χαμηλό επίπεδο, και εξατομικεύτηκε ως ποσοστό του σωματικού βάρους (%) του αθλητή. Αναλυτικά το πλάνο προπονήσεων CrossFit 4 εβδομάδων παρουσιάζεται στον πίνακα 3.4. Το πρόγραμμα επαναλήφθηκε και για τις επόμενες 4 εβδομάδες. Για τις ημέρες Τετάρτη και Κυριακή οι συμμετέχοντες έκαναν πλήρη ανάπαυση.

<u>Πίνακας 3.4. Πρόγραμμα CrossFit 8 εβδομάδων</u>			
	Δευτέρα	Τετάρτη	Σάββατο
Προπόνηση	1.13	2.14	3.15
	AMRAP 16' 21 Αιωρήσεις με δράμι (25%ΣΒ) 15 επωμισμούς (40%ΣΒ) 400μ σκι	ΓΙΑ ΧΡΟΝΟ (όριο 12') 750μ τρέξιμο 100 κοιλιακούς 100 κάμψεις 750μ τρέξιμο	ΓΙΑ ΧΡΟΝΟ (όριο 11') 3 γύροι 50 διπλά περάσματα με σχοινάκι 15 βυθίσεις σε κρίκους 40 προβολές με περπάτημα
Προπόνηση	4.16	5.17	6.18
	AMRAP 13' 500μ κωπηλασία 15 burpees 15 επαφές δάκτυλων ποδιών στο μονόζυγο	AMRAP 15' 15 αρασέ (40%ΣΒ) 15 έλξεις στο μονόζυγο 75 διπλά περάσματα σχοινάκι	2 ΓΥΡΟΙ ΓΙΑ ΧΡΟΝΟ (όριο 15') 40 θερμίδες στο ποδήλατο με αέρα 50 κοιλιακούς σε θέση V 20 πιέσεις με αλτήρες (20%ΣΒ ο κάθε αλτήρας)
Προπόνηση	7.19	8.20	9.21
	AMRAP 9' 12 κατακόρυφες κάμψεις 400μ σκι 25 κοιλιακούς GHD	ΓΙΑ ΧΡΟΝΟ (όριο 10') 3 Γύρους 100 διπλά περάσματα με σχοινάκι 25 άρσεις θανάτου (60%ΣΒ)	AMRAP 15' 5 ανατροπές στο μονόζυγο 250μ τρέξιμο 20 burpees
Προπόνηση	10.22	11.23	12.24
	ΓΙΑ ΧΡΟΝΟ (όριο 16') 4 γύρους 200μ σκι 15 επωμισμούς και πίεση (40%ΣΒ) 20 επαφές δάκτυλων ποδιών στο μονόζυγο	ΓΙΑ ΧΡΟΝΟ (όριο 12') 3 γύρους 500μ κωπηλασία 20 θερμίδες στο ποδήλατο με αέρα 10 αρασέ (50%ΣΒ)	AMRAP 13' 20 Σπριντ με αλλαγές κατεύθυνσης (10m) 20 κάμψεις 3 ανατροπές στους κρίκους
* AMRAP= Όσο το δυνατό περισσότερες επαναλήψεις, * FOR TIME= Να διεξαχθούν οι ασκήσεις, σε όσο το δυνατό λιγότερο χρόνο, εντός του χρόνου CAP			

3.5. Στατιστική ανάλυση

Έγινε σύγκριση μέσω των τιμών ως προς κάθε μεταβλητή ξεχωριστά σε 2 παράγοντες.

- i) Χρόνος (προασκησιακά - μετασκησιακά).
- ii) Ομάδες (πειραματική-ελέγχου).

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ANOVA 2x2, με μεταναλύσεις κατά Bonferroni.

Επίπεδο σημαντικότητας θα θεωρηθεί το $p < 0.05$. Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πακέτο SPSS v.21

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι προασκησιακές και μετασκησιακές τιμές των επιδόσεων στις παραμέτρους του Back Squat και του κατακόρυφου άλματος με προφόρτιση CMJ προασκησιακά φαίνονται στον Πίνακα 4.1. Μετά την προπονητική παρέμβαση 8 εβδομάδων η πειραματική ομάδα βελτίωσε την επίδοση στην άσκηση ομοίως Back Squat κατά +5,3%, και την επίδοση στην άσκηση CMJ κατά +4% (γράφημα 4.1). Οι βελτιώσεις αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Βελτίωση στην άσκηση Back Squat εμφάνισε και η ομάδα ελέγχου +4,9%, ενώ στην άσκηση CMJ +1,9%, διαφορές οι οποίες δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (γράφημα 4.2).

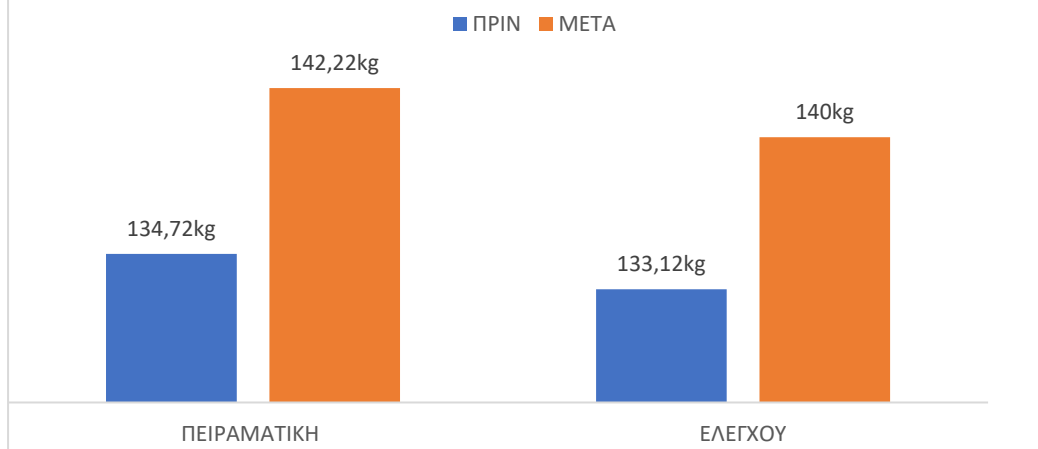
Απάντηση στις υποθέσεις 1,2,3. Μέσω της ανάλυσης ANOVA (2*2), δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά προασκησιακά-μετασκησιακά στην επίδοση 1RM Squat, CMJ. Δεν υπήρχε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά προασκησιακά-μετασκησιακά ανάμεσα στις ομάδες. Η έρευνα δεν επαλήθευσε καμία από τις υποθετικές προτάσεις.

Πίνακας 4.1. Μέση τιμή και Τυπική Απόκλιση για τις δοκιμασίες Back Squat και CMJ πριν και μετά το προπονητικό πρωτόκολλο για τις 2 ομάδες.

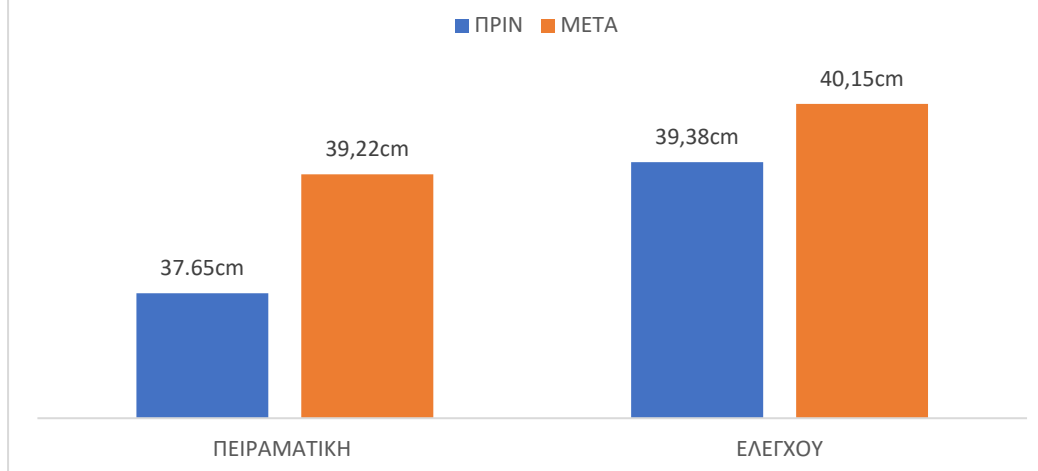
Μεταβλητή	Δοκιμασία	ΠΟ	ΕΟ
BS	Πριν	134,72±19,38	133,12±16,88
	Μετά	142,22±20,93	140±20,00
CMJ	Πριν	37,65±5,42	39,38±3,45
	Μετά	39,22±5,95	40,15±3,42

* BS= Back Squat (kg), CMJ= Countermovement Jump (cm), ΠΟ= Πειραματική Ομάδα, ΕΟ= Ομάδα Ελέγχου

ΓΡΑΦΗΜΑ 4.1. Σύγκριση μέσων τιμών 1RM Back Squat πριν και μετά το προπονητικό πρόγραμμα



ΓΡΑΦΗΜΑ 4.2. Σύγκριση μέσων τιμών CMJ πριν και μετά το προπονητικό πρόγραμμα



V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το κυριότερο εύρημα της παρούσας μελέτης είναι ότι η εφαρμογή σύνθετης προπόνησης 8 εβδομάδων (2φορές/ εβδομάδα) σε προχωρημένους αθλητές CrossFit, οδήγησε σε μικρή αύξηση της μέγιστης δύναμης (1RM) και ισχύος (CMJ). Η χρήση της επιπρόσθετης εξωτερικής επιβάρυνσης μέσω γιλέκου 12% σωματικού βάρους, κατά τις πλειομετρικές ασκήσεις δεν φάνηκε να προκαλεί σημαντικές αλλαγές σε καμία από τις παραμέτρους. Συγκριτικά οι 2 ομάδες ξεκίνησαν από το ίδιο επίπεδο μέγιστης δύναμης στην άσκηση Back Squat, κάτι το οποίο δεν άλλαξε μετά το πέρας εφαρμογής του προγράμματος. Για την πειραματική ομάδα η αύξηση μέγιστης δύναμης ήταν 7,50 κιλά (+5,3 %), και για την ομάδα ελέγχου 6,88 κιλά (4,9%). Για την πειραματική ομάδα η αύξηση στο κατακόρυφο άλμα ήταν 1,57 εκατοστά (+4%) και για την ομάδα ελέγχου 0,77 εκατοστά (+1,9%). Η μέθοδος στατιστικού ελέγχου ANOVA(2*2) δεν έδειξε καμία σημαντική διαφορά σε καμία από τις ομάδες για τις παραμέτρους δύναμης, ισχύος. Καμία από τις 3 ερευνητικές υποθέσεις δεν επαληθεύτηκε.

Σύγκριση μεταξύ των ομάδων πειραματικής και ελέγχου προασκησιακά-μετασκησιακά

Στην παρούσα έρευνα φάνηκε ότι η χρήση του γιλέκου επιβάρυνσης 12% δεν είχε επίδραση σε καμία από τις παραμέτρους. Παλαιότερες έρευνες έχουν δείξει την ευεργετική επίδραση που προκύπτει από την χρήση εξωτερικής επιβάρυνσης (10-12% σωματικού βάρους) σε αλτικές ασκήσεις προθέρμανσης αθλητών, για την μέτρηση του κατακόρυφου άλματος. (Thompsen, Palumbo, Faigenbaum, & Kakley, 2007; Burkett, Phillips, & Ziuraitis, 2005). Κατά τους συγγραφείς, αυτή η βελτίωση οφείλεται στο φαινόμενο μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης (PAP) το οποίο οδηγεί σε αυξημένη νευρομυϊκή ενεργοποίηση για κάποια λεπτά (Sale 2002), και μπορούν να παρατηρηθούν επιπρόσθετα οφέλη στη μέτρηση μέγιστης ισχύος. Στον αντίποδα, άλλες έρευνες δεν επαλήθευσαν ότι η χρήση γιλέκου επιβάρυνσης στο ζέσταμα έχει θετική επίδραση στην απόδοση μέγιστης ισχύος (Carter, Peintner, Boehner, Cameron, & Murphy, 2010).

Βέβαια, οι παραπάνω μελέτες εξετάζουν την οξεία επίδραση επιπρόσθετων φορτιών σε πλειομετρικές ασκήσεις, τα αποτελέσματα των οποίων στην δική μας περίπτωση δεν μπορούν να ληφθούν υπ' όψη, καθώς διεξήγαμε διαχρονική μελέτη.

Στο παρελθόν υπήρξαν έρευνες που έδειξαν τα χρόνια οφέλη της χρήσης επιπρόσθετης επιβάρυνσης στις πλειομετρικές ασκήσεις σε δοκιμασίες μέγιστης δύναμης, μέγιστης ισχύος, ή συνδυασμό των δοκιμασιών. Οι μελέτες των Blattner et al., (1979) Polhemus et al., (1980) Fowler et al (1995) είχαν διάρκεια 4 μέχρι 8 εβδομάδες με συχνότητα προπονήσεων 3 φορές ανά εβδομάδα, συμπεριελήφθησαν μετρίου επιπέδου αθλητές εξοικειωμένους στις πλειομετρικές ασκήσεις και το μέγεθος της βελτίωσης ήταν 2,5 έως 7,5 cm για το κατακόρυφο άλμα, και έως 14 kg για το βαθύ κάθισμα με γωνία κάμψης γόνατος τις 90 μοίρες. Στην έρευνα των Fry et al (1991) η οποία αφορούσε αθλήτριες επαγγελματικού επιπέδου, το χρονικό διάστημα εφαρμογής της σύνθετης προπόνησης ήταν μεγαλύτερο (12 εβδομάδες), υπήρξε υψηλότερη συχνότητα προπονήσεων (4 φορές/εβδομάδα), και η βελτίωση ήταν 2,5 cm για το κατακόρυφο άλμα, και 14 kg για το βαθύ κάθισμα με γωνία κάμψης γόνατος τις 90 μοίρες. Ίσως οι υψηλού επιπέδου αθλητές να χρειάζονται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα προπονήσεων, από τις 8 εβδομάδες που εφαρμόσαμε στη δική μας έρευνα, ώστε να δοθεί χρόνος να αναπτυχθούν οι ασκησιογενείς προσαρμογές.

Σύμφωνα με όσα γνωρίζουμε δεν υπάρχει μελέτη η οποία να εξέτασε την επίδραση του γιλέκου επιβάρυνσης στις πλειομετρικές ασκήσεις σε προπονητικό πλάνο σύνθετης προπόνησης, και την επίδραση τους σε παραμέτρους μέγιστης δύναμης και ισχύος. Η μόνη έρευνα που φαίνεται η επίδραση χρήσης γιλέκου επιβάρυνσης στο κατακόρυφο άλμα (και όχι στο 1RM), είναι αυτή των Khelifa et al (2010) οι οποίοι στη μελέτη τους χρησιμοποίησαν επαγγελματίες καλαθοσφαιριστές, εφαρμόζοντας πλειομετρικές ασκήσεις για χρονικό διάστημα 10 εβδομάδων, διαπιστώνοντας ότι το κατακόρυφο άλμα στην άσκηση CMJ βελτιώθηκε κατά 12,7% με χρήση εξωτερικής επιβάρυνσης, ενώ κατά 7% χωρίς επιβάρυνση. Η διαφορά των μέσων τιμών από τη χρήση γιλέκου ή μη στις πλειομετρικές ασκήσεις επαγγελματιών αθλητών η οποία ανήλθε στο 5%, δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Από τα αποτελέσματα της προαναφερόμενης μελέτης φαίνεται ότι όταν χρησιμοποιούνται στις δυναμικές ασκήσεις επιπρόσθετα βάρη σε προχωρημένους αθλητές, ίσως οδηγούν σε δραστηκά

οφέλη στην παραγωγή μέγιστης ισχύος. Στο παρελθόν κάποιες μελέτες χρησιμοποιώντας είτε πλειομετρικό, είτε πρωτόκολλο σύνθετης προπόνησης (αντιστάσεις + πλειομετρικές), έδειξαν ότι οι ομάδες που έφεραν επιβάρυνση στις αλτικές ασκήσεις, βελτίωσαν σε μεγαλύτερο βαθμό το 1RM Squat ή το κάθετο άλμα σε σύγκριση με μία ομάδα που μόνο εκτελούσε αντιστάσεις, ή μια ομάδα πλειομετρικών ασκήσεων (Fowler et al., 1995; Khlifa et al., 2010; Fatouros et al., 2000; Polhemus et al., 1980; Wilson, Murphy, Newton, & Humphries (1993); Hunter et al., 2002). Παρά το γεγονός ότι στη δική μας μελέτη η ποσοστιαία διαφορά στο κατακόρυφο άλμα με προφόρτιση (CMJ) μεταξύ πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου ήταν 2,1% (+0.8cm) , η έλλειψη σημαντικότητας μετά τη στατιστική ανάλυση δείχνει ότι τα αποτελέσματα δεν μπορούν να σχολιαστούν περαιτέρω.

Η έρευνα μας έρχεται σε συμφωνία με άλλες μελέτες στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν επιπρόσθετα οφέλη στις παραμέτρους 1RM και CMJ με χρήση εξωτερικής επιβάρυνσης κατά τις πλειομετρικές ασκήσεις σε σύγκριση με ομάδα ελέγχου η οποία δεν έφερε επιβάρυνση στις πλειομετρικές (Bobbert et al., 1987; Fowler et al 1995; Sáez-Sáez de Villarreal., 2009B). Οι Sáez-Sáez de Villarreal et al., (2009B) στη μετανάλυση τους υποστηρίζουν ότι η χρήση επιπρόσθετης επιβάρυνσης στις πλειομετρικές ασκήσεις οδηγεί σε αυξημένο χρόνο επαφής του ποδιού με το έδαφος, άρα σε λιγότερο αποτελεσματικό κύκλο διάτασης-συστολής (Bobbert et al 1987; Sáez-Sáez de Villarreal 2009B). Οι Bosco et al., 1981 αναφέρουν ότι η χρονοκαθυστέρηση κατά την επαφή του ποδιού με το έδαφος οφείλεται στον αυξημένο χρόνο ζεύξης των εγκάρσιων γεφυρών, γεγονός που οδηγεί στη μείωση της ισχύος κατά τη σύγκεντρη συστολή. Επιπλέον οι Bobbert et al., (1987) υποστήριξαν ότι μεγαλύτερος χρόνος επαφής ποδιού στο έδαφος οδηγεί σε μικρότερη παραγωγή μέγιστης ισχύος αν και στην παρούσα μελέτη δεν έγινε καταγραφή του χρόνου επαφής, ούτε βιομηχανική ανάλυση των φάσεων έκκεντρης – σύγκεντρης κίνησης, και σύμφωνα με τις παρατηρήσεις των προαναφερόμενων συγγραφέων θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι πιθανόν η αποθηκευμένη ελαστική ενέργεια χάνεται υπό μορφή θερμότητας, επειδή δεν υπάρχει ταχεία εναλλαγή από την έκκεντρη στη σύγκεντρη συστολή (Brown et al., 1986).

Γενικά συμπεράσματα στην επίδοση 1RM Squat

Η εκτέλεση του καθίσματος σε βαθιά θέση ήταν προϋπόθεση για την έγκυρη εκτέλεση της άσκησης σύμφωνα με τις οδηγίες που υπάρχουν για τη μέθοδο CrossFit, (Glassman, 2019) έχοντας ως σημείο ελέγχου την άρθρωση του ισχίου η οποία πρέπει να βρίσκεται εμφανώς κατώτερα της άρθρωσης του γόνατος. Κάτι τέτοιο περιορίζει την δυνατότητα σύγκρισης με αντίστοιχες μελέτες στις οποίες ως επί το πλείστο χρησιμοποιήθηκε η θέση του ημικαθίσματος με τη γωνία κάμψης του γόνατος στις 90 μοίρες.

Σε αντίθεση με την πρώτη ερευνητική μας υπόθεση η οποία προέβλεπε σημαντική διαφορά στην επίδοση 1RM Back Squat και CMJ και στις 2 ομάδες μετά το προπονητικό πρόγραμμα, εμείς δεν βρήκαμε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις ομάδες στις παραμέτρους αυτές. Στο υψηλό αθλητικό επίπεδο οι αλλαγές αυτές είναι μικρές και ίσως απαιτούν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα εφαρμογής των προπονητικών προγραμμάτων, όπως στο πρόγραμμα συνδυαστικής προπόνησης 12 εβδομάδων των Fry et al., 1991. Ωστόσο βελτιώσεις τύπου 5,3%= 7,50 κιλά (πειραματική), και 4,9%= 6,88 κιλά (ελέγχου), σε τόσο σύντομο χρονικό διάστημα (8 εβδομάδες) έχουν ιδιαίτερη πρακτική σημασία. Η βελτίωση της ικανότητας ανύψωσης περισσότερων κιλών θεωρούμε ότι θα μπορούσε να βελτιώσει επίσης τις επιδόσεις σε ένα WOD CrossFit, στα οποία η μέγιστη δύναμη είναι καταλυτικός παράγοντας .

Γενικά συμπεράσματα στην επίδοση CMJ

Επιπρόσθετα στην καταγραφή της μέγιστης δύναμης για την αξιολόγηση της ισχύος χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία του κατακόρυφου άλματος με προφόρτιση (CMJ). Η βελτίωση του κατακόρυφου άλματος με προφόρτιση για την πειραματική ομάδα ήταν (1,57εκατοστά) +4% ενώ ήταν αμελητέα για την ομάδα ελέγχου (0,77εκατοστά) +1,9%. Οι αθλητές δεν ήταν εξοικειωμένοι με συστηματικό πρόγραμμα πλειομετρικών αλτικών ασκήσεων. Φαίνεται ότι η χρήση του γιλέκου 12% έδωσε ένα παραπάνω θετικό αποτελέσματα στην πειραματική ομάδα καθώς η βελτίωση ήταν 4% υπερδιπλάσια σε σχέση με την ομάδα ελέγχου 1,9%. Μη στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις στο κάθετο άλμα σε προχωρημένους αθλητές για μικρό χρονικό διάστημα (6-8 εβδομάδων σύνθετης προπόνησης) έχουν διαπιστώσει και οι Alvarez et al (+1,15

cm) , και Carvalho et al., 2013 (1,52cm). Παρομοίως, στη δική μας έρευνα η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Από πρακτικής άποψης χαρακτηριστικά κύκλου διάτασης-συστολής περιέχονται σε πληθώρα ασκήσεων του CrossFit (Clean, Snatch, Squats, κλπ). Η έρευνα μας έρχεται σε συμφωνία με παλαιότερες έρευνες οι οποίες υποστηρίζουν ότι αθλητές υψηλού επιπέδου οι οποίοι χρησιμοποιούν πλειομετρική προπόνηση στην καθημερινή τους ρουτίνα (άλματα, σπριντ, αλλαγές κατεύθυνσης) δύσκολα βελτιώνουν την επίδοση κατακόρυφου άλματος, μετά από εφαρμογή πλειομετρικής ή σύνθετης προπόνησης (Rønnestad et al., 2008). Από όσο ξέρουμε σε κανένα επίσημο αγώνα της CrossFit Games/Open δεν έχει ζητηθεί στους αθλητές κάποιο άλμα για μέγιστο ύψος, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ασκήσεις όπως το Box jump, στην οποία ενεργοποιούνται ως ένα βαθμό οι ίδιες μυϊκές ομάδες. Ίσως σε μελλοντική έρευνα να συμπεριλάβουμε άλλη μία επιπρόσθετη μέτρηση η οποία θα ζητά όσο δυνατό περισσότερες επαναλήψεις στην άσκηση Box Jump (σε κουτί 60 εκατοστών) σε 30 δευτερόλεπτα έτσι ώστε να έχουμε ένα δείκτη μέσης ισχύος, ο οποίος θα δίνει μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για τη χρησιμότητα της χρήσης επιπρόσθετης επιβάρυνσης στις πλειομετρικές ασκήσεις.

Για την καλύτερη μελέτη της συνεισφοράς επιπρόσθετων επιβαρύνσεων στις πλειομετρικές ασκήσεις και την συνολική τους αξία σε ένα σύνθετο πρόγραμμα δύναμης θα έπρεπε να σχεδιαστεί ένα διαφορετικό πρωτόκολλο με μεγάλο αριθμό περιορισμών. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαμε να έχουμε μια πιο ξεκάθαρη εικόνα σχετικά με την εφαρμογή πλειομετρικών αλμάτων σε αθλητές CrossFit. Στο παρελθόν, κάποιες έρευνες έδειξαν ότι η σύνθετη προπόνηση προκαλεί θετικότερη επίδραση στις παραμέτρους αυτές σε σχέση με την πλειομετρική ή τη μέθοδο αντιστάσεων (Polhemus et al., 1980; Clutch et al. 1983; Adams et al., 1992; Fatouros et al., 2000; Vossen et al., 2000; Sedano, Marin, Cuadrado, & Redondo, 2013; Randor et al 2017), ενώ άλλες έρευνες έδειξαν ότι η σύνθετη προπόνηση έχει εξ ίσου σημαντικές επιδράσεις σε μέγιστη δύναμη και ισχύ σε σχέση με την παραδοσιακή προπόνηση αντίστασης (Kraemer, Morrow, & Leger, 1983; ,Rønnestad et al., 2008; Arabatzi et al., 2010; Mac Donald et al., 2012).

Παράμετροι οι οποίες ενδεχομένως μείωσαν την επίδραση της σύνθετης προπόνησης

A. Μικρός χρόνος εφαρμογής του προγράμματος

Ίσως ο περιορισμένος χρόνος διεξαγωγής του προγράμματος (2 φορές την εβδομάδα για 8 εβδομάδες), να μην επέτρεψε την ανάπτυξη μεγαλύτερων προσαρμογών. Δεδομένου ότι οι αθλητές είχαν εμπειρία 2 ετών στις ασκήσεις αντίστασης εισαγάγαμε φορτία άνω του 80% από την τρίτη εβδομάδα προπόνησης. Οι δυο πρώτες εβδομάδες με χαμηλότερες εντάσεις χρησιμοποιήθηκαν ως εισαγωγική περίοδος εξοικείωσης με τη σύνθετη προπόνηση.

Επιπλέον στην μετανάλυση του ο Markovic (2007), βρήκε θετική συσχέτιση μεταξύ του συνολικού αριθμού προπονήσεων και την επίδραση των πλειομετρικών ασκήσεων στο κατακόρυφο άλμα, κάτι που σημαίνει ότι ίσως να χρειαζόταν περισσότερων εβδομάδων προπονητικό διάστημα για να επιδράσει το πλειομετρικό πρόγραμμα στην επίδοση του κατακόρυφου άλματος.

Αν και η τελική μέτρηση έγινε 3 ημέρες μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος, το οποίο είχε πολύ υψηλές επιβαρύνσεις, ίσως να χρειαζόταν και ένα διάστημα φορμαρίσματος 7-10 ημερών με προπόνηση χαμηλότερων εντάσεων τα οποία ίσως αναδείκνυαν νέα επίπεδα δύναμης.

B. Ταυτόχρονη παρουσία αντιστάσεων και αερόβιας προπόνησης

Όπως περιγράψαμε στη μέθοδο το πρόγραμμα σύνθετης προπόνησης γινόταν Τρίτη και Παρασκευή με σκοπό να υπάρχουν ενδιάμεσα στις προπονήσεις τουλάχιστον 48 ώρες για επαναφορά του οργανισμού από την προπόνηση υψηλής αντίστασης, προσπαθώντας να αποφύγουμε τη νευρομυϊκή κόπωση (Cavagna et al., 1971).

Τις ημέρες Δευτέρα, Τετάρτη, Σάββατο οι συμμετέχοντες έκαναν προπόνηση CrossFit η οποία περιείχε ένα WOD διάρκειας 7-16 λεπτών, στο οποίο τους είχε δοθεί η οδηγία να εκτελέσουν σε δεδομένο χρονικό διάστημα όσες περισσότερες επαναλήψεις μπορούν από μια αλληλουχία ασκήσεων, είτε να ολοκληρώσουν το WOD όσο γρηγορότερα μπορούν. Στον σχεδιασμό των προπονήσεων CrossFit, προσπαθήσαμε να έχουμε ισομοιράσει την διάρκεια και επιβάρυνση μεταξύ των στοιχείων άρσης βαρών, ενόργανης και αερόβιας. Όσον αφορά την επιβάρυνση στις

ασκήσεις άρσης βαρών, τα φορτία που έβαζαν στην μπάρα τους οι αθλητές ήταν χαμηλής έντασης, για να αποφύγουμε προσαρμογές στη μέγιστη δύναμη. Το CrossFit είναι ένα άθλημα στο οποίο οι αθλητές μαθαίνουν να έχουν τις περισσότερες ημέρες υψηλή ένταση. Ενδεχομένως, οι συνεχόμενες απαιτήσεις του προπονητικού σχεδιασμού της σύνθετης προπόνησης σε συνάρτηση με τις ενδιάμεσες ημέρες οι οποίες περιλάμβαναν προσαρμογές αντιστάσεων, μυϊκής αντοχής χαμηλότερων επιβαρύνσεων περιόρισαν τις προσδοκώμενες επιδράσεις της σύνθετης προπόνησης. Στηριζόμενοι σε παλαιότερες μελέτες, θέλοντας να μεγιστοποιήσουμε τα αποτελέσματα 1RM και μέγιστης ισχύος, δεν εφαρμόσαμε αερόβια προπόνηση την ίδια μέρα με σύνθετη προπόνηση, όπως προβλέπει μια προπόνηση CrossFit, για να μην υπάρχει αντιστροφή στα αποτελέσματα προσαρμογών αντίθετων ενεργειακών συστημάτων (Sale et al 1990; McCarthy et al., 1995; Chilibeck et al., 2002; Gromacki et al., 2004). Όπως αναλύσαμε και στο κεφάλαιο της εισαγωγής η παρουσία δύναμης και αντοχής είναι αντίστροφοι παράγοντες καθώς η προπόνηση αντοχής προκαλεί αύξηση στο τριχοειδές δίκτυο, καλύτερη μεταφορά και αξιοποίηση οξυγόνου στους μύες, και αύξηση στον αριθμό μιτοχονδρίων, ενώ η προπόνηση δύναμης συνοδεύεται από νευρικές και μυϊκές προσαρμογές όπως η αυξημένη μυϊκή ενεργοποίηση, η υπερτροφία (Methenitis, 2019). Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι, όταν οι προπονήσεις δύναμης γίνονται την ίδια μέρα με την προπόνηση αντοχής, η επίδραση του προγράμματος ταυτόχρονης προπόνησης σε μέγιστη δύναμη και ισχύ περιορίζεται (Hickson et al., 1980A; Dudley et al., 1985; Bell, Syrotuik, Martin, Burnham, & Quinney, 2000). Σε παρόμοιες μελέτες στις οποίες οι προπονήσεις δύναμης και αντοχής έλαβαν χώρα σε διαφορετικές ημέρες, η μυϊκή δύναμη βελτιώθηκε στον ίδιο βαθμό είτε μόνο με αντιστάσεις είτε σε συνδυασμό τους με αερόβια (Sale 1990, McCarthy 1995, Glowacki 2004, Methenitis 2019)

Το CrossFit είναι ένα άθλημα υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων το οποίο, ζητά από τους αθλητές να είναι προετοιμασμένοι για οποιαδήποτε φυσική δραστηριότητα. Υπάρχουν συνεδρίες οι οποίες έχουν εντονότερο το στοιχείο της μυϊκής αντοχής με περισσότερες ασκήσεις άρσης βαρών (clean, snatch, squats κλπ) και ενόργανης (pull ups, push ups, κοιλιακούς), ενώ άλλες συνεδρίες απαιτούν καλύτερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα περιέχοντας πιο πολλές αερόβιες ασκήσεις (τρέξιμο, κωπηλασία, ποδήλατο κλπ). Από τις λίγες σύγχρονες έρευνες παρατηρήσαμε ότι τα Workout του CrossFit που διαρκούν πάνω από 5 λεπτά, διεξάγονται με μέσο όρο στο

90-95% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Ωστόσο η καρδιακή ένταση στα workout που απαιτούν μυϊκή αντοχή δεν αντιστοιχεί στο ίδιο επίπεδο σχετικής έντασης VO₂max, σε σύγκριση με μία άσκηση καρδιοαναπνευστικής αντοχής (πχ τρέξιμο), (Fernandez et al., 2015; Farrah et al., 2016), γι' αυτό το αερόβιο στοιχείο των Workout αφορά κυρίως την μυϊκή και όχι την καρδιοαναπνευστική αντοχή. Δυστυχώς λόγω όλων αυτών των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών, δεν ήταν εφικτό να καταγράψουμε επακριβώς (%VO₂max) την ένταση της αερόβιας προπόνησης, και δεν αποκλείουμε ότι μπορεί να επηρέασε την επίδραση του προγράμματος σύνθετης προπόνησης σε 1Rm Back Squat και CMJ.

Γ. Η αποκλειστική χρήση υψηλών φορτίων αντιστάσεων ίσως περιορίσει την επίδραση του προγράμματος στην ταχυδυναμική δοκιμασία CMJ

Οι απόψεις των ερευνητών σε σχέση με τη χρήση χαμηλών, μέτριων ή υψηλών επιβαρύνσεων για την ανάπτυξη μέγιστης δύναμης και ισχύος είναι αντικρουόμενες. Ο Smilios βρήκε ότι η βελτίωση για το κάθετο άλμα ήταν εξίσου σημαντική είτε με επιβαρύνσεις 20-37%, 48-58%, 90%1RM χρησιμοποιώντας την άσκηση Jump Squat σε μηχανήμα Smith, για μέτρια γυμνασμένους ανθρώπους (Smilios et al 2013). Αντίθετα, οι Mc Bride et al., (2002) χρησιμοποιώντας την άσκηση Jump Squat επίσης σε μέτρια γυμνασμένους αθλητές αντίστασης βρήκε παρόμοιες βελτιώσεις στο 1RM Squat 80 μοιρών κάμψης γόνατος στην ομάδα που γυμναζόταν είτε με 30%1RM Squat είτε με 80%1RM Squat. Οι 2 παραπάνω μελέτες ωστόσο χρησιμοποιούν την άσκηση ημικάθισμα με άλμα, γεγονός που προσομοιάζει τον κύκλο διάτασης-βράχυνσης που περιέχεται στην άσκηση CMJ. Ορισμένοι συγγραφείς προτείνουν συνδυασμό ελαφριάς μέτριας και υψηλής αντίστασης για την ταυτόχρονη βελτίωση στο κάθετο άλμα και τη μέγιστη δύναμη 1RM (Harris et al., 2000; Alen, Häkkinen & Komi, 1984; Young, 1993), και όχι μόνο υψηλές αντιστάσεις. Εμείς θέλοντας πρωτίστως να δώσουμε μεγαλύτερη βελτίωση στη μέγιστη δύναμη χρησιμοποιήσαμε κυρίως εντάσεις μεγαλύτερες του 80%1RM, κάτι που μπορεί να περιορίσει την επίδραση του προγράμματος στο CMJ.

Δι. Το αυξημένο εύρος κίνησης στην άσκηση Back Squat ίσως περιορίσει την επίδραση του προγράμματος στην άσκηση CMJ (αρχή της εξειδίκευσης)

Όπως αναπτύξαμε, υπάρχουν πολλές έρευνες οι οποίες έδειξαν βελτίωση του κάθετου άλματος με σύνθετη προπόνηση, χρησιμοποιώντας την άσκηση Back Squat ως κύρια άσκηση αντίστασης. Σύμφωνα με την αρχή της εξειδίκευσης η δοκιμασία επίδοσης θα πρέπει να έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με την άσκηση παρέμβασης. Πιθανόν, σε διαφορετικές γωνίες οι προσαρμογές θα είναι διαφορετικές . Μέσω της κινηματικής ανάλυσης στο CMJ ο αθλητής κατά την έκκεντρη συστολή κάνει κάμψη στην άρθρωση του γόνατος η οποία δεν ξεπερνά τις 90 μοίρες , με σκοπό να ο αθλητής να πηδήξει σε μέγιστο ύψος. Χαρακτηριστικά, οι Bobbert, Mackay, Schinkelshoek, Huijing, & Van Ingen Schenau (1986), κατά τη μελέτη σε έμπειρους στις πλειομετρικές ασκήσεις παίκτες χειροσφαίρισης, βρήκαν ότι στην άσκηση CMJ η κάμψη στην άρθρωση του γόνατος ήταν κατά μέσο όρο 76,4 μοίρες . Ωστόσο το συγκεκριμένο εύρος κίνησης , είναι παρόμοιο με την άσκηση του ημικαθίσματος το οποίο παρατηρείται στις 70-100 μοίρες κάμψης γόνατος (Schoenfeld, 2010) . Η άσκηση ημικάθισμα, θα λέγαμε ότι ταιριάζει καλύτερα ως κινητικό πρότυπο, με την άσκηση CMJ. Ωστόσο στο CrossFit για να θεωρηθεί έγκυρη μία επανάληψη πρέπει εμφανώς η άρθρωση του ισχίου να περάσει κατώτερα της άρθρωσης του γόνατος . Δεν έχει καμία πρακτική εφαρμογή η προπόνηση Squat με μικρότερο εύρος κίνησης. Γνωρίζουμε ότι η άσκηση Back Squat κάτω από το παράλληλο επίπεδο σαφώς απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο μυϊκής συστολής, σε σχέση με την πιο εκρηκτική άσκηση Half squat, και ίσως η μεταφορά από την έκκεντρη στη σύγκεντρη συστολή δεν είναι τόσο ταχεία όσο απαιτείται για τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ισχύος. Το γεγονός ότι το πρόγραμμα αντίστασης απαιτούσε διαφορετικό εύρος κίνησης στην άρθρωση του ισχίου σε σχέση με τις πλειομετρικές ασκήσεις ίσως να περιορίσει την επίδραση του προγράμματος στην άσκηση CMJ.

Δι. Το αυξημένο εύρος κίνησης στην άσκηση Back Squat ίσως περιορίσει ποσοστιαία την επίδραση του προγράμματος στο 1RM.

Υπάρχουν έρευνες στις οποίες μετά από προπόνηση αντιστάσεων, μετρήθηκε το 1RM Back Squat σε διαφορετικό εύρος κίνησης και τα ευρήματα δείχνουν ότι όσο μεγαλύτερο εύρος κίνησης, τόσο μικρότερη ανάπτυξη μέγιστης δύναμης επιτυγχάνεται (Harris et al., 2000). Χαρακτηριστικά οι Harris et al. (2000) μετά από

πρόγραμμα αντίστασης βρίσκουν σε έμπειρους αθλητές αντιστάσεων βελτίωση 13 κιλά για την άσκηση Squat με την άρθρωση του ισχίου να έρχεται στο ίδιο επίπεδο με τα γόνατα (όχι κατώτερα), ενώ ταυτόχρονα 85 κιλά για την άσκηση ¼ Squat με γωνία κάμψης γόνατος μέχρι τις 135 μοίρες. Ενδεχομένως αν χρησιμοποιούσαμε και εμείς ένα μικρότερο εύρος κίνησης Squat η βελτίωση στο 1RM Squat ήταν ανώτερα του ποσοστού 5%, επομένως να υπήρχε στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα στην έρευνα.

E. Υψηλό αρχικό προπονητικό επίπεδο ασκούμενων

Κατά τη διαδικασία των αρχικών μετρήσεων, συμπεριλάβαμε μόνο τους αθλητές οι οποίοι ήταν στην καλύτερη δυνατή κατάσταση στη μέγιστη δύναμη. Όσοι έφεραν επίδοση κατώτερη του ατομικού τους ρεκόρ στην άσκηση Back Squat αποκλείονταν από την πειραματική διαδικασία. Επίσης η μελέτη περιλάμβανε αθλητές οι οποίοι μπορούσαν να επιτύχουν επιβαρύνσεις οι οποίες αντιστοιχούσαν σε μεγαλύτερα κιλά από 1,5 φορά το σωματικό τους βάρος, γεγονός το οποίο τους καθιστά προχωρημένους αλλά όχι σε κορυφαίο επίπεδο. Επιπλέον, επιλέξαμε μόνο έμπειρους αθλητές σε δραστηριότητες με αντιστάσεις, καθώς προϋπόθεση ήταν να έχουν 2 χρόνια εμπειρίας σε προγράμματα αντίστασης και να έχουν εκτελέσει τουλάχιστον 3 περιοδικούς κύκλους Back Squat στο παρελθόν. Υπάρχουν μελέτες που έχουν δείξει ότι σε προχωρημένους αθλητές αντιστάσεων, παρατηρείται μικρή ή καθόλου βελτίωση σε νευρομυϊκές παραμέτρους μετά από συστηματικό πρόγραμμα αντιστάσεων. (Harris et al., 2000; Ahtiainen et al., 2003). Στην παρούσα μελέτη παρά το γεγονός ότι δεν βρέθηκε σημαντικά στατιστική διαφορά, πρακτικά τα αποτελέσματα έχουν σημαντική εφαρμογή. Είναι αξιόλογη βελτίωση για έναν προχωρημένο αθλητή CrossFit να βελτιώνει το ατομικό του ρεκόρ στην άσκηση Back Squat κατά 5,3% ή 4,9%, σε χρονικό διάστημα 2 μηνών.

VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εξετάζοντας διεξοδικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παραπάνω μελέτη οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι το επιπρόσθετο φορτίο στις πλειομετρικές ασκήσεις μέσω γιλέκου κατά την εφαρμογή σύνθετης προπόνησης (αντιστάσεων και πλειομετρικών ασκήσεων) 8 εβδομάδων, δεν φέρει στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις στην επίδοση του 1RM Squat, και CMJ σε ενηλίκους αθλητές CrossFit, προχωρημένου επιπέδου. Όσον αφορά στη χρήση επιπρόσθετου φορτίου 12% σωματικού βάρους κατά την εκτέλεση των πλειομετρικών ασκήσεων, δεν φάνηκε ξεκάθαρα να υπάρχει επιπλέον επίδραση σε 1RM Squat και CMJ.

6.1. Πρακτικές εφαρμογές

Αν το ζητούμενο του προπονητή προχωρημένων αθλητών CrossFit είναι άμεσες βελτιώσεις της τάξης 5% για το 1RM Squat, και αντίστοιχου επιπέδου για το CMJ, μέσα σε ένα μεσόκυκλο διαστήματος 8 εβδομάδων, θεωρούμε σημαντικό να συμπεριλάβει στο πλάνο του τον προπονητικό μας σχεδιασμό με ή χωρίς γιλέκο κατά τις πλειομετρικές. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας μπορούν να αποτελέσουν μία βάση πάνω στην οποία μπορούν να στηριχθούν οι προπονητές για να βελτιώσουν την μέγιστη δύναμη και ισχύ, προχωρημένων αθλητών, αφού ελεγχθούν και οριοθετηθούν αρκετές παράμετροι.

6.2. Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Κατά τη συγγραφή της ερευνητικής μελέτης προέκυψαν κάποια ζητήματα τα οποία στο μέλλον χρειάζονται επιπρόσθετη διερεύνηση. Προτείνουμε στους ερευνητές να αξιολογηθεί η επίδραση της συνδυαστικής μεθόδου σε προχωρημένους αθλητές CrossFit τόσο σε μέγιστη δύναμη και ισχύ αλλά ταυτόχρονα στην αερόβια ικανότητα (VO₂max), καθώς επίσης την επίδοση ενός benchmark WOD όπως το Fran, ώστε με τη βοήθεια μιας παλινδρόμησης να ερμηνευτεί η συμμετοχή των αντίστοιχων προσαρμογών στην πιθανή βελτίωση όχι μόνον μεταβλητών απόδοσης δύναμης και ισχύος αλλά και αγωνιστικών μεταβλητών σε συνεδρίες απόδοσης οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της προπόνησης αθλητών Cross-Fit.

VII.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

- Aagaard, P. Simonsen, E. Trolle, M. Bangsbo, J. Klausen, K. (1996). Specificity of training velocity and training load on gains in isokinetic knee joint strength. *Acta Physiologica Scandinavica* 156: 123–129, 1996
- Aagaard, P. Andersen, J. (2010). Effects of strength training on endurance capacity in top-level endurance athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports: 2010 Oct;20 Suppl 2:39-47. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01197.x.*
- Adams, K. O'Shea, J. O'Shea, K. Climstein, M. (1992). The Effect of Six Weeks of Squat, Plyometric and Squat-Plyometric Training on Power Production. *The Journal of Strength & Conditioning Research: February 1992- Volume 6 - Issue 1 – p 36-41*
- Adams, G. Hather, B. Baldwin, K. Dudley. G. (1993) Skeletal muscle heavy chain composition and resistance training. *Journal of Applied Physiology* 74(2):911–915. 1993.
- Ahtiainen, J. Pakarinen, A. Alen, M. Kraemer, W. Häkkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology. 2003 Aug;89(6):555-63. Epub 2003 May 7.*
- Alen, M. Häkkinen, K. Komi, P. (1984). Changes in neuromuscular performance and muscle fiber characteristics of elite power athletes self-administering androgenic and anabolic steroids. *Acta Physiologica Scandinavica: 1984 Dec;122(4):535-44.*
- Alen, M. Pakarinen, A. Häkkinen, K. Komi, P. (1988). Responses of serum androgenic-anabolic and catabolic hormones to prolonged strength training. *International Journal of Sports and Medicine: June 1998 – Volume 9 – Issue 3 – p 229-33.*
- Alvarez, M. Sedano S, Cuadrado, G. Redondo, JC. (2012). Effects of an 18-week strength training program on low-handicap golfers' performance. *The Journal of*

Strength & Conditioning Research: April 2012- Volume 26 - Issue 4 – P 1110-21.

DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e274ab.

Anderson, T. Kearney, J. Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. (1982). *Research Quarterly for Exercise and Sport. Volume 53- 1982 - Issue 1 - P 1-7*

Arabatzis, F. Kellis, E. Saèz-Saez De Villarreal, E. (2010). Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting, and combined (weight lifting + plyometric) training. *The Journal of Strength & Conditioning Research: September 2010 - Volume 24 - Issue 9 – P 2440-8.* DOI: 10.1519/JSC.0b013e31822dfa7d.

Au, J. Oikawa, S. Morton, R. Macdonald, M. Phillips, S. (2017) Arterial stiffness is reduced regardless of resistance training load in young men. *Medicine and Science in Sports and Exercise 49: 342–348, 2017.*

Babiash (2013). Determining the energy expenditure and relative intensity of two CrossFit workouts. *College of Exercise and Sport Science Clinical Exercise Physiology: May 2013*

Balabinis, C. Psarakis, C. Moukas, M. Vassiliou, M. Behrakis. P. (2003). Early Phase Changes by Concurrent Endurance and Strength Training. *Journal of Strength and Conditioning Research : Volume 17 – Issue 2 – p 393–401*

Balsalobre-Fernandez, C. Glaister, M. Lockey, M. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sport Sciences 2015;33(15):1574-9*

Baechle, T. R., & Earle, R. W. (Eds.). (2008). *Essentials of Strength and Conditioning (3rd Ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.

Behm, D. (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research: November 1995 – Volume 9 – Issue 4 – p 264*

Bell, G. Petersen, S. Wessel, J. Bagnall, K. Quinney, H. (1991). Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. *International Journal of Sports Medicine: 1991 Aug;12(4):384-90.*

Bell, G. Syrotuik, D. Martin, T. Burnham, R. Quinney, H. (2000). Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology: 2000 Mar;81(5):418-27.*

Bellar, D. Hatchett, A. Judge, L. Breaux, M. Marcus, L. (2015). The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in CrossFit exercise. *Biology of Sport: December 2015 – Volume 32 – Issue 4 – p 315-320*
DOI: 10.5604/20831862.1174771

Blattner, S. Noble, L. (1979). Relative Effects of Isokinetic and Plyometric Training on Vertical Jumping Performance. *Research Quarterly. American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance: June 1979 - Volume 50 - Issue 4 – p 583-8* DOI: 10.1080/00345377.1979.10615653

Bobbert, M. Mackay, M. Schinkelshoek, D. Huijing, P. Van Ingen Schenau, J. (1986). Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *European Journal of Applied Physiology: (1986) 54:566--573*

Bobbert, M. Huijing, P. Van Ingen Schenau, G. (1987). Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise: August 1987 – Volume 19 – Issue 4 – p 332-8*

Bobbert, M. (1990) Drop Jumping as a Training Method for Jumping Ability. *Sports Medicine – January 1990 – Volume 9 – Issue 1 – p 7-22* DOI: 10.2165/00007256-199009010-00002

Booth, F. Thomason, D. (1991). Molecular and cellular adaptation of muscle in response to exercise: perspectives of various models. *Physiological Reviews: April*

1991 – Volume 71 – Issue 2 – p 541-85

Borst, S. DeHoyos, D. Garzarella, L. Vincent, K. Pollock, B. Lowenthal, D. Pollock, M. (2001) Effects of resistance training on insulin-like growth factor-I and IGF binding proteins. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2001; 33:648–53

Bosco, C. Komi, P. Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica: February 1981 - Volume 111 - Issue 2 – p 135-140*

Brown, M. Mayhew, J. Boleach, L. Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. Q. Rev.* 26:1–4. 1986

Burkett, L. Phillips, W. Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for vertical the jump in college-age athletic men. *The Journal of Strength & Conditioning Research: August 2005 - Volume 19 - Issue 3 – P 673-8.*

Butcher, S. Neyedly, T. Horvey, K. Benko, C. (2015). Do physiological measures predict selected CrossFit benchmark performance? *Open Access Journal of Sports Medicine: July 2015 – Volume 31 – Issue 6 – p 241-7 DOI: 10.2147/OAJSM.S88265.*

Byrne, P. Moran, K. Rankin, P. Kinsella, S. (2010). A comparison of methods used to identify 'optimal' drop height for early phase adaptations in depth jump training. *The Journal of Strength & Conditioning Research: August 2010 - Volume 24 - Issue 8 – P 2050-5. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d8eb03.*

Campos, G. Luecke, T. Wendeln, H. Toma, K. Hagerman, F. Murray, T. Ragg, K. Ratamess, N. Kraemer, W. Staron, R. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology: 2002 Nov;88(1-2):50-60. Epub 2002*

Carolan, B. Cafarelli, E. (1992). Adaptations in coactivation after isometric resistance

training. *Journal of Applied Physiology*: September 1992 – Volume 73 – Issue 3 – p 911-7

Carter, J. Peintner, A. Boehner, A. Cameron, C. Murphy, J. (2010) Effects of dynamic warm-up with and without a weighted vest on lower extremity power performance of high school male athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*: December 2010 - Volume 24 - Issue 12 - p 3387-95 DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181f159bd

Carvalho, A. Mourao, P. Abade, E. (2014). Effects of Strength Training Combined with Specific Plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: a case study. *Journal of Human Kinetics* volume 41/2014, 125-132 DOI: 10.2478/hukin-2014-0040.

Cavagna, G. Komarek, L. Mazzoleni, S. (1971). The mechanics of sprint running. *Journal of Physiology*: 217:709,1971

Clutch, D. Mike Wilton, M. McGown, C. Bryce, G. (1983). *Research Quarterly for Exercise and Sport* : 1983 – Volume 54 – Issue 1 – p 5-10 DOI: 10.1080/02701367.1983.10605265

Comyns, T. Harrison, A. Hennessy, L. Jensen, R. (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*: August 2006- Volume 20 – Issue 3 – p 471-6 DOI: 10.1519/18445.1

Cumming, D. Wall, S. Galbraith, M. Belcastro, A. (1987). Reproductive hormone responses to resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and exercise*: June 1987 – Volume 13 – Issue 3 – p 234-8

Deschenes, M. Kraemer, W. (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 2002; 81(Suppl):S3–S16.

Dobbs, C. Gill, N. Smart, D. McGuigan, M. (2015). The training effect of short-term enhancement from complex pairing on horizontal and vertical countermovement and drop jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research: February 2015*- DOI: 10.1519/JSC.0000000000000874

Dudley, G. Djamil, R. (1985). Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. *Journal of Applied Physiology: 1985 Nov;59(5):1446-51.m*

Ebben, W. (2002). Complex Training: A Brief Review. *Journal of sports science & medicine : June 2002 – Volume 1 – Issue 2 – p 42-46*

Ebben, W. Watts P. (1998). A Review of Combined Weight Training and Plyometric Training Modes: Complex Training. *National Strength and Conditioning Association JournalComple: Volume 20 – Issue 5 – p 18* DOI:10.1519/1073-6840(1998)020<0018:arocwt>2.3.co;2

Edman, K. (2003). Contractile Performance of Skeletal Muscle Fibers. *Strength and Power in Sport, Second Edition (2003)*

Edman, K. Reggiani C (1987). The sarcomere length-tension relation determined in short segments of intact muscle fibres of the frog. *The Journal of Physiology* 385:709, 1987

Evans, W. Cannon, J. (1991). The metabolic effects of exercise-induced muscle damage. *Exercise and Sport Sciences Reviews. 1991;19:99-125.*

Fatouros I. Jamurtas, A. Leontsini, D. Taxildaridis, K, Aggelousis, N. Kostopoulos, N. Buckenmeyer, P. (2000) Evaluation of Plyometric Exercise Training, Weight Training, and Their Combination on Vertical Jumping Performance and Leg Strength. *The Journal of Strength and Conditioning Research: November 2000 - Volume 14 – Issue 4 - p 470–476*

Farrar, R. Mayhew, J. Koch, A.(2016). Oxygen Cost of Kettlebell Swings: *The Journal of Strength and Conditioning Research: April 2010 - Volume 24 – Issue 4 - p*

1034-6 DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d15516.

Faulkner, J. Claflin, D. McCully, K. (1986). Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. *Human muscle power. Human Kinetics, 1986.*

Fernandez, J. Sabido Solana, R. Moya, D. Sarabia Marin, J. Moya Ramon, M. (2015). *Acute physiological responses during crossfit® workouts. European Journal of Human Movement. 2015 – Volume 35 – p 1 – 25*

Fink, J. Kikuchi, N. Nakazato, K. (2018). Effects of rest intervals and training loads on metabolic stress and muscle hypertrophy. *Clinical Physiology and Functional Imaging: 2018 Mar;38(2):261-268. doi: 10.1111/cpf.12409. Epub 2016 Dec 28.*

Fisher, J, Steele, J. (2017). Heavier and lighter load resistance training to momentary failure produce similar increases in strength with differing degrees of discomfort. *Muscle Nerve 56: 797–803, 2017.*

Florini, J. (1987). Hormonal control of muscle growth. *Muscle Nerve: September 2010 – Volume 7 – p 577-98*

Fowler N, Trzaskoma Z, Wit A, Iskra L, Lees A, (1995). The effectiveness of a pendulum swing for the development of leg strength and counter-movement jump performance. *Journal of Sports Sciences: 1995 Apr;13(2):101-8.*

Frontera, W. Meredith, C. O'Reilly, K. Evans, W. (1990). Strength training and determinants of VO₂max in older men. *Journal of Applied Physiology. January 1990 – Volume 68 – Issue 1- p 329-33.*

Fry, A. Kraemer, W. Weseman, C. Conroy, B. Gordon, S. Hoffman, J. Maresch, C. (1991). The Effects of an Off-season Strength and Conditioning Program on Starters and Non-starters in Women's Intercollegiate Volleyball. *Journal of Strength and Conditioning Research: November 1991 - Volume 5 - Issue 4 - p 174-81 DOI: 10.1519/1533-4287(1991)005<0174:teoas>2.3.co;2*

Fry, A. Webber, J. Weiss, W. Harber, M. Vaczi, M. Pattison, N. (2003). Muscle fiber characteristics of competitive powerlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research: May 2003 - Volume 17 - Issue 2 - p 402-10*

Glassman, G. (2019) *CrossFit Level 1 Training Guide*

Glowacki, S. Martin, S. Maurer, A. Baek, W. Green, J. Crouse, S. (2004). Effects of resistance, endurance, and concurrent exercise on training outcomes in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise: 2004 Dec;36(12):2119-27.*

Häkkinen, K. Komi, P. Alén, M. Kauhanen, H. (1987). EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weight-lifters. *European Journal of Applied and occupational Physiology: 1987;56(4):419-27.*

Hakkinen, K. (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness: Mar;29(1):9-26.*

Harris, G. Stone, M. O'Bryant, H. Proulx, C. (2000). Short-Term Performance Effects of High Power, High Force, or Combined Weight-Training Methods. *Journal of Strength and Conditioning Research: February 2000 – Volume 14 – Issue 1 - p 14–20*

Hickson, R. (1980A). Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology: 1980;45(2-3):255-63.*

Hickson, R. Rosenkoetter, M. Brown, M. (1980B) Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise. 1980;12(5):336-9.*

Hill, A. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *The Royal Society 1938*

Hoff, J. Gran, A. Helgerud, J. (2002). Maximal strength training improves aerobic

endurance performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*: 2002 Oct;12(5):288-95.

Housh, D. Housh, T. Weir, J. Weir, L. Johnson, G. & Stout J. (1995). Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. *Medicine and Science in sports and exercise*: 1995 May;27(5):784-91

Hunter, J. Marshall, R. (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Medicine & Science in Sports & Exercise* : April 2002 – Volume 34 – Issue 3 - p 478-86 DOI: 10.1097/00005768-200203000-00015

Hurley, B. Seals, D. Ehsani, A. Cartier, L. Dalsky, G. Hagberg, J. Holloszy, J. (1984) Effects of high-intensity strength training on cardiovascular function. *Medicine & Science in Sports & Exercise* : October 1984 – Volume 16 – Issue 5 - p 483-8

Ikai, M. Steinhaus, A. (1961) Some factors modifying the expression of human strength. *Journal of Applied Physiology*: January 1961 – Volume 16 – p 157-63 DOI: 10.1152/jappl.1961.16.1.157

Kannus, P. Alosa, D. Cook, L. Johnson, RJ Renström, P. Pope, M. Beynnon, B. Yasuda, K. Nichols, C. Kaplan, M. (1992). Effect of one-legged exercise on the strength, power and endurance of the contralateral leg. *European Journal of Applied Physiology* 1992 – Volume 64 – p 117–26

Khelifa, R. Aouadi, R. Hermassi, S. Chelly, Mohamed S. Jlid, M. Hbacha, H. Castagna, C. (2010). Effects of a Plyometric Training Program With and Without Added Load on Jumping Ability in Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*: November 2010 - Volume 24 - Issue 11 - p 2955-2961 DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181e37fbc

Kobal, R. Loturco, I. Barroso, R. Gil, S. Cuniyochi, R. Ugrinowitsch, C. Roschel, H. Tricoli, V. (2017). Effects of Different Combinations of Strength, Power, and Plyometric Training on the Physical Performance of Elite Young Soccer Players. *The*

Journal of Strength & Conditioning Research: June 2017 - Volume 31 - Issue 6 - p 1468–1476 DOI: 10.1519/JSC.0000000000001609

Komi, P. Karlsson, J. Vitasalo, J. (1979). Physical performance, skeletal muscle enzyme activities and fibre types in monozygous and dizygous twins of both sexes. *Acta Physiologica Scandinavica 462 (Suppl.):1–28. 1979.*

Komi, P. (2003). Stretch-shortening cycle. In: Strength and power in sport. Komi PV. (ed.), *Oxford : Blackwell Science, 2003*

Kraemer, W. Morrow, A. , Leger, A. (1983) Changes in Rowing Ergometer, Weight Lifting, Vertical Jump and Isokinetic Performance in Response to Standard and Standard Plus Plyometric Training Programs. *International Journal of Sports Medicine: November 1993 – Volume 14 – Issue 8 – p 449-54*
DOI: 10.1055/s-2007-1021209

Kraemer, W. Patton, J. Gordon, S. Harman, E. Deschenes, M. Reynolds, K. Newton, R. Triplett, N. Dziados, J. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology: 78:976,1995*

Kraemer, W. Staron, R, Hagerman, F. Hikida, R. Fry, A. Gordon, S. Nindl, B. Gothshalk, L. Volek, J. Marx, J. Newton, R. Häkkinen, K. (1998). The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. *European Journal of Applied Physiology : Volume 78- p 69–76*

Kushmerick, M. (1995). Bioenergetics and muscle cell types. *Advances in experimental Medicine and Biology: 1995;384:175-84.*

Larsson, L. Tesch P. (1986). Motor unit fibre density in extremely hypertrophied skeletal muscles in man. Electrophysiological signs of muscle fibre hyperplasia. *European Journal of Applied Physiology – Volume 55 – Issue 2 – p 130-6*

Linthorne, N. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform.

American Journal of Physics, November 2001; 69(11): 1198–1204.

<http://dx.doi.org/10.1119/1.1397460>

Lloyd, R. Radnor, J. De Ste, C. Mark B. Cronin, J. Oliver, J. (2016). Changes in Sprint and Jump Performances After Traditional, Plyometric, and Combined Resistance Training in Male Youth Pre- and Post-Peak Height Velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*: May 2016 - Volume 30 - Issue 5 - p 1239–1247
DOI: 10.1519/JSC.000000000000012

Lovell, D. Cuneo, R. Gass, G. (2009). Strength Training Improves Submaximum Cardiovascular performance in Older Men. *Journal of Geriatric Physical Therapy*: 2009 - Volume 32 - Issue 3 - p 117–124

Lyttle, A. Wilson, G. Ostrowski, K. (1996). Enhancing Performance: Maximal Power Versus Combined Weights and Plyometrics Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*: August 1996 – Volume 10 – Issue 3. DOI: 10.1519/1533-4287(1996)010<0173:EPMPVC>2.3.CO;2

MacDonald, C. Lamont, J. Garner, Hugh S. (2012). A Comparison of the Effects of 6 Weeks of Traditional Resistance Training, Plyometric Training, and Complex Training on Measures of Strength and Anthropometrics. *Journal of Strength and Conditioning Research*: February 2012 - Volume 26 - Issue 2 - p 422-431 DOI: 10.1519/JSC.0b013e318220df79

MacDougall, J. (1992). Hypertrophy or hyperplasia. In *Strength and Power in Sport*. Oxford Blackwell Science, 1992

Malisoux, L. Francaux, M. Nielens, H. Theisen, D. (2006). Stretch-shortening exercises cycle: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*: March 2006 – Volume 100 – Issue 3

Mandroukas, K. Krotkiewski, M. Hedberg, M. Wroblewski, Z. Bjorntorp, P. Grimby, G. (1984). Physical training in obese women. *European Journal of Applied*

Physiology and Occupational Physiology: June 1984 - Volume 52 - Issue 4 - p 355–361

Marcinik, E. Potts, J. Schlabach, G. Will, S. Dawson, P. Hurley, B. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise: 1991 Jun;23(6):739-43.*

Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine : July 2007 – Volume 41 -Issue 6 – p 349-55* DOI: 10.1136/bjism.2007.035113

Marshall, B. Moran, K. (2013). Which drop jump technique is most effective at enhancing countermovement jump ability, "countermovement" drop jump or "bounce" drop jump? *Journal of Sports Sciences: 2013 – Volume 31 – Issue 12 – p 1368-74* DOI: 10.1080/02640414.2013.789921.

Martin, J. White, D. (2009) Strong Medicine *The CrossFit Journal Articles*
http://library.crossfit.com/premium/pdf/CFJ_MartinWhite_StrengthBias.pdf

Marx, J. Ratamess, N. Nindl, B. Gotshalk, L. Volek. J. Dohi, K. Bush, J. Gómez, A. Mazzetti, S. Fleck, S. Häkkinen, K. Newton, R. Kraemer, W. (2001): Low volume circuit versus high volume periodized resistance training in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2001;33:635–43

McBride, J. Triplett-McBride, T. Davie, A. Newton, R. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research: February 2002 - Volume 16 - Issue 1 - p 75-82* DOI: 10.1519/1533-4287(2002)016<0075:teohvl>2.0.co;2

McCarthy, J. Agre, J. Graf, B. Pozniak, M. Vailas, A. (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise: 1995 Mar;27(3):429-36.*

Methenitis, S. (2019). A Brief Review of Concurrent Training : From laboratory to

the field. *Sports, (Basel Switzerland): 2018 Oct 24;6(4)*

Milner-Brown, H. Stein, R. Lee, R. (1975). Synchronization of human motor units possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology: March 1975 – Volume 38 – Issue 3 – p 245-54* DOI: 10.1016/0013-4694(75)90245-x

Mitchell, C. Churchward-Venne, T. West, D. Burd, N. Breen, L. Baker, S. Phillips, S. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *2012 Jul;113(1):71-7. doi: 10.1152/jappphysiol.00307.2012. Epub 2012 Apr 19*

Moritani, T. DeVries, H. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine: June 1979 – Volume 58 – Issue 3 – p 115-30*

Morton, R. Oikawa, S. Wavell, C. Mazara, N. McGlory, C. Quadrilatero, J. Baechler, B. Baker, S. Phillips, S. (2016). Neither load nor systemic hormones determine resistance training-mediated hypertrophy or strength gains in resistance-trained young men. *Journal of Applied Physiology: 2016 Jul 1;121(1):129-38. doi: 10.1152/jappphysiol.00154.2016. Epub 2016 May 12.*

Moss, R. Diffie, G. Greaser, M. (1995). Contractile properties of skeletal muscle fibers in relation to myofibrillar protein isoforms. *Reviews of Physiology, Biochemistry, Pharmacology. 1995;126:1-63.*

Nissell, R. Ekholm, J. (1986). Joint load during the parallel squat in powerlifting and force analysis of in vivo bilateral quadriceps tendon rupture: *Scandinavian Journal of Sports Sciences 8(2): 63-70*

Perez-Gomez, J. Olmedillas, H. Delgado-Guerra, S. Ara Royo, I. Vicente-Rodriguez, G. Arteaga Ortiz, R. Chavarren, J. Calbet, J. (2008). Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. *Applied Physiology, Nutrition, and*

Metabolism, 2008, Vol. 33, No. 3 : pp. 501-510

Pette, D. Staron, R. (1990). Cellular and molecular diversities of mammalian skeletal muscle fibers. *Reviews of Physiology, Biochemistry Pharmacology*. 1990;116:1-76.

Pizzigalli, L. Filippini, A. Ahmaidi, S. Jullien, H. Rainoldi, A. (2011). Prevention of falling risk in elderly people: the relevance of muscular strength and symmetry of lower limbs in postural stability. *Journal of Strength and Conditioning Research: February 2011 - Volume 25 - Issue 2 - p 567-74* DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d32213.

Pipes, T. (1994). Strength training and fiber types. *Scholastic Coach*. 63(8):67–71. 1994.

Ploutz, L. Tesch, P. Biro, R. Dudley, G. (1994). Effect of resistance training on muscle use during exercise. *Journal of Applied Physiology*: April 1994 – Volume 76 – Issue 4 – p 1675-81

Ploutz, L. Convertino, V. Dudley, G. (1995). Resistance exercise-induced fluid shifts: change in active muscle size and plasma volume. *American Journal of Physiology*: September 1995 - 269(3 Pt 2):R536-43

Polhemus, R. Burkhardt, Ed. Osina, M. Patterson, M. (1980). The Effects of Plyometric Training With Ankle and Vest Weights on Conventional Weight Training Programs for Men and Women. *National Strength Coaches Association Journal: February 1980 - Volume 2 - Issue 1 - p 13-17*

Pratley, R. Nicklas, B. Rubin, M. Miller, J. Smith, A. Smith, M. Hurley, B. Goldberg, A. (1985). Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men. *Journal of Applied Physiology*: January 1994 – Volume 76 – Issue 1 – p 133-7

Radnor, J. Lloyd, R. Oliver, J. (2017). Individual Response to Different Forms of Resistance Training in School-Aged Boys. *Journal of Strength and Conditioning*

Research: March 2017 - Volume 31 - Issue 3 - p 787-797 DOI:
10.1519/JSC.0000000000001527.

Rodríguez-Rosell, D. Franco-Márquez, F. Mora-Custodio, R. González-Badillo, J. (2017). Effect of High-Speed Strength Training on Physical Performance in Young Soccer Players of Different Ages. *The Journal of Strength & Conditioning Research: September 2017 - Volume 31 - Issue 9 - p 2498–2508 DOI:*
10.1519/JSC.0000000000001706

Roig, M. O'Brien, K. Kirk, G. Murray, R. McKinnon, P. Shadgan, B. Reid, W. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports and Medicine. Volume 43 – p 556–568. doi:*
10.1136/bjism.2008.051417

Rønnestad, B. Kvamme, N. Sunde, A. Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research: May 2008 - Volume 22 - Issue 3 - p 773-80 DOI:* 10.1519/JSC.0b013e31816a5e86.

Sáez de Villarreal, E. Kellis, E. Izquierdo M (2009A). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research: March 2009 – Volume 23 – Issue 2 – p 495-506 DOI:* 10.1519/JSC.0b013e318196b7c6.

Sáez-Sáez de Villarreal, E. Requena, B. Newton, R. (2009B). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport : January 2010 – Volume 13- p 513-522 DOI:*
10.1016/j.jsams.2009.08.005

Sáez de Villarreal, E. Suarez-Arrones, L. Requena, B. Haff, G. Rafael Veliz, R. (2015). Enhancing Performance in Professional Water Polo Players: Dryland

Training, In-Water Training, and Combined Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. April 2015 – Volume 29 – Issue 4 - p 1089–1097 DOI: DOI: 10.1519/JSC.0000000000000707

Sale D (1988). Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. October 1988 – 20S:135-45

Sale, D. MacDougall, J. Jacobs, I. Garner, S. (1990). Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*: 1990 Jan;68(1):260-70.

Sale, D. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*: 2002 Jul;30(3):138-43

Santos. E, Janeira. MA, (2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*: May 2008 – Volume 22 – Issue 3 – p 903-9 DOI: 10.1519/JSC.0b013e31816a59f2.

Sara, V. Hall, K. (1990). *Insulin-like growth factors and their binding proteins*. *Physiological Reviews*: July 1990 – Volume 70 – Issue 3 – p 591–614

Schiaffino, S. Gorza, L. Sartore, S. Saggin, L. Ausoni, S. Vianello, M. Gundersen, K. (1989). Three myosin heavy chain isoforms in type 2 skeletal muscle fibres. *Journal of Muscle Research & Cell Motility*. June 1989- Volume 10- Issue 3 - p 197–205

Schoenfeld, B. (2010). Squating kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*: December 2010 - Volume 24 - Issue 12 - p 3497-506

Schoenfeld, B. Wilson, J. Lowery, R. Krieger, J. (2014). Muscular adaptations in low- versus high-load resistance training: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science*: 2016;16(1):1-10. doi: 10.1080/17461391.2014.989922. Epub 2014 Dec 20.

Schoenfeld, B. Peterson, M. Ogborn, D. Contreras, B. Sonmez, G. (2015). Effects of Low- vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. *Journal of Strength & Conditioning Research*: 2015 Oct;29(10):2954-63. doi: 10.1519/JSC.0000000000000958.

Sedano, S. Marin, P. Cuadrado, G. Redondo, J. (2013). Concurrent Training in Elite Male Runners: The Influence of Strength Versus Muscular Endurance Training on Performance Outcomes. *Journal of Strength and Conditioning Research*: September 2013 - Volume 27 - Issue 9 - p 2433–2443 DOI: 10.1519/JSC.0b013e318280cc26

Semmler, J. (2002). Motor-unit synchronization and neuromuscular performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*: January 2002 – Volume 30 – Issue 1 – p 8-14

Sherwood, L. (2012). Human Physiology: From cells to system: 8th edition, January 2012

Sjöström, M. Lexell, J. Eriksson, A. Taylor, C. (1991). Evidence of fibre hyperplasia in human skeletal muscles from healthy young men? A left-right comparison of the fibre number in whole anterior tibialis muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*: Volume 62 – Issue 5 – p 301-4

Smilios, I. Sotiropoulos, K. Christou, M. Douda, H. Spaias, A. Tokmakidis, S. (2013). Maximum power training load determination and its effects on load-power relationship, maximum strength, and vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*: May 2013 - Volume 27 - Issue 5 - p 1223-33 DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182654a1c.

Solomonow, M. Baratta, R. Zhou, BH. Shoji, H. Bose, W. Beck, C. D'Ambrosia, R. (1987). The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *American Journal of Sports Medicine* 15: 207–213, 1987.

Staron, R. Malicky, E. Leonardi, M. Falkel, J. Hagerman, F. Dudley, G. (1990) Muscle

hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 60(1):71–79. 1990

Staron, R. Karapondo, D. Kraemer, W. Fry, A. Gordon, S. Falkel, J. Hagerman, F. Hikida, R. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal of Applied Physiology*: March 1994 – Volume 76 – Issue 3 - p 1247-55.

Stasinaki, A. Gloumis, G. Spengos, K. Blazevich, A. 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*: September 2015 - Volume 29 - Issue 9 - p 2559–2569 DOI: 10.1519/JSC.0000000000000917.

Stone, M. Sands, W. Pierce, K. Carlock, J. Cardinale, M. Newton, R. (2005). Relationship of maximum strength to weightlifting performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*: June 2005 – Volume 37 – Issue 6 – p 1037-43 DOI: 10.1249/01.mss.0000171621.45134.1

Storen, O. Helgerud, J. Stoa, M. Hoff, J. (2008). Maximal Strength Training Improves Running Economy in Distance Runners: *Medicine and Science in Sports and Exercise*: 2008 – Volume 40 – Issue 6 – p 1089-94

Tanaka, H. Monahan, K. Seals D. (2002). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of American College of Cardiology*. 2001 Jan;37(1):153-6.

Tanimoto, M. Ishii, N. (1985) Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *Journal of Applied Physiology* (1985) 100: 1150–1157, 2006

Thompsen, A. Palumbo, G. Faigenbaum, M. Kakley, T. (2007). Acute Effects of Different Warm-Up Protocols With And Without a Weighted Vest on Jumping Performance in Athletic Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*;

Champaign Volume 21, Issue 1, (Feb 2007): 52-6. DOI:10.1519/00124278-200702000-00010

Tsolakis, C. Kostaki, E. Vagenas G. (2010). Anthropometric, flexibility, strength-power, and sport-specific correlates in elite fencing. Perceptual and motor skills. Volume 110 – Issue 3 – p: 1015-28

Tillin, N. Bishop, D. (2009) Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities

Verkhoshansky, T. Tatyana, V. (1983). Speed-strength preparation of future champions. *Soviet Sports Rev. 18:166–170. 1983*

Vikmoen, O. Ellefsen, S. Trøen, Ø. Hollan, I. Hanestadhaugen, M. Raastad, T. Rønnestad, B. (2016). Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports: 2016 Apr;26(4):384-96. doi: 10.1111/sms.12468. Epub 2015 Apr 18.*

Volek, J. Kraemer, W. Bush, J. Incledon, T. Boetes, M. (1997). Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *Journal of Applied Physiology: January 1997 – Volume 82 – Issue 1 – p 49-54*

Vossen, J. Kramer, J. Burke, D. Vossen, D. (2000). Comparison of Dynamic Push-Up Training and Plyometric Push-Up Training on Upper-Body Power and Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research, 2000, 14(3), 248–253*

Willoughby, D. (1993). The effects of mesocycle-length weight training programs involving periodization and partially equated volumes on upper and lower body strength. . *Journal of Strength and Conditioning Research: February 1993 – Volume 7 – Issue 1*

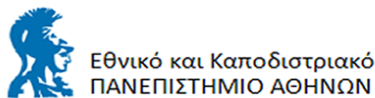
Wilson, G. Murphy, A. Newton, R. Humphries, B. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine in Science of Sports*

and Exercise: 1993;25:1279-86

Young, W. (1993) Training for speed strength: Heavy versus light loads. *NSCA Journal 15(5):34-42. 1993.*

Young, W. Wilson, G. Byrne, C. (1999). A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance. *International Journal of Sports Medicine: July 1999 – Volume 20 – Issue 5 – p 295-303 DOI: 10.1055/s-2007-971134*

VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΜΕ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΦΟΡΤΙΑ, ΣΤΗ ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΙΣΧΥ ΕΝΗΛΙΚΩΝ ΑΘΛΗΤΩΝ CROSSFIT

ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ

Αγαπητέ εθελοντή, το παρόν έντυπο συγκατάθεσης απευθύνεται σε ενήλικες αθλητές CrossFit οι οποίοι πληρούν τις προϋποθέσεις ένταξης, και καλούνται να συμμετάσχουν στην ερευνητική μας μελέτη με θέμα την επίδραση της συνδυαστικής προπόνησης με αντιστάσεις και πλειομετρικών ασκήσεων με επιπλέον φορτία, στη μέγιστη δύναμη και την ισχύ. Στο πλαίσιο αυτής της έρευνας οι συμμετέχοντες καλούνται να εκτελέσουν 8 εβδομάδων συνδυαστική προπόνηση, επιπρόσθετα στην προπονητική τους ρουτίνα CrossFit. Η συμμετοχή στην μελέτη ενδέχεται να εκθέσει κάθε συμμετέχοντα στον κίνδυνο τραυματισμού κατά την εκτέλεση των παραπάνω δραστηριοτήτων. Εφόσον υπάρξει κάποιος περιοριστικός παράγοντας που θα θέσει σε κίνδυνο την υγεία του, κάθε εθελοντής έχει το δικαίωμα να αποχωρήσει ελεύθερα από την έρευνα σε οποιοδήποτε στάδιο της.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα είναι εμπιστευτικά, ενώ πιθανή δημοσίευσή τους θα συνάδει με τους κανόνες ηθικής και δεοντολογίας που υπόκεινται στο ιατρικό και επιστημονικό απόρρητο.

Έχοντας μελετήσει τις παραπάνω πληροφορίες, αποδέχομαι να συμμετάσχω στην έρευνα.

Ονοματεπώνυμο εθελοντή,

Υπογραφή εθελοντή.

