



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ- ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ

ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ- ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Προπόνηση ισχύος και φλεγμονή – Επίδραση διατροφικών συνηθειών
Διπλωματική Εργασία

Χριστίνα Κοντακιώτη

Αθήνα, 2020



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ- ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ

ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ- ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Τζώρτζης Νομικός (Επιβλέπων)

**Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας- Διατροφής,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

Γεράσιμος Τερζής

**Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και
Αθλητισμού, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών**

Ελισάβετ Φραγκοπούλου

**Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας- Διατροφής,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο**

Η Χριστίνα Κοντακιώτη 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 προσβάλλει 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

Για την παρούσα εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ.Τζώρτζη Νομικό για τη συμβολή του στην ολοκλήρωση της διπλωματικής μου διατριβής αλλά και για τη στήριξη και καθοδήγηση σε όλη την ακαδημαϊκή μου πορεία. Ευχαριστώ πολύ τον κ. Σπύρο Μεθενίτη για την ενεργό παρουσία και τη συμμετοχή του στις ανάγκες της μεταπτυχιακής αυτής εργασίας, καθώς και τους συμφοιτητές μου Κιουρέλλη Μαρία – Κλειώ και Περογιαννάκη Γιώργο για την εξαιρετική συνεργασία. Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ απευθύνω στην οικογένεια μου για την υποστήριξη και κατανόηση καθόλη τη διάρκεια των ακαδημαϊκών μου σπουδών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη στα Ελληνικά.....	8
Περίληψη στα Αγγλικά.....	9
Κατάλογος Πινάκων.....	10
Συντομογραφίες.....	11
Εισαγωγή.....	13
Κεφ.1 Έκκεντρη Άσκηση.....	13
1.1 Ορισμός Έκκεντρης Άσκησης.....	13
1.1.1 Φυσιολογικές Ιδιότητες Έκκεντρης Συστολής.....	13
1.1.2 Μηχανισμός Δράσης Έκκεντρης Συστολής.....	14
1.1.3 Αρνητικές Επιδράσεις μετά την Έκκεντρη Άσκηση –	
Άσκησιογενής Μυική Βλάβη.....	15
1.1.4 Μυικές Προσαρμογές μετά την Πρώτη Εφαρμογή Έκκεντρης	
Άσκησης.....	16
1.2 Πρωτόκολλα Έκκεντρης Άσκησης.....	17
1.2.1 Έκκεντρη «Υπερφόρτωση».....	18
1.2.2 Πλειομετρικές Ασκήσεις – Κύκλος Διάτασης-Σύσπασης.....	19
1.2.3 Μετρίου Φορτίου Έκκεντρη Άσκηση – RENEW.....	19
1.2.4 Τεχνική Παρατεταμένης Έκκεντρης Φάσης – Tempo Eccentric	
Technique.....	20
1.3 Εφαρμογές Έκκεντρης Άσκησης στον Αθλητισμό.....	21
1.3.1 Αθλητική Απόδοση.....	21
1.3.2 Πρόληψη Τραυματισμών.....	22
1.3.3 Αθλητική Αποκατάσταση.....	22
1.4 Εφαρμογές στην Υγεία.....	23
Κεφ.2 Έκκεντρη Άσκηση και Φλεγμονή.....	25
2.1 Οξεία Επίδραση Συνεδρίας Έκκεντρης Άσκησης στη Φλεγμονώδη	
Απόκριση.....	26
2.2 Επίδραση της Μακροχρόνιας Προπόνησης Έκκεντρης Άσκησης στο	
Φλεγμονώδες Προφίλ Αθλητών και Αθλουμένων.....	29
2.3 Μηχανισμοί που Εξηγούν τις Φλεγμονώδεις Αποκρίσεις στην	
Άσκηση.....	31
Κεφ.3 Επίδραση της Διατροφής στη Φλεγμονώδη Απόκριση μετά από	
Έκκεντρη Άσκηση.....	34
3.1 Μακροθρεπτικά Συστατικά.....	34
3.1.1 Πρωτεΐνες.....	34
3.1.2 Υδατάνθρακες.....	35

3.1.3 Συνδυασμός Υδατανθράκων και Πρωτεΐνης.....	36
3.1.4 Ω-3 Λιπαρά Οξέα.....	36
3.2 Διατροφικές Πολυφαινόλες.....	37
3.3 Βιταμίνη D.....	38
3.4 Βιταμίνη C και Βιταμίνη E.....	38
3.5 Τρόφιμα.....	39
3.5.1 Βύσσινο.....	39
3.5.2 Ρόδι.....	40
3.5.3 Μαύρη Σταφίδα.....	40
3.5.4 Γάλα.....	41
4. Σκοπός.....	42
5. Μεθοδολογία.....	43
5.1 Πρωτόκολλο Παρέμβασης.....	43
5.2 Συλλογή Δεδομένων.....	45
5.3 Αξιολόγηση Σύστασης Σώματος.....	46
5.4 Εκτίμηση της Διατροφικής Πρόσληψης.....	46
5.4.1 Ανακλήσεις 24ώρου.....	46
5.4.2 Ερωτηματολόγιο Συχνότητας Κατανάλωσης Τροφίμων.....	47
5.4.3 Αποτίμηση του Βαθμού Υιοθέτησης της Μεσογειακής Διατροφής – MedDietScore.....	49
5.5 Βιοχημικές Μετρήσεις.....	51
5.6 Στατιστική Ανάλυση.....	51
6. Αποτελέσματα.....	52
6.1 Βασικά Χαρακτηριστικά Εθελοντριών.....	52
6.2 Χαρακτηριστικά της Διατροφικής Πρόσληψης των Εθελοντριών στην Αρχή και στο Τέλος της Παρέμβασης.....	54
6.2.1 Ανακλήσεις 24ώρου.....	54
6.2.2 Συχνότητα Κατανάλωσης Τροφίμων και MedDietScore.....	57
6.3 Πρωτόκολλο Έκκεντρης Άσκησης και Επίδραση στη Βασική Κατάσταση Δεικτών Φλεγμονής πριν την Προπόνηση.....	59
6.4 Στοιχεία της Διατροφικής Πρόσληψης των Εθελοντριών και Συσχέτιση με Δείκτες Φλεγμονής.....	61
6.4.1 Συσχέτιση της Διατροφικής Πρόσληψης με Δείκτες Φλεγμονής πριν την Παρέμβαση.....	61
6.4.2 Συσχέτιση των Διατροφικών Χαρακτηριστικών των Εθελοντριών με τις Μεταβολές των Δεικτών Φλεγμονής μετά την Παρέμβαση.....	63
6.4.3 Επίδραση των Διατροφικών Συνηθειών στη Φλεγμονώδη Απόκριση μετά την Πρώτη Συνεδρία Άσκησης.....	66
7. Συζήτηση.....	69

Βιβλιογραφία.....	75
--------------------------	-----------

Περίληψη στα Ελληνικά

Η προπόνηση ισχύος, και συγκεκριμένα η έκκεντρη άσκηση έχει συσχετιστεί με την ανάπτυξη μοναδικών μυικών προσαρμογών όσον αφορά τη λειτουργικότητα, την απόδοση και το συντονισμό κατά την άσκηση, χωρίς οι μηχανισμοί πίσω από τις συγκεκριμένες επιδράσεις να είναι ακόμα ξεκάθαροι. Η έκκεντρη άσκηση έχει επιπλέον χαρακτηριστεί ως ο πιο κοινός παράγοντας ανάπτυξης ασκησιογενούς μυικής βλάβης και φλεγμονώδους απόκρισης σε σχέση με άλλα είδη προπόνησης, η οποία μεσολαβείται μέσω της οργανωμένης δράσης ανοσολογικών και άλλων κυττάρων εντός και εκτός του μυικού ιστού. Οι διατροφικές επιδράσεις στη φλεγμονώδη απόκριση και ακολούθως στη μυική αποκατάσταση και την ανάπτυξη προσαρμογών στο ερέθισμα της άσκησης δεν έχουν επίσης διευκρινιστεί.

Ένα ερευνητικό πρωτόκολλο προπόνησης ισχύος το οποίο έχει ήδη ολοκληρωθεί σε συνεργασία με τη Σχολή Επιστημών Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΕΚΠΑ μελέτησε την επίδραση 10 εβδομάδων έκκεντρης άσκησης στην ανάπτυξη μυικών προσαρμογών σε τριάντα νεαρές αγύμναστες γυναίκες με χρήση τριών διαφορετικών όγκων προπόνησης. Οι γυναίκες κατανεμήθηκαν σε τρεις ισοδύναμες ομάδες και εκτελούσαν 3, 6 ή 9 σετ ταχέων ημι-καθισμάτων σε συνδυασμό με 3 κατακόρυφα άλματα μεταξύ των σετ και με συχνότητα δύο συνεδριών ανά εβδομάδα. Δείγματα αίματος και μυική βιοψία λήφθηκαν πριν και μετά την παρέμβαση των 10 εβδομάδων. Έγινε καταγραφή και αξιολόγηση της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης με χρήση ερωτηματολογίων συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων (FFQ) και ανακλήσεων 24ώρου. Στις εθελόντριες ως δείκτες υποκλινικής φλεγμονής αξιολογήθηκαν ο αριθμός των λευκοκυττάρων (WBC), των λεμφοκυττάρων (LYMP), των κοκκιοκυττάρων (GRAN) και των αιμοπεταλίων (PLT), το ποσοστό λεμφοκυττάρων (%LYMP) και κοκκιοκυττάρων (%GRAN), ο μέσος όγκος αιμοπεταλίων (MPV) και τα επίπεδα της C-αντιδρώσας πρωτεΐνης (CRP) πριν την έναρξη και μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης.

Το πρωτόκολλο έκκεντρης προπόνησης μείωσε σημαντικά τους δείκτες %GRAN και CRP στο χρόνο της παρέμβασης ανεξάρτητα από τον όγκο προπόνησης και δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στις μεταβολές των δεικτών. Οι συσχετίσεις της διατροφικών συστατικών και των ομάδων τροφίμων με τα επίπεδα και τις μεταβολές των δεικτών ήταν ασταθείς και ασυνεπείς μεταξύ των ομάδων της παρέμβασης και μεταξύ των δεικτών φλεγμονής.

Λέξεις κλειδιά: προπόνηση ισχύος, έκκεντρη άσκηση, υποκλινική φλεγμονή, διατροφικές συνήθειες

Abstract ή Περίληψη στα Αγγλικά

Power training and particularly eccentric exercise has been linked with the development of unique muscle adaptations regarding muscle function, performance and coordination during exercise, although the mechanisms behind this features are not elucidated. Eccentric exercise has also been characterized as the most common factor for exercise-induced muscle damage (EIMD) in relation to other types of exercise and results in inflammatory response through the organized activity of immune and other type of cells inside and outside of the muscle tissue. The effect of dietary intake in inflammatory response and therefore to the muscle repair procedure and the development of adaptations to the stimulus of exercise also remains unclear. A power training protocol has already been fulfilled in cooperation with the National Kapodistrian University of Athens in which the effect of a 10-week eccentric training protocol was investigated regarding the development of muscle adaptations, in thirty young and untrained women, divided into three groups where they performed either 3, 6 or 9 sets of four high-speed half-squats, in combination with three vertical jumps between the sets. The frequency of the sessions was two per week. Venous blood sample and muscle biopsies was taken before and after the 10 week intervention. Evaluation of the dietary intake was performed with 24-hour recalls and Food Frequency Questionnaires at the beginning and in the end of the training protocol. As markers of subclinical inflammation the number of white blood cells (WBC), lymphocytes (LYMP), granulocytes (GRAN), platelets (PLT), the percentage of lymphocytes (%LYMP) and granulocytes (%GRAN), mean platelet volume (MPV) and C-reactive protein (CRP) levels were assessed from the blood samples before and after the intervention.

The intervention protocol induced significant reduction in the markers of %GRAN and CRP in the time of intervention and in all three groups, without significant differences in the changes of the markers between the groups. The correlations of dietary ingredients and food groups with the changes of the markers of subclinical inflammation were inconsistent and unstable between the three groups and between the markers.

Keywords: power training, eccentric exercise, subclinical inflammation, dietary habits

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίν.1: Βασικά χαρακτηριστικά των εθελοντριών κατά την έναρξη της παρέμβασηςσ.52
- Πίν.2: Αιματολογικοί δείκτες του γλυκαιμικού, λιπιδαιμικού και φλεγμονώδους προφίλ των εθελοντριών πριν την έναρξη της παρέμβασηςσ.53
- Πίν.3: Χαρακτηριστικά της διατροφικής πρόσληψης σε ενέργεια και μακροθρεπτικά συστατικά των ομάδων παρέμβασης στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασηςσ.55
- Πίν.4: Διατροφική πρόσληψη των επιμέρους ειδών λιπαρών οξέων στις ομάδες παρέμβασης πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησηςσ.56
- Πίν.5: Διατροφική πρόσληψη μικροθρεπτικών συστατικών στις ομάδες παρέμβασης πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησηςσ.56
- Πίν.6: Διατροφική πρόσληψη βιταμινών στις ομάδες παρέμβασης πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησηςσ.57
- Πίν.7: Ημερήσια συχνότητα κατανάλωσης ομάδων τροφίμων και δείκτης Mediterranean Diet Score στις τρεις ομάδες παρέμβασης στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασηςσ.58
- Πίν.8: Επίδραση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης στη μεταβολή των επιπέδων των δεικτών φλεγμονής στις ομάδες παρέμβασης πριν την προπόνησησ.60
- Πίν.9: Συσχέτιση της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών από τις ανακλήσεις 24ώρου με δείκτες φλεγμονής πριν την παρέμβασησ.62
- Πίν.10: Συσχέτιση της ημερήσιας συχνότητας κατανάλωσης ομάδων τροφίμων (όπως προέκυψαν από τα FFQ) με δείκτες φλεγμονής πριν την παρέμβασησ.63
- Πίν.11: Συσχέτιση της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών από τις ανακλήσεις 24ώρου με τις μεταβολές των δεικτών φλεγμονής μετά την παρέμβασησ.64
- Πίν.12: Συσχέτιση της ημερήσιας συχνότητας κατανάλωσης ομάδων τροφίμων (όπως προέκυψαν από τα FFQ) με τις μεταβολές των δεικτών φλεγμονής μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης ανά ομάδα παρέμβασηςσ.65
- Πίν.13: Συσχέτιση της ημερήσιας συχνότητας κατανάλωσης ομάδων τροφίμων με την απόκριση των δεικτών φλεγμονής στην πρώτη συνεδρία έκκεντρης άσκησης ανά ομάδα παρέμβασηςσ.66
- Πίν.14 Συσχέτιση της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών (όπως προκύπτει από τις ανακλήσεις 24-ώρου) με την απόκριση των δεικτών φλεγμονής μετά την πρώτη συνεδρία έκκεντρης άσκησηςσ.68

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

CK	Κρεατινική κινάση
Mb	Μυοσφαιρίνη
EIMD	Ασκησιογενής μυική βλάβη
DOMS	Καθυστερημένος μυικός πόνος
RBE	Επίδραση επαναλαμβανόμενων συνεδριών
SSC	Κύκλος διάτασης- σύσπασης
IL-6	Ιντερλευκίνη-6
IL-8	Ιντερλευκίνη-8
MCP-1	Χημειοτακτική πρωτεΐνη μονοκυττάρων-1
TNF-α	Παράγοντας νέκρωσης όγκων-α
IL-1β	Ιντερλευκίνη-1β
IL-10	Ιντερλευκίνη-10
AMP	Αδενοσινο-μονοφωσφορικό οξύ
IGF-1	Αυξητικός παράγοντας τύπου ινσουλίνης-1
TGF-β1	Αυξητικός παράγοντας μεταμόρφωσης τύπου β1
INF-γ	Ιντερφερόνη-γ
IL-7	Ιντερλευκίνη-7
IL-1ra	Ανταγωνιστής υποδοχέα ιντερλευκίνης-1
CRP	C-αντιδρώσα πρωτεΐνη
HSPs	Πρωτεΐνες θερμικού σοκ
PLA ₂	Φωσφολιπάση A ₂
ROS	Δραστικές μορφές οξυγόνου
NF-κB	Πυρηνικός παράγοντας κB
MAPK	Πρωτεϊνικές κινάσες που ενεργοποιούνται από μιτογόνα
UPS	Σύστημα ουβικιτίνης-πρωτεασώματος
DHA	Δοκοσαεξαενοϊκό
EPA	Εικοσαπενταενοϊκό
BCAA	Αμινοξέα διακλαδισμένης αλύσου
RM	Μέγιστη επανάληψη
CMJ	Άλμα αντίθετης κίνησης
RPE	Αντιλαμβανόμενη κόπωση
FFQ	Ερωτηματολόγιο συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων
WBC	Λευκοκύτταρα
LYMP	Λεμφοκύτταρα
GRAN	Κοκκιοκύτταρα
PLT	Αιμοπετάλια
%LYMP	Ποσοστό λεμφοκυττάρων
%GRAN	Ποσοστό κοκκιοκυττάρων
MPV	Μέσος όγκος αιμοπεταλίων
HOMA-IR	Ομοιοστατικό μοντέλο εκτίμησης της ινσουλινο-αντίστασης
PRO	Πρωτεΐνες
CHO	Υδατάνθρακες
SFA	Κορεσμένα λιπαρά οξέα

MUFA	Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα
PUFA	Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Οι μυϊκές συστολές κατά τις οποίες το μήκος του μυός αυξάνεται ονομάζονται έκκεντρες και συμβαίνουν όταν η δύναμη που ασκείται σε ένα μυ υπερτερεί της δύναμης που παράγεται από τον ίδιο το μυ, με αποτέλεσμα το σύστημα μυός-τενόντων να εξαναγκάζεται σε επιμήκυνση κατά τη διάρκεια της συστολής (1, 2). Οι έκκεντρες συστολές των μυών χαρακτηρίζονται και ως αρνητικό έργο, σε αντίθεση με τις σύγκεντρες συστολές που χαρακτηρίζονται ως θετικό έργο (1, 3) και πραγματοποιούνται φυσιολογικά ως αναπόσπαστο μέρος της κίνησης του σώματος κατά τις καθημερινές ή αθλητικές δραστηριότητες, με παραδείγματα όπως η υποστήριξη του βάρους του σώματος, το κατέβασμα σε σκάλες, η επιβράδυνση της κίνησης κατά το περπάτημα ή κατά το τρέξιμο σε κατηφόρα και η προετοιμασία με αποθήκευση ελαστικής ενέργειας για κάποια σύγκεντρη συστολή ή επιτάχυνση (1).

1.1.1 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ

Οι έκκεντρες μυϊκές συστολές χαρακτηρίζονται από πολλές μοναδικές ιδιότητες σε σχέση με άλλα είδη συστολής. Πιο συγκεκριμένα, έχειδειχθεί ότι για την παραγωγή δύναμης κατά την έκκεντρη συστολή απαιτείται μικρότερη μυϊκή δραστηριότητα σε σχέση με την αντίστοιχη παραγωγή δύναμης από μια σύγκεντρη συστολή. Φαίνεται, επίσης, να πραγματοποιείται κάποιας μορφής απορρόφηση μηχανικής ενέργειας κατά την επιμήκυνση του μυός η οποία μπορεί να ανακτηθεί και να αυξήσει το παραγόμενο έργο σε μια επακόλουθη μυϊκή συστολή, με την απορροφούμενη αυτή ενέργεια να είναι διαθέσιμη για ένα σύντομο χρονικό

διάστημα μετά την έκκεντρη συστολή (2, 3). Μάλιστα, κατά την έκκεντρη άσκηση λαμβάνει χώρα μια προς τα δεξιά μετατόπιση του βέλτιστου εύρους μηκο-δυναμικής σχέσης, δηλαδή σε μεγαλύτερο μήκος του μυός, γεγονός με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην αθλητική απόδοση και την πρόληψη τραυματισμών (4). Γενικά, οι έκκεντρες συστολές χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ικανότητα παραγωγής δύναμης και χαμηλότερο ενεργειακό κόστος σε σύγκριση με τα άλλα είδη μυικών συστολών (2, 3). Μάλιστα, το ενεργειακό κόστος και η κατανάλωση οξυγόνου φαίνεται να είναι περίπου τέσσερις φορές χαμηλότερα από τις απαιτήσεις μιας σύγκεντρης συστολής αντίστοιχου έργου, ανάλογα και με το είδος της μυικής ομάδας, με αντίστοιχες αναφορές χαμηλότερων καρδιοαναπνευστικών και αιμοδυναμικών αποκρίσεων. Οι χαμηλότερες μεταβολικές απαιτήσεις των έκκεντρων συστολών έχει διατυπωθεί ότι μειώνουν την αντιλαμβανόμενη κόπωση των ατόμων για την παραγωγή ενός δεδομένου μηχανικού έργου σε σύγκριση με την αντίστοιχη παραγωγή έργου μέσω σύγκεντρων συστολών (1, 2). Στις ιδιότητες των έκκεντρων μυικών συστολών συγκαταλέγονται η χαμηλότερη ενεργοποίηση του κεντρικού νευρικού συστήματος και η επιστράτευση λιγότερων κινητικών μονάδων σε σχέση με αντίστοιχου έργου σύγκεντρες ή ισομετρικές συστολές, όπως προκύπτει από δεδομένα αξιολόγησης της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας του μυός, γεγονός που καθιστά αρχικά το λεπτό έλεγχο της κίνησης κατά τη διάρκεια αυτών των συστολών πιο δύσκολο να επιτευχθεί (1, 4).

1.1.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ

Παρόλο που η περιγραφή της υψηλότερης ισχύος και του χαμηλότερου ενεργειακού κόστους των έκκεντρων συστολών πραγματοποιήθηκε πρώτη φορά πριν από περίπου έναν αιώνα, εκπληκτικά μικρή πρόοδος έχει σημειωθεί ως προς την κατανόηση της βιοφυσιολογικής και βιοχημικής τους βάσης, με τη διατύπωση πολλών υποθέσεων να λαμβάνει χώρα. Διάφορες θεωρίες έχουν αναπτυχθεί για το πώς και που αποθηκεύεται η ενέργεια κατά τις επιμηκυνόμενες συστολές, με το κολλαγόνο εντός των μυών και τους τένοντες έξω από τους μύες να εξηγούν μικρό μόνο μέρος του φαινομένου. Για πολλά χρόνια, η επιστημονική κοινότητα προσπαθούσε να εξηγήσει τις μηχανικές ιδιότητες των μυών μέσω

της λειτουργίας των εγκάρσιων γεφυρών. Ωστόσο, το μικρό μέγεθος τους και η σύντομη διάρκεια επαφής με ταχύτατη αποσύνδεση των παχίων και λεπτών νηματίων θέτει σημαντικούς περιορισμούς για την εξήγηση του φαινομένου ανάκτησης ελαστικής ενέργειας. Έτσι δημιουργήθηκε η ανάγκη για την ανάδειξη ενός ελαστικού συνεργάτη στα σαρκομέρια και το ερευνητικό ενδιαφέρον στράφηκε προς τη συμμετοχή παθητικών δομικών στοιχείων των μυοκυττάρων, με κύρια την πρωτεΐνη τιτίνη. Η τιτίνη είναι μια μεγάλη πρωτεΐνη που εκτείνεται από τη γραμμή Z έως τη γραμμή M στα σαρκομέρια και συμμετέχει στη διατήρηση της αξονικής ευθυγράμμισης των παχίων νηματίων κατά την ενεργό μυική συστολή όπου αυξάνονται τα ενδοκυττάρια επίπεδα ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}). Νέα ερευνητικά δεδομένα προτείνουν αλληλεπίδραση και σύνδεση της τιτίνης με τα νημάτια ακτίνης κατά τη διάρκεια των μυικών συστολών, καθώς και απευθείας επίδραση των ιόντων ασβεστίου στα νημάτια τιτίνης μεταβάλλοντας την ακαμψία του μορίου, παρέχοντας ένα πιθανό μηχανισμό για τη μεγαλύτερη δύναμη και το μικρότερο ενεργειακό κόστος των έκκεντρων συστολών (3).

1.1.3 ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ – ΑΣΚΗΣΙΟΓΕΝΗΣ ΜΥΙΚΗ ΒΛΑΒΗ

Η εφαρμογή έκκεντρων ασκήσεων έχει γενικά συσχετιστεί με αυξημένη μυική καταστροφή και αρνητικές λειτουργικές επιπτώσεις ακολουθούμενες της άσκησης. Ο συνδυασμός υψηλότερης παραγόμενης ισχύος με μικρότερη επιστράτευση κινητικών μονάδων/μυικών ινών κατά τις έκκεντρες συστολές δημιουργεί αυξημένο μηχανικό στρες, ιδιαίτερα σε υψηλής έντασεως προπόνηση ή σε μη προηγουμένως εξασκημένους μύες. Αποτελέσματα μελετών δείχνουν διαταραχή των δομικών στοιχείων των μυικών ινών, αποδιοργάνωση των σαρκομερίων ή/και διάσπαση του σαρκευλήματος, γεγονός που υπογραμμίζεται από την αυξημένη παρουσία στο αίμα μυοκυτταρικών πρωτεϊνών και ενζύμων όπως κρεατινικής κινάσης (creatine kinase, CK) και μυοσφαιρίνης (myoglobin, Mb), ή από τη μη φυσιολογική συσσώρευση στο σαρκόπλασμα πρωτεϊνών, όπως ανοσοσφαιρινών και αλβουμίνης. Επιπλέον, διαταραχές εντοπίζονται στην εξωκυττάρια ουσία και τα συστατικά του

συνδεδετικού ιστού, οι οποίες κορυφώνονται δυο με τρεις ημέρες μετά την άσκηση και σταδιακά επεκτείνονται σε περισσότερες μυϊκές ίνες. Συνολικά, οι μεταβολές αυτές αναφέρονται ως ασκησιογενής μυϊκή βλάβη (exercise-induced muscle damage, EIMD) και γίνονται αντιληπτές με την εκδήλωση μυϊκής ακαμψίας, πρηξίματος, καθυστερημένου μυϊκού πόνου (delayed onset muscle soreness, DOMS) και μειωμένης ικανότητας παραγωγής δύναμης και λειτουργικότητας του μυός, με διακυμάνσεις που σχετίζονται τόσο με διατομικές διαφορές όσο και με την προπονητική κατάσταση του ατόμου πριν την εφαρμογή της άσκησης. Τα συμπτώματα της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης κατά τη συστολή, την επιμήκυνση και την ψηλάφηση του μυός, τυπικά εμφανίζονται 12-24 ώρες μετά την έκκεντρη άσκηση, κορυφώνονται στις 24-72 ώρες και σταδιακά υποχωρούν 5-7 ημέρες μετά την άσκηση (1).

Η μείωση της ικανότητας του μυός για παραγωγή δύναμης έχει αναφερθεί ότι μπορεί να φτάσει το 10-60% της μέγιστης εκούσιας συστολής μέχρι και μία εβδομάδα μετά την εφαρμογή της άσκησης (2) και αποτελεί έμμεσο δείκτη του εύρους της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης. Παρόλα αυτά, οι δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της EIMD εμφανίζουν χαμηλή συσχέτιση με την αντίληψη του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) όπως προκύπτει από στοιχεία πολλών μελετών (1, 2). Συνολικά, τα κλινικά αυτά συμπτώματα, που σχετίζονται με τη μη εξοικείωση στο ερέθισμα της άσκησης, υποχωρούν μετά από λίγες ημέρες πριν την πλήρη ανάκαμψη του μυός, μπορεί όμως να διαταράξουν την προσκόλληση του ατόμου σε ένα προπονητικό πρόγραμμα ή και να αυξήσουν τον κίνδυνο ανάπτυξης κάποιου άλλου τραυματισμού (1).

1.1.4 ΜΥΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Υπάρχουν πλέον ξεκάθαρα στοιχεία ότι μια συνεδρία έκκεντρης άσκησης επάγει μυϊκές προσαρμογές οι οποίες προφυλάσσουν έναντι των αρνητικών επιπτώσεων της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης σε επόμενες συνεδρίες παρόμοιας άσκησης. Η διαδικασία

αυτή, η οποία έχει ονομαστεί repeated-bout effect (RBE), έχει ως αποτέλεσμα εξασθένηση του φαινομένου καθυστερημένου μυϊκού πόνου, μείωση του τοπικού οιδήματος, μικρότερη αύξηση μυοκυτταρικών πρωτεϊνών στο αίμα και ταχύτερη επαναφορά της μυϊκής δύναμης και του εύρους κίνησης, με τις προσαρμογές να διατηρούνται από μερικές εβδομάδες έως και λίγους μήνες μετά την πρώτη συνεδρία. Αξιοσημείωτο είναι δε, ότι το μέγεθος των προσαρμογών αυτών δεν εξαρτάται από το βαθμό της αρχικής μυϊκής βλάβης, αλλά φαίνεται να αναπτύσσονται και μετά την εφαρμογή επαναλαμβανόμενων συνεδριών έκκεντρων συστολών στις οποίες δεν αναπτύσσονται συμπτώματα EIMD (1).

Δεδομένα από διάφορες μελέτες υποδεικνύουν την ανάπτυξη νευρικών, μηχανικών και κυτταρικών προσαρμογών χωρίς να είναι ακόμα ξεκάθαροι οι ακριβείς μηχανισμοί. Πιθανές προσαρμογές περιλαμβάνουν την καλύτερη κατανομή του μηχανικού στρες στις ίνες με αλλαγές στην ενεργοποίηση και το συγχρονισμό των κινητικών μονάδων, ενίσχυση του ενδομυϊκού συνδετικού ιστού μέσω αύξησης του περιεχομένου σε δομικές πρωτεΐνες όπως η δεσμίνη, αύξηση του αριθμού των σαρκομερίων κατά μήκος στις ίνες (1, 2), ή ακόμα μετατόπιση των μυϊκών ινών προς έναν πιο οξειδωτικό φαινότυπο. Έτσι, παρόλο που η συχνότητα και η δόση μένουν να διευκρινιστούν, η εφαρμογή επαναλαμβανόμενων έκκεντρων συστολών υπομέγιστης έντασης φαίνεται να αποτελεί αποδοτική στρατηγική για την ανάπτυξη μυϊκών προσαρμογών οι οποίες προστατεύουν έναντι των κλινικών συμπτωμάτων της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (1).

1.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Οι επιμηκυνόμενες μυϊκές συστολές αποτελούν αναπόσπαστο μέρος όλων των συνήθων προπονητικών πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για μυϊκή ενδυνάμωση. Κατά την προπόνηση για ενδυνάμωση, η οποία στοχεύει σε μεμονωμένους μύες ή μυϊκές ομάδες, τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται ως αποτελεσματικά περιλαμβάνουν συνήθως 1 έως 3

σετ, με 8 έως 12 επαναλήψεις σχεδόν μέγιστων συστολών και με συχνότητα 2 έως 3 συνεδρίες ανά εβδομάδα. Γενικά για την ενίσχυση της δύναμης των μυών η αντίληψη που επικρατεί περιλαμβάνει κυρίως χρήση υψηλών φορτίων με μικρό αριθμό επαναλήψεων, ωστόσο εμφανίζονται αμέτρητες παραλλαγές όπου το φορτίο, οι επαναλήψεις, ο αριθμός ή/και η διάρκεια των συνεδριών καθορίζονται με βάση τους συγκεκριμένους στόχους της προπόνησης ή ανάλογα με τους ειδικούς της εκγύμνασης (4). Με την ανακάλυψη ότι οι έκκεντρες συστολές οδηγούν στην ανάπτυξη μοναδικών μυικών προσαρμογών και με υπόνοιες στην περαιτέρω αύξηση της αθλητικής απόδοσης, την πρόληψη και αποκατάσταση τραυματισμών αλλά και την πιθανή συνεισφορά τους σε παθολογικές καταστάσεις, αναπτύχθηκαν πρωτόκολλα προπόνησης τα οποία είτε δίνουν έμφαση στην έκκεντρη φάση της άσκησης είτε χρησιμοποιούν μεμονωμένα έκκεντρες μυικές συστολές για την επίτευξη των σκοπών της άσκησης.

1.2.1 ΕΚΚΕΝΤΡΗ «ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗ»

Δεδομένου ότι οι μύες κατά την έκκεντρη φάση μιας άσκησης παρουσιάζουν αυξημένη ικανότητα παραγωγής δύναμης και προκειμένου να εξισορροπηθεί το μυικό φορτίο κατά τις έκκεντρες και σύγκεντρες συστολές, αναπτύχθηκε ένα πρωτόκολλο προπόνησης για ενδυνάμωση κατά το οποίο αυξάνεται το φορτίο στη φάση της έκκεντρης συστολής μιας άσκησης και το οποίο αναφέρεται ως έκκεντρη «υπερφόρτωση» (eccentric “overload” training). Το πρωτόκολλο αυτό εφαρμόζεται με τη χρήση κάποιου βοηθήματος το οποίο προσθέτει βάρος ή φορτίο κατά τη φάση της έκκεντρης μυικής συστολής, και πλέον το σκοπό αυτό επιτελούν διάφορες συσκευές οι οποίες έχουν σχεδιαστεί και με διάφορες τεχνικές συντελούν στην αύξηση του μυικού φορτίου όταν η κίνηση της άσκησης βρίσκεται στην έκκεντρη φάση συστολής. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι συσκευές Yo-Yo και ο τροχός με ρυθμιζόμενη ταχύτητα (flywheel) ο οποίος επιταχύνει όταν πραγματοποιούνται σύγκεντρες συστολές και ακινητοποιείται στην έκκεντρη φάση της άσκησης. Συνολικά, τα δεδομένα από τη χρήση πρωτοκόλλων με αυξημένο φορτίο κατά τις έκκεντρες συστολές

υποδεικνύουν ότι η προπόνηση έκκεντρης «υπερφόρτωσης» προωθεί πιο αποτελεσματικά την αύξηση της μυικής μάζας και δύναμης (4).

1.2.2 ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ- ΚΥΚΛΟΣ ΔΙΑΤΑΣΗΣ-ΣΥΣΠΑΣΗΣ

Η πλειομετρική προπόνηση περιλαμβάνει ασκήσεις με άλματα με το βάρος του σώματος (5) κατά τις οποίες πραγματοποιείται σύζευξη έκκεντρης και σύγκεντρης συστολής των μυών, γνωστή ως κύκλος διάτασης-σύσπασης (Stretch-Shortening Cycle,SSC)(2). Αυτό το είδος ασκήσεων αξιοποιεί τα ελαστικά συστατικά των μυών και των τενόντων και τις ιδιότητες της επιμήκυνσης των μυών με σκοπό τη μέγιστη παραγωγή δύναμης σε σύντομο χρονικό διάστημα, ενισχύοντας τη δράση του νευρικού και του συστήματος μυών-τενόντων μέσω της εφαρμογής κύκλων διάτασης-σύσπασης των μυών. Η προπόνηση αυτή χρησιμοποιείται συχνά για την ενίσχυση της νευρομυικής λειτουργίας και της αθλητικής απόδοσης, κυρίως σε αθλήματα τα οποία απαιτούν εκρηκτικότητα και αντοχή όπως το ποδόσφαιρο και έχειδειχθεί αποτελεσματική για τη βελτίωση της κινητικότητας, της ταχύτητας και της ικανότητας άλματος (5). Παρόλο που κύκλοι διάτασης- σύσπασης των μυών πραγματοποιούνται σε διάφορες φυσιολογικές δραστηριότητες στην καθημερινότητα, οι πλειομετρικές ασκήσεις, όπως πτώση από ύψος και άλμα, έχουν συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο μυικής βλάβης και τραυματισμού με αποτέλεσμα να κρίνεται απαραίτητη ειδική εξοικείωση σε αυτό το είδος προπόνησης και κατάλληλη επίβλεψη κατά την εφαρμογή τους (4).

1.2.3 ΜΕΤΡΙΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ – RENEW

Αρχικά, το είδος αυτής της προπόνησης σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε για να μελετηθούν οι φυσιολογικές ιδιότητες και οι διαφορετικές επιδράσεις της χρόνιας έκκεντρης και σύγκεντρης άσκησης στη δομή και τη λειτουργία των μυών. Τυπικά περιλαμβάνει

πρωτόκολλα έκκεντρων ασκήσεων διάρκειας 5 έως 30 λεπτών και η λογική της ανάπτυξης τέτοιων πρωτοκόλλων αξιοποιεί τα χαρακτηριστικά των έκκεντρων μυικών συστολών, με δυνατότητα ασκήσεων υψηλού μηχανικού φορτίου με χαμηλές καρδιοαναπνευστικές απαιτήσεις. Λαμβάνοντας υπόψιν τις αρνητικές επιδράσεις των έκκεντρων συστολών στην ανάπτυξη ασκησιογενούς μυικής βλάβης και καθυστερημένου μυικού πόνου, τα πρωτόκολλα αυτής της προπόνησης σχεδιάζονται έτσι ώστε να παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης προσαρμογών στην άσκηση και η ελαχιστοποίηση των συμπτωμάτων μυικής καταστροφής και καταπόνησης, με ιδιαίτερη έμφαση στα μη-εξασκημένα άτομα. Γενικά, τα πρωτόκολλα μέτριου φορτίου έκκεντρων ασκήσεων περιλαμβάνουν αρχικά εφαρμογή φορτίου 50 έως 75 W, διάρκειας 5 έως 10 λεπτών 3 φορές την εβδομάδα, και σταδιακή αύξηση του φορτίου κάθε 2 με 3 εβδομάδες έως τα επιθυμητά επίπεδα άσκησης, τα οποία για λόγους αποκατάστασης φτάνουν τα 400 με 600 W, με 20 λεπτά διάρκεια ανά συνεδρία να θεωρούνται επαρκή. Εναλλακτικά, για την εφαρμογή προπόνησης με υψηλότερα τελικά φορτία, 5 λεπτά άσκησης με συχνότητα 4 συνεδρίες ανά εβδομάδα έχουν αποδειχτεί εξίσου αποτελεσματικά και καλύτερα ανεκτά από τα άτομα. Συνολικά, τα ερευνητικά στοιχεία δείχνουν ότι η έκκεντρη άσκηση με μηχανικό φορτίο χαμηλότερο από 500 W, που αντιστοιχεί σε περίπου 100 W σύγκεντρων ασκήσεων, είναι αποτελεσματική και αποφέρει τα οφέλη των δομικών και λειτουργικών μυικών προσαρμογών (4). Η προπονητική αυτή τεχνική, η οποία αναφέρεται και ως RENEW (Resistance Exercise via Eccentric Work), φαίνεται να οδηγεί σε παρόμοιες αυξήσεις μυικής δύναμης και όγκου σε σχέση με παραδοσιακές μεθόδους ενδυνάμωσης, ενώ αποτελεί κατάλληλη πρακτική για άτομα που συνοδεύονται από παθήσεις με έκπτωση της κινητικότητας, της αερόβιας ικανότητας και της μυικής μάζας (1).

1.2.4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΦΑΣΗΣ (Tempo Eccentric Technique)

Το πρωτόκολλο αυτό εφαρμόζεται για την ενίσχυση της μυικής υπερτροφίας στα πλαίσια των ασκήσεων αντιστάσεων και χαρακτηρίζεται από παράταση της χρονικής διάρκειας μιας άσκησης στη φάση της έκκεντρης κίνησης του μυός. Τέσσερα ψηφία χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα 2/0/1/0, όπου το καθένα υποδηλώνει τα δευτερόλεπτα που αντιστοιχούν σε

κάθε φάση μυικής κίνησης μεταξύ έκκεντρης, μεταβατικής, σύγκεντρης και ξανά μεταβατικής φάσης συστολής, αντίστοιχα. Διάφορες παραλλαγές της τεχνικής αυτής έχουν εφαρμοστεί με μικρότερη ή μεγαλύτερη χρονική παράταση της έκκεντρης φάσης, χωρίς όμως τα δεδομένα να είναι ξεκάθαρα για το είδος του ερεθίσματος που είναι ανώτερο στην ενίσχυση της μυικής υπερτροφίας. Μεγαλύτερη χρονική παράταση, για παράδειγμα 6/0/2/0, σχετίζεται με αυξημένη τάση στους μύες και λιγότερες επαναλήψεις της άσκησης, ενώ μικρότερη χρονική διάρκεια της έκκεντρης φάσης, για παράδειγμα 2/0/2/0, σχετίζεται με μικρότερη μυική τάση αλλά περισσότερες επαναλήψεις της άσκησης ανά συνεδρία (6).

1.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟ

Εδώ και χρόνια, λόγω των μοναδικών μηχανικών και φυσιολογικών ιδιοτήτων της, πρωτόκολλα έκκεντρης άσκησης χρησιμοποιούνται ευρέως στην αθλητική προπονητική τόσο για την βελτίωση της μέγιστης μυικής δύναμης και ισχύος, όσο και στην αθλητική αποκατάσταση, ιδιαίτερα για τη θεραπεία παθήσεων των τενόντων. Επιπλέον, πέρα από τη χρήση στους αθλητές για την αποκατάσταση τραυματισμών, η εφαρμογή έκκεντρων ασκήσεων έχει κερδίσει έδαφος τα τελευταία χρόνια και στα πλαίσια της πρόληψης των αθλητικών ατυχημάτων (1).

1.3.1 ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ

Ένας αριθμός μικρής κλίμακας μελετών σε ανθρώπους και πειραματόζωα έχει δείξει ότι η εφαρμογή έκκεντρων ασκήσεων μπορεί να αυξήσει τις παθητικές και ενεργητικές ιδιότητες επιμήκυνσης του συστήματος μύος-τενόντων, ενισχύοντας την ανάκτηση ελαστικής ενέργειας, με ιδιαίτερη σημασία στην απόδοση αθλημάτων με συχνές δραστηριότητες αναπήδησης όπως άλματα (4). Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή έκκεντρων ασκήσεων έχει αποδειχθεί αποτελεσματική για την περαιτέρω αύξηση της μέγιστης δύναμης και της μυικής ισχύος, την ενίσχυση της ταχύτητας των αθλητών και το συντονισμό κατά την έκκεντρη φάση

της κίνησης, την ανάπτυξη βέλτιστου μήκους των μυών για παραγωγή δύναμης και τη βελτίωση της ικανότητας πραγματοποίησης αλμάτων, σε σύγκριση με την εφαρμογή παραδοσιακών τεχνικών με ασκήσεις αντιστάσεων. Οι προσαρμογές αυτές μπορεί να οφείλονται σε αυξήσεις της μυϊκής μάζας και της επιφάνειας διατομής των μυϊκών ινών τύπου II, του αριθμού των σαρκομερίων και του μήκους των ινών, καθώς και σε αλλαγές της περιεκτικότητας ή των ιδιοτήτων των ελαστικών και μη-ελαστικών στοιχείων των μυϊκών κυττάρων (1).

1.3.2 ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Τα ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι πρωτόκολλα έκκεντρης άσκησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για την ανίχνευση αθλητών που βρίσκονται σε υψηλό κίνδυνο ανάπτυξης τραυματισμού, μέσω αξιολόγησης της μυϊκής λειτουργίας πριν την έναρξη της αγωνιστικής περιόδου, όσο και στην πρόληψη της ανάπτυξης τραυματισμών μέσω της ενσωμάτωσης ελεγχόμενων έκκεντρων ασκήσεων στην προπόνηση των αθλητών. Τέτοιες παρεμβάσεις έχουν φανεί αποτελεσματικές για την πρόληψη τραυματισμών σε επαγγελματίες ποδοσφαιριστές, καθώς και σε αθλητές του βόλεϋ ώστε να αποφευχθεί ο πόνος στους ώμους (1).

1.3.3 ΑΘΛΗΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η έκκεντρη άσκηση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη στην αποκατάσταση τραυματισμών που σχετίζονται με κινησιακές δυσκολίες. Για παράδειγμα, η χρόνια εφαρμογή έκκεντρης άσκησης έχει καθιερωθεί στη θεραπεία της τενοντίτιδας, ιδιαίτερα του Αχίλλειου, του επιγονατιδικού τένοντα και της επικονδυλίτιδας. Η ενδυνάμωση του ιστού του τένοντα μπορεί να επιτελείται μέσω αύξησης της σύνθεσης κολλαγόνου ή της αιματικής ροής τοπικά στα κύτταρα, χωρίς να είναι ξεκάθαροι οι μηχανισμοί. Μετά τη χειρουργική αντιμετώπιση

της ρήξης πρόσθιου χιαστού η ενσωμάτωση έκκεντρης άσκησης στα συνήθη προγράμματα αποκατάστασης έχει συσχετιστεί με καλύτερα βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα οφέλη στην ανάκτηση της μυικής δύναμης, της απόδοσης και του επιπέδου δραστηριότητας των αθλητών, και θεωρείται αποτελεσματική και ασφαλής η εφαρμογή τους (1). Γενικά, αποτελέσματα διάφορων μελετών έχουν αναδείξει τη χρήση έκκεντρης άσκησης 6 έως 16 εβδομάδων για την αναστροφή διάφορων επιπτώσεων που σχετίζονται με τις χειρουργικές επεμβάσεις στο γόνατο, όπως αδυναμία, ατροφία των μυών και έκπτωση της κινητικότητας (3). Επιπλέον, εφαρμογή έκκεντρης άσκησης στο άκρο που δεν έχει υποστεί τραυματισμό έχει δείχθει ότι επάγει την ανάπτυξη νευρομυικών προσαρμογών που ενισχύουν τη λειτουργία του τραυματισμένου άκρου, γεγονός που μπορεί να ενισχύσει τα αποτελέσματα κατά τη φάση αποκατάστασης (1).

1.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Καθώς τα χαμηλά επίπεδα μυικής μάζας έχουν συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο ή επιδείνωση της κατάστασης σε πολλές παθήσεις πλέον τα επαρκή επίπεδα μυικής μάζας αποτελούν σημαντικό θέμα από άποψη υγείας (1, 6). Η απώλεια μυικής μάζας σχετίζεται με μειωμένη αερόβια ικανότητα και καρδιαγγειακή λειτουργία, μειωμένη ικανότητα παραγωγής δύναμης, και έκπτωση της λειτουργικότητας, της ανεξαρτησίας, της ποιότητας ζωής και του προσδόκιμου επιβίωσης, χαρακτηριστικά που αποκτούν αυξημένη σημασία σε ηλικιωμένα ή σε άτομα που συνοδεύονται από χρόνιες παθήσεις. Οι χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις και η υψηλότερη παραγωγή δύναμης κατέστησαν τα πρωτόκολλα έκκεντρων ασκήσεων μια ελκυστική εναλλακτική έναντι των παραδοσιακών τεχνικών, ιδιαίτερα μετά την αποσαφήνιση ότι η ασκησιογενής μυική βλάβη και η φλεγμονή δεν αποτελούν προαπαιτούμενα για την ανάπτυξη μυικών προσαρμογών και για την αύξηση της μυικής μάζας κατά τις έκκεντρες ασκήσεις. Πλέον είναι γνωστό ότι με τη σταδιακή αύξηση της διάρκειας, της συχνότητας και της έντασης των έκκεντρων συστολών μπορούν να ελαχιστοποιηθούν ή και να αποφευχθούν τα συμπτώματα μυικής βλάβης και επομένως να αποτελέσουν μια ασφαλή και πιο αποδοτική εναλλακτική έναντι παραδοσιακών

προπονητικών πρωτοκόλλων. Τέλος, τα προπονητικά σχήματα έκκεντρων ασκήσεων συμβάλλουν στην αύξηση της προσκόλλησης των ατόμων λόγω μικρότερης αντιλαμβανόμενης κόπωσης κατά την εφαρμογή τους (1).

Πρωτόκολλα έκκεντρων ασκήσεων φαίνονται ιδιαίτερα χρήσιμα για την προπόνηση ατόμων με χρόνιες παθήσεις οι οποίες σχετίζονται με απώλεια μυικής μάζας και δύναμης, καθώς και με έκπτωση της κινητικότητας και της αερόβιας ικανότητας. Παραδείγματα τέτοιων παθήσεων αποτελούν η σαρκοπενία που σχετίζεται με το γήρας, τα καρδιοαναπνευστικά προβλήματα και η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου II και η καρκινική καχεξία. Παράλληλα, η ανακάλυψη θετικών επιδράσεων, πέρα από τη λειτουργία των μυών, στον ενεργειακό μεταβολισμό συμπεριλαμβανομένης της αντίστασης στην ινσουλίνη και του λιπιδαιμικού προφίλ, καθιστά τις έκκεντρες ασκήσεις μια πιθανώς υποσχόμενη προπονητική πρακτική για την αντιμετώπιση των δυσλιπιδαιμιών και της παχυσαρκίας (1).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ ΚΑΙ ΦΛΕΓΜΟΝΗ

Η ασκησιογενής μυική βλάβη που επάγεται της έκκεντρης άσκησης, μέσω της ανάπτυξης μεταβολικού στρες και μηχανικών αλλαγών στο μυ, αποτελεί το ερέθισμα για την έναρξη της διαδικασίας επανόρθωσης και αναδιαμόρφωσης του μυικού ιστού και την ανάπτυξη προσαρμογών στην άσκηση, εμπλέκοντας τη δράση πολλών διαφορετικών κυτταρικών τύπων (1, 7). Κύτταρα του ανοσολογικού, αγγειακά, ιστικά και δορυφορικά κύτταρα αλληλεπιδρούν δυναμικά καθορίζοντας τη χρονική διάρκεια και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας αναγέννησης και αναδιαμόρφωσης του μυός (7). Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως σε πειραματόζωα κατά τις οποίες παρεμποδίστηκε η φάση της φλεγμονώδους μυικής απόκρισης, για παράδειγμα με μείωση της συσσώρευσης προφλεγμονωδών κυττάρων όπως τα ουδετερόφιλα ή με χορήγηση αντιφλεγμονωδών κυτταροκινών, προέκυψε μια σαφής αναστολή της ικανότητας του τραυματισμένου μυός για αναγέννηση και ανάπτυξη προσαρμογών στο ερέθισμα της άσκησης (7).

Η φλεγμονώδης απόκριση του μυός αποτελεί μια δυναμική διαδικασία και επιτελείται μέσω διαδοχικών και αυστηρά συντονισμένων βημάτων. Συνοπτικά, τα στάδια της φλεγμονής περιλαμβάνουν αρχικά διήθηση ανοσολογικών κυττάρων στον τραυματισμένο μυικό ιστό και απελευθέρωση χημικών μεσολαβητών της φλεγμονής, στη συνέχεια μετάβαση σε πιο αντιφλεγμονώδες προφίλ και λύση της φλεγμονής και τέλος αποκατάσταση και αναδιαμόρφωση του μυικού ιστού, αγγειογένεση και επιστροφή στην ομοιόσταση (8). Η διήθηση και συσσώρευση λευκοκυττάρων στις μυικές ίνες, με κάποιες διακυμάνσεις στην απόκριση μεταξύ διαφορετικών ατόμων, φαίνεται να αντανακλά την ένταση της άσκησης, το μέγεθος της μυικής βλάβης και το χρόνο αποκατάστασης από τις διαταραχές της άσκησης (7). Οι δι-ατομικές διαφορές της απόκρισης στην άσκηση μπορεί να οφείλονται στο διαφορετικό γενετικό υπόβαθρο, την ηλικία και σε παράγοντες του τρόπου ζωής των ατόμων (8). Γενικά, σε μελέτες που αναφέρουν μέτρια έως έντονη ασκησιογενή μυική βλάβη με απώλεια μυικής δύναμης μεγαλύτερη του 20%, η συσσώρευση λευκοκυττάρων αποτελεί σταθερό εύρημα και ο χρόνος αποκατάστασης κυμαίνεται από διάστημα μιας εβδομάδας και περισσότερο. Μάλιστα, έχει παρατηρηθεί ότι σε πιο έντονη EIMD ο μέγιστος αριθμός

λευκοκυττάρων συνυπάρχει χρονικά με τις ενδείξεις για τμηματική νέκρωση στις μυικές ίνες μετά την άσκηση, ενώ αντίθετα σε ήπια EIMD με απώλεια <20% της μυικής δύναμης και σύντομη αποκατάσταση μέσα σε λίγες μέρες τα δεδομένα για συσσώρευση λευκοκυττάρων είναι περιορισμένα (7). Συνολικά, αποτελέσματα μελετών σε δείγματα ιστού υποδεικνύουν την ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ της συσσώρευσης λευκοκυττάρων και της έκπτωσης της συσταλτικής ικανότητας του μυός, η οποία έως τώρα αποτελεί έγκυρο και αξιόπιστο έμμεσο δείκτη για την έκταση της EIMD (1, 7). Σύντομα μετά από έκκεντρη, αλλά όχι σύγκεντρη, άσκηση έχει αναφερθεί πολλαπλασιασμός των δορυφορικών κυττάρων γεγονός που επισημαίνει ότι κάποιου βαθμού ασκησιογενής μυική βλάβη αποτελεί βασικό ερέθισμα για την ενεργοποίησή τους (1).

2.1 ΟΞΕΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗ ΦΛΕΓΜΟΝΩΔΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ

Σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά την εφαρμογή έκκεντρης άσκησης, τυπικά μέσα σε 24 έως 48 ώρες, παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης λευκοκυττάρων στο μυικό ιστό, με κύρια την παρουσία των ουδετερόφιλων. Αρχικά η ενεργοποίηση ουδετερόφιλων αλλά και μονοκυττάρων από την κυκλοφορία του αίματος και τον τραυματισμένο ιστό οδηγεί στη μετανάστευση λευκοκυττάρων στην εξωκυττάρια ουσία και αποικοδόμηση του κατεστραμμένου ιστού μέσω έκκρισης πρωτεολυτικών ενζύμων, φαγοκυττάρωσης και απελευθέρωσης δραστικών μορφών οξυγόνου και αζώτου (7). Η διήθηση λευκοκυττάρων συμβαίνει παράλληλα με αλλαγές της μεμβρανικής διαπερατότητας (1) και της μεταγραφικής δραστηριότητας των μυοκυττάρων με αυξημένη έκφραση πρωτεϊνών, χημειοκινών και κυτταροκινών όπως ιντερλευκίνης-6 (IL-6), ιντερλευκίνης-8 (IL-8) και της χημειοτακτικής πρωτεΐνης των μονοκυττάρων-1 (monocyte chemotactic protein-1, MCP-1) (7). Η δράση των ουδετερόφιλων συνοδεύεται και οδηγεί σε ενεργοποίηση και κινητοποίηση των προφλεγμονωδών μακροφάγων που αναφέρονται ως M1 και συμβάλλουν σε περαιτέρω αποικοδόμηση των κυτταρικών υπολειμμάτων του κατεστραμμένου μυικού ιστού (1) και την προσέλκυση περισσότερων κυττάρων (7). Η συγκέντρωση των M1 μακροφάγων αυξάνει στο μυ και οδηγεί σε έκκριση προφλεγμονωδών κυτταροκινών, όπως TNF- α , ιντερλευκίνης-6 και

ιντερλευκίνη-1β. Τα ουδετερόφιλα μαζί με τα M1 μακροφάγα αλληλεπιδρούν και φαίνεται να ενορχηστρώνουν αρχικά τη φλεγμονώδη απόκριση στη μυική (1, 7).

Τη δράση των προφλεγμονωδών M1 μακροφάγων διαδέχεται η ενεργοποίηση των M2 μακροφάγων που παρουσιάζουν αντιφλεγμονώδη δράση και συμβάλλουν στην αναγέννηση του μυικού ιστού και την αναδιαμόρφωση της εξωκυττάριας ουσίας. Με βάση αυτά που γνωρίζουμε η μετάβαση φαίνεται να σηματοδοτείται από τη φαγοκυττάρωση των κυτταρικών υπολειμμάτων, την πρωτεϊνική κίνηση που ενεργοποιείται από AMP και την ιντερλευκίνη-10 (IL-10), και αποτελεί κεντρικό σημείο για τη διαδικασία λύσης της μυικής φλεγμονής (1, 7). Η δράση των M2 μακροφάγων χαρακτηρίζεται από ενισχυμένη έκφραση του υποδοχέα CD163 (Cluster of Differentiation 163) και την έκκριση αυξητικών παραγόντων, όπως IGF-1 και TGF-β1, και αντιφλεγμονωδών κυταρροκινών, όπως IL-10 (7). Συνολικά, τα M1 μακροφάγα προωθούν τον πολλαπλασιασμό των δορυφορικών κυττάρων, ενώ τα M2 μακροφάγα τη διαφοροποίηση τους για το σχηματισμό μυικών ινών και τη γενικότερη σύνθεση πρωτεϊνών στο μυικό ιστό για την αναγέννηση της δομής του (1). Άλλοι κυτταρικοί τύποι που εμπλέκονται σημαντικά στις διαδικασίες της φλεγμονής και αναγέννησης του μυός περιλαμβάνουν μαστοκύτταρα, T-λεμφοκύτταρα, μυοβλάστες, περικύτταρα και ηωσινόφιλα, ωστόσο έχει μελετηθεί πολύ λιγότερο η ακριβής δράση και ο βαθμός συμμετοχής τους μετά από διαφορετικά ερεθίσματα άσκησης (1, 7). Μέσω της έκκρισης χημικών μεσολαβητών της φλεγμονής, τα κύτταρα αυτά αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν τη συσσώρευση ανοσολογικών κυττάρων, τον πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση των δορυφορικών κυττάρων και τελικά την αναδιαμόρφωση του μυικού ιστού (7).

Η διαδικασία της ανοσολογικής και φλεγμονώδους απόκρισης στην άσκηση μεσολαβείται από διάφορες κυτταροκίνες και αυξητικούς παράγοντες. Κυτταροκίνες με μεγάλη απόκριση στο ερέθισμα της άσκησης περιλαμβάνουν την ιντερλευκίνη-6 (IL-6), την MCP-1 και την ιντερφερόνη-γ (INF-γ), καθώς και τις προφλεγμονώδεις TNF-α, IL-1β, και την αντιφλεγμονώδη κυτταροκίνη IL-10. Άλλες κυτταροκίνες που αυξάνεται η έκφραση τους μετά την άσκηση περιλαμβάνουν την IL-8 και την IL-7, και συνολικά, οι κυτταροκίνες αυτές προωθούν τον πολλαπλασιασμό και κάποιες από αυτές τη διαφοροποίηση των μυοβλαστών.

Οι κυτταροκίνες που εκκρίνονται από το μυ αναφέρονται ως μυοκίνες και επιτελούν τη σύνδεση μεταξύ των δράσεων του μυϊκού ιστού και της άσκησης με το μεταβολισμό και τη λειτουργία του οργανισμού. Παρόλο που το ερευνητικό ενδιαφέρον έχει απασχολήσει κυρίως ο ρόλος των μυοκινών στη ρύθμιση του μεταβολισμού και λιγότερο στη φλεγμονώδη απόκριση και τις προσαρμογές της άσκησης, διάφορες μελέτες αναφέρουν αυξημένη δραστηριότητα κάποιων κυτταροκινών μετά την έκκεντρη αλλά όχι μετά από σύγκεντρη άσκηση. Παραδείγματα μεσολαβητών με σημαντικά αυξημένη δραστηριότητα μόνο μετά από έκκεντρη προπόνηση αποτελούν η MCP-1, η IL-10 η οποία μέσω της προσέλκυσης T-λεμφοκυττάρων προωθεί τον πολλαπλασιασμό και την αναγέννηση των μυοκυττάρων, και η IL-8 η οποία προσελκύει κυρίως ουδετερόφιλα και έχει συσχετιστεί με την αύξηση της αγγείωσης του μυϊκού ιστού. Αξιόλογο επιστημονικό ενδιαφέρον έχει αποσπάσει η IL-6 της οποίας η έκφραση και έκκριση μέσα και έξω από το μυ, αυξάνεται μετά και κατά τη διάρκεια της άσκησης, ανεξάρτητα από την ανάπτυξη ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης. Αρχικά η δράση της είχε θεωρηθεί κατεξοχήν προφλεγμονώδης μέσω ενεργοποίησης και κινητοποίησης των ουδετερόφιλων, ωστόσο πλέον έχει αναδειχθεί κάποια συνεισφορά της στην αύξηση των επιπέδων αντιφλεγμονωδών κυτταρικών, όπως IL-10 και IL-1ra και στην αναστολή του προφλεγμονώδους TNF-α (1) ο οποίος προωθεί τη δράση των M1 μακροφάγων κατά την αρχική φάση μετά την άσκηση (7). Επιπλέον, η συστηματική αύξηση της IL-6 βελτιώνει την απελευθέρωση λιπαρών οξέων από το λιπώδη ιστό και την ηπατική κυκλοφορία της γλυκόζης, προωθεί τη μυϊκή πρόσληψη γλυκόζης και την καύση των λιπαρών οξέων στο μυ, συνεισφέροντας συνολικά στη διατήρηση μεταβολικής ομοιόστασης κατά την άσκηση (1). Τα δεδομένα όσον αφορά τα επίπεδα της C-αντιδρώσας πρωτεΐνης κατά την οξεία φάση μετά την άσκηση είναι διφορούμενα. Υπάρχουν λίγα ευρήματα που υποστηρίζουν αύξηση των επιπέδων CRP μετά από παρατεταμένη ή έντονη άσκηση με τραυματισμό του μυϊκού ιστού, που μπορεί να οφείλεται σε διαρροή στην κυκλοφορία κυτταρικών υπολειμμάτων ή κυτταροκινών όπως ιντερλευκίνης-6, η οποία θεωρείται ότι προωθεί την ηπατική σύνθεση και έκκριση CRP, ωστόσο τα ερευνητικά δεδομένα έως τώρα δεν είναι επαρκή (9).

Κατά την οξεία φλεγμονώδη απόκριση μετά την άσκηση, η EIMD φαίνεται ότι συνεισφέρει και στην ανάπτυξη κάποιου βαθμού συστηματικής φλεγμονής με αύξηση του αριθμού των ανοσολογικών κυττάρων στην κυκλοφορία πέρα από το εσωτερικό του μύος. Η αύξηση αυτή

φαίνεται να είναι μεγαλύτερη μετά την εφαρμογή έκκεντρων συστολών σε σχέση με άλλες μυικές συστολές ή με συνδυασμό αυτών, και φαίνεται να σχετίζεται με την ένταση, τη διάρκεια και τον όγκο της άσκησης, καθώς και με τις μυικές ομάδες που εμπλέκονται στην άσκηση. Τα ερευνητικά δεδομένα δείχνουν αύξηση των επιπέδων προφλεγμονωδών κυτταροκινών στην κυκλοφορία του αίματος, όπως TNF-α και IL-1β, πιθανώς μέσω της έκκρισης και από άλλα κύτταρα πέρα από τα μυικά. Μάλιστα, τα επίπεδα IL-6 μπορεί να παραμείνουν αυξημένα στην κυκλοφορία ακόμα και μετά την ολοκλήρωση της αρχικής φλεγμονώδους απόκρισης στον τραυματισμένο μυ, ύστερα από έντονη EIMD. Επομένως, υπάρχουν στοιχεία που υποδεικνύουν ότι ο μυικός τραυματισμός ως αποτέλεσμα της άσκησης επάγει την έναρξη φλεγμονωδών αποκρίσεων τόσο τοπικά στο μυ, όσο και κάποιου βαθμού συστηματικά (10).

2.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΟ ΦΛΕΓΜΟΝΩΔΕΣ ΠΡΟΦΙΛ ΑΘΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΟΥΜΕΝΩΝ

Στα πλαίσια των μυικών προσαρμογών που είναι πλέον γνωστό ότι αναπτύσσονται μετά από επαναλαμβανόμενες συνεδρίες έκκεντρης άσκησης (repeated bout effect, RBE), οι μελέτες δείχνουν και αναφέρουν μείωση της ανοσολογικής και φλεγμονώδους μυικής απόκρισης ως αποτέλεσμα της μακροχρόνιας προπόνησης, χωρίς ωστόσο να είναι ξεκάθαρο αν αποτελούν αίτιο ή αποτέλεσμα του φαινομένου του RBE και της μειωμένης EIMD. Πράγματι, μειωμένη ενεργοποίηση των ουδετερόφιλων (1) και μειωμένη μεταγραφική δραστηριότητα των γονιδίων που εμπλέκονται στη συσσώρευση μονοκυττάρων έχουν αναφερθεί ως αποτέλεσμα της μακροχρόνιας έκκεντρης προπόνησης. Αντίθετα, έχει παρατηρηθεί αυξημένη μεταγραφική δραστηριότητα γονιδίων που σχετίζονται με τον αντιφλεγμονώδη φαινότυπο των μακροφάγων (7) και γονιδίων που σχετίζονται με την οργάνωση της μυικής εξωκυττάριας ουσίας έπειτα από 12 εβδομάδες έκκεντρης προπόνησης (8). Η έκφραση της χημειοκίνης MCP-1, της οποίας η συγκέντρωση αυξάνει αξιοσημείωτα μετά από μια συνεδρία έκκεντρης άσκησης, σε επαναλαμβανόμενη προπόνηση παρατηρείται ακόμα πιο αυξημένη γεγονός που υποδεικνύει πιθανό ρόλο της MCP-1 στη βελτίωση της

σηματοδότησης για τον πολλαπλασιασμό των δορυφορικών κυττάρων και την ταχύτερη αποκατάσταση του μυϊκού ιστού (1, 7). Συνολικά, τα έως τώρα δεδομένα υποδεικνύουν ότι η ανάπτυξη μυϊκών προσαρμογών στη μακροχρόνια έκκεντρη προπόνηση οδηγεί σε εξασθένηση της προφλεγμονώδους μυϊκής απόκρισης μετά την έκκεντρη άσκηση (7) και βελτίωση του ανοσολογικού συντονισμού μετά την πρώτη συνεδρία (1, 7). Η διευκόλυνση της διήθησης ανοσολογικών κυττάρων στον τραυματισμένο μυ, η καλύτερη σηματοδότηση για τον πολλαπλασιασμό των μυοβλαστών και η ενίσχυση της εξωκυττάριας ουσίας έχουν διατυπωθεί ως πιθανές θεωρίες με τις οποίες καθίσταται πιο αποδοτική η διαδικασία αποκατάστασης και αναγέννησης του μυϊκού ιστού κατά τη χρόνια έκκεντρη προπόνηση (1, 7). Η αξιολόγηση της επίδρασης της μακροχρόνιας άσκησης στα επίπεδα της CRP είναι αμφιλεγόμενη όσον αφορά το κατά πόσο μείωση των επιπέδων μπορεί να προκύψει χωρίς σημαντική αλλαγή στο βάρος ή το σωματικό λίπος (11).

Νευρικές, μηχανικές και κυτταρικές θεωρίες έχουν προταθεί για την ανάπτυξη προσαρμογών και την προστασία του μυός έναντι της EIMD η οποία αποτελεί βασικό ερέθισμα για την έναρξη της φλεγμονώδους απόκρισης. Η ενεργοποίηση μεγαλύτερου αριθμού και ο καλύτερος συγχρονισμός των κινητικών μονάδων μπορεί να συμβάλλει στην καλύτερη κατανομή του μυϊκού φορτίου σε περισσότερες ίνες μετά από επαναλαμβανόμενες συνεδρίες. Την ανάπτυξη νευρικών προσαρμογών ενισχύουν αποτελέσματα μελετών κατά τις οποίες η άσκηση στο ένα άκρο παρείχε κάποιου βαθμού προστασία έναντι της EIMD στο αντίθετο άκρο σε επόμενη συνεδρία άσκησης. Αλλαγές στις μηχανικές ιδιότητες του μυός μπορεί επίσης να εξηγούν τη μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στο μηχανικό στρες της άσκησης. Παραδείγματα αποτελούν η αύξηση του ενδοκυτταρικού συνδετικού ιστού και η αναδιοργάνωση των δομικών πρωτεϊνών μετά την έκκεντρη άσκηση όπως της δεσμίνης και της τιτίνης. Στοιχεία από μελέτες που δείχνουν αύξηση του αριθμού των σαρκομερίων στη σειρά αποφέυγοντας τη μηχανική φθορά κατά την επιμήκυνση και τη διάσπαση της σαρκοπλασματικής μεμβράνης μπορεί να περιγράψουν μια κυτταρική προσαρμογή έναντι της EIMD και της φλεγμονώδους απόκρισης. Καινούργιο πεδίο έρευνας αποτελεί ο ρόλος των πρωτεϊνών HSPs (heat shock proteins) των οποίων η δράση σχετίζεται με τη διατήρηση και την αναδιαμόρφωση του κυτταροσκελετού, τη ρύθμιση της οξειδοαναγωγικής κατάστασης των μυοκυττάρων και την αναστολή της απόπτωσης. Η μετατόπιση τους στα

μυοκύτταρα, και όχι απαραίτητα αύξηση του αριθμού τους, μπορεί να αποτελεί μια αποτελεσματική κυτταρική προσαρμογή. Επιπλέον, η μετάβαση σε έναν πιο οξειδωτικό χαρακτήρα μυικών ινών, όπως προκύπτει και από μελέτες που δείχνουν μείωση της έκφρασης των γλυκολυτικών ενζύμων μετά από επαναλαμβανόμενες συνεδρίες έκκεντρης άσκησης, μένει να διευκρινιστεί (1).

2.3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΕΞΗΓΟΥΝ ΤΙΣ ΦΛΕΓΜΟΝΩΔΕΙΣ ΑΠΟΚΡΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΣΚΗΣΗ

Το μηχανικό και μεταβολικό στρες αποτελούν τους δύο βασικούς μηχανισμούς που έχουν προταθεί για την ανάπτυξη μυικού τραυματισμού μετά την άσκηση. Η υψηλότερη παραγωγή δύναμης σε συνδυασμό με τη μικρότερη επιστράτευση κινητικών μονάδων οδηγεί σε υψηλό μηχανικό στρες στον ασκούμενο μυ (1). Η επιμήκυνση στις έκκεντρες συστολές καθώς και το μέγεθος της τάσης που εφαρμόζεται στις μυικές ίνες έχουν αποδειχθεί σημαντικές παράμετροι για την ανάπτυξη τραυματισμού (12), με κάποια σαρκομέρια να είναι πιο ανθεκτικά, ενώ άλλα λιγότερο ανθεκτικά να αναπτύσσουν μηχανική φθορά που σταδιακά επεκτείνεται σε μεγαλύτερο μέρος των μυικών ινών (10). Η τάση που αναπτύσσεται στο συσπασμένο μυ, μεταδίδεται από τις μυικές ίνες στην εξωκυττάρια ουσία μέχρι και το σύστημα μυών-τενόντων (12) και συνολικά από το μηχανικό στρες προκύπτουν εστιακές βλάβες στις μυικές ίνες, αποδιοργάνωση των σαρκομερίων, με παραμόρφωση της γραμμής Z, και της εξωκυττάριας ουσίας, διαστολή του συστήματος των εγκάρσιων σωληναρίων, διόγκωση των μιτοχονδρίων και κατακερματισμός του σαρκοπλασματικού δικτύου (1). Επιπλέον, οι έκκεντρες συστολές έχειδειχθεί ότι προκαλούν καταστροφή της δεσμίνης, της δομικής πρωτεΐνης που κυριαρχεί στο ενδιάμεσο των λεπτών και παχίων νηματίων και συνεισφέρει στην αρχιτεκτονική των μυικών ινών (12).

Η εκτεταμένη καταστροφή της σαρκοπλασματικής μεμβράνης οδηγεί σε σημαντική απώλεια της ομοιόστασης στον τραυματισμένο μυ. Οι διαταραχές των μυοκυτταρικών μεμβρανών γίνονται εμφανείς από την ανεξέλεγκτη ροή κυτοσολικών πρωτεϊνών και ενζύμων στην

κυκλοφορία του αίματος, όπως κρεατινικής κινάσης, για μέρες μετά τον μυϊκό τραυματισμό. Αποτέλεσμα της διάρρηξης των μυοκυτταρικών μεμβρανών, τις οποίες μπορούν να διαπεράσουν μεγάλα μόρια όπως πρωτεΐνες, αποτελεί και η ταχύτατη εισροή ιόντων ασβεστίου στο εσωτερικό των μυοκυττάρων διαταράσσοντας την αυστηρή ρύθμιση και την ομοιόσταση των μυϊκών ιόντων. Η αύξηση της συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου οδηγεί σε ενεργοποίηση της καλπαΐνης, μιας ασβεστιο-εξαρτώμενης πρωτεάσης με πρωτεολυτική δράση, η οποία οδηγεί σε αποικοδόμηση των δομικών πρωτεϊνών, όπως της δεσμίνης που αποτελεί υπόστρωμα της πρωτεάσης, και περαιτέρω καταστροφή του μυός. Η εισροή ιόντων ασβεστίου πέρα από την αποικοδόμηση πρωτεϊνών στα μυϊκά κύτταρα οδηγεί σε ενεργοποίηση της φωσφολιπάσης A₂ (PLA₂) και περαιτέρω καταστροφή της μυϊκής μεμβράνης μετά την έκκεντρη άσκηση μέσω υδρόλυσης της γλυκερόλης. Ο μεταβολισμός της μεμβρανικής γλυκερόλης από την PLA₂ μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή αραχιδονικού οξέος, και στη συνέχεια σε παραγωγή εικοσανοειδών όπως προσταγλανδινών και λευκοτριενίων, προωθώντας περαιτέρω τη φλεγμονώδη απόκριση στα μυϊκά κύτταρα (12).

Η συσταλτική δραστηριότητα του μυός τροποποιεί την κυτταρική παραγωγή δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS) συνεισφέροντας και ως μηχανισμός ρύθμισης της σηματοδότησης του μυός. Στην ηρεμία τα επίπεδα παραγωγής ROS παραμένουν χαμηλά, μπορούν όμως να αυξηθούν ταχύτατα μετά την έναρξη μυϊκών συστολών, αυξάνοντας κυρίως την ενδοκυτταρική συγκέντρωση υπεροξειδίου και μεταβολιτών του. Τα λιπίδια της μεμβράνης καθώς και μυϊκές πρωτεΐνες αντιδρούν έντονα με τις ελεύθερες ρίζες συνεισφέροντας στην ανάπτυξη διαταραχών και μυϊκής καταστροφής κατά τη διάρκεια των συστολών (12). Πέρα από την ενδοκυτταρική παραγωγή ROS, κατά την ασκησιογενή μυϊκή βλάβη κύτταρα του ανοσολογικού με φαγοκυτταρική δράση όπως τα ουδετερόφιλα επίσης παράγουν δραστικές μορφές οξυγόνου και αζώτου, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη δευτερογενούς βλάβης τόσο στις τραυματισμένες όσο και στις παρακείμενες μυϊκές ίνες. Τα ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι η οξειδο-αναγωγική κατάσταση των τραυματισμένων κυττάρων αποτελεί έναν ευαίσθητο και σημαντικό ρυθμιστή της ενδοκυτταρικής σηματοδότησης που οδηγεί σε σύνθεση και απελευθέρωση κυτταροκινών και επιστράτευση ανοσολογικών κυττάρων κυρίως μέσω των μονοπατιών του NF-κΒ και των κινασών που ενεργοποιούνται από μιτογόνα (MAPK) (13).

Η διάρρηξη της σαρκοπλασματικής μεμβράνης φαίνεται να εκκινεί σηματοδοτικές διαδικασίες για την αναγέννηση του μυός. Τα τραυματισμένα κύτταρα μέσω της σύνθεσης και της έκκρισης μορίων σηματοδότησης αναπτύσσουν χημειοτακτική δράση και προσελκύουν διαφορετικούς πληθυσμούς κυττάρων που προωθούν την αποκατάσταση της ομοιόστασης και την αναδιαμόρφωση του μυός (12). Κύτταρα που βρίσκονται στην εξωκυττάρια ουσία, όπως ανοσολογικά κύτταρα, ινοβλάστες, δορυφορικά κύτταρα, νευρικά και ενδοθηλιακά κύτταρα ανταποκρίνονται στο ερέθισμα της μυικής βλάβης και του μηχανικού στρες και αλληλεπιδρούν με την απελευθέρωση αυξητικών παραγόντων και την ενεργοποίηση σηματοδοτικών μονοπατιών για την αποκατάσταση του μυός. Αγγειακά κύτταρα που επίσης ανταποκρίνονται στην EIMD ενεργοποιούν μέσω προφλεγμονωδών κυτταροκινών το μεταγραφικό παράγοντα NF-κΒ, συνεισφέροντας στην κινητοποίηση των ανοσολογικών κυττάρων και την ενεργοποίηση του συστήματος ουβικιτίνης-πρωτεασώματος (UPS) το οποίο πιθανώς επιταχύνει τον καταρράκτη της φλεγμονής (10). Συνολικά, φαίνεται πως η ανάπτυξη ασκησιογενούς μυικής βλάβης αποτελεί το κύριο ερέθισμα της φλεγμονώδους απόκρισης στην άσκηση με συμμετοχή τόσο ενδομυικών όσο και εξωμυικών κυττάρων και τη στενά ρυθμιζόμενη αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΣΤΗ ΦΛΕΓΜΟΝΩΔΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΑΣΚΗΣΗ

Οι αρνητικές επιπτώσεις της EIMD με ανάπτυξη μυϊκού πόνου και μείωση της λειτουργικότητας του μυός οδήγησαν την επιστημονική κοινότητα στην αναζήτηση συστατικών των τροφίμων και ολόκληρων τροφίμων που θα μπορούσαν να περιορίσουν τα κλινικά συμπτώματα και να επιταχύνουν τη διαδικασία της μυϊκής αποκατάστασης, με ιδιαίτερη σημασία στον αθλητικό χώρο. Ωστόσο, σε αυτή την αναζήτηση δε θα πρέπει να παραβλέπεται ο ρόλος της φλεγμονώδους απόκρισης ως απαραίτητη διαδικασία για την ανάπτυξη των μυϊκών προσαρμογών της άσκησης και την αποκατάσταση του μυϊκού τραυματισμού. Επομένως, έμφαση πρέπει να δίνεται στην ανακάλυψη τροφίμων ή συστατικών τα οποία περιορίζουν τα κλινικά συμπτώματα της EIMD ή μειώνουν τη δευτερογενή ανάπτυξη τραυματισμού στο μυ ή επιταχύνουν τη διαδικασία της αποκατάστασης χωρίς όμως να περιορίζουν τις φυσιολογικές δράσεις της φλεγμονής στον τραυματισμένο μυ οι οποίες είναι απαραίτητες για την αποκατάσταση και αναδιαμόρφωση του μυϊκού ιστού (14).

3.1 ΜΑΚΡΟΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

3.1.1 ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

Η διατροφική πρόσληψη πρωτεϊνών είναι αδιαμφισβήτητη στη διαδικασία της ανακύκλωσης των μυϊκών πρωτεϊνών, ιδιαίτερα όσον αφορά την άσκηση, όπου έχει δειχθεί ότι ενισχύει τις μυϊκές προσαρμογές όταν γεύματα με πρωτεΐνη καταναλώνονται γύρω από τη συνεδρία όλων των ειδών προπόνησης. Παρόλα αυτά, τα ερευνητικά δεδομένα για την επίδραση της πρόσληψης πρωτεϊνών στα συμπτώματα της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και τη μυϊκή αποκατάσταση είναι πιο ασαφή. Κάποια στοιχεία δείχνουν μείωση των δεικτών μυϊκού

τραυματισμού και γρηγορότερη αποκατάσταση από τη συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης ή ελεύθερων αμινοξέων, ενώ άλλα απουσία κάποιας σχέσης. Τα αντικρουόμενα αποτελέσματα μπορεί να οφείλονται στην ετερογένεια των δεικτών που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση του μυικού τραυματισμού και τη λειτουργικότητα του μυός στη φάση αποκατάστασης, καθώς και στην ετερογένεια του σχεδιασμού των μελετών. Η μεγάλη ταχύτητα της ανάπτυξης μυικού τραυματισμού από την άσκηση μπορεί επίσης να περιορίζει την επίδραση των συμπληρωμάτων πρωτεΐνης και ελεύθερων αμινοξέων, σε αντίθεση με τις μυικές προσαρμογές και την ανακύκλωση των πρωτεϊνών που αποτελούν πιο αργή διαδικασία. Περαιτέρω μελέτες χρειάζονται για την αποσαφήνιση του ρόλου της συμπληρωματικής πρόσληψης πρωτεϊνών στην αποκατάσταση του τραυματισμού από την ασκησιογενή μυική βλάβη (14).

3.1.2 ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

Η EIMD έχει δείχθει ότι προκαλεί οξείες αλλαγές των μεταβολικών χαρακτηριστικών στον τραυματισμένο μυικό ιστό κατά τη φάση της φλεγμονώδους απόκρισης με μείωση της πρόσληψης γλυκόζης και της ινσουλινοευαισθησίας, διαταραγμένη σύνθεση γλυκογόνου, μετατόπιση προς έναν μη-οξειδωτικό μεταβολισμό, μείωση της έκφρασης γλυκολυτικών ενζύμων και αύξηση του μεταβολικού ρυθμού (1). Έχει διατυπωθεί ότι η συσσωρεύση κυττάρων που μεσολαβούν τη φλεγμονή στον ιστό μπορεί να συνεισφέρει στη μειωμένη πρόσληψη γλυκόζης λόγω ανταγωνισμού με τα μυικά κύτταρα, και υπάρχουν αναφορές ότι υψηλή διατροφική πρόσληψη υδατανθράκων τις πρώτες μέρες μετά την έκκεντρη άσκηση αυξάνει την ενδομυική αποθήκευση με τη μορφή γλυκογόνου. Μεγαλύτερη κατανάλωση υδατανθράκων δε φαίνεται να επηρεάζει τους δείκτες και τα συμπτώματα της EIMD, ενώ αντίθετα σε μία μελέτη έχει αναφερθεί και κάποια αύξηση στην αντίληψη του πόνου και των επιπέδων κρεατινικής κινάσης με αυξημένη κατανάλωση υδατανθράκων δύο ημέρες πριν την άσκηση (15). Στοιχεία από περισσότερες μελέτες είναι απαραίτητα ώστε να διευκρινιστεί ο ρόλος των υδατανθράκων στην EIMD και στην αναπλήρωση του μυικού γλυκογόνου, καθώς και αν η πρόσληψη μπορεί να συνεισφέρει στο πρωτεϊνικό ισοζύγιο μετά την άσκηση

μέσω της αύξησης της ινσουλίνης πλάσματος, μειώνοντας το μυϊκό καταβολισμό πρωτεϊνών (16).

3.1.3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΩΝ ΚΑΙ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ

Παρόλο που η πρόσληψη υδατανθράκων δε φαίνεται να συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση των συμπτωμάτων και των δεικτών μυϊκού τραυματισμού, κάποια δεδομένα προτείνουν ευεργετική επίδραση από το συνδυασμό με την πρόσληψη πρωτεΐνης (16). Μικρότερη αύξηση των επιπέδων κρεατινικής κινάσης έχει αναφερθεί όταν καταναλώθηκε συνδυασμός υδατανθράκων και πρωτεΐνης γύρω από τη συνεδρία της άσκησης (15). Ο συνδυασμός των δύο μακροθρεπτικών μπορεί να παρέχει το ερέθισμα για την αύξηση της πρωτεϊνοσύνθεσης και την αναπλήρωση των μυϊκών αποθεμάτων γλυκογόνου, μέσω αυξήσεων της ινσουλίνης στο πλάσμα (16). Παρόλο που δε φαίνεται να υπάρχει κάποιο μειονέκτημα, περισσότερες μελέτες απαιτούνται για να διευκρινιστεί η χρονικότητα της πρόσληψης γύρω από την άσκηση και αν ο συνδυασμός υπερτερεί της μεμονωμένης πρόσληψης πρωτεΐνης έναντι των συμπτωμάτων και της αποκατάστασης στην EIMD (15).

3.1.4 Ω-3 ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ

Τα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, και ιδιαίτερα το εικοσιδυοεξανοϊκό οξύ (DHA) και το εικοσαπενταενοϊκό (EPA) των ιχθυελαίων, αποτελούν διατροφικά συστατικά με τεκμηριωμένη αντιφλεγμονώδη δράση, τα οποία περιέχονται σε υψηλή συγκέντρωση σε λιπαρά ψάρια, όπως το σκουμπρί, η σαρδέλα και ο σολωμός, και σε ξηρούς καρπούς, όπως τα καρύδια. Ως επί το πλείστον, οι μελέτες που διερεύνησαν την επίδραση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων σε παραμέτρους της EIMD, όπως σε δείκτες φλεγμονής, οξειδωτικού στρες και λειτουργικότητας του μυός, έδειξαν θετική επίδραση από τη συμπληρωματική χορήγηση DHA και EPA για τουλάχιστον δύο εβδομάδες πριν την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου έντονης έκκεντρης άσκησης. Μόνο μία μελέτη έδειξε απουσία επίδρασης στις παραμέτρους που ανεφέρθηκαν, και συνολικά η συμπληρωματική χορήγηση

ιχθυελαίων για τουλάχιστον δύο εβδομάδες φαίνεται να αποτελεί αποτελεσματική παρέμβαση για τη διαχείριση των συμπτωμάτων της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης (14).

3.2 ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΠΟΛΥΦΑΙΝΟΛΕΣ

Οι διατροφικές πολυφαινόλες βρίσκονται σε πολλά φρούτα και λαχανικά και περιέχονται σε αξιόλογες ποσότητες στο τσάι, τα σταφύλια, τα βατόμουρα, το κακάο, το ρόδι, τα κεράσια και τους ξηρούς καρπούς. Οι μηχανισμοί δράσης της συμπληρωματικής χορήγησης πολυφαινολών στην ασκησιογενή μυϊκή βλάβη έχουν διερευνηθεί αρκετά λόγω των αντιοξειδωτικών και αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων τους, καθώς και της επίδρασης πολλών πολυφαινολών στη μείωση της παραγωγής εικοσανοειδών από το αραχιδονικό οξύ, μέσω αναστολής του ενζύμου της κυκλοοξυγενάσης. Έτσι, οι πολυφαινόλες μπορεί να παρέχουν κάποιο όφελος στην EIMD μειώνοντας την παραγωγή ROS και τον καταρράκτη της φλεγμονής που οδηγεί σε δευτερογενή ανάπτυξη βλάβης στο μυϊκό ιστό, και επιταχύνοντας τη διαδικασία της αποκατάστασης (14).

Η κερκετίνη είναι μια πολυφαινόλη της ομάδας των φλαβονολών με μεγάλη βιοδιαθεσιμότητα μετά την πρόσληψη και βρίσκεται σε τρόφιμα όπως τα σταφύλια, τα μούρα, οι ντομάτες και το τσάι. Τα δεδομένα έως τώρα δεν υποστηρίζουν τη συμπληρωματική χορήγηση κερκετίνης στην EIMD για τη βελτίωση της λειτουργικότητας του μυός και τη μείωση του οξειδωτικού στρες, της φλεγμονής και του μυϊκού πόνου, παρά την ύπαρξη κάποιων στοιχείων που υποστηρίζουν μειωμένη έκφραση προφλεγμονωδών κυτταροκινών. Λίγα είναι επίσης τα ερευνητικά δεδομένα για την επίδραση των κατεχινών και των παραγώγων τους στην αποκατάσταση μετά την EIMD, οι οποίες περιέχονται κυρίως στο τσάι. Μία μελέτη έδειξε μείωση του αισθήματος πόνου μετά το μυϊκό τραυματισμό, αλλά όχι βελτίωση δεικτών της μυϊκής λειτουργίας και του τραυματισμού από την άσκηση. Τα δεδομένα για την κερκετίνη και τις κατεχίνες δεν υποστηρίζουν τη συμπληρωματική τους χορήγηση στην EIMD, ωστόσο απαιτείται περαιτέρω έρευνα (14).

3.3 BITAMINH D

Τα επίπεδα της βιταμίνης D αυξάνονται στον οργανισμό κυρίως μέσω της έκθεσης του δέρματος στην υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και αρχικά ο ρόλος της είχε περιοριστεί στην ομοιοστάση των ιόντων ασβεστίου στον οργανισμό και την επιμετάλλωση των οστών, πλέον όμως οι βιολογικές της δράσεις έχουν συνδεθεί με τη λειτουργία του ανοσοποιητικού και μυοσκελετικού συστήματος, με ενδείξεις για συμμετοχή στην αναδιαμόρφωση και αναγέννηση του μυϊκού ιστού. Μάλιστα, κάποιες μελέτες συσχέτισαν την επάρκεια των επιπέδων 25-υδροξυ-βιταμίνης D του ορού με τη φλεγμονώδη απόκριση και τη μυϊκή αποκατάσταση μετά την ανάπτυξη μυϊκού τραυματισμού από έντονη άσκηση, γεγονός που οδήγησε στη διερεύνηση της επίδρασης της συμπληρωματικής χορήγησης βιταμίνης D σε άτομα με ανεπάρκεια. Πράγματι, η συμπληρωματική χορήγηση βιταμίνης D φαίνεται να ενισχύει τη διαδικασία αποκατάστασης, αναγέννησης του μυός και επαναφοράς της μυϊκής δύναμης μετά την έκκεντρη άσκηση σε άτομα με ανεπάρκεια, ενώ υπάρχουν ενδείξεις για πιθανές επιδράσεις της βιταμίνης D στην αντίληψη του μυϊκού πόνου, λόγω της ύπαρξης υποδοχέων στους αισθητηριακούς νευρώνες των μυών (14).

3.4 BITAMINH C ΚΑΙ BITAMINH E

Μετά την έκκεντρη άσκηση ο μυϊκός τραυματισμός οδηγεί σε αυξημένη παραγωγή ROS από τη δράση των ουδετερόφιλων και τη διαδικασία της φαγοκυττάρωσης με αποτέλεσμα την ανάπτυξη οξειδωτικού στρες στο μυϊκό ιστό και δευτερογενή, της μηχανικής φθοράς, βλάβη στον ασκούμενο μυ. Έτσι, μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον έχει συγκεντρώσει η επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης αντιοξειδωτικών για τη μείωση του οξειδωτικού στρες και της παραγωγής ROS, με κύριες τις αντιοξειδωτικές βιταμίνες C και E (15).

Η συμπληρωματική χορήγηση βιταμίνης C λίγες ημέρες πριν και μετά την εφαρμογή πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης έδειξε μείωση του αισθήματος καθυστερημένου μυικού πόνου (DOMS) και του οξειδωτικού στρες κατά τις πρώτες ώρες, ωστόσο η μείωση φαίνεται να εξασθενεί μετά τις 24 ώρες, ενώ φαίνεται πως δεν υπάρχει σημαντικό όφελος στην αποκατάσταση της λειτουργικότητας του μυός από τη συμπληρωματική χορήγηση. Μάλιστα, κάποιες μελέτες αναφέρουν αρνητικές επιδράσεις με μείωση της ακεραιότητας της μεμβράνης και καθυστέρηση της μυικής αποκατάστασης μετά την έκκεντρη άσκηση από τη συμπληρωματική χορήγηση βιταμίνης C, αντενδεικνύοντας τη χρήση παρά την αρχική μείωση του οξειδωτικού στρες. Η βιταμίνη E θεωρείται ότι προστατεύει έναντι της EIMD μέσω ενίσχυσης της ακεραιότητας της μεμβράνης, με κάποιες μελέτες να αναφέρουν μικρότερη αύξηση των επιπέδων κρεατινικής κινάσης στην κυκλοφορία του αίματος, ενώ άλλες όχι. Η διερεύνηση της συμπληρωματικής χορήγησης βιταμίνης C και E για κάποιο διάστημα πριν από πρωτόκολλα έκκεντρης άσκησης παρέχει κάποιες ενδείξεις για μείωση του αισθήματος μυικού πόνου, ωστόσο τα αποτελέσματα είναι αντικρουόμενα (15) και συνολικά δε δικαιολογείται η χορήγηση εξαιτίας κάποιων ενδείξεων για παρεμπόδιση της ανάπτυξης μυικών προσαρμογών (14). Το χρονικό διάστημα χορήγησης των συμπληρωμάτων, η δόση και τα πρωτόκολλα έκκεντρης άσκησης που χρησιμοποιούνται αποτελούν περιοριστικές παραμέτρους για την εξαγωγή συμπερασμάτων από τη χρήση τους (15).

3.5 ΤΡΟΦΙΜΑ

3.5.1 ΒΥΣΣΙΝΟ

Το βύσσινο έχει κερδίσει αυξανόμενο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια για τη διαχείριση της ασκησιογενούς μυικής βλάβης λόγω των θετικών αποτελεσμάτων στις μελέτες παρέμβασης. Αρχικά, η κατανάλωση χυμού από βύσσινο και μήλο δύο φορές την ημέρα, τέσσερις ημέρες πριν και μετά την εφαρμογή πολύ έντονης έκκεντρης άσκησης, έδειξε μείωση του μυικού πόνου και σημαντική αύξηση του ρυθμού αποκατάστασης της μυικής λειτουργικότητας, αν

και η μελέτη έφερε κάποιους περιορισμούς όπως πιθανή επίδραση του χυμού μήλου και ο διασταυρούμενος σχεδιασμός της μελέτης. Παρόλα αυτά, επόμενες μελέτες με καλύτερο σχεδιασμό έδειξαν εξίσου σημαντική βελτίωση του ρυθμού αποκατάστασης της λειτουργίας του μυός μετά από έντονο ερέθισμα έκκεντρης άσκησης, καθώς και εξασθένιση της απόκρισης δεικτών φλεγμονής όπως η ιντερλευκίνη-6 και η CRP. Συνολικά, τα ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι το βύσσινο μέσω της δράσης των φυτοχημικών του είναι ικανό να ρυθμίσει θετικά την απόκριση στην EIMD, χωρίς να είναι ωστόσο γνωστός ο ακριβής μηχανισμός της ευεργετικής επίδρασης αυτών των ενώσεων (14).

3.5.2 ΡΟΔΙ

Τρόφιμο πλούσιο σε πολυφαινόλες, και συγκεκριμένα τανίνες, αποτελεί το ρόδι και τα εκχυλίσματα ροδιού, ωστόσο τα ερευνητικά δεδομένα που διερεύνησαν την επίδραση στην EIMD είναι πολύ περιορισμένα και οι μελέτες φέρουν κάποιους περιορισμούς όπως ο διασταυρούμενος σχεδιασμός. Ωστόσο, η κατανάλωση εκχυλίσματος ροδιού λίγες ημέρες πριν και μετά από μια συνεδρία έντονης έκκεντρης άσκησης σε αθλούμενους άνδρες έδειξε βελτίωση της αποκατάστασης της λειτουργικότητας του μυός ή/ και μείωση του μυϊκού πόνου (14).

3.5.3 ΜΑΥΡΗ ΣΤΑΦΙΔΑ

Οι μαύρες σταφίδες είναι πλούσιες σε ανθοκυανίνες οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί με ισχυρές αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Όπως προκύπτει από δύο μελέτες, φαίνεται πως η κατανάλωση χυμού ή εκχυλίσματος μαύρης σταφίδας πριν και μετά την εφαρμογή έκκεντρης άσκησης μετρίασε την αύξηση των επιπέδων κρεατινικής κινάσης μετά την άσκηση παρέχοντας κάποια προκαταρκτικά δεδομένα για μείωση της ανάπτυξης μυϊκού τραυματισμού. Δημιουργείται λοιπόν η ανάγκη για περισσότερες μελέτες της επίδρασης της κατανάλωσης μαύρης σταφίδας στην EIMD, με χρήση περισσότερων δεικτών μυϊκού

τραυματισμού αλλά και μυικής αποκατάστασης για την ανάδειξη πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων (17).

3.5.4 ΓΑΛΑ

Το γάλα περιέχει διάφορα συστατικά που θα μπορούσαν να παρέχουν όφελος στην EIMD όπως πρωτεΐνες και αμινοξέα, λιποειδή, μεταλλικά στοιχεία και βιταμίνες. Επιπλέον, το περιεχόμενο του γάλακτος σε καζεΐνη, η οποία εμφανίζει πιο αργή απορρόφηση και σχετίζεται με μείωση του καταβολισμού μυικών πρωτεϊνών, και σε πρωτεΐνες ορού γάλακτος, οι οποίες αυξάνουν την παροχή αμινοξέων διακλαδισμένης αλύσου (branched chain amino acids, BCAA) στην κυκλοφορία του αίματος, θα μπορούσε να συνεισφέρει θετικά στο μυικό μεταβολισμό και την πρωτεϊνοσύνθεση γεγονός που απέσπασε κάποιο ερευνητικό ενδιαφέρον στην EIMD. Δύο μελέτες έδειξαν θετικά αποτελέσματα στην αποκατάσταση της απόδοσης και της ισχύος από την κατανάλωση ημι-αποβουτυρωμένου γάλακτος, ωστόσο μια μελέτη δεν έδειξε καμία επίδραση στην απόδοση, και συνολικά στις μελέτες η κατανάλωση γάλακτος δε φαίνεται να είχε επίδραση σε δείκτες μυικού τραυματισμού (16).

Συνολικά, η ανάπτυξη στρατηγικών για περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων της EIMD και την ταχύτερη αποκατάσταση του μυικού τραυματισμού έχει ιδιαίτερη σημασία ιδιαίτερα στον αθλητικό χώρο. Έτσι, τα ευρήματα μελετών που συνδέουν κάποια τρόφιμα με την αποκατάσταση στην EIMD δημιουργεί την ανάγκη για περισσότερη έρευνα ώστε να αποσαφηνιστεί ο ρόλος τους και να αποκτηθεί μεγαλύτερη γνώση για το είδος και το συνδυασμό της κατανάλωσης τροφίμων που θα μπορούσε να περιορίσει την έκταση ή να ενισχύσει την αποκατάσταση στην EIMD.

4. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξεταστούν και να απαντηθούν βασικά ερωτήματα για το πώς επηρεάζει ένα πρωτόκολλο προπόνησης έκκεντρης άσκησης 10 εβδομάδων τη βασική κατάσταση σε δείκτες υποκλινικής φλεγμονής και τη φλεγμονώδη απόκριση του οργανισμού στην άσκηση σε υγιείς νεαρές γυναίκες. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε με ποιο τρόπο ο αριθμός των σετ, δηλαδή ο όγκος της προπόνησης, επηρεάζει τη φλεγμονώδη απόκριση του οργανισμού μετά την πρώτη συνεδρία και μετά από παρέμβαση έκκεντρης άσκησης 10 εβδομάδων. Ακολούθως, διερευνήθηκε πως ένα πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης για 10 εβδομάδες επηρεάζει τους δείκτες φλεγμονής σε βασική κατάσταση πριν την άσκηση, και την απόκριση των δεικτών φλεγμονής μετά την άσκηση, με σύγκριση των παραμέτρων που αξιολογήθηκαν στην αρχή και το τέλος της παρέμβασης. Σε όλα τα προηγούμενα ερωτήματα αξιολογήθηκε κατά πόσο και αν η διατροφή μπορεί να διαδραματίσει κάποιο ρόλο στις μυικές προσαρμογές και στη φλεγμονώδη απόκριση κατά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου προπόνησης με έκκεντρη άσκηση.

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Το πρωτόκολλο της παρούσας μελέτης είναι όμοιο με αυτό που έχει χρησιμοποιηθεί και σε προηγούμενες μελέτες (18, 19, 20, 21) και περιγράφεται αναλυτικά σε προηγούμενη δημοσίευση (22). Πριν την έναρξη της παρέμβασης και αφού είχαν πραγματοποιηθεί οι πρώτες αξιολογήσεις, οι εθελόντριες της μελέτης εξοικειώθηκαν με το πρωτόκολλο της άσκησης και με το ρυθμό που έπρεπε να πραγματοποιείται η έκκεντρη άσκηση. Συγκεκριμένα οι εθελόντριες υποβλήθηκαν σε δύο συνεδρίες εξοικείωσης με απόσταση 72 ωρών μεταξύ τους κατά τις οποίες έλαβαν σαφείς οδηγίες και εξασκήθηκαν στο σωστό ρυθμό που έπρεπε να γίνεται το χαμήλωμα της μπάρας. Για την επίτευξη του σωστού ρυθμού χρησιμοποιήθηκαν βοηθητικά ένας καθρέφτης σε απόσταση 2 μέτρων από το μηχάνημα Smith και ένας μετρονόμος.

Για την ικανοποίηση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης οι εθελόντριες πραγματοποίησαν μόνο την προς τα κάτω κίνηση του ημι-κάθισματος (έκκεντρη συστολή). Η οδηγία που δόθηκε στις εθελόντριες ήταν να χαμηλώνουν τη μπάρα αρχικά όσο το δυνατόν γρηγορότερα, αλλά διατηρώντας τον έλεγχο της κίνησης και πριν το τέλος της κίνησης σε γωνία γονάτου 90° να σταματούν απότομα ύστερα από γρήγορη επιβράδυνση. Κάθε ημι-κάθισμα είχε χρονική διάρκεια μικρότερη από 1 δευτερόλεπτο και η χρονική διάρκεια μεταξύ των επαναλήψεων ήταν 10 δευτερόλεπτα. Προκειμένου οι εθελόντριες να σταματάνε την προς τα κάτω κίνηση του σώματος και το κατέβασμα της μπάρας στη σωστή θέση, χρησιμοποιήθηκε ένα block το οποίο τοποθετήθηκε 1cm κάτω από τη γωνία γονάτου 90° όπως εκτιμήθηκε ξεχωριστά σε κάθε εθελόντρια κατά τη διάρκεια των συνεδριών εξοικείωσης.

Το ανέβασμα της μπάρας στην αρχική θέση γινόταν με τη βοήθεια μηχανήματος με ηλεκτρικό κινητήρα. Στις δύο συνεδρίες εξοικείωσης το εξωτερικό φορτίο ορίστηκε στο 30%

και 40% της μιας μέγιστης επανάληψης (1 repetition maximum, 1 RM) ημι-καθίσματος στο μηχάνημα Smith αντίστοιχα. Τόσο στις συνεδρίες εξοικείωσης όσο και στις συνεδρίες της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε το ίδιο μηχάνημα Smith και η ίδια μπάρα.

Μία εβδομάδα μετά την ολοκλήρωση των εκπαιδευτικών συνεδριών για εξοικείωση οι εθελόντριες ξεκίνησαν το πρωτόκολλο της παρέμβασης. Οι συνεδρίες έγιναν με συχνότητα 2 φορές την εβδομάδα, για συνολικά 10 εβδομάδες, και σε κάθε συνεδρία οι εθελόντριες πραγματοποιούσαν 4 επαναλήψεις ταχέων ημι-καθισμάτων ανά σετ, με 3 λεπτά ξεκούραση μεταξύ των σετ, και εκτελούσαν ένα μέγιστο κάθετο άλμα (counter movement jump, CMJ) ανά λεπτό στο διάστημα ξεκούρασης μεταξύ των σετ. Ανάλογα με την ομάδα στην οποία κατανεμήθηκε κάθε εθελόντρια σε κάθε συνεδρία εκτελούσε είτε 3 σετ άσκησης με συνολικά 12 ημι-καθίσματα ταχείας έκκεντρης άσκησης και 9 CMJs, είτε 6 σετ άσκησης με συνολικά 24 ημι-καθίσματα και 18 CMJs, είτε 9 σετ άσκησης με συνολικά 36 ημι-καθίσματα και 27 CMJs.

Πριν την έναρξη κάθε συνεδρίας οι εθελόντριες έκαναν προθέρμανση για 5 λεπτά σε ένα στατικό ποδήλατο και στατικές ασκήσεις τεντώματος στους μύες των κάτω άκρων, ενώ στη συνέχεια πραγματοποιούσαν ένα σετ 6 ταχέων ημι-καθισμάτων με φορτίο στο 40% του 1 RM στο μηχάνημα Smith. Ακολούθως, μετά την προθέρμανση οι εθελόντριες ξεκινούσαν την άσκηση της παρέμβασης όπως περιγράφηκε παραπάνω. Κατά τη διάρκεια των συνεδριών της πρώτης εβδομάδας, το εξωτερικό φορτίο καθορίστηκε στο 50% της 1 μέγιστης επανάληψης ημι-καθίσματος στ μηχανήμα Smith και στις επόμενες εβδομάδες το φορτίο αυξανόταν κατά 5% του 1 RM σε κάθε συνεδρία προπόνησης μέχρι το 70% του 1 RM κατά την τρίτη εβδομάδα της παρέμβασης, και μετά την τρίτη εβδομάδα το φορτίο αυξανόταν κατά 2,5% του 1 RM σε κάθε συνεδρία μέχρι την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Για την αξιολόγηση του βαθμού έντασης της άσκησης (rate of perceived exertion, RPE) χρησιμοποιήθηκε μια κλίμακα Borg CR20 μετά την ολοκλήρωση κάθε συνεδρίας προπόνησης (22).

5.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ο αριθμός των εθελοντριών καθορίστηκε με βάση το χαμηλότερο μέγεθος των αποτελεσμάτων από προηγούμενες μελέτες με παρόμοιο σχεδιασμό παρέμβασης (χαμηλότερο 0.226) και με ανάλυση της ισχύος (G * Power ver 3.1, FrankFaul, Universitat Kiel, Γερμανία) για την παρούσα μελέτη. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι έπρεπε να συμμετέχουν τουλάχιστον 26 εθελόντριες για ισχύ μελέτης ίση με 0.899. 30 υγιείς φοιτήτριες φυσικής αγωγής οι οποίες πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης στην παρέμβαση και αφού ενημερώθηκαν για τον πειραματικό σχεδιασμό της παρέμβασης, συμπεριλήφθηκαν ως εθελόντριες στη μελέτη αφού έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεση τους. Κατά τη διάρκεια των συνεδριών εξοικείωσης πριν την έναρξη της παρέμβασης, μία εθελόντρια από την ομάδα των 9 σετ άσκησης αποσύρθηκε από το πρωτοκόλλο για λόγους που δεν αφορούσαν την παρούσα μελέτη. Έτσι, συνολικά 29 εθελόντριες συμπεριλήφθηκαν και ολοκλήρωσαν το πειραματικό μέρος της παρούσας μελέτης.

Η προσέγγιση των εθελοντριών έγινε μέσω αναρτήσεων στο πανεπιστήμιο φοίτησής τους, όπου επισκέφτηκαν το εργαστήριο και συμπλήρωσαν ένα εβδομαδιαίο ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας. Όσες γυναίκες πληρούσαν τα κριτήρια κλήθηκαν στο εργαστήριο για δεύτερη φορά προκειμένου να διεξαχθούν ιατρικές εξετάσεις και αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών. Τα κριτήρια για την ένταξη στη μελέτη περιλάμβαναν τα εξής: 1) οι εθελοντές έπρεπε να είναι μόνο γυναίκες, 2) απουσία συστηματικής προπόνησης κατά τη διάρκεια των τελευταίων 12 μηνών, 3) σταθερότητα βάρους κατά 22 κιλά τους τελευταίους τρεις μήνες πριν την μελέτη, 4) απουσία ασθένειας και ορθοπεδικών παθήσεων, 5) ηλικία μεταξύ 18 και 25 ετών, και 6) αποχή από κατάχρηση ναρκωτικών ουσιών ή φαρμακευτικής αγωγής που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν τη λειτουργία του νευρομυϊκού συστήματος.

Όλες οι πειραματικές διαδικασίες ήταν σύμφωνες με τη Διακήρυξη του Ελσίνκι και εγκρίθηκαν από την τοπική επιτροπή πανεπιστημιακής ηθικής (αριθ. 1039 / 14-02-2018) και όλες οι εθελόντριες έδωσαν γραπτή συγκατάθεση πριν τη συμμετοχή τους στην παρούσα μελέτη.

5.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΣΩΜΑΤΟΣ

Ολική σάρωση του σώματος έγινε με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DPX-L, LUNAR Radiation, Madison, WI, USA). Όλες οι μετρήσεις αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα σύστασης σώματος με ακτινοβολία LUNAR. Η λιπώδης μάζα και η άλιπη σωματική μάζα (LBM) προσδιορίστηκαν τόσο συνολικά όσο και μεμονωμένα 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: 29 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), $p < 0,0001$, $n = 13$.

5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ

Εκτίμηση της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών πραγματοποιήθηκε πριν την έναρξη και μετά την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης με συλλογή 3 ανακλήσεων 24-ώρου πριν και 3 ανακλήσεων 24-ώρου μετά την παρέμβαση, καθώς και με συμπλήρωση ενός ερωτηματολογίου συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων (Food Frequency Questionnaire, FFQ), από τα οποία υπολογίστηκε στη συνέχεια ο δείκτης MedDietScore.

5.4.1. ΑΝΑΚΛΗΣΗ 24ΩΡΟΥ

Για την ανάκληση 24ώρου, οι εθελόντριες κλήθηκαν να θυμηθούν και να αναφέρουν όλα τα τρόφιμα και τα ροφήματα που κατανάλωσαν το προηγούμενο 24ωρο της καταγραφής. Η καταγραφή πραγματοποιήθηκε σε χαρτί με διαπροσωπική συνέντευξη και με τη χρήση στυλό. 3 ανακλήσεις πραγματοποιήθηκαν πριν την έναρξη και 3 μετά την ολοκλήρωση του πειραματικού πρωτοκόλλου της προπόνησης και συγκεκριμένα για κάθε εθελόντρια μια

ανάκληση έγινε την ημέρα της προπόνησης στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης, μια 24 ώρες και μια 48 ώρες μετά τη διεξαγωγή της πρώτης και τελευταίας συνεδρίας, αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, οι ανακλήσεις 24-ώρου αναλύθηκαν σε μακρο- και μικροθρεπτικά συστατικά με βάση τους Πίνακες Σύνθεσης Τροφίμων και Ελληνικών φαγητών της 3ης έκδοσης του βιβλίου της Τριχοπούλου (2004), τους πίνακες σύνθεσης τροφίμων του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA, 2019), τη Βάση δεδομένων σύνθεσης τροφίμων για επιδημιολογικές μελέτες στην Ιταλία (European Institute of Oncology, 2015), τα Πρότυπα τροφίμων της Αυστραλίας και Νέας Ζηλανδίας (Food Standards Australia & New Zealand, 2019), τους Πίνακες σύνθεσης τροφίμων του Ηνωμένου Βασιλείου (Food Databanks National Capability), της Τουρκίας (Turkish Food Composition Database, 2019) και της Γαλλίας (ANSES-CIQUAL French food composition table version 2017).

5.4.2 ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ (ΕΣΚΤ)

Το ερωτηματολόγιο συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων αξιολογεί τη συχνότητα με την οποία καταναλώνονται συγκεκριμένα τρόφιμα ή/και ομάδες τροφίμων κατά τη διάρκεια συγκεκριμένης χρονικής περιόδου κι έτσι, μπορεί να δώσει πληροφορίες για τη συνήθη διαιτητική πρόσληψη (23).

Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα είναι ένα αυτοσυμπληρούμενο ερωτηματολόγιο συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων. Το ερωτηματολόγιο περιλαμβάνει 93 τρόφιμα και ποτά που καταναλώνονται συχνότερα στην Ελλάδα, κατηγοριοποιημένα στις κύριες ομάδες τροφίμων (γαλακτοκομικά , δημητριακά, φρούτα, λαχανικά, όσπρια, θαλασσινά, κρέας και πουλερικά, αυγά, ξηρούς καρπούς, λίπη και έλαια, γλυκά και γλυκαντικές ουσίες, καφέ, αναψυκτικά και αλκοόλ). Οι ποσότητες των τροφίμων που καταναλώθηκαν εκφράστηκαν με τη βοήθεια των “κλασικών” μερίδων αναφοράς, όπως μία φέτα, ένα φλιτζάνι ή ένα ποτήρι, ένα κεσεδάκι, ένα μέτριο φρούτο κτλ. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε κλίμακα 6 τιμών, που κυμαινόταν από “ποτέ/σπανίως”, “1-3φορές/

μήνα”, “1-2φορές/ εβδομάδα”, “3-6φορές/εβδομάδα”, “1φορά/ ημέρα” και “>2φορές/ ημέρα”.

Τα δεδομένα του ερωτηματολογίου συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων στη συνέχεια ανάχθηκαν αρχικά σε εβδομαδιαία και έπειτα σε ημερήσια συχνότητα κατανάλωσης, με βάση τις τιμές που αντιστοιχούν στην κάθε συχνότητα κατανάλωσης του ερωτηματολογίου:

- Ποτέ/ Σπάνια = 0 μερίδες/ εβδομάδα= 0 μερίδες/ ημέρα
- 1-3 φορές/ μήνα= 0.5 μερίδες/ εβδομάδα= 0.07 μερίδες/ ημέρα
- 1-2 φορές/ εβδομάδα = 1.5 μερίδες/ εβδομάδα = 0.21 μερίδες/ ημέρα
- 3-6 φορές/ εβδομάδα= 4.5 μερίδες/ εβδομάδα = 0.64 μερίδες/ ημέρα
- 1 φορά/ ημέρα = 7 μερίδες/ εβδομάδα = 1 μερίδες/ ημέρα
- >2 φορές/ ημέρα = 14 μερίδες/ εβδομάδα = 2 μερίδες/ ημέρα

Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν οι εξής ομάδες τροφίμων:

- “Ολικά γαλακτοκομικά”, που περιλαμβάνει: γάλα και γιαούρτι πλήρη σε λιπαρά, γάλα και γιαούρτι χαμηλά σε λιπαρά, τυρί πλήρες σε λιπαρά, 3τυρί χαμηλό σε λιπαρά
- “Γάλα από γλυκά”, που περιλαμβάνει: Παγωτό, μιλκ σέικ, κρέμα, ρυζόγαλο
- “Ολικά δημητριακά”, που περιλαμβάνει: Ψωμί άσπρο, φρυγανιά, Ψωμί ολικής αλέσεως, φρυγανιά, Κουλούρι Θεσ/κης, πίτα (σουβλάκι), ψωμάκια μπέργκερ, Κριτσίνια, παξιμάδια, κουλούρια, Δημητριακά πρωινού, μπάρες δημητριακών, Ρύζι καστανό, Ζυμαρικά ολικής αλέσεως, Κριτσίνια, παξιμάδια, κουλούρια, Δημητριακά πρωινού, μπάρες δημητριακών, Ρύζι λευκό, Μακαρόνια, κριθαράκι, χυλοπίτες, άλλα ζυμαρικά, Σπανακόρυζο/ λαχανόρυζο, γεμιστά, Πίτες σπιτικές (π.χ. τυρόπιτα, σπανακόπιτα), Πίτες έτοιμες, Τοστ, σάντουιτς.
- “Πατάτες”, που περιλαμβάνει: Πατάτες βραστές, φούρνου, πουρές, Πατάτες τηγανιτές.
- “Συνολικά φρούτα και λαχανικά”, που περιλαμβάνει: Σπανακόρυζο/ λαχανόρυζο, γεμιστά, Παστίτσιο, μουσακάς, παπουτσάκια, Αρακάς, φασολάκια, μπάμιες, αγκινάρες, Πίτες σπιτικές, Πίτες έτοιμες, Τομάτα, αγγούρι, καρότο, πιπεριά,

Μαρούλι, λάχανο, σπανάκι, ρόκα, Μπρόκολο, κουνουπίδι, κολοκυθάκια, Χόρτα, πράσο, σπανάκι, σέλινο, Πορτοκάλι, Μήλο, αχλάδι, Άλλα χειμερινά φρούτα, Μπανάνα, Άλλα καλοκαιρινά φρούτα, Χυμός φρούτων, Αποξηραμένα φρούτα.

- “Όσπρια”, που περιλαμβάνει: Όσπρια (π.χ. φακές, φασόλια, ρεβίθια).
- “Ψάρια και Θαλασσινά”, που περιλαμβάνει: Ψάρια μικρά, Ψάρια μεγάλα, Θαλασσινά (χταπόδι, καλαμάρι, γαρίδες).
- “Πουλερικά”, που περιλαμβάνει: Κοτόπουλο/ γαλοπούλα (όλα τα είδη).
- “Ολικό κόκκινο κρέας”, που περιλαμβάνει: Μοσχάρι (μπριζόλα, κομμάτι), Μπιφτέκι, κεφτεδάκια, κιμάς, Χοιρινό (μπριζόλα, κομμάτι, σουβλάκι), Αρνί, κατσίκι, κυνήγι, παϊδάκια.
- “Αυγά”, που περιλαμβάνει: Αυγό (βραστό, τηγανιτό, ομελέτα).
- Ολικά πρόσθετα λιπαρά οξέα, που περιλαμβάνει: Ξηροί καρποί, σπόροι, Ελιές, Μαγιονέζα, σως, Μαγιονέζα/ σως λάιτ, Πόσες φορές χρησιμοποιείτε ελαιόλαδο, Πόσες φορές χρησιμοποιείτε σπορέλαιο, Πόσες φορές χρησιμοποιείτε μαργαρίνη, Πόσες φορές χρησιμοποιείτε βούτυρο.
- Γλυκά που περιλαμβάνει: Γλυκά ταψιού, Γλυκά κουταλιού, κομπόστα, ζελέ, Πάστες, τάρτα, Κρουασάν, γκοφρέτες, κέικ, μπισκότα, Σοκολάτα (όλα τα είδη), Παγωτό, μιλκ σέικ, κρέμα, ρυζόγαλο.
- Γλυκαντικές ουσίες, που περιλαμβάνει: Μέλι, μαρμελάδα, ζάχαρη (π.χ. σε ψωμί, καφέ).
- Αεριούχα ποτά, που περιλαμβάνει: Αναψυκτικά, Αναψυκτικά light.
- Καφές και τσάι, που περιλαμβάνει: Καφές, Τσάι, άλλα αφεψήματα.
- Αλμυρά σνακ, που περιλαμβάνει: Πατατάκια, γαριδάκια, ποπ κορν.

5.4.3 ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΥΙΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ - MedDietScore

Το MedDietScore αποτελεί ένα διατροφικό δείκτη αποτίμησης του βαθμού υιοθέτησης της Μεσογειακής διατροφής. Ακολουθώντας το Μεσογειακό πρότυπο διατροφής, ο δείκτης περιλαμβάνει τις εξής ομάδες τροφίμων: μη ραφινάρισμα δημητριακά, φρούτα, λαχανικά,

πατάτες, όσπρια, ελαιόλαδο, ψάρια, κόκκινο κρέας, πουλερικά, γαλακτοκομικά πλήρη σε λιπαρά και αλκοόλ). Τα τρόφιμα που ανήκουν σε κάθε ομάδα τροφίμων περιέχουν το ίδιο επίπεδο μακροθρεπτικών και άλλων σημαντικών θρεπτικών συστατικών. Ανάλογα με την κατανάλωση, χρησιμοποιείται μονοτονική (και μη) κλίμακα προκειμένου να αποτυπωθεί η συχνότητα κατανάλωσης των τροφίμων. Συγκεκριμένα, για κάθε μία από τις 11 ομάδες τροφίμων, αποδίδεται ξεχωριστή βαθμολογία (από το 0 ως το 5 ή αντίστροφα) ανάλογα με τη θέση που καταλαμβάνουν στην Πυραμίδα της Μεσογειακής διατροφής.

Για την κατανάλωση τροφίμων που συμβαδίζουν με το Μεσογειακό πρότυπο διατροφής (δηλαδή εκείνα που συστήνεται η καθημερινή κατανάλωση ή περισσότερες από 4 μερίδες ανά εβδομάδα, όπως οι μη ραφινάρισμένοι υδατάνθρακες, φρούτα, λαχανικά, όσπρια, ελαιόλαδο, ψάρια και πατάτες), αποδίδεται 0 όταν αναφέρεται μηδενική κατανάλωση και από 1 έως 5 όταν αναφέρεται από σπάνια έως καθημερινή κατανάλωση. Οι πατάτες, αν και δεν ανήκουν στη βάση της Μεσογειακής πυραμίδας, συγκαταλέγονται σε αυτή την ομάδα τροφίμων επειδή αποτελούν πηγή Βιταμίνης C, B1, B2, νιασίνης, υδατανθράκων, φυτικών ινών, καλίου και μαγνησίου. Για την κατανάλωση τροφίμων που δε συμβαδίζουν με το Μεσογειακό πρότυπο διατροφής (σπάνια ή μηνιαία κατανάλωση κόκκινου κρέατος και κρεατοσκευασμάτων, πουλερικά και γαλακτοκομικά πλήρη σε λιπαρά) αποδίδεται βαθμολογία αντίστροφα της κλίμακας (δηλαδή, από 5 για μηδενική κατανάλωση έως 0 όταν αναφέρεται σχεδόν καθημερινή κατανάλωση). Ιδιαίτερα για το αλκοόλ αποδίδεται βαθμολογία 5 για κατανάλωση μικρότερη από 300ml/ ημέρα, 0 για μηδενική κατανάλωση ή για κατανάλωση >700 ml/ ημέρα και βαθμολογία 4 έως 1 για κατανάλωση από 600-700, 500-600, 400-500, και 300-400 ml/ ημέρα (100ml περιέχουν 12gr αιθανόλη). Το εύρος του MedDietScore είναι 0-55. Οι υψηλότερες τιμές του υποδεικνύουν μεγαλύτερη προσκόλληση στη Μεσογειακή διατροφή.

5.5 ΒΙΟΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Η μέτρηση του αιματολογικού προφίλ των εθελοντών έγινε με αυτόματο αιματολογικό αναλυτή σε ολικό αίμα που περιείχε αντιπηκτικό ηπαρίνη (BC-3000, Mindray, China). Η CRP προσδιορίστηκε με εμπορικά διαθέσιμο ELISA kit της εταιρείας (R&D, Human C-Reactive Protein/CRP DuoSet ELISA).

5.6 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέση και τυπική απόκλιση ($\pm$ SD). Η αμφίδρομη επαναλαμβανόμενη ανάλυση της διακύμανσης για τη διερεύνηση της διαφοράς μεταξύ των ομάδων πριν και μετά την προπονητική παρέμβαση έγινε με ANOVA, Bonferroni Post-Hoc. 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 ποσοσטיαίων μεταβολών (% των πριν και μετά μεταβολών) σε κάθε μεταβλητή μεταξύ των ομάδων. Συντελεστής συσχέτισης Pearson χρησιμοποιήθηκε για τη διερεύνηση συσχετισμών 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 $>0,91$ θεωρήθηκαν σχεδόν τέλειες. Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το SPSS Statistics Ver. 20 (IBM Corporation, USA). Ως κατώφλι του επιπέδου στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε $p \leq 0,05$.

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΘΕΛΟΝΤΡΙΩΝ

Από τις 30 εθελόντριες που εντάχθηκαν αρχικά στη μελέτη, οι 29 ολοκλήρωσαν το πρωτόκολλο της παρέμβασης. Μία εθελόντρια από την ομάδα των 9 σείτ αποσύρθηκε κατά την περίοδο εξοικείωσης με το πρωτόκολλο της άσκησης για λόγους που δε σχετίζονται με τη μελέτη. Τα βασικά σωματομετρικά και κλινικά χαρακτηριστικά των 29 εθελοντριών που ολοκλήρωσαν την παρέμβαση παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Βασικά χαρακτηριστικά των εθελοντριών κατά την έναρξη της παρέμβασης

Παράμετροι	3 Σειρές (N=10)	6 Σειρές (N=10)	9 Σειρές (N=9)	P
Ηλικία (έτη)	20,6 ± 2,7	21,9 ± 3,5	21,8 ± 3,0	0,283
Σωματικό βάρος (Kg)	60,0 ± 9,2	62,9 ± 11,2	59,9 ± 6,7	0,253
Ύψος (cm)	164,2 ± 4,6	168,7 ± 7,7	164,0 ± 6,2	0,184
Ποσοστό λιπώδους μάζας (%)	26,8 ± 8,0	28,1 ± 8,6	26,4 ± 7,1	0,329
Άλιπη μάζα σώματος (Kg)	41,4 ± 3,8	42,6 ± 5,0	40,7 ± 4,3	0,418

Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση.

Κατά την έναρξη της παρέμβασης, δεν υπήρχαν διαφορές στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ των τριών ομάδων όσον αφορά την ηλικία, το σωματικό βάρος, το ποσοστό λιπώδους μάζας και την ποσότητα άλιπης μάζας σώματος (Πίνακας 1). Ο μέσος όρος ηλικίας των εθελοντριών είναι τα 21,4 έτη και ο μέσος όρος του ΔΜΣ είναι 22,3 εντός του φυσιολογικού εύρους. Το ποσοστό λιπώδους μάζας κυμαίνεται σε φυσιολογικά όρια και στις τρεις ομάδες παρέμβασης έχοντας κατά νου ότι στη μελέτη συμμετέχουν νεαρές γυναίκες που δεν ασκούνται.

Παρόμοια με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά, οι αιματολογικοί δείκτες που μετρήθηκαν κατά την έναρξη της παρέμβασης δεν εμφανίζουν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των τριών ομάδων της παρέμβασης (Πίνακας 2). Οι δείκτες λιπιδαιμικού προφίλ που αξιολογήθηκαν, ολική χοληστερόλη, HDL-C και LDL-C, τριγλυκερίδια και οι λόγοι LDL-C/HDL-C και χοληστερόλη/HDL-C, βρίσκονται εντός των φυσιολογικών επιπέδων και για τις τρεις ομάδες παρέμβασης χωρίς σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων. Ο αριθμός λευκοκυττάρων (WBC), λεμφοκυττάρων (LYMP), κοκκιοκυττάρων (GRAN) και αιμοπεταλίων (PLT), το ποσοστό των λεμφοκυττάρων (%LYMP) και των κοκκιοκυττάρων (%GRAN), ο μέσος όγκος αιμοπεταλίων (MPV), που αποτελεί δείκτη της δραστηριότητας, και τα επίπεδα CRP, αποτελούν τους δείκτες που μετρήθηκαν για την αξιολόγηση της υποκλινικής φλεγμονής και κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα, ενώ δεν εμφανίζουν σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων κατά την έναρξη της παρέμβασης. Ελαφρώς αυξημένη είναι η γλυκόζη νηστείας παρόμοια και στις τρεις ομάδες, ενώ τα επίπεδα ινσουλίνης και ο δείκτης ινσουλινοαντίστασης HOMA-IR βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα.

Πίνακας 2. Αιματολογικοί δείκτες του γλυκαιμικού, λιπιδαιμικού και φλεγμονώδους προφίλ των εθελοντριών πριν την έναρξη της παρέμβασης

Αιματολογικοί Δείκτες		3 Σειρές (N=10)	6 Σειρές (N=10)	9 Σειρές (N=9)	p
Γλυκαιμικό προφίλ	Γλυκόζη Νηστείας (mg·dl ⁻¹)	96,7 ± 15,4	97,3 ± 9,9	97,5 ± 11,8	0,615
	Ινσουλίνη (μU·mL ⁻¹)	8,7 ± 2,8	8,9 ± 1,8	7,9 ± 2,4	0,865
	HOMA-IR	1,9 ± 0,8	2,1 ± 0,4	2,0 ± 0,6	0,866
Λιπιδαιμικό Προφίλ	Ολική Χοληστερόλη (mg·dl ⁻¹)	176,0 ± 22,9	179,7 ± 33,9	191,2 ± 25,3	0,461
	Τριγλυκερίδια (mg·dl ⁻¹)	88,6 ± 26,3	94,8 ± 27,8	88,6 ± 11,9	0,551
	HDL-C (mg·dl ⁻¹)	58,8 ± 9,9	55,7 ± 10,3	57,9 ± 6,6	0,678
	LDL-C (mg·dl ⁻¹)	97,8 ± 20,1	101,4 ± 27,5	110,5 ± 21,2	0,355
	LDL-C/HDL-C	1,7 ± 0,5	1,9 ± 0,6	2,0 ± 0,3	0,587
	Χοληστερόλης/ HDL-C	3,1 ± 0,6	3,4 ± 0,7	3,5 ± 0,4	0,541

Δείκτες φλεγμονής	WBC (κ.κ.χ)	6,2 ± 1,5	6,3 ± 0,6	6,1 ± 0,8	0,904
	LYMP (Κ·μl⁻¹)	1,8 ± 0,4	1,9 ± 0,3	1,9 ± 0,4	0,707
	GRAN (Κ·μl⁻¹)	4,1 ± 1,6	3,9 ± 0,5	3,8 ± 0,8	0,830
	%LYMP (%)	29,0 ± 8,0	32,0 ± 4,0	30,5 ± 7,7	0,635
	%GRAN (%)	63,3 ± 9,3	62,1 ± 6,5	62,8 ± 7,7	0,945
	PLT (κ.κ.χ)	244 ± 39	230 ± 32	230 ± 38	0,652
	MPV (κυβ. μικρά)	8,9 ± 1,2	8,5 ± 0,7	8,9 ± 0,6	0,454
	CRP (mg·L⁻¹)	2,7 ± 1,6	1,8 ± 1,1	2,2 ± 0,9	0,328

Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση.

6.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΕΘΕΛΟΝΤΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΧΗ ΚΑΙ ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

6.2.1 ΑΝΑΚΛΗΣΕΙΣ 24ΩΡΟΥ

Η διατροφική πρόσληψη ενέργειας και μακροθρεπτικών συστατικών όπως αξιολογήθηκε μέσω ανακλήσεων 24ώρου πριν την έναρξη και στο τέλος της παρέμβασης παρουσιάζεται παρακάτω (Πίνακα 3). Η ενεργειακή πρόσληψη των εθελοντριών δεν παρουσίασε μεταβολή μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης και δε διέφερε μεταξύ των ομάδων στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης. Παρόμοια δεδομένα εμφανίζονται και για την κατανάλωση πρωτεϊνών, υδατανθράκων, λίπους και τα ποσοστά αυτών στο σύνολο της ενεργειακής πρόσληψης, καθώς και για την πρόσληψη διαιτητικών ινών.

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά της διατροφικής πρόσληψης σε ενέργεια και μακροθρεπτικά συστατικά των ομάδων παρέμβασης στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης

Διατροφικά Στοιχεία	Χρονική στιγμή	3 Σειρές (N=10)	6 Σειρές (N=10)	9 Σειρές (N=9)	P (time, group, timexgroup)
Ενέργεια (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	

Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση. NS= μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η διατροφική πρόσληψη των επιμέρους λιπαρών οξέων σε κορεσμένα, μονο-ακόρεστα και πολυ-ακόρεστα και το ποσοστό αυτών επί του συνόλου της ενεργειακής πρόσληψης δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης σε καμία από τις τρεις ομάδες παρέμβασης (Πίνακας 4). Αντίστοιχα, μεταξύ των ομάδων της παρέμβασης η πρόσληψη SFA, MUFA και PUFA δε διέφερε τόσο κατά την έναρξη όσο και μετά την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Διατροφική πρόσληψη των επιμέρους ειδών λιπαρών οξέων στις ομάδες παρέμβασης πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης

Λιπαρά οξέα	Χρονική στιγμή	3 Σειρές (N=10)	6 Σειρές (N=10)	9 Σειρές (N=9)	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	

Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση. NS= μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Η διατροφική πρόσληψη ασβεστίου, σιδήρου, μαγνησίου και ψευδαργύρου δε διέφερε σημαντικά μεταξύ των ομάδων παρέμβασης σε καμία χρονική στιγμή και δε μεταβλήθηκε στατιστικά σημαντικά σε καμία από τις τρεις ομάδες μετά την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης (Πίνακας 5). Αντίστοιχα εμφανίζονται και τα δεδομένα για την πρόσληψη των βιταμινών C, A, E, D και K χωρίς διαφορές μεταξύ και μέσα στις ομάδες παρέμβασης σε όλες τις χρονικές στιγμές (Πίνακας 6).

Πίνακας 5. Διατροφική πρόσληψη μικροθρεπτικών συστατικών στις ομάδες παρέμβασης πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης

Μικροθρεπτικά συστατικά	Χρονική στιγμή	3 Σειρές (N=10)	6 Σειρές (N=10)	9 Σειρές (N=9)	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	

Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέσος όρος $\pm$ τυπική απόκλιση. NS= μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 6. Διατροφική πρόσληψη βιταμινών στις ομάδες παρέμβασης πριν και μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης

Βιταμίνες	Χρονική Στιγμή	3 Σειρές (N=10)	6 Σειρές (N=10)	9 Σειρές (N=9)	P (time, group, timexgroup)
Βιταμίνη C (mg)	Pre	48 $\pm$ 28	47 $\pm$ 30	56 $\pm$ 52	NS
	Post	50 $\pm$ 29	35 $\pm$ 20	68 $\pm$ 39	
Βιταμίνη A (μg)	Pre	292 $\pm$ 130	447 $\pm$ 315	364 $\pm$ 144	NS
	Post	439 $\pm$ 189	436 $\pm$ 156	361 $\pm$ 178	
Βιταμίνη E (mg)	Pre	13 $\pm$ 23	13 $\pm$ 19	6 $\pm$ 4	NS
	Post	6 $\pm$ 3	19 $\pm$ 26	6 $\pm$ 1	
Βιταμίνη D (μg)	Pre	1,6 $\pm$ 0,8	2,4 $\pm$ 1,9	1,6 $\pm$ 1,3	NS
	Post	1,6 $\pm$ 1,2	2,9 $\pm$ 2,1	3,1 $\pm$ 3,5	
Βιταμίνη K (μg)	Pre	75 $\pm$ 96	88 $\pm$ 104	98 $\pm$ 82	NS
	Post	93 $\pm$ 97	47 $\pm$ 41	52 $\pm$ 34	

Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέσος όρος $\pm$ τυπική απόκλιση. NS= μη στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Συνολικά, τα δεδομένα από τις ανακλήσεις 24ώρου στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ομάδων παρέμβασης στην ενεργειακή κατανάλωση, την πρόσληψη μακρο- και μικροθρεπτικών συστατικών και την πρόσληψη βιταμινών, και δεν παρουσιάστηκαν μεταβολές στις διατροφικές συνήθειες των ομάδων παρέμβασης μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης.

6.2.2 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ MEDITERRANEAN DIET SCORE

Οι διατροφικές συνήθειες των ομάδων παρέμβασης όπως προέκυψαν από τα FFQ στην αρχή και στο τέλος του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Κατά το

χρονικό διάστημα της παρέμβασης δεν επηρεάστηκε σημαντικά και διαφορετικά η διατροφική κατανάλωση στις τρεις ομάδες της παρέμβασης. Στην ομάδα των 3 και 6 σειρών άσκησης μειώθηκε στατιστικά σημαντικά η κατανάλωση επεξεργασμένων δημητριακών στο τέλος της παρέμβασης, ενώ μόνο στην ομάδα των 6 σετ σημειώθηκε ακόμα σημαντική μείωση της συνολικής κατανάλωσης δημητριακών και της κατανάλωσης κόκκινου κρέατος. Στην ομάδα των 9 σειρών άσκησης δεν υπήρχαν σημαντικές μεταβολές των διατροφικών συνηθειών μετά την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης. Ο δείκτης Mediterranean Diet Score δεν εμφάνισε σημαντικές διαφορές μεταξύ και μέσα στις ομάδες παρέμβασης σε όλες τις χρονικές στιγμές.

Πίνακας 7. Ημερήσια συχνότητα κατανάλωσης ομάδων τροφίμων και δείκτης Mediterranean Diet Score στις τρεις ομάδες παρέμβασης στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης

Ομάδες τροφίμων	Χρονική στιγμή	3 Σειρές (N=10)	6 Σειρές (N=10)	9 Σειρές (N=9)
Γαλακτοκομικά συνολικά	Pre	2,7 (1,5-3,5)	2,1 (1,5-4,0)	2,0 (1,4-3,1)
	Post	1,7 (1,2-3,2)	2,6 (1,6-3,4)	1,8 (1,4-2,1)
Επεξεργασμένα δημητριακά	Pre	4,3 (2,9-5,1)	4,8 (3,0-6,4)	3,2 (1,2-5,5)
	Post	2,6 (2,1-3,8)*	2,7 (1,9-6,7)*	2,7 (1,9-3,5)
Μη επεξεργασμένα δημητριακά	Pre	0,95 (0,5-1,7)	1,2 (0,7-2,1)	0,9 (0,7-1,4)
	Post	0,9 (0,3-1,1)	1,0 (0,8-1,4)	1,0 (0,7-1,3)
Δημητριακά συνολικά	Pre	4,8 (4,5-6,1)	5,9 (4,2-10,3)	4,4 (2,1-6,5)
	Post	4,2 (2,5-7,9)	3,7 (2,8-7,6)*	3,9 (2,8-4,0)
Πατάτες	Pre	0,2 (0,2-0,3)	0,2 (0,1-0,4)	0,2 (0,1-0,6)
	Post	0,3 (0,2-0,4)	0,2 (0,1-0,3)	0,2 (0,1-0,3)
Φρούτα	Pre	0,9 (0,5-2,7)	2,1 (1,8-2,9)	2,6 (1,4-3,8)
	Post	1,1 (0,5-2,0)	0,9 (0,5-2,8)	1,8 (0,8-2,6)
Λαχανικά	Pre	1,9 (0,8-2,8)	1,4 (0,9-3,0)	1,9 (1,2-2,3)
	Post	1,2 (0,9-2,1)	1,4 (0,9-2,1)	2,1 (1,3-2,9)
Όσπρια	Pre	0,5 (0,2-0,5)	0,2 (0,0-0,8)	0,5 (0,4-0,5)
	Post	0,5 (0,2-0,5)	0,2 (0,0-0,5)	0,5 (0,5-0,5)
Ψάρια και θαλασσινά	Pre	0,5 (0,1-0,6)	0,4 (0,3-0,5)	0,4 (0,2-0,5)
	Post	0,4 (0,4-0,5)	0,4 (0,3-0,5)	0,4 (0,2-0,5)
Πουλερικά	Pre	0,5 (0,4-1,1)	1,1 (0,4-1,6)	0,5 (0,5-1,6)

Αυγά	Post	0,5 (0,2-1,6)	0,5 (0,5-1,6)	0,5 (0,5-1,6)
	Pre	0,2 (0,1-0,4)	0,2 (0,1-0,6)	0,2 (0,1-0,4)
Κόκκινο κρέας	Post	0,2 (0,1-0,2)	0,2 (0,0-0,5)	0,1 (0,1-0,2)
	Pre	1,2 (0,9-3,1)	2,9 (1,8-4,2)	2,0 (1,5-2,4)
Αλκοόλ	Post	1,2 (1,0-2,3)	2,1 (1,2-3,1)*	1,5 (1,0-1,8)
	Pre	0,14 (0,03-0,46)	0,2 (0,1-0,3)	0,2 (0,1-0,2)
Ξηροί καρποί	Post	0,07 (0,00-0,14)	0,2 (0,0-0,6)	0,2 (0,1-0,4)
	Pre	0,07 (0,00-0,43)	0,1 (0,0-0,2)	0,1 (0,1-0,2)
Καφές	Post	0,07 (0,00-0,21)	0,0 (0,0-0,1)	0,1 (0,1-0,1)
	Pre	1,0 (0,0-2,0)	0,6 (0,0-1,3)	0,2 (0,0-2,0)
Med Diet Score	Post	0,6 (0,0-2,0)	0,6 (0,1-2,0)	1 (0,0-2,0)
	Pre	29,6 ± 5,3	29,1 ± 6,1	31,7 ± 5,3
	Post	29,9 ± 4,7	25,9 ± 6,9	32,1 ± 6,2

Τα δεδομένα για τις ομάδες τροφίμων εκφράζουν τη διάμεσο (25^ο-75^ο εκατοστημόριο). Τα δεδομένα στο Med Diet Score εκφράζονται ως ο μέσος όρος ± τυπική απόκλιση. *p<0,05

6.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗ ΒΑΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΦΛΕΓΜΟΝΗΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ

Η μεταβολή των δεικτών φλεγμονής που μετρήθηκαν πριν την προπόνηση στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης παρουσιάζονται στον Πίνακα 8. Το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης προκάλεσε σημαντική μείωση του ποσοστού κοκκιοκυττάρων (%GRAN) και των επιπέδων CRP στις ομάδες στο χρονικό διάστημα που εφαρμόστηκε η παρέμβαση, ανεξάρτητα από τον όγκο προπόνησης, ενώ μια τάση για μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων παρουσιάστηκε και στις τρεις ομάδες παρέμβασης χωρίς να φτάσει όμως στατιστική σημαντικότητα. Στο χρονικό διάστημα της παρέμβασης δεν παρουσιάστηκε σημαντική μεταβολή άλλων δεικτών φλεγμονής και συνολικά δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές από τον όγκο προπόνησης στη μεταβολή των δεικτών μεταξύ των ομάδων της παρέμβασης.

Πίνακας 8. Επίδραση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης στη μεταβολή των επιπέδων των δεικτών φλεγμονής στις ομάδες παρέμβασης πριν την προπόνηση

Δείκτες φλεγμονής	Σειρές άσκησης	Χρονική στιγμή		Ποσοστό μεταβολής (%)	P time	P(time x group)	P group
		Pre	Post				
WBC (κ.κ.χ)	3	6,2 ± 1,5	6,1 ± 1,2	0,67 ± 21	0,193	0,348	0,951
	6	6,3 ± 0,6	5,7 ± 0,8*	-9,10 ± 11			
	9	6,1 ± 0,8	6,1 ± 0,9	0,89 ± 14			
LYMP (Κ·μl ⁻¹)	3	1,8 ± 0,4	2,0 ± 0,4*	12,78 ± 14	0,439	0,402	0,999
	6	1,9 ± 0,3	1,9 ± 0,5	-1,18 ± 24			
	9	1,9 ± 0,4	1,9 ± 0,5	2,87 ± 29			
GRAN (Κ·μl ⁻¹)	3	4,1 ± 1,6	4,1 ± 1,9	5,90 ± 41	0,234	0,265	0,550
	6	3,9 ± 0,5	3,3 ± 0,4*	-15,36 ± 12			
	9	3,8 ± 0,8	3,7 ± 0,7	-0,46 ± 10			
%LYMP (%)	3	29,0 ± 8,0	31,3 ± 7,3		0,409	0,761	0,721
	6	32,0 ± 4,0	32,4 ± 5,6				
	9	30,5 ± 7,7	30,9 ± 5,6				
%GRAN (%)	3	63,3 ± 9,3	59,3 ± 8,6		0,012	0,934	0,871
	6	62,1 ± 6,5	57,8 ± 5,5*				
	9	62,8 ± 7,7	59,7 ± 5,3				
PLT (κ.κ.χ)	3	244,0 ± 39,2	226,2 ± 30,9	-6,50 ± 10	0,149	0,937	0,481
	6	230,8 ± 32,4	212,3 ± 47,4	-4,65 ± 34			
	9	230,4 ± 38,5	220,3 ± 36,0	-1,20 ± 25			
MPV (κυβ. μικρά)	3	8,9 ± 1,2	8,7 ± 0,8	-2,11 ± 10	0,447	0,177	0,715
	6	8,5 ± 0,7	8,9 ± 0,8	5,46 ± 9			
	9	8,9 ± 0,6	9,1 ± 0,8	2,06 ± 8			
CRP (mg·L ⁻¹)	3	2,7 ± 1,6	1,8 ± 0,6	-21,8 ± 28	0,033	0,523	0,296
	6	1,8 ± 1,1	1,6 ± 0,7	13,69 ± 75			
	9	2,2 ± 0,9	1,7 ± 0,4	-10,27 ± 49			

Τα δεδομένα εκφράζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση. * p < 0.05

Η ομάδα των 6 σετ άσκησης παρουσίασε στο τέλος της παρέμβασης σημαντική μείωση του αριθμού των λευκοκυττάρων και των κοκκιοκυττάρων, καθώς και σημαντική μείωση του ποσοστού των κοκκιοκυττάρων επί του συνόλου των WBC. Η μείωση του %GRAN στην ομάδα

των 6 σετ φαίνεται να προκύπτει από τη μείωση του αριθμού των κοκκιοκυττάρων, καθώς ο αριθμός των λεμφοκυττάρων παρουσίασε μια μικρή αλλά όχι σημαντική μείωση στο τέλος της παρέμβασης. Στην ομάδα των 9 σετ άσκησης δεν προέκυψε σημαντική μεταβολή σε κανέναν από τους δείκτες φλεγμονής στο τέλος της παρέμβασης παρά την τάση για μείωση των επιπέδων της CRP. Μόνο στην ομάδα των 3 σετ άσκησης ο αριθμός των λεμφοκυττάρων αυξήθηκε σημαντικά κατά την ολοκλήρωση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης και εμφανίστηκε μια τάση για σημαντική μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων και των επιπέδων CRP. Μία τάση για σημαντική αύξηση του μέσου όγκου αιμοπεταλίων (MPV) προέκυψε μόνο στην ομάδα των 6 σετ άσκησης στο τέλος της παρέμβασης.

6.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΕΘΕΛΟΝΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΔΕΙΚΤΕΣ ΦΛΕΓΜΟΝΗΣ

6.4.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΗΣ ΠΡΟΣΛΗΨΗΣ ΜΕ ΔΕΙΚΤΕΣ ΦΛΕΓΜΟΝΗΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

Τα συστατικά της διατροφής των εθελοντριών, όπως αξιολογήθηκαν μέσω των ανακλήσεων 24-ώρου, τα οποία εμφάνισαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τους δείκτες υποκλινικής φλεγμονής πριν την έναρξη της παρέμβασης παρουσιάζονται στον Πίνακα 9. Εφόσον δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην καταγραφή της διατροφικής πρόσληψης στην αρχή και στο τέλος της παρέμβασης, όλες οι συσχετίσεις στη μελέτη έχουν γίνει με το μέσο όρο των 6 ανακλήσεων με χρήση του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης Pearson, έχοντας συμπεριλάβει ως συγχυτικό παράγοντα την ομάδα παρέμβασης. Οι δείκτες υποκλινικής φλεγμονής για τους οποίους δεν προέκυψαν σημαντικές συσχετίσεις με κανένα διατροφικό συστατικό, συγκεκριμένα ο αριθμός λευκοκυττάρων, λεμφοκυττάρων και κοκκιοκυττάρων και το ποσοστό των λεμφοκυττάρων και κοκκιοκυττάρων, δεν εμφανίζονται στον πίνακα. Τα επίπεδα του αριθμού των αιμοπεταλίων (PLT), του μέσου όγκου των αιμοπεταλίων (MPV) και της CRP πριν την έναρξη της παρέμβασης φαίνεται ότι επηρέασαν διαφορετικοί

παράγοντες της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών. Ο αριθμός των αιμοπεταλίων εμφάνισε αρνητική συσχέτιση με την πρόσληψη διαιτητικών ινών, σιδήρου, μαγνησίου, βιταμίνης B6 και φυλλικού οξέος. Ο δείκτης δραστηριότητας των αιμοπεταλίων (MPV) εμφάνισε ισχυρή θετική συσχέτιση με την πρόσληψη καφεΐνης και αρνητική συσχέτιση με την πρόσληψη ρετινόλης και βιταμίνης D, ενώ η πρόσληψη σακχάρων συσχετίστηκε θετικά με τα επίπεδα CRP των εθελοντριών πριν την παρέμβαση.

Πίνακας 9. Συσχέτιση της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών από τις ανακλήσεις 24ώρου με δείκτες φλεγμονής πριν την παρέμβαση

Διατροφικά στοιχεία		PLT	MPV	CRP
Διαιτητικές ίνες	g	-0,404 (0,033)	NS	0,410 (0,030)
	g/kg ΣΒ	NS	NS	0,400 (0,035)
	g/kg LBM	NS	NS	0,400 (0,035)
Σάκχαρα	g	NS	NS	0,406 (0,032)
	g/kg ΣΒ	NS	NS	0,396 (0,037)
	g/kg LBM	NS	NS	0,384 (0,044)
Καφεΐνη	mg	NS	0,490 (0,008)	NS
	mg/kg ΣΒ	NS	0,430 (0,022)	NS
	mg/kg LBM	NS	0,467 (0,012)	NS
Σίδηρος	mg	-0,374 (0,050)	NS	NS
Μαγνήσιο	mg	-0,471 (0,011)	NS	NS
	mg/kg ΣΒ	-0,429 (0,023)	NS	NS
	mg/kg LBM	-0,436 (0,020)	NS	NS
Βιταμίνη B6 mg		-0,433 (0,021)	NS	NS
Φυλλικό μg		-0,394 (0,038)	NS	NS
Φυλλικό οξύ μg		-0,420 (0,026)	NS	NS
Ρετινόλη μg		NS	-0,471 (0,011)	NS
Βιταμίνη D μg		NS	-0,508 (0,006)	NS

Τα δεδομένα εκφράζονται ως συντελεστής συσχέτισης Pearson (ρ). NS= μη στατιστικά σημαντικό.

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται οι ομάδες τροφίμων των οποίων η κατανάλωση συσχετίστηκε με τα επίπεδα των δεικτών υποκλινικής φλεγμονής πριν την έναρξη της παρέμβασης. Ο δείκτης CRP για τον οποίο δεν προέκυψαν συσχετίσεις με τη διατροφική κατανάλωση των εθελοντριών δεν εμφανίζεται στον πίνακα. Παρόμοια με τα αποτελέσματα από τις ανακλήσεις 24-ώρου, τα επίπεδα των δεικτών πριν την παρέμβαση φαίνεται ότι

επηρεάστηκαν από την κατανάλωση διαφορετικών ειδών τροφίμων. Η κατανάλωση καφέ εμφάνισε αρνητική συσχέτιση με τον αριθμό των λευκοκυττάρων (WBC) και κοκκιοκυττάρων (GRAN), ενώ μια ισχυρή θετική συσχέτιση εμφανίστηκε μεταξύ της κατανάλωσης κόκκινου κρέατος και αυγών με τον αριθμό των λεμφοκυττάρων (LYMP), καθώς και μεταξύ της κατανάλωσης κόκκινου κρέατος και του ποσοστού των λεμφοκυττάρων (%LYMP).

Πίνακας 10. Συσχέτιση της ημερήσιας συχνότητας κατανάλωσης ομάδων τροφίμων (όπως προέκυψαν από τα FFQ) με δείκτες φλεγμονής πριν την παρέμβαση

Ομάδες τροφίμων	WBC	LYMP	GRAN	% LYMP	% GRAN	PLT	MPV
Επεξεργασμένα Δημητριακά	NS	NS	NS	0,398 (0,036)	-0,391 (0,040)	NS	NS
Μη-επεξεργασμένα δημητριακά	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,374 (0,050)
Ψάρια και θαλασσινά	NS	NS	NS	NS	NS	0,375 (0,049)	NS
Αυγά	NS	0,475 (0,011)	NS	NS	NS	NS	NS
Κόκκινο κρέας	NS	0,491 (0,008)	NS	0,394 (0,038)	NS	NS	NS
Καφές	-0,388 (0,041)	NS	-0,387 (0,042)	NS	NS	NS	NS

Τα δεδομένα εκφράζονται ως συντελεστής συσχέτισης Spearman (ρ). NS= μη στατιστικά σημαντικό.

6.4.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΕΘΕΛΟΝΤΡΙΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΦΛΕΓΜΟΝΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

Τα διατροφικά συστατικά, από το μέσο όρο των ανακλήσεων 24ώρου των εθελοντριών, τα οποία εμφάνισαν σημαντική συσχέτιση με τις μεταβολές των δεικτών φλεγμονής στο τέλος του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης, λαμβάνοντας ως συγχυτικό παράγοντα την ομάδα παρέμβασης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 11. Ο αριθμός των λεμφοκυττάρων και των

αιμοπεταλίων για τους οποίους δεν προέκυψαν σημαντικές συσχετίσεις με διατροφικά συστατικά δεν εμφανίζονται στον πίνακα. Παρόμοια με προηγούμενα αποτελέσματα, η μεταβολή των δεικτών φλεγμονής επηρεάστηκε από διαφορετικά συστατικά της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών. Ισχυρές θετικές συσχετίσεις προέκυψαν μεταξύ των ποσοστών μεταβολής του αριθμού των λευκοκυττάρων (WBC) με την πρόσληψη παντοθενικού οξέος (B5), του αριθμού των κοκκιοκυττάρων (GRAN) με την πρόσληψη β-καροτενίου, του μέσου όγκου αιμοπεταλίων (MPV) με την πρόσληψη ρετινόλης και βιταμίνης D και του ποσοστού μεταβολής της CRP με την πρόσληψη φυλλικού οξέος.

Πίνακας 11. Συσχέτιση της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών από τις ανακλήσεις 24ώρου με τις μεταβολές των δεικτών φλεγμονής μετά την παρέμβαση

Διατροφικά Στοιχεία		Ποσοστό μεταβολής (%)			
		WBC	GRAN	MPV	CRP
Καφεΐνη	mg	NS	0,376 (0,049)	NS	NS
	mg/kg ΣΒ	NS	0,385 (0,047)	NS	NS
	mg/kg LBM	NS	0,381 (0,046)	NS	NS
Παντοθενικό οξύ B5 mg		0,406 (0,032)	NS	NS	-0,390 (0,040)
Φυλλικό οξύ μg		NS	NS	NS	0,486 (0,009)
Φυλλικό DFE μg		NS	NS	NS	0,447 (0,017)
Χολίνη mg		NS	NS	0,379 (0,047)	NS
Ρετινόλη μg		NS	NS	0,488 (0,008)	NS
β-καροτένιο μg		NS	0,424 (0,024)	NS	NS
Βιταμίνη D μg		NS	NS	0,554 (0,002)	NS

Τα δεδομένα εκφράζονται ως συντελεστής συσχέτισης Pearson (p). DFE= ισοδύναμα φυλλικού διατροφής. NS= μη στατιστικά σημαντικό.

Τα δεδομένα από τη συσχέτιση της ημερήσιας κατανάλωσης ομάδων τροφίμων με τις μεταβολές στους δείκτες φλεγμονής στο τέλος της παρέμβασης παρουσιάζονται στον Πίνακα 12, ανά ομάδα παρέμβασης. Οι περισσότερες συσχετίσεις από τη συχνότητα κατανάλωσης ομάδων τροφίμων προέκυψαν για τις ομάδες των 6 και 9 σετ άσκησης, με μεγάλη διαφοροποίηση των ομάδων τροφίμων που επηρέασαν τις ποσοστιαίες μεταβολές των δεικτών φλεγμονής σε κάθε ομάδα παρέμβασης.

Πίνακας 12.Συσχέτιση της ημερήσιας συχνότητα κατανάλωσης ομάδων τροφίμων (όπως προέκυψαν από τα FFQ) με τις μεταβολές των δεικτών φλεγμονής μετά το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης ανά ομάδα παρέμβασης

Ομάδες τροφίμων	Ποσοστό μεταβολής (%)					
	WBC	GRAN	LYMP	PLT	MPV	CRP
3 σειρές άσκησης (N=10)						
Όσπρια	NS	-0,822 (0,007)	NS	0,730 (0,025)	NS	NS
Πουλερικά	NS	NS	NS	NS	NS	0,688 (0,040)
Καφές	NS	NS	NS	NS	NS	0,754 (0,019)
6 σειρές άσκησης (N=10)						
Πλήρη γαλακτοκομικά	NS	NS	NS	-0,624 (0,054)	0,826 (0,003)	0,642 (0,045)
Γαλακτοκομικά συνολικά	NS	NS	NS	-0,673 (0,033)	0,697 (0,025)	NS
Λαχανικά	-0,661 (0,038)	NS	-0,778 (0,008)	NS	NS	NS
Όσπρια	-0,669 (0,034)	NS	-0,759 (0,011)	NS	NS	NS
Καφές	NS	NS	NS	-0,625 (0,053)	NS	NS
9 σειρές άσκησης (N=9)						
Ημι-αποβουτυρωμένα γαλακτοκομικά	NS	NS	NS	0,678 (0,045)	NS	NS
Μη-επεξεργασμένα δημητριακά	NS	NS	NS	NS	0,711 (0,032)	NS
Ψάρια και θαλασσινά	NS	NS	NS	NS	-0,684 (0,042)	NS
Αλκοόλ	NS	NS	NS	NS	0,672 (0,047)	NS
Ξηροί καρποί	NS	NS	NS	0,736 (0,024)	NS	NS
Καφές	NS	0,736 (0,024)	NS	NS	NS	NS

Τα δεδομένα εκφράζονται ως συντελεστής συσχέτισης Spearman (ρ). NS= μη στατιστικά σημαντικό.

6.4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΩΝ ΣΥΝΗΘΕΙΩΝ ΣΤΗ ΦΛΕΓΜΟΝΩΔΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΘΕΛΟΝΤΡΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΕΚΚΕΝΤΡΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Οι ομάδες τροφίμων των οποίων η συχνότητα ημερήσιας κατανάλωσης συσχετίστηκε με τη μεταβολή των δεικτών φλεγμονής μετά την πρώτη συνεδρία άσκησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 13, ανά ομάδα παρέμβασης. Παρόμοια με τα προηγούμενα αποτελέσματα, οι συσχετίσεις των ομάδων τροφίμων δεν είναι συνεπείς μεταξύ των ομάδων παρέμβασης, αλλά ούτε και μεταξύ των δεικτών στις διαφορετικές ομάδες της παρέμβασης.

Πίνακας 13. Συσχέτιση της ημερήσιας συχνότητας κατανάλωσης ομάδων τροφίμων με την απόκριση των δεικτών φλεγμονής στην πρώτη συνεδρία έκκεντρης άσκησης ανά ομάδα παρέμβασης

Ομάδες τροφίμων	Εμβαδόν καμπύλης (AUC)					CRP 2h	CRP 24h	CRP 48h
	WBC	LYMP	GRAN	PLT	MPV			
3 σειρές άσκησης (N=10)								
Γαλακτοκομικά συνολικά	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,667 (0,050)	NS
Επεξεργασμένα δημητριακά	0 ,667 (0,050)	NS	0 ,683 (0,042)	NS	NS	NS	NS	NS
Μη-επεξεργασμένα δημητριακά	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,733 (0,025)	NS
Δημητριακά ολικά	0 ,700 (0,036)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ψάρια και θαλασσινά	NS	NS	NS	-0,741 (0,022)	NS	NS	NS	NS
Πουλερικά	NS	NS	NS	0 ,725 (0,027)	NS	NS	NS	NS
Γλυκαντικές ουσίες	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,661 (0,052)	NS
Αναψυκτικά	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,728 (0,026)	0,719 (0,029)
6 σειρές άσκησης (N=10)								
Ημι-αποβουτυρωμένα γαλ/κά	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,718 (0,019)
Φρούτα	-0,667 (0,050)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Λαχανικά	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,661 (0,038)	NS
Αυγά	NS	NS	0,636 (0,048)	NS	NS	NS	NS	NS
Κόκκινο κρέας	0,697 (0,025)	NS	NS	NS	NS	0,855 (0,002)	NS	0,673 (0,033)
Γλυκά	NS	NS	0,632 (0,050)	NS	NS	NS	NS	NS
Γλυκαντικές ύλες	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0,763 (0,010)
Αναψυκτικά	NS	NS	NS	NS	-0,680 (0,031)	NS	NS	NS
9 σειρές άσκησης (N=9)								
Φρούτα	NS	0,733 (0,025)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Πουλερικά	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0,696 (0,037)
Αλκοόλ	NS	-0,715 (0,030)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Γλυκαντικές ύλες	NS	NS	NS	NS	NS	0,683 (0,043)	NS	NS
Αναψυκτικά	NS	-0,665 (0,051)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Καφές	NS	NS	NS	NS	-0,771 (0,015)	0,879 (0,002)	NS	NS

Τα δεδομένα εκφράζονται ως συντελεστής συσχέτισης Spearman (ρ). NS= μη στατιστικά σημαντικό.

Τα συστατικά της διατροφής, από το μέσο όρο των ανακλήσεων 24-ώρου των εθελοντριών, των οποίων η πρόσληψη εμφάνισε σημαντική συσχέτιση με τη μεταβολή των δεικτών φλεγμονής μετά την πρώτη συνεδρία έκκεντρης άσκησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 14, έχοντας ως συγχυτικό παράγοντα την ομάδα παρέμβασης. Ο αριθμός των λευκοκυττάρων (WBC), των λεμφοκυττάρων (LYMP), των κοκκιοκυττάρων (GRAN) και των αιμοπεταλίων (PLT) και η απόκριση της CRP στις 24 και 48 ώρες, δεν εμφάνισαν σημαντικές συσχετίσεις με την πρόσληψη διατροφικών συστατικών των εθελοντριών και δεν παρουσιάζονται στον πίνακα. Η πρόσληψη μονοακόρεστων λιπαρών οξέων και ιδιαίτερα η πρόσληψη χολίνης εμφάνισαν θετική συσχέτιση με τη μεταβολή της CRP στις 2 ώρες μετά τη συνεδρία έκκεντρης άσκησης, ενώ η πρόσληψη φυλλικού οξέος συσχετίστηκε αρνητικά με την αύξηση του δείκτη δραστικότητας των αιμοπεταλίων (MPV).

Πίνακας 14. Συσχέτιση της διατροφικής πρόσληψης των εθελοντριών (όπως προκύπτει από τις ανακλήσεις 24-ώρου) με την απόκριση των δεικτών φλεγμονής μετά την πρώτη συνεδρία έκκεντρης άσκησης

Διατροφικά Στοιχεία	Εμβαδόν καμπύλης (AUC)	
	MPV	CRP 2h
MUFA g/kg ΣΒ	NS	0,379 (0,050)
Φυλλικό μg	-0,422 (0,029)	NS
Φυλλικό DFE μg	-0,387 (0,046)	NS
Χολίνη mg	NS	0,530 (0,004)

Τα δεδομένα εκφράζονται ως συντελεστής συσχέτισης Pearson (p). DFE= ισοδύναμα φυλλικού διατροφής. NS= μη στατιστικά σημαντικό.

7. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρά το γεγονός ότι οι μοναδικές ιδιότητες των έκκεντρων συστολών έχουν περιγραφεί εδώ και πολλά χρόνια, λίγα είναι γνωστά μέχρι σήμερα για τους μηχανισμούς που συντελούν στην ανάπτυξη των μοναδικών προσαρμογών της άσκησης. Η αυξημένη παραγωγή δύναμης σε συνδυασμό με το χαμηλότερο μεταβολικό κόστος των έκκεντρων συστολών έχει αποσπάσει ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον στα πλαίσια της αύξησης της αθλητικής απόδοσης αλλά και σε επίπεδο υγείας για την αναστροφή της κλινικής εικόνας σε πολλές παθήσεις που σχετίζονται με έκπτωση της κινητικότητας και της μυικής λειτουργίας καθώς πλέον και για τη βελτίωση παραμέτρων της υγείας έξω από το μυ που σχετίζονται για παράδειγμα με μεταβολικά χαρακτηριστικά όπως το γλυκαιμικό και λιπιδαιμικό προφίλ. Το αυξημένο μηχανικό στρες και η ανάπτυξη ασκησιογενούς μυικής βλάβης έχουν καθιερωθεί ως βασικά συστατικά της προπόνησης ισχύος με έκκεντρες ασκήσεις και οδηγούν σε μια ανοσολογική και φλεγμονώδη απάντηση τοπικά στο μυ μέσω των οποίων μεσολαβείται η μυική αποκατάσταση και η ανάπτυξη προσαρμογών σε επόμενο ερέθισμα της ίδιας άσκησης. Πολύ λίγα είναι γνωστά για τη σύνδεση αυτών των τοπικών αποκρίσεων και προσαρμογών με φυσιολογικές παραμέτρους έξω από το μυ, όπως η επίδραση της μακροχρόνιας έκκεντρης άσκησης σε δείκτες φλεγμονής στη συστηματική κυκλοφορία. Επιπλέον, αυξημένη είναι η αναζήτηση παραγόντων που μπορούν να συμβάλλουν στην ταχύτερη αποκατάσταση και ανάπτυξη των μυικών προσαρμογών με τα επιστημονικά δεδομένα να παραμένουν περιορισμένα.

Η παρούσα εργασία στηρίζεται σε ένα πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης προηγούμενης μελέτης που διερεύνησε την επίδραση τριών διαφορετικών όγκων προπόνησης ισχύος στη σύσταση των μυικών ινών και τις επακόλουθες προσαρμογές στη μυική απόδοση ισχύος, σε νεαρές αγύμναστες και υγιείς γυναίκες (22). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί η επίδραση του όγκου προπόνησης έκκεντρης άσκησης σε δείκτες υποκλινικής φλεγμονής καθώς και αν οι διατροφικές συνήθειες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τις προσαρμογές μετά από το πρωτόκολλο άσκησης 10 εβδομάδων. Ανεξάρτητα από τον όγκο

προπόνησης η παρέμβαση οδήγησε σε μείωση των επιπέδων CRP και μείωση του ποσοστού κοκκιοκυττάρων.

Το πρωτόκολλο της μελέτης εφαρμόστηκε σε υγιείς νεαρές γυναίκες λόγω της έλλειψης ερευνητικών δεδομένων για την επίδραση της έκκεντρης προπόνησης σε αυτόν τον πληθυσμό (19, 24) και της περιγραφής διαφορετικών νευρομυικών προσαρμογών στα δύο φύλα από προηγούμενες μελέτες (25). Οι γυναίκες που εντάχθηκαν στη μελέτη ήταν μεταβολικά υγιείς όπως αξιολογήθηκε από το προφίλ των γλυκαιμικών και λιπιδαιμικών δεικτών, καθώς και από τα επίπεδα δεικτών φλεγμονής πριν την έναρξη της παρέμβασης.

Από τα υπάρχοντα δεδομένα της κεντρικής μελέτης προέκυψε ότι ο όγκος προπόνησης στις 10 εβδομάδες παρέμβασης οδήγησε στην ανάπτυξη διαφορετικών προσαρμογών στη μυική σύσταση των ινών, τη μυική μάζα, τη μέγιστη δύναμη και τη μυική απόδοση ισχύος. Ο χαμηλότερος όγκος προπόνησης οδήγησε σε μεγαλύτερη αύξηση της απόδοσης ισχύος και του ρυθμού αρχικής ανάπτυξης δύναμης και ενίσχυσε τη διατήρηση των μυικών ινών τύπου ΙΙx, ενώ είχε μικρή επίδραση στην αύξηση της μέγιστης δύναμης. Αντίθετα, ο υψηλότερος όγκος προπόνησης ευνόησε την αύξηση της μέγιστης δύναμης και τη μυική υπερτροφία, οδήγησε όμως σε μείωση της αναλογίας των μυικών ινών τύπου ΙΙx και σε σύγχρονη αύξηση του ποσοστού μυικών ινών τύπου ΙΙa, με αντίστοιχα μικρότερη ή αμελητέα βελτίωση στην απόδοση μυικής ισχύος. Η αύξηση του όγκου προπόνησης στη μελέτη εμφάνισε δοσο-εξαρτώμενη σχέση με την αύξηση της επιφάνειας διατομής όλων των τύπων μυικών ινών, τη μείωση της αναλογίας των ινών τύπου ΙΙx και την αύξηση του ποσοστού των τύπου ΙΙa μυικών ινών σε προηγουμένως αγύμναστες νεαρές γυναίκες μετά από 10 εβδομάδες παρέμβασης (22).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας για την επίδραση του πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης στη μεταβολή δεικτών υποκλινικής φλεγμονής σε υγιείς νεαρές γυναίκες έδειξε μείωση των επιπέδων CRP και του ποσοστού κοκκιοκυττάρων μετά από 10 εβδομάδες παρέμβασης ανεξαρτήτως του όγκου προπόνησης. Από όσο γνωρίζουμε είναι η πρώτη

μελέτη που αξιολόγησε την επίδραση ενός πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης στα επίπεδα της CRP σε μεταβολικά υγιή πληθυσμό φυσιολογικού βάρους, με τη μείωση των επιπέδων της CRP να είναι πιο εμφανής όσο μειωνόταν ο όγκος της προπόνησης. Μία σχετικά πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση και μετα-ανάλυση κλινικών δοκιμών έδειξε μείωση των επιπέδων CRP ως αποτέλεσμα αερόβιας ή προπόνησης αντιστάσεων ή συνδυασμού αυτών, σταθερά και για τα δύο φύλα και σε όλες τις ηλικιακές ομάδες, η οποία όμως κυρίως συσχετίστηκε με τις μεταβολές στο σωματικό βάρος ή/και στη σύσταση σώματος, αναφορικά με μείωση του ποσοστού σωματικού λίπους (11). Παρόμοια είναι τα ευρήματα δύο προηγούμενων μελετών, η μία σε εθελοντές με αυξημένη CRP κατά την έναρξη και η δεύτερη σε υπέρβαρες και παχύσαρκες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, όπου μείωση των επιπέδων CRP μετά από μια παρέμβαση άσκησης συσχετίστηκε μόνο με εκείνα τα άτομα που σημείωσαν σημαντικές αλλαγές στο σωματικό τους βάρος (26, 27). Επιπλέον, ένα πρωτόκολλο προπόνησης αντιστάσεων σε υγιείς άνδρες δεν επηρέασε τα επίπεδα CRP στην κυκλοφορία του αίματος μετά από 12 εβδομάδες παρέμβασης (28). Καθώς στην παρούσα εργασία δε λήφθηκαν υπόψη πιθανές μεταβολές του σωματικού βάρους ή λίπους, και οι φυσιολογικοί μηχανισμοί παραμένουν ανεξερευνήτοι, μελλοντική έρευνα με πρωτόκολλα έκκεντρης άσκησης θεωρείται απαραίτητη για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Η μεταβολή της έκκρισης μυοκινών ως αποτέλεσμα των επαναλαμβανόμενων συνεδριών άσκησης και της ανάπτυξης μυικών προσαρμογών, για παράδειγμα της IL-6 η οποία έχει αναφερθεί ότι επάγει την ηπατική σύνθεση και έκκριση CRP αποτελεί έναν πιθανό μηχανισμό προς διερεύνηση.

Στην παρούσα μελέτη ανεξάρτητα από τον όγκο προπόνησης το πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης 10 εβδομάδων μείωσε σημαντικά το ποσοστό κοκκιοκυττάρων (%GRAN) στις γυναίκες της παρέμβασης, με μεγαλύτερη επίδραση της μείωσης στην ομάδα των 6 σετ άσκησης. Μια τάση για μείωση του αριθμού των αιμοπεταλίων σημειώθηκε στο χρόνο της παρέμβασης παρόμοια και στις τρεις ομάδες παρέμβασης, όπου μικρότερος όγκος προπόνησης συσχετίστηκε με μεγαλύτερη μείωση. Ο χρόνος της παρέμβασης δεν προκάλεσε σημαντικές μεταβολές στον αριθμό των λευκοκυττάρων, των λεμφοκυττάρων και των κοκκιοκυττάρων, στο ποσοστό των λεμφοκυττάρων (%LYMP) και στο δείκτη MPV που αποτελεί δείκτη της δραστικότητας των αιμοπεταλίων, ενώ συνολικά δεν παρατηρήθηκε

διαφορετική επίδραση από τον όγκο της προπόνησης στους δείκτες φλεγμονής μεταξύ των ομάδων. Από όσο γνωρίζουμε, αντίστοιχα δεδομένα από μελέτες για την επίδραση της προπόνησης ισχύος σε δείκτες υποκλινικής φλεγμονής δεν υπάρχουν στη βιβλιογραφία, επομένως αυτά τα ευρήματα θέτουν νέα ερωτήματα για μελλοντική έρευνα σχετικά με την επίδραση της μακροχρόνιας έκκεντρης προπόνησης στο φλεγμονώδες προφίλ υγιών γυναικών, καθώς και για τη διερεύνηση της επίδρασης σε περισσότερες πληθυσμιακές ομάδες, υγιών ή μη, ατόμων.

Σε ξεχωριστή ανάλυση της μεταβολής των δεικτών στις τρεις ομάδες, μόνο στην ομάδα των 6 σετ άσκησης ο αριθμός των λευκοκυττάρων και το ποσοστό και ο αριθμός των κοκκιοκυττάρων μειώθηκαν στατιστικά σημαντικά στο τέλος της παρέμβασης. Μόνο στην ομάδα των 3 σετ άσκησης σημειώθηκε σημαντική αύξηση του αριθμού των λέμφοκυττάρων, ενώ στην ομάδα των 9 σετ δε μεταβλήθηκε στατιστικά σημαντικά κανένας από τους δείκτες υποκλινικής φλεγμονής που αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη, μετά το τέλος της παρέμβασης. Παρόλο που οι μηχανισμοί πίσω από τις διαφορετικές αποκρίσεις των δεικτών υποκλινικής φλεγμονής σε σχέση με τον όγκο προπόνησης της έκκεντρης άσκησης παραμένουν άγνωστοι, είναι πιθανόν ο μέτριος όγκος προπόνησης των 6 σετ ασκήσεων στην παρούσα μελέτη να αποτελεί ένα ικανοποιητικό φλεγμονώδες ερέθισμα για τη βελτίωση του φλεγμονώδους προφίλ στο χρονικό διάστημα της παρέμβασης. Η μείωση του αριθμού και του ποσοστού των κοκκιοκυττάρων, που εκπροσωπούνται ως επί το πλείστον από τον πληθυσμό των ουδετερόφιλων και τα οποία επάγουν προφλεγμονώδη σηματοδοτικά μονοπάτια μέσω της έκκρισης κυτταροκινών, υποδεικνύουν ότι ο μέτριος όγκος έκκεντρης προπόνησης αποτελεί ένα ικανοποιητικό ερέθισμα ώστε να προκύψει όφελος σε δείκτες υποκλινικής φλεγμονής σε υγιείς γυναίκες, ύστερα από ένα χρονικό διάστημα με αραιές συνεδρίες περίπου 10 εβδομάδων. Μικρότερος όγκος προπόνησης φαίνεται ότι δεν αποτελεί αρκετά δυνατό ερέθισμα ώστε να προκύψουν σημαντικές προσαρμογές στους υποτύπους των ανοσολογικών κυττάρων και σε δείκτες φλεγμονής. Αντίθετα, ο μεγάλος όγκος προπόνησης ο οποίος οδηγεί σε μεγαλύτερες ανοσολογικές και φλεγμονώδεις αποκρίσεις ως αποτέλεσμα της άσκησης μπορεί να υπερκαλύπτει το όφελος των προσαρμογών ή και να απαιτεί μεγαλύτερο των 10 εβδομάδων διάστημα προπονητικών συνεδριών ώστε να παρέχεται όφελος μέσω προσαρμογών στα επίπεδα των δεικτών

υποκλινικής φλεγμονής. Για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων είναι απαραίτητη η διεξαγωγή μελλοντικής έρευνας στοχευμένα για την αξιολόγηση δεικτών υποκλινικής φλεγμονής, με αντίστοιχο σχεδιασμό παρεμβάσεων έκκεντρης προπόνησης κατά του οποίους θα αξιολογούνται επαρκώς οι μεταβολές άλλων χαρακτηριστικών στο διάστημα της παρέμβασης, όπως σωματομετρικών και αιματολογικών παραμέτρων.

Η αξιολόγηση της επίδρασης της διατροφικής πρόσληψης και των διατροφικών συνθηκών των εθελοντριών στις μεταβολές των δεικτών υποκλινικής φλεγμονής στο πλαίσιο του προπονητικού πρωτοκόλλου έκκεντρης άσκησης, παρείχε ασταθή και ασυνεπή αποτελέσματα για την επίδραση των διαφορετικών ομάδων τροφίμων και των διατροφικών συστατικών τόσο μεταξύ των ομάδων παρέμβασης όσο και μεταξύ των δεικτών φλεγμονής που αξιολογήθηκαν στην παρούσα μελέτη. Οι περισσότερες διατροφικές συσχετίσεις εντοπίστηκαν στην ομάδα των 6 σετ άσκησης, δηλαδή στο μέτριο όγκο προπόνησης, γεγονός που ίσως υποδεικνύει ότι πιθανώς τα 3 σετ άσκησης να μην παρέχουν ισχυρές φλεγμονώδεις αποκρίσεις ώστε να αναδειχθούν συσχετίσεις με τις επιδράσεις των τροφίμων, ενώ αντίθετα το ισχυρό φλεγμονώδες ερέθισμα του μεγάλου όγκου προπόνησης μπορεί να εξασθενεί τις πιθανές επιδράσεις των συστατικών των τροφίμων στους δείκτες υποκλινικής φλεγμονής που αξιολογήθηκαν στο παρόν πρωτόκολλο έκκεντρης άσκησης. Κάποιες ενδείξεις για συσχέτιση των επιπέδων πρόσληψης βιταμίνης D και ρετινόλης, όπως προέκυψαν από τις ανακλήσεις 24ώρου, με τα επίπεδα του δείκτη MPV βρέθηκαν στη μελέτη, εμφανίζοντας αρνητική συσχέτιση με τα επίπεδα του δείκτη πριν την παρέμβαση και θετική συσχέτιση με το ποσοστό μεταβολής του MPV μετά την παρέμβαση. Δεδομένου ότι τα επίπεδα βιταμίνης D στον οργανισμό επηρεάζονται από την ενδογενή σύνθεση μέσω της έκθεσης του δέρματος στην ηλιακή ακτινοβολία και ότι το περιεχόμενο των τροφίμων σε φυτοχημικά στοιχεία μπορεί να μεταβληθεί σημαντικά από παράγοντες όπως η επεξεργασία και ο τρόπος μαγειρέματος, τα δεδομένα από τις ανακλήσεις μπορεί να μην αντιπροσωπεύουν τα επίπεδα στον οργανισμό και η ανάδειξη συσχετίσεων είναι επισφαλής.

Όσον αφορά τους περιορισμούς της συγκεκριμένης εργασίας, η μελέτη της επίδρασης του όγκου έκκεντρης προπόνησης στη μεταβολή δεικτών υποκλινικής φλεγμονής παρόλο που

εισάγει καινούργια δεδομένα στη βιβλιογραφία και δίνει το έναυσμα για την αναζήτηση νέων εφαρμογών έκκεντρης προπόνησης στον τομέα της υγείας, δεν αποτελούσε πρωταρχικό σκοπό του σχεδιασμού της παρέμβασης, με αποτέλεσμα να μην έχουν αξιολογηθεί επαρκώς παράμετροι οι οποίες μπορεί να αποτελούν συγχυτικούς παράγοντες για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Το μικρό δείγμα της μελέτης και η εφαρμογή της παρέμβασης μεμονωμένα στο γυναικείο φύλο δημιουργεί την ανάγκη για το σχεδιασμό μελλοντικών παρεμβάσεων σε περισσότερες πληθυσμιακές ομάδες και μεγαλύτερο δείγμα, ειδικά όσον αφορά την ανάδειξη συσχετίσεων μεταξύ των διατροφικών συνηθειών και δεικτών φλεγμονής. Περιορισμοί που δεν σχετίζονται με το σχεδιασμό της συγκεκριμένης μελέτης περιλαμβάνουν τις συχνές δι-ατομικές διαφορές στην ανοσολογική και φλεγμονώδη απόκριση από τις παρεμβάσεις με πρωτόκολλα άσκησης, οι οποίες οφείλονται στο διαφορετικό γενετικό υπόβαθρο και την ύπαρξη αλληλόμορφων γονιδίων, στην επίδραση της ηλικίας καθώς και σε παράγοντες του τρόπου ζωής, όπως το κάπνισμα και η σωματική δραστηριότητα.

Συμπερασματικά, φαίνεται πως ένα πρωτόκολλο έκκεντρης προπόνησης με μικρό αριθμό συνεδριών ανά εβδομάδα για 10 εβδομάδες, μπορεί να παρέχει όφελος σε δείκτες υποκλινικής φλεγμονής ανεξάρτητα από τον όγκο της προπόνησης, σε υγιείς νεαρές γυναίκες με μειωμένη σωματική δραστηριότητα. Η μελέτη παρέχει ένα ισχυρό ερευνητικό ερέθισμα για περαιτέρω μελλοντική επιστημονική αναζήτηση πιθανού όφελους από τη χρήση έκκεντρης προπόνησης σε περισσότερες πληθυσμιακές ομάδες και στον ευρύτερο τομέα της υγείας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Stéphanie Hody, Jean-Louis Croisier, Thierry Bury, Bernard Rogister, Pierre Leprince. Eccentric muscle contractions: risks and benefits. *Front Physiol* . 2019 May 3;10:536.
2. Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2016). Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663–675.
3. Nishikawa, K. C., Lindstedt, S. L., & LaStayo, P. C. (2018). Basic science and clinical use of eccentric contractions: history and uncertainties. *Journal of Sport and Health Science*, 7(3):265-274.
4. Hoppeler, H. (2016). Moderate Load Eccentric Exercise; A Distinct Novel Training Modality. *Frontiers in Physiology*, 7: 483.
5. Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., & Lopez, R. M. (2015). Plyometric Training Effects on Athletic Performance in Youth Soccer Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2351–2360.
6. Michal Krzysztofik, Michal Wilk, Grzegorz Wojdała, Artur Gołaś. Maximizing Muscle Hypertrophy: A Systematic Review of Advanced Resistance Training Techniques and Methods, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16(24), 4897.
7. Peake, J. M., Neubauer, O., Della Gatta, P. A., & Nosaka, K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 559–570.
8. Chazaud, B. (2015). Inflammation during skeletal muscle regeneration and tissue remodeling: application to exercise-induced muscle damage management. *Immunology and Cell Biology*, 94(2), 140-145.
9. Brown, W. M. C., Davison, G. W., McClean, C. M., & Murphy, M. H. (2015). A Systematic Review of the Acute Effects of Exercise on Immune and Inflammatory Indices in Untrained Adults. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 35.
10. Fatouros, I., & Jamurtas, A. (2016). Insights into the molecular etiology of exercise-induced inflammation: opportunities for optimizing performance. *Journal of Inflammation Research*, Volume 9, 175–186.

11. Fedewa, M. V., Hathaway, E. D., & Ward-Ritacco, C. L. (2016). Effect of exercise training on C reactive protein: a systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 51(8), 670–676.
12. Tidball, J. G. (2011). Mechanisms of Muscle Injury, Repair, and Regeneration. *Comprehensive Physiology*, 1(4), 2029–62.
13. Sakelliou, A., Fatouros, I. G., Athanailidis, I., Tsoukas, D., Chatzinikolaou, A., Draganidis, D., ... Mitrakou, A. (2016). Evidence of a Redox-Dependent Regulation of Immune Responses to Exercise-Induced Inflammation. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1–19.
14. Owens, D. J., Twist, C., Cobley, J. N., Howatson, G., & Close, G. L. (2018). Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? *European Journal of Sport Science*, 19(1), 71–85.
15. Howatson, G., & van Someren, K. A. (2008). The Prevention and Treatment of Exercise-Induced Muscle Damage. *Sports Medicine*, 38(6), 483–503.
16. Sousa, M., Teixeira, V. H., & Soares, J. (2013). Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(2), 151–163.
17. Harty, P. S., Cottet, M. L., Malloy, J. K., & Kerksick, C. M. (2019). Nutritional and Supplementation Strategies to Prevent and Attenuate Exercise-Induced Muscle Damage: a Brief Review. *Sports Medicine - Open*, 5(1), 1.
18. Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Brown, L. E., Veligekas, P., Spengos, K., & Terzis, G. (2018). Muscle Fiber and Performance Changes after Fast Eccentric Complex Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(4), 729–738.
19. Terzis, G., Spengos, K., Methenitis, S., Aagaard, P., Karandreas, N., & Bogdanis, G. (2016). Early phase interference between low-intensity running and power training in moderately trained females. *European Journal of Applied Physiology*, 116(5), 1063–1073.
20. Stasinaki, A.-N., Zaras, N., Methenitis, S., Bogdanis, G., & Terzis, G. (2019). Rate of Force Development and Muscle Architecture after Fast and Slow Velocity Eccentric Training. *Sports*, 7(2), 41.

21. Spiliopoulou, P., Zaras, N., Methenitis, S. K., Papadimas, G., Papadopoulos, C., Bogdanis, G., & Terzis, G. (2019). Effect of Concurrent Power Training and High-Intensity Interval Cycling on Muscle Morphology and Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, doi: 10.1519/JSC.0000000000003172.
22. Methenitis, S. K., Mpampoulis, T., Spiliopoulou, P., Papadimas, G., Papadopoulos, C., Chalari, E., ... Terzis, G. (2020). Muscle fiber composition, jumping performance and rate of force development adaptations induced by different power training volumes in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. doi:10.1139/apnm-2019-0786
23. Thompson, F. E., Byers, T. (1994) Dietary assessment resource manual. *The Journal of Nutrition*, 124(11 Suppl), 2245S-2317S.
24. Zacharia, E., Spiliopoulou, P., Methenitis, S., Stasinaki, A.-N., Zaras, N., Papadopoulos, C., ... Terzis, G. (2019). Changes in Muscle Power and Muscle Morphology with Different Volumes of Fast Eccentric Half-Squats. *Sports*, 7(7), 164.
25. Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, W. J., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, J. E., ... Hikida, R. S. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 76(3), 1247–1255.
26. Stewart, L. K., Earnest, C. P., Blair, S. N., & Church, T. S. (2010). Effects of Different Doses of Physical Activity on C-Reactive Protein among Women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(4), 701–707.
27. Church, T. S., Earnest, C. P., Thompson, A. M., Priest, E. L., Rodarte, R. Q., Saunders, T., Ross, R., Blair, S. N. (2010). Exercise without weight loss does not reduce C-reactive protein: the INFLAME study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(4), 708–716.
28. Ihalainen, J. K., Peltonen, H., Paulsen, G., Ahtiainen, J. P., Taipale, R. S., Härmäläinen, M., ... Mero, A. A. (2018). Inflammation status of healthy young men: initial and specific responses to resistance training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 43(3), 252–258.