ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ»

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΚΛΙΝΙΚΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Προπόνηση ισχύος και λιπιδαιμικό προφίλ νεαρών γυναικών - Επίδραση διατροφικών συνηθειών

ΠΕΡΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Αθήνα, 2020



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗ»

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΚΛΙΝΙΚΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Τζώρτζης Νομικός (Επιβλέπων)
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Σμαραγδή Αντωνοπούλου
Καθηγήτρια, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Γεράσιμος Τερζής
Αναπληρωτής Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τ.Ε.Φ.Α.Α

Ο Περογιαννάκης Γεώργιος δηλώνω υπεύθυνα ότι:

1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Τζώρτζη Νομικό για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε να αναλάβω μέρος αυτής της μελέτης του, τη συμπαράστασή του καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής και συγγραφής της μεταπτυχιακής μου διατριβής.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....7

ABSTRACT.....8

1. Έκκεντρη άσκηση.....9

1.1 Ορισμός..... 9

1.2 Πρωτόκολλα Έκκεντρης Άσκησης..... 12

1.3 Εφαρμογές της Έκκεντρης Άσκησης στην Προπόνηση 14

1.4 Εφαρμογές της Έκκεντρης Άσκησης στην Υγεία... 17

2. Έκκεντρη Άσκηση και Λιπιδαιμικό Προφίλ 20

2.1 Επίδραση της μακροχρόνιας έκκεντρης άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ αθλητών και αθλουμένων... 20

2.2 Οξεία επίδραση της συνεδρίας έκκεντρης άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ 21

2.3 Μηχανισμοί που εξηγούν τις μεταβολές στο λιπιδαιμικό προφίλ στην έκκεντρη άσκηση..... 22

3. Σκοπός.....25

4. Μεθοδολογία 26

4.1 Πρωτόκολλο Μελέτης 26

4.2 Συλλογή Δεδομένων..... 27

4.3 Αξιολόγηση Σύστασης Σώματος 28

4.4 Διατροφική Εκτίμηση Εθελοντών..... 28

4.4.1 Ανάκληση 24-ώρου 28

4.5 Βιοχημικές Μετρήσεις..... 28

4.5.1 Μέτρηση Ολικής Χοληστερόλης..... 28

4.5.2 Μέτρηση Τριγλυκεριδίων..... 29
4.5.3 Μέτρηση HDL Χοληστερόλης..... 30
4.5.4 Προσδιορισμός LDL Χοληστερόλης..... 31
4.5.5 Μέτρηση Απολιποπρωτεΐνης A-I (ApoA1)..... 31
4.6 Στατιστική Ανάλυση 31

5. Αποτελέσματα.....32

5.1 Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Πληθυσμού Μελέτης 32

5.2 Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στα επίπεδα λιπιδίων 33

5.3 Μεταβολές της Διατροφικής Πρόσληψης των Συμμετεχόντων πριν και μετά το πρωτόκολλο άσκησης 39

5.4 Συσχέτιση των διατροφικών χαρακτηριστικών των εθελοντών με τις ποσοστιαίες (%) μεταβολές των δεικτών του λιπιδαιμικού προφίλ..... 41

6. Συζήτηση 42

Βιβλιογραφία.....48

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Η άσκηση ισχύος προκαλεί σημαντική βελτίωση στη λειτουργική ικανότητα του μυοσκελετικού συστήματος σε σύντομο διάστημα και με σχετικά μικρό όγκο προπόνησης. Οι μεταβολικές της επιδράσεις είναι όμως εν πολλοίς άγνωστες ειδικότερα αυτές που σχετίζονται με το λιπιδαιμικό προφίλ.
Σκοπός: Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του όγκου προπόνησης γρήγορων έκκεντρων συσπάσεων στο λιπιδαιμικό προφίλ πριν και μετά από 20 προπονητικές μονάδες, σε νεαρές γυναίκες. Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση των διατροφικών συνηθειών των συμμετεχόντων στην μεταβολή των δεικτών του λιπιδαιμικού προφίλ.
Μέθοδος: Είκοσι εννέα νεαρές γυναίκες (21,0±1,7έτη, 59,1±9,7Kg, 166,0±6,7εκ., 26,0±7,1% σωματικού λίπους), χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες και πραγματοποίησαν είτε (1) 3 είτε (2) 6 είτε (3) 9 σειρές των 4 έκκεντρων ημικαθισμάτων, υψηλής ταχύτητας, με φορτίο 70% της μέγιστης μειομετρικής δύναμης, για 10 εβδομάδες [2 προπονητικές μονάδες (ΠΜ)/εβδ.]. Στην πρώτη και τελευταία ΠΜ, 1 ώρα πριν, 2, 24 και 48 ώρες μετά, λήφθηκε δείγμα φλεβικού αίματος, για την αξιολόγηση του λιπιδαιμικού προφίλ (ολική χοληστερόλη, τριγλυκερίδια, HDL-χοληστερόλη, apoA, LDL-χοληστερόλη). Η διατροφική πρόσληψη εκτιμήθηκε με 3 ανακλήσεις 24ώρου στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης**.** Η στατιστική ανάλυση περιλάμβανε Ανάλυση διακύμανσης για επαναλαμβανόμενα δείγματα και τον δείκτη συσχέτισης του Pearson (P<0,05).
Αποτελέσματα: Σημαντικές θετικές (p<0,01) μεταβολές στις συγκεντρώσεις των λιπιδίων ηρεμίας διαπιστώθηκαν μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης, με σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων (p<0,05). Μάλιστα οι μεταβολές αυτές είχαν μια δοσοεξερτώμενη σχέση με τον όγκο προπόνησης. Οι μεγαλύτερες μεταβολές διαπιστώθηκαν στην ομάδα των 9 σειρών (-34,9±7,83 – 31,5±10,5%) και οι μικρότερες στην ομάδα των 3 σειρών (-10,7±6,3 – 16,1±11,5%). Πιο συγκεκριμένα, η ποσοστιαία μείωση της ολικής χοληστερόλης ήταν 4% για την ομάδα των 3 σετ, 11% για την ομάδα των 6 σετ και 17% για την ομάδα των 9 σετ, η μείωση των τριγλυκεριδίων ήταν 9% για την ομάδα των 3 σετ, 16% για την ομάδα των 6 σετ και 18% για την ομάδα των 9 σετ, η αύξηση της HDL χοληστερόλης ήταν 4% για την ομάδα των 3 σετ, 10% για την ομάδα των 6 σετ και 17% για την ομάδα των 9 σετ και η μείωση της LDL χοληστερόλης ήταν 7% για την ομάδα των 3 σετ, 16% για την ομάδα των 6 σετ και 23% για την ομάδα των 9 σετ. Η διατροφή των εθελοντριών δεν επηρέασε τις παραπάνω θετικές βελτιώσεις του λιπιδαιμικού προφίλ.
Συμπεράσματα: Η εφαρμογή 4 γρήγορων έκκεντρων ημικαθισμάτων των 3 ή 6 ή 9 σειρών, 2 φορές την εβδομάδα για 10 εβδομάδες επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ νεαρών γυναικών. Ωστόσο, υπάρχει μια σημαντική δοσοεξαρτώμενη σχέση μεταξύ του όγκου προπόνησης και των ασκησιογενών μεταβολών των λιπιδικών συγκεντρώσεων, με τις μεγαλύτερες βελτιώσεις να εμφανίζονται έπειτα από την πραγματοποίηση αυξημένου όγκου προπόνησης (9σειρές χ 4 επαν./Π.Μ.). Η διατροφική πρόσληψη μακρο- και μικρο- θρεπτικών συστατικών δεν επηρέασε την επίδραση της άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ.

Λέξεις κλειδιά: Έκκεντρη άσκηση, λιπιδαιμικό προφίλ, διατροφικές συνήθειες

ABSTRACT

Introduction: Exercise causes a significant improvement in the functional capacity of the musculoskeletal system and with a relatively small workout volume. However, its metabolic effects are largely unknown, especially those related to the lipid profile.

Aim: The purpose of the present study was to investigate the effect of fast-paced eccentric exercise on lipid profile before and after 20 training units in young women. The effect of dietary habits of participants on changing lipid profile profiles was also studied.

Methods: Twenty-nine young women (21.0 ± 1.7 years, 59.1 ± 9.7 kg, 166.0 ± 6.7 cm, 26.0 ± 7.1% body fat) were divided into three groups and performed either (1) 3 or (2) 6 or (3) 9 rows of 4 high speed half-squats, with a load of 70% of 1 Repetition Maximum, for 10 weeks [2 training units (TU) / week]. In the first and last TU, 1 hour before, 2, 24 and 48 hours after, venous blood sample was taken to assess lipidemic profile (total cholesterol, triglycerides, HDL-C, apoA, LDL-C). Dietary intake was assessed with 3 24-hour recalls at the beginning and end of intervention. Statistical analysis included analysis of variance for repeated samples and Pearson correlation coefficient ($P < 0.05$).

Results: Significant positive ($p < 0.01$) changes in resting lipid concentrations were observed after the end of training, with significant differences between the groups ($p < 0.05$). Indeed, these changes had a dose-related relationship with training volume. The largest changes were found in the 9-row group (-34.9 ± 7.83 - 31.5 ± 10.5%) and the smallest changes in the 3-row group (-10.7 ± 6.3 - 16.1 ± 11.5%). Specifically, the percentage reduction in total cholesterol was 4% for the 3-set group, 11% for the 6-set group, and 17% for the 9-set group, the triglyceride reduction being 9% for the 3-set group. , 16% for the 6 set and 18% for the 9 set, the increase in HDL cholesterol was 4% for the 3 set, 10% for the 6 set and 17% for the 9 set and the reduction in LDL cholesterol was 7% for the 3 set, 16% for the 6 set and 23% for the 9 set. The effect of diet on the above positive improvements in lipid profile was not statistically significant.

Conclusions: The application of 4 fast 3 or 6 or 9 rows eccentric half-squats, twice a week for 10 weeks results in significant improvements in the lipid profile of young women. However, there is a significant dose-dependent relationship between training volume and exercise-induced changes in lipid concentrations, with the greatest improvements appearing after increased training volume (9 series x 4 reps / TU). Dietary intake of macro- and micro-nutrients did not affect the effect of exercise on the lipid profile.

Keywords: Eccentric exercise, lipidemic profile, dietary habits

Θεωρητικό μέρος

1. Έκκεντρη άσκηση

1.1 Ορισμός

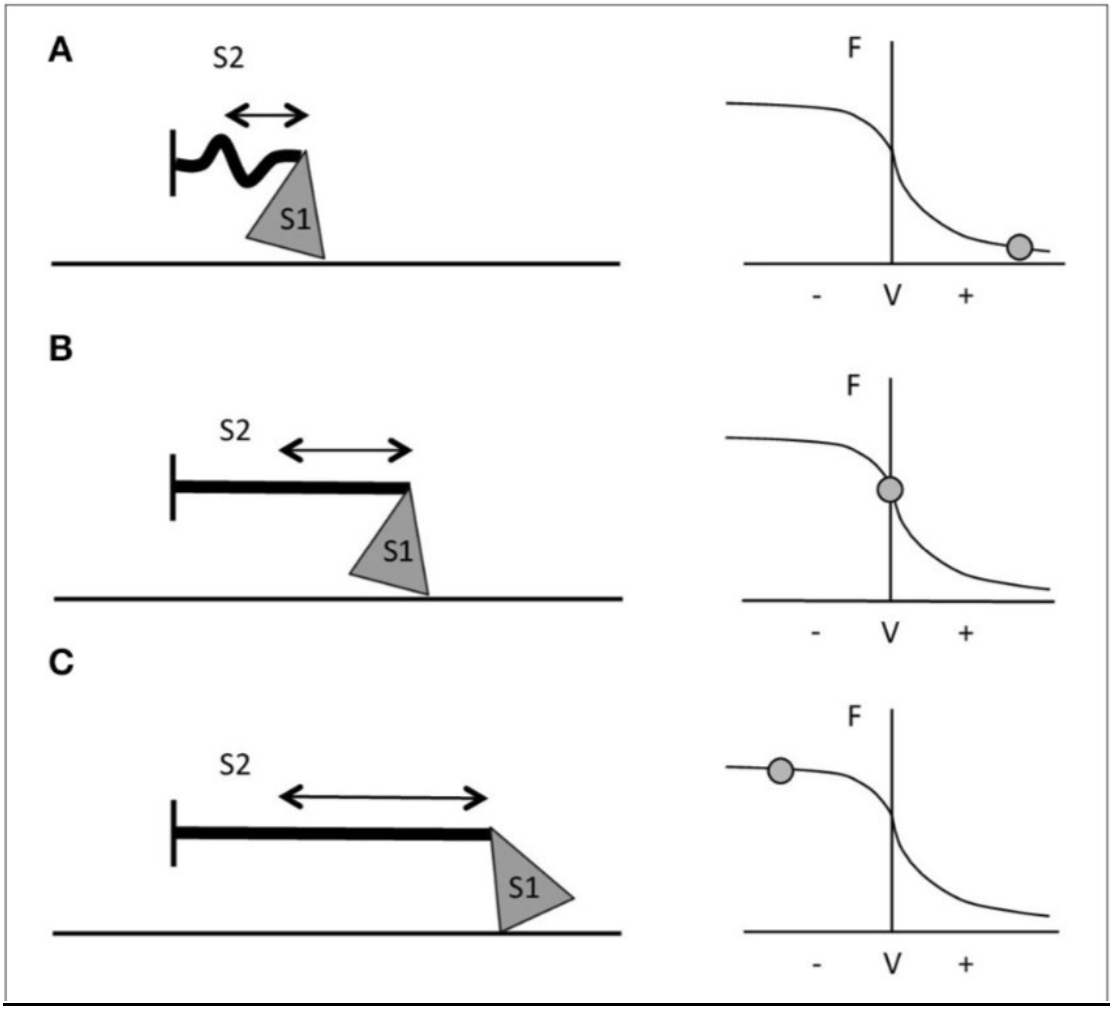
Ο σκελετικός μυς κινείται είτε με βράχυνση είτε με επιμήκυνση (ομόκεντρη ή έκκεντρη συστολή, αντίστοιχα). Ωστόσο, οι δύο συστολές διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ τους όσον αφορά τους μηχανισμούς παραγωγής δύναμης, της μέγιστης παραγωγής δύναμης και του ενεργειακού κόστους (Franchi et al. 2017). Η έκκεντρη άσκηση περιλαμβάνει την ενεργή επιμήκυνση των μυϊκών ινών, σε επίπεδο σαρκομερίου (Roig et al. 2008).

Οι έκκεντρες συστολές συμβαίνουν σε καθημερινές κινητικές δραστηριότητες και συνήθως ευθύνονται για δύο σημαντικά χαρακτηριστικά στη φυσική μετακίνηση. Αρχικά, επιτρέπουν τη διάχυση της μηχανικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της επιβράδυνσης του σώματος (Konow and Roberts, 2015), όπως για παράδειγμα κατεβαίνοντας τις σκάλες ή περπατώντας σε μια κατηφόρα, όπου οι τετρακέφαλοι και οι πελματιαίοι καμπτήρες μυς παράγουν δύναμη κατά την επιμήκυνση, ώστε να ασκήσουν μια αντίθετη δύναμη ενάντια στην καθοδική κίνηση αλλά και να διατηρήσουν την ισορροπία. Επιτρέπουν επίσης τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε ελαστική ενέργεια στους τένοντες (Hoppeler, 2014). Αυτή η ενέργεια επανέρχεται στη συνέχεια κατά τη διάρκεια της υποστήριξης των άκρων, με αποτέλεσμα λιγότερη μυϊκή εργασία και ενέργεια που απαιτείται στη μετακίνηση (Franchi et al. 2017).

Οι έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις διακρίνονται από διάφορες μοναδικές ιδιότητες. Το 1924, ο Fenn παρατήρησε ότι η παραγωγή δύναμης απαιτεί πολύ λιγότερη ενέργεια αν ένας μυς τεντωθεί, ενώ είναι ενεργός, και περισσότερη ενέργεια αν βραχυνθεί (φαινόμενο Fenn) (Nishikawa et al. 2018). Η διαφορά στην απαίτηση ενέργειας ανάμεσα στις έκκεντρες και στις ομόκεντρες συσπάσεις αποδείχθηκε από τον Abbott και τους συνεργάτες του χρησιμοποιώντας στατικά ποδήλατα. Έδειξαν ότι απαιτείται πολύ λιγότερη ενέργεια για την αντίσταση παρά για την προώθηση της κίνησης του πεντάλ. Επιπλέον, η μέγιστη δύναμη των μυών ήταν πολύ μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της έκκεντρης συστολής σε σχέση με τη διάρκεια της ομόκεντρης συστολής, γεγονός που συνδέεται με αυξημένη ενεργειακή απόδοση (Nishikawa et al. 2018).

Η μέγιστη δύναμη παράγεται όταν η επικάλυψη των ινιδίων μυοσίνης και ακτίνης επιτρέπει τον σχηματισμό του μέγιστου αριθμού εγκάρσιων γεφυρών, που συμβαίνει στο βέλτιστο μήκος του σαρκομερίου (Gordon et al., 1966, Huxley and Simmons, 1971). Η δύναμη που αναπτύσσεται από έναν μυ δεν εξαρτάται μόνο από το μήκος του σαρκομερούς και τον σχηματισμό των εγκάρσιων γεφυρών, αλλά και από την ταχύτητα της βράχυνσης ή της επιμήκυνσης (Franchi et al. 2017). Κατά την ομόκεντρη συστολή in vitro, η παραγόμενη δύναμη είναι πάντα χαμηλότερη από ότι

στις ισομετρικές συστολές (για το ίδιο επίπεδο ενεργοποίησης των μυών). Αυτό συμβαίνει διότι, όσο ταχύτερη είναι η κίνηση, τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των εγκάρσιων γεφυρών που σχηματίζονται (Huxley, 1957), ενώ ο βαθμός απόσπασης εγκάρσιων γεφυρών είναι υψηλότερος (Rome et al., 1999). Επιπλέον, κατά τη διάρκεια γρήγορων κινήσεων, δεν θα επεκταθεί πλήρως το σύμπλοκο S2 του μορίου της μυοσίνης, που είναι το εύκαμπτο τμήμα της ουράς της μυοσίνης, κοντά στην σφαιρική κεφαλή (Rayment et al., 1993, VanBuren et al., 1994). Έτσι, η συμπίεση του συμπλόκου S2 θα οδηγήσει σε μια χαμηλότερη δύναμη έλξης επί των ινιδίων της ακτίνης (**Σχήμα 1.1 Α**)



Σχήμα 1.1: *Αναπαράσταση της συμπεριφοράς της μυοσίνης S1 και S2 κατά τη διάρκεια διαφορετικών συστολών και σε διαφορετικά αντίστοιχα τμήματα της καμπύλης F-V (Δύναμη-Ταχύτητα). (Α) Κατά τη διάρκεια γρήγορων ομόκεντρων μυϊκών συστολών, το σύμπλεγμα S2 δεν θα τεντωθεί πλήρως, οπότε η μυοσίνη θα εφαρμόσει χαμηλότερη δύναμη έλξης πάνω στην ακτίνη (δηλ. τη λεπτότερη ευθεία γραμμή στο σχήμα). (Β) Κατά τη διάρκεια πιο αργών συστολών, μέχρις ότου η ταχύτητα βράχυνσης θα είναι ίση με 0 (δηλ. ισομετρικές συστολές), το τμήμα S2 θα είναι πλήρως τεντωμένο και συνεπώς η μυοσίνη θα είναι ικανή να εφαρμόζει μεγαλύτερη δύναμη έλξης επί της ακτίνης. (C) Κατά τη διάρκεια της έκκεντρης*

συστολής, το σύμπλεγμα μυοσίνης S2 θα είναι σε θέση να τεντώσει ακόμη περισσότερο (Jones et al., 2004).

Όταν η ταχύτητα κίνησης προσεγγίσει το 0, τότε όχι μόνο θα σχηματιστεί ένας μεγαλύτερος αριθμός σταυροειδών γεφυρών, αλλά και τα σύμπλοκα μυοσίνης S2 θα είναι πλήρως τεντωμένα και ικανά να τραβήξουν πάνω τους ινίδια ακτίνης για να παράγουν μεγαλύτερες τιμές δύναμης (**Σχήμα 1.1 Β**) (Huxley and Simmons, 1971, Jones et al., 2004). In vitro, με την αύξηση της ταχύτητας επιμήκυνσης, η αναπτυσσόμενη δύναμη αυξάνεται μέχρις ότου φτάσει σε ένα πλατό σε τιμή κοντά στις 1,8 φορές μεγαλύτερη της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (Katz, 1939, Lombardi και Piazzesi, 1990). In vivo, η έκκεντρη δύναμη του μυός είναι αυτήν που λαμβάνεται in vitro (περίπου 1,2 φορές μεγαλύτερη από τη μέγιστη ισομετρική δύναμη) και αυτό πιθανώς οφείλεται σε αναστολή από το νευρικό σύστημα (Amiridis et al., 1996, Babault et al., 2001, Beltman et al., 2004). Παρόλα αυτά, είναι ακόμη μεγαλύτερη από αυτή που δημιουργείται είτε από ισομετρικές είτε από ομόκεντρες συστολές (Westing et al., 1988, Aagaard et al., 2000).

Σύμφωνα με το μοντέλο του Huxley, η μεγαλύτερη δύναμη που παράγεται κατά τη διάρκεια της ενεργητικής επιμήκυνσης μπορεί να οφείλεται σε περαιτέρω 'τέντωμα' των τμημάτων S2 της μυοσίνης, που συμβαίνει πρώτα σε αργή ταχύτητα επιμήκυνσης (**Σχήμα 1.1 C**). Καθώς η επιμήκυνση γίνεται ταχύτερη, λιγότερες κεφαλές μυοσίνης θα είναι ικανές να δεσμεύσουν την ακτίνη, αλλά ένας σημαντικός αριθμός αυτών θα παραμείνει στην προσδεμένη θέση. Αν αυτές οι εγκάρσιες γέφυρες τεντώνονται ακόμη περισσότερο, αναπόφευκτα αναγκάζονται να αποσπαστούν. Ο προτεινόμενος μηχανισμός είναι ότι αυτές οι πυκνές κεφαλές μυοσίνης θα μπορούσαν να επανασυνδεθούν με την ακτίνη πολύ γρήγορα, πράγμα που ίσως εξηγεί το λόγο για τον οποίο οι μύες μπορούν να αναπτύξουν μεγάλες δυνάμεις κατά την έκκεντρη συστολή και με χαμηλότερο ενεργειακό κόστος (Lombardi and Piazzesi, 1990, Jones et. al., 2004).

Η έρευνα υποδηλώνει ότι οι δύο τύποι συσπάσεων παράγουν διακριτά νευρομυϊκά ερεθίσματα που οδηγούν σε διαφορετικές προσαρμοστικές αντιδράσεις μετά την άσκηση (Roig et al., 2008). Αυτό συμβαδίζει με την αρχή της εξειδίκευσης, η οποία υπαγορεύει ότι το σώμα προσαρμόζεται στις συγκεκριμένες απαιτήσεις που τίθενται σε αυτό (Schoenfeld et al. 2017). Όμως, υπάρχει συνεχής διαφωνία ως προς το αν υπάρχουν διαφορές στην μυϊκή υπερτροφία μεταξύ των ομόκεντρων και έκκεντρων συστολών. Υπάρχουν μερικές αποδείξεις ότι οι έκκεντρες συστολές προωθούν μεγαλύτερη αύξηση στη μυϊκή μάζα (Farthing et al., 2003, Friedmann et al. 2004, Higbie et al. 1996, Norrbrand et al., 2008), και μία μελέτη έδειξε ότι η μέγιστη υπερτροφία δεν επιτυγχάνεται χωρίς την ένταξη έκκεντρων συστολών (Hather et al., 1991). Αυτά τα ευρήματα είναι συνεπή με τις έρευνες που δείχνουν ότι οι έκκεντρες συστολές προάγουν ταχύτερη απόκριση στην πρωτεϊνοσύνθεση και μεγαλύτερες αυξήσεις στην αναβολική σηματοδότηση και την έκφραση γονιδίων σε σύγκριση με άλλους τύπους μυϊκών δράσεων (Schoenfeld et al. 2017). Παρόλα αυτά, η έκκεντρη δύναμη είναι περίπου 20-50% μεγαλύτερη από την ομόκεντρη δύναμη (Bamman et al., 2001), και οι μεγαλύτερες απόλυτες εντάσεις φορτίου που χρησιμοποιούνται συχνά κατά την έκκεντρη άσκηση μπορεί να αποτελούν ένα συγχυτικό παράγοντα κατά τη σύγκριση προσαρμογών που σχετίζονται με τις δύο ενέργειες (Schoenfeld et

al., 2017). Στο παραπάνω ζήτημα, πρόσφατη ανασκόπηση σημειώνει ότι, όταν το μέγιστο φορτίο εξισώνεται μεταξύ έκκεντρης και ομόκεντρης συστολής, υπάρχει παρόμοια αύξηση του μεγέθους των μυών. Ωστόσο, αυτές οι υπερτροφικές αλλαγές φαίνεται να επιτυγχάνονται μέσω διακριτών δομικών προσαρμογών, οι οποίες μπορεί να ρυθμίζονται από διαφορετικές μυογενείς και μοριακές αποκρίσεις που παρατηρούνται μεταξύ των έκκεντρων και ομόκεντρων συστολών (Franchi et al. 2017).

1.2 Πρωτόκολλα Έκκεντρης Άσκησης

Ο ρόλος της έκκεντρης μυϊκής συστολής στις λειτουργικές, καθημερινές δραστηριότητες και στον αθλητισμό είναι εξίσου σημαντικός με την ομόκεντρη συστολή. Η εκτίμηση της έκκεντρης άσκησης είναι επομένως πολύ σημαντική. Η ανάπτυξη ισοκινητικών δυναμομέτρων επέτρεψε την εκτίμηση της μυϊκής ικανότητας να παράγει τάση υπό έκκεντρες συνθήκες (Kellis et al.,1995). Με αυτό τον τρόπο έχει αξιολογηθεί η έκκεντρη άσκηση σε πολλές κλινικές δοκιμές, με τις διάφορες λειτουργίες του ισοκινητικού δυναμομέτρου να προσαρμόζονται, αναλόγως με το ποιο μέρος του μυϊκού συστήματος θέλουν να εκτιμήσουν οι ερευνητές (Schoenfeld et al. 2017).

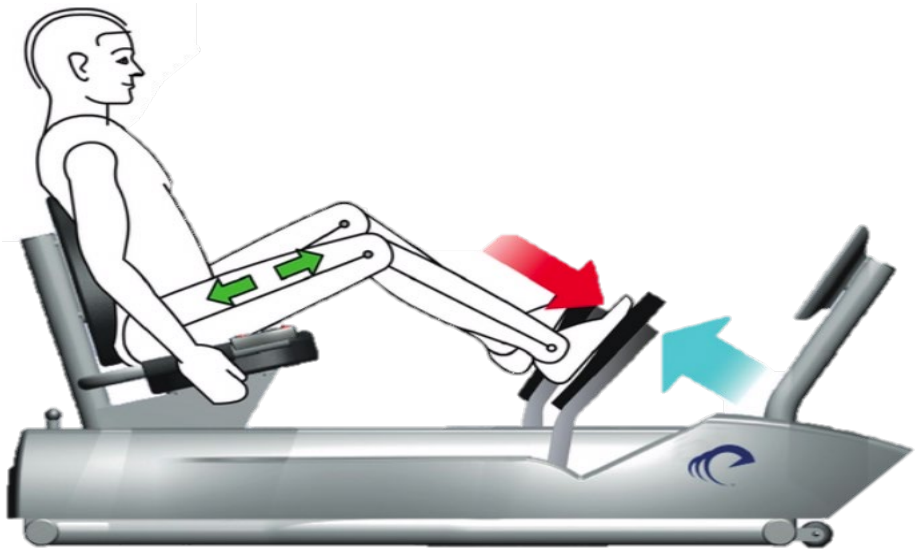
Για την αξιολόγηση της δύναμης του ώμου, για παράδειγμα, έχει αναπτυχθεί ισοκινητικό δυναμόμετρο χειρός, το οποίο μπορεί να μετρήσει με αξιοπιστία και ακρίβεια την έκκεντρη δύναμη περιστροφής του ώμου. (Johansson et al., 2015) **(Εικόνα 1.1)**



Εικόνα 1.1: *Ισοκινητική δοκιμή στο δυναμόμετρο (Biodex Medical Systems Inc, Shirley, NY). Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν 3 μέγιστες έκκεντρες συσπάσεις για την εξωτερική περιστροφή σε επίπεδο ώμων (Johansson et al., 2015).*

Ένα διαφορετικό πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης που είχε ως δείγμα ηλικιωμένους αναπτύχθηκε από τον Chen και τους συνεργάτες του. Σε αυτή την κλινική δοκιμή, 30 ηλικιωμένες (60-82 ετών) παχύσαρκες γυναίκες, που έκαναν καθιστική ζωή, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Στην 1η ομάδα πραγματοποιούσαν έκκεντρη άσκηση μέσω κατεβάσματος σκαλοπατιών, ενώ στην 2η ομάδα πραγματοποιούσαν ομόκεντρη άσκηση μέσω ανεβάσματος σκαλοπατιών. Αυτό το πρωτόκολλο παρουσιάζει μια εύκολη εφαρμογή της έκκεντρης άσκησης στον γενικό πληθυσμό (Chen et al., 2017).

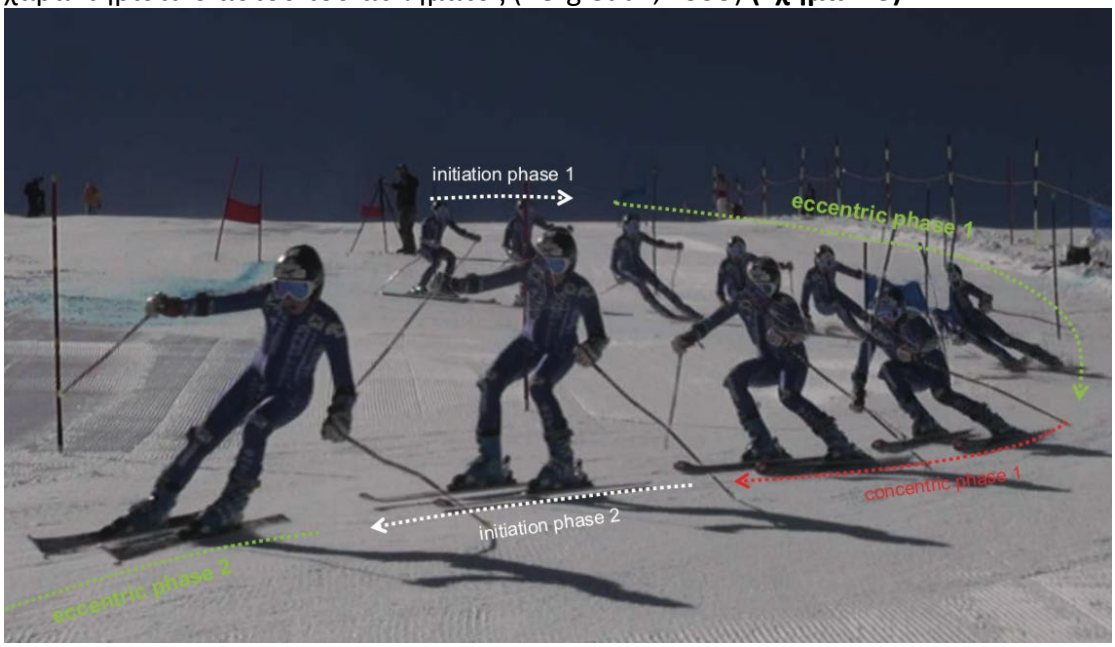
Μια άλλη κλινική δοκιμή από τον Flann και τους συνεργάτες του, μελέτησε τις αλλαγές στις μυϊκές προσαρμογές μεταξύ προπονημένων & απροπόνητων ατόμων, με το εξής πρωτόκολλο. Τα υποκείμενα χωρίστηκαν σε δύο ομάδες (n=14). Στην 1η ομάδα είχε προηγηθεί σταδιακή προσαρμογή (διάρκειας τριών εβδομάδων) στο πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης που θα ακολουθούσε, ενώ στην 2η ομάδα δεν είχε προηγηθεί άσκηση. Έπειτα, και οι δύο ομάδες υποβλήθηκαν σε πρωτόκολλο υψηλής έκκεντρης δύναμης **(Σχήμα 1.2)** διάρκειας 20 λεπτών, 3 φορές την εβδομάδα. Η συνολική δύναμη ήταν ίδια και για τις δύο ομάδες και η διάρκειας της μελέτης ήταν 8 εβδομάδες (Flann et al., 2011).



Σχήμα 1.2: *Eccentric motor stepper (Eccentron; BTE Technologies, Inc., Hanover, MD, USA). Ενώ τα πεντάλ κινούνται προς τον συμμετέχοντα (μπλε βέλος), αυτός προσπαθεί να αντισταθεί σε αυτή την κίνηση εφαρμόζοντας δύναμη στα πεντάλ (κόκκινο βέλος). Με αυτό τον τρόπο, εκτελεί έκκεντρη συστολή (Flann et al., 2011).*

1.3 Εφαρμογές της Έκκεντρης Άσκησης στην Προπόνηση

Η έκκεντρη συστολή των μυών είναι σημαντική στα περισσότερα αθλήματα, καθώς χρησιμοποιείται γενικά για επιβράδυνση ή απορρόφηση ενέργειας. Αυτό φαίνεται στο περπάτημα ή τρέξιμο κατάβασης, κατά το οποίο οι έκκεντρες συστολές διαχέουν την ενέργεια που αποκτάται από το περπάτημα ή τρέξιμο σε ανηφόρα ή με γρήγορες κινήσεις όπως σπριντ, τρέξιμο, άλμα ή ρίψη, όπου η απορροφούμενη ενέργεια ανακτάται για την ενίσχυση της δύναμης (Jindrich et al.,2006). Ένα άλλο παράδειγμα αθλήματος είναι το αλπικό σκι, όπου η έκκεντρη δραστηριότητα του τετρακέφαλου μυ είναι κυρίαρχη στην στροφή, η οποία θεωρείται μοναδικό χαρακτηριστικό αυτού του αθλήματος (Berg et al., 1995) **(Σχήμα 1.3)**.



Σχήμα 1.3: *Σλάλομ που παρουσιάζονται οι φάσεις της εκκίνησης, της έκκεντρης & ομόκεντρης δραστηριότητας (Vogt & Hoppeler, 2014).*

Σήμερα, για τους υψηλά προπονημένους αθλητές των περισσότερων αθλημάτων, η ενσωμάτωση της άσκησης αντιστάσεων έχει καταστεί απαραίτητη για την επίτευξη της μέγιστης απόδοσης. Για να μεγιστοποιηθούν τα ερεθίσματα της άσκησης αντιστάσεων, συνιστάται στα προπονημένα άτομα να συμπεριλαμβάνουν ομόκεντρες, ισομετρικές και έκκεντρες μυϊκές δράσεις κατά τη διάρκεια των ειδικών ασκήσεων βάρους (Kraemer et al., 2002). Λόγω των ξεχωριστών χαρακτηριστικών των έκκεντρων μυϊκών δράσεων θεωρείται ότι η ενσωμάτωση αυτής της προπονητικής μεθόδου μπορεί να οδηγήσει σε πρόσθετες βελτιώσεις της δύναμης και της απόδοσης στους αθλητές. Επίσης, σε σύγκριση με την ομόκεντρη άσκηση, η έκκεντρη έχει τη δυνατότητα να επιβαρύνει σε μεγαλύτερο βαθμό το μυϊκό σύστημα σε πολύ χαμηλότερο ενεργειακό κόστος. Αυτό καθιστά την έκκεντρη προπόνηση μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική σε προγράμματα δύναμης και στην πρόληψη τραυματισμών στους ελίτ αθλητές (Vogt & Hoppeler, 2014).

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές προπονητικές προσεγγίσεις της έκκεντρης άσκησης. Οι πιο σημαντικές από αυτές θα παρουσιαστούν παρακάτω:

Υψηλή ένταση-Χαμηλός όγκος

Αυτή η προπονητική προσέγγιση χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλό φορτίο, το οποίο μπορεί να υπερβαίνει μια μέγιστη επανάληψη. Ο αριθμός των επαναλήψεων σε μια συνεδρία ή σε μια προπόνηση είναι γενικά χαμηλός και πραγματοποιείται με έναν καθαρά έκκεντρο ή μεικτό έκκεντρο-ομόκεντρο τρόπο (Guilhem et al., 2010). Οι ασκήσεις αυτές γενικά εκτελούνται με μηχανές βάρους, μπάρες, δυναμόμετρα ή με το ίδιο το σωματικό βάρος του αθλητή (Cowell et al., 2012, Isner-Horobeti et al., 2013).

Χαμηλή ένταση-Υψηλός όγκος

Η προσέγγιση "χαμηλής έντασης-υψηλού όγκου" χαρακτηρίζεται από υψηλή διάρκεια αλλά υπομέγιστη ένταση έκκεντρης άσκησης. Τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί νέες συσκευές και τεχνολογίες όπως οι έκκεντροι βραχίονες χεριού και ποδιού, έκκεντρα ποδήλατα και έκκεντρα stepper (Elmer et al., 2013, Isner-Horobeti et al., 2013, Vogt et al., 2009). Η έκκεντρη ποδηλασία συχνά αναφέρεται ως "ήπια" ή "χρόνια" εκκεντρική προπόνηση **(Εικόνα 1.2)**.



Εικόνα 1.2: *Το έκκεντρο ποδήλατο για προπόνηση σε καθιστή και όρθια στάση (Vogt & Hoppeler, 2014).*

Μέτριο φορτίο έκκεντρης άσκησης (RENEW)

Ένα διακριτό προπονητικό σχήμα αποτελεί το μέτριο φορτίο έκκεντρης άσκησης, το οποίο χρησιμοποιείται και ως ερευνητικό πρωτόκολλο τα τελευταία 20 χρόνια. Οι αρχικές διερευνητικές μελέτες έγιναν για την προοπτική χρήσης αυτής της μεθόδου με χαμηλή καρδιαγγειακή προσπάθεια αλλά και να συνδυάζει υψηλά μηχανικά φορτία στον μυϊκό ιστό. Η διαφορά αυτού του προπονητικού σχήματος είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο σε καταστάσεις αποκατάστασης από

τραυματισμό στους αθλητές αλλά και σε κλινικό πληθυσμό, δηλαδή σε συνθήκες που υπάρχει περιορισμός στην παροχή ενέργειας του μυός. Η προπόνηση μέτριου φορτίου έκκεντρης άσκησης χαρακτηρίζεται από τελικά φορτία 400-500 W σε συνθήκες αποκατάστασης και πάνω από 1.200 W στους ελίτ αθλητές. Η προπόνηση λαμβάνει χώρα 3 φορές ανά εβδομάδα με διάρκεια 20-30 λεπτά και γίνεται με μηχανήματα που επιτρέπουν την εφαρμογή καθορισμένου φορτίου έκκεντρης άσκησης. Τέλος, η προπόνηση μέτριου φορτίου έκκεντρης άσκησης έχει φανεί ότι είναι εξίσου αποτελεσματική σε σχέση με την συμβατική προπόνηση δύναμης, όσον αφορά την αύξηση της δύναμης και του όγκου των μυών. Το προτέρημα της είναι ότι επιβαρύνει σε μικρότερο βαθμό τις αρθρώσεις (Hoppeler H., 2016).

Έμφαση στην Έκκεντρη Φόρτιση (AEL)

Το συγκεκριμένο προπονητικό σχήμα προδιαγράφει μεγαλύτερο έκκεντρο μέγεθος φορτίου σε σχέση με το ομόκεντρο φορτίο, χρησιμοποιώντας κινήσεις που συνδυάζουν έκκεντρες και ομόκεντρες δράσεις, με ελάχιστη διακοπή στη φυσική μηχανική. Για την εφαρμογή της AEL χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία που συμπεριλαμβάνουν ελαστικές ζώνες, αντισταθμιστικά συστήματα βάρους, συσκευές απελευθέρωσης βάρους, συγκεκριμένες ρυθμίσεις μηχανημάτων από υπολογιστή ή από τον αθλητή ή προπονητή. Η τρέχουσα έρευνα που αφορά τόσο τις οξείες επιδράσεις όσο και τις χρόνιες προσαρμογές στην AEL είναι ακόμα ασαφής, αλλά υποδηλώνει ότι μπορεί να είναι μια ανώτερη μέθοδος με την οποία θα ενισχυθεί η δύναμη και η αθλητική απόδοση (Wagle et al., 2017).

Πρακτική Εφαρμογή της Έκκεντρης Άσκησης

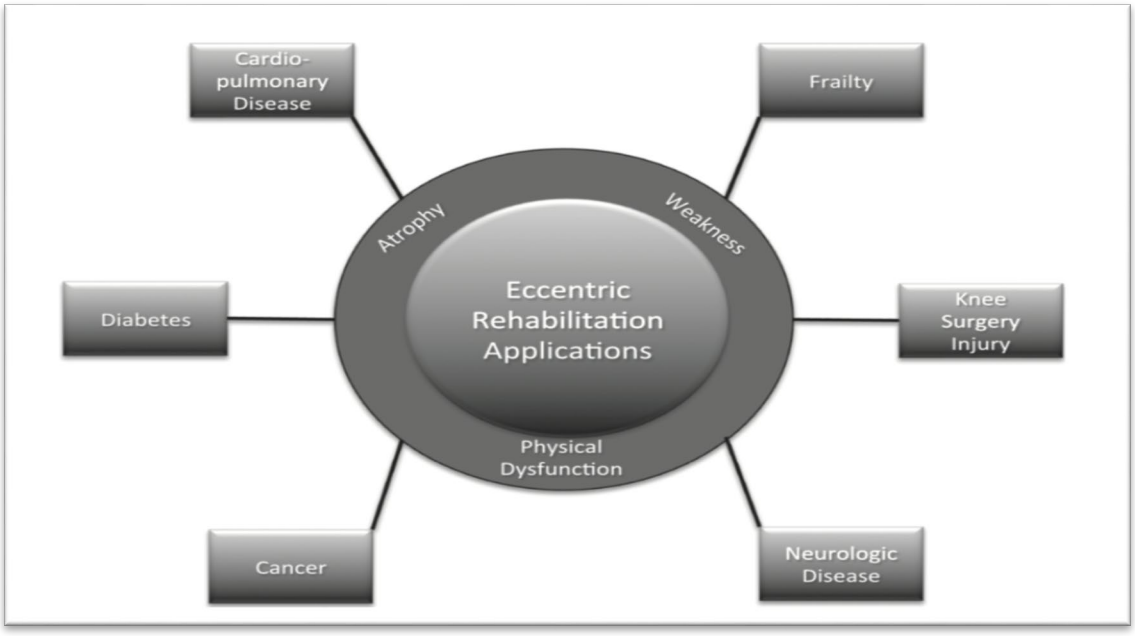
Από πρακτική άποψη, τα έκκεντρα προγράμματα προπόνησης θα πρέπει να είναι ειδικά για τις απαιτήσεις του εκάστοτε αθλήματος. Ιδανικά, οι έκκεντρες ασκήσεις θα πρέπει να περιλαμβάνουν πολλαπλές ομάδες μυών. Οι ασκήσεις ανύψωσης βάρους ή άλματος κατά τη διάρκεια των οποίων η έκκεντρη φάση υπερφορτώνεται μπορεί να ικανοποιήσει αυτά τα κριτήρια (Cowell et al., 2012, Sheppard et al. 2008, Sheppard et al., 2010). Από την άλλη πλευρά, θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα διάφορα μηχανήματα όπως τα έκκεντρα κυκλοεργόμετρα ή τα leg press machines, που έχουν κατασκευαστεί για ερευνητικούς ή προπονητικούς σκοπούς. Με αυτά τα μέσα, μπορεί να επιτευχθεί μια τεράστια αύξηση του συνολικού φορτίου προπόνησης ανά συνεδρία. Αυτό αποδεικνύεται στους αλπικούς σκιέρ παγκόσμιας κλάσης, που εκπαιδεύονται σε έκκεντρο κυκλοεργόμετρο με ένταση 1.000 - 1.200 W για 20 λεπτά ανά συνεδρία. Μέσω της μέτρησης της δύναμης αντίδρασης του πεντάλ, μπορεί να υπολογιστεί ότι οι αθλητές αντιστάθηκαν σε ένα συνολικό φορτίο περίπου 240 τόνων κατά τη διάρκεια μίας μόνο προπόνησης. Αυτό είναι μια τάξη μεγέθους μεγαλύτερη από το συνολικό φορτίο που μπορεί να εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια μιας κλασσικής συνεδρίας ανύψωσης βάρους (Vogt & Hoppeler, 2014).

Εν τέλει, λόγω των ειδικών χαρακτηριστικών και των πολλά υποσχόμενων αποτελεσμάτων της, η συμπερίληψη συγκεκριμένης έκκεντρης μυϊκής άσκησης στα προπονητικά προγράμματα συνιστάται για τα περισσότερα αγωνιστικά αθλήματα για βελτίωση της απόδοσης ή της πρόληψης τραυματισμών. Σύμφωνα με την αρχή της εξειδίκευσης της προπόνησης, η τακτική εφαρμογή της έκκεντρης άσκησης είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για αθλήματα στα οποία είναι σημαντικά τα υψηλά φορτία ή / και ο συντονισμός κατά τις έκκεντρες κινήσεις. Παρόλα αυτά, απαιτούνται επιπλέον καλά ελεγχόμενες μελέτες έκκεντρης προπόνησης σε εκπαιδευμένους πληθυσμούς προκειμένου να διευρυνθεί η κατανόηση των μηχανισμών και να υποστηριχθούν με περαιτέρω γνώσεις οι αθλητές, οι προπονητές και οι φυσιοθεραπευτές (LaStayo et al., 2003, Vogt & Hoppeler, 2014).

1.4 Εφαρμογές της Έκκεντρης Άσκησης στην Υγεία

Πολλοί ασθενείς με περιορισμένη σωματική άσκηση (π.χ. άτομα που πάσχουν από χρόνιες καρδιακές ή πνευμονικές αποφρακτικές παθήσεις, καρκίνο ή μεταβολικές, νευρολογικές ή μετεγχειρητικές καταστάσεις) επηρεάζονται από τις ικανότητές τους να παράγουν επαρκή μυϊκή δύναμη για να διατηρήσουν τη μυϊκή τους μάζα ή / και δεν διαθέτουν την ενεργειακή ικανότητα για να το πράξουν. Σε αυτά τα άτομα, ακόμα και οι μέτριες παρεμβάσεις άσκησης μπορεί να είναι πέρα από τις δυνατότητές τους (LaStayo et al., 2014).

Η παραγωγή υψηλής δύναμης σε συνδυασμό με το χαμηλό μεταβολικό κόστος αποτελούν ιδανικά χαρακτηριστικά της έκκεντρης άσκησης, για παρεμβάσεις άσκησης που έχουν σχεδιαστεί για αυτούς τους πληθυσμούς αποκατάστασης. Η εστίαση της έκκεντρης άσκησης στην αποκατάσταση απευθύνεται σε ενήλικες ή ηλικιωμένους με συνυπάρχουσες παθήσεις ή / και σε ενήλικες ή ηλικιωμένους που αναρρώνουν από χειρουργική επέμβαση ή τραυματισμό και έχουν από κοινού μυϊκή ατροφία, αδυναμία και σωματική δυσλειτουργία (LaStayo et al., 2014) **(Σχήμα 1.4).**

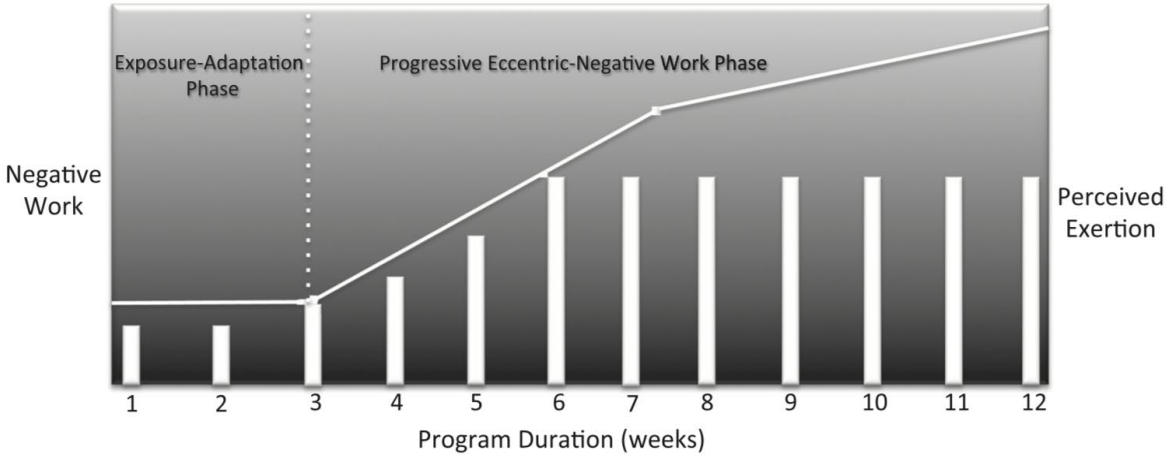


Σχήμα 1.4: *Εφαρμογή της έκκεντρης άσκησης σε άτομα διάφορων ηλικιών ή/και ασθενειών, στα οποία συνυπάρχει μυϊκή ατροφία, αδυναμία και σωματική δυσλειτουργία, για λόγους αποκατάστασης (LaStayo et al., 2014).*

Ωστόσο, η έκκεντρη άσκηση έχει ενοχοποιηθεί ότι μπορεί να προκαλέσει αυξημένη μυϊκή φθορά, γεγονός που μπορεί να αμφισβητήσει την ασφάλεια εφαρμογής της σε αυτούς τους πληθυσμούς. Τα αποδεικτικά στοιχεία δείχνουν ότι η μυϊκή βλάβη δεν είναι ούτε αναπόφευκτη ούτε απαραίτητη για την αποκατάσταση των μυών. Πρώτον, υπάρχουν ενδείξεις ότι η έκκεντρη άσκηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα στην αποκατάσταση (Dibble et al., 2006, Gerber et al., 2007, LaStayo et al., 2010). Το κλειδί για την αποφυγή οποιωνδήποτε δυσμενών μυϊκών αποκρίσεων βλάβης ή τραυματισμού του μυός είναι η δοσολογία. Όταν δημιουργούνται υψηλές έκκεντρες δυνάμεις σε μυς που δεν έχουν εκτεθεί σε έκκεντρες συστολές, η βλάβη είναι σχεδόν αναπόφευκτη. Ωστόσο, εάν το μέγεθος και η διάρκεια της παραγωγής δύναμης αυξηθούν σταδιακά με την πάροδο του χρόνου, δεν υπάρχουν συμπτώματα βλάβης, φλεγμονής ή ακόμα και μυϊκού πόνου (LaStayo et al., 1999, LaStayo et al., 2003). Δεύτερον, η ωφέλιμη μυϊκή δομή και οι λειτουργικές αντιδράσεις του μυός μπορούν να εμφανιστούν ανεξάρτητα από τυχόν συμπτώματα μυϊκής φλεγμονής ή τραυματισμού (Flann et al., 2008).

Με ποιον τρόπο γίνεται η εφαρμογή της έκκεντρης άσκησης στους πληθυσμούς αποκατάστασης

Αρχικά, μια φάση έκκεντρης έκθεσης-προσαρμογής πρέπει να εφαρμοστεί για να αποφευχθεί η ανεπιθύμητη βλάβη των μυών. Εάν οι κινητικοί μύες του ασθενούς δεν παρουσιάσουν αρχικά χαμηλότερες έκκεντρες δυνάμεις και χαμηλό όγκο αρνητικής εργασίας κατά τη φάση έκκεντρης έκθεσης-προσαρμογής, ο ασθενής τυπικά μπορεί να παρουσιάσει υψηλά επίπεδα μυϊκής βλάβης και συνεπώς δεν θα τηρήσει το πρόγραμμα άσκησης, οπότε δεν θα είναι σε θέση να βιώσει τις τελικές θετικές επιδράσεις των υψηλότερων έκκεντρων μυϊκών δυνάμεων. Όταν εκτίθενται οι πληθυσμοί αποκατάστασης σε χαμηλότερες δόσεις αρνητικής εργασίας κατά τη διάρκεια αυτής της μεταβατικής προσαρμογής, είναι αποδεκτά τα χαμηλά επίπεδα του συνδρόμου καθυστερημένης μυϊκής κόπωσης (LaStayo et al., 2014). Μετά την φάση έκκεντρης έκθεσης-προσαρμογής, ο μυς είναι καλύτερα προετοιμασμένος για να βιώσει τις υψηλότερες δυνάμεις που είναι χαρακτηριστικές της δεύτερης φάσης που αποκαλείται προοδευτική έκκεντρη-αρνητική φάση εργασίας. **(Σχήμα 1.5)**



Σχήμα 1.5: *Η εξέλιξη του έκκεντρου φορτίου σε διάστημα 12 εβδομάδων. Αριστερός κάθετος άξονας και λευκή γραμμή: αρνητικό έργο. Δεξιός κάθετος άξονας και ράβδοι: κλίμακα υποκειμενικής κόπωσης. Σημειώνεται η διάκριση (κάθετη διαγράμμιση) μεταξύ της αρχικής φάσης προσαρμογής της έκκεντρης έκθεσης, όπου το αρνητικό έργο και η κλίμακα υποκειμενικής κόπωσης παραμένουν σχετικά σταθερές και η προοδευτική έκκεντρη-αρνητική φάση εργασίας, όπου το αρνητικό έργο και η κλίμακα υποκειμενικής κόπωσης αυξάνονται παράλληλα μέχρις ενός σημείου όπου η κλίμακα παραμένει σταθερή ενώ το αρνητικό έργο συνεχίζει να αυξάνεται (LaStayo et al., 2014).*

Σε αυτή τη φάση, ο στόχος για τον συμμετέχοντα είναι να αντισταθεί προοδευτικά σε υψηλότερο φορτίο για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Τελικά, το φορτίο άσκησης στο οποίο αντιστέκεται θα πρέπει να υπερβαίνει το ισομετρικό μέγιστο φορτίο του συμμετέχοντα, δηλαδή το φορτίο θα πρέπει να υπερβαίνει αυτό που μπορεί να μετακινηθεί με ομόκεντρη συστολή. Η διάρκεια της έκκεντρης άσκησης θα πρέπει να γίνεται 20-30 λεπτά ανά συνεδρία, 2 με 3 φορές ανά εβδομάδα για 6 με 12 εβδομάδες. Επίσης, υπολογίζεται ότι το εφικτό συνολικό αρνητικό έργο ανά εβδομάδα μπορεί να είναι 20-40% μεγαλύτερο από την κλασική άσκηση αντιστάσεων. Αυτό το φορτίο και ο τελικός όγκος αρνητικής εργασίας μπορούν να επιτευχθούν καλύτερα με τη χρήση ενός έκκεντρου εργόμετρου όπου θα αυξάνεται η ένταση χρησιμοποιώντας μια κλίμακα υποκειμενικής κόπωσης (Laroche et al., 2012).

Εν τέλει, η ασφάλεια και τα πιθανά κλινικά οφέλη από τα προγράμματα έκκεντρης αντίστασης για τους πληθυσμούς αποκατάστασης γίνονται όλο και πιο εμφανή. Από αυτή την άποψη, η περαιτέρω ανάπτυξη παραμέτρων για τη βελτιστοποίηση της έντασης, της διάρκειας και των τρόπων εκκεντρικής προπόνησης μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις στο μέγεθος και τη δύναμη των μυών, τη σωματική λειτουργία και την ποιότητα ζωής των ηλικιωμένων, των ασθενών και τραυματισμένων ατόμων (LaStayo et al., 2014).

2. Έκκεντρη Άσκηση και Λιπιδαιμικό Προφίλ

2.1 Επίδραση της μακροχρόνιας έκκεντρης άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ αθλητών και αθλουμένων

Η επίδραση της χρόνιας έκκεντρης άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ μελετήθηκε για πρώτη φορά από τον Drexel και τους συνεργάτες του το 2008, οι οποίοι χρησιμοποίησαν το κατηφορικό περπάτημα σε σχέση με την άλλη ομάδα η οποία εκτέλεσε ανηφορικό περπάτημα (ομόκεντρη άσκηση). Οι συμμετέχοντες ήταν 45, υγιείς, έκαναν καθιστική ζωή και είχαν μέσο όρο ηλικίας τα 48 έτη και εκτέλεσαν το προπονητικό πρωτόκολλο για 2 μήνες με συχνότητα 3-5 φορές ανά εβδομάδα. Στο τέλος των 2 μηνών μετρήθηκαν οι δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ και συγκρίθηκαν με αυτούς πριν την εφαρμογή του πρωτόκολλου. Τα αποτελέσματα έδειξαν θετικές και στατιστικά σημαντικές αλλαγές και στις δύο ομάδες, όσο αφορά το λιπιδαιμικό προφίλ. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση της LDL χοληστερόλης μετά από δύο μήνες έκκεντρης άσκησης ήταν 8,4%, η μείωση της ολικής χοληστερόλης ήταν 4,1%, η μείωση της απολιποπρωτεΐνης Β ήταν 8,2% και ο λόγος Apo B προς Apo A1 μειώθηκε κατά 10,9% (Drexel et al., 2008). Είναι σημαντικό να σημειώσουμε, ωστόσο, ότι στο κατηφορικό περπάτημα εμπλέκεται σημαντικά και ο αερόβιος μεταβολισμός παραγωγής ενέργειας (χαμηλή ένταση και μεγάλη διάρκεια), οπότε δεν μπορούμε να αποδώσουμε τις θετικές αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ αποκλειστικά στην έκκεντρη μυϊκή άσκηση.

Η έρευνα που μελέτησε αποκλειστικά την επίδραση της έκκεντρης άσκησης σε μακροχρόνιο επίπεδο έγινε το 2011 από τον Πασχάλη και τους συνεργάτες του. Στην συγκεκριμένη μελέτη συμμετείχαν 20 νέες υγιείς γυναίκες οι οποίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, οι μισές εκτέλεσαν έκκεντρη προπόνηση ενώ οι υπόλοιπες ομόκεντρη προπόνηση σε ισοκινητικό δυναμόμετρο με συχνότητα μια φορά ανά εβδομάδα για διάστημα οχτώ συνεχόμενων εβδομάδων. Με την χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου εξασφαλίστηκε η απομόνωση συγκεκριμένης μυϊκής ομάδας καθώς και η εκτέλεση αποκλειστικά έκκεντρης ή ομόκεντρης άσκησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η οξεία και η χρόνια (μετά από 8 εβδομάδες) έκκεντρη άσκηση, αλλά όχι η ομόκεντρη άσκηση, τροποποίησαν θετικά τα επίπεδα των λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών. Οι αλλαγές που παρατηρήθηκαν ήταν μεγαλύτερες στην 1^{η} προπόνηση έκκεντρης άσκησης σε σχέση με αυτές της τελευταίας προπόνησης, γεγονός που μπορεί να σχετίζεται με την μειωμένη μυϊκή βλάβη που σημειώθηκε τότε (Paschalis et al., 2011).

Τέλος, μια μελέτη σε διαφορετικό πληθυσμό ηλικιωμένων ατόμων προσπάθησε να αξιολογήσει την επίδραση της έκκεντρης άσκησης σε σχέση με την ομόκεντρη σε δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ και πραγματοποιήθηκε από τον Chen και τους συνεργάτες του το 2017. Σε αυτή την έρευνα συμμετείχαν 26 υγιείς ηλικιωμένοι άντρες (60-76 ετών) οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και εκτέλεσαν 30-60 έκκεντρες ή ομόκεντρες συσπάσεις σε μηχάνημα έκτασης ποδιού με συχνότητα μια φορά ανά εβδομάδα. Η ένταση της άσκησης αυξανόταν προοδευτικά για διάστημα 12 εβδομάδων και οι δείκτες συλλέχθηκαν πριν και τέσσερις μέρες μετά την προπονητική περίοδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερες (και στατιστικά σημαντικές) διαφορές στις τριακυλογλυκερόλες, στην ολική και LDL χοληστερόλη και

μεγαλύτερη αύξηση στην HDL χοληστερόλη μετά το χρονικό διάστημα έκκεντρης προπόνησης σε σχέση με την ομόκεντρη προπόνηση. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση των TAG ήταν 16%, της ολικής χοληστερόλης 8%, της LDL χοληστερόλης 7% και η αύξηση της HDL χοληστερόλης ήταν 12% μετά από 12 εβδομάδες έκκεντρης προπόνησης σε υγιείς ηλικιωμένους άντρες (Chen et al., 2017).

2.2 Οξεία επίδραση της συνεδρίας έκκεντρης άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ

Η πρώτη μελέτη που κατάφερε να αποδείξει επίδραση της έκκεντρης άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ, και συγκεκριμένα στην ολική χοληστερόλη, έγινε το 1994 από την Smith και τους συνεργάτες της. Η συγκεκριμένη έρευνα αποτελούνταν από 26 άντρες που χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες και πραγματοποίησαν 3 σετ (12 επαναλήψεων το καθένα) στο 80% της 1 μέγιστης επανάληψης, κατά τα οποία εκτέλεσαν μόνο την έκκεντρη φάση των πιέσεων πάγκου. Η διαφορά των δύο ομάδων είναι ότι η μία από αυτές επανέλαβε το ίδιο πρωτόκολλο δύο μέρες μετά. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν (για πρώτη φορά) ότι η έκκεντρη άσκηση μείωσε, στατιστικά σημαντικά, την ολική χοληστερόλη του πλάσματος στις 24, 48, 72 και 96 ώρες μετά την άσκηση και στις δύο ομάδες, γεγονός που αποδόθηκε από τους ερευνητές στην κυτταρική επιδιόρθωση λόγω της μυϊκής φθοράς που υπέστησαν και οι δύο ομάδες (Smith et al., 1994)

Η δεύτερη έρευνα που επιβεβαίωσε τα παραπάνω ευρήματα για την επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην συγκέντρωση της χοληστερόλης του πλάσματος έγινε το 2004 από τον Shahbazpour και τους συνεργάτες του. Στην συγκεκριμένη μελέτη έλαβαν μέρος 11 απροπόνητοι άνδρες φοιτητές, οι οποίοι εκτέλεσαν 50 έκκεντρες συσπάσεις σε 8 σετ, του τρικέφαλου βραχιόνιου μυός στο 85% της μέγιστης δύναμης τους. Τα αποτελέσματα και αυτής της έρευνας έδειξαν στατιστικά σημαντική μείωση της συγκέντρωσης της ολικής χοληστερόλης πλάσματος μέσα στις πρώτες 2 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση. Αυτή η μείωση παρέμεινε σημαντική μέχρι και τη $2^{η}$ μέρα όπου έγιναν οι τελευταίες μετρήσεις. (Shahbazpour et al., 2004)

Και στις δύο έρευνες η μείωση που επέφερε η έκκεντρη άσκηση στις τιμές της συγκέντρωσης της ολικής χοληστερόλης πλάσματος ήταν 10-15%. Όμως, το σημαντικότερο μειονέκτημα των δύο μελετών ήταν ότι αξιολογήθηκε μόνο η ολική χοληστερόλη και κανένας άλλος δείκτης του λιπιδαιμικού προφίλ των συμμετεχόντων (Smith et al., 1994, Shahbazpour et al., 2004).

Η έρευνα που εξέτασε μεγάλο αριθμό δεικτών του λιπιδαιμικού προφίλ ως αποτέλεσμα οξείας επίδρασης της έκκεντρης άσκησης δημοσιεύτηκε το 2010 από τον Πασχάλη και τους συνεργάτες του. Σε αυτή την μελέτη συμμετείχαν 22 υγιείς γυναίκες που χωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με τον Δείκτη Μάζα Σώματος τους, σε υπέρβαρες και νορμοβαρείς. Το προπονητικό πρωτόκολλο που ακολούθησαν και οι δύο ομάδες ήταν το ίδιο και συμπεριέλαβε 2 συνεδρίες 75 μέγιστων έκκεντρων συσπάσεων σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η έκκεντρη άσκηση επέφερε θετικές αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ όλων των γυναικών αλλά σε μεγαλύτερο βαθμό στις υπέρβαρες γυναίκες, γεγονός που εξηγείται εν μέρη από την μεγαλύτερη μυϊκή φθορά που υπέστη αυτή η ομάδα. Οι αλλαγές παρατηρήθηκαν μεταξύ της $1^{ης}$ και της $3^{ης}$ μέρας μετά το τέλος της άσκησης.

Πιο συγκεκριμένα, τα μεγέθη των αλλαγών στο λιπιδαιμικό προφίλ σε σχέση με την κατάσταση ηρεμίας πριν την άσκηση ήταν μείωση 11,4% και 7,3% στις τριακυλογλυκερόλες, 12,3% και 6,8% στην ολική χοληστερόλη, 23% και 16% για την LDL χοληστερόλη, 27% και 25% για τον λόγο ολικής προς HDL χοληστερόλη και αύξηση 11,7% και 7,4% για την HDL χοληστερόλη για τις ομάδες υπέρβαρων και νορμοβαρών γυναικών, αντίστοιχα.(Paschalis et al., 2010).

2.3 Μηχανισμοί που εξηγούν τις μεταβολές στο λιπιδαιμικό προφίλ στην έκκεντρη άσκηση

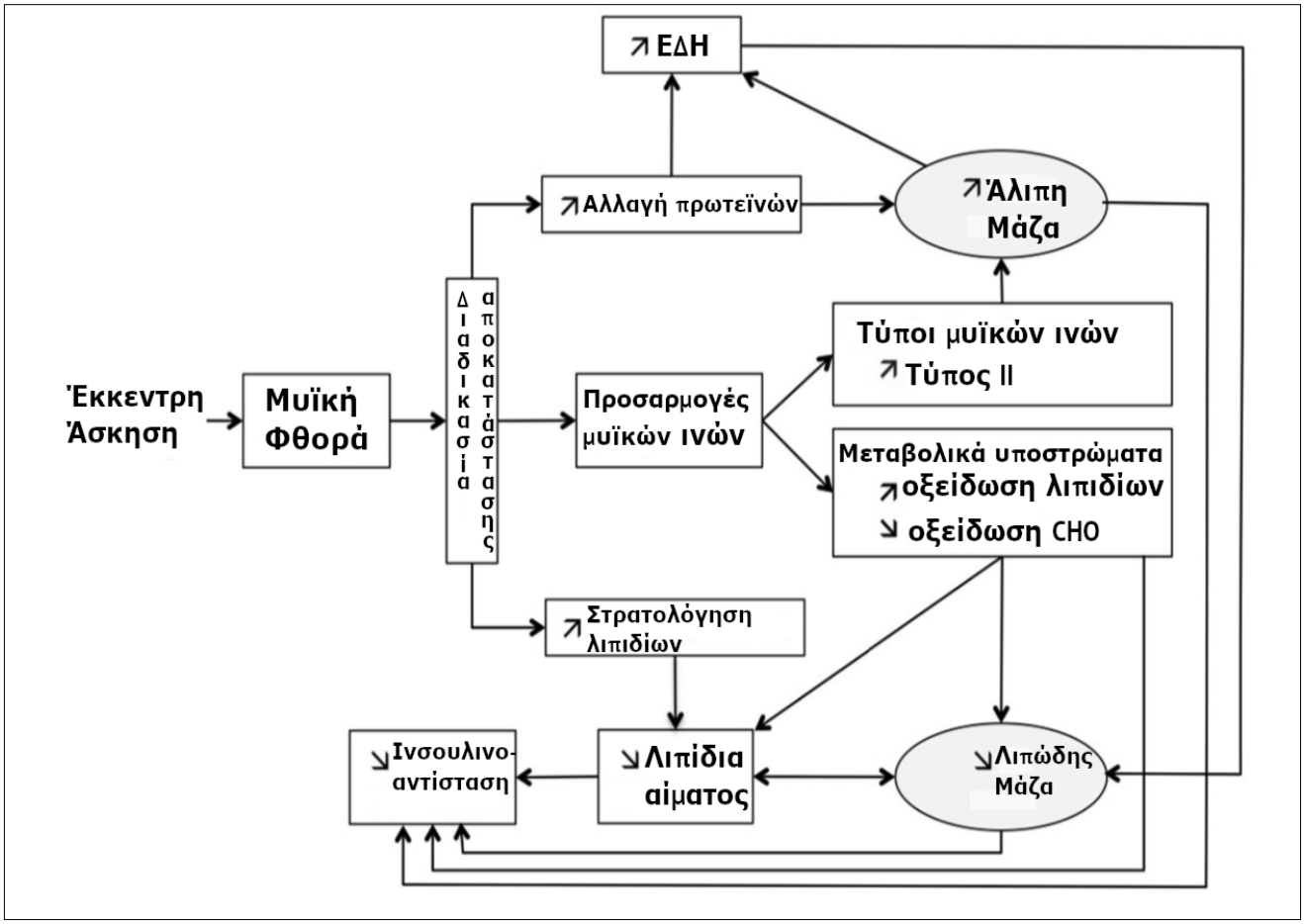
Οι πιθανοί μηχανισμοί μέσω των οποίων η έκκεντρη άσκηση επιφέρει θετικές και παρατεταμένες αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ, στον ανθρώπινο οργανισμό είναι δύσκολο να αποσαφηνιστούν με απόλυτη ασφάλεια και είναι πιθανό να σχετίζονται με πολλούς και διάφορους παράγοντες, κάποιοι από τους οποίους θα αναλυθούν στην συνέχεια.

Αρχικά, η οξεία επίδραση της έκκεντρης άσκησης σε μη εκπαιδευμένα άτομα μπορεί να τροποποιήσει σημαντικά τη χρήση του μεταβολικού υποστρώματος, αυξάνοντας την οξείδωση του λίπους μετά την άσκηση κατά 13% ενώ μειώνεται η οξείδωση της γλυκόζης, κάτι που δεν συμβαίνει μετά την ομόκεντρη άσκηση στην ίδια ισχύ (Paschalis et al., 2011). Αυτή η τροποποίηση των ποσοστών οξείδωσης υποστρωμάτων σε απάντηση στην έκκεντρη άσκηση μπορεί να οφείλεται σε συγκεκριμένη επίδραση της έκκεντρης άσκησης στο μεταβολισμό των μυών (Julian et. al., 2018). Λαμβάνοντας υπόψη την σύσταση των τύπων των μυϊκών ινών έχει σημειωθεί εκτενώς, μεγαλύτερη αύξηση του τύπου ΙΙ σε σύγκριση με τις μυϊκές ίνες τύπου Ι σε ανθρώπους μετά από έκκεντρη άσκηση (Hortobágyi and DeVita, 2000, Paddon-Jones et al., 2001; Friedmann-Bette et al., 2010; Douglas et al., 2017), με μετατόπιση των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ, από ΙΙx σε ΙΙa. Σύμφωνα με τον Hody και τους συνεργάτες του, η αναλογία ινών τύπου Ι και ΙΙa αυξάνεται σημαντικά σε σύγκριση με τις ίνες τύπου ΙΙx ή ΙΙb. Χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση πρωτεωμικής ανάλυσης, χωρίς οποιαδήποτε προκαθορισμένη υπόθεση, σε ανθρώπους που εκτέλεσαν πέντε συνεδρίες έκκεντρης άσκησης, παρατηρήθηκε μείωση σε αρκετά γλυκολυτικά ένζυμα σε συνδυασμό με χαμηλότερη έκφραση των ταχέων ισομορφών ορισμένων συσταλτικών και δομικών πρωτεϊνών, γεγονός που υποδηλώνει ότι η έκκεντρη προπόνηση μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερο οξειδωτικό μεταβολισμό (Hody et. al., 2011).

Η υπόθεση ενός υψηλότερου οξειδωτικού μυϊκού φαινοτύπου υποστηρίζεται και από τις αναλύσεις αίματος. Σε απροπόνητα άτομα, τόσο οι οξείες όσο και οι χρόνιες επιδράσεις της έκκεντρης άσκησης ευνοούν τη μείωση των επιπέδων των τριακυλογλυκερολών (TAG), της LDL χοληστερόλης και της ολικής χοληστερόλης, ενώ παρατηρούνται βελτιωμένα επίπεδα της HDL χοληστερόλης, τα οποία δεν τροποποιήθηκαν σημαντικά μετά από παρόμοιες ομόκεντρες ασκήσεις (Paschalis et. al., 2011). Αυτή η βελτίωση στο λιπιδαιμικό προφίλ μπορεί να σχετίζεται με την αυξημένη ζήτηση των μυϊκών κυττάρων για υποστρώματα λιπαρών οξέων (που προέρχονται από TAGs και LDL χοληστερόλη της κυκλοφορίας του αίματος) ως πηγή ενέργειας κατά την διάρκεια της άσκησης, αλλά και για την αναπλήρωση των μυϊκών φωσφολιπιδίων και των αποθεμάτων τριακυλογλυκερολών με λιπαρά οξέα για την

αναδόμηση των κατεστραμμένων μυϊκών κυττάρων μετά από την έκκεντρη άσκηση (Drexel et al., 2008). Επίσης, είναι πιθανό τα μειωμένα επίπεδα TAG που παρατηρούνται τις μέρες μετά την έκκεντρη άσκηση να οφείλονται και στη αυξημένη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας (Julian et al., 2018). Οι συγκεντρώσεις των τριακυλογλυκερολών στο πλάσμα μειώνονται επίσης από την αύξηση της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης, η οποία δρα στα σωματίδια λιποπρωτεϊνών που διέρχονται από τα τριχοειδή αγγεία και απελευθερώνει ελεύθερα λιπαρά οξέα. Αυτά μπορεί να ληφθούν από τους μύες και στη συνέχεια να εστεροποιηθούν σε φωσφολιπίδια και ενδομυϊκά TAGs, ή να οξειδωθούν στα μιτοχόνδρια (Nikolaidis et. al., 2008). Έτσι, η βελτίωση στα προφίλ των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών μπορεί να ενισχυθεί από την αύξηση της ταχύτητας οξείδωσης λιπιδίων που περιγράφηκε προηγουμένως μετά από οξεία και χρόνια έκκεντρη άσκηση (Paschalis et al., 2011).

Η αύξηση της HDL χοληστερόλης μετά από έκκεντρη άσκηση μπορεί να οφείλεται επίσης στην αυξημένη δραστικότητα της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης και της μείωσης των επιπέδων των τριακυλογλυκερολών που προκαλεί (Frayn, 2003).



Σχήμα 2.1: *Σχηματική αναπαράσταση των φυσιολογικών και μεταβολικών επιδράσεων της έκκεντρης άσκησης (Julian et al., 2018). *ΕΔΗ: Ενεργειακή Δαπάνη Ηρεμίας*

Τέλος, η μείωση της ολικής και LDL χοληστερόλης μπορεί να οφείλεται στην εκροή της χοληστερόλης από το πλάσμα στο μυ, παρέχοντας έτσι ένα υπόστρωμα για τη σύνθεση νέων κυτταρικών μεμβρανών μετά τον μυϊκό τραυματισμό που προήλθε

από την έκκεντρη άσκηση. Αυτό είναι πιο πιθανό αν λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι η χοληστερόλη αποτελεί το 13% των μυϊκών μεμβρανών (Gurr et al., 2002) και τα σημάδια αναδόμησης των μυϊκών κυττάρων αρχίζουν να εμφανίζονται τις πρώτες 36 ώρες μετά το τέλος της άσκησης (Friden, Sjostrom & Ekblom, 1983).

3. Σκοπός

Η άσκηση ισχύος προκαλεί σημαντική βελτίωση στη λειτουργική ικανότητα του μυοσκελετικού συστήματος σε σύντομο διάστημα και με σχετικά μικρό όγκο προπόνησης. Οι μεταβολικές της επιδράσεις είναι όμως εν πολλοίς άγνωστες ειδικότερα αυτές που σχετίζονται με το λιπιδαιμικό προφίλ. Επίσης, παραμένει άγνωστο αν οι επιδράσεις αυτές μπορούν να επηρεαστεί από τις διατροφικές συνήθειες των αθλουμένων. Σκοπός, λοιπόν, της συγκεκριμένης εργασίας είναι να μετρηθούν κλασσικοί και αναδυόμενοι δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ και να βρεθεί κατά πόσο υπάρχει επίδραση και δοσοεξαρτώμενη σχέση του όγκου προπόνησης με τις μεταβολές του λιπιδαιμικού προφίλ, έπειτα από εφαρμογή πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης. Επίσης, θα μελετηθεί κατά πόσο οι διατροφικές συνήθειες μπορούν να επηρεάσουν τη σχέση αυτή.

4. Μεθοδολογία

4.1 Πρωτόκολλο Μελέτης

Το πρωτόκολλο της άσκησης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη, έχει χρησιμοποιηθεί και σε προηγούμενες μελέτες (Bogdanis et al., 2018, Terzis et al., 2016, Stasinaki et al., 2019, Spiliopoulou et al., 2019).

Μετά τις αρχικές αξιολογήσεις και πριν από την περίοδο προπόνησης 10 εβδομάδων, όλες οι συμμετέχουσες υποβλήθηκαν σε 2 συνεδρίες εξοικείωσης με το πρωτόκολλο σε διάστημα 72 ωρών ανάπαυσης. Κατά τη διάρκεια αυτών των συνεδριών, όλες οι συμμετέχουσες εξοικειώθηκαν με το σωστό ρυθμό χαμηλώματος της μπάρας (Bogdanis et al., 2018, Terzis et al., 2016, Stasinaki et al., 2019, Spiliopoulou et al., 2019). Ένας καθρέφτης τοποθετημένος 2 μέτρα μπροστά από το μηχάνημα Smith και ένας μετρονόμος χρησιμοποιήθηκαν για να βοηθήσουν τους συμμετέχοντες να εκτελούν κάθε επανάληψη με το σωστό ρυθμό.

Κάθε συμμετέχουσα πραγματοποίησε μόνο την προς τα κάτω κίνηση (έκκεντρη συστολή) του μισού-καθίσματος. Η οδηγία ήταν να χαμηλωθεί η μπάρα όσο το δυνατόν γρηγορότερα, αλλά με ελεγχόμενη κίνηση, στη συνέχεια να επιβραδυνθεί γρήγορα, μέχρι η γωνία του γόνατος να φτάσει τις 90^{o} και πριν το τέλος της κίνησης να σταματήσει απότομα, εκτελώντας έτσι μια σύντομη ισομετρική συστολή (Bogdanis et al., 2018, Terzis et al., 2016, Stasinaki et al., 2019). Η διάρκεια κάθε επανάληψης ήταν <1 δευτερολέπτου (Bogdanis et al., 2018). Για να σταματήσει η προς τα κάτω κίνηση της μπάρας στη σωστή θέση, τοποθετήθηκε block 1 cm κάτω από την γωνία γόνατος των 90^{o} όπως εκτιμήθηκε ατομικά κατά τη διάρκεια των συνεδριών εξοικείωσης.

Η άνοδος της μπάρας στην αρχική θέση έγινε με ηλεκτρικό κινητήρα και η επόμενη επανάληψη πραγματοποιήθηκε 10 δευτερόλεπτα μετά την ολοκλήρωση της προηγούμενης επανάληψης. Τα εξωτερικά φορτία κατά τη διάρκεια των συνεδριών εξοικείωσης ορίστηκαν στο 30% και στο 40% της 1 μέγιστης επανάληψης του μισού-καθίσματος, αντίστοιχα (Stasinaki et al., 2019). Οι συνεδρίες εξοικείωσης και το πρωτόκολλο της προπόνησης πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο μηχάνημα Smith και με το ίδιο block της μπάρας. Μια εβδομάδα μετά το πέρας των εκπαιδευτικών περιόδων εξοικείωσης, οι συμμετέχουσες πραγματοποίησαν, δύο φορές την εβδομάδα, 4 επαναλήψεις ταχεία έκκεντρη άσκηση μισών-καθισμάτων σε κάθε σετ, ακολουθούμενες από ανάπαυση 3 λεπτών, κατά την οποία εκτέλεσαν ένα μέγιστο άλμα αντίθετο στην κίνηση (CMJ) κάθε λεπτό.

Ανάλογα με την ομάδα στην οποία κατανεμήθηκε ο κάθε συμμετέχων, πραγματοποίησαν είτε 3 σετ (σύνολο επαναλήψεων ταχείας έκκεντρης άσκησης μισών-καθισμάτων: 12, Συνολικός αριθμός CMJs / συνεδρία προπόνησης: 9), 6 σετ (σύνολο επαναλήψεων ταχείας έκκεντρης άσκησης μισών-καθισμάτων: 24, συνολικός αριθμός CMJs / συνεδρία προπόνησης: 18) ή 9 σετ / συνεδρία προπόνησης (συνολικές επαναλήψεις / Συνεδρία: 36, Συνολικός αριθμός CMJs / προπόνηση: 27).

Κάθε συνεδρία προπόνησης ξεκίνησε με 5 λεπτά προθέρμανση σε ένα σταθερό ποδήλατο και έγινε στατικό τέντωμα για τους μυς των κάτω άκρων, ακολουθούμενο από ένα σετ 6 γρήγορων έκκεντρων επαναλήψεων μισού καθίσματος έναντι εξωτερικού φορτίου ίσου με το 40% της 1 ομόκεντρης μέγιστης επανάληψης στο μηχάνημα Smith. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες μπήκαν στο κύριο πρόγραμμα προπόνησης, το οποίο περιγράφηκε παραπάνω. Κατά τη διάρκεια της πρώτης εβδομάδας κατάρτισης, τα εξωτερικά φορτία καθορίστηκαν στο 50% της αρχικής 1 μέγιστης επανάληψης του μισού-καθίσματος και στη συνέχεια αυξήθηκαν κατά 5% σε κάθε συνεδρία προπόνησης έως ότου έφθασαν το 70% της αρχικής 1 μέγιστης επανάληψης του μισού-καθίσματος , την 3η εβδομάδα. Στη συνέχεια, τα φορτία αυξήθηκαν κατά 2,5% σε κάθε συνεδρία μέχρι το τέλος της προπονητικής παρέμβασης (Terzis et al., 2016, Stasinaki et al., 2019, Spiliopoulou et al., 2019). Μια κλίμακα Borg CR20 χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του βαθμού έντασης της άσκησης (RPE), μετά το πέρας κάθε προπονητικής συνεδρίας.

4.2 Συλλογή Δεδομένων

Η ανάλυση της ισχύος (G * Power ver 3.1, FrankFaul, Universitat Kiel, Γερμανία) πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το παρόν σχέδιο της μελέτης και το χαμηλότερο μέγεθος των αποτελεσμάτων από τις προηγούμενες μελέτες (χαμηλότερο: 0.226), που χρησιμοποίησαν μια παρόμοια προπονητική παρέμβαση (Terzis et al., 2016, Stasinaki et al., 2019, Spiliopoulou et al., 2019, Zacharia et al., 2019). Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης αποκάλυψαν ότι πρέπει να συμμετάσχουν τουλάχιστον 26 άτομα για να υπάρχει ισχύς 0,899. Αρχικά, τριάντα υγιείς φοιτήτριες φυσικής αγωγής, που πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης, έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεσή τους να συμμετάσχουν ως εθελόντριες στη μελέτη, αφού ενημερώθηκαν για τις πειραματικές διαδικασίες. Κατά τη διάρκεια της περιόδου κατάρτισης, μια συμμετέχουσα από την ομάδα των 9 σετ αποσύρθηκε για λόγους άσχετους με τη μελέτη. Έτσι, 29 συμμετέχουσες ολοκλήρωσαν τις πειραματικές διαδικασίες.

Οι εθελόντριες προσελήφθησαν μέσω διαφημίσεων στο τοπικό πανεπιστήμιο, επισκέφθηκαν το εργαστήριο και συμπλήρωσαν ένα εβδομαδιαίο ερωτηματολόγιο σωματικής άσκησης. Όσες πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης επισκέφθηκαν το εργαστήριο για δεύτερη φορά για την ιατρική εξέταση και την ανθρωπομετρική αξιολόγηση. Τα κριτήρια ένταξης στην μελέτη ήταν: 1) μόνο γυναίκες συμμετέχουσες, 2) απουσία συστηματικής προπόνησης κατά τη διάρκεια των τελευταίων 12 μηνών, 3) σταθερότητα βάρους (± 2 kg) για 3 μήνες πριν από την είσοδο στην μελέτη, 4) απουσία ορθοπεδικών προβλημάτων / ασθενειών, 5) ηλικία μεταξύ 18 και 25 ετών και 6) απουσία κατάχρησης ναρκωτικών ή φαρμάκων που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν το νευρομυϊκό σύστημα.

Όλες οι διαδικασίες ήταν σύμφωνες με τη Διακήρυξη του Ελσίνκι και εγκρίθηκαν από την τοπική επιτροπή πανεπιστημιακής ηθικής (αριθ. 1039 / 14-02-2018), ενώ όλες οι συμμετέχουσες υπέγραψαν γραπτή συγκατάθεση προτού μπουν στη διαδικασία έρευνας.

4.3 Αξιολόγηση Σύστασης Σώματος

Διεξήχθη ολική σάρωση σώματος με την μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DPX-L, LUNAR Radiation, Madison, WI, USA). Όλες οι μετρήσεις αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα σύστασης σώματος ακτινοβολίας LUNAR. Η λιπώδης μάζα και η άλιπη σωματική μάζα (LBM) προσδιορίστηκαν τόσο για το συνολικό σώμα όσο και για τα κάτω άκρα. Ο Συντελεστής Ενδοταξικής Συσχέτισης (Intraclass Correlation Coefficient, ICC) για τα κάτω άκρα LBM ήταν 0.98, (95% CI: Χαμηλότερο = 0.95, Ανώτερο = 0.99), για το συνολικό LBM = 0.93, (95% CI: Χαμηλότερο = 0.89, Ανώτερο = 0,97), για το συνολικό % λίπους = 0.90, (95% CI: Χαμηλότερο = 0.85, Ανώτερο = 0,96) και για το % λίπος των κάτω άκρων = 0,94, (95% CI: Χαμηλότερο = 0,88, Ανώτερο = 0,98), p <0,0001, n = 13.

4.4 Διατροφική Εκτίμηση Εθελοντών

Η εκτίμηση των διατροφικών συνηθειών των εθελοντών έγινε πριν και μετά το πέρας του πρωτόκολλου άσκησης τόσο με 3 ανακλήσεις 24-ώρου πριν και 3 μετά, όσο και με ερωτηματολόγιο συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων (Food Frequency Questionnaire-FFQ), πριν και μετά το τέλος της παρέμβασης, από τα οποία υπολογίστηκε στη συνέχεια και ο δείκτης MedDietScore. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται τα δεδομένα από τις ανακλήσεις 24ώρου.

4.4.1 Ανάκληση 24-ώρου

Αναφορικά με την ανάκληση 24ώρου, το άτομο καλείται να θυμηθεί και να αναφέρει όλα τα τρόφιμα και ποτά που κατανάλωσε τις προηγούμενες 24 ώρες (Thompson & Byers, 1994). Η ανάκληση πραγματοποιήθηκε μέσω προσωπικής συνέντευξης με τη μέθοδο χρήσης χαρτιού-στυλό. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να κάνουν 3 ανακλήσεις πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου και 3 στο τέλος του πρωτοκόλλου, μία την ημέρα του πειράματος και μάλιστα πριν την έναρξή του, μία στις 24 ώρες και μία στις 48 ώρες μετά το πείραμα.

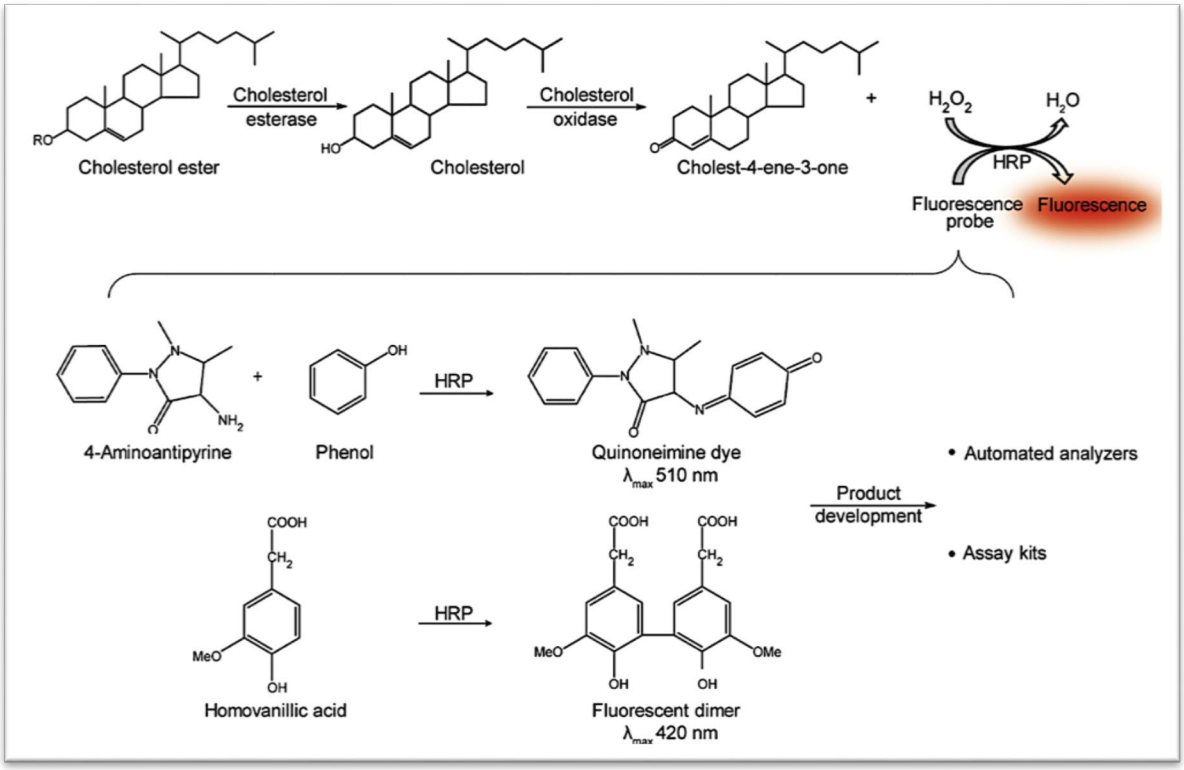
Στη συνέχεια, οι ανακλήσεις 24-ώρου αναλύθηκαν σε μακρο- και μικροθρεπτικά συστατικά με βάση του Πίνακες Σύνθεσης Ελληνικών Τροφίμων και Ελληνικών Φαγητών. Οι πίνακες βασίζονται στο βιβλίο «Πίνακες Σύνθεσης Τροφίμων και Ελληνικών φαγητών», 3η έκδοση (Α. Τριχοπούλου, 2004).

4.5 Βιοχημικές Μετρήσεις

4.5.1 Μέτρηση Ολικής Χοληστερόλης

Η μέτρηση της χοληστερόλης στο πλάσμα έγινε με εμπορικά διαθέσιμο κιτ (GESAN Production s.r.l.). Η αρχή της μεθόδου έχει ως εξής:

Η ελεύθερη χοληστερόλη και η χοληστερόλη που απελευθερώνονται από τους εστέρες της μετά από ενζυμική υδρόλυση οξειδώνονται ενζυματικά. Η ελεύθερη χοληστερόλη οξειδώνεται από την οξειδάση της χοληστερόλης σε cholest-4-en-3-one δίνοντας υπεροξείδιο του υδρογόνου **(Σχήμα 4.5.1)**. Ο δείκτης κινονεϊμίνη σχηματίζεται από υπεροξείδιο του υδρογόνου το οποίο παρουσία υπεροξειδάσης, αντιδρά με 4-αμινοφαιναζόνη και φαινόλη για να σχηματίσει έγχρωμη ένωση. Η ένταση του χρώματος είναι άμεσα ανάλογη με τη συνολική συγκέντρωση χοληστερόλης στο εξεταζόμενο δείγμα.



Σχήμα 4.5.1: *Σχηματική αναπαράσταση του ποσοτικού προσδιορισμού της ολικής χοληστερόλης. (Li-Hua Li et al., 2018)*

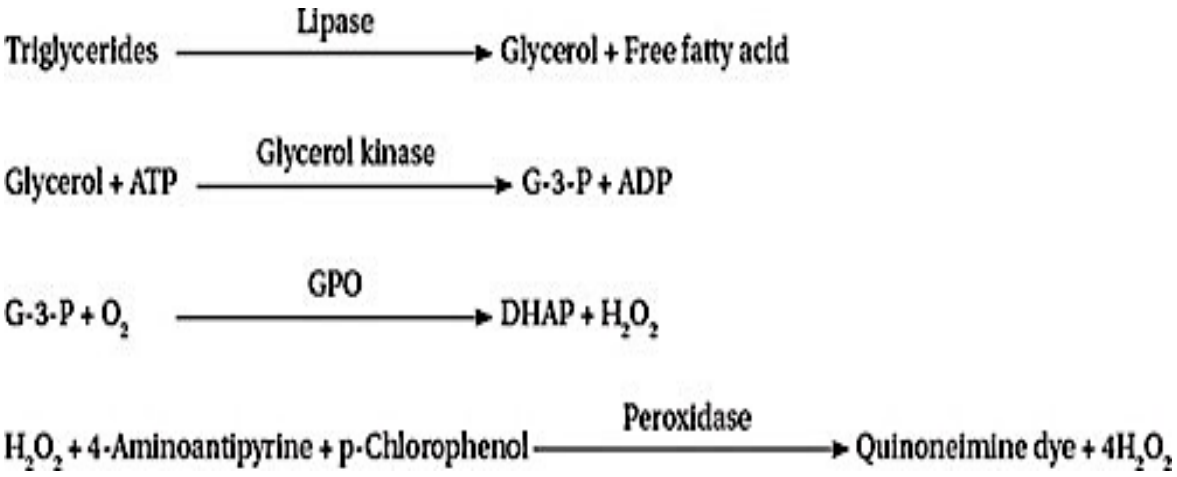
Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή αλλά είχε προσαρμοστεί για μικροπλακίδια σε τελικό όγκο 270 μL. Τα 250 μL ήταν το μονοαντιδραστήριο του κιτ. Για την ποσοτικοποίηση της ΤC έγινε καμπύλη αναφοράς χρησιμοποιώντας πρότυπο ορό βαθμονόμησης γνωστής συγκέντρωσης σε ΤC. Η αντίδραση διεξήχθη στους 37 ^{o}C για 10 λεπτά και η απορρόφηση μετρήθηκε στα 500-550 nm.

4.5.2 Μέτρηση Τριγλυκεριδίων

Η μέτρηση των τριγλυκεριδίων στο πλάσμα έγινε με εμπορικά διαθέσιμο κιτ (GESAN Production s.r.l.).Η αρχή της μεθόδου έχει ως εξής:

Τα τριγλυκερίδια υδρολύονται, παρουσία λυποπρωτεϊνικής λιπάσης (LPL), σε λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. Η γλυκερόλη μετατρέπεται, παρουσία κινάσης της γλυκερόλης (GK), ATP και οξειδάσης της 3-P-γλυκερόλης (GPO) σε φωσφοδιυδρόξυ ακετόνη και

υπεροξείδιο του υδρογόνου **(Σχήμα 4.5.2)**. Το υπεροξείδιο του υδρογόνου που καταλύεται από την υπεροξειδάση (POD) αντιδρά με 4-αμινοφαιναζόνη και 4-φαινολοχλωρίδιο δίδοντας έγχρωμη ένωση, της οποίας η ένταση είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση των τριγλυκεριδίων στο δείγμα.



Σχήμα 4.5.2: *Σχηματική αναπαράσταση του ποσοτικού προσδιορισμού των τριγλυκεριδίων.*

Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή αλλά είχε προσαρμοστεί για μικροπλακίδια σε τελικό όγκο 270 μL. Τα 250 μL ήταν το μονοαντιδραστήριο του κιτ. Για την ποσοτικοποίηση των τριγλυκεριδίων έγινε καμπύλη αναφοράς χρησιμοποιώντας πρότυπο ορό βαθμονόμησης γνωστής συγκέντρωσης σε τριγλυκερίδια. Η αντίδραση διεξήχθη στους 37 ^{o}C για 5 λεπτά και η απορρόφηση μετρήθηκε στα 510 nm

4.5.3 Μέτρηση HDL Χοληστερόλης

Η μέτρηση της HDL χοληστερόλης στο πλάσμα έγινε με εμπορικά διαθέσιμο κιτ (GESAN Production s.r.l.). Η αρχή της μεθόδου έχει ως εξής:

Αυτή η δοκιμασία της HDL χοληστερόλης είναι μια ομοιογενής, άμεση μέθοδος για τη μέτρηση των επιπέδων της HDL χωρίς την ανάγκη για προεπεξεργασία του δείγματος. Η μέθοδος εξάλειψης αποτελείται από δύο συγκεκριμένα στάδια. Στο πρώτο στάδιο, τα κλάσματα χυλομικρών, VLDL και LDL εξαλείφονται υπό συγκεκριμένες συνθήκες έτσι ώστε η χοληστερόλη να προέρχεται μόνο από την HDL. Στην πραγματικότητα αυτά τα κλάσματα οξειδώνονται σε χοληστενόνη και υπεροξείδιο του υδρογόνου, που στη συνέχεια αποικοδομείται από την καταλάση. Στο δεύτερο στάδιο, μετά από διάφορες ενζυμικές αντιδράσεις και παρουσία ειδικών επιφανειοδραστικών ουσιών, η εναπομείνασα HDL χοληστερόλη μπορεί να μετρηθεί δίνοντας έγχρωμη ένωση (κινόνη). Η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης της HDL χοληστερόλης που περιέχεται στο δείγμα. Οι μετρήσεις απορρόφησης λαμβάνονται στα 600 nm. Η μέτρηση έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή αλλά είχε προσαρμοστεί για μικροπλακίδια σε τελικό όγκο 270 μL.

Τα 250 μL ήταν το μονοαντιδραστήριο του κιτ. Για την ποσοτικοποίηση της HDL-C έγινε καμπύλη αναφοράς χρησιμοποιώντας πρότυπο ορό βαθμονόμησης γνωστής συγκέντρωσης σε HDL-C. Η αντίδραση διεξήχθη στους 37 ^{o}C για 5 λεπτά και η απορρόφηση μετρήθηκε στα 600 nm.

4.5.4 Προσδιορισμός LDL Χοληστερόλης

Η LDL-χοληστερόλη υπολογίστηκε βάσει της εξισώσεως Friedewald: (ολική χοληστερόλη) – (HDL-χοληστερόλη) – (τριγλυκερίδια/2.2) (Friedewald et al., 1972). Η εξίσωση αυτή χρησιμοποιήθηκε σε όλους τους συμμετέχοντες δεδομένου ότι κανένας δεν είχε συγκέντρωση τριγλυκεριδίων >4.5 mmol/L.

4.5.5 Μέτρηση Απολιποπρωτεΐνης A-I (ApoA1)

Η μέτρηση της ApoA1 στο πλάσμα έγινε με ανοσοενζυμική μέθοδο τύπου ELISA με εμπορικά διαθέσιμο κιτ (Quantikine, R&D). Η αρχή της μεθόδου έχει ως εξής:

Ένα μονοκλωνικό αντίσωμα ειδικό για την ανθρώπινη ApoA1 έχει προ-επικαλυφθεί σε μικροπλακίδιο. Τα πρότυπα και τα δείγματα διοχετεύονται με πιπέτα μέσα στα βοθρία και οποιαδήποτε υπάρχουσα ApoA1 δεσμεύεται από το ακινητοποιημένο αντίσωμα. Μετά από έκπλυση των μη δεσμευμένων ουσιών, ένα πολυκλωνικό αντίσωμα συνδεδεμένο με ένζυμο, ειδικό για την ανθρώπινη ApoA1, προστίθεται στα βοθρία. Μετά από έκπλυση για να απομακρυνθεί κάθε αντιδραστήριο μη δεσμευμένου αντισώματος-ενζύμου, προστίθεται ένα διάλυμα υποστρώματος στα σωληνάρια και το χρώμα αναπτύσσεται σε αναλογία με την ποσότητα δεσμευμένης ApoA1 στο αρχικό στάδιο. Η ανάπτυξη χρώματος διακόπτεται και μετράται η ένταση του χρώματος.

4.6 Στατιστική Ανάλυση

Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση και τυπική απόκλιση (± SD). Η αμφίδρομη επαναλαμβανόμενη ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA, Bonferroni Post-Hoc), χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση της διαφοράς μεταξύ των ομάδων πριν και μετά την προπονητική παρέμβαση. Η μέτρηση του μεγέθους του αποτελέσματος (ES) για ζευγαρώδεις συγκρίσεις προσδιορίστηκε από το Hedges 'g (μικρό: <0,3, μεσαίο: 0,3-0,8, μεγάλο:> 0,8). Το One-Way Anova (Bonferroni Post-Hoc) χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των ποσοστιαίων μεταβολών (% των πριν και μετά μεταβολών) σε κάθε μεταβλητή μεταξύ των ομάδων. Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson χρησιμοποιήθηκε για να διερευνήσει συσχετισμούς μεταξύ των μεταβλητών. Η ερμηνεία των παρατηρούμενων συσχετίσεων έγινε σύμφωνα με την κατάταξη του Hopkins: οι συντελεστές συσχετισμού μεταξύ 0,3 - 0,5 θεωρήθηκαν μέτριες, μεταξύ 0,51 - 0,70 μεγάλες, 0,71 - 0,90 πολύ μεγάλες και> 0,91 σχεδόν τέλειες. Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το SPSS Statistics Ver. 20 (IBM Corporation, USA). Το $P \leq 0,05$ χρησιμοποιήθηκε ως το επίπεδο σημαντικότητας.

5. Αποτελέσματα

5.1 Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Πληθυσμού Μελέτης

Στην έρευνα συμμετείχαν 29 εθελοντές (όλες γυναίκες). Τα βασικά κλινικά, σωματομετρικά και αιματολογικά χαρακτηριστικά των εθελοντών όπως μετρήθηκαν πριν το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Στον Πίνακα 5.1.1 παρουσιάζονται τα βασικά σωματομετρικά χαρακτηριστικά των εθελοντών πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου της έκκεντρης άσκησης.

Πίνακας 5.1.1: Βασικά σωματομετρικά χαρακτηριστικά των εθελοντών πριν την έναρξη της παρέμβασης

Παράμετρος	**3 Σειρές**	**6 Σειρές**	**9 Σειρές**
	(N=10)	**(N=10)**	**(N=9)**
Ηλικία (έτη)	**20,64±2,7**	**21,85±3,5**	**21,75 ± 3,01**
Σωματική Μάζα (Kg)	**60,01±9,23**	**62,90±11,20**	**59,89 ± 6,71**
Σωματικό Ανάστημα (εκ.)	**164,20±4,58**	**168,74±7,7**	**164,00 ± 6,18**
Ποσοστό Σωματικού Λίπους (%)	**26,80±7,95**	**28,06±8,61**	**26,36 ± 7,13**
Συνολική Άλιπη Μάζα (Kg)	**41,43± 3,76**	**42,60± 5,00**	**40,71 ± 4,27**

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 5.1.1 δεν υπάρχει διαφοροποίηση στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των εθελοντριών της κάθε ομάδας παρέμβασης πριν την έναρξη αυτής. Το ποσοστό λίπους είναι γενικότερα στα αποδεκτά όρια (25-31 %) αν και ελαφρώς αυξημένο για την ηλικία και την υποτιθέμενη σωματική δραστηριότητα των εθελοντριών.

Στον Πίνακα 5.1.2 παρουσιάζονται τα βασικά κλινικά και αιματολογικά χαρακτηριστικά των εθελοντών, όπως το γλυκαιμικό και λιπιδαιμικό προφίλ. πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου της έκκεντρης άσκησης.

Όπως και στην περίπτωση των σωματομετρικών χαρακτηριστικών δεν παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των ομάδων ενώ οι βιοχημικοί δείκτες είναι στα φυσιολογικά επίπεδα αν και η γλυκόζη νηστείας είναι ελαφρώς αυξημένη για την ηλικία των εθελοντριών.

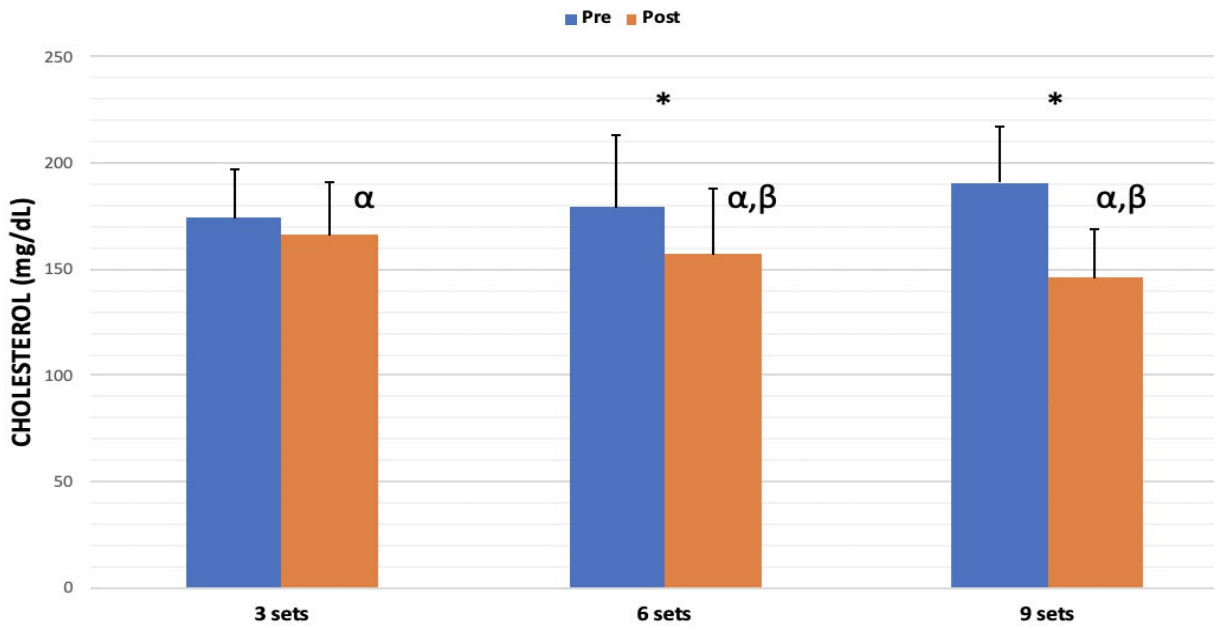
Πίνακας 5.1.2: Βασικά αιματολογικά χαρακτηριστικά των εθελοντών πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης.

Παράμετρος		**3 Σειρές (N=10)**	**6 Σειρές (N=10)**	**9 Σειρές (N=9)**
Γλυκαιμικό Προφίλ	**Γλυκόζη Νηστείας ($mg \cdot dl^{-1}$)**	**96,7 ± 15,4**	**97,3 ± 9,9**	**97,5 ± 11,8**
	Ινσουλίνη ($\mu U \cdot mL^{-1}$)	**8,7 ± 2,8**	**8,9 ± 1,8**	**7,9 ± 2,4**
	HOMA-IR	**1,9 ± 0,8**	**2,1 ± 0,4**	**2,0 ± 0,6**
Λιπιδαιμικό Προφίλ	**Ολική Χοληστερόλη ($mg \cdot dl^{-1}$)**	**176,0 ± 22,9**	**179,7 ± 33,9**	**191,2 ± 25,3**
	Τριγλυκερίδια ($mg \cdot dl^{-1}$)	**88,6 ± 26,3**	**94,8 ± 27,8**	**88,6 ± 11,9**
	HDL-C ($mg \cdot dl^{-1}$)	**58,8 ± 9,9**	**55,7 ± 10,3**	**57,9 ± 6,6**
	LDL-C ($mg \cdot dl^{-1}$)	**97,8 ± 20,1**	**101,4 ± 27,5**	**110,5 ± 21,2**
	Λόγος LDL-C/HDL-C	**1,7 ± 0,5**	**1,9 ± 0,6**	**2,0 ± 0,3**
	Αθηρωματικός δείκτης: Λόγος Χοληστερόλης/HDL-C	**3,1 ± 0,6**	**3,4 ± 0,7**	**3,5 ± 0,4**

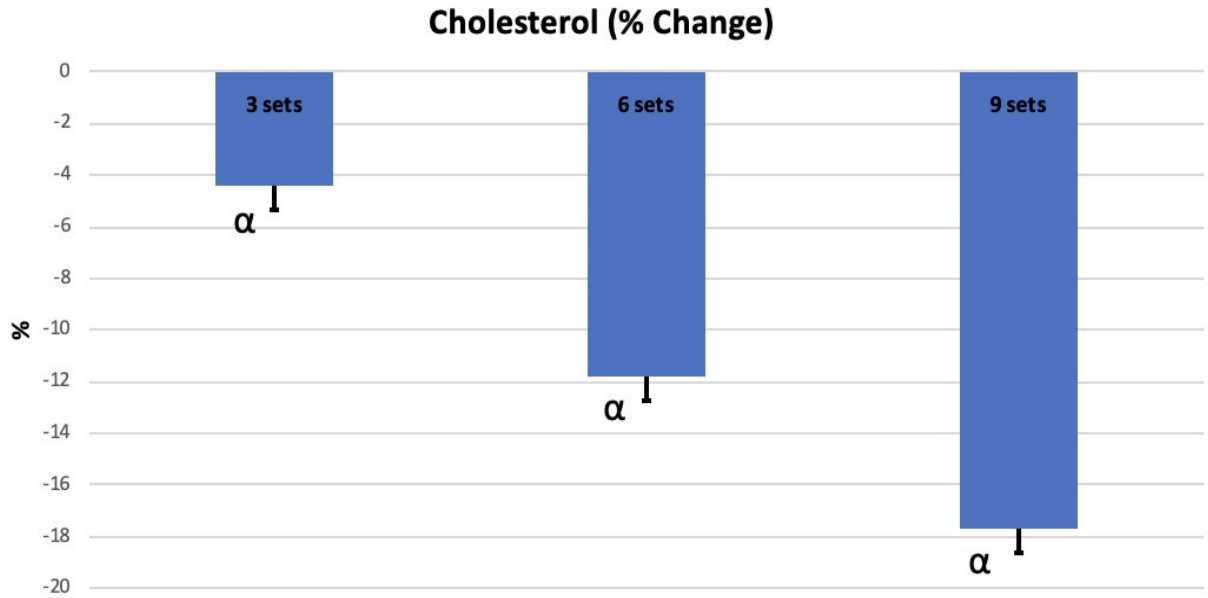
Πίνακας 5.1.2: Βασικά αιματολογικά χαρακτηριστικά των εθελοντών πριν την έναρξη του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης.

5.2 Επίδραση του προπονητικού πρωτοκόλλου στα επίπεδα λιπιδίων

Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζονται οι μεταβολές που επέφερε το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης στους δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ (χοληστερόλη, τριγλυκερίδια, HDL, apoA1 & LDL χοληστερόλη). Αρχικά, παρουσιάζονται οι απόλυτες τιμές και έπειτα οι ποσοστιαίες μεταβολές των δεικτών αυτών, ανά ομάδα.

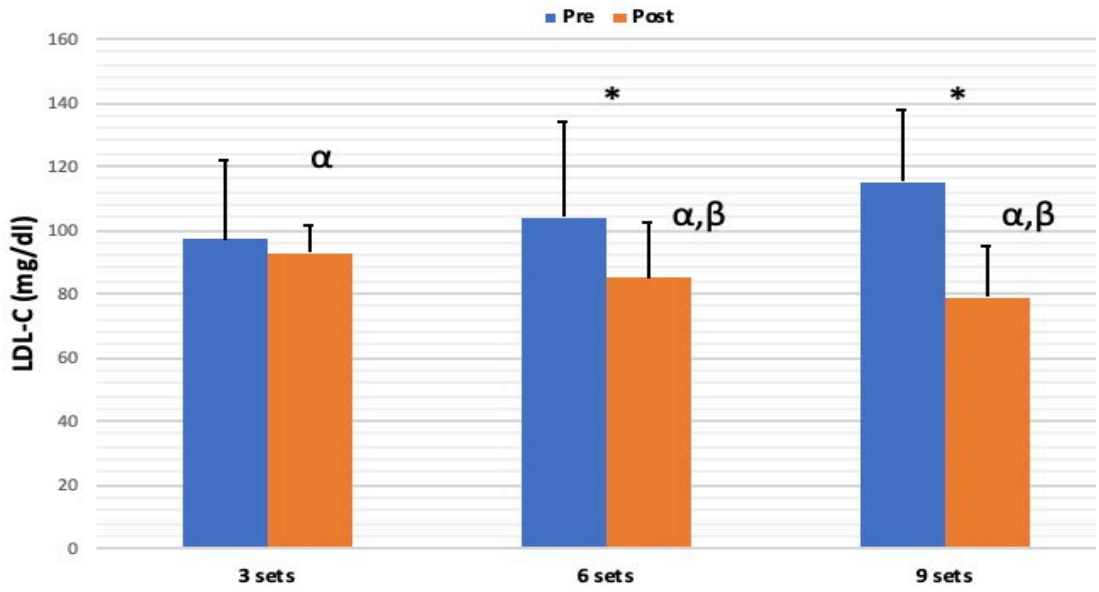


Σχήμα 5.2.1: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην ολική χοληστερόλη πλάσματος ανά ομάδα, πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.
*: p<0,005 μεταξύ pre & post
α,β: P (timexgroup)<0,05

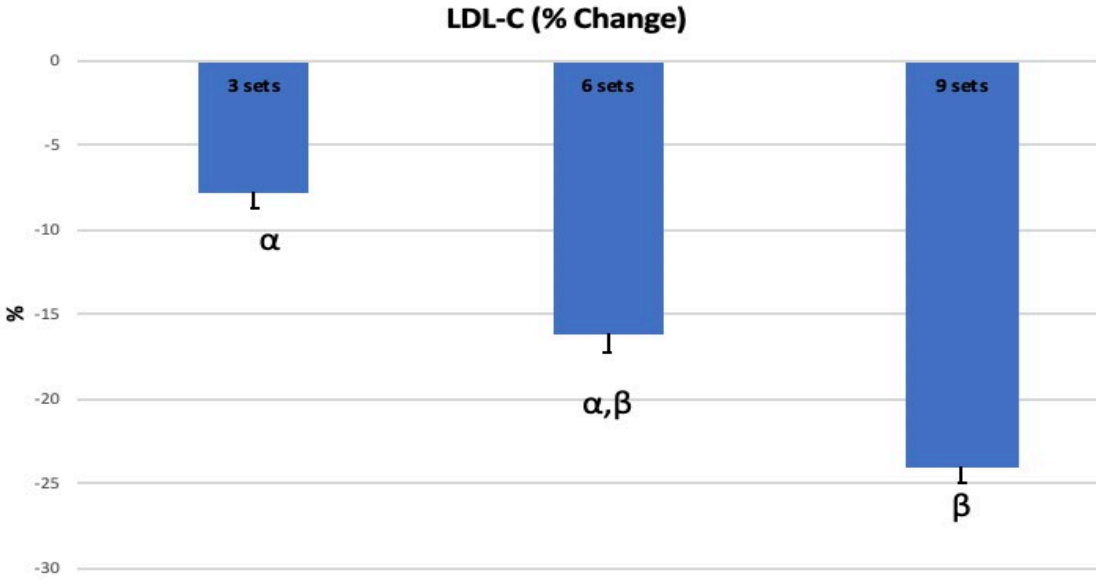


Σχήμα 5.2.2: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην ποσοστιαία μεταβολή (%) της ολικής χοληστερόλης πλάσματος ανά ομάδα (α= p<0,05 μεταξύ των ομάδων των 3 και 6 σετ καθώς και μεταξύ των 3 και 9 σετ).

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική και δοσοεξαρτώμενη μείωση της ολικής χοληστερόλης πλάσματος στα 6 και 9 σετ, μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης, ενώ στην ομάδα των 3 σετ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.

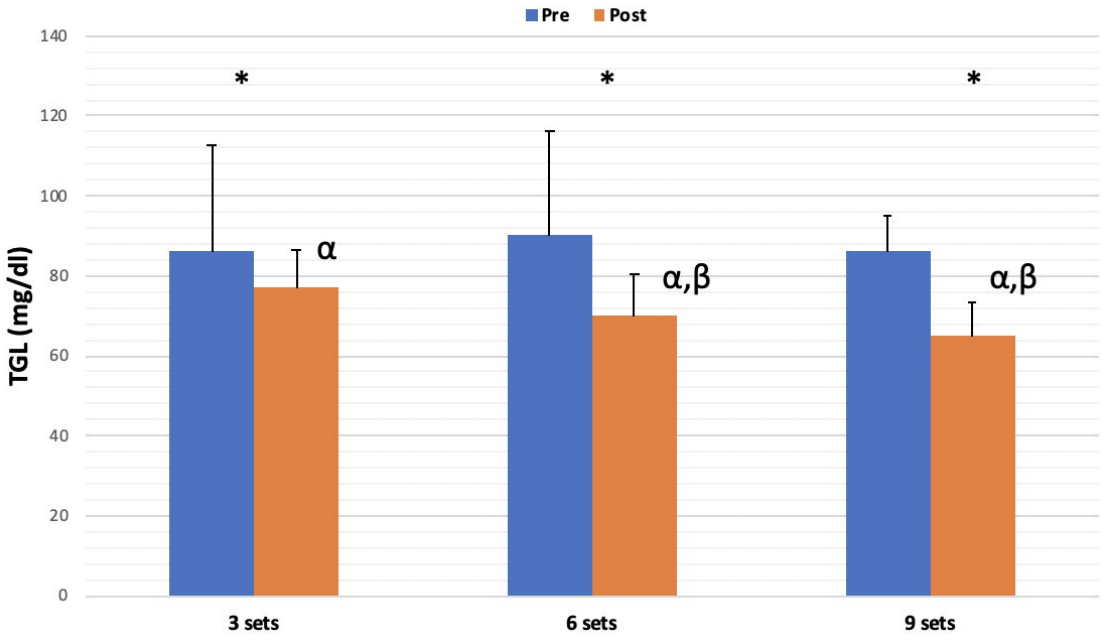


Σχήμα 5.2.3: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην LDL χοληστερόλη πλάσματος ανά ομάδα, πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.
*: p<0,005 μεταξύ pre & post
α,β: P (timexgroup)<0,05

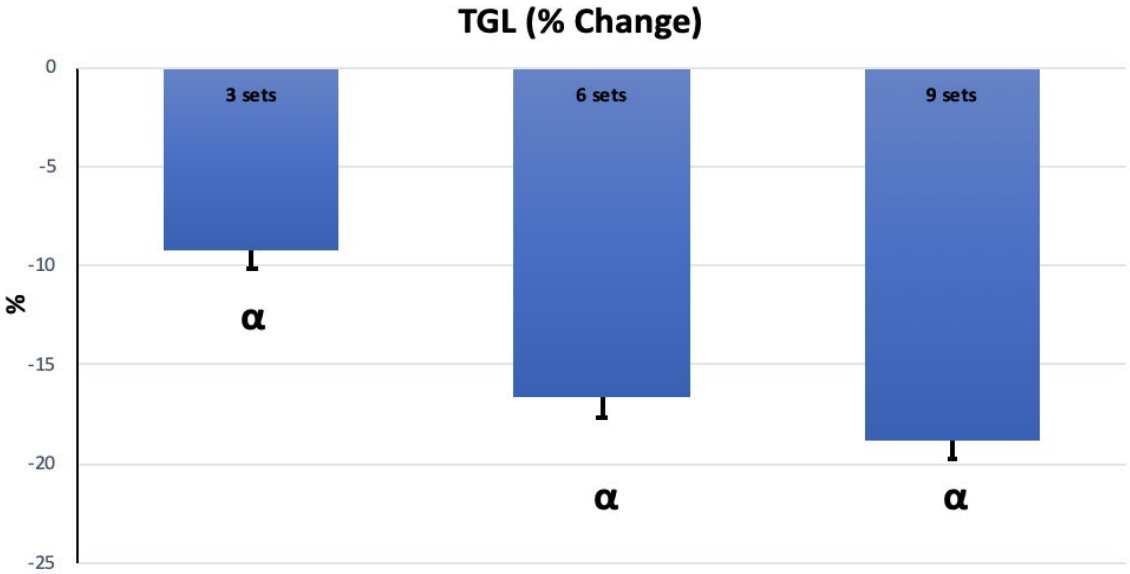


Σχήμα 5.2.4: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην ποσοστιαία μεταβολή (%) της LDL χοληστερόλης πλάσματος ανά ομάδα (α= p<0,05 μεταξύ των ομάδων των 3 και 6 σετ καθώς και μεταξύ των 3 και 9 σετ, β= p<0,05 μεταξύ των ομάδων των 6 και 9 σετ).

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική και δοσοεξαρτώμενη μείωση της LDL χοληστερόλης πλάσματος στα 6 και 9 σετ, μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης, ενώ στην ομάδα των 3 σετ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.

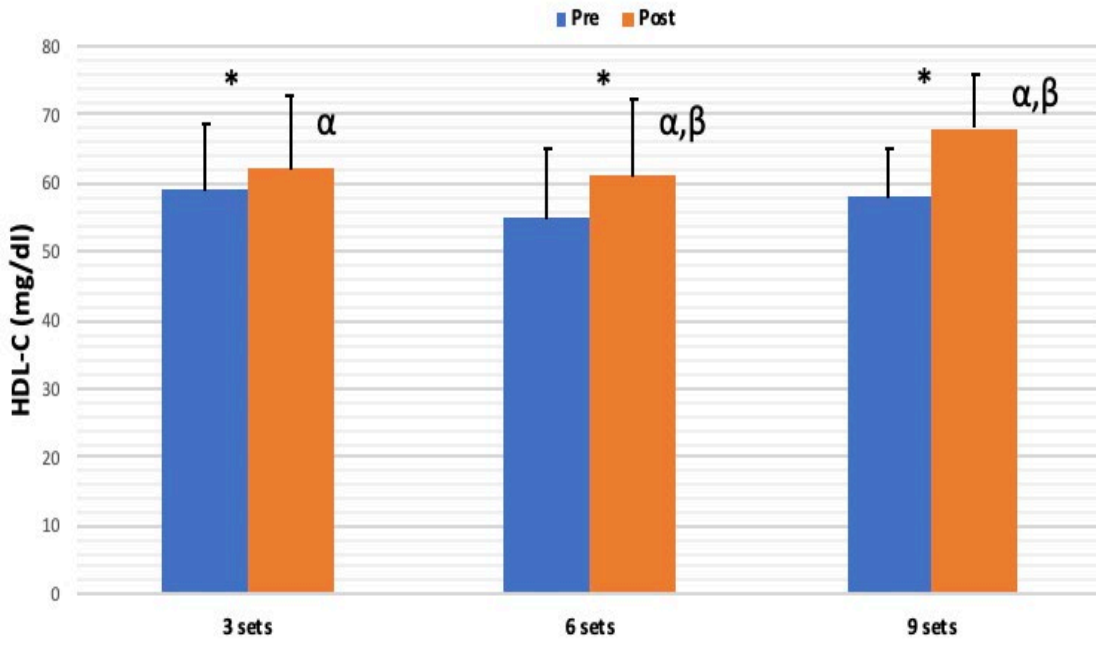


Σχήμα 5.2.5: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στα τριγλυκερίδια πλάσματος ανά ομάδα, πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.
*: p<0,005 μεταξύ pre & post
α,β: P (timexgroup)<0,05

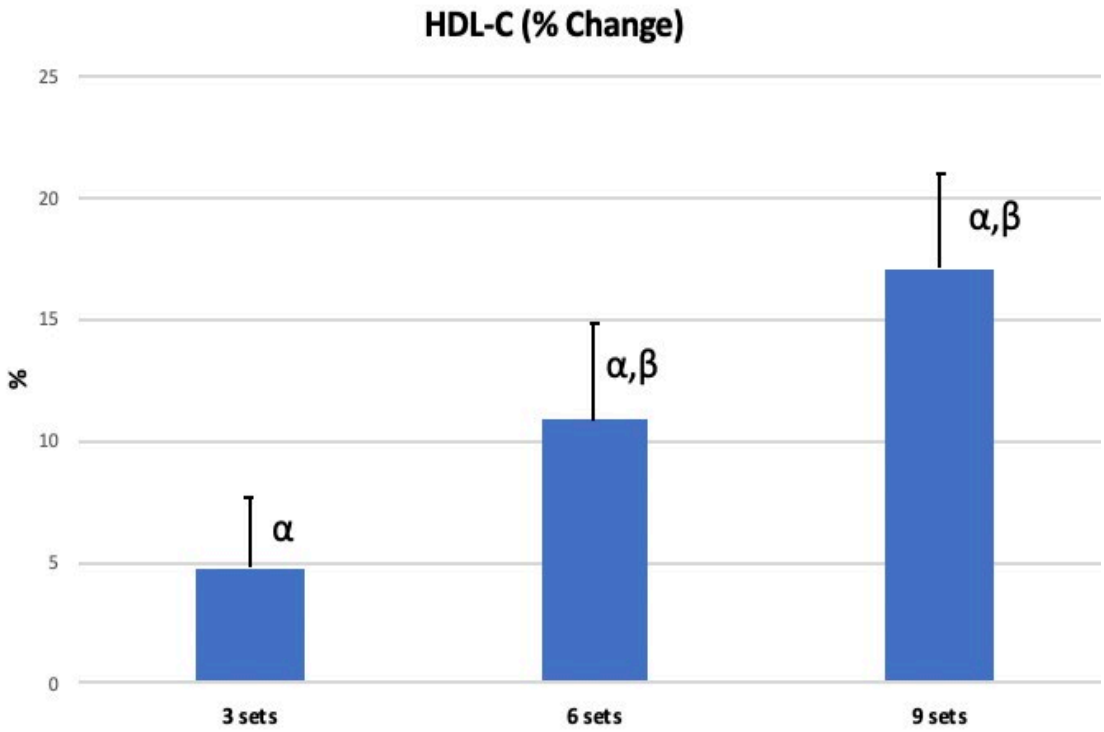


Σχήμα 5.2.6: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην ποσοστιαία μεταβολή (%) των τριγλυκεριδίων πλάσματος ανά ομάδα (α= p<0,05 μεταξύ των ομάδων των 3 και 6 σετ καθώς και μεταξύ των 3 και 9 σετ).

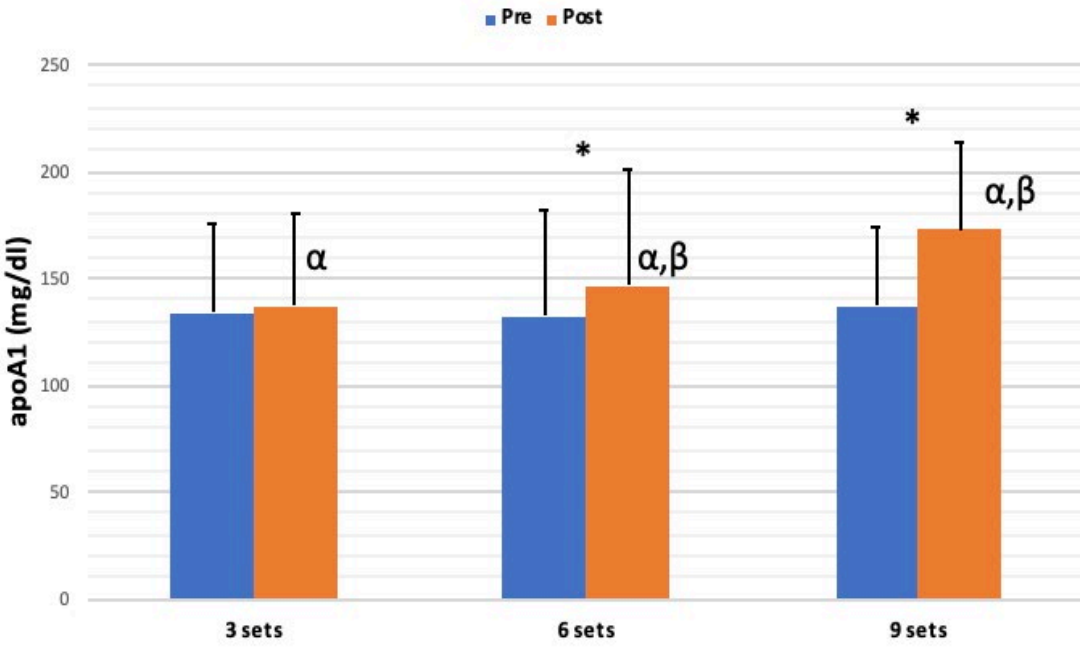
Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική και δοσοεξαρτώμενη μείωση των τριγλυκεριδίων πλάσματος στα 3, 6 και 9 σετ, μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. Οι μειώσεις των τριγλυκεριδίων φτάνουν έως και το 20% στο 9 σετ. Σε αντίθεση με τη χοληστερόλη, το πρωτόκολλο των 3 σετ μπόρεσε να προκαλέσει μία σημαντική μείωση των τριγλυκεριδίων, των οποίων η μείωση φαίνεται να σταθεροποιείται μεταξύ 6 και 9 σετ.



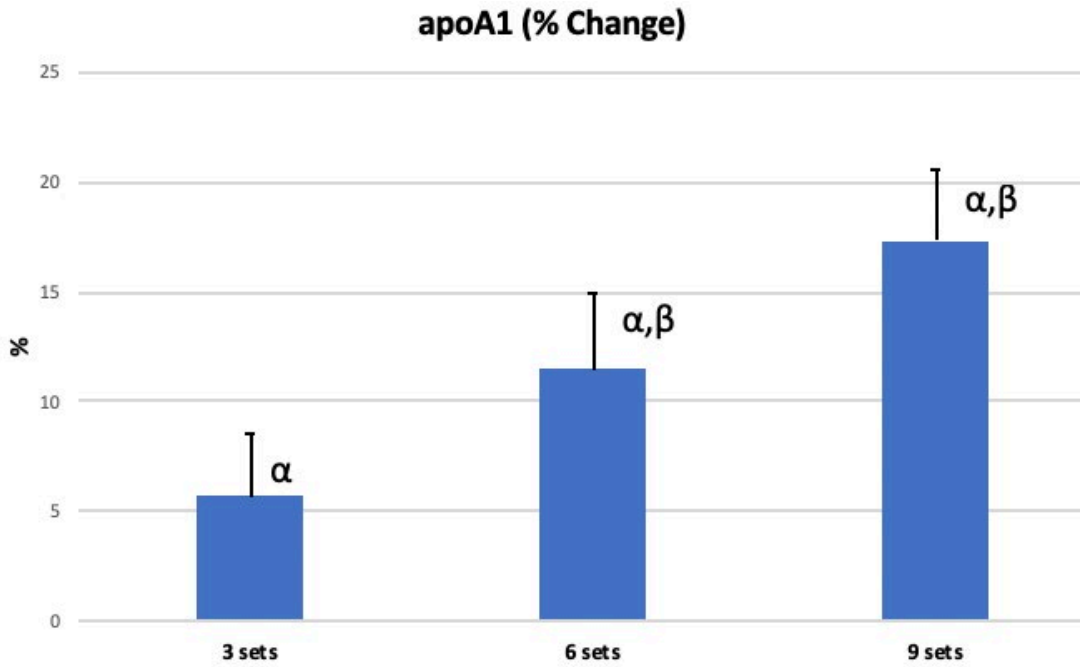
Σχήμα 5.2.7: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην HDL χοληστερόλη πλάσματος ανά ομάδα, πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.
*: p<0,005 μεταξύ pre & post
α,β: P (timexgroup)<0,05



Σχήμα 5.2.8: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην ποσοστιαία μεταβολή (%) της HDL χοληστερόλης πλάσματος ανά ομάδα (α= p<0,05 μεταξύ των ομάδων των 3 και 6 σετ καθώς και μεταξύ των 3 και 9 σετ, β= p<0,05 μεταξύ των ομάδων των 6 και 9 σετ).



Σχήμα 5.2.9: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην λιποπρωτεΐνη apoA1 ανά ομάδα, πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.
*: p<0,005 μεταξύ pre & post
α,β: P (timexgroup)<0,05



Σχήμα 5.2.10: Επίδραση της έκκεντρης άσκησης στην ποσοστιαία μεταβολή (%) της λιποπρωτεΐνης apoA1 ανά ομάδα (α= p<0,05 μεταξύ των ομάδων των 3 και 6 σετ καθώς και μεταξύ των 3 και 9 σετ, β= p<0,05 μεταξύ των ομάδων των 6 και 9 σετ).

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω σχήματα, παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική και δοσοεξαρτώμενη αύξηση της HDL χοληστερόλης πλάσματος στα 3, 6 και 9 σετ, μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. Η αύξηση αυτή συνάδει και με την

αντίστοιχη αύξηση της βασικής απολιποπρωτείνης του σωματιδίου της HDL που είναι η apoA1. Βέβαια, ενώ το πρωτόκολλο των 3 σετ κατάφερε να αυξήσει σημαντικά τα επίπεδα της HDL-C δεν μπόρεσε να αυξήσει σημαντικά τα επίπεδα της apoA1 αν και οι ποσοστιαίες αυξήσεις της HDL-C και της apoA1 είναι παρόμοιες (5%).

Γενικά, φαίνεται από τα αποτελέσματα ότι το συγκεκριμένο πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης βελτιώνει τους δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ και η σχέση αυτή είναι δοσοεξαρτώμενη, δηλαδή όσο αυξάνεται ο όγκος της προπόνησης τόσο βελτιώνεται το λιπιδαιμικό προφίλ των συμμετεχόντων.

5.3 Μεταβολές της Διατροφικής Πρόσληψης των Συμμετεχόντων πριν και μετά το πρωτόκολλο άσκησης

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα διατροφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, όσο αναφορά τα μακρο- και μικρο- θρεπτικά συστατικά, όπως προσδιορίστηκαν από 3 ανακλήσεις 24-ώρου πριν (Pre) και 3 ανακλήσεις 24-ώρου μετά (Post) το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.

Πίνακας 5.3.1: Διατροφική πρόσληψη των Μακροθρεπτικών Συστατικών πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. *(NS= Non Significant)

Θρεπτικά Συστατικά	Χρονική στιγμή	3 sets	6 sets	9 sets	P (time, group, timexgroup)
Energy (Kcal)	Pre	1609 ± 635	1696 ± 595	1534 ± 401	NS
	Post	1629 ± 592	1568 ± 483	1441 ± 308	
PRO (g)	Pre	64 ± 23	75 ± 29	68 ± 16	NS
	Post	65 ± 24	63 ± 23	72 ± 21	
PRO (%)	Pre	16 ± 4	18 ± 3	18 ± 2	NS
	Post	16 ± 4	16 ± 4	20 ± 2	
CHO (g)	Pre	174 ± 95	175 ± 56	154 ± 47	NS
	Post	171 ± 66	164 ± 49	161 ± 45	
CHO (%)	Pre	42 ± 7	42 ± 3	39 ± 4	NS
	Post	41 ± 3	42 ± 2	44 ± 7	
Fat (g)	Pre	72 ± 24	74 ± 27	72 ± 21	NS
	Post	75 ± 29	71 ± 24	63 ± 13	
Fat (%)	Pre	40 ± 5	39 ± 5	42 ± 5	NS
	Post	41 ± 2	40 ± 4	39 ± 5	
Fiber (g)	Pre	13 ± 5	14 ± 5	14 ± 6	NS
	Post	13 ± 5	15 ± 5	14 ± 5	

Πίνακας 5.3.2: Διατροφική πρόσληψη των ειδών των Λιπαρών Οξέων πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. *(NS= Non Significant)

Λιπαρά οξέα	Χρονική στιγμή	3 sets	6 sets	9 sets	P (time, group, timexgroup)
SFA (g)	Pre	23 ± 9	23 ± 10	22 ± 8	NS
	Post	26 ± 13	23 ± 10	19 ± 5	
SFA (%)	Pre	12 ± 2	12 ± 2	13 ± 3	NS
	Post	13 ± 3	12 ± 3	12 ± 2	
MUFA (g)	Pre	31 ± 7	30 ± 10	31 ± 10	NS
	Post	29 ± 8	30 ± 9	27 ± 5	
MUFA (%)	Pre	18 ± 4	16 ± 3	18 ± 2	NS
	Post	16 ± 4	17 ± 2	17 ± 2	
PUFA (g)	Pre	11 ± 6	12 ± 5	11 ± 4	NS
	Post	10 ± 6	10 ± 4	8 ± 3	
PUFA (%)	Pre	6 ± 1	6 ± 1	6 ± 1	NS
	Post	5 ± 1	6 ± 1	5 ± 2	

Πίνακας 5.3.3: Διατροφική πρόσληψη των Μικροθρεπτικών Συστατικών πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. *(NS= Non Significant)

Μικρο-θρεπτικά	Χρονική στιγμή	3 sets	6 sets	9 sets	P (time, group, timexgroup)
Ca (mg)	Pre	774 ± 348	765 ± 373	782 ± 328	NS
	Post	865 ± 440	683 ± 215	764 ± 310	
Fe (mg)	Pre	10 ± 4	12 ± 4	10 ± 3	NS
	Post	10 ± 2	12 ± 4	10 ± 3	
Mg (mg)	Pre	248 ± 66	222 ± 71	225 ± 109	NS
	Post	239 ± 74	230 ± 77	242 ± 85	
Zn (mg)	Pre	7 ± 3	8 ± 3	7 ± 2	NS
	Post	7 ± 3	8 ± 3	7 ± 2	

Πίνακας 5.3.4: Διατροφική πρόσληψη των Βιταμινών C,A,D,E,K πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. *(NS= Non Significant)

Βιταμίνες	Χρονική Στιγμή	3 sets	6 sets	9 sets	P (time, group, timexgroup)
Vitamin C (mg)	Pre	48 ± 28	47 ± 30	56 ± 52	NS
	Post	50 ± 29	35 ± 20	68 ± 39	
Vitamin A (μg)	Pre	292 ± 130	447 ± 315	364 ± 144	NS
	Post	439 ± 189	436 ± 156	361 ± 178	
Vitamin E (mg)	Pre	13 ± 23	13 ± 19	6 ± 4	NS
	Post	6 ± 3	19 ± 26	6 ± 1	
Vitamin D (μg)	Pre	1,6 ± 0,8	2,4 ± 1,9	1,6 ± 1,3	NS
	Post	1,6 ± 1,2	2,9 ± 2,1	3,1 ± 3,5	
Vitamin K (μg)	Pre	75 ± 96	88 ± 104	98 ± 82	NS
	Post	93 ± 97	47 ± 41	52 ± 34	

Δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης, μεταξύ των 3 ομάδων όσο αναφορά την συνολική διατροφική πρόσληψη των συμμετεχόντων, οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η διατροφή τους δεν άλλαξε σημαντικά σε αυτό το διάστημα. Επίσης, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα επίπεδα πρόσληψης πριν την έναρξη της παρέμβασης.

5.4 Συσχέτιση των διατροφικών χαρακτηριστικών των εθελοντών με τις ποσοστιαίες (%) μεταβολές των δεικτών του λιπιδαιμικού προφίλ

Δεν φάνηκε καμία στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της διατροφικής πρόσληψης των συμμετεχόντων και με τις ποσοστιαίες (%) μεταβολές των δεικτών του λιπιδαιμικού προφίλ.

Η μόνη σημαντική συσχέτιση που παρατηρήθηκε ήταν η αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ποσοστιαίας πρόσληψης πρωτεΐνης (% PRO) και της ποσοστιαία μεταβολή της ολικής χοληστερόλης (r=-0,35, p=0,057) και των τριγλυκεριδίων (r=-0,36, p=0,053). Αυτό σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες που λάμβαναν περισσότερη πρωτεΐνη ποσοστιαία μέσω της διατροφής τους, είχαν μεγαλύτερες μεταβολές στην χοληστερόλη και στα τριγλυκερίδια τους.

6. Συζήτηση

Ο ρόλος των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών ως παραγόντων κινδύνου για την εμφάνιση καρδιαγγειακής νόσου (CVD) είναι πλέον εδραιωμένος. Οι αλλαγές στον τρόπο ζωής (όπως η άσκηση και η υιοθέτηση μιας σωστής διατροφής) παραμένουν ο ακρογωνιαίος λίθος της διαχείρισης των διαταραχών των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών, και δικαιολογούνται τόσο στην πρωτογενή όσο και στην δευτερογενή πρόληψη (Enkhmaa et al., 2018).

Η φυσική δραστηριότητα φαίνεται να επηρεάζει τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου (CVD) μέσω ευεργετικών επιδράσεων σε διάφορους καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου, όπως η λιπώδης μάζα, η ινσουλινοαντίσταση και ο διαβήτης ΙΙ, η αρτηριακή πίεση, τα λιπίδια του αίματος, η ενδοθηλιακή λειτουργία, η αιμόσταση και ή φλεγμονή. (Bassuk et al., 1985). Στην Women's Health Study, αυτοί οι παράγοντες εξήγησαν το 59% της παρατηρούμενης αντίστροφης σχέσης μεταξύ της φυσικής δραστηριότητας και της εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου παρακολούθησης 11 ετών (Mora et al., 2007)**.** Αξιοσημείωτο είναι ότι μεταξύ των γυναικών, οι παραδοσιακοί και οι νέοι (Lp (a), apoA1, και B-100) δείκτες των λιπιδίων του αίματος και των λιποπρωτεϊνών συνέβαλαν στη μείωση του κινδύνου κατά 19% και 16%, αντίστοιχα.

Μια έκθεση του 1999 για τη Women's Health Study εξέτασε τη συσχέτιση μεταξύ των συνολικών εκδηλώσεων καρδιαγγειακού νοσήματος και φυσικής δραστηριότητας σε >72.000 νοσηλεύτριες (ηλικιακή ομάδα: 40 έως 65 ετών)**.** Υπήρξε μια ισχυρή αντίστροφη κλίση μεταξύ της ενεργειακής δαπάνης μέσω φυσικής δραστηριότητας και των εκδηλώσεων καρδιαγγειακού νοσήματος. Όταν οι γυναίκες ομαδοποιήθηκαν σε πεμπτημόρια από ανενεργές σε πολύ δραστήριες με βάση την αυτοαναφερόμενη φυσική δραστηριότητα, η εμφάνισης ενός καρδιαγγειακού συμβάντος μειώθηκε κατά 23%, 35%, 46% και 54%, αντίστοιχα. Μετά από πολυπαραγοντικές προσαρμογές (δηλαδή οικογενειακό ιστορικό, ηλικία, κάπνισμα, υπερχοληστερολαιμία, θεραπεία με ασπιρίνη και BMI), η σχέση παρέμεινε ισχυρή. Αυτή η μελέτη έδειξε ότι οι γυναίκες που περπατούσαν για περισσότερο από 150 λεπτά / εβδομάδα είχαν μείωση κατά 35% όσο αφορά τα καρδιαγγειακά συμβάντα σε σύγκριση με εκείνες που περπατούσαν σπάνια (Manson et al., 1999).

Τι επίδραση έχει η άσκηση αντιστάσεων στο λιπιδαιμικό προφίλ

Η άσκηση αντιστάσεων μπορεί να έχει τόσο άμεσες όσο και χρόνιες ευεργετικές επιδράσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ.

Μια μελέτη του 2010 από την Lira και τους συνεργάτες της εξέτασε τις επιδράσεις της άσκησης αντιστάσεων διαφορετικών φορτίων στο λιπιδαιμικό προφίλ σε υγιείς, ανεκπαίδευτους άντρες (n = 30). Τα άτομα τυχαιοποιήθηκαν σε τέσσερις ομάδες έντασης (50% -1 RM, 75% -1 RM, 90% -1 RM και 110% -1 RM) και τα λιπίδια του αίματος αξιολογήθηκαν σε ηρεμία και 1, 24, 48 και 72 ώρες μετά από την άσκηση αντιστάσεων. Ο συνολικός όγκος της άσκησης εξισορροπήθηκε μεταξύ των ομάδων για να εξασφαλιστεί ότι η ένταση ήταν ο συντελεστής που αξιολογείται. Η ομάδα που

εκτέλεσε στο 75% της μέγιστης επανάληψης είχε την μεγαλύτερη μείωση στα τριγλυκερίδια έναντι των άλλων. Η ομάδα που εκτέλεσε στο 110% της μέγιστης επανάληψης παρουσίασε αυξημένη συγκέντρωση τριγλυκεριδίων έναντι των ομάδων 50% και 75%. Η HDL χοληστερόλη αυξήθηκε σημαντικά μετά την άσκηση αντιστάσεων στις ομάδες 50% -1 RM και 75% -1 RM έναντι της ομάδας 110% -1 RM. Η ομάδα που εκτέλεσε στο 50% της μέγιστης επανάληψης εμφάνισε χαμηλότερη συγκέντρωση LDL χοληστερόλης σε σχέση με την ομάδα 110% μετά από 24 ώρες. Το συμπέρασμα ήταν ότι η οξεία άσκηση αντιστάσεων μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ με τρόπο που σχετίζεται με συγκεκριμένη ένταση και οι χαμηλές και μέτριες εντάσεις άσκησης αντιστάσεων φαίνεται να προάγουν περισσότερα οφέλη στο λιπιδαιμικό προφίλ σε σχέση την άσκηση αντιστάσεων υψηλής έντασης (Lira et al., 2010).

Όσον αφορά τις χρόνιες επιδράσεις αρκετές μελέτες σε διαφορετικούς πληθυσμούς έχουν αναδείξει τον ευεργετικό της ρόλο στα επίπεδα λιπιδίων του αίματος.

Σε υγιείς προεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (n = 24) με καθιστικό τρόπο ζωής, ο Prabhakaran και οι συνεργάτες του διερεύνησαν την επίδραση ενός εντατικού προγράμματος με ασκήσεις αντιστάσεων για διάστημα 14 εβδομάδων (3 φορές / εβδομάδα, ~ 50 λεπτά / συνεδρία στο 85% της μέγιστης επανάληψης, 1 RM) στο λιπιδαιμικό προφίλ (Prabhakaran et al, 1999)**.** Σε σύγκριση με τις αρχικές τιμές, οι λόγοι TG/HDL-C, LDL-C/HDL-C και TC/HDL-Cμειώθηκε σημαντικά, αλλά δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στις συγκεντρώσεις των τριγλυκεριδίων και της HDL χοληστερόλης.

Σε ηλικιωμένες γυναίκες (70-87 ετών), οι οποίες ήταν δραστήριες αλλά δεν έκαναν συστηματικά κάποιο είδος οργανωμένης άσκησης, η παρέμβαση με ασκήσεις αντιστάσεων στο πλαίσιο κλινικής δοκιμής, διάρκειας 10 εβδομάδων αύξησε την HDL χοληστερόλη και μείωσε τα τριγλυκερίδια σε σύγκριση με τις αρχικές τιμές (Fahlman et al., 2002). Σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, η ομάδα παρέμβασης είχε σημαντικά χαμηλότερη LDL χοληστερόλη και τριγλυκερίδια μετά το πρωτόκολλο με άσκηση αντιστάσεων. Αξιοσημείωτο είναι ότι το σωματικό βάρος και η διατροφή παρέμειναν αμετάβλητα μεταξύ των ομάδων.

Πρόσφατη μελέτη από τον Vatani και τους συνεργάτες του εξέτασε τις επιδράσεις της άσκησης αντιστάσεων με μέτρια ένταση (45-55% 1 RM) και υψηλή ένταση (80-90% 1 RM) σε υγιείς νέους άνδρες (n = 30, 3 συνεδρίες / εβδομάδα) για χρονικό διάστημα 6 εβδομάδων (Sheikholeslami et al., 2011). Και στις δύο ομάδες μειώθηκαν σημαντικά ο λόγος των τριγλυκεριδίων, της LDL χοληστερόλης και της ολικής χοληστερόλης / HDL χοληστερόλης, χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, υποδηλώνοντας περιορισμένα πρόσθετα οφέλη από την αύξηση της έντασης της άσκησης αντιστάσεων στο λιπιδαιμικό προφίλ. Είναι ενδιαφέρον ότι η συγκέντρωση της HDL χοληστερόλης βρέθηκε να αυξάνεται σημαντικά μόνο στην ομάδα υψηλής έντασης. Προηγούμενες παρατηρήσεις, ωστόσο, έδειξαν ότι η HDL χοληστερόλη είναι πιθανό να είναι η πρώτη απόκριση του λιπιδαιμικού προφίλ στην φυσική δραστηριότητα και την άσκηση, ακόμη και σε χαμηλές εντάσεις δραστηριότητας (Kesaniemi et al., 2001)**.**

Μια άλλη έρευνα από τον Arnarson και τους συνεργάτες του σε ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες (n = 236, μέση ηλικία: 74 έτη), μελέτησε τις αποκρίσεις των λιπιδίων του αίματος σε άσκηση αντιστάσεων (3 φορές / εβδομάδα, 3 σετ, 6-8 επαναλήψεις στο 75-80% του 1 RM) που διήρκησε 12 εβδομάδες (Arnarson et al., 2014). Οι συγκεντρώσεις των τριγλυκεριδίων, της HDL χοληστερόλης, της LDL χοληστερόλης και της ολικής χοληστερόλης μειώθηκαν σημαντικά, μετά το τέλος του πρωτοκόλλου. Οι μειώσεις στη λιπώδη μάζα καθώς και η αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας ήταν παράγοντες πρόβλεψης των μειώσεων των τριγλυκεριδίων.

Συμπερασματικά, φαίνεται πως η άσκηση αντιστάσεων μπορεί να βελτιώσει αποτελεσματικά το λιπιδαιμικό προφίλ. Τι επίδραση έχει, όμως, η έκκεντρη άσκηση, που αποτελεί μια διακριτή κατηγορία της άσκησης αντιστάσεων, στο λιπιδαιμικό προφίλ.

Μια πρόσφατη μελέτη σε πληθυσμό ηλικιωμένων ατόμων προσπάθησε να αξιολογήσει την επίδραση της έκκεντρης άσκησης σε σχέση με την ομόκεντρη σε δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ και πραγματοποιήθηκε από τον Chen και τους συνεργάτες του το 2017. Σε αυτή την έρευνα συμμετείχαν 26 υγιείς ηλικιωμένοι άντρες (60-76 ετών) οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και εκτέλεσαν 30-60 έκκεντρες ή ομόκεντρες συσπάσεις σε μηχάνημα έκτασης ποδιού με συχνότητα μια φορά ανά εβδομάδα. Η ένταση της άσκησης αυξανόταν προοδευτικά για διάστημα 12 εβδομάδων και οι δείκτες συλλέχθηκαν πριν και τέσσερις μέρες μετά την προπονητική περίοδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερες (και στατιστικά σημαντικές) διαφορές στα τριγλυκερίδια, στην ολική και LDL χοληστερόλη και μεγαλύτερη αύξηση στην HDL χοληστερόλη μετά το χρονικό διάστημα έκκεντρης προπόνησης σε σχέση με την ομόκεντρη προπόνηση. Πιο συγκεκριμένα, η ποσοστιαία μείωση των τριγλυκεριδίων ήταν 16%, της ολικής χοληστερόλης 8%, της LDL χοληστερόλης 7% και η αύξηση της HDL χοληστερόλης ήταν 12% μετά από 12 εβδομάδες έκκεντρης προπόνησης σε υγιείς ηλικιωμένους άντρες (Chen et al., 2017).

Μια άλλη έρευνα, μελέτησε την επίδραση της χρόνιας έκκεντρης άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ, έπειτα από συμπληρωματική χορήγηση αντιοξειδωτικών. Οι 16 νέοι υγιείς άντρες που τυχαιοποιήθηκαν στην ομάδα εικονικού φαρμάκου και στην ομάδα παρέμβασης είχαν όλοι θετικές μεταβολές στο λιπιδαιμικό προφίλ τους, έπειτα από 5 εβδομάδες έκκεντρης άσκησης. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι για να παρατηρηθούν θετικές αλλαγές στο λιπιδαιμικό προφίλ η διάρκεια της έκκεντρης προπόνησης θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 εβδομάδες. Επίσης, βρήκαν ότι η συμπληρωματική χορήγηση αντιοξειδωτικών δεν επηρέασε τις μεταβολές του λιπιδαιμικού προφίλ των εθελοντών (Yfanti et al., 2017).

Το πρωτόκολλο που παρουσιάστηκε στην παρούσα έρευνα και αφορούσε 29 νεαρές γυναίκες που χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες και πραγματοποίησαν είτε 3 είτε 6 είτε 9 σετ, 4 έκκεντρων ημικαθισμάτων, υψηλής ταχύτητας με φορτίο 70% της μέγιστης μειομετρικής δύναμης, για διάστημα 10 εβδομάδων (2 προπονητικές μονάδες/ εβδομάδα), έδειξε ότι το λιπιδαιμικό προφίλ μετά το τέλος του προπονητικού πρωτοκόλλου όχι μόνο βελτιώνεται αλλά αυτό γίνεται με δοσοεξαρτώμενο τρόπο. Δηλαδή, όσο αυξάνεται ο όγκος της προπόνησης τόσο

μεγαλύτερες είναι οι βελτιώσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ. Πιο συγκεκριμένα, η ποσοστιαία μείωση της ολικής χοληστερόλης ήταν 4% για την ομάδα των 3 σετ, 11% για την ομάδα των 6 σετ και 17% για την ομάδα των 9 σετ, η μείωση των τριγλυκεριδίων ήταν 9% για την ομάδα των 3 σετ, 16% για την ομάδα των 6 σετ και 18% για την ομάδα των 9 σετ, η αύξηση της HDL χοληστερόλης ήταν 4% για την ομάδα των 3 σετ, 10% για την ομάδα των 6 σετ και 17% για την ομάδα των 9 σετ και η μείωση της LDL χοληστερόλης ήταν 7% για την ομάδα των 3 σετ, 16% για την ομάδα των 6 σετ και 23% για την ομάδα των 9 σετ.

Έτσι, φαίνεται ότι η εφαρμογή 4 γρήγορων έκκεντρων ημικαθισμάτων των 3 ή 6 ή 9 σειρών, 2 φορές την εβδομάδα για 10 εβδομάδες επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις στο λιπιδαιμικό προφίλ νεαρών γυναικών, εύρημα που συμφωνεί και με άλλες μελέτες (Drexel et al., 2008, Paschalis et al., 2011). Ωστόσο, υπάρχει μια σημαντική δοσοεξαρτώμενη σχέση μεταξύ του όγκου προπόνησης και των ασκησιογενών μεταβολών των λιπιδικών συγκεντρώσεων, με τις μεγαλύτερες βελτιώσεις να εμφανίζονται έπειτα από την πραγματοποίηση αυξημένου όγκου προπόνησης (9σειρές χ 4 επαν./ Προπονητική Μονάδα).

Οπότε, είναι σημαντικό να προσπαθήσουμε να ερμηνεύσουμε τον λόγο για τον οποίο, αρχικά βελτιώνεται το λιπιδαιμικό προφίλ και έπειτα να απαντήσουμε στο γιατί αυτές οι αλλαγές επηρεάζονται με δοσοεξαρτώμενο τρόπο από τον όγκο της προπόνησης.

Αρχικά, η οξεία επίδραση της έκκεντρης άσκησης σε μη εκπαιδευμένα άτομα μπορεί να τροποποιήσει σημαντικά τη χρήση του μεταβολικού υποστρώματος, αυξάνοντας την οξείδωση του λίπους μετά την άσκηση κατά 13% ενώ μειώνεται η οξείδωση της γλυκόζης, κάτι που δεν συμβαίνει μετά την ομόκεντρη άσκηση στην ίδια ισχύ (Paschalis et al., 2011).

Αυτή η τροποποίηση των ποσοστών οξείδωσης υποστρωμάτων σε απάντηση στην έκκεντρη άσκηση μπορεί να οφείλεται σε συγκεκριμένη επίδραση της έκκεντρης άσκησης στο μεταβολισμό των μυών (Julian et. al., 2018). Λαμβάνοντας υπόψη την σύσταση των τύπων των μυϊκών ινών έχει σημειωθεί εκτενώς, μεγαλύτερη αύξηση του τύπου ΙΙ σε σύγκριση με τις μυϊκές ίνες τύπου Ι σε ανθρώπους μετά από έκκεντρη άσκηση (Hortobágyi and DeVita, 2000, Paddon-Jones et al., 2001; Friedmann-Bette et al., 2010; Douglas et al., 2017), με μετατόπιση των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ, από ΙΙx σε ΙΙa. Σύμφωνα με τον Hody και τους συνεργάτες του, η αναλογία ινών τύπου Ι και ΙΙa αυξάνεται σημαντικά σε σύγκριση με τις ίνες τύπου ΙΙx ή ΙΙb. Χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση πρωτεωμικής ανάλυσης σε ανθρώπους που εκτέλεσαν πέντε συνεδρίες έκκεντρης άσκησης, παρατηρήθηκε μείωση σε αρκετά γλυκολυτικά ένζυμα σε συνδυασμό με χαμηλότερη έκφραση των ταχέων ισομορφών ορισμένων συσταλτικών και δομικών πρωτεϊνών, γεγονός που υποδηλώνει ότι η έκκεντρη προπόνηση μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερο οξειδωτικό μεταβολισμό (Hody et. al., 2011).

Η υπόθεση ενός υψηλότερου οξειδωτικού μυϊκού φαινοτύπου υποστηρίζεται και από τις αναλύσεις αίματος. Σε απροπόνητα άτομα, τόσο οι οξείες όσο και οι

χρόνιες επιδράσεις της έκκεντρης άσκησης ευνοούν τη μείωση των επιπέδων των τριακυλογλυκερολών (TAG), της LDL χοληστερόλης και της ολικής χοληστερόλης, ενώ παρατηρούνται βελτιωμένα επίπεδα της HDL χοληστερόλης(Paschalis et. al., 2011), γεγονός που αποδεικνύεται και από το δικό μας πρωτόκολλο.

Αυτή η βελτίωση στο λιπιδαιμικό προφίλ μπορεί να σχετίζεται με την αυξημένη ζήτηση των μυϊκών κυττάρων για υποστρώματα λιπαρών οξέων (που προέρχονται από TAGs και LDL χοληστερόλη της κυκλοφορίας του αίματος) ως πηγή ενέργειας κατά την διάρκεια της άσκησης, αλλά και για την αναπλήρωση των μυϊκών φωσφολιπιδίων και των αποθεμάτων τριακυλογλυκερολών με λιπαρά οξέα για την αναδόμηση των κατεστραμμένων μυϊκών κυττάρων μετά από την έκκεντρη άσκηση (Drexel et al., 2008). Επίσης, είναι πιθανό τα μειωμένα επίπεδα TAG που παρατηρούνται τις μέρες μετά την έκκεντρη άσκηση να οφείλονται και στη αυξημένη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας (Julian et al., 2018). Οι συγκεντρώσεις των τριακυλογλυκερολών στο πλάσμα μειώνονται επίσης από την αύξηση της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης, η οποία δρα στα σωματίδια λιποπρωτεϊνών που διέρχονται από τα τριχοειδή αγγεία και απελευθερώνει ελεύθερα λιπαρά οξέα. Αυτά μπορεί να ληφθούν από τους μύες και στη συνέχεια να εστεροποιηθούν σε φωσφολιπίδια και ενδομυϊκά TAGs, ή να οξειδωθούν στα μιτοχόνδρια (Nikolaidis et. al., 2008). Έτσι, η βελτίωση στα προφίλ των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών μπορεί να ενισχυθεί από την αύξηση της ταχύτητας οξείδωσης λιπιδίων που περιγράφηκε προηγουμένως μετά από οξεία και χρόνια έκκεντρη άσκηση (Paschalis et al., 2011).

Η αύξηση της HDL χοληστερόλης μετά από έκκεντρη άσκηση μπορεί να οφείλεται επίσης στην αυξημένη δραστηριότητα της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης και της μείωσης των επιπέδων των τριακυλογλυκερολών που προκαλεί. Αυτό με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη μεταφορά τριγλυκεριδίων στην HDL χοληστερόλη, με τελικό αποτέλεσμα την αύξηση της (Frayn, 2003).

Η εξήγηση για την δοσοεξαρτώμενη μεταβολή στους δείκτες του λιπιδαιμικού προφίλ είναι πιθανόν να συνδέεται και με το γεγονός ότι οι γυναίκες που αύξησαν σε μεγαλύτερο βαθμό την άλιπη μάζα τους είχαν και τις υψηλότερες μεταβολές στο λιπιδαιμικό προφίλ τους. Άλλες έρευνες, όμως, δεν φαίνεται να έχουν εξετάσει το συγκεκριμένο ζήτημα.

Η άλλη παράμετρος που μελετήθηκε είναι αν και κατά πόσο η διατροφική πρόσληψη των συμμετεχόντων μπορεί να επηρεάσει τις μεταβολές του λιπιδαιμικού προφίλ μετά από έκκεντρη άσκηση. Οι εθελόντριες κλήθηκαν να συμπληρώσουν 3 ανακλήσεις 24-ώρου πριν και 3 ανακλήσεις 24-ώρου μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. Αρχικά, να σημειώσουμε πως δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές αλλαγές στην διατροφική πρόσληψη πριν και μετά την έκκεντρη άσκηση, γεγονός που μας δείχνει ότι η διατροφή των εθελοντριών δεν μεταβλήθηκε κατά την διάρκεια του πρωτοκόλλου.

Επίσης, δεν βρέθηκε κάποιο διατροφικό μακρο- ή μικρο- θρεπτικό συστατικό το οποίο να επηρεάζει στατιστικά σημαντικά την μεταβολή των δεικτών του λιπιδαιμικού προφίλ. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι το ερέθισμα της

άσκησης στο λιπιδαιμικό προφίλ είναι πολύ πιο έντονο από την οποιαδήποτε επίδραση της διατροφής. Επιπροσθέτως, μπορεί το δείγμα που μελετήθηκε η επίδραση των διατροφικών συνηθειών να μην είναι το πλέον κατάλληλο δεδομένου ότι δεν υπήρχε μεγάλη διακύμανση στις διατροφικές συνήθειες των εθελοντριών ενώ παράλληλα το δείγμα της μελέτης ήταν μικρό για τέτοιου είδους ανάλυση. Διακρίθηκε, όμως, μια τάση μεταξύ της ποσοστιαίας πρόσληψης πρωτεΐνης (% PRO Total) και την ποσοστιαία μεταβολή της ολικής χοληστερόλης (r=-0,35, p=0,057) και των τριγλυκεριδίων (r=-0,36, p=0,053). Κάτι όμως που δεν είναι στατιστικά σημαντικό και γίνεται ακόμα πιο αδιόρατη αυτή η σχέση όταν υπολογίζεται η πρόσληψη πρωτεΐνης ανά κιλό άλιπης μάζας σώματος.

Έτσι, δεν μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποιο τελικό συμπέρασμα όσο αφορά την διατροφική πρόσληψη και την επίδραση της στην μεταβολή του λιπιδαιμικού προφίλ έπειτα από έκκεντρη άσκηση. Η έλλειψη ερευνών πάνω στο συγκεκριμένο ζήτημα φανερώνει ένα ερευνητικό κενό και η μελέτη μας έδειξε πως δεν υπήρχε σημαντική σχέση μεταξύ της διατροφής και της μεταβολής του λιπιδαιμικού προφίλ, έπειτα από πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης.

Σημαντικό για την ερμηνεία των αποτελεσμάτων μας, είναι να αναφέρουμε και τους περιορισμούς που είχε η συγκεκριμένη μελέτη. Οι πιο βασικοί από αυτούς είναι ότι το δείγμα δεν είναι αρκετά μεγάλο για να έχουμε την μέγιστη ακρίβεια την διατροφική ανάλυση. Επίσης, δεν υπήρχε μεγάλη διακύμανση στην διατροφική πρόσληψη μεταξύ των συμμετεχόντων. Ένας άλλος περιορισμός είναι ότι το δείγμα αποτελούταν αποκλειστικά από γυναίκες, οπότε η ερμηνεία των αποτελεσμάτων αφορά το συγκεκριμένο φύλο. Τέλος, οι συγκεκριμένες γυναίκες είχαν συγκεκριμένο ηλικιακό εύρος.

Βιβλιογραφία

Franchi MV, Reeves ND and Narici MV (2017) Skeletal Muscle Remodeling in Response to Eccentric vs. Concentric Loading: Morphological, Molecular, and Metabolic Adaptations. Front. Physiol. 8:447.

Roig, K O'Brien, G Kirk, et al. (2008) The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. Br J Sports Med 2009 43: 556-568

Konow, N., and Roberts, T. J. (2015). The series elastic shock absorber: tendon elasticity modulates energy dissipation by muscle during burst deceleration. Proc. Biol. Sci. 282:20142800.

Hoppeler, H. (2014). *Eccentric Exercise: Physiology and Application in Sport and Rehabilitation*.

Fenn WO. The relation between the work performed and the energy liberated in muscular contraction. (1924) J Physiol 1924;58:373–95.

Nishikawa KC, Lindstedt SL, LaStayo PC, Review: Basic science and clinical use of eccentric contractions: History and uncertainties (2018) Journal of Sport and Health Science 7 265-274

Abbott BC, Bigland B, Ritchie JM. The physiological cost of negative work.
J Physiol 1952;117:380–90.

Gordon, A. M., Huxley, A. F., and Julian, F. J. (1966). The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. *J. Physiol.* 184, 170–192.

Huxley, A. F., and Simmons, R. M. (1971). Proposed mechanism of force generation in striated muscle. *Nature* 233, 533–538

Hill, A. V (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 126, 136–195.

Katz, B. (1939). The relation between force and speed in muscular contraction. *J. Physiol.* 45–64.

Huxley, A. F. (1957). Muscle structure and theories of contraction. *Prog. Biophys. Biophys. Chem.* 7, 255–318.

Rome, L. C., Cook, C., Syme, D. A., Connaughton, M. A., Ashley-Ross, M., Klimov, A., et al. (1999). Trading force for speed: why superfast crossbridge kinetics leads to superlow forces. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 96, 5826–5831.

Rayment, I., Holden, H. M., Whittaker, M., Yohn, C. B., Lorenz, M., Holmes, K. C., et al. (1993). Structure of the actin-myosin complex and its implications for muscle contraction. *Science* 261, 58–65.

VanBuren, P., Waller, G. S., Harris, D. E., Trybus, K. M., Warshaw, D. M., and Lowey, S. (1994). The essential light chain is required for full force production by skeletal muscle myosin. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 91, 12403–12407.

Jones, D. A., Round, J. M., and de Haan, A. (2004). *Skeletal Muscle from Molecules to Movement: A Textbook of Muscle Physiotherapy for Sport, Exercise and Physiotherapy*. Churchill Livingstone.

Lombardi, V., and Piazzesi, G. (1990). The contractile response during steady lengthening of stimulated frog muscle fibres. *J. Physiol.* 431, 141–171

Amiridis, I. G., Martin, A., Morlon, B., Martin, L., Cometti, G., Pousson, M., et al. (1996). Co-activation and tension-regulating phenomena during isokinetic knee extension in sedentary and highly skilled humans. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 73, 149–156

Babault, N., Pousson, M., Ballay, Y., and Van Hoecke, J. (2001). Activation of human quadriceps femoris during isometric, concentric, and eccentric contractions. *J. Appl. Physiol.* 91, 2628–2634.

Beltman, J. G. M., Sargeant, A. J., van Mechelen, W., and de Haan, A. (2004). Voluntary activation level and muscle fiber recruitment of human quadriceps during lengthening contractions. *J. Appl. Physiol.* 97, 619–626.

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., Halkjaer- Kristensen, J., and Dyhre-Poulsen, P. (2000). Neural inhibition during maximal isometric strength. *J. Sports Sci.* 24, 501–508

Westing, S. H., Seger, J. Y., Karlson, E., and Ekblom, B. (1988). Eccentric and concentric torque-velocity characteristics of the quadriceps femoris in man. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 58, 100–104.

Schoenfeld, BJ, Ogborn, DI, Vigotsky, AD, Franchi, MV, and Krieger, JW. Hypertrophic effects of concentric vs. eccentric muscle actions: A systematic review and meta-analysis. (2017) J Strength Cond Res 31(9): 2599–2608

Farthing, JP and Chilibeck, PD. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. (2003) Eur J Appl Physiol 89: 578–586.

Friedmann, B, Kinscherf, R, Vorwald, S, Muller, H, Kucera, K, Borisch, S, Richter, G, Bartsch, P, and Billeter, R. Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload. (2004) Acta Physiol Scand 182: 77–88.

Higbie, EJ, Cureton, KJ, Warren, GL III, and Prior, BM. Effects of concentric and eccentric raining on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. (1996) J Appl Physiol (1985) 81: 2173–2181.

Norrbrand, L, Fluckey, JD, Pozzo, M, and Tesch, PA. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. (2008) Eur J Appl Physiol 102: 271–281, 2008

Hather, BM, Tesch, PA, Buchanan, P, and Dudley, GA. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. (1991) Acta Physiol Scand 143: 177–185.

Bamman, MM, Shipp, JR, Jiang, J, Gower, BA, Hunter, GR, Goodman, A, McLafferty, CL Jr, and Urban, RJ. Mechanical load increases muscle IGF-I and androgen receptor mRNA concentrations in humans. (2001) Am J Physiol Endocrinol Metab 280: E383–E390.

Erling Asmussen. Positive and Negative Muscular Work. (1953 Laboratory for Theory of Gymnastics, University of Copenhagen.

Franchi, MV, Atherton, PJ, Reeves, ND, Fluck, M, Williams, J, Mitchell, WK, Selby, A, Beltran Valls, RM, and Narici, MV. Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. (2014) Acta Physiol (Oxf) 210: 642–654.

Farup, J, Rahbek, SK, Vendelbo, MH, Matzon, A, Hindhede, J, Bejder, A, Ringgard, S, and Vissing, K. Whey protein hydrolysate augments tendon and muscle hypertrophy independent of resistance exercise contraction mode. (2014) Scand J Med Sci Sports 24: 788–798.

Kim, SY, Ko, JB, Farthing, JP, and Butcher, SJ. Investigation of supraspinatus muscle architecture following concentric and eccentric training. (2015) J Sci Med Sport 18: 378–382.

Trevor C. CHEN, Chung-Chan Hsieh, Kuo-Wei Tseng, Chih-Chiao Ho, and Kazunori Nosaka. Effects of Descending Stair Walking on Health and Fitness of Elderly Obese Women (2017) American College of Sports Medicine

Flann KL, LaStayo PC, McClain DA, Hazel M, Lindstedt SL. Muscle damage and muscle remodeling: no pain, no gain? (2011) J Eep Biol 214(Pt 4):674-679.

Vogt M, Hoppeler HH. Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. (2014) *J Appl Physiol* 116: 1446–1454.

Jindrich DL, Besier TF, Lloyd DG**.** A hypothesis for the function of braking forces during running turns. (2006) *J Biomech* 39: 1611–1620.

Berg HE, Eiken O, Tesch PA. Involvement of eccentric muscle actions in giant slalom racing. (1995) *Med Sci Sports Exerc* 27: 1666–1670.

Issurin V. Block periodization versus traditional training theory: a review. (2008) *J Sports Med Phys Fitness* 48: 65–75.

Wilson JM, Flanagan EP. The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. (2008) *J Strength Cond Res* 22: 1705–1715.

Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigen- baum MS, Fleck SJ, Franklin B, Fry AC, Hoffman JR, Newton RU, Potteiger J, Stone MH, Ratamess NA, Triplett-McBride T**.** American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resis- tance training for healthy adults. (2002) *Med Sci Sports Exerc* 34: 364 –380.

Guilhem G, Cornu C, Guevel A. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. (2010) *Ann Phys Rehabil Med* 53: 319 – 341.

Cowell JF, Cronin J, Brughelli M. Eccentric muscle actions and how the strength and conditioning specialist might use them for a variety of purposes. (2012) *Strength Cond J* 34: 33–48.

Isner-Horobeti ME, Dufour SP, Vautravers P, Geny B, Coudeyre E, Richard R. Eccentric exercise training: modalities, applications and perspectives. (2013) *Sports Med* 43: 483–512.

Elmer SJ, Danvind J, Holmberg HC. Development of a novel eccentric arm cycle ergometer for training the upper body. (2013) *Med Sci Sports Exerc* 45: 206 –211.

Elmer SJ, Martin JC**.** Construction of an isokinetic eccentric cycle ergometer for research and training. (2013) *J Appl Biomech* 29: 490–495.

Vogt M, Hoppeler H. Eccentric exercise in Alpine skiing. In: *Science and Skiing IV*, edited by Muller E., Lindinger, S., Stoeggl, T. Meyer and Meyer, 2009.

Hoppeler H (2016) Moderate Load Eccentric Exercise; A Distinct Novel Training Modality. Front. Physiol. 7:483.

Wagle, Christopher B. Taber, Aaron J. Cunanan, Garett E. Bingham, Kevin M. Carroll, Brad H. DeWeese, Kimitake Sato, and Michael H. Stone. Accentuated Eccentric Loading for Training and Performance: A Review. (2017) Springer International Publishing AG

Sheppard JM, Hobson S, Barker M, Taylor K, Chapman D, McGuigan M, Newton R. The effect of training with accentuated eccen- tric load counter-movement jumps on

strength and power characteristics of high-performance volleyball players. (2008) *Int J Sports Sci Coaching* 3: 355– 363.

Sheppard JM, Young K. Using additional eccentric loads to increase concentric performance in the bench throw. (2010) *J Strength Cond Res* 24: 2853–2856.

LaStayo PC, Woolf JM, Lewek MD, Snyder-Mackler L, Reich T, Lindstedt SL. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. (2003) *J Orthop Sports Phys Ther* 33: 557–571.

LaStayo P, Marcus R, Dibble L, Frajacomo F & Lindstedt S. Eccentric exercise in rehabilitation: safety, feasibility, and application. (2014) *J Appl Physiol (1985)* 116, 1426– 1434.

Dibble LE, Hale T, Marcus RL, Gerber JP, Lastayo PC. The safety and feasibility of high-force eccentric resistance exercise in persons with Parkinson's disease. (2006) *Arch Phys Med Rehabil* 87: 1280–1282.

Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT, Lastayo PC. Safety, feasibility, and efficacy of negative work exercise via eccentric muscle activity following anterior cruciate ligament reconstruction. (2007) *J Orthop Sports Phys Ther* 37: 10–18.

Lastayo PC, Larsen S, Smith S, Dibble L, Marcus R. The feasibility and efficacy of eccentric exercise with older cancer survivors: a prelim- inary study. (2010) *J Geriatr Phys Ther* 33: 135–140.

LaStayo PC, Ewy GA, Pierotti DD, Johns RK, Lindstedt S. The positive effects of negative work: increased muscle strength and de- creased fall risk in a frail elderly population. (2003) *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58: M419–M424.

Lastayo PC, Reich TE, Urquhart M, Hoppeler H, Lindstedt SL. Chronic eccentric exercise: improvements in muscle strength can occur with little demand for oxygen. (1999) *Am J Physiol* 276: R611–R615.

Laroche D, Joussain C, Espagnac C, Morisset C, Tordi N, Gremeaux V, Casillas JM. Is it possible to individualize intensity of eccentric cycling exercise from perceived exertion on concentric test? (2012) *Arch Phys Med Rehabil* pii: S0003–S9993.

Drexel, H., Saely, C. H., Langer, P., Loruenser, G., Marte, T., Risch, L., et al. Metabolic and anti-inflammatory benefits of eccentric endurance exercise - a pilot study. (2008) *Eur J Clin Invest, 38*(4), 218-226.

Paschalis, V., Nikolaidis, M. G., Theodorou, A. A., Panayiotou, G., Fatouros, I. G., Koutedakis, Y., et al. A Weekly Bout of Eccentric Exercise is sufficient to Induce Health-Promoting Effects. (2011) Med Sci Sports Exerc, 43, 64- 73.

Chen TC-C, Tseng W-C, Huang G-L, Chen H-L, Tseng K-W and Nosaka K. Superior Effects of Eccentric to Concentric Knee Extensor Resistance Training on Physical Fitness, Insulin Sensitivity and Lipid Profiles of Elderly Men. (2017) Front. Physiol. 8:209.

Smith, L. L., Fulmer, M. G., Holbert, D., McCammon, M. R., Houmard, J. A., Frazer. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. (1994) Br J Sports Med, 28(4), 267-271.

Shahbazpour, N., Carroll, T. J., Riek, S., & Carson, R. (2004). Early alterations in serum creatine kinase and total cholesterol following high intensity eccentric muscle actions. *JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS*, *44*(2), 193-199.

Paschalis, V., Nikolaidis, M. G., Giakas, G., Theodorou, A. A., Sakellariou, G. K., Fatouros, I. G., et al. Beneficial changes in energy expenditure and lipid profile after eccentric exercise in overweight and lean women. (2010) *Scand J Med Sci Sports, 20*(1), e103-111.

Hortobágyi, T., and DeVita, P. Favorable neuromuscular and cardiovascular responses to 7 days of exercise with an eccentric overload in elderly women. (2000) *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 55, B401–B410.

Paddon-Jones, D., Leveritt, M., Lonergan, A., and Abernethy, P. Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. (2001) *Eur. J. Appl. Physiol.* 85, 466–471.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., and McGuigan, M. Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. (2017) *Sports Med.* 47, 917–941.

Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., et al. Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. (2010) *Eur. J. Appl. Physiol.* 108, 821–836.

Hody, S., Leprince, P., Sergeant, K., Renaut, J., Croisier, J.-L., Wang, F., et al. Human muscle proteome modifications after acute or repeated eccentric exercises. (2011) *Med. Sci. Sports Exerc.* 43, 2281–2296.

Julian V, Thivel D, Costes F, Touron J, Boirie Y, Pereira B, Perrault H, Duclos M and Richard R. Eccentric Training Improves Body Composition by Inducing Mechanical and Metabolic Adaptations: A Promising Approach for Overweight and Obese Individuals. (2018) Front. Physiol. 9:1013.

Frayn, K. N. The glucose-fatty acid cycle: a physiological perspective. (2003) *Biochem. Soc. Trans.* 31, 1115–1119.

Gurr, M., Harwood, J., & Frayn, K. Lipids in cellular structures. (2002)*Oxford: Blackwell, 5th edn*, 286–297.

Friden, J., Sjostrom, M., & Ekblom, B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. (1983) *Int J Sports Med, 4*(3), 170-176.

Bogdanis G, Tsoukos A, Brown L et al. Muscle fiber and performance changes after fast eccentric complex training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2018;50(4):729-38.

Terzis G, Spengos K, Methenitis S, Aagaard P, Karandreas N, Bogdanis G. Early phase interference between low-intensity running and power training in moderately trained females. *European Journal of Applied Physiology*. 2016;116(5):1063-73.

Stasinaki AN, Zaras N, Methenitis S, Bogdanis G, Terzis G. Rate of force development and muscle architecture after fast and slow velocity eccentric training. *Sports*. 2019;7(2):41.

Spiliopoulou P, Zaras N, Methenitis S et al. The effect of concurrent power training and high intensity interval cycling on muscle morphology and performance. *Journal of Strength and Conditioning, 2019*

Panagiotakos, D. B., Pitsavos, C., Arvaniti, F., & Stefanadis, C. (2007). Adherence to the Mediterranean food pattern predicts the prevalence of hypertension, hypercholesterolemia, diabetes and obesity, among healthy adults; the accuracy of the MedDietScore. *Prev Med, 44*(4), 335-340.

Kellis, Eleftherios and Vasilios Baltzopoulos. “Isokinetic Eccentric Exercise.” *Sports Medicine* 19 (1995): 202-222.

Fredrik R. Johansson, Eva Skillgate, Mattis L. Lapauw, Dorien Clijmans, Valentijn P. Deneulin, Tanneke Palmans, Human Kinetic Engineer, and Ann M. Cools (*2015*) Measuring Eccentric Strength of the Shoulder External Rotators Using a Handheld Dynamometer: Reliability and Validity. Journal of Athletic Training: July 2015, Vol. 50, No. 7, pp. 719-725.

Enkhmaa B, Surampudi P, Anuurad E, et al. Lifestyle Changes: Effect of Diet, Exercise, Functional Food, and Obesity Treatment on Lipids and Lipoproteins, NCBI Bookshelf, 2018

Bassuk SS, Manson JE. Epidemiological evidence for the role of physical activity in reducing risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. *J Appl Physiol (1985).* 2005;99(3):1193-1204.

Mora S, Cook N, Buring JE, Ridker PM, Lee IM. Physical activity and reduced risk of cardiovascular events: potential mediating mechanisms. Circulation. 2007;116(19):2110–2118.

Manson JE, Hu FB, Rich-Edwards JW, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Speizer FE, Hennekens CH. A prospective study of walking as compared with vigorous exercise in

the prevention of coronary heart disease in women. The New England journal of medicine. 1999;341(9):650–658.

Prabhakaran B, Dowling EA, Branch JD, Swain DP, Leutholtz BC. Effect of 14 weeks of resistance training on lipid profile and body fat percentage in premenopausal women. British journal of sports medicine. 1999;33(3):190–195.

Fahlman MM, Boardley D, Lambert CP, Flynn MG. Effects of endurance training and resistance training on plasma lipoprotein profiles in elderly women. The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences. 2002;57(2):B54–60.

Lira FS, Yamashita AS, Uchida MC, Zanchi NE, Gualano B, Martins E Jr, Caperuto EC, Seelaender M. Low and moderate, rather than high intensity strength exercise induces benefit regarding plasma lipid profile. Diabetology & metabolic syndrome. 2010;2:31.

Sheikholeslami Vatani D, Ahmadi S, Ahmadi Dehrashid K, Gharibi F. Changes in cardiovascular risk factors and inflammatory markers of young, healthy, men after six weeks of moderate or high intensity resistance training. The Journal of sports medicine and physical fitness. 2011;51(4):695–700.

Kesaniemi YK, Danforth E Jr, Jensen MD, Kopelman PG, Lefebvre P, Reeder BA. Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. Medicine and science in sports and exercise. 2001;33(6) Suppl:S351–358.

Arnarson A, Ramel A, Geirsdottir OG, Jonsson PV, Thorsdottir I. Changes in body composition and use of blood cholesterol lowering drugs predict changes in blood lipids during 12 weeks of resistance exercise training in old adults. Aging clinical and experimental research. 2014;26(3):287–292.

Yfanti, Christina et al. “Chronic Eccentric Exercise and Antioxidant Supplementation: Effects on Lipid Profile and Insulin Sensitivity.” *Journal of sports science & medicine* 16 3 (2017): 375-382 .

Zacharia E, Spiliopoulou P, Methenitis S et al. Changes in muscle power and muscle morphology with different volumes of fast eccentric half-squats. *Sports*. 2019;7(7):16