

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΟΡΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ  
ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΣΟΓΙΑΣ ΣΕ ΔΕΙΚΤΕΣ ΜΥΪΚΟΥ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΔΟΣΗΣ  
ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΙΣΤΕΣ

του

Κρητικού Σάββα

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Δεκέμβριος 2019

Εγκεκριμένο Από το Καθηγητικό σώμα:

1<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Φατούρος Ιωάννης, Καθηγητής

2<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Τζιαμούρτας Αθανάσιος, Καθηγητής

3<sup>η</sup> Επιβλέπουσα: Δελή Χαρίκλεια, Επίκουρος Καθηγήτρια

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου όλους τους ανθρώπους (οικογένεια, φίλους και συνεργάτες) που στάθηκαν στο πλευρό μου και μου έδωσαν κουράγιο μέχρι την εκπόνηση αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τους δασκάλους μου κ. Φατούρο Ιωάννη, Καθηγητή και κ. Τζιαμούρτα Αθανάσιο, Καθηγητή για την πολύτιμη καθοδήγησή τους, καθώς και όλα τα μέλη του εργαστηρίου Φυσιολογίας, Βιοχημείας και Διατροφής της άσκησης (SmArT Lab) για την αμέριστη βοήθεια τους.

Αυτή η εργασία είναι αφιερωμένη στον πατέρα μου Γιώργο και στη μητέρα μου Ρεβέκκα που ανέκαθεν με στήριζαν, είναι πάντα στο πλευρό μου κι έχουν στερηθεί πολλά για να μπορέσω να υλοποιήσω τα όνειρα και τους στόχους μου.

Τον αδερφό μου Χρήστο που με συμμερίζεται, μου συμπαραστέκεται, με ανέχεται πολλές φορές, που μοιραζόμαστε κοινές ανησυχίες σ αυτούς τους δύσκολους καιρούς και ξέρω ότι πάντα θα ναι δίπλα μου όταν τον χρειάζομαι.

Τέλος αυτή η εργασία είναι αφιερωμένη σ ένα πρόσωπο που αγαπούσα ιδιαίτερα κι έφυγε από κοντά μας κατά τη διάρκεια του παρεμβατικού προγράμματος της διατριβής αυτής, σ ένα διάστημα ιδιαίτερα δύσκολο και πεισμένο για μένα, ένα πρόσωπο που ήθελε πολύ να πετύχω στη ζωή μου και πάντα μου έδινε την πιο απλή, την πιο σύντομη, αλλά την πιο ουσιώδη ταυτόχρονα συμβουλή «να είσαι καλός άνθρωπος...». Στη γιαγιά μου Τασία.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κρητικός Σάββας: Σύγκριση της επίδρασης της χορήγησης πρωτεΐνης ορού γάλακτος και πρωτεΐνης σόγιας σε δείκτες μυϊκού τραυματισμού και απόδοσης μετά από πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα σε ποδοσφαιριστές

(Υπό την επίβλεψη του κ. Φατούρου Ιωάννη, Καθηγητή)

Οι έντονες προπονητικές επιβαρύνσεις του ποδοσφαίρου, συνοδεύονται από έντονο ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό και πτώση της απόδοσης έως και 72 ώρες. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της χορήγησης πρωτεΐνης ορού γάλακτος (ΠΓ) και πρωτεΐνης σόγιας (ΣΟ) σε δείκτες μυϊκού τραυματισμού και απόδοσης κατά τη διάρκεια δυο προπονητικών συνεδριών αντοχής στην ταχύτητα με παρέμβαση 48 ωρών μεταξύ τους (ΠΣ1) και (ΠΣ2). Προηγήθηκε μια εβδομάδα προ-φόρτωσης καταναλώνοντας πρωτεΐνη (τόση όση χρειαζόταν για να φθάσει η ημερήσια πρωτεϊνική λήψη στα 1,5 γρ/κιλό σωματικού βάρους ημερησίως), είτε ισο-ενεργειακό εικονικό συμπλήρωμα (μαλτοδεξτρίνη) – Placebo (PL) . Στην διπλά τυφλή, τυχαιοποιημένη μελέτη με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις, έλαβαν μέρος 10 υγιείς ποδοσφαιριστές. Κάθε συνθήκη εμπεριείχε μετρήσεις ταχύτητας (10μ., 30μ.), άλματος (CMJ), ισοκινητικής μέγιστης ροπής και καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) των καμπτήρων και των εκτεινόντων του γόνατος, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά την εβδομάδα προ-φόρτωσης, καθώς και 24 ώρες μετά την πρώτη προπονητική συνεδρία. Λήψη αίματος πραγματοποιήθηκε πριν και μετά την εβδομάδα προ-φόρτωσης, καθώς και 24 και 48 ώρες μετά από την πρώτη προπονητική συνεδρία. Οι δρομικές επιβαρύνσεις και η καρδιακή συχνότητα των προπονήσεων, κατεγράφησαν μέσω μονάδων GPS. Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές πριν και μετά τη φάση φόρτωσης σε καμία συνθήκη ( $p>0,05$ ). Παρατηρήθηκε μείωση στην ταχύτητα 10μ. μόνο στη συνθήκη PL ( $p=0,041$ ) 24 ώρες μετά την ΠΣ1, ενώ στα 30μ. η συνθήκη ΣΟ είχε μικρότερη μείωση από την συνθήκη PL ( $p=0,047$ ). Η μέγιστη ταχύτητα μειώθηκε στην ΠΣ2 σε

σύγκριση με την ΠΣ1, ωστόσο σημειώθηκε μεγαλύτερη μείωση στη συνθήκη PL από την ΠΓ ( $p=0,004$ ) και την συνθήκη ΣΟ ( $p=0,011$ ). Στις 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε μείωση στην έκκεντρη δύναμη των εκτεινόντων του κυρίαρχου ποδιού σε PL (14,8%) ( $p=0,001$ ) και την συνθήκη ΣΟ (11,7%) ( $p=0,009$ ), ενώ στη συνθήκη ΠΓ παρέμεινε αμετάβλητη ( $p=0,110$ ). Δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της συμπληρωματικής λήψης στους δείκτες φλεγμονής (DOMS, κρεατινική κινάση). Συμπερασματικά, η συμπληρωματική λήψη πρωτεΐνης ορού γάλακτος και σόγιας φαίνεται να έχουν θετικές επιδράσεις στην αποκατάσταση μετά από ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό.

Λέξεις κλειδιά: συμπλήρωμα πρωτεΐνης, ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός, ποδόσφαιρο, αποκατάσταση

## ABSTRACT

Kritikos Savvas: Comparison of the effect of whey and soy protein supplementation on muscle damage markers and performance after a speed endurance training protocol in football players.

(Under the supervision of Professor Fatouros Ioannis)

High intensity activities during football training sessions such as (accelerations, decelerations and changes of direction) are connected with exercise-induced muscle damage (EIMD) and reduced performance lasting 72 hours. The purpose of the study was to investigate the effects of whey and soy protein supplementation on muscle damage markers and performance recovery during a speed endurance training protocol, performed twice with 48 hours within training 1 (TR1) and training 2 (TR2). Ten football players participated in three trials, receiving either whey protein isolate (WH), soy protein isolate (SO) (the amount needed to achieve a daily protein intake of 1.5 g/kg/day) or an energy-matched placebo (PL) according to a randomized, repeated-measures, crossover, double-blind design. Each trial included a 7-day supplement loading phase, two training days and a performance testing day between them. Performance testing (sprint ability, jump height, isokinetic peak torque) and muscle soreness of knee flexors (KF) and extensors (KE) took place before and after the loading phase and 24 hours post the first training. Blood was drawn before and after the loading phase, 24 hours post the first bout and 48 hours post (before the second training). During each training session football-specific locomotor activity and heart rate were monitored using GPS technology. Immediately after each training protocol blood lactate, jump height and muscle soreness were measured. No loading effect was observed between trials ( $p>0.05$ ). Reduced 10m. sprint ability was noticed 24 hours post TR1 in PL ( $p=0.041$ ), while in 30m. sprint PL had a greater decrement compared to SO ( $p=0.047$ ). Furthermore,

maximum speed reduced in TR2 compared to TR1, with greater effect in PL compared to WH ( $p=0.004$ ) and SO ( $p=0.011$ ). Eccentric strength of KE was fully recovered in WH ( $p=0.110$ ) 24 hours post TR1. No differences observed on muscle damage markers (CK, DOMS) between trials. In summary, whey and soy protein supplementation seem to have positive effect in recovery after EIMD.

Keywords: protein ingestion; exercise induced muscle damage; soccer; field activity; recovery;



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	10
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΩΜΟΓΡΑΦΙΩΝ	11
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
Ποδόσφαιρο	12
Προπόνηση Αντοχής στη Ταχύτητα	12
Μυϊκός Τραυματισμός	13
Συμπληρωματική Χορήγηση Πρωτεΐνης	15
Σκοπός της έρευνας	16
Ερευνητικές υποθέσεις	16
Μηδενικές υποθέσεις	17
Περιορισμοί της έρευνας	18
Οριοθετήσεις της έρευνας	18
Ορισμοί	19
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	21
Ποδόσφαιρο	21
Αντοχή στην Ταχύτητα	22
Ασκησιογενής Μυϊκός τραυματισμός	23
Ασκησιογενής Μυϊκή Φλεγμονή	25
Επούλωση - Αναγέννηση	27
Συμπληρωματική Χορήγηση Πρωτεΐνης	29
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	32
Συμμετέχοντες	32



Πειραματικός Σχεδιασμός	34
Πρωτόκολλο Άσκησης	37
Πρωτόκολλο χορήγησης συμπληρωμάτων και placebo	38
Διαιτολόγιο και Διατροφική Αξιολόγηση	39
Αξιολόγηση Ανθρωπομετρικών Χαρακτηριστικών	40
Αξιολόγηση Σωματικής Σύστασης	40
Εκτίμηση Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού	41
Αξιολόγηση Ημερήσιας Ενεργειακής Δαπάνης	41
Αξιολόγηση Φυσικής Κατάστασης	42
Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου	42
Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2	42
Yo-Yo Intermittent Recovery Level 2	43
Αξιολόγηση Τεχνικής	43
Creative Speed Test	43
Short Dribbling Test	44
Αξιολόγηση Δεικτών Απόδοσης	44
Μέγιστη Δύναμη	44
Αλτική Ικανότητα	45
Ικανότητα Εκτέλεσης Επαναλαμβανόμενων Σπριντ	45
Μετρήσεις Κινητικής Δραστηριότητας	46
Αξιολόγηση δεικτών μυϊκού τραυματισμού	46
Δείκτης Καθυστερημένου Μυϊκού Πόνου	46
Αξιολόγηση βιοχημικών δεικτών	47
Συλλογή Αίματος	47
Γαλακτικό	47
Κρεατινική Κινάση	47
Στατιστική ανάλυση	47
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	49
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	72
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	82
VII.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	85

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.	Περιεχόμενα Προπονητικής Μονάδας	38
Πίνακας 2.	Διατροφικά Στοιχεία Συμπληρωμάτων Διατροφής	39
Πίνακας 3.	Χαρακτηριστικά Συμμετεχόντων	50
Πίνακας 4.	Διατροφική Ανάλυση	51
Πίνακας 5.	Δραστηριότητα κατά τη διάρκεια των Προπονητικών Πρωτοκόλλων	54
Πίνακας 6.	Συγκέντρωση Γαλακτικού Οξέος	61
Πίνακας 7.	Δοκιμασίες Ταχύτητας	61
Πίνακας 8.	Μέγιστη Δύναμη	63
Πίνακας 9.	Αλτική Ικανότητα	69
Πίνακας 10.	Κρεατινική Κινάση	69
Πίνακας 11.	Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος (DOMS)	70

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.	Ροή Μετρήσεων	34
Εικόνα 2.	Διάγραμμα Ροής Πειραματικού Σχεδιασμού	37
Εικόνα 3.	Προπονητικό Πρωτόκολλο	38
Εικόνα 4.	Creative Speed Test	43
Εικόνα 5.	Short Dribbling Test	44

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Σχήμα 1	Διάγραμμα Ροής Συμμετοχής Εθελοντών	33
---------	-------------------------------------	----

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

BMP	Βασικός Μεταβολικός Ρυθμός
ΔΜΣ	Δείκτης Μάζας Σώματος
ΟΓ	Whey Protein Isolate – Συνθήκη συμπληρώματος πρωτεΐνης ορού γάλακτος
ΠΣ1	Προπονητική συνεδρία 1
ΠΣ2	Προπονητική συνεδρία 2
ΣΟ	Soy Protein Isolate – Συνθήκη συμπληρώματος πρωτεΐνης σόγιας
BCAA	Branched Chain Amino Acids – Αμινοξέα Διακλαδισμένης Αλυσίδας
CK	Creatine Kinase – Κρεατινική Κινάση
CMJ	Counter movement jump – Κάθετο άλμα με υποχωρητική φάση
CRP	C Reactive Protein – C αντιδρώσα πρωτεΐνη
DOMS	Delayed onset muscle soreness – Καθυστερημένος μυϊκός πόνος
GPS	Global positioning system – Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης
IL	Interleukin – Ιντερλευκίνη
KE	Knee extensors – Έκταση του γόνατος
KF	Knee flexors – Κάμψη του γόνατος
LDH	Lactate dehydrogenase – Γαλακτική αφυδρογονάση
Mb	Myoglobin – Μυοσφαιρίνη
MPS	Muscle Protein Synthesis – Μυϊκή Πρωτεϊνική Σύνθεση
mTOR	mammalian/mechanistic target of rapamycin
PL	Placebo – Συνθήκη εικονικού σκευάσματος
SEP	Speed endurance production training – Προπόνηση παραγωγής αντοχής στην ταχύτητα
SEM	Speed endurance maintenance training – Προπόνηση διατήρησης αντοχής στην ταχύτητα
VO <sub>2max</sub>	Maximal oxygen consumption – Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ποδόσφαιρο είναι ομαδικό άθλημα το οποίο χαρακτηρίζεται από διαλειμματικές ενέργειες υψηλής έντασης και σύντομης διάρκειας, ενώ περιλαμβάνει ως επί το πλείστον μεγαλύτερες περιόδους χαμηλής και μέτριας έντασης. Κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ποδοσφαίρου οι παίκτες διανύουν συνήθως περισσότερα από 10 km, εκ των οποίων τα 2-3 km είναι τρέξιμο υψηλής έντασης και τα ~0.5 km σπριντ. Οι υψηλές απαιτήσεις του αγώνα οδηγούν σε μια μέση καρδιακή συχνότητα  $\geq 80\%$  της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και συγκεντρώσεις γαλακτικού στο αίμα από 10 έως 14 mmol/L (Fatouros et al., 2010; Ispirilidis et al., 2008; Krusturup et al., 2006; Poullos et al., 2018). Συμπερασματικά λοιπόν η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο από το αερόβιο σύστημα, οι βραχύβιες όμως προσπάθειες μέγιστης έντασης που ξεπερνούν τις 250 κατά τη διάρκεια του αγώνα υποδηλώνουν τη σημαντική συνεισφορά της γαλακτικής γλυκόλυσης και του αναερόβιου συστήματος για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων (Bangsbo, 1994).

Η ικανότητα των ποδοσφαιριστών να εκτελούν επαναλαμβανόμενα σπριντ υψηλής έντασης για μεγάλο χρονικό διάστημα εξασκείται μέσω της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα (Mohr & Krusturup, 2016). Ως προπόνηση αντοχής στη ταχύτητα (speed endurance training), ορίζεται η επαναλαμβανόμενη έντονη άσκηση, σε ένταση μεγαλύτερη από αυτή στην οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη αερόβια ικανότητα, με διάρκεια από 10 έως 40 δευτερόλεπτα και έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα σημαντικό μέσο για τη βελτίωση της απόδοσης σε προπονημένους ποδοσφαιριστές (Gunnarsson, Christensen, Hulse, Christiansen, & Bangsbo, 2012; Iaia & Bangsbo, 2010), ενώ κατηγοριοποιείται σε speed endurance production (SEP) και σε speed endurance maintenance (SEM) (Bangsbo, 1994).

Η πλειονότητα των ενεργειών ενός αγώνα ποδοσφαίρου όπως και της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα, περιλαμβάνουν βαλλιστικές κινήσεις που εμπεριέχουν έντονα το στοιχείο της έκκεντρης συστολής όπως σπριντ, αλλαγές κατεύθυνσης, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, άλματα και σουτ (Ade, Harley, & Bradley, 2014). Η υψηλή ένταση και η συχνή επανάληψη των ενεργειών αυτών μπορούν να προκαλέσουν μικροτραυματισμό των μυϊκών ινών με αποτέλεσμα τη μείωση στην απόδοση (Draganidis et al., 2015; Fatouros & Jamurtas, 2016; Silva et al., 2013; Silva et al., 2014). Ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός (EIMD) σχετίζεται με τον μυϊκό πόνο ή την δυσφορία και με σημαντική μείωση της μυϊκής δύναμης κατά τη διάρκεια των πρώτων 12-72 ωρών μετά την άσκηση. Η κορύφωση στην πτώση της δύναμης παρατηρείται στις 48 ώρες, ενώ παραμένει μειωμένη έως και 72 ώρες μετά από έναν αγώνα (Ispirlidis et al., 2008). Τα άμεσα αποτελέσματα που προκαλούνται από μυϊκές βλάβες περιλαμβάνουν τις κυτταρικές διαταραχές, ιδιαίτερα της γραμμής Z της μυϊκής ίνας (Clarkson & Hubal, 2002). Αποτέλεσμα του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού είναι η αύξηση των επιπέδων του ενζύμου της κρεατινικής κινάσης (CK) στο πλάσμα, με την κορύφωση της τιμής της να παρατηρείται μετά από 48 ώρες και την επαναφορά στα επίπεδα ηρεμίας την 5<sup>η</sup> με 7<sup>η</sup> ημέρα, μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου (Fatouros et al., 2010). Πέρα από τις πρωτεΐνες του αίματος που αποτελούν δείκτες για το μέγεθος της μυϊκής βλάβης, συχνά επίσης χρησιμοποιούμενοι έμμεσοι δείκτες ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης σε μελέτες που χρησιμοποίησαν ανθρώπους είναι ο υποκειμενικός δείκτης καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS), και η μέγιστη δύναμη εκούσιας συστολής (απόδοση). Η παρατεταμένη απώλεια δύναμης μετά από έκκεντρη άσκηση θεωρείται ως ένα από τα πιο έγκυρα και αξιόπιστα έμμεσα μέτρα για την αξιολόγηση της μυϊκής βλάβης στους ανθρώπους (Clarkson & Hubal, 2002). Η κορύφωση της αίσθησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου παρατηρείται στις 24 - 72 ώρες και

επανέρχεται στις τιμές ηρεμίας μετά την 5<sup>η</sup> ημέρα (Draganidis et al., 2015), συμβαδίζοντας έτσι με τη δραστικότητα του ενζύμου της κρεατινικής κινάσης.

Η πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού είναι συνδεδεμένη με μια οξεία φάση ασκησιογενούς φλεγμονής που χαρακτηρίζεται από διείσδυση φαγοκυττάρων στο μυ, παραγωγή ελεύθερων ριζών, κυτοκινών και άλλων μορίων φλεγμονής (Fatouros et al., 2010), ενώ οι κατεστραμμένες μυϊκές ίνες ξεκινούν μια σειρά από αντιδράσεις που έχουν ως αποτέλεσμα μια παρατεταμένη και πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ της πρωτεϊνικής σύνθεσης και της αποικοδόμησης ως απάντηση στον ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό. Ακόμη και μετά από έναν εκτεταμένο τραυματισμό, ο σκελετικός μυς επιδεικνύει μια εξαιρετική ικανότητα για θεραπεία. Συνεπώς, μια φάση αναγέννησης ή επούλωσης ακολουθεί την φλεγμονώδη φάση. Η αναγέννηση των μυών σχετίζεται με την ενεργοποίηση ενός συνόλου μονοπύρηνων κυττάρων, γνωστών ως δορυφόρων κυττάρων, τα οποία στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται, διαφοροποιούνται και εισέρχονται στις κατεστραμμένες μυοϊνες για να συνθέσουν νέες ίνες ή να συνεισφέρουν στην επούλωση άλλων ινών με λιγότερο σοβαρή βλάβη. Αυτή η φάση χαρακτηρίζεται από μια έντονη αύξηση της μυϊκής πρωτεϊνοσύνθεσης (Fatouros & Jamurtas, 2016; Jamurtas, 2018). Ωστόσο, ενώ ο κύκλος των πρωτεϊνών αυξάνεται σημαντικά, η αποικοδόμηση συνήθως υπερβαίνει τη σύνθεση και συνεπώς προκύπτει η διάσπαση της πρωτεΐνης οδηγώντας σε μυϊκό εκφυλισμό και ατροφία. Αυτές οι μεταβολές στην υπερδομή των μυϊκών πρωτεϊνών οδηγούν κανονικά σε φυσιολογικά συμπτώματα όπως η μείωση της μυϊκής δύναμης, η αυξημένη μυϊκή ευαισθησία και η διαταραχή της μυϊκής λειτουργίας. Το ερέθισμα της πρωτεϊνικής σύνθεσης και η ελαχιστοποίηση της διάσπασης της πρωτεΐνης (πρωτεόλυση) είναι οι δύο κυτταρικές διεργασίες που είναι απαραίτητες για την αποκατάσταση των μυών μετά από βλάβη. Ενώ η διάσπαση της πρωτεΐνης μπορεί να είναι μια σημαντική διαδικασία που εμπλέκεται στην προσαρμοστική απόκριση κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, η αύξηση του ρυθμού

πρωτεϊνοσύνθεσης εντός του μυός κατά τη διάρκεια της περιόδου αποκατάστασης είναι ζωτικής σημασίας για την αναγέννηση των μυών και την υπερτροφία (Cooke, Rybalka, Stathis, Cribb, & Hayes, 2010; Fatouros & Jamurtas, 2016). Επομένως, στρατηγικές που μπορούν να προωθήσουν ένα θετικό ισοζύγιο μυϊκών πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια των ημερών που ακολουθούν τον μυϊκό τραυματισμό, είναι πιθανό να αυξήσουν την πρωτεϊνική σύνθεση, αλλά και τον πολλαπλασιασμό των δορυφόρων κυττάρων. Οι διατροφικές πρωτεΐνες έχουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του μεταβολισμού των πρωτεϊνών του σκελετικού μυός.

Η συμπληρωματική χορήγηση απομονωμένης πρωτεΐνης ορού γάλακτος (WPI) έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την αύξηση του μεγέθους και της δύναμης των μυών μετά την προπόνηση με αντιστάσεις, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο ανάρρωσης από τις συνεδρίες άσκησης. Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος χορηγείται συνήθως μετά την άσκηση και έχει χρησιμοποιηθεί ως συμπλήρωμα για την πρόληψη της εκφύλισης των μυών και για την αύξηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης (Cooke et al., 2010; Kim, Lee, & Lee, 2017; Pasiakos, Lieberman, & McLellan, 2014; Sousa, Teixeira, & Soares, 2014). Η πρωτεΐνη σόγιας όπως και η πρωτεΐνη ορού γάλακτος είναι διατροφικά πλήρης ως προς το προφίλ των αμινοξέων, αποτελούν δηλαδή σημαντική πηγή απαραίτητων αμινοξέων, συμπεριλαμβανομένων των αμινοξέων διακλαδισμένης αλυσίδας (branched chain amino acids - BCAA). Η απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας περιέχει επίσης ισοφλαβόνες και σαπωνίνες, που διαθέτουν αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, ανοσορυθμιστικές, αντι-καρκινογόνες και καρδιοπροστατευτικές επιδράσεις (Phillips, Tang, & Moore, 2009; Shenoy, Dhawan, & Singh Sandhu, 2016).

## Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνήσει και να συγκρίνει τις επιδράσεις των δύο αυτών διαφορετικών συμπληρωμάτων πρωτεΐνης (ορού γάλακτος και σόγιας), σε δείκτες ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και απόδοσης μετά από προπονητικό πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα σε ποδοσφαιριστές.

## Ερευνητικές υποθέσεις

Οι ερευνητικές υποθέσεις της παρούσας μελέτης, στηρίζονται στις πιθανές διαφορές μεταξύ της συνθήκης που οι συμμετέχοντες λάμβαναν εικονικό συμπλήρωμα (Placebo), της συνθήκης που οι συμμετέχοντες λάμβαναν συμπλήρωμα Πρωτεΐνης ορού Γάλακτος και της συνθήκης που οι συμμετέχοντες λάμβαναν συμπλήρωμα Πρωτεΐνης Σόγιας. Οι ίδιοι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος και στις τρεις συνθήκες. Έτσι οι ερευνητικές υποθέσεις είναι οι ακόλουθες:

- Θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στη μέση καρδιακή συχνότητα.
- Θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στη μέση ταχύτητα εκτέλεσης των προπονητικών συνεδριών.
- Θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στην αλτική ικανότητα.
- Θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στην ικανότητα επαναλαμβανόμενων σπριντ.
- Θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στη μέγιστη δύναμη καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος.
- Θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στην αντίληψη του μυϊκού πόνου (DOMS).



- Θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στην δραστικότητα της κρεατινικής κινάσης.

## Μηδενικές υποθέσεις

- Δεν υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στη μέση καρδιακή συχνότητα.
- Δεν υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στη μέση ταχύτητα εκτέλεσης των προπονητικών συνεδριών.
- Δεν υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στην αλκική ικανότητα.
- Δεν υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στην ικανότητα επαναλαμβανόμενων σπριντ.
- Δεν υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στη μέγιστη δύναμη καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος.
- Δεν υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στην αντίληψη του μυϊκού πόνου (DOMS).
- Δεν υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών στην δραστικότητα της κρεατινικής κινάσης.

## Περιορισμοί της έρευνας

Οι συμμετέχοντες ήταν εθελοντές.

Ο ερευνητής έπρεπε να βασιστεί στην προθυμία, την ειλικρίνεια και στις καλοπροαίρετες προθέσεις των συμμετεχόντων ότι δεν θα συμμετάσχουν σε κάποια άλλης μορφής άσκηση εκτός αυτής του ερευνητικού πρωτοκόλλου.

## Οριοθετήσεις της έρευνας

Παρακάτω αναφέρονται οι οριοθετήσεις της έρευνας όσον αφορά την επιλογή του δείγματος και τον σχεδιασμό του πειράματος:

- Η έρευνα πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά τη λήξη της αγωνιστικής περιόδου
- Οριοθέτηση ως προς τους δείκτες ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού που μετρήθηκαν: μετρήθηκε η κρεατινική κινάση και ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος.
- Οριοθέτηση ως προς τους δείκτες απόδοσης που μετρήθηκαν: μετρήθηκε η ταχύτητα των 10μ. και 30μ., μετρήθηκε το κάθετο άλμα (CMJ) και μετρήθηκε σε ισοκινητικό δυναμόμετρο η μειομετρική και έκκεντρη ροπή των εκτεινόντων και των καμπτήρων του γόνατος στη γωνιακή ταχύτητα των 60°/δευτ.
- Οριοθέτηση ως προς τους δείκτες που εντοπίστηκαν από το σύστημα καταγραφής θέσης (GPS): μετρήθηκαν οι επιταχύνσεις, οι επιβραδύνσεις, η συνολική απόσταση, απόσταση υψηλής έντασης, η μέση καρδιακή συχνότητα, η μέγιστη καρδιακή συχνότητα.

## Λειτουργικοί Ορισμοί

Για την πλήρη κατανόηση της εργασίας και των πειραματικών της μεθόδων, παρατίθενται παρακάτω οι ορισμοί των επιστημονικών μεγεθών που σχετίζονται με αυτήν.

Έκκεντρη μυϊκή συστολή: Είδος μυϊκής συστολής στην οποία το μήκος του μυός επιμηκύνεται ενεργώντας ενάντια στην αντίσταση.

Ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex): Όργανο στο οποίο το ασκούμενο μέλος κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός: Απώλεια της λειτουργικής ικανότητας του μυός λόγω της καταστροφής των συστατικών του.

Κρεατινική κινάση: Ένζυμο, η δραστηριότητα του οποίου χρησιμοποιείται ως δείκτης τραυματισμού του μυϊκού ιστού.

Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος (DOMS): Μυϊκός πόνος που εμφανίζεται ώρες ή μέρες μετά από έντονη και ασυνήθιστη μυϊκή δράση (εμφάνιση μετά από έκκεντρη συστολή)

Repeated Bout Effect (RBE): Είναι το φαινόμενο επαναλαμβανόμενων συνεδριών όπου το άτομο στην επόμενη έκκεντρη προπόνηση η επαναφορά δεικτών ασκησιογενής μυϊκού τραυματισμού θα είναι γρηγορότερη.

Global Positioning System (GPS): Ασύρματη μονάδα που λειτουργεί ως πομπός, επικοινωνεί με δορυφόρο και καταγράφει τις κινήσεις, τις επιταχύνσεις, τις επιβραδύνσεις και την ταχύτητα.

Yo-Yo Test: Δοκιμασία αξιολόγησης της αερόβιας ικανότητας, ειδικά σχεδιασμένη για διαλειμματικού τύπου αθλήματα.

Αερόβια Ικανότητα: Είναι η ικανότητα του οργανισμού να παράγει ενέργεια με την παρουσία οξυγόνου και είναι σημαντική για προσπάθειες χαμηλής έως μέτριας έντασης και μέσου έως μακρού χρόνου.

Αναερόβια Ικανότητα: Είναι η ικανότητα του οργανισμού να παράγει ενέργεια χωρίς την παρουσία οξυγόνου και είναι σημαντική για προσπάθειες υψηλής έντασης και μικρού χρόνου.

Φωσφοκρεατίνη (Pcr): Χημική ένωση υψηλής ενέργειας που όταν διασπάται δίνει μεγάλη ποσότητα ενέργειας.

Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (Vo<sub>2</sub>max): Είναι ο μέγιστος όγκος οξυγόνου που μπορεί να προσληφθεί και αξιοποιηθεί από τους διάφορους ιστούς του σώματος σε μέγιστη προσπάθεια.

Διαλειμματική Προπόνηση: Περιγράφεται ως η προπόνηση που περιλαμβάνει διαστήματα μέτριας ή έντονης προσπάθειας που εναλλάσσονται με διαλλείματα ενεργητικής ή παθητικής αποκατάστασης.

Ταχύτητα: Η ικανότητα όσο το δυνατόν γρηγορότερης αντίδρασης σε ένα ερέθισμα ή σήμα και η διεξαγωγή κινήσεων με την υψηλότερη δυνατή ταχύτητα ενάντια σε μικρές εξωτερικές αντιστάσεις.

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ

Το ποδόσφαιρο είναι ένα άθλημα που χαρακτηρίζεται από ενέργειες διαλειμματικού τύπου. Κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ποδοσφαίρου κάθε παίκτης εκτελεί περίπου 1200 απρόβλεπτες αλλαγές στη δραστηριότητα (κάθε 3 έως 5 δευτερόλεπτα) που περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων 30 έως 40 σπριντ, περισσότερες από 700 αλλαγές κατεύθυνσης και 30 έως 40 τάκλιν και άλματα. Κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού οι παίκτες συνήθως καλύπτουν περίπου 10 χιλιόμετρα, με τρέξιμο υψηλής έντασης και σπριντ που αντιπροσωπεύουν 2-3 χιλιόμετρα και ~ 0,5 χιλιόμετρα αντίστοιχα. Γενικά, ένας αγώνας ποδοσφαίρου είναι πολύ απαιτητικός με μέσο όρο καρδιακού παλμού που φτάνει τις τιμές του 80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (Fatouros et al., 2010; Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009; Poullos et al., 2018; Ranchordas, Dawson, & Russell, 2017). Επιπλέον, το παιχνίδι απαιτεί πολλές επιπλέον έντονες ενέργειες, όπως επιβραδύνσεις, επιταχύνσεις, σουτ και ντρίμπλα. Όλες αυτές οι προσπάθειες επιδεινώνουν τη σωματική καταπόνηση που επιβάλλεται στους παίκτες και συμβάλλουν στο να καταστεί το ποδόσφαιρο ιδιαίτερα φυσιολογικά απαιτητικό (Iaia et al., 2009). Οι φυσιολογικές απαιτήσεις κατά τη διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα αντιστοιχούν στο ~ 70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και υποδηλώνουν ότι η παραγωγή ενέργειας μέσω του αερόβιου συστήματος είναι υψίστης σημασίας και αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 90% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός αγώνα. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί η ικανότητα της διατήρησης της υψηλής έντασης για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Αυτή η απαίτηση μπορεί να επιτευχθεί με την εκτέλεση αερόβιας (υψηλής έντασης) προπόνησης σε τακτική βάση. Κατά τη διάρκεια ενός αγώνα, ένας κορυφαίος παίκτης πραγματοποιεί από 150 έως 250 έντονες ενέργειες, μειώνοντας έτσι σημαντικά τα επίπεδα συγκέντρωσης της μυϊκής φωσφοκρεατίνης, αυξάνοντας τα επίπεδα του γαλακτικού σε συγκεντρώσεις που φτάνουν

από 10 έως 14 mmol/L και μειώνοντας το pH των μυών. Έτσι, το αναερόβιο ενεργειακό σύστημα διεγείρεται επίσης σε πολλές περιόδους του παιχνιδιού. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό οι παίκτες να αναπτύξουν την ικανότητά τους να εκτελούν επαναλαμβανόμενες μέγιστες ή σχεδόν μέγιστες προσπάθειες, οι οποίες μπορούν να επιτευχθούν με προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα υψηλής έντασης (Iaia et al., 2009; Krusturp et al., 2006).

## **ΑΝΤΟΧΗ ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ**

Ως προπόνηση αντοχής στη ταχύτητα (speed endurance training), ορίζεται η επαναλαμβανόμενη έντονη άσκηση, σε ένταση μεγαλύτερη από αυτή στην οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη αερόβια ικανότητα, με διάρκεια από 10 έως 40 δευτερόλεπτα και έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα σημαντικό μέσο για τη βελτίωση της απόδοσης σε προπονημένους ποδοσφαιριστές (Gunnarsson et al., 2012; Iaia & Bangsbo, 2010). Η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα (SE) προτάθηκε ως πρόσθετο λειτουργικό εργαλείο για τη βελτίωση των επιδόσεων σε ανταγωνιστικό ποδόσφαιρο. Υπάρχουν δύο υπο-κατηγορίες αναερόβιας προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα, δηλαδή Speed Endurance Production (SEP) και Speed Endurance Maintenance (SEM). Η προπόνηση SEP διεξάγεται σε πολύ υψηλές εντάσεις κατά διαστήματα άσκησης περίπου 30 δευτερολέπτων που διανέμονται από 2-3 λεπτά ανάπαυσης για να εξασφαλιστεί επαρκής ανάκαμψη πριν από την ανάληψη της επόμενης περιόδου άσκησης, ενώ η προπόνηση SEM έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με αερόβια προπόνηση υψηλής έντασης με μικρό διάλειμμα αποκατάστασης μεταξύ των επαναλήψεων, αλλά με υψηλή ένταση (Bangsbo, 2015; Bangsbo, Mohr, & Krusturp, 2006; Castagna, Francini, Povoas, & D'Ottavio, 2017). Η προπόνηση SEP είναι συνήθως οργανωμένη σε πολλαπλές σειρές συγκεκριμένων σχεδόν μέγιστων προσπαθειών με τη συμπερίληψη σχετικών τεχνικών προκλήσεων (Ingebrigtsen, Shalfawi, Tonnessen, Krusturp, & Holtermann, 2013). Αυτός ο τύπος προπόνησης έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί μεγάλη

βελτίωση στην απόδοση σε προπονημένους ποδοσφαιριστές (Mohr & Krusturp, 2016). Αντίθετα, η προπόνηση SEM συνήθως περιλαμβάνει small-sided games με λίγους συμμετέχοντες (2v2 4v4) σε διαστήματα 30-60s με παρόμοιους χρόνους ανάκαμψης για να προκληθεί σταδιακή εμφάνιση κόπωσης, η οποία προτείνεται ως αποτελεσματική προσέγγιση για αντοχή στην κόπωση κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης (Bangsbo et al., 2006; Mohr & Krusturp, 2016). Συνεπώς, η ένταση κατά την προπόνηση SEM είναι γενικά χαμηλότερη από ότι στην προπόνηση SEP και οι διαφορές στην ένταση της άσκησης και η σχέση έργου προς ανάπαυση μεταξύ των δύο κατηγοριών προπόνησης είναι πιθανό να αποδίδουν διαφορετικές προσαρμογές (Mohr & Krusturp, 2016). Η πλειονότητα των ενεργειών ενός αγώνα ποδοσφαίρου όπως και της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα, περιλαμβάνουν βαλλιστικές κινήσεις που εμπεριέχουν έντονα το στοιχείο της έκκεντρης συστολής όπως σπριντ, αλλαγές κατεύθυνσης, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, άλματα και σουτ. Η υψηλή ένταση και η συχνή επανάληψη των ενεργειών αυτών μπορούν να προκαλέσουν μικροτραυματισμό των μυϊκών ινών με αποτέλεσμα τη μείωση στην απόδοση (Draganidis et al., 2015; Fatouros & Jamurtas, 2016; Mohr et al., 2016; Silva et al., 2014).

## **ΑΣΚΗΣΙΟΓΕΝΗΣ ΜΥΪΚΟΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΣ**

Ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός (EIMD) προκαλείται κυρίως από τις διαταραχές της μηχανικής καταπόνησης και της ομοιόστασης του ασβεστίου στο ενδοπλασματικό δίκτυο, ενώ συνήθως συνοδεύεται από μια αίσθηση δυσφορίας στο μυ. Η επαγόμενη από άσκηση βλάβη των μυών συνδέεται με μια φλεγμονώδη απόκριση οξείας φάσης που χαρακτηρίζεται από διήθηση φαγοκυττάρων στον μυ, παραγωγή ελεύθερων ριζών και αύξηση των κυτοκινών και άλλων φλεγμονωδών μορίων (Aoi et al., 2004; Fatouros et al., 2010; Harty, Cottet, Malloy, & Kerksick, 2019; Howatson & van Someren, 2008). Η βλάβη των σκελετικών μυών συνδέεται με αυξημένη πρωτεόλυση και διάσπαση πρωτεϊνών,

διαταραχή ιστού στη μεμβράνη και σε υποκυτταρικό επίπεδο (σαρκομερή και μη σαρκομερή διαμερίσματα) την απελευθέρωση προφλεγμονωδών κυτοκινών interleukins IL-1 και IL-6) από τους μύες και άλλους ιστούς για την κινητοποίηση τοπικών και συστηματικών ανοσολογικών αποθεμάτων. Τα διηθητικά λευκά αιμοσφαίρια (WBC), δηλαδή τα ουδετερόφιλα πρώτα και τα μακροφάγα αργότερα, παράγουν και απελευθερώνουν ελεύθερες ρίζες (Reactive oxygen species (ROS)) μέσω του συμπλέγματος NADPH οξειδάσης (Poulios et al., 2018). Ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός σχετίζεται με τον μυϊκό πόνο ή την δυσφορία και με σημαντική μείωση της μυϊκής δύναμης και ισχύος, εμφάνιση οιδήματος και μειωμένο εύρος κίνησης, κατά τη διάρκεια των πρώτων 12-72 ωρών μετά την άσκηση, ανάλογα με το μέγεθος της καταστροφής των μυών που έχει προκαλέσει η άσκηση, και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, με το μέγεθος της διάσπασης των υποκυτταρικών δομών. Αν και αυτό το φαινόμενο περιγράφηκε ήδη από τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, οι μηχανισμοί στους οποίους βασίζεται η EIMD δεν είναι πλήρως κατανοητοί (Clarkson & Hubal, 2002; Fatouros & Jamurtas, 2016; Hylldahl & Hubal, 2014). Η βλάβη της μεμβράνης των μυϊκών ινών προκαλεί επίσης εισροή εξωκυτταρικών ουσιών. Η αυξημένη διαπερατότητα της μεμβράνης έχει συνδεθεί με την διέγερση των διαύλων νατρίου και ασβεστίου σε απάντηση των επαναλαμβανόμενων μυϊκών συστολών (Fatouros & Jamurtas, 2016). Τα άμεσα αποτελέσματα που προκαλούνται από μυϊκές βλάβες περιλαμβάνουν τις κυτταρικές διαταραχές, ιδιαίτερα της γραμμής Z της μυϊκής ίνας. Οι τρεις πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι έμμεσοι δείκτες ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης είναι ο υποκειμενικός δείκτης μυϊκής κόπωσης, η αξιολόγηση των πρωτεϊνών του αίματος και η μέγιστη δύναμη εκούσιας συστολής. Η παρατεταμένη απώλεια δύναμης μετά από έκκεντρη άσκηση θεωρείται ως ένα από τα πιο έγκυρα και αξιόπιστα έμμεσα μέτρα για την αξιολόγηση της μυϊκής βλάβης στους ανθρώπους (Clarkson & Hubal, 2002). Επιπλέον οδηγεί στην εμφάνιση μιας φλεγμονώδους απόκρισης που σχετίζεται με την ενεργοποίηση των λευκοκυττάρων, το οίδημα των μυών,



την επιδείνωση της μυϊκής λειτουργίας, τον καθυστερημένο μυϊκό πόνο (DOMS), την άνοδο της θερμοκρασίας των μυών και κάποιες ενδοκυτταρικές λειτουργίες που αποβλέπουν στην αποκατάσταση της ακεραιότητας και της λειτουργίας του επηρεασμένου μυός (Fatouros & Jamurtas, 2016; Jamurtas, 2018). Πολλές μελέτες έχουν αξιολογήσει την εμφάνιση μυϊκών πρωτεϊνών στο αίμα μετά από ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό, για να προσδιορίσουν έμμεσα το μέγεθος της μυϊκής βλάβης. Τα μυϊκά ένζυμα γαλακτική αφυδρογονάση (LDH), ασπαρτική αμινοτρανσφεράση, μυοσφαιρίνη και κρεατινική κινάση (CK) έχουν αξιολογηθεί, με τον τελευταίο δείκτη να αποτελεί τον πιο δημοφιλή. Όσο για τον δείκτη καθυστερημένου μυϊκού πόνου, εμφανίζεται πολλές ώρες μετά την άσκηση και κορυφώνεται 24-48 ώρες μετά από αυτήν. Ο βαθμός πόνου διαφέρει από τον έναν τύπο άσκησης στον άλλο, ανάλογα με την ποσότητα της ζημίας που προκαλείται (Clarkson & Hubal, 2002; Clarkson & Sayers, 1999; Fatouros & Jamurtas, 2016; Ranchordas, Rogerson, Soltani, & Costello, 2018).

## **ΑΣΚΗΣΙΟΓΕΝΗΣ ΜΥΙΚΗ ΦΛΕΓΜΟΝΗ**

Η φλεγμονή περιλαμβάνει τις εξής διαδοχικές φάσεις: i) την φλεγμονώδη απόκριση, που χαρακτηρίζεται από την διείσδυση ανοσοκυττάρων στη θέση του τραυματισμένου ιστού και απελευθέρωση προφλεγμονωδών παραγόντων, ii) την αντίχνευση της φλεγμονής, η οποία χαρακτηρίζεται από μετατόπιση από το προφλεγμονώδες περιβάλλον στη δημιουργία της αντιφλεγμονώδους φάσης, iii) επισκευή-αναγέννηση ιστών συμπεριλαμβανομένης της αγγειογένεσης, της αναδιαμόρφωσης της κυτταροπλασματικής μεμβράνης και της επιστροφής στην ομοιόσταση (Chazaud, 2016). Η EIMD οδηγεί σε κινητοποίηση λευκοκυττάρων στον τραυματισμένο μυϊκό ιστό. Ο πρώτος υποπληθυσμός των λευκοκυττάρων που διεισδύει στον τραυματισμένο μυ είναι τα ουδετερόφιλα εντός 4-6 ωρών και παραμένει αυξημένος κατά τη διάρκεια όλου του 24ωρου μετά τον τραυματισμό. Τα

μακροφάγα εντοπίζονται κυρίως στο περιμύιο και στο επιμύιο, στους συνδετικούς ιστούς που περιβάλλουν τις μυϊκές ίνες και ολόκληρου του μυός, αντίστοιχα. Η διείσδυση μακροφάγων στον τραυματισμένο μυ ακολουθεί τις επόμενες 1-14 ημέρες μετά τον τραυματισμό ανάλογα με το μέγεθος του (Le Moal et al., 2017). Μακροφάγα υπάρχουν σε μεγάλο αριθμό κατά τη διάρκεια όλων των αλληλουχιών της φλεγμονώδους απόκρισης. Λόγω της μεγάλης ευελιξίας τους και της επίδρασής τους στο περιβάλλον τους, διατηρούν τόσο τη σταθεροποίηση όσο και την επιβράδυνση της φλεγμονώδους απόκρισης. Η συνεισφορά των μακροφάγων στην επισκευή των ιστών δείχνει ότι η φλεγμονή δεν πρέπει να θεωρείται κακή ή επιβλαβής διαδικασία, αντιθέτως είναι μια βασική διαδικασία που αποτελεί το πρώτο στάδιο της μυϊκής αποκατάστασης και αναγέννησης (Chazaud, 2016). Η αποστολή των λευκοκυττάρων είναι η απομάκρυνση των κυτταρικών συντριμμίων όπως τα κατεστραμμένα πρωτεϊνικά μόρια με απελευθέρωση των ROS και RNS, συνθέτοντας προφλεγμονώδεις κυτοκίνες όπως IL-1 $\beta$ , IL-6, IL-8, TNF- $\alpha$  εντός των πρώτων 24 ωρών μετά την άσκηση. Όσο μεγαλύτερη είναι η βλάβη, τόσο μεγαλύτερη είναι η διείσδυση των ανοσοκυττάρων στο μυϊκό περιβάλλον. Αυτή η φλεγμονώδης φάση μπορεί να είναι υπό ρύθμιση που εξαρτάται από την οξειδοαναγωγή μέσω της διαμεσολάβησης κυτταρικών μονοπατιών ενδοκυτταρικής σηματοδότησης όπως οι NF- $\kappa$ B και MAPK που ελέγχουν τη σύνθεση των κυτοκινών και την ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού (Fatouros & Jamurtas, 2016). Η προ-φλεγμονώδης φάση τελειώνει με την φαγοκυττάρωση των μυϊκών συντριμμίων, στα οποία τα μακροφάγα μετατρέπουν τον φαινότυπο τους για να δημιουργήσουν αντιφλεγμονώδη μακροφάγα. Τα μακροφάγα αυτά δημιουργούν παράγοντες (IL-10, TGF $\beta$ , VEGF, IGF 1) για να καταστείλουν τη φλεγμονή και να διεγείρουν την επισκευή των ιστών, προκαλώντας μυογονική διαφοροποίηση (Le Moal et al., 2017).

## ΕΠΟΥΛΩΣΗ-ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ

Οι κατεστραμμένες μυϊκές ίνες ξεκινούν μια σειρά από αντιδράσεις που έχουν ως αποτέλεσμα μια παρατεταμένη και πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ της πρωτεϊνικής σύνθεσης και της αποικοδόμησης ως απάντηση στον ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό. Ακόμη και μετά από έναν εκτεταμένο τραυματισμό, ο σκελετικός μυς επιδεικνύει μια εξαιρετική ικανότητα για θεραπεία. Συνεπώς, μια φάση αναγέννησης ή επούλωσης ακολουθεί την φλεγμονώδη φάση. Η αναγέννηση των μυών σχετίζεται με την ενεργοποίηση ενός συνόλου μονοκύριων κυττάρων, γνωστών ως δορυφόρων κυττάρων, τα οποία στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται, διαφοροποιούνται και εισέρχονται στις κατεστραμμένες μυοϊνες για να συνθέσουν νέες ίνες ή να συνεισφέρουν στην επούλωση άλλων ιών με λιγότερο σοβαρή βλάβη. Πιο συγκεκριμένα τα δορυφόρα κύτταρα βρίσκονται μεταξύ της μεμβράνης και του σαρκελήμματος των μυϊκών ιών. Κατά την ενεργοποίησή τους ακολουθεί η διαφοροποίησή τους σε μυοβλάστες. Έπειτα ακολουθεί ο πολλαπλασιασμός και η μετανάστευσή των μυοβλαστών, ενώ μέρος αυτών, αποθηκεύονται για μελλοντική χρήση. Στη συνέχεια οι ενεργοποιημένοι μυοβλάστες, δημιουργούν μυοσωληνάρια προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία της ανάπτυξης σε διάστημα 24 ωρών, με την ολοκλήρωση της ένταξης των μυοσωληναρίων να πραγματοποιείται σε διάστημα πέντε έως έξι ημερών (Tidball, 2017). Αυτή η φάση χαρακτηρίζεται από μια έντονη αύξηση της μυϊκής πρωτεϊνοσύνθεσης (Fatouros & Jamurtas, 2016; Jamurtas, 2018). Η δραστηριότητα των μακροφάγων που αναφέρθηκε παραπάνω, παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ανασύνθεση του αποδιοργανωμένου ιστού, συντελώντας στην ενεργοποίηση διαφόρων παραγόντων όπως ο αυξητικός ισουλινομιμητικός παράγοντας (IGF-1) (Musaro, 2005), ο μεταμορφωτικός αυξητικός παράγοντας (TGF-β) (Chazaud et al., 2009), ο παράγοντας ανάπτυξης μυοβλαστών (FGF) και ο παράγοντας ανάπτυξης ηπατοκυττάρων (HGF), παράγοντες που με τη σειρά τους σηματοδοτούν την ενεργοποίηση τα δορυφόρων κυττάρων. Τα δορυφόρα

κύτταρα μπορούν να αναγνωριστούν από τη θέση τους και από την έκφραση αρκετών ειδικών πρωτεϊνών, μεταξύ των οποίων ο παράγοντας Pax7<sup>+</sup>, ο οποίος θεωρείται ως ένας έγκυρος δείκτης και είναι γνωστό ότι εκφράζεται κατά την ανενεργή φάση όσο και κατά τον πολλαπλασιασμό των δορυφόρων κυττάρων. Κατά την ενεργοποίησή τους σε κατάσταση τραυματισμού των μυών, τα δορυφόρα κύτταρα εισέρχονται στον κυτταρικό κύκλο και κατευθύνονται από την κατάσταση ηρεμίας του προς μια κατάσταση πολλαπλασιασμού και στην πλειοψηφία τους εισέρχονται σε μυογονική διαφοροποίηση. Τα διαφοροποιημένα μυογονικά κύτταρα συγχωνεύονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν νέες μυοϊνες και να αποκαταστήσουν τον ιστό. Ένα μικρό υποσύνολο των αναπτυσσόμενων δορυφόρων κυττάρων ανανεώνεται μόνο για να αναπληρώσει τα κύτταρα που βρίσκονται αδρανή για περαιτέρω ανάγκες. Κατά τη διάρκεια της αναγέννησης από ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό, τα δορυφόρα κύτταρα είναι απαραίτητα για την επιδιόρθωση και το σχηματισμό μυοϊνιδίων (Farup et al., 2014; Le Moal et al., 2017; Pallafacchina, Blaauw, & Schiaffino, 2013; Snijders et al., 2015). Ωστόσο, ενώ ο κύκλος των πρωτεϊνών αυξάνεται σημαντικά, η αποικοδόμηση συχνά υπερβαίνει τη σύνθεση και συνεπώς προκύπτει η διάσπαση της πρωτεΐνης οδηγώντας σε μυϊκό εκφυλισμό και ατροφία. Αυτές οι μεταβολές στην υπερδομή των μυϊκών πρωτεϊνών οδηγούν κανονικά σε φυσιολογικά συμπτώματα όπως η μείωση της μυϊκής δύναμης, η αυξημένη μυϊκή ευαισθησία και διαταραχή της μυϊκής λειτουργίας. Το ερέθισμα της πρωτεϊνικής σύνθεσης και η ελαχιστοποίηση της διάσπασης της πρωτεΐνης (πρωτεόλυση) είναι οι δύο κυτταρικές διεργασίες που είναι απαραίτητες για την αποκατάσταση των μυών μετά από βλάβη. Ενώ η διάσπαση της πρωτεΐνης μπορεί να είναι μια σημαντική διαδικασία που εμπλέκεται στην προσαρμοστική απόκριση κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης, η αύξηση του ρυθμού πρωτεϊνοσύνθεσης εντός του μυός κατά τη διάρκεια της περιόδου αποκατάστασης είναι ζωτικής σημασίας για την αναγέννηση των μυών και την υπερτροφία (Cooke, Rybalka, Stathis, Cribb, & Hayes, 2010; Fatouros &

Jamurtas, 2016). Επομένως, οι στρατηγικές που μπορούν να προωθήσουν ένα θετικό ισοζύγιο μυϊκών πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια των ημερών που ακολουθούν τον μυϊκό τραυματισμό, είναι πιθανό να αυξήσουν την πρωτεϊνική σύνθεση, αλλά και τον πολλαπλασιασμό των δορυφόρων κυττάρων. Οι διατροφικές πρωτεΐνες έχουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του μεταβολισμού των πρωτεϊνών του σκελετικού μυός.

## **ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗ ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ**

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι απαιτείται θετικό ισοζύγιο μυϊκών πρωτεϊνών για να διευκολυνθεί η αποκατάσταση και προσαρμογή των μυών μετά από EIMD. Τα βασικά αμινοξέα (EAA) φαίνεται να είναι κυρίως υπεύθυνα για τη διέγερση της σύνθεσης των μυϊκών πρωτεϊνών (Sousa et al., 2014). Για τη βέλτιστη διέγερση της σύνθεσης των μυϊκών πρωτεϊνών, πρόσφατα δεδομένα υποδεικνύουν πρόσληψη πρωτεΐνης 20-40 g (0.25-0.40 g / kg σωματικής μάζας / δόση) από πηγή υψηλής ποιότητας, κάθε 3-4 ώρες (Burke et al., 2019; Jager et al., 2017; Kerksick et al., 2017). Κατά συνέπεια, συνιστάται ότι οι αθλητές που συμμετέχουν σε έντονες προπόνησης μέτριου προπονητικού όγκου, πρέπει να καταναλώνουν 1,2-2,0 g / kg / ημέρα πρωτεΐνης (60-300 g / ημέρα για έναν αθλητή 50-150 kg), ενώ οι αθλητές που συμμετέχουν σε έντονη άσκηση μεγάλου όγκου, προτείνεται 1.7-2.2 g / kg / ημέρα πρωτεΐνης (85-330 g / ημέρα για έναν αθλητή 50-150 kg) (Kerksick et al., 2018). Η συμπληρωματική χορήγηση απομονωμένης πρωτεΐνης ορού γάλακτος (WPI) έχει χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για την αύξηση του μεγέθους και της δύναμης των μυών μετά την προπόνηση με αντιστάσεις, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο ανάρρωσης από τις συνεδρίες άσκησης (Baty et al., 2007; Bell et al., 2017; Hayward et al., 2016; Hoffman et al., 2010; Jang et al., 2017; Joy et al., 2013; Kraemer et al., 2015; Lockwood et al., 2017; Roberts et al., 2017; Wells et al., 2017). Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος χορηγείται συνήθως μετά την άσκηση και έχει χρησιμοποιηθεί ως συμπλήρωμα για την πρόληψη της εκφύλισης των μυών

και για την αύξηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης (Cooke et al., 2010; Pasiakos et al., 2014). Παράγεται από ένα πρωτεϊνικό εκχύλισμα παραπροϊόντων πήξης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής τυριού από το γάλα και περιλαμβάνει αρκετά απαραίτητα αμινοξέα που είναι εύκολα αφομοιώσιμα από τον οργανισμό. Αρκετές μελέτες έχουν αναφέρει ότι τα συμπληρώματα πρωτεΐνης ορού γάλακτος μετά την άσκηση είναι ευεργετικά για τη διευκόλυνση της ανάκτησης και της αύξησης της πρωτεϊνικής σύνθεσης και τη μείωση της μυϊκής βλάβης (Cooke et al., 2010; Kim et al., 2017; Lollo, Amaya-Farfan, & de Carvalho-Silva, 2011; Pasiakos et al., 2014; Sousa et al., 2014). Μείωση της μυϊκής βλάβης, εξασθένηση των μειώσεων της δύναμης και γρηγορότερη ανάκτηση από την άσκηση αντοχής έχει αποδειχθεί σε άτομα που χρησιμοποιούν συμπληρώματα πρωτεΐνης. Η πρόσληψη πρωτεϊνών έχει επίσης υποδειχθεί ότι έχει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση των αναβολικών ορμονών που εμπλέκονται στην αναδόμηση των μυών (Hoffman, Ratamess, Kang, Falvo, & Faigenbaum, 2007). Η συμπλήρωση υδατανθράκων και πρωτεϊνών (CHO-PRO) έχει αποδειχθεί ότι εξασθενεί τους δείκτες ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού, όπως η κινάση της κρεατίνης (CK) και η μυοσφαιρίνη, καθώς και μείωση της μυϊκής ευαισθησίας, σε σύγκριση μόνο με χορήγηση υδατανθράκων (Gilson et al., 2010). Η συμπλήρωση πρωτεΐνης έχει αποδειχθεί ότι επιταχύνει την κυκλοφορία των πρωτεϊνών του σκελετικού μυός παρεμβάλλοντας στη σύνθεση και την αποικοδόμησή του υπό συνθήκες αυξημένου φυσιολογικού στρες που ευνοούν την θετική πρωτεϊνική ισορροπία, μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου. Ωστόσο, έχει υποστηριχθεί επίσης ότι μπορεί να μην βελτιώνει τα συμπτώματα EIMD και να προάγει την ανάκτηση επιδόσεων παρά την οξεία ρύθμιση της πρωτεϊνικής σύνθεσης κατά την ανάκαμψη από την έντονη άσκηση (Poulios et al., 2018). Η πρωτεΐνη σόγιας όπως και η πρωτεΐνη ορού γάλακτος είναι διατροφικά πλήρης ως προς το προφίλ των αμινοξέων, αποτελούν δηλαδή σημαντική πηγή απαραίτητων αμινοξέων, συμπεριλαμβανομένων των αμινοξέων διακλαδισμένης αλυσίδας (branched chain amino

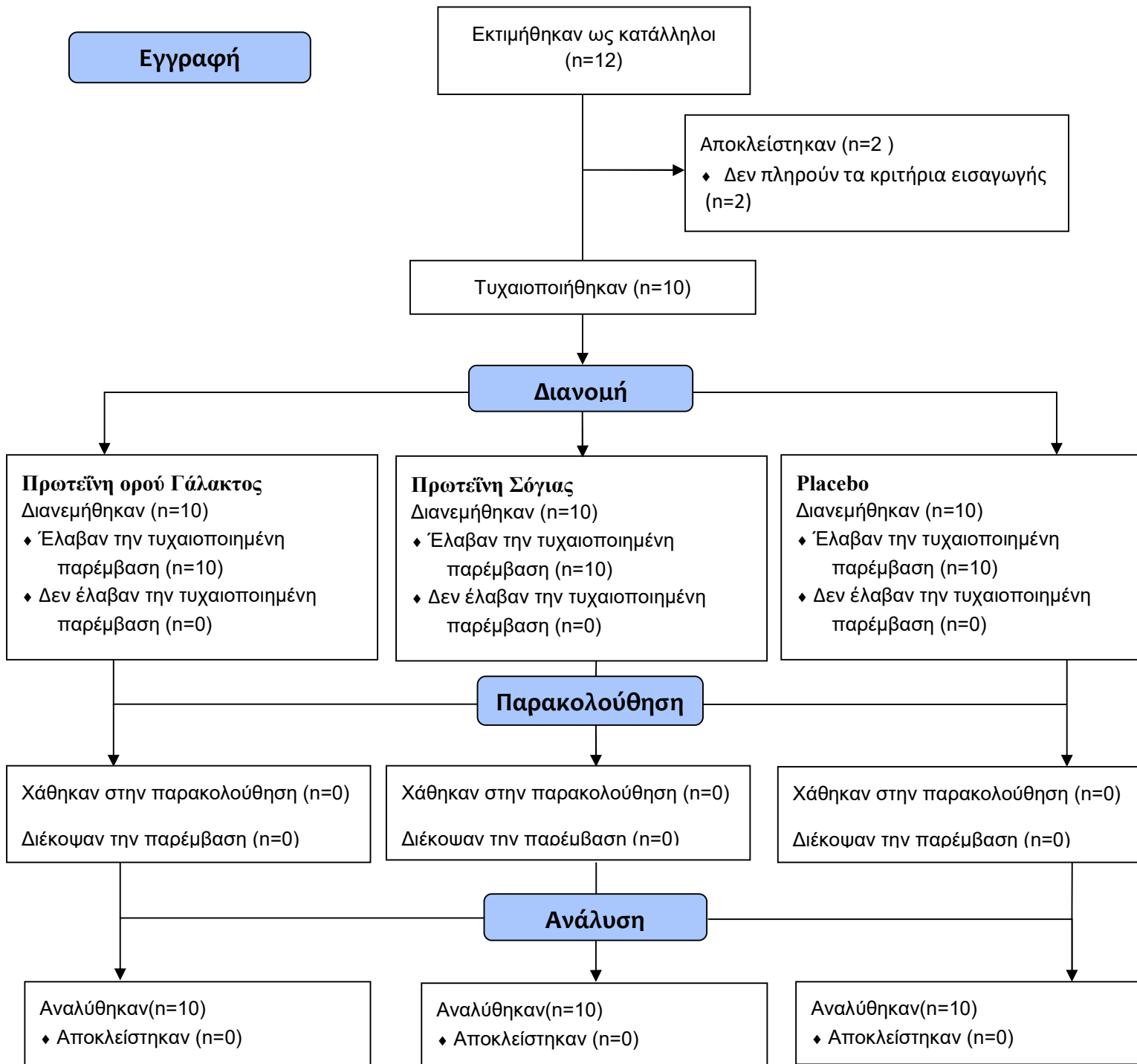
acids - BCAA). Η απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας περιέχει επίσης ισοφλαβόνες και σαπωνίνες, που διαθέτουν αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, ανοσορυθμιστικές, αντικαρκινογόνες και καρδιο-προστατευτικές επιδράσεις (Davies, Carson, & Jakeman, 2018; Denysschen, Burton, Horvath, Leddy, & Browne, 2009; Phillips et al., 2009; Ramdath, Padhi, Sarfaraz, Renwick, & Duncan, 2017; Shenoy et al., 2016; van Nielen, Feskens, Rietman, Siebelink, & Mensink, 2014). Πιστεύεται ότι οι ισοφλαβόνες, λόγω της αντιοξειδωτικής τους φύσης, έχουν την ικανότητα να συμβάλουν στην εξουδετέρωση των ελευθέρων ριζών και τη μείωση των φλεγμονωδών αντιδράσεων (Javanbakht et al., 2014). Η κατανάλωση επίσης τροφίμων σόγιας έχει αποδειχθεί ότι έχει ευεργετικές επιδράσεις σε διάφορες πτυχές της ανθρώπινης υγείας, συμπεριλαμβανομένου του μειωμένου κινδύνου ασθενειών που σχετίζονται με φλεγμονές, όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις, ο διαβήτης και ορισμένοι τύποι καρκίνου όπως προαναφέρθηκε. Η σόγια και η ισοφλαβόνη σόγιας έχει αποδειχθεί ότι αναστέλλουν την έκφραση του μορίου προσκόλλησης κυττάρων σε καλλιεργημένα ενδοθηλιακά κύτταρα, μειώνουν την παραγωγή προφλεγμονωδών κυτοκινών και μειώνουν το οξειδωτικό στρες. Αρκετές πρόσφατες κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι μια διατροφή πλούσια σε σόγια μειώνει σημαντικά τα επίπεδα της IL-6, CRP και IL-18 (Yang et al., 2018). Λόγω της διαμάχης γύρω από την πρωτεΐνη σόγιας, οι μελέτες που έχουν γίνει στο πλαίσιο άσκησης και αποκατάστασης στον αθλητισμό είναι περιορισμένες. Ως αποτέλεσμα, δεν προκύπτουν σαφή συμπεράσματα από τη δημοσιευμένη ως τώρα βιβλιογραφία σχετικά με την αποτελεσματικότητα της απομονωμένων πρωτεΐνης σόγιας στην εξασθένηση της μυϊκής βλάβης και την ενίσχυση της αποκατάστασης (Shenoy et al., 2016).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### Συμμετέχοντες

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση ισχύος για τον προσδιορισμό του μεγέθους του δείγματος που πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό G \* Power (G \* Power 3.10). Υπολογίστηκε ότι χρειάζονται 10 συμμετέχοντες για να παρατηρηθούν σημαντικές διαφορές μεταξύ διαδοχικών μετρήσεων σε μελέτες που είχαν συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης (effect size > 0.55, error = 0.05,  $\alpha = 0.90$ ) (Andersson, Ekblom, & Krustup, 2008; Chatzinikolaou et al., 2014; Khan et al., 2016; Naclerio, Larumbe-Zabala, Cooper, Jimenez, & Goss-Sampson, 2014; Owen et al., 2015; Shenoy, Bedi, & Sandhu, 2013). Συνεπώς, 12 ενεργοί ποδοσφαιριστές αρχικά συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα μελέτη, με 10 από αυτούς να συμμετέχουν έως το τέλος αυτής. Κριτήρια για την συμμετοχή τους αποτελούσαν τα εξής: 1) δεν νοσούσαν από κάποια ασθένεια και δεν είχαν κάποιον πρόσφατο μυοσκελετικό τραυματισμό, 2) ήταν μη καπνιστές, 3) δεν έκαναν χρήση εργογόνων συμπληρωμάτων απόδοσης και φαρμάκων και 4) έκαναν συστηματική προπόνηση τα τελευταία τρία χρόνια. Ενημερώθηκαν πλήρως για τη πειραματική διαδικασία και για τους κινδύνους. Οι συμμετέχοντες ήταν ελεύθεροι να διακόψουν την συμμετοχή τους οποιαδήποτε στιγμή ήθελαν. Όλες οι διαδικασίες εφαρμόστηκαν σύμφωνα με τη Διακήρυξη του Ελσίνκι του 1975, όπως αναθεωρήθηκε το 2000, και εγκρίθηκε από την Επιτροπή Ηθικής της Σχολής Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (1412/1-5/3-10/2018). Η μελέτη είναι εγγεγραμμένη στο ClinicalTrials.gov (κωδικός: NCT03753321).





Σχήμα 1.

## Πειραματικός σχεδιασμός

	Περιγρ αφικά	Προ- φόρτωση	Μετά- φόρτωση	ΠΣ1 Πριν	ΠΣ1 Μετά	24 Ώρες	ΠΣ2 Πριν	ΠΣ2 Μετά
VO2max	<input checked="" type="checkbox"/>							
YO-YO	<input checked="" type="checkbox"/>							
DXA	<input checked="" type="checkbox"/>							
BMP		<input checked="" type="checkbox"/>						
Αιμοληψία		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Γαλακτικό				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
DOMS		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CON/ECC		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
CMJ		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
10μ., 30μ.		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		

Εικόνα 1.

Οι συμμετέχοντες επισκέφθηκαν τις εγκαταστάσεις του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ), του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, όπου υποβλήθηκαν στις παρακάτω μετρήσεις. Στην παραπάνω εικόνα 1 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής των μετρήσεων που διεξήχθησαν, ενώ στο σχήμα 1 παραπάνω παρουσιάζεται το διάγραμμα συμμετοχής των εθελοντών.

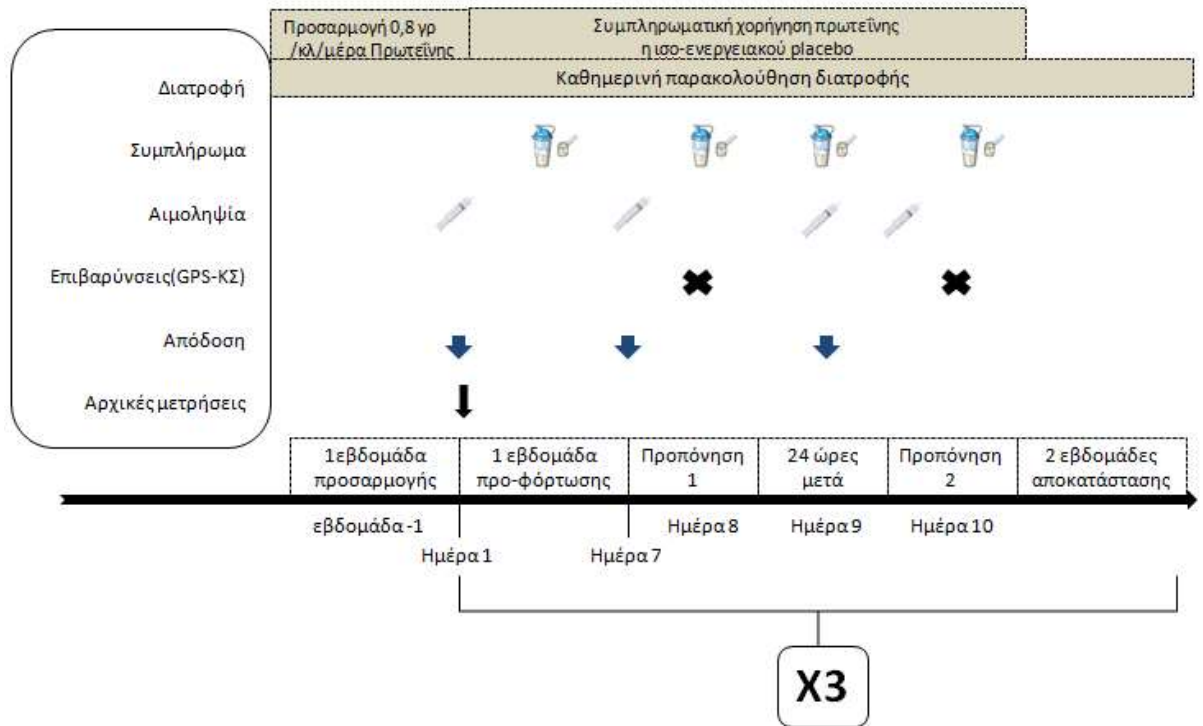
Οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος με τυχαιοποιημένη σειρά σε έναν διπλό τυφλό σχεδιασμό στις τρεις διαφορετικές συνθήκες του πειραματικού σχεδιασμού, οι οποίες περιελάμβαναν από δύο προπονήσεις αντοχής στην ταχύτητα (ΠΣ1) και (ΠΣ2) (6 προπονήσεις στο σύνολο): α) με πρωτεΐνη ορού γάλακτος (ΟΓ), β) με πρωτεΐνη σόγιας (ΣΟ) και γ) με ισο-ενεργειακό εικονικό συμπλήρωμα placebo (μαλτοδεξτρίνη), (PL).

Κατά την πρώτη ημέρα μετρήσεων, υποβλήθηκαν σε σωματομετρικές μετρήσεις: μέτρηση σωματικού ύψους, σωματικής μάζας και αξιολόγηση μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας (RMR) με τη χρήση αναλυτή αερίων. Ακολούθησε μια εβδομάδα προσαρμογής κατά την

οποία οι συμμετέχοντες προσάρμοσαν την πρωτεϊνική πρόσληψη μέσω της διατροφής στα 0.8γρ πρωτεΐνης ανά κιλό σωματικής μάζας. Δόθηκαν εξατομικευμένες οδηγίες σχετικά με τον τρόπο σίτισης από ειδικό διαιτολόγο-διατροφολόγο, τις οποίες οι συμμετέχοντες ακολούθησαν καθ όλη τη διάρκεια της μελέτης, βασισμένες στη μέτρηση του RMR, στη διατροφική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από εβδομαδιαίο διατροφικό ημερολόγιο το οποίο κατέγραψαν σύμφωνα με τις οδηγίες που έλαβαν και από την συνολική ημερήσια σωματική τους δραστηριότητα, η οποία υπολογίστηκε με τη μέθοδο της επιταχυνσιομετρίας. Κατά την περίοδο αυτής της προσαρμογής πραγματοποιήθηκε εξοικείωση με το προπονητικό πρωτόκολλο. Μετά την περίοδο της διατροφικής προσαρμογής, ακολούθησαν μετρήσεις σωματικής σύστασης και απόδοσης, οι οποίες περιελάμβαναν: ποσοστό σωματικού λίπους, μυϊκής μάζας και λιπώδης μάζας (DXA, Lunar DPXNT), αλτική ικανότητα (CMJ), μέγιστη δύναμη σε ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex 770, USA), μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου με τη χρήση αναλυτή αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Carefusion, USA), ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ (RSA) (Newtest, Finland), αερόβια ικανότητα (Yo-Yo intermittent endurance test level 2) και της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων μέγιστων προσπάθειών με τη χρήση του Yo-Yo intermittent recovery test level 2 και τέλος δοκιμασίες πεδίου που αφορούν το επίπεδο τεχνικής κατάρτισης. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε τρεις επισκέψεις στις εγκαταστάσεις του τμήματος. Η εβδομάδα που ακολούθησε αποτέλεσε την εβδομάδα προσαρμογής-φόρτωσης με το συμπλήρωμα της 1ης συνθήκης σε ποσότητα τόση όση χρειαζόταν για να φθάσει η ημερήσια πρωτεϊνική λήψη στα 1,5 γρ/κιλό σωματικού βάρους ημερησίως ή ισο-ενεργειακού εικονικού συμπληρώματος σε καθημερινή βάση, με μέτρηση της δύναμης των κάτω άκρων με ισοκινητικό δυναμόμετρο, CMJ και RSA την 7η και τελευταία ημέρα της προ-φόρτωσης. Πριν την φάση της προ-φόρτωσης αλλά και στο τέλος αυτής, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS), καθώς και συλλογή δειγμάτων αίματος (20 mL) για την εκτίμηση

της συγκέντρωσης του γαλακτικού οξέος (LA) και της δραστηριότητας της κρεατινικής κινάσης (CK) στο αίμα. Αμέσως μετά το τέλος κάθε πειραματικού προπονητικού πρωτοκόλλου, χορηγήθηκε το συμπλήρωμα στους συμμετέχοντες στην ποσότητα που προαναφέρθηκε, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση LA, αλτικής ικανότητας και DOMS 3 ώρες μετά την προπονητική συνεδρία. Εκτίμηση DOMS, αλτικής ικανότητας, μέγιστης μειομετρικής και έκκεντρης ροπής και RSA επαναλήφθηκαν 24 ώρες μετά το τέλος του πρώτου πειραματικού πρωτοκόλλου της κάθε συνθήκης. Την επόμενη ημέρα (48 ώρες μετά) έγινε επανάληψη του προπονητικού πρωτοκόλλου με τις μετρήσεις που προαναφέρθηκαν να διαδέχονται την προπόνηση για το επόμενο 3ωρο. Η χορήγηση του συμπληρώματος συνεχίστηκε για 48 ώρες μετά το πρώτο προπονητικό πρωτόκολλο της κάθε συνθήκης, έως δηλαδή και μετά την τελευταία προπόνηση. Οι δύο εβδομάδες που ακολούθησαν την πρώτη και δεύτερη συνθήκη αποτέλεσαν εβδομάδες αποκατάστασης (wash-out period). Μετά τη πραγματοποίηση της πρώτης συνθήκης οι δοκιμαζόμενοι έλαβαν μέρος στην επόμενη συνθήκη πραγματοποιώντας την ίδια διαδικασία, με μία εβδομάδα προ-φόρτωσης πριν και δύο εβδομάδες αποκατάστασης μετά το πρωτόκολλο. Πριν από κάθε συνθήκη, πριν την προ-φόρτωση και την τελευταία ημέρα αυτής, έγινε επανάληψη της αιμοληψίας, εκτίμηση DOMS, μέτρησης της σωματικής μάζας, RMR, CMJ, μέγιστη δύναμη σε ισοκινητικό δυναμόμετρο και RSA. Μετά τα προπονητικά πρωτόκολλα και τις ακόλουθες ημέρες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις που προαναφέρθηκαν. Ομοίως συνέβη και με την τρίτη συνθήκη.

Κατά τη διάρκεια της άσκησης γινόταν καταγραφή της φυσικής δραστηριότητας και της καρδιακής συχνότητας των δοκιμαζόμενων με τη χρήση τεχνολογίας GPS (GPSports, Canberra, Australia) και καταγραφής της καρδιακής συχνότητας (Team Polar, Polar Electro Oy, Kempele, Finland), αντίστοιχα. Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής της μελέτης.



Εικόνα 2.

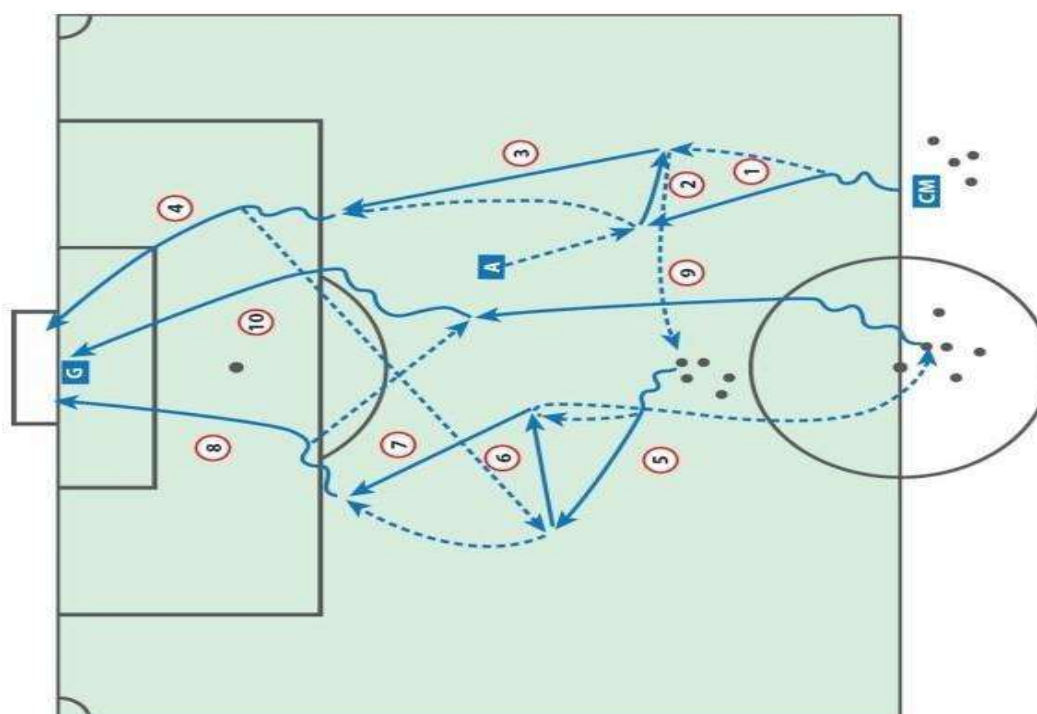
## Πρωτόκολλο άσκησης

Αποτελούνταν από 1 σετ των 8 επαναλήψεων μέγιστης έντασης, διάρκειας 25-30 δευτερολέπτων με αναλογία έργου/αποκατάστασης 1:5 (25-30 δευτερόλεπτα έργου και 2,5 λεπτά ανάρρωσης). Περιελάμβανε σπριντ σε ευθεία γραμμή, αλλαγές κατεύθυνσης, επαφές με τη μπάλα, σουτ και πάσα. Πριν από τις προπονητικές μονάδες πραγματοποιήθηκε προθέρμανση με τρέξιμο, επαφές με τη μπάλα και διατάσεις συνολικής διάρκειας 20 λεπτών. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα περιεχόμενα της κάθε προπονητικής μονάδας. Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται σχηματικά το προπονητικό πρωτόκολλο.

### Περιεχόμενα Προπονητικής Μονάδας

<b>Γενική Προθέρμανση</b>	Jogging, Στατικές και Δυναμικές διατάσεις	10'
<b>Ειδική Προθέρμανση</b>	Ασκήσεις Κινητικότητας, Ασκήσεις Συντονισμού, Μικρές Πάσες, Επιταχύνσεις με αλλαγή κατεύθυνσης	10'
<b>Πρωτόκολλο Αντοχής στην Ταχύτητα</b>	8 επαναλήψεις, 1 σετ, 25-30 δευτερόλεπτα έργο, Αναλογίας έργου: αποκατάστασης 1:5	24'
<b>Αποθεραπεία</b>	Jogging, Στατικές διατάσεις	6'
<b>Συνολική Διάρκεια</b>		50'

Πίνακας 1.



Εικόνα 3.

### Πρωτόκολλο χορήγησης συμπληρωμάτων και placebo

Οι συμμετέχοντες κατανάλωσαν με τυχαία σειρά είτε απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος (Instantized Whey Protein Isolate, Davisco Foods International INC), είτε απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας (Soy Protein Isolate, My Protein, UK), είτε ισοενεργειακό εικονικό συμπλήρωμα (placebo) (maltodextrin, My Protein, UK). Τα ροφήματα

καταναλώθηκαν καθημερινά κατά την φάση φόρτωσης τις πρωινές ώρες 7-10 πμ. αναμειγμένα σε ~400 ml νερό και 7 σταγόνες FLAVDROPS (chocolate flavor) (MY PROTEIN, UK), έτσι ώστε να μην μπορούν να διακρίνουν το περιεχόμενο του ροφήματος. Η χορήγηση συμπληρώματος δόθηκε σε ποσότητα τέτοια ώστε η συνολική ημερήσια λήψη πρωτεΐνης να φθάσει στα 1,5 γρ./κιλό σωματικής μάζας/ημέρα (Jager et al., 2017), ενώ συνεχίστηκε μέχρι την ολοκλήρωση της δεύτερης προπονητικής παρέμβασης για κάθε συνθήκη. Τις ημέρες που διεξήχθη το προπονητικό πρωτόκολλο το συμπλήρωμα δόθηκε στο τέλος αυτού. Για να αποφευχθεί το φαινόμενο του (placebo effect) οι συμμετέχοντες δεν γνώριζαν ποιο συμπλήρωμα καταναλώνουν σε κάθε συνθήκη. Στον πίνακα 2 συνοψίζονται τα διατροφικά στοιχεία των συμπληρωμάτων ανά 100 γρ. προϊόντος.

<b>Διατροφικά Στοιχεία Συμπληρωμάτων*</b>				
	<b>Instantized Whey Protein Isolate</b>	<b>Soy Protein Isolate</b>	<b>Maltodextrin</b>	<b>Flavdrops</b>
<b>Πρωτεΐνη (γρ.)</b>	54.6	54	0	0
<b>Υδατάνθρακες (γρ.)</b>	0	3	59	0
<b>Λίπη (γρ.)</b>	1,5	0,3	0	0
<b>Θερμίδες</b>	231.9	233.1	236	0

**Πίνακας 2.** \*ανά 100γρ. προϊόντος

### **Διαιτολόγιο και Διατροφική Αξιολόγηση**

Η καταγραφή της διατροφικής πρόσληψης πραγματοποιήθηκε πριν από τη πρώτη συνθήκη χρησιμοποιώντας ένα διατροφικό πλάνο επτά ημερών και συνεχίστηκε καθ' όλη τη διάρκεια των τριών συνθηκών, καθώς και της φάσης φόρτωσης και αποκατάστασης όπου η διατροφή τους παρακολουθήθηκε καθημερινά. Επομένως, η διατροφή τους οριοθετήθηκε διατηρώντας ενεργειακό ισοζύγιο με την συνολική πρόσληψη πρωτεΐνης (συμπεριλαμβανομένου του συμπληρώματος διατροφής) να ανέρχεται στο 0.8γρ./κιλό σωματικού βάρους (Poulios et al., 2018).

Μία έμπειρη διαιτολόγος-διατροφολόγος εκπαίδευσε τους συμμετέχοντες να συμπληρώσουν τα διατροφικά τους πλάνα και τους έδωσε κατεύθυνση σχετικά με την συνολική τους διατροφή. Τα στοιχεία αναλύθηκαν με το Science Fit Diet 200A (Science Technologies). Η ημερήσια ενεργειακή δαπάνη των συμμετεχόντων υπολογίστηκε με τη χρήση επιταχυνσιομέτρων.

### ***Αξιολόγηση Ανθρωπομετρικών Χαρακτηριστικών***

Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν φορώντας όσο το δυνατόν λιγότερα ρούχα χωρίς παπούτσια. Το σωματικό βάρος αξιολογήθηκε με βαθμονομημένη ζυγαριά (Stadiometer 208; Seca, Birmingham, UK) στο κοντινότερο 0,1 kg. Στους συμμετέχοντες ζητήθηκε να σταθούν στο κέντρο του ζυγού και να κατανείμουν το βάρος τους στα δύο κάτω άκρα. Το ύψος αξιολογήθηκε με αναστημόμετρο (Stadiometer 208; Seca, Birmingham, UK). Στους συμμετέχοντες ζητήθηκε να έχουν ενωμένες τις πτέρνες τους. Επίσης οι πτέρνες, οι γλουτοί και το πάνω μέρος της πλάτης να βρίσκονται σε επαφή με το αναστημόμετρο και να κοιτούν ευθεία. Έπειτα έπαιρναν βαθιά εισπνοή καθώς ο αξιολογητής κατέβαζε τον οριζόντιο οδηγό στο χαμηλότερο δυνατό σημείο.

### ***Αξιολόγηση Σωματικής Σύστασης***

Το βάρος της μυϊκής μάζας και το ποσοστό του σωματικού λίπους αξιολογήθηκαν με τη χρήση απορροφησιμετρίας διπλοενεργειακής δέσμης ακτινών X (DXA, Lunar DPXNT) με λογισμικό (Encore 2007, General Electric Company, Madison, WI, USA). Όλες οι αξιολογήσεις διεξήχθησαν σε κατάσταση νηστείας (χωρίς τροφή ή πρόσληψη υγρών για οκτώ ώρες πριν από την αξιολόγηση). Οι συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν σε ύπτια θέση και το σώμα ευθυγραμμίστηκε στον οριζόντιο άξονα. Τα χέρια τοποθετήθηκαν παράλληλα, χωρίς να αγγίζουν το σώμα, με ένα διάστημα ενός εκατοστού μεταξύ του μηρού και του χεριού. Τα γόνατα ήταν σε πλήρη έκταση. Η βαθμονόμηση του μηχανήματος πραγματοποιούνταν σε καθημερινή βάση (Swainson, 2017).



## ***Εκτίμηση Βασικού Μεταβολικού Ρυθμού***

Η μέτρηση του βασικού μεταβολικού ρυθμού (BMP) πραγματοποιήθηκε σε κατάσταση ηρεμίας, τις πρωινές ώρες, μετά από ολονύκτια νηστεία (07:00-09:00). Οι συμμετέχοντες για 15 λεπτά ξάπλωναν σε ύπτια θέση φορώντας καρδιοσυχνόμετρο Polar FT1 προκειμένου να επιβεβαιωθεί πως βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας. Στη συνέχεια και για 45 λεπτά ο ποδοσφαιριστής φορούσε κουκούλα η οποία ήταν συνδεδεμένη με αναλυτή ανοικτού κυκλώματος σπιρομέτρησης (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) και επέτρεπε την ανταλλαγή αερίων. Μετά από μια περίοδο σταθεροποίησης που διαρκούσε 10 λεπτά ξεκινούσε η καταγραφή. Τα ποσοστά παραγωγής VO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> μετρήθηκαν και στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι 81 μέσοι όροι των τιμών. Ο υπολογισμός του BMP πραγματοποιήθηκε βάση της εξίσωσης Weir (Weir, 1949) και εκφράστηκε ανά 24 ώρες. (Fatouros et al., 2009).

## ***Αξιολόγηση Ημερήσιας Ενεργειακής Δαπάνης***

Για την αξιολόγηση του επιπέδου της ημερήσιας φυσικής δραστηριότητας (PAL) χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επιταχυνσιομετρίας. Τα επιταχυνσιόμετρα (GT3X-BT, ActiGraph, FL, USA) τοποθετήθηκαν πάνω από το δεξί ισχίο των συμμετεχόντων προσαρμοσμένα σε ειδικές ζώνες για 7 ημέρες (εκτός του ύπνου και κατά τη διάρκεια του μπάνιου). Η καθημερινή δραστηριότητα και ο καθιστικός χρόνος υπολογίστηκαν με βάση τέσσερις άξονες και εκφράζονται ως βήματα / ημέρα σε καθιστική ζωή (<199 cpm), χαμηλή δραστηριότητα (200 ± 2,689 cpm), μέτρια (2,690 ± 6,166 cpm), έντονη (6,167 ± 9,642 cpm) και μέτρια έως έντονη (2,690 cpm) σωματική δραστηριότητα. Χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ActiLife 6 για την ανάλυση των δεδομένων. Οι συμμετέχοντες ενθαρρύνθηκαν να διατηρήσουν το δικό τους ρυθμό καθημερινής σωματικής δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της μελέτης (Batrakoulis et al., 2018).

## ***Αξιολόγηση Φυσικής Κατάστασης***

*Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου:* Η αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ) έγινε με τη χρήση ενός αυτόματου αναλυτή ανταλλαγής αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) κατά την διάρκεια ενός τεστ με προοδευτική αύξηση της επιβάρυνσης σε δαπεδοεργόμετρο. Για τον υπολογισμό των όγκων του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιήθηκε ανοιχτό κύκλωμα σπιρομέτρησης και η μέθοδος breath by breath. Η ταχύτητα στο 1<sup>ο</sup> στάδιο ήταν 10 km/h και ανά 2 λεπτά αυξανόταν ανά 1 km/h. Κρίθηκε ότι ο συμμετέχων έχει φτάσει στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου όταν εμφανίστηκαν τρία ή παραπάνω από τα ακόλουθα κριτήρια: α) πλατό στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου παρόλο που αυξανόταν η ταχύτητα, β) το αναπνευστικό πηλίκο ήταν μεγαλύτερο από 1,1, γ) ορατή εξάντληση του συμμετέχοντα, δ) η καρδιακή συχνότητα μεγαλύτερη από 110 σφυγμούς/λεπτό από την μέγιστη προβλεπόμενη καρδιακή συχνότητα (Dupont, Akakro, & Berthoin, 2004).

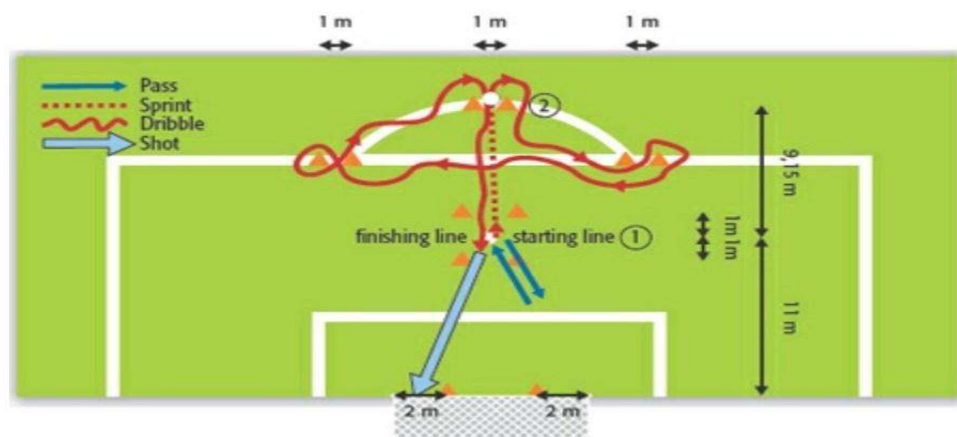
*Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2:* Το τεστ διαρκεί 5-25 λεπτά και αποτελείται από επανειλημμένες διαδρομές 20 μέτρων σε προοδευτικά αυξανόμενη ταχύτητα από ηχητικό σήμα. Ανάμεσα των διαδρομών, οι συμμετέχοντες πρέπει να τρέξουν γύρω από ένα κώνο που είναι τοποθετημένος 2,5 μέτρα πίσω από την τελική γραμμή. Η δοκιμασία εκτελείται μέχρι εξάντλησης. Η αποτυχία ολοκλήρωσης της διαδρομής δύο φορές οδηγεί στο τερματισμό του τεστ και η προηγούμενη διαδρομή που καλύφθηκε πλήρως καταγράφεται ως το αποτέλεσμα του τεστ. Το τεστ πραγματοποιήθηκε σε γήπεδο ποδοσφαίρου (Bradley et al., 2014).

*Yo- Yo Intermittent Recovery Level 2:* Το τεστ διαρκεί 5-15 λεπτά και αποτελείται από επανειλημμένες διαδρομές 20 μέτρων σε προοδευτικά αυξανόμενη ταχύτητα από ηχητικό σήμα. Ανάμεσα των διαδρομών, οι συμμετέχοντες έχουν 10 δευτερόλεπτα να

τρέξουν γύρω από ένα κώνο που είναι τοποθετημένος 5 μέτρα πίσω από την τελική γραμμή. Αν ο δοκιμαζόμενος εκτελέσει γρήγορα την ζώνη ανάρρωσης θα πρέπει να περιμένει στον αρχικό κώνο για το σήμα εκκίνησης. Προτείνεται ο δοκιμαζόμενος να αποφεύγει να χρησιμοποιεί το ίδιο πόδι για την αλλαγή κατεύθυνσης. Η δοκιμασία εκτελείται μέχρι εξάντλησης. Την πρώτη φορά που η απόσταση προς τον αρχικό κώνο δεν επιτυγχάνεται δίνεται πρώτη προειδοποίηση. Στην δεύτερη το τεστ τερματίζεται. Το τεστ πραγματοποιήθηκε σε γήπεδο ποδοσφαίρου (de Freitas et al., 2015).

### Αξιολόγηση Τεχνικής

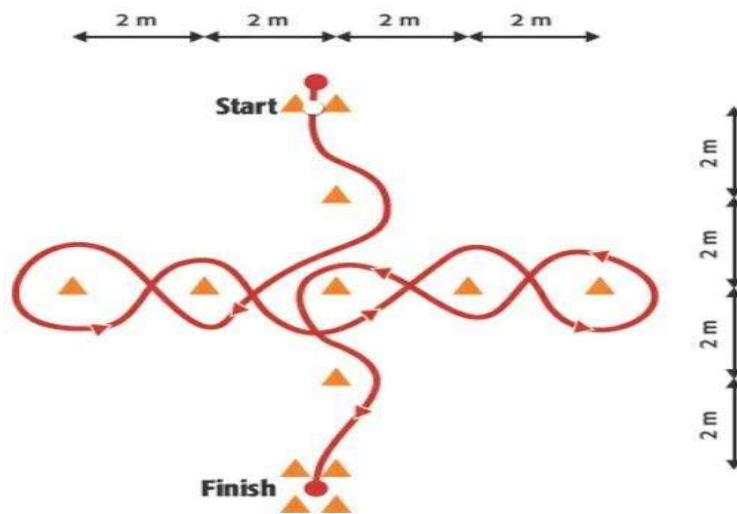
*Creative Speed Test:* Ο παίχτης βρίσκεται στο αρχικό σημείο κοιτάζοντας προς το τέρμα. Με το σήμα εκκίνησης του αξιολογητή γυρνάει και κάνει σπριντ στο σημείο 2. Στο σημείο 2 παίρνει την μπάλα και ντριμπλάρει όπως δείχνει η εικόνα παρακάτω. Όταν φτάσει ξανά στο σημείο 2, προωθεί τη μπάλα στη ζώνη της εκκίνησης και σουτάρει. Ο παίχτης πρέπει να σκοράρει σε μία από τις δύο γωνίες, αλλιώς το τεστ δεν είναι έγκυρο και επαναλαμβάνεται (Bangsbo & Mohr, 2011). Το τεστ παρουσιάζεται στην εικόνα 4.



Εικόνα 4.

*Short Dribbling Test:* Οι κώνοι τοποθετούνται όπως φαίνονται στη παρακάτω εικόνα. Ο παίχτης ξεκινάει με το ένα του πόδι να βρίσκεται πάνω στην αρχική γραμμή και το άλλο πίσω. Με το σήμα εκκίνησης του αξιολογητή ο παίχτης ξεκινάει να ντριμπλάρει και

ακολουθεί μία πορεία όπως δείχνει η εικόνα (Bangsbo & Mohr, 2011). Το τεστ παρουσιάζεται στην εικόνα 5.



Εικόνα 5.

### **Αξιολόγηση δεικτών απόδοσης**

*Μέγιστη δύναμη:* Πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της μέγιστης μειομετρικής και έκκεντρης δύναμης των εκτεινόντων και καμπτήρων του γόνατος με τη βοήθεια του ισοκινητικού δυναμόμετρου (Cybex 770, Roconhoma, USA), μετά από προθέρμανση σε εργοδιάδρομο (Stex 8020, Korea) και διατατικές ασκήσεις συνολικής διάρκειας 15 λεπτών. Οι συμμετέχοντες τοποθετήθηκαν με γωνία ισχίου  $85^\circ$  όπου ο κορμός και ο μηρός τους ασφαλίστηκαν με την χρήση από straps για να ελαχιστοποιηθούν οι αντισταθμιστικές κινήσεις. Στο κάτω άκρο που δεν συμμετείχε τοποθετήθηκε στήριγμα μπροστά από αυτό. Ο βραχίονας τοποθετήθηκε 2 εκατοστά πάνω από το έσω σφυρό μαζί με ένα αφρώδες υλικό υψηλής πυκνότητας που ασφαλίστηκε σφιχτά στη κνήμη για να αποφευχθούν ενοχλήσεις κατά την διάρκεια των μέγιστων συστολών. Ο άξονας περιστροφής ήταν στην ίδια ευθεία με την άρθρωση του γόνατος. Το εύρος της κίνησης καθορίστηκε και το ανατομικό μηδέν ορίστηκε στη πλήρη έκταση όπου ο συμμετέχων ένιωθε άνετα χωρίς υπερβολική διάταση στους οπίσθιους μηριαίους. Οι ανατομικές θέσεις του ισοκινητικού δυναμόμετρου ήταν για

κάθε συμμετέχοντα παρόμοιες όλη την διάρκεια του πειράματος. Για να αξιολογηθεί η μέγιστη μειομετρική και έκκεντρη ροπή, εκτελέστηκαν 3 μέγιστες συνεχόμενες επαναλήψεις με γωνιακή ταχύτητα 60°/sec. Οι υψηλότερες τιμές των ροπών επιλέχθηκαν για περαιτέρω ανάλυση (Alegre, Ferri-Morales, Rodriguez-Casares, & Aguado, 2014).

*Αλτική ικανότητα:* Για τον προσδιορισμό της αλτικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε άλμα με υποχωρητική φάση σε τάπητα υψηλής ποιότητας (Bosco, Ergojump). Οι συμμετέχοντες ξεκινούσαν από όρθια θέση, κατά την έκκεντρη φάση (υποχωρητική φάση) η γωνία των γονάτων έφταναν περίπου 90° και στη μειομετρική φάση κινήθηκαν κάθετα και όσο το δυνατόν υψηλότερα. Τα χέρια τους παρέμειναν στα ισχία μέχρι τη φάση προσγείωσης. Οι χρόνοι πτήσης μετρήθηκαν μέσω ψηφιακού χρονοδιακόπτη συνδεδεμένου με την πλατφόρμα και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του ύψους του άλματος (Temfemo, Hugues, Chardon, Mandengue, & Ahmaidi, 2009).

*Ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ:* Χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα φωτοκυττάρων (RSA, Newtest, Finland). Οι συμμετέχοντες για το τεστ επαναλαμβανόμενων σπριντ το οποίο περιλαμβάνει 5 σπριντ των 30 m με 25 sec ενεργητικής αποκατάστασης καθώς επιστρέφουν στην θέση εκκίνησης με τζόκινγκ, ο χρόνος τους από κάθε σπριντ προσδιορίζεται από φωτοκύτταρα με ακρίβεια 0,01 δευτερολέπτων. Ο συμμετέχων ξεκινά με το ένα πόδι να πατά την γραμμή εκκίνησης. Ο εξεταστής μετρά αντίστροφα και δίνει το σήμα εκκίνησης. Ο συμμετέχων ξεκινά και κάνει σπριντ χωρίς να επιβραδύνει πριν τα 30 μέτρα. Πριν από κάθε σπριντ πρέπει να βρίσκεται σε αδράνεια (Bangsbo & Mohr, 2011).

Όλες οι παραπάνω δοκιμασίες πραγματοποιήθηκαν μετά από προθέρμανση σε εργοδιάδρομο (Stex 8020, Korea) και διατακτικές ασκήσεις συνολικής διάρκειας 15 λεπτών.

## ***Μετρήσεις κινητικής δραστηριότητας***

Η παρακολούθηση της δραστηριότητας στο γήπεδο κατά την διάρκεια των προπονητικών πρωτοκόλλων έγινε με την χρήση ενός παγκόσμιου συστήματος υψηλής ανάλυσης εντοπισμού θέσης (GPS, 15Hz με 100Hz τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο, GPSports Canberra, Australia) με οδηγίες που έχουν περιγραφεί προηγουμένως (Mohr et al., 2016). Η δραστηριότητα κατηγοριοποιήθηκε ως η συνολική απόσταση κατά την διάρκεια των προπονητικών πρωτοκόλλων speeds >14 km/h, high intensity running (HIR, distance covered at speeds >19 km/h), number of accelerations (1–2 m/s, 2–3 m/s, >3 m/s), and number of decelerations (1–2 m/s, 2–3 m/s, >3 m/s. Παρακολουθήθηκε η ένταση και από την καρδιακή συχνότητα (Team Polar, Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

## ***Αξιολόγηση δεικτών μυϊκού τραυματισμού***

*Καθυστερημένος μυϊκός πόνος:* Για τη μέτρηση της υποκειμενικής αντίληψης του μυϊκού πόνου χρησιμοποιήθηκε δεκαβάθμια κλίμακα από το 1(φυσιολογικός) μέχρι το 10 (πολύ επίπονος). Αρχικά ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε 3 βαθιά καθίσματα και έπειτα ο εξεταστής ασκούσε με τα χέρια του μια ισόποση πίεση στην έκφυση, κατάφυση και γαστέρα των καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος. Κατά την διάρκεια της ψηλάφησης ο δοκιμαζόμενος ήταν σε όρθια θέση. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε από τον ίδιο εξεταστή προκειμένου η εφαρμοσμένη πίεση να είναι παρόμοια σε όλους τους δοκιμαζόμενους (Mohr et al., 2016).

## ***Αξιολόγηση βιοχημικών δεικτών***

*Συλλογή Αίματος:* Τα δείγματα αίματος συλλέχθηκαν νωρίς το πρωί (7:00-8:00 πμ.) μετά από ολονύκτια νηστεία και 20 ml αίματος συλλέχθηκαν από φλέβα του βραχίονα καθώς οι συμμετέχοντες βρισκόταν σε καθιστή θέση (Mohr et al., 2016).

*Γαλακτικό οξύ:* Η μέτρηση του γαλακτικού οξέος αξιολογήθηκε με φορητό αναλυτή (Lactate Plus, USA). Η συλλογή αίματος πραγματοποιήθηκε από του άκρη του δακτύλου, όπου καθαρίστηκε από 70% αλκοόλη και αφέθηκε να στεγνώσει. Ένα μικρό δείγμα αίματος μεταφέρθηκε στο φορητό αναλυτή γαλακτικού με strip μιας χρήσης για την αξιολόγησή του (Sabat et al., 2016).

*Κρεατινική κινάση:* Η αιμοληψία (βασίλική φλέβα) πραγματοποιήθηκε για την μέτρηση της κρεατινικής κινάσης (CK) από τους συμμετέχοντες σε καθιστή θέση. Για το πλάσμα έγινε φυγοκέντρηση (1370g, 4°C, 10 min). Η ανάλυση της πραγματοποιήθηκε σε βιοχημικό αναλυτή Clinical Chemistry Analyzer Z 1145 (Zafiropoulos Diagnostica).

## ***Στατιστική Ανάλυση***

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση ισχύος για τον προσδιορισμό του μεγέθους του δείγματος που πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό G \* Power (G \* Power 3.10). Υπολογίστηκε ότι χρειάζονται 10 συμμετέχοντες για να παρατηρηθούν σημαντικές διαφορές μεταξύ διαδοχικών μετρήσεων σε μελέτες που είχαν συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης (effect size > 0.55, error = 0.05,  $\alpha = 0.90$ ) (Andersson, Ekblom, & Krstrup, 2008; Chatzinikolaou et al., 2014; Khan et al., 2016; Naclerio, Larumbe-Zabala, Cooper, Jimenez, & Goss-Sampson, 2014; Owen et al., 2015; Shenoy, Bedi, & Sandhu, 2013). Για την εκτίμηση της κανονικής κατανομής χρησιμοποιήθηκε το τεστ Shapiro-Wilk. Για την εκτίμηση τυχόν διαφορών στην απόδοση, στον μυϊκό τραυματισμό μεταξύ προπόνησης 1 και 2 αλλά και μεταξύ των τριών

διαφορετικών συνθηκών (ποσοστό μεταβολής από την προπόνηση 1 στην προπόνηση 2), εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (συνθήκη – χρόνος), με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα χρόνο (2-way repeated measures ANOVA). Για τις μεταβλητές που παρουσίασαν μη κανονική κατανομή (κρεατινική κινάση και αλτική ικανότητα, φυσική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια των προπονήσεων), εφαρμόστηκε μη-παραμετρικός έλεγχος μέσω της ανάλυσης Friedman of Variance by ranks για να προσδιοριστούν οι χρονοεξαρτώμενες μεταβολές για κάθε συνθήκη (με τεστ Wilcoxon signed rank για ζευγαρωτές συγκρίσεις). Στη συνέχεια, για την σύγκριση του ποσοστού μεταβολής των ίδιων δεικτών μεταξύ συνθηκών χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-Way ANOVA – για παραμετρική ανάλυση) ή η ανάλυση Kruskal-Wallis ANOVA (για μη παραμετρική ανάλυση) και χρήση του τεστ Bonferonni ή Mann-Whitney U Test, αντίστοιχα, για τις μετέπειτα ζευγαρωτές συγκρίσεις. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS (IBM SPSS Statistics 20, Corp., Armonk, N.Y., USA).



## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τη μελέτη ολοκλήρωσαν 10 ποδοσφαιριστές οι οποίοι έλαβαν μέρος σε τρεις διαφορετικές συνθήκες (Placebo, Πρωτεΐνη γάλακτος, Πρωτεΐνη σόγιας), εκτελώντας δύο προπονητικές μονάδες αντοχής στην ταχύτητα σε κάθε συνθήκη (6 συνολικά), σε μια τυχαιοποιημένη crossover μελέτη, τριών συνθηκών και επαναλαμβανόμενων μετρήσεων. Έγινε διατροφική ανάλυση με χρήση διατροφικών ημερολογίων και δόθηκαν οδηγίες στους συμμετέχοντες σχετικά με τη διατροφή τους από διαιτολόγο, έτσι ώστε να διατηρούν θερμιδικό ισοζύγιο και πρόσληψη πρωτεΐνης περίπου στο 0,8 γρ./κιλό σωματικής μάζας. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων και στον Πίνακα 4 η ημερήσια διατροφική λήψη των μακροστοιχείων και των αντιοξειδωτικών ιχνοστοιχείων κατά την περίοδο προσαρμογής αλλά και κατά τη διάρκεια των τριών πειραματικών συνθηκών.

### Χαρακτηριστικά Συμμετεχόντων (n=10)

Ηλικία (έτη)	21,0 ± 1,4
Ανάστημα (μέτρα)	1,79 ± 0,08
Σωματική μάζα (κιλά)	79,3 ± 6,7
ΔΜΣ (κιλά/μ <sup>2</sup> )	24,5 ± 1,2
Μεταβολισμός ηρεμίας (kcal/ημέρα)	2021,6 ± 232,2
Λιπώδης μάζα (%)	19,0 ± 6,7
Καρδιακή συχνότητα ηρεμίας (χτύποι/λεπτό)	53,8 ± 4,6
Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (χτύποι/λεπτό)	196,1 ± 9,4
Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO <sub>2max</sub> , mL/κιλό/λεπτό)	58,9 ± 4,7
vVmax (χιλιόμετρα/ώρα)	18,1 ± 2,0
Χρόνος εξάντλησης (λεπτά)	18,4 ± 2,95
Yo-Yo IE2 (μέτρα)	2.192,0 ± 308,5
Yo-Yo IR2 (μέτρα)	1.230,0 ± 162,2
Yo-Yo IR2- Μέγιστη καρδιακή συχνότητα (χτύποι/λεπτό)	195,1 ± 10,29
Short Dribbling Test (δευτερόλεπτα)	13,1 ± 0,7
Creative Speed Test (δευτερόλεπτα)	19,08 ± 1,14
Συνολική ημερήσια ενεργειακή δαπάνη (kcal/ημέρα)	752,4 ± 570,6

Πίνακας 3. ΔΜΣ (Δείκτης Μάζας Σώματος)

### Διατροφική Ανάλυση

	PLACEBO			Πρωτεΐνη Ορού Γάλακτος			Πρωτεΐνη Σόγιας		
	Διατροφή	Placebo	Συνολικά	Διατροφή	Συμπλήρωμα	Συνολικά	Διατροφή	Συμπλήρωμα	Συνολικά
<b>Ημερήσια θερμιδική πρόσληψη (kcal/ημέρα)</b>									
Περίοδος προσαρμογής					1.972.2 ± 327.7				
Πειραματική περίοδος	1.971,9 ± 446,4	236,0 ± 0,0	2.207,9 ± 446,4	1.957,6 ± 539,2	231,9 ± 0,0	2.189,5 ± 539,2	2.028,1 ± 376,6	233,1 ± 0,0	2.261,2 ± 376,6
<b>Λήψη υδατανθράκων</b>									
Περίοδος προσαρμογής (γρ./κιλό ΣΒ)					2,95 ± 0,4				
Περίοδος προσαρμογής (% συνολικής θερμιδικής λήψης)					47.4 ± 2,6				
Πειραματική περίοδος (γρ./κιλό ΣΒ)	2,87 ± 0,6	0,74 ± 0,06	3,62 ± 0,6	2,98 ± 0,8	0,0 ± 0,0	2,98 ± 0,8	3,05 ± 0,6	0,04 ± 0,0	3,09 ± 0,6
Πειραματική περίοδος (% συνολικής θερμιδικής λήψης)	41,0 ± 3,4	11,0 ± 2,11	52,1 ± 3,4	42,6 ± 3,0	0,0 ± 0,0	42,6 ± 3,0	42,5 ± 3,2	0,5 ± 0,0	43,1 ± 3,2
<b>Λήψη Πρωτεΐνης</b>									
Περίοδος προσαρμογής (γρ./κιλό ΣΒ)					0,80 ± 0,1				
Περίοδος προσαρμογής (% συνολικής θερμιδικής λήψης)					13,6 ± 3,2				
Πειραματική περίοδος (γρ./κιλό ΣΒ)	0,81 ± 0,05	0,0 ± 0,0	0,81 ± 0,05	0,83 ± 0,2	0,69 ± 0,06	1,52 ± 0,2	0,82 ± 0,1	0,68 ± 0,06	1,51 ± 0,2
Πειραματική περίοδος (% συνολικής θερμιδικής λήψης)	12,0 ± 2,5	0,0 ± 0,0	12,0 ± 2,5	12,0 ± 1,4	10,5 ± 2,5	22,5 ± 2,9	11,5 ± 1,0	9,8 ± 1,8	21,3 ± 1,5

<b>Λήψη λίπους</b>									
Περίοδος προσαρμογής (γρ./κιλό ΣΒ)	1,10 ± 0,3								
Περίοδος προσαρμογής (% συνολικής θερμιδικής λήψης)	39.0 ± 4,7								
Πειραματική περίοδος (γρ./κιλό ΣΒ)	1,13 ± 0,3	0,0 ± 0,0	1,13 ± 0,3	1,36 ± 0,2	0,01 ± 0,002	1,38 ± 0,2	1,45 ± 0,2	0,004 ± 0,0	1,45 ± 0,2
Πειραματική περίοδος (% συνολικής θερμιδικής λήψης)	46,8 ± 4,4	0,0 ± 0,0	46,8 ± 4,4	45,3 ± 3,7	0,6 ± 0,1	45,9 ± 3,7	45,9 ± 3,3	0,12 ± 0,01	46,0 ± 3,4
<b>Σελήνιο (μg/ημέρα)<sup>1</sup></b>	50.1 ± 11.2								
<b>Ψευδάργυρος (mg/ημέρα)<sup>1</sup></b>	11,5 ± 1,9								
<b>Βιταμίνη C (mg/ημέρα)<sup>1</sup></b>	117.0 ± 17.2								
<b>Βιταμίνη E (mg/ημέρα)<sup>1</sup></b>	8,4 ± 2,0								

**Πίνακας 4.** Η ημερήσια διατροφική λήψη των συμμετεχόντων. <sup>1</sup> Η ημερήσια λήψη για τα συγκεκριμένα στοιχεία δεν διέφερε μεταξύ των τεσσάρων συνθηκών (περίοδος προσαρμογής, συνθήκη placebo, συνθήκη πρωτεΐνης γάλακτος και συνθήκη πρωτεΐνης σόγιας) και κατά συνέπεια δίνεται αυτή της περιόδου προσαρμογής.

## Δραστηριότητα κατά τη διάρκεια των Πρωτοκόλλων

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζεται η εξέλιξη των μεταβλητών δραστηριότητας που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των προπονητικών μονάδων των τριών συνθηκών. Η διάρκεια κάθε επανάληψης του πρωτοκόλλου στα προπονητικά πρωτόκολλα μεταξύ των τριών συνθηκών ήταν 30 δευτερόλεπτα.

Η συνολική απόσταση για κάθε επανάληψη που καλύφθηκε κατά της διάρκεια της ΠΣ1 και της ΠΣ2 ήταν παρόμοια μεταξύ των τριών συνθηκών Placebo, Πρωτεΐνη Γάλακτος, Πρωτεΐνη Σόγιας. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την απόσταση που καλύφθηκε στην ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2.

Η μέγιστη ταχύτητα μειώθηκε στην δεύτερη προπονητική συνεδρία (ΠΣ2) σε σχέση με την πρώτη (ΠΣ1) και στις τρεις συνθήκες Placebo ( $F = 210,148$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 156,871$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 257,361$ ,  $p = 0,001$ ). Η συνθήκη Πρωτεΐνη Γάλακτος και Πρωτεΐνη Σόγιας παρουσίασαν μικρότερη μείωση ( $F = 9,196$ ,  $p = 0,04$ ) και ( $F = 9,196$ ,  $p = 0,011$ ) σε σχέση με τη συνθήκη Placebo, αντίστοιχα. Η μέση ταχύτητα μειώθηκε στην δεύτερη προπονητική συνεδρία (ΠΣ2) σε σχέση με την πρώτη (ΠΣ1) και στις τρεις συνθήκες Placebo ( $F = 60,178$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 230,139$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 215,415$ ,  $p = 0,001$ ). Η συνθήκη Πρωτεΐνη Γάλακτος παρουσίασε μικρότερη μείωση ( $F = 5,335$ ,  $p = 0,022$ ) σε σχέση με τη συνθήκη Πρωτεΐνη Σόγιας. Ο δείκτης κόπωσης αυξήθηκε στην δεύτερη προπονητική συνεδρία (ΠΣ2) σε σχέση με την πρώτη (ΠΣ1) και στις τρεις συνθήκες Placebo ( $F = 56,407$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 99,357$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 74,678$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την αύξηση που παρατηρήθηκε στον δείκτη κόπωσης της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2.

Η απόσταση που καλύφθηκε σε ταχύτητες  $< 14$  km/h αυξήθηκε στην δεύτερη προπονητική συνεδρία (ΠΣ2) σε σχέση με την πρώτη (ΠΣ1) και στις τρεις συνθήκες Placebo

( $F = -3,825$ ,  $p = 0,002$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = -3,227$ ,  $p = 0,019$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = -3,705$ ,  $p=0,003$ ). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την αύξηση της απόστασης που καλύφθηκε σε ταχύτητες  $< 14$  km/h κατά τη διάρκεια της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Η απόσταση που καλύφθηκε σε ταχύτητες 14.00-20.99 km/h δεν παρουσίασε μεταβολή μεταξύ ΠΣ1 και ΠΣ2 και στις τρεις συνθήκες. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την αύξηση της απόστασης που καλύφθηκε σε ταχύτητες 14.00-20.99 (km/h) κατά τη διάρκεια της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Η απόσταση που καλύφθηκε σε ταχύτητες  $>21$ km/h μειώθηκε στην δεύτερη στην ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1 και στις τρεις συνθήκες Placebo ( $F = 3,825$ ,  $p = 0,002$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 3,406$ ,  $p = 0,01$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 3,526$ ,  $p = 0,006$ ). Όταν συγκρίθηκαν οι τρεις συνθήκες μεταξύ τους, υπήρξε μόνο η διαφορά στο ποσοστό μεταβολής (μεταξύ ΠΣ2 και ΠΣ1) μεταξύ συνθήκης placebo και συνθήκης πρωτεΐνης σόγιας ( $F = -2,683$ ,  $p = 0,022$ ). Η απόσταση που καλύφθηκε σε ταχύτητες  $>14$  km/h μειώθηκε στην δεύτερη στην ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1 και στις τρεις συνθήκες Placebo ( $F = 3,586$ ,  $p = 0,008$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 3,227$ ,  $p = 0,019$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 3,466$ ,  $p = 0,006$ ). Όταν συγκρίθηκαν οι τρεις συνθήκες μεταξύ τους, υπήρξε διαφορά στο ποσοστό μεταβολής (μεταξύ ΠΣ2 και ΠΣ1) μεταξύ συνθήκης placebo και συνθήκης πρωτεΐνης γάλακτος ( $F = -3,130$ ,  $p = 0,005$ ) και μεταξύ συνθήκης placebo και συνθήκης πρωτεΐνης σόγιας ( $F = -3,578$ ,  $p = 0,001$ ).

Ο αριθμός επιταχύνσεων από  $< 1.99$  m/s<sup>2</sup> αυξήθηκε στην δεύτερη προπονητική συνεδρία (ΠΣ2) σε σχέση με την πρώτη (ΠΣ1) και στις τρεις συνθήκες Placebo ( $F = 11,172$ ,  $p = 0,009$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 11,250$ ,  $p = 0,008$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 45,00$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την αύξηση του αριθμού επιταχύνσεων  $< 1.99$  m/s<sup>2</sup> κατά τη διάρκεια της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με

την αύξηση του αριθμού επιταχύνσεων από 2.00-2.99 m/s<sup>2</sup> κατά τη διάρκεια της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Ο αριθμός επιταχύνσεων > 3 m/s<sup>2</sup> μειώθηκε στην ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1 και στις τρεις συνθήκες Placebo (F = 36,00, p = 0,001), Πρωτεΐνη Γάλακτος (F = 13,500, p = 0,005), Πρωτεΐνη Σόγιας (F = 21,00, p = 0,001). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την μείωση του αριθμού επιταχύνσεων > 3 m/s<sup>2</sup> κατά τη διάρκεια της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2.

Ο αριθμός επιβραδύνσεων 0.50-2 m/s<sup>2</sup> αυξήθηκε στην ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1 και στις τρεις συνθήκες Placebo (F = 81,00, p = 0,001), Πρωτεΐνη Γάλακτος (F = 37,532, p = 0,001), Πρωτεΐνη Σόγιας (F = 81,00, p = 0,001). Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την αύξηση του αριθμού επιταχύνσεων 0.50-2 m/s<sup>2</sup> κατά τη διάρκεια της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Ο αριθμός επιβραδύνσεων 2-3 m/s<sup>2</sup> αυξήθηκε στην ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1 στις συνθήκες Πρωτεΐνη Γάλακτος (F = 6,00, p = 0,037) και Πρωτεΐνη Σόγιας (F = 9,00, p = 0,015), ενώ στη συνθήκη Placebo δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή. Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την αύξηση του αριθμού επιβραδύνσεων 2-3 m/s<sup>2</sup> κατά τη διάρκεια της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Ο αριθμός επιβραδύνσεων > 3 m/s<sup>2</sup> μειώθηκε στην δεύτερη ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1 στη συνθήκη Placebo (F = 21,00, p = 0,001) ενώ στις συνθήκες Πρωτεΐνη Γάλακτος και Πρωτεΐνη Σόγιας δεν υπήρξε μεταβολή. Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την διαφοροποίηση του αριθμού επιβραδύνσεων από > 3 m/s<sup>2</sup> κατά τη διάρκεια της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Όταν ο αριθμός των επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων > 2 m/s<sup>2</sup> αθροίστηκε, δεν παρατηρήθηκαν ούτε χρονο-εξαρτώμενες μεταβολές (από την ΠΣ1 στην ΠΣ2 σε κάθε συνθήκη) ούτε διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με το ποσοστό μεταβολής τους.

Η μέση καρδιακή συχνότητα μειώθηκε στην ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1 και στις τρεις συνθήκες Placebo (F = 10,756, p = 0,01), Πρωτεΐνη Γάλακτος (F = 9,443, p = 0,013),

Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 8,312$ ,  $p = 0,018$ ). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την μείωση της μέσης καρδιακής συχνότητας της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Το ποσοστό της μέσης καρδιακής συχνότητας μειώθηκε στην ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1 και στις τρεις συνθήκες Placebo ( $F = 11,184$ ,  $p = 0,009$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 11,391$ ,  $p = 0,008$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 10,565$ ,  $p = 0,01$ ). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την μείωση του ποσοστού της μέσης καρδιακής συχνότητας της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την μέγιστη καρδιακή συχνότητα της ΠΣ1 σε σχέση με την ΠΣ2 ενώ δεν παρατηρήθηκαν και χρονοεξαρτώμενες μεταβολές σε κάθε συνθήκη ξεχωριστά (από την ΠΣ1 στην ΠΣ2).



## Δραστηριότητα κατά τη διάρκεια των Πρωτοκόλλων

	PLACEBO		Πρωτεΐνη Γάλακτος		Πρωτεΐνη Σόγιας	
	1 <sup>η</sup> ΠΣ	2 <sup>η</sup> ΠΣ	1 <sup>η</sup> ΠΣ	2 <sup>η</sup> ΠΣ	1 <sup>η</sup> ΠΣ	2 <sup>η</sup> ΠΣ
Διάρκεια επανάληψης (s)	30,0±0,0	30,0±0,0	30,0±0,0	30,0±0,0	30,0±0,0	30,0±0,0
		0,0%		0,0%		0,0%
Απόσταση επανάληψης (m)	133,9±3,9	133,6±3,8	132,8±4,5	134,4±3,6	133,0±5,2	134,9±3,8
		0,0%		-1,2%		+0,6%
Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	33,1 ±2,6	30,5±2,4 <sup>1,2,3</sup>	33,4±2,4	31,4±2,1 <sup>1,2</sup>	33,5±2,5	31,4±2,3 <sup>1,3</sup>
		-7,9%		-6,0%		-6,2%
Μέση ταχύτητα (km/h)	19,1±0,7	16,7±0,4 <sup>1</sup>	19,3±0,8	17,4±0,6 <sup>1</sup>	18,8±0,7	16,9±0,5 <sup>1,4</sup>
		-12,5%		-9,5%		-9,9%
Δείκτης κόπωσης (%)	10,1±3,6	11,7±3,5 <sup>1</sup>	9,9±3,5	11,0±3,3 <sup>1</sup>	10,5±3,3	11,9±3,7 <sup>1</sup>
		+15,1%		+12,8%		+12,6%
<b>Απόσταση που καλύφθηκε σε διάφορες ζώνες ταχύτητας (m)</b>						
< 14.00 (km/h)	18,8±3,4	29,6±4,7 <sup>1</sup>	16,5±1,7	27,0±3,4 <sup>1</sup>	15,3±3,0	26,3±3,3 <sup>1</sup>
		+57,4%		+63,6%		+71,8%
14.00 - 20.99 (km/h)	76,8±8,1	71,5±8,2	76,5±6,3	73,3±6,4	77,3±7,2	74,1±7,0
		+6,9%		+4,1%		+4,2%
>21.00 (km/h)	40,2±7,9	32,4±7,5 <sup>1</sup>	39,6±8,5	33,0±9,1 <sup>1</sup>	40,2±9,1	33,4±8,1 <sup>1,3</sup>
		-19,3%		-16,8%		-17,0%
>14.00 (km/h)	117,0±6,5	103,9±6,3 <sup>1</sup>	116,2±5,2	107,3±6,2 <sup>1,2</sup>	117,6±4,3	108,5±4,1 <sup>1,3</sup>
		-11,2%		-7,6%		-7,7%
<b>Αριθμός επιταχύνσεων</b>						
0,50 - 1.99 (m/s <sup>2</sup> )	7,2±1,3	8,3±1,5 <sup>1</sup>	6,8±0,8	7,8±0,9 <sup>1</sup>	7,0±0,7	8,1±0,7 <sup>1</sup>
		+16,6%		+14,7%		+14,3%
2.00 - 2.99 (m/s <sup>2</sup> )	3,2±0,6	2,8±0,6	3,4±0,8	3,1±1,0	3,3±0,8	3,0±0,9
		-12,5%		-8,8%		-9,0%
>3.00 (m/s <sup>2</sup> )	2,9±0,7	2,1±0,6 <sup>1</sup>	2,9±0,7	2,3±0,5 <sup>1</sup>	3,0±0,7	2,2±0,0 <sup>1</sup>
		-27,6%		-20,75%		-23,3%
<b>Αριθμός επιβραδύνσεων</b>						
0,5-2 (m/s <sup>2</sup> )	5,3±1,6	6,2±1,5 <sup>1</sup>	5,5±1,0	6,6±1,0 <sup>1</sup>	5,4±1,6	6,6±1,5 <sup>1</sup>
		+17,0%		+20%		+22,2%
2-3 (m/s <sup>2</sup> )	3,4±0,8	3,7±0,7	3,6±0,5	4,0±0,8 <sup>1</sup>	3,5±0,9	4,0±0,7 <sup>1</sup>
		+8,8%		+11,1%		+14,3%
>3 (m/s <sup>2</sup> )	2,7±0,7	2,0±0,7 <sup>1</sup>	2,9±0,7	2,3±0,5 <sup>1</sup>	2,9±0,7	2,2±0,6 <sup>1</sup>
		-25,9%		-20,7%		-24,1%
<b>Αριθμός επιβραδύνσεων και επιταχύνσεων &gt; 2 m/s<sup>2</sup></b>						
>3 (m/s <sup>2</sup> )	12,2±1,6	10,6±1,1	12,8±1,1	11,7±1,2 <sup>1</sup>	12,7±1,3	11,5±1,1
		-13,1%		-8,5%		-9,4%
<b>Μεταβλητές καρδιακής συχνότητας</b>						
Μέση ΚΣ (παλμοί/λεπτό)	159,0±7,1	154,1±3,6 <sup>1</sup>	157,4±6,9	154,2±5,9 <sup>1</sup>	159,5±7,3	156,0±7,3 <sup>1</sup>
		-3,0%		-1,9%		-2,2%
Ποσοστό της μέσης ΚΣ (%)	81,3±6,2	78,8±4,5 <sup>1</sup>	80,4±3,4	78,8±3,9 <sup>1</sup>	81,4±3,5	79,6±3,6 <sup>1</sup>
Μέγιστη ΚΣ (παλμοί/λεπτό)	182,9±4,2	183,4±4,0	184,5±4,0	183,4±3,4	184,5±3,7	184,0±3,5
		+0,2%		-0,5%		-0,3%

**Πίνακας 5. ΠΣ:** Προπονητική Συνεδρία. ΚΣ: Καρδιακή Συχνότητα. <sup>1</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές από 1ηΠΣ σε 2ηΠΣ ( $p < 0,05$ ). <sup>2</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της συνθήκης «placebo» και της συνθήκης «πρωτεΐνης ορού γάλακτος» αναφορικά με την μεταβολή μεταξύ 1ης και 2ης ΠΣ ( $p < 0,05$ ). <sup>3</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της συνθήκης «placebo» και της συνθήκης «πρωτεΐνης σόγιας» αναφορικά με την μεταβολή μεταξύ 1ης και 2ης ΠΣ ( $p < 0,05$ ). <sup>4</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της συνθήκης «πρωτεΐνης ορού γάλακτος» και της συνθήκης «πρωτεΐνης σόγιας» αναφορικά με την μεταβολή μεταξύ 1ης και 2ης ΠΣ ( $p < 0,05$ ).

## Συγκέντρωση Γαλακτικού

Στον Πίνακα 6. παρουσιάζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού μετά από κάθε προπονητική συνεδρία στις τρεις συνθήκες. Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές αμέσως μετά το τέλος των ΠΣ στις συνθήκες placebo ( $F = 227,7$ ,  $p = 0,001$ ). Πρωτεΐνη ορού γάλακτος ( $F = 178,9$ ,  $p = 0,001$ ) και Πρωτεΐνη σόγιας ( $F = 318,02$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην μεταβολή της συγκέντρωσης του γαλακτικού μεταξύ των τριών συνθηκών.

Συγκέντρωση Γαλακτικού Οξέος (mmol/L)			
1 <sup>η</sup> ΠΣ πριν	1 <sup>η</sup> ΠΣ μετά	2 <sup>η</sup> ΠΣ πριν	2 <sup>η</sup> ΠΣ μετά
<b>Placebo</b>			
1,3 ± 0,4	15,5 ± 1,8 <sup>1</sup>	1,4 ± 0,2	15,2 ± 1,9 <sup>1</sup>
<b>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</b>			
1,4 ± 0,3	15,5 ± 1,8 <sup>1</sup>	1,5 ± 0,2	15,7 ± 2,1 <sup>1</sup>
<b>Πρωτεΐνη σόγιας</b>			
1,3 ± 0,3	15,8 ± 2,2 <sup>1</sup>	1,2 ± 0,2	15,4 ± 1,3 <sup>1</sup>

Πίνακας 6. <sup>1</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις τιμές ηρεμίας σε κάθε ΠΣ ( $p < .001$ )

## Απόδοση

### Δοκιμασίες ταχύτητας

Η ταχύτητα σε σπριντ 10 μ. παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) στις τρεις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε μία μείωση στη συνθήκη Placebo ( $F = 7,845$ ,  $p = 0,041$ ) αλλά όχι στις άλλες δύο συνθήκες. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με την ταχύτητα σε σπριντ 10 μ. Η ταχύτητα σε σπριντ 30 μ. παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) και στις τρεις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση μόνο στη συνθήκη Placebo ( $F = 7,845$ ,  $p = 0,041$ ). Στο τεστ επαναλαμβανόμενων σπριντ (RSA), ο δείκτης κόπωσης παρέμεινε αμετάβλητος μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση

(πριν τη φόρτωση) στις τρεις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στις συνθήκες Placebo ( $F = 7,845$ ,  $p = 0,013$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 8,494$ ,  $p = 0,007$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 49,684$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών αναφορικά με τον δείκτη κόπωσης. Στον πίνακα 7. παρουσιάζεται η εξέλιξη των μεταβλητών ταχύτητας κατά την διάρκεια των τριών συνθηκών.

<b>Δοκιμασίες ταχύτητας</b>			
	<b>Προ-φόρτωση</b>	<b>Μετα-φόρτωση</b>	<b>24 ώρες</b>
<b>Ταχύτητα 10m (sec)</b>			
<b>Placebo</b>	1,91±0,08	1,94±0,10 +1,5%	2,02±0,13 <sup>1</sup> +5,8%
<b>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</b>	1,93±0,07	1,94±0,07 +0,5%	1,98±0,09 +2,6%
<b>Πρωτεΐνη σόγιας</b>	1,90±0,08	1,93±0,08 +1,6%	1,95±0,14 +2,6%
<b>Ταχύτητα 30m (sec)</b>			
<b>Placebo</b>	4,58±0,14	4,56±0,16 -0,4%	4,82±0,14 <sup>1</sup> +5,2%
<b>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</b>	4,59±0,17	4,57±0,18 -0,4%	4,74±0,18 <sup>1</sup> +3,3%
<b>Πρωτεΐνη σόγιας</b>	4,57±0,15	4,59±0,13 +0,4%	4,74±0,14 <sup>1,3</sup> +3,7%
<b>Δείκτης κόπωσης (%)</b>			
<b>Placebo</b>	6,39±1,23	6,43±1,16 +0,6%	7,65±1,57 <sup>1</sup> +19,7%
<b>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</b>	6,45±1,07	6,43±1,02 0%	7,32±1,27 <sup>1</sup> +13,5%
<b>Πρωτεΐνη σόγιας</b>	6,41±0,96	6,44±0,73 0%	7,43±0,80 <sup>1</sup> +15,9%

Πίνακας 7. <sup>1</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις αρχικές τιμές Προ-φόρτωσης ( $p < 0,05$ ). <sup>3</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της συνθήκης «placebo» και της συνθήκης «πρωτεΐνης σόγιας» ( $p < 0,05$ )

## Μέγιστη Δύναμη

Η μειομετρική δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος του κυρίαρχου ποδιού παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) σε όλες τις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 96,279$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 57,467$ ,  $p = 0,006$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 48,940$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών. Η μειομετρική δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος του μη κυρίαρχου ποδιού παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) σε όλες τις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 166,881$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 68,897$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 34,963$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών.

Η μειομετρική δύναμη των καμπτήρων του γόνατος του κυρίαρχου ποδιού παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) σε όλες τις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 43,741$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 31,088$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 33,781$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών. Η μειομετρική δύναμη των καμπτήρων του γόνατος του μη κυρίαρχου ποδιού παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) σε όλες τις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 48,957$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 56,359$ ,  $p = 0,006$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 105,217$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών.

Η έκκεντρη δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος του κυρίαρχου ποδιού παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) σε όλες

τις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στις συνθήκες Placebo ( $F = 13,170$ ,  $p = 0,002$ ) και Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 7,278$ ,  $p = 0,01$ ) ενώ στη συνθήκη Πρωτεΐνη Γάλακτος η δύναμη παρέμεινε αμετάβλητη. Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών. Η έκκεντρη δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος του μη κυρίαρχου ποδιού παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) σε όλες τις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 89,447$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 131,056$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 192,148$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών.

Η έκκεντρη δύναμη των καμπτήρων του γόνατος του κυρίαρχου ποδιού παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) σε όλες τις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 79,586$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 15,396$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 25,951$ ,  $p < 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών ( $F = 0,495$ ,  $p = 1,000$ ). Η έκκεντρη δύναμη των καμπτήρων του γόνατος του μη κυρίαρχου ποδιού παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) σε όλες τις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις συνθήκες Placebo ( $F = 37,156$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 27,719$ ,  $p = 0,002$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 17,732$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των τριών συνθηκών.

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζεται η εξέλιξη των μεταβλητών μέγιστης δύναμης κατά την διάρκεια των τριών συνθηκών.

## Μέγιστη Δύναμη

### Μειομετρική Δύναμη

#### Εκτεινόντες γόνατος κυρίαρχου ποδιού (Nm)

	Προ-φόρτωση	Μετα-φόρτωση	24 ώρες
Placebo	258,4±25,1	256,2±25,8	220,8±26,1 <sup>1</sup>
		-0,8%	-14,6%
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	259,0±33,4	256,3±26,8	230,7±32,4 <sup>1</sup>
		-1,0%	-10,9%
Πρωτεΐνη σόγιας	255,8±30,0	258,3±23,0	227,3±33,9 <sup>1</sup>
		+0,9%	-11,1%

#### Εκτεινόντες γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού (Nm)

Placebo	257,8±33,6	256,4±22,6	221,6±31,5 <sup>1</sup>
		-1,0%	-14,0%
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	256,9±28,7	258,7±26,2	227,3±31,1 <sup>1</sup>
		+0,7%	-11,5%
Πρωτεΐνη σόγιας	257,8±31,2	256,2±24,7	229,4±22,7 <sup>1</sup>
		-0,6%	-11,0%

#### Καμπτήρες γόνατος κυρίαρχου ποδιού (Nm)

Placebo	157,0±22,7	156,4±22,6	144,4±27,13 <sup>1</sup>
		0,0%	-9,5%
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	158,2±21,7	156,9±23,7	144,0±21,1 <sup>1</sup>
		-0,8%	-8,9%
Πρωτεΐνη σόγιας	156,2±23,9	155,4±22,6	141,8±22,3 <sup>1</sup>
		-0,5%	-9,2%

#### Καμπτήρες γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού (Nm)

Placebo	155,1±23,2	155,9±22,8	140,6±26,2 <sup>1</sup>
		+0,5%	-9,3%
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	156,7±22,4	155,5±23,8	142,4±21,5 <sup>1</sup>
		-0,8%	-9,1%
Πρωτεΐνη σόγιας	154,9±22,8	154,0±23,5	141,6±22,1 <sup>1</sup>
		-0,6%	-8,6%

## Έκκεντρη Δύναμη

#### Εκτεινόντες γόνατος κυρίαρχου ποδιού (Nm)

	Προ-φόρτωση	Μετα-φόρτωση	24 ώρες
Placebo	330,5±73,5	333,9±74,1	281,7±81,6 <sup>1</sup>
		+1,0%	-14,8%
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	332,6±72,7	331,4±72,9	289,9±80,6
		-0,4%	-12,8%
Πρωτεΐνη σόγιας	330,6±72,6	332,8±74,0	291,8±65,4 <sup>1</sup>
		+0,7%	-11,7%

#### Εκτεινόντες γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού (Nm)

Placebo	329,2±47,8	328,3±48,0	284,9±44,4 <sup>1</sup>
		-0,3%	-13,4%
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	329,7±53,8	328,6±51,3	288,4±54,5 <sup>1</sup>
		-0,3%	-12,5%
Πρωτεΐνη σόγιας	328,9±52,0	329,9±48,8	289,2±49,5 <sup>1</sup>
		+3%	-12,1%

<b>Καμπτήρες γόνατος κυρίαρχου ποδιού (Nm)</b>			
<b>Placebo</b>	193,3±31,3	192,0±32,0	154,1±31,1 <sup>1</sup>
		-0,7%	-20,3%
<b>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</b>	195,8±24,4	197,4±25,7	167,0±28,9 <sup>1</sup>
		+0,8%	-14,7%
<b>Πρωτεΐνη σόγιας</b>	196,5±24,4	194,7±20,0	164,8±23,9 <sup>1</sup>
		-0,9%	-16,1%
<b>Καμπτήρες γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού (Nm)</b>			
<b>Placebo</b>	192,7±18,7	193,5±23,4	156,4±27,8 <sup>1</sup>
		+0,4%	-18,8%
<b>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</b>	194,2±21,1	193,4±26,1	168,2±20,1 <sup>1</sup>
		-0,4%	-13,4%
<b>Πρωτεΐνη σόγιας</b>	195,4±22,1	194,0±19,6	166,5±26,4 <sup>1</sup>
	-0,4%	-0,7%	-14,7%

Πίνακας 8. <sup>1</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις αρχικές τιμές Προ-φόρτωσης ( $p < 0,05$ )

## Αλτική Ικανότητα

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζεται η εξέλιξη των μεταβλητών αλτικής ικανότητας, κατά την διάρκεια των τριών συνθηκών. Η αλτική ικανότητα παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) και στις τρεις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $z = -2,803$ ,  $p = 0,005$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $z = -2,803$ ,  $p = 0,005$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $z = -2,803$ ,  $p = 0,005$ ). Η μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε μετά την ΠΣ2 σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $z = -2,803$ ,  $p = 0,005$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $z = -2,803$ ,  $p = 0,005$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $z = -2,803$ ,  $p = 0,005$ ). Δεν υπήρξαν διαφορές μεταξύ των συνθηκών.

<b>Αλτική Ικανότητα (άλμα με υποχωρητική φάση)</b>					
	<b>Προ-φόρτωση</b>	<b>Μετα-φόρτωση</b>	<b>Μετά την ΠΣ1</b>	<b>24 ώρες</b>	<b>Μετά την ΠΣ2</b>
<b>Placebo</b>	47,1±3,4	47,6±4,3	42,7±4,1 <sup>1</sup>	43,8±3,6 <sup>1</sup>	41,1±3,4 <sup>1</sup>
		+0,1%	-9,3%	-7,0%	-12,7%
<b>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</b>	47,3±3,1	46,9±3,0	43,5±2,7 <sup>1</sup>	44,9±2,5 <sup>1</sup>	43,1±3,2 <sup>1</sup>
		-0,8%	-8,0%	-5,1%	-8,9%
<b>Πρωτεΐνη σόγιας</b>	46,9±3,2	46,5±3,1	43,5±2,8 <sup>1</sup>	44,3±2,5 <sup>1</sup>	43,1±2,6 <sup>1</sup>
		0,0%	-7,2%	-5,5%	-8,1%

Πίνακας 9. <sup>1</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις αρχικές τιμές Προ-φόρτωσης ( $p < 0,05$ )

## Μυϊκός Τραυματισμός

### Κρεατινική Κινάση

Στο Πίνακα 10 παρουσιάζεται η δραστικότητα της κρεατινικής κινάσης κατά την διάρκεια των τριών συνθηκών. Η δραστικότητα του ενζύμου παρέμεινε αμετάβλητη μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) και στις τρεις συνθήκες. Ωστόσο, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $z=-2,803$ ,  $p = 0,005$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $z=-2,803$ ,  $p = 0,005$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $z=-2,803$ ,  $p = 0,005$ ). Η μεγαλύτερη δραστικότητα παρατηρήθηκε 48 ώρες μετά την ΠΣ1 σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $z=-2,803$ ,  $p = 0,005$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $z=-2,803$ ,  $p = 0,005$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $z=-2,803$ ,  $p = 0,005$ ). Δεν υπήρξαν διαφορές στις συγκεντρώσεις μεταξύ των συνθηκών.

Κρεατινική Κινάση (IU)				
	Προ-φόρτωση	Μετά-φόρτωση	24 ώρες	48 ώρες
<b>Placebo</b>	222,5±94,8	213,7±91,2	454,9±171,1 <sup>1</sup>	536,3±205,5 <sup>1</sup>
		-4%	+109%	+141%
<b>Πρωτεΐνη ορού γάλακτος</b>	226,8±93,8	229,2±64,9	440,2±169,8 <sup>1</sup>	453,4±242,07 <sup>1</sup>
		+1%	+94%	+117%
<b>Πρωτεΐνη σόγιας</b>	215,3±85,2	217,2±81,9	438,4±154,2 <sup>1</sup>	482,3±170,2 <sup>1</sup>
		+1%	+104%	+124%

Πίνακας 10. <sup>1</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις αρχικές τιμές Προ-φόρτωσης ( $p<0,05$ ).



## Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος (DOMS)

Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (DOMS) των εκτεινόντων του γονάτου παρέμεινε αμετάβλητος μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) και στις τρεις συνθήκες Placebo. Ωστόσο, 3 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε αύξηση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $p = 0,007$ ,  $F = 23,765$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $p = 0,005$ ,  $F = 69,671$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $p = 0,002$ ,  $F = 45,770$ ). Επίσης, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε αύξηση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 118,583$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 118,583$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $p < 0,001$ ). Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε 48 ώρες μετά την ΠΣ1 σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 118,583$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 118,583$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 118,583$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν υπήρξαν διαφορές στις συγκεντρώσεις μεταξύ των συνθηκών ( $p = 1,000$ ,  $F = 0,075$ ). Η DOMS των καμπτήρων του γόνατος παρέμεινε αμετάβλητος μετά τη φόρτωση σε σχέση με την αρχική μέτρηση (πριν τη φόρτωση) και στις τρεις συνθήκες. Ωστόσο, 3 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε αύξηση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $p = 0,001$ ,  $F = 42,961$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $p = 0,001$ ,  $F = 37,744$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $p = 0,001$ ,  $F = 83,587$ ). Επίσης, 24 ώρες μετά την ΠΣ1 παρατηρήθηκε αύξηση σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 69,845$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 69,845$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 69,845$ ,  $p = 0,001$ ). Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε 48 ώρες μετά την ΠΣ1 σε όλες τις συνθήκες: Placebo ( $F = 69,845$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Γάλακτος ( $F = 69,845$ ,  $p = 0,001$ ), Πρωτεΐνη Σόγιας ( $F = 69,845$ ,  $p = 0,001$ ). Δεν υπήρξαν διαφορές στις συγκεντρώσεις μεταξύ των συνθηκών. Στον Πίνακα 11 παρουσιάζεται η εξέλιξη του καθυστερημένου μυϊκού πόνου κατά την διάρκεια των τριών συνθηκών.

<b>Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος (DOMS)</b>					
	<b>Προ-φόρτωση</b>	<b>Μετα-φόρτωση</b>	<b>3 ώρες μετά ΠΣ1</b>	<b>24 ώρες μετά ΠΣ1</b>	<b>48 ώρες μετά ΠΣ1</b>
<b>Εκτεινόντες γόνατος, Κυρίαρχο πόδι</b>					
Placebo	1,0±0,0	1,0±0,0	2,3±0,8 <sup>1</sup>	2,9±0,7 <sup>1</sup>	3,2±0,9 <sup>1</sup>
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	1,0±0,0	1,0±0,0	2,4±0,8 <sup>1</sup>	2,8±0,6 <sup>1</sup>	3,1±0,7 <sup>1</sup>
Πρωτεΐνη Σόγιας	1,0±0,0	1,0±0,0	2,3±0,7 <sup>1</sup>	3,0±0,7 <sup>1</sup>	3,2±0,6 <sup>1</sup>
<b>Καμπτήρες γόνατος, Κυρίαρχο πόδι</b>					
Placebo	1,0±0,0	1,0±0,0	2,7±0,5 <sup>1</sup>	3,2±0,8 <sup>1</sup>	3,6±0,7 <sup>1</sup>
Πρωτεΐνη ορού γάλακτος	1,0±0,0	1,0±0,0	2,9±0,7 <sup>1</sup>	3,3±0,8 <sup>1</sup>	3,5±1,0 <sup>1</sup>
Πρωτεΐνη Σόγιας	1,0±0,0	1,0±0,0	2,8±0,6 <sup>1</sup>	3,4±0,8 <sup>1</sup>	3,7±0,8 <sup>1</sup>

Πίνακας 11. <sup>1</sup>Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις αρχικές τιμές Προ-φόρτωσης ( $p < 0,05$ ).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κύριος στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει και να συγκρίνει τις επιδράσεις δύο διαφορετικών συμπληρωμάτων πρωτεΐνης (ορού γάλακτος και σόγιας), σε δείκτες ασκησιογενούς μυϊκής βλάβη και απόδοσης κατά τη διάρκεια δύο προπονητικών συνεδριών αντοχής στην ταχύτητα με το χρονικό διάστημα μεταξύ αυτών να μην ξεπερνά τις 48 ώρες.

Το προπονητικό πρωτόκολλο αποτελούνταν από 8 επαναλήψεις με χρόνο έργου ανά επανάληψη 30 δευτερόλεπτα, η αναλογία έργου αποκατάστασης ήταν 1:5 και η ένταση ήταν μέγιστη καθ όλη τη διάρκεια των επαναλήψεων όπως και σε προηγούμενες προπονητικές μελέτες (Ade et al., 2014; Bangsbo, Gunnarsson, Wendell, Nybo, & Thomassen, 2009; Fransson, Nielsen, et al., 2018; Mohr & Krustrup, 2016). Η αναλογία αυτή έργου αποκατάστασης είναι η μικρότερη που αναφέρεται στη μέχρι τώρα υπάρχουσα βιβλιογραφία για προπόνηση αντοχής στη ταχύτητα (Fransson, Nielsen, et al., 2018). Το προπονητικό πρωτόκολλο εμπειρίχε σπριντ, αλλαγές κατεύθυνσης, πάσες και σουτ.

Ο πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης περιελάμβανε δύο προπονήσεις αντοχής στην ταχύτητα η μία να διαδέχεται την άλλη με μια ημέρα κενό ανάμεσά τους και διεξήχθησαν αμέσως μετά την 7-ήμερη περίοδο φόρτωσης με το συμπλήρωμα διατροφής. Η παρούσα μελέτη, είναι η πρώτη που εξετάζει την επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης σόγιας και τη συγκρίνει με την πρωτεΐνη ορού γάλακτος σε δείκτες απόδοσης και μυϊκού τραυματισμού σε προπονητικό μοντέλο αντοχής στην ταχύτητα στο ποδόσφαιρο.

Οι συμμετέχοντες ήταν ημί-επαγγελματίες ποδοσφαιριστές, με αρκετά καλό προφίλ φυσικής κατάστασης (Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2, Yo-Yo Intermittent Recovery Level 2). Σχετικά με την αερόβια ικανότητα στο

επαγγελματικό ποδόσφαιρο έχει αναφερθεί ότι τιμές μεταξύ 57 και 62 ml/kg/min καλύπτουν τις απαιτήσεις του αθλήματος (Bangsbo, Michalsik, & Petersen, 1993; Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000; Tonnessen, Hem, Leirstein, Haugen, & Seiler, 2013). Οι αποστάσεις που καλύφθηκαν στο Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 και στο Yo-Yo Intermittent Recovery Level 2 test ήταν παραπλήσιες ελίτ ποδοσφαιριστών (Bangsbo & Mohr, 2011; Mohr et al., 2016).

Από την ανάλυση των επιβαρύνσεων φάνηκε πως συμπίπτουν με αυτά προηγούμενων μελετών (Tzatzakis et al., 2019; Mohr & Krstrup 2016, Castagna et al., 2017; Mohr et al., 2016, Fransson, Nielsen, et al., 2018; Mohr et al., 2007). Η οξεία προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα επηρεάζει όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της μελέτης αρνητικά την απόδοση προκαλώντας ασκησιογενή μυϊκή φλεγμονή και πτώση στην απόδοση όπως φαίνεται στην ΠΣ2 μετά την ΠΣ1. Αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη όταν ενσωματώνονται τέτοιου είδους προπονητικές μονάδες κατά τη διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού μικρόκυκλου.

Άλλες μελέτες στη βιβλιογραφία επιβεβαιώνουν ότι απαιτεί παρατεταμένη ανάκτηση (~ 48 ώρες) για βέλτιστη αναγέννηση και αποκατάσταση, καθώς και την προώθηση προσαρμογών και τη μείωση του κινδύνου τραυματισμού (Tzatzakis et al., 2019).

### **Επίδραση των συμπληρωμάτων πρωτεΐνης ορού γάλακτος και σόγιας**

Η παρούσα μελέτη, είναι η πρώτη που εξετάζει την επίδραση της χορήγησης πρωτεΐνης ορού γάλακτος και σόγιας σε προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα, χρησιμοποιώντας ως δείκτες απόδοσης, δεδομένα που αφορούν την αγωνιστική δραστηριότητα που αποδίδουν οι μονάδες GPS. Τα αποτελέσματα αυτά, δείχνουν ότι υπήρξε πτώση της μέγιστης ταχύτητας και στις τρεις συνθήκες στην ΠΣ2 σε σχέση με την ΠΣ1. Ωστόσο θα πρέπει να σταθούμε στο γεγονός ότι η μέγιστη ταχύτητα μειώθηκε περισσότερο στη συνθήκη του PL σε σύγκριση με τον ΟΓ και την ΣΟ. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούμε και για τη μέση ταχύτητα. Όσον

αφορά τις αποστάσεις που καλύφθηκαν σε συγκεκριμένες ζώνες ταχύτητας υπήρξε σημαντική μείωση στην απόσταση που διανύθηκε με ταχύτητες >21.00 km/h και > 14 km/h, οι συνθήκες με λήψη πρωτεΐνης παρουσίασαν πιο περιορισμένη μείωση στην ΠΣ2 (συγκριτικά με την ΠΣ1) σε σχέση με τη συνθήκη placebo. Επιπλέον, σημειώθηκε πτώση του αριθμού των έντονων επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων στην δεύτερη σε σχέση με την πρώτη προπονητική συνεδρία με όλες τις συνθήκες να προκαλούν παρόμοια μεταβολή. Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίστηκαν και στην μεταβολή της καρδιακής συχνότητας. Συνεπώς, η πιο περιορισμένη μείωση της ταχύτητας και η μικρότερη αύξηση στον δείκτη κόπωσης στην ΠΣ2 στις συνθήκες Πρωτεΐνη Γάλακτος και Πρωτεΐνη Σόγιας σε σύγκριση με το Placebo, πιθανόν υποδεικνύουν ίσως καλύτερη ικανότητα αποκατάστασης από την ΠΣ1, καταφέροντας να διατηρήσουν σε υψηλότερα ποσοστά την ένταση και τις προπονητικές επιβαρύνσεις στην ΠΣ2.

Υπάρχει πληθώρα μελετών στη βιβλιογραφία που έχει εξετάσει την επίδραση της χορήγησης συμπληρωμάτων πρωτεΐνης σε δείκτες απόδοσης, είτε με χρόνια προπονητικά πρωτοκόλλα είτε με οξείες προπονητικές παρεμβάσεις. Συμπληρωματική χορήγηση μίγματος πρωτεΐνης ορού γάλακτος με υδατάνθρακες συγκριτικά μόνο με υδατάνθρακες σε πρωτόκολλο οξείας παρέμβασης έκκεντρων συστολών με αντιστάσεις για τα κάτω άκρα σε απροπόνητα άτομα, φάνηκε να περιορίζει τη μείωση της ισομετρικής, μειομετρικής και έκκεντρης δύναμης των καμπτήρων του γόνατος για την ομάδα που κατανάλωσε το πρωτεϊνούχο ρόφημα (Cooke et al., 2010). Σε άλλη προπονητική μελέτη διάρκειας 12 εβδομάδων σε απροπόνητα πάλι άτομα, που χρησιμοποίησε πρωτόκολλο με αντιστάσεις και δοσολογία πρωτεΐνης 24γρ. πριν και μετά την προπόνηση, παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση της δύναμης στο γκρουπ που κατανάλωσε πρωτεΐνη σε σύγκριση με το placebo (Jang et al., 2017). Από την άλλη οι Lockwood et al., 2017 έκαναν σύγκριση διαφόρων τύπων πρωτεΐνης ορού γάλακτος με placebo σε μελέτη διάρκειας 8 εβδομάδων σε προπονημένα

άτομα και παρατήρησαν παρόμοια αύξηση στη δύναμη μεταξύ των συνθηκών. Αντίστοιχη μελέτη 12 εβδομάδων με πρωτόκολλο αντιστάσεων που διεξήχθη σε ποδοσφαιριστές με δοσολογία πρωτεΐνης 42 γρ. κατανάλωσης το πρωί και 84 γρ. κατανάλωσης αμέσως μετά από κάθε προπόνηση, έδειξε σημαντική αύξηση στη δύναμη σε πιέσεις πάγκου και κάθισμα. Μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε στο κάθισμα στη συνθήκη πρωτεΐνης σε σύγκριση με το placebo (Hoffman et al., 2007). Επίσης σε μελέτη που χορηγήθηκε 500ml γάλα μετά από πρωτόκολλο που προκάλεσε ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό σε ισοκινητικό δυναμόμετρο, τα αποτελέσματα δεν ήταν θετικά για την χορήγηση γάλακτος σε δείκτες απόδοσης σε σύγκριση με το εικονικό σκεύασμα (Cockburn et al., 2010). Επιπλέον σε μελέτη, της οποίας το ασκησιογενές ερέθισμα ήταν ένας ποδοσφαιρικός αγώνας και χορηγήθηκε σε μία δόση σοκολατούχο γάλα που περιείχε 28 γραμμάρια πρωτεΐνης, αποδείχτηκε πως τόσο το γάλα όσο και το εικονικό σκεύασμα ίσης ενέργειας δεν επηρέασαν σημαντικά το κάθετο άλμα και την ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων (Gilson et al., 2010). Σε μια άλλη μελέτη στην οποία έγινε σύγκριση μιας ζωικής με μια φυτική πρωτεΐνη (ορού γάλακτος και ρυζιού), διάρκειας 8 εβδομάδων με πρωτόκολλο αντιστάσεων και δοσολογία 48γρ. πρωτεΐνης αμέσως μετά την προπόνηση, οι ερευνητές παρατήρησαν αύξηση στη δύναμη, την ισχύ και την άλιπη μάζα, χωρίς διαφορές ανάμεσα στα δυο γκρουπ (Joy et al., 2013). Σε μελέτη που σύγκρινε την πρωτεΐνη σόγιας με δύο μορφές πρωτεΐνης ορού γάλακτος και τη χορήγηση λευκίνης σε μελέτη 12 εβδομάδων με αντιστάσεις, βρέθηκαν παρόμοιες αυξήσεις χωρίς διαφορές στη δύναμη μεταξύ των ομάδων (Mobley et al., 2017). Παρόμοια μελέτη σε υπέρβαρους άντρες δεν έδειξε διαφορές μεταξύ ορού γάλακτος, σόγιας και placebo στην αύξηση της δύναμης (Denysschen et al., 2009). Αντιθέτως σε μελέτη που χορηγήθηκε πρωτεΐνη σόγιας για 4 συνεχόμενες εβδομάδες 2 φορές την ημέρα από 25γρ. σε προπονημένους αθλητές, προκαλώντας μυϊκό τραυματισμό μετά από 100 συνεχόμενα άλματα από κουτί (drop jumps), παρατηρήθηκε γρηγορότερη ανάκαμψη στην ισομετρική

δύναμη καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος και των δύο ποδιών σε σύγκριση με το εικονικό συμπλήρωμα (Shenoy et al., 2016).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης ορού γάλακτος και πρωτεΐνης σόγιας χωρίς τη μεσολάβηση προπονητικής παρέμβασης για μια εβδομάδα, κατά την περίοδο προ-φόρτωσης δεν επηρεάζουν τους δείκτες απόδοσης και δείκτες μυϊκού τραυματισμού. Αντιθέτως, στις δοκιμασίες απόδοσης φάνηκε ότι οι δύο πρωτεΐνες βοήθησαν στη διατήρηση της ταχύτητας στα 10 μ., ενώ υπήρξε πτώση στη συνθήκη PL 24 ώρες μετά την ΠΣ1. Από την άλλη στην ταχύτητα των 30μ., παρά την πτώση στην ίδια χρονική στιγμή για όλες τις συνθήκες σημειώθηκε μεγαλύτερη πτώση στη συνθήκη PL από την ΣΟ. Στη μέγιστη δύναμη η τιμή της έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του κυρίαρχου μέλους έμεινε αμετάβλητη στις 24 ώρες μετά την ΠΣ1 για την συνθήκη ΟΓ, ενώ πτώση της απόδοσης παρατηρήθηκε για τις άλλες δύο συνθήκες. Από την άλλη στη μειομετρική δύναμη καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος παρατηρήθηκε πτώση στις 24 ώρες μετά την ΠΣ1 σε όλες τις συνθήκες. Παρόλα αυτά, η έκκεντρη δύναμη των καμπτήρων του κυρίαρχου ποδιού μειώθηκε την ίδια χρονική στιγμή για τη συνθήκη PL κατά 20,3%, σε σύγκριση με τη συνθήκη ΟΓ και ΣΟ στις οποίες η μείωση ήταν 14,7% και 16,1% αντίστοιχα, χωρίς όμως να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά. Η αλτική ικανότητα φαίνεται να είναι μειωμένη σε όλες τις συνθήκες 24 ώρες μετά την ΠΣ1 επίσης.

Σχετικά με τον ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό που προκλήθηκε κατά τη διάρκεια των προπονητικών συνεδριών η μεγάλη μείωση της δύναμης 24 ώρες μετά την ΠΣ1, η αύξηση του δείκτη DOMS καθώς και η αύξηση των επιπέδων του ενζύμου της κρεατινικής κινάσης με κορύφωση στις 48 ώρες μετά την ΠΣ1 επιδεικνύουν το μέγεθος του μυϊκού τραυματισμού που προκλήθηκε από το συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Σαφώς η δραστηριότητα της κρεατινικής κινάσης κατά την κορύφωσή της για τις συνθήκες PL, ΟΓ και ΣΟ αντίστοιχα, δεν αγγίζουν σε καμία περίπτωση τα επίπεδα που η βιβλιογραφία έχει υποδείξει 48 ώρες μετά από έναν

αγώνα ποδοσφαίρου (Draganidis et al., 2015; Fatouros et al., 2010; Ispiridis et al., 2008; Poullos et al., 2018). Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου προπονητικού πρωτοκόλλου δεν μπορούν να συγκριθούν με αυτά ενός αγώνα γιατί υπήρξε μικρότερος συνολικός προπονητικός όγκος και υποδεέστερο σε ποσότητα το στοιχείο των έκκεντρων συστολών από επιβραδύνσεις, επιταχύνσεις και σουτ, συνεπώς δεν ήταν ικανό το συγκεκριμένο πρωτόκολλο να δημιουργήσει περαιτέρω ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό. Παρ' όλα αυτά μελέτες με παρόμοια προπονητικά πρωτόκολλα έχουν υποδείξει όμοια επίπεδα ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού όπως έχει φανεί από τα επίπεδα δραστηριότητας του ενζύμου της κρεατινικής κινάσης, αλλά και του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (Tzatzakis et al. 2019).

Σε μελέτη που χορηγήθηκαν αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας BCAA σε αναλογία (3:1:2) λευκίνης, ισολευκίνης και βαλίνης αντίστοιχα, σε ποσότητα 0,22 γρ/κιλό σωματικού βάρους την ημέρα, φάνηκε να υπάρχει περιορισμός της αίσθησης του μυϊκού πόνου και της δραστηριότητας της CK για την συνθήκη των αμινοξέων σε σύγκριση με το εικονικό συμπλήρωμα στις 48 και 72 ώρες μετά από παρέμβαση έκκεντρης άσκησης με αντιστάσεις (VanDusseldorp et al., 2018). Παρόμοια αποτελέσματα έδειξε ακόμα μια μελέτη σχετικά με την χορήγηση BCAA και την επίδραση τους σε δείκτες μυϊκής βλάβης όπως CK και Mb, όπως και στον καθυστερημένο μυϊκό πόνο, καθώς υπήρξε μείωση των δεικτών αυτών με τη χορήγηση των αμινοξέων (Nosaka, Sacco, & Mawatari, 2006). Παρόμοια έκβαση είχε και η μελέτη των Sharp & Pearson, παρατηρώντας μειωμένες τιμές τις CK κατά τη χορήγηση BCAA μετά από πρωτόκολλο με αντιστάσεις, σε σύγκριση με το εικονικό σκεύασμα (Sharp & Pearson, 2010). Σε αντίθεση ωστόσο έρχονται τα αποτελέσματα μιας άλλης μελέτης που ενώ κατέληξε σε θετική επίδραση των BCAA όσο αναφορά το αίσθημα του μυϊκού πόνου, τα αποτελέσματα ωστόσο για τους βιοχημικούς δείκτες CK και Mb δε φάνηκαν να δείχνουν περιορισμό στη μεταβολή τους με τη χορήγηση των αμινοξέων (Jackman, Witard,



Jeukendrup, & Tipton, 2010). Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης υπάρχει αύξηση του δείκτη DOMS 24 και 48 ώρες μετά την ΠΣ1, χωρίς να υπάρχει διαφορά μεταξύ των συνθηκών. Τα ευρήματα αυτά συμφωνούν με προηγούμενες μελέτες ως προς την ασθενή επιρροή των πρωτεϊνικών συμπληρωμάτων στο δείκτη DOMS (Poulios et al., 2018; Betts et al., 2009; Cockburn et al., 2010; Cockburn et al., 2013; Gilson et al., 2010), έρχεται όμως σε αντιπαράθεση με τα ευρήματα της μελέτης των (Shenoy et al., 2016). Στη συγκεκριμένη μελέτη όσον αναφορά τον μυϊκό τραυματισμό 4 εβδομάδες χορήγησης με πρωτεΐνη σόγιας ήταν αρκετές για να φανούν θετικές επιδράσεις στην εμφάνιση μειωμένων τιμών σε δείκτες μυϊκής βλάβης, φλεγμονής και οξειδωτικού στρες σε σύγκριση με το εικονικό συμπλήρωμα. Η πρωτεΐνη σόγιας φάνηκε να περιορίζει τους δείκτες CRP και CK. Τα παραπάνω ευρήματα συγκλίνουν στην άποψη πως ένα συμπλήρωμα πρωτεΐνης ορού γάλακτος ή πρωτεΐνης σόγιας μπορεί να δημιουργήσει ένα αναβολικό περιβάλλον δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για καλύτερη απόδοση. Στην παρούσα μελέτη η κρεατινική κινάση αυξήθηκε 24 ώρες μετά την ΠΣ1 σε ποσοστά 109%, 94% και 104% για τις συνθήκες PL, ΟΓ και ΣΟ αντίστοιχα. Έχουν ενδιαφέρον όμως οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις στις 48 ώρες μετά την ΠΣ1. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε αύξηση 141%, 117% και 124% για τις συνθήκες PL, ΟΓ και ΣΟ αντίστοιχα, χωρίς όμως να βρεθεί κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών. Άλλες μελέτες επίσης έδειξαν πως η συμπληρωματική λήψη πρωτεΐνης επηρεάζει δείκτες μυϊκής βλάβης, προκαλώντας περιορισμό στην αύξηση της CK (Arent et al., 2010; Gilson et al., 2010), αλλά και της Mb (Naclerio et al., 2014). Ωστόσο, υπήρξαν ερευνητικές μελέτες στις οποίες δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των ομάδων ελέγχου και των ομάδων που τους χορηγήθηκε συμπλήρωμα πρωτεΐνης σε δείκτες μυϊκής βλάβης (Betts et al., 2009; Cockburn et al., 2013; Cockburn et al., 2010; Naclerio et al., 2014).

Η αυξημένη διαθεσιμότητα των αμινοξέων, ιδιαίτερα BCAA, που παρέχεται από την πρόσληψη πρωτεΐνης διεγείρει μέσω ενεργοποίησης ενδοκυτταρικών μονοπατιών, πρωτεΐνες

που εμπλέκονται στον στόχο της ραπαμυκίνης (mTOR) και στη συνέχεια ρυθμιστικούς παράγοντες ενεργοποίησης των δορυφόρων κυττάρων. Ως εκ τούτου, δημιουργείται ένα περισσότερο αναβολικό περιβάλλον εντός του σκελετικού μυός με ταυτόχρονη εξασθένηση της πρωτεϊνικής αποικοδόμησης, επιταχύνοντας έτσι τον πολλαπλασιασμό των δορυφόρων κυττάρων που αποτελούν τον κυρίαρχο μηχανισμό μέσω του οποίου ενισχύεται κατά την χορήγηση πρωτεΐνης η επισκευή και η αναδιαμόρφωση των ιστών μετά από EIMD. Επιπλέον, συμπληρώματα πρωτεΐνης και BCAA παρέχουν αμινοξέα που περιέχουν θείο τα οποία δρουν ως πρόδρομοι για τη σύνθεση της γλουταθειόνης (GSH) κάτι το οποίο μπορεί να αποτρέψει την διαταραχή της οξειδοαναγωγικής κατάστασης, μετριάζοντας τις φλεγμονώδεις αντιδράσεις και το οξειδωτικό στρες και ενισχύοντας την ανάκτηση των μυών (Poulios et al., 2019).

### **Σύγκριση πρωτεΐνης ορού γάλακτος και πρωτεΐνης σόγιας**

Οι φυτικές πρωτεΐνες όπως η πρωτεΐνη σόγιας μπορεί να έχουν κάποια πλεονεκτήματα έναντι των ζωικών πρωτεϊνών, όπως η μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα. Από την άλλη υπάρχει μια γενική άποψη στην επιστημονική κοινότητα της αθλητικής διατροφής ότι οι ζωικές πρωτεΐνες και η πρωτεΐνη του ορού γάλακτος ειδικότερα, είναι πιο αποτελεσματικές στην μυϊκή υπερτροφία ως απάντηση στο προπονητικό ερέθισμα (Devries & Phillips, 2015; Hulmi, Lockwood, & Stout, 2010; van Vliet, Burd, & van Loon, 2015). Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος θεωρείται από πολλούς ότι είναι ανώτερη από την πρωτεΐνη σόγιας στην υπερτροφία και την αύξηση της δύναμης κάτι το οποίο δεν προκαλεί έκπληξη δεδομένου των αποτελεσμάτων των μελετών οξείας παρέμβασης που παρακολούθησαν τις αλλαγές στη σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών (MPS) σε διάστημα 3-4 ωρών σε νεαρά και ηλικιωμένα άτομα συγκρίνοντας τον ορό γάλακτος με τη σόγια. (Gran, et al., 2014; Mitchell et al., 2015; Rittig, et al., 2017; Tang et al., 2009; Wilkinson et al., 2007; Yang et al., 2012) Υπάρχουν μελέτες που επικεντρώθηκαν σε δείκτες της MPS όπως η φωσφορυλίωση της ριβοσωμικής πρωτεΐνης S6 κινάσης βήτα-1 (p70S6 κινάση) . (Gran, et al., 2014; Mitchell et

al., 2015) ή ο μηχανικός στόχος της ραπαμυκίνης (mTOR) (Gran, et al., 2014; Rittig, et al., 2017).

Μπορεί να υπάρχουν διάφοροι πιθανοί παράγοντες, όπως η μεγαλύτερη συσταμική διαθεσιμότητα αμινοξέων (Devries, et al., 2015), που αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο αποτέλεσμα της πρωτεΐνης ορού γάλακτος σε σύγκριση με την πρωτεΐνη σόγιας σε MPS. Ωστόσο, μεγάλο μέρος της διαφοράς μεταξύ των δύο πρωτεϊνών είναι πιθανόν να αποδοθεί στην υψηλότερη περιεκτικότητα λευκίνης στην πρωτεΐνη ορού γάλακτος (Tang, et al., 2009). Η λευκίνη, ένα από τα τρία αμινοξέα διακλαδισμένης αλυσίδας (BCAA), έχει διερευνηθεί εκτενώς για την ικανότητά της να ενεργοποιεί μηχανισμούς MPS. Συγκεκριμένα, η λευκίνη ενεργοποιεί την MPS μέσω του συμπλόκου mTOR1 (mTORC1) (Anthony, et al., 2000) και πιθανώς επίσης μέσω ανεξάρτητης με mTORC1 διεργασίας (Bolster, et al., 2004). Η αναγνώριση του σημαντικού ρόλου της λευκίνης στη διέγερση της MPS έχει προκαλέσει την υπόθεση "ουδού λευκίνης", η οποία αναφέρεται στην πρόσληψη λευκίνης που απαιτείται για να επιτευχθεί συγκέντρωση μυϊκής ενδοκυτταρικής λευκίνης που ενεργοποιεί μια ισχυρή αύξηση σε MPS μετά την κατανάλωση πρωτεϊνών (Phillips 2014; Katsanos, et al., 2006). Η Διεθνής Εταιρεία Αθλητικής Διατροφής (ISSN) συνιστά το γεύμα μετά την άσκηση να περιέχει έως και 3 γρ. λευκίνης εκτός από μια ισορροπημένη ποσότητα απαραίτητων αμινοξέων (Jäger, et al., 2017). Οι οξείες μελέτες έχουν υποδείξει ότι η πρωτεΐνη σόγιας διεγείρει την MPS σε μικρότερη έκταση από την πρωτεΐνη του ορού γάλακτος (Gran, et al., 2014; Mitchell et al., 2015; Rittig κ.ά. Tang et al., 2009; Wilkinson et al., 2007; Yang et al., 2012). Η αλήθεια είναι ότι η σόγια ως πηγή πρωτεΐνης έχει υποστεί μεγάλη κριτική για την ικανότητα συνεισφοράς της στην αύξηση της δύναμης και της άλιπης μάζας διότι οι ισοφλαβόνες που υπάρχουν φυσικά στη σόγια λέγεται ότι εμποδίζουν με κάποιον τρόπο την ενεργοποίηση του mTOR (Jäger, et al., 2017). Είναι ενδιαφέρον ότι πράγματι υπάρχουν δύο μελέτες που έχουν δείξει ότι οι ισοφλαβόνες αναστέλλουν τον mTOR (Cederroth, et al.,

2008; Liu et al., 2015). Ωστόσο, και οι δύο διεξήχθησαν σε ποντίκια. Έτσι είναι φυσικό να διατηρούμε μεγάλες επιφυλάξεις για την διάδοση των ευρημάτων αυτών ως συμπεράσματα για τους ανθρώπους (Liu et al., 2015), διότι τα ποντίκια δεν είναι το καλύτερο μοντέλο για την κατανόηση των επιδράσεων των ισοφλαβονών στους ανθρώπους, λόγω του ότι μεταβολίζουν τις ισοφλαβόνες πολύ διαφορετικά. Συμπεράσματα πρόσφατου ανασκοπικού άρθρου, καταλήγουν στο ότι η συμπλήρωση των ισοφλαβονών που περιέχει η πρωτεΐνη σόγιας, οδηγούν σε παρόμοια κέρδη στην μυϊκή δύναμη και την άλιπη μάζα σε σύγκριση με την πρωτεΐνη ορού γάλακτος ενώ μπορεί να έχουν αντιφλεγμονώδη δράση (Messina, Lynch, Dickinson, & Reed, 2018).

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τα μέχρι τώρα δεδομένα είναι γνωστή η ανάγκη εύρεσης τρόπων ενίσχυσης της αποκατάστασης της απόδοσης, μετά τις έντονες και επαναλαμβανόμενες προπονήσεις ή και τους αγώνες που είναι πάνω από ένας πολλές φορές κατά τη διάρκεια ενός προπονητικού μικρόκυκλου και προκαλούν ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό, λόγω των κινητικών προτύπων που περιλαμβάνουν έντονα το στοιχείο της έκκεντρης συστολής. Η άμεση ανταπόκριση του οργανισμού μετά από ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό και η αύξηση του οξειδωτικού στρες μέσω της φλεγμονώδους απόκρισης και της ενεργοποίησης του ανοσοποιητικού, αποσκοπούν στην επαναφορά του οργανισμού σε κατάσταση ομοιόστασης. Η μειωμένη λειτουργική ικανότητα και απόδοση λόγω της εκτεταμένης αυτής μυϊκής βλάβης διαρκεί συνήθως όπως έχει προαναφερθεί έως και 72 ώρες. Η μεγάλη ανάγκη λοιπόν για ανάκτηση της απόδοσης μετά από ένα τέτοιο στρες λόγω των υψηλών απαιτήσεων των ομαδικών αθλημάτων, όπως το ποδόσφαιρο σε υψηλό επίπεδο έχει στρέψει τους προπονητές και επιστήμονες στη διερεύνηση της χορήγησης συμπληρωμάτων και στην ικανότητά τους να βελτιώσουν την απόδοση και την αποκατάσταση των αθλητών γιατί είναι γνωστό πως η

σύγχρονη προπονητική τάση, απαιτεί ιδιαίτερα έντονες προπονήσεις που προσομοιώνουν συνθήκες αγώνα. Όπως είδαμε και παραπάνω πράγματι μεγάλο μέρος της βιβλιογραφίας έχει δείξει αρκετά ενθαρρυντικά αποτελέσματα για τη χορήγηση αμινοξέων όπως μεμονωμένα λευκίνη και BCAA. Παρόμοια αποτελέσματα όσο αναφορά την αποκατάσταση, τη βελτίωση της απόδοσης αλλά και τη σωματική σύσταση των αθλητών φαίνεται να έχει και η χορήγηση πρωτεΐνης ορού γάλακτος και πρωτεΐνης σόγιας.

Στην παρούσα μελέτη χορηγήθηκε συμπληρωματική ποσότητα πρωτεΐνης για μια εβδομαδιαία περίοδο προ-φόρτωσης και μεταξύ δύο προπονητικών συνεδριών αντοχής στην ταχύτητα. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως δεν υπήρξαν διαφορές στην απόδοση και τον μυϊκό τραυματισμό από τη φόρτωση με τα συμπληρώματα. Παρατηρήθηκε πτώση της κινητικής δραστηριότητας όπως έδειξαν οι μονάδες GPS μεταξύ ΠΣ1 και ΠΣ2, αλλά και πτώση της απόδοσης και αύξηση της μυϊκής βλάβης μετά την ΠΣ1. Ωστόσο τα σημαντικά ευρήματα της μελέτης είναι ότι υπήρξε περιορισμός της πτώσης της ταχύτητας για τις δύο πρωτεΐνες σε σύγκριση με το εικονικό σκεύασμα, διατήρηση της απόδοσης της ταχύτητας 10 και 30 μ. 24 ώρες μετά την ΠΣ1 για τις συνθήκες των πρωτεϊνών (συγκριτικά με την πτώση που παρατηρήθηκε στη συνθήκη placebo). Προτείνεται φυσικά σε μελλοντικές έρευνες να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερος αριθμός δείγματος για πιο ασφαλή συμπεράσματα.

Συμπερασματικά λαμβάνοντας υπ όψιν συνολικά και τα δεδομένα που υπάρχουν στη βιβλιογραφία, θα μπορούσε να αναφερθεί πως τόσο η απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος όσο και η απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας φαίνεται να έχουν θετικές επιδράσεις στην αποκατάσταση των μυών μετά από ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό. Η πρωτεΐνη σόγιας θα μπορούσε να αποτελέσει μια εναλλακτική επιλογή συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης για αθλητές μιας και φαίνεται να μην υστερεί σε σύγκριση με ζωικές πρωτεΐνες, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί μια πιο οικονομική και οικολογική επιλογή.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ade. J. D., Harley. J. A., & Bradley. P. S. (2014). Physiological response, time-motion characteristics, and reproducibility of various speed-endurance drills in elite youth soccer players: small-sided games versus generic running. *Int J Sports Physiol Perform.* 9(3). 471-479. doi: 10.1123/ijsp.2013-0390
- Alegre. L. M., Ferri-Morales. A., Rodriguez-Casares. R., & Aguado. X. (2014). Effects of isometric training on the knee extensor moment-angle relationship and vastus lateralis muscle architecture. *Eur J Appl Physiol.* 114(11). 2437-2446. doi: 10.1007/s00421-014-2967-x
- Andersson. H., Ekblom. B., & Krstrup. P. (2008). Elite football on artificial turf versus natural grass: movement patterns, technical standards, and player impressions. *J Sports Sci.* 26(2). 113-122. doi: 10.1080/02640410701422076
- Anthony, J. C., Yoshizawa, F., Anthony, T. G., Vary, T. C., Jefferson, L. S., & Kimball, S. R. (2000). Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. *J Nutr.* 130(10), 2413-2419. doi: 10.1093/jn/130.10.2413
- Aoi. W., Naito. Y., Takamami. Y., Kawai. Y., Sakuma. K., Ichikawa. H., . . . Yoshikawa. T. (2004). Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. *Free Radic Biol Med.* 37(4). 480-487. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2004.05.008
- Arent, S. M., Pellegrino, J. K., Williams, C. A., Difabio, D. A., & Greenwood, J. C. (2010). Nutritional supplementation, performance, and oxidative stress in college soccer players. *J Strength Cond Res.* 24(4), 1117-1124. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cb70b8
- Bangsbo. J. (1994). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl.* 619. 1-155.
- Bangsbo. J. (2015). Performance in sports--With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scand J Med Sci Sports.* 25 Suppl 4. 88-99. doi: 10.1111/sms.12605
- Bangsbo. J., Mohr. M., & Krstrup. P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci.* 24(7). 665-674. doi: 10.1080/02640410500482529
- Bangsbo, J., Michalsik, L., & Petersen, A. (1993). Accumulated O<sub>2</sub> deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *Int J Sports Med.* 14(4), 207-213. doi: 10.1055/s-2007-1021165
- Bangsbo. J., & Mohr. M. (2011). Fitness testing in football. Bagsværd: Stormtryk.
- Bangsbo, J., Gunnarsson, T. P., Wendell, J., Nybo, L., & Thomassen, M. (2009). Reduced volume and increased training intensity elevate muscle Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump alpha2-subunit expression as well as short- and long-term work capacity in humans. *J Appl Physiol (1985).* 107(6), 1771-1780. doi: 10.1152/jappphysiol.00358.2009
- Baty. J. J., Hwang. H., Ding. Z., Bernard. J. R., Wang. B., Kwon. B., & Ivy. J. L. (2007). The effect of a carbohydrate and protein supplement on resistance exercise performance, hormonal response, and muscle damage. *J Strength Cond Res.* 21(2). 321-329. doi: 10.1519/R-21706.1
- Bell. K. E., Snijders. T., Zullyniak. M., Kumbhare. D., Parise. G., Chabowski. A., & Phillips. S. M. (2017). A whey protein-based multi-ingredient nutritional supplement stimulates gains in lean body mass and strength in healthy older men: A randomized controlled trial. *PLoS One.* 12(7). e0181387. doi: 10.1371/journal.pone.0181387
- Betts, J. A., Toone, R. J., Stokes, K. A., & Thompson, D. (2009). Systemic indices of skeletal muscle damage and recovery of muscle function after exercise: effect of combined carbohydrate-protein ingestion. *Appl Physiol Nutr Metab.* 34(4), 773-784. doi: 10.1139/H09-070
- Bolster, D. R., Vary, T. C., Kimball, S. R., & Jefferson, L. S. (2004). Leucine regulates translation initiation in rat skeletal muscle via enhanced eIF4G phosphorylation. *J Nutr.* 134(7), 1704-1710. doi: 10.1093/jn/134.7.1704

- Bradley. P. S., Bendiksen. M., Dellal. A., Mohr. M., Wilkie. A., Datson. N. . . . Krstrup. P. (2014). The application of the Yo-Yo intermittent endurance level 2 test to elite female soccer populations. *Scand J Med Sci Sports*. 24(1). 43-54. doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01483.x
- Burke. L. M., Castell. L. M., Casa. D. J., Close. G. L., Costa. R. J. S., Desbrow. B. . . . Stellingwerff. T. (2019). International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 29(2). 73-84. doi: 10.1123/ijnsnem.2019-0065
- Castagna. C., Francini. L., Povoas. S. C. A., & D'Ottavio. S. (2017). Long-Sprint Abilities in Soccer: Ball Versus Running Drills. *Int J Sports Physiol Perform*. 12(9). 1256-1263. doi: 10.1123/ijsp.2016-0565
- Cederroth, C. R., Vinciguerra, M., Gjinovci, A., Kuhne, F., Klein, M., Cederroth, M., . . . Nef, S. (2008). Dietary phytoestrogens activate AMP-activated protein kinase with improvement in lipid and glucose metabolism. *Diabetes*, 57(5), 1176-1185. doi: 10.2337/db07-0630
- Chatzinikolaou. A., Draganidis. D., Avloniti. A., Karipidis. A., Jamurtas. A. Z., Skevaki. C. L. . . . Fatouros. I. (2014). The microcycle of inflammation and performance changes after a basketball match. *J Sports Sci*. 32(9). 870-882. doi: 10.1080/02640414.2013.865251
- Chazaud. B. (2016). Inflammation during skeletal muscle regeneration and tissue remodeling: application to exercise-induced muscle damage management. *Immunol Cell Biol*. 94(2). 140-145. doi: 10.1038/icb.2015.97
- Clarkson. P. M., & Hubal. M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil*. 81(11 Suppl). S52-69. doi: 10.1097/01.PHM.0000029772.45258.43
- Clarkson. P. M., & Sayers. S. P. (1999). Etiology of exercise-induced muscle damage. *Can J Appl Physiol*. 24(3). 234-248.
- Cockburn, E., Stevenson, E., Hayes, P. R., Robson-Ansley, P., & Howatson, G. (2010). Effect of milk-based carbohydrate-protein supplement timing on the attenuation of exercise-induced muscle damage. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35(3), 270-277. doi: 10.1139/H10-017
- Cockburn, E., Bell, P. G., & Stevenson, E. (2013). Effect of milk on team sport performance after exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc*, 45(8), 1585-1592. doi: 10.1249/MSS.0b013e31828b7dd0
- Cooke. M. B., Rybalka. E., Stathis. C. G., Cribb. P. J., & Hayes. A. (2010). Whey protein isolate attenuates strength decline after eccentricity-induced muscle damage in healthy individuals. *J Int Soc Sports Nutr*. 7. 30. doi: 10.1186/1550-2783-7-30
- Davies. R. W., Carson. B. P., & Jakeman. P. M. (2018). The Effect of Whey Protein Supplementation on the Temporal Recovery of Muscle Function Following Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 10(2). doi: 10.3390/nu10020221
- de Freitas. V. H., Pereira. L. A., de Souza. E. A., Leicht. A. S., Bertollo. M., & Nakamura. F. Y. (2015). Sensitivity of the Yo-Yo Intermittent Recovery Test and cardiac autonomic responses to training in futsal players. *Int J Sports Physiol Perform*. 10(5). 553-558. doi: 10.1123/ijsp.2014-0365
- da Luz, C. R., Nicastro, H., Zanchi, N. E., Chaves, D. F., & Lancha, A. H., Jr. (2011). Potential therapeutic effects of branched-chain amino acids supplementation on resistance exercise-based muscle damage in humans. *J Int Soc Sports Nutr*, 8, 23. doi: 10.1186/1550-2783-8-23
- Denysschen. C. A., Burton. H. W., Horvath. P. J., Leddy. J. J., & Browne. R. W. (2009). Resistance training with soy vs whey protein supplements in hyperlipidemic males. *J Int Soc Sports Nutr*. 6. 8. doi: 10.1186/1550-2783-6-8
- Devries, M. C., & Phillips, S. M. (2015). Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *J Food Sci*, 80 Suppl 1, A8-A15. doi: 10.1111/1750-3841.12802
- Draganidis. D., Chatzinikolaou. A., Avloniti. A., Barbero-Alvarez. J. C., Mohr. M., Malliou. P., . . . Fatouros. I. G. (2015). Recovery kinetics of knee flexor and extensor strength after a football match. *PLoS One*. 10(6). e0128072. doi: 10.1371/journal.pone.0128072

- Dupont. G., Akakpo. K., & Berthoin. S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J Strength Cond Res.* 18(3). 584-589. doi: 10.1519/1533-4287(2004)18<584:TEOIH>2.0.CO;2
- Farup. J., Rahbek. S. K., Knudsen. I. S., de Paoli. F., Mackey. A. L., & Vissing. K. (2014). Whey protein supplementation accelerates satellite cell proliferation during recovery from eccentric exercise. *Amino Acids.* 46(11). 2503-2516. doi: 10.1007/s00726-014-1810-3
- Fatouros. I. G., Chatzinikolaou. A., Douroudos. I., Nikolaidis. M. G., Kyparos. A., Margonis. K., . . . Jamurtas. A. Z. (2010). Time-course of changes in oxidative stress and antioxidant status responses following a soccer game. *J Strength Cond Res.* 24(12). 3278-3286. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b60444
- Fatouros. I. G., & Jamurtas. A. Z. (2016). Insights into the molecular etiology of exercise-induced inflammation: opportunities for optimizing performance. *J Inflamm Res.* 9. 175-186. doi: 10.2147/JIR.S114635
- Fransson, D., Nielsen, T. S., Olsson, K., Christensson, T., Bradley, P. S., Fatouros, I. G., Mohr, M. (2018). Skeletal muscle and performance adaptations to high-intensity training in elite male soccer players: speed endurance runs versus small-sided game training. *Eur J Appl Physiol*, 118(1), 111-121. doi: 10.1007/s00421-017-3751-5
- Gilson. S. F., Saunders. M. J., Moran. C. W., Moore. R. W., Womack. C. J., & Todd. M. K. (2010). Effects of chocolate milk consumption on markers of muscle recovery following soccer training: a randomized cross-over study. *J Int Soc Sports Nutr.* 7. 19. doi: 10.1186/1550-2783-7-19
- Gran, P., Larsen, A. E., Bonham, M., Dordevic, A. L., Rupasinghe, T., Silva, C., . . . Cameron-Smith, D. (2014). Muscle p70S6K phosphorylation in response to soy and dairy rich meals in middle aged men with metabolic syndrome: a randomised crossover trial. *Nutr Metab (Lond)*, 11(1), 46. doi: 10.1186/1743-7075-11-46
- Gunnarsson. T. P., Christensen. P. M., Holse. K., Christiansen. D., & Bangsbo. J. (2012). Effect of additional speed endurance training on performance and muscle adaptations. *Med Sci Sports Exerc.* 44(10). 1942-1948. doi: 10.1249/MSS.0b013e31825ca446
- 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 Med Open.* 5(1). 1. doi: 10.1186/s40798-018-0176-6
- Hayward. S., Wilborn. C. D., Taylor. L. W., Urbina. S. L., Outlaw. J. J., Foster. C. A., & Roberts. M. D. (2016). Effects of a High Protein and Omega-3-Enriched Diet with or Without Creatine Supplementation on Markers of Soreness and Inflammation During 5 Consecutive Days of High Volume Resistance Exercise in Females. *J Sports Sci Med.* 15(4). 704-714.
- Hoffman. J. R., Ratamess. N. A., Kang. J., Falvo. M. J., & Faigenbaum. A. D. (2007). Effects of protein supplementation on muscular performance and resting hormonal changes in college football players. *J Sports Sci Med.* 6(1). 85-92.
- Hoffman. J. R., Ratamess. N. A., Tranchina. C. P., Rashti. S. L., Kang. J., & Faigenbaum. A. D. (2010). Effect of a proprietary protein supplement on recovery indices following resistance exercise in strength/power athletes. *Amino Acids.* 38(3). 771-778. doi: 10.1007/s00726-009-0283-2
- Howatson. G., & van Someren. K. A. (2008). The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med.* 38(6). 483-503. doi: 10.2165/00007256-200838060-00004
- Hulmi, J. J., Lockwood, C. M., & Stout, J. R. (2010). Effect of protein/essential amino acids and resistance training on skeletal muscle hypertrophy: A case for whey protein. *Nutr Metab (Lond)*, 7, 51. doi: 10.1186/1743-7075-7-51
- Hyldahl. R. D., & Hubal. M. J. (2014). Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle Nerve.* 49(2). 155-170. doi: 10.1002/mus.24077



- laia, F. M., & Bangsbo, J. (2010). Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 2, 11-23. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01193.x
- laia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Ingebrigtsen, J., Shalfawi, S. A., Tonnessen, E., Krusturup, P., & Holtermann, A. (2013). Performance effects of 6 weeks of aerobic production training in junior elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 27(7), 1861-1867. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827647bd
- Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., . . . Taxildaris, K. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med*, 18(5), 423-431. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181818e0b
- Jackman, S. R., Witard, O. C., Jeukendrup, A. E., & Tipton, K. D. (2010). Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(5), 962-970. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c1b798
- Jager, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., . . . Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr*, 14, 20. doi: 10.1186/s12970-017-0177-8
- Jamurtas, A. Z. (2018). Exercise-Induced Muscle Damage and Oxidative Stress. *Antioxidants (Basel)*, 7(4). doi: 10.3390/antiox7040050
- Jang, J., Park, H. Y., Yoo, C., Park, Y., Kim, J., & Lim, K. (2017). The synergistic effect of protein complex supplementation combined with 12 weeks of resistance training on isokinetic muscular function in untrained young males. *J Exerc Nutrition Biochem*, 21(4), 27-36. doi: 10.20463/jenb.2017.0036
- Javanbakht, M. H., Sadria, R., Djalali, M., Derakhshanian, H., Hosseinzadeh, P., Zarei, M., . . . Mirshafiey, A. (2014). Soy protein and genistein improves renal antioxidant status in experimental nephrotic syndrome. *Nefrologia*, 34(4), 483-490. doi: 10.3265/Nefrologia.pre2014.Jun.12051
- Joy, J. M., Lowery, R. P., Wilson, J. M., Purpura, M., De Souza, E. O., Wilson, S. M., . . . Jager, R. (2013). The effects of 8 weeks of whey or rice protein supplementation on body composition and exercise performance. *Nutr J*, 12, 86. doi: 10.1186/1475-2891-12-86
- Katsanos, C. S., Kobayashi, H., Sheffield-Moore, M., Aarsland, A., & Wolfe, R. R. (2006). A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 291(2), E381-387. doi: 10.1152/ajpendo.00488.2005
- Kerksick, C. M., Arent, S., Schoenfeld, B. J., Stout, J. R., Campbell, B., Wilborn, C. D., . . . Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr*, 14, 33. doi: 10.1186/s12970-017-0189-4
- Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jager, R., . . . Kreider, R. B. (2018). ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*, 15(1), 38. doi: 10.1186/s12970-018-0242-y
- Khan, M. A., Moiz, J. A., Raza, S., Verma, S., Shareef, M. Y., Anwer, S., & Alghadir, A. (2016). Physical and balance performance following exercise induced muscle damage in male soccer players. *J Phys Ther Sci*, 28(10), 2942-2949. doi: 10.1589/jpts.28.2942
- Kim, J., Lee, C., & Lee, J. (2017). Effect of timing of whey protein supplement on muscle damage markers after eccentric exercise. *J Exerc Rehabil*, 13(4), 436-440. doi: 10.12965/jer.1735034.517
- Kraemer, W. J., Hooper, D. R., Szivak, T. K., Kupchak, B. R., Dunn-Lewis, C., Comstock, B. A., . . . Maresh, C. M. (2015). The addition of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate and isomaltulose to whey protein improves recovery from highly demanding resistance exercise. *J Am Coll Nutr*, 34(2), 91-99. doi: 10.1080/07315724.2014.938790

- Krustrup. P.. Mohr. M.. Steensberg. A.. Bencke. J.. Kjaer. M.. & Bangsbo. J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc.* 38(6). 1165-1174. doi: 10.1249/01.mss.0000222845.89262.cd
- Le Moal. E.. Pialoux. V.. Juban. G.. Groussard. C.. Zouhal. H.. Chazaud. B.. & Mounier. R. (2017). Redox Control of Skeletal Muscle Regeneration. *Antioxid Redox Signal.* 27(5). 276-310. doi: 10.1089/ars.2016.6782
- Liu, M., Qi, Z., Liu, B., Ren, Y., Li, H., Yang, G., & Zhang, Q. (2015). RY-2f, an isoflavone analog, overcomes cisplatin resistance to inhibit ovarian tumorigenesis via targeting the PI3K/AKT/mTOR signaling pathway. *Oncotarget*, 6(28), 25281-25294. doi: 10.18632/oncotarget.4634
- Lockwood. C. M.. Roberts. M. D.. Dalbo. V. J.. Smith-Ryan. A. E.. Kendall. K. L.. Moon. J. R.. & Stout. J. R. (2017). Effects of Hydrolyzed Whey versus Other Whey Protein Supplements on the Physiological Response to 8 Weeks of Resistance Exercise in College-Aged Males. *J Am Coll Nutr.* 36(1). 16-27. doi: 10.1080/07315724.2016.1140094
- Lollo. P. C.. Amaya-Farfan. J.. & de Carvalho-Silva. L. B. (2011). Physiological and physical effects of different milk protein supplements in elite soccer players. *J Hum Kinet.* 30. 49-57. doi: 10.2478/v10078-011-0072-3
- Messina, M., Lynch, H., Dickinson, J. M., & Reed, K. E. (2018). No Difference Between the Effects of Supplementing With Soy Protein Versus Animal Protein on Gains in Muscle Mass and Strength in Response to Resistance Exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 28(6), 674-685. doi: 10.1123/ijsnem.2018-0071
- Mobley, C. B., Haun, C. T., Roberson, P. A., Mumford, P. W., Romero, M. A., Kephart, W. C., . . . Roberts, M. D. (2017). Effects of Whey, Soy or Leucine Supplementation with 12 Weeks of Resistance Training on Strength, Body Composition, and Skeletal Muscle and Adipose Tissue Histological Attributes in College-Aged Males. *Nutrients*, 9(9). doi: 10.3390/nu9090972
- Mohr. M.. Draganidis. D.. Chatzinikolaou. A.. Barbero-Alvarez. J. C.. Castagna. C.. Douroudos. I.. . . . Fatouros. I. G. (2016). Muscle damage. inflammatory. immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *Eur J Appl Physiol.* 116(1). 179-193. doi: 10.1007/s00421-015-3245-2
- Mohr, M., Krustrup, P., Nielsen, J. J., Nybo, L., Rasmussen, M. K., Juel, C., & Bangsbo, J. (2007). Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 292(4), R1594-1602. doi: 10.1152/ajpregu.00251.2006
- Mohr. M.. & Krustrup. P. (2016). Comparison between two types of anaerobic speed endurance training in competitive soccer players. *J Hum Kinet.* 51. 183-192. doi: 10.1515/hukin-2015-0181
- Naclerio. F.. Larumbe-Zabala. E.. Cooper. R.. Jimenez. A.. & Goss-Sampson. M. (2014). Effect of a carbohydrate-protein multi-ingredient supplement on intermittent sprint performance and muscle damage in recreational athletes. *Appl Physiol Nutr Metab.* 39(10). 1151-1158. doi: 10.1139/apnm-2013-0556
- Nosaka, K., Sacco, P., & Mawatari, K. (2006). Effects of amino acid supplementation on muscle soreness and damage. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 16(6), 620-635.
- Owen. A.. Dunlop. G.. Rouissi. M.. Chtara. M.. Paul. D.. Zouhal. H.. & Wong del. P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related muscle damage in elite level professional European soccer players. *J Sports Sci.* 33(20). 2100-2105. doi: 10.1080/02640414.2015.1064155
- Pallafacchina. G.. Blaauw. B.. & Schiaffino. S. (2013). Role of satellite cells in muscle growth and maintenance of muscle mass. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 23 Suppl 1. S12-18. doi: 10.1016/j.numecd.2012.02.002

- Pasiakos, S. M., Lieberman, H. R., & McLellan, T. M. (2014). Effects of protein supplements on muscle damage, soreness and recovery of muscle function and physical performance: a systematic review. *Sports Med*, 44(5), 655-670. doi: 10.1007/s40279-013-0137-7
- Phillips, S. M. (2014). A brief review of critical processes in exercise-induced muscular hypertrophy. *Sports Med*, 44 Suppl 1, S71-77. doi: 10.1007/s40279-014-0152-3
- Phillips, S. M., Tang, J. E., & Moore, D. R. (2009). The role of milk- and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons. *J Am Coll Nutr*, 28(4), 343-354.
- Poulios, A., Fatouros, I. G., Mohr, M., Draganidis, D., Deli, C., Papanikolaou, K., . . . Jamurtas, A. Z. (2018). Post-Game High Protein Intake May Improve Recovery of Football-Specific Performance during a Congested Game Fixture: Results from the PRO-FOOTBALL Study. *Nutrients*, 10(4). doi: 10.3390/nu10040494
- Poulios, A., Georgakouli, K., Draganidis, D., Deli, C. K., Tsimeas, P. D., Chatzinikolaou, A., . . . Fatouros, I. G. (2019). Protein-Based Supplementation to Enhance Recovery in Team Sports: What is the Evidence? *J Sports Sci Med*, 18(3), 523-536.
- Ramdath, D. D., Padhi, E. M., Sarfaraz, S., Renwick, S., & Duncan, A. M. (2017). Beyond the Cholesterol-Lowering Effect of Soy Protein: A Review of the Effects of Dietary Soy and Its Constituents on Risk Factors for Cardiovascular Disease. *Nutrients*, 9(4). doi: 10.3390/nu9040324
- Ranchordas, M. K., Dawson, J. T., & Russell, M. (2017). Practical nutritional recovery strategies for elite soccer players when limited time separates repeated matches. *J Int Soc Sports Nutr*, 14, 35. doi: 10.1186/s12970-017-0193-8
- Ranchordas, M. K., Rogerson, D., Soltani, H., & Costello, J. T. (2018). Antioxidants for preventing and reducing muscle soreness after exercise: a Cochrane systematic review. *Br J Sports Med*. doi: 10.1136/bjsports-2018-099599
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci*, 18(9), 669-683. doi: 10.1080/02640410050120050
- Rittig, N., Bach, E., Thomsen, H. H., Moller, A. B., Hansen, J., Johannsen, M., . . . Moller, N. (2017). Anabolic effects of leucine-rich whey protein, carbohydrate, and soy protein with and without beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) during fasting-induced catabolism: A human randomized crossover trial. *Clin Nutr*, 36(3), 697-705. doi: 10.1016/j.clnu.2016.05.004
- Roberts, J., Zinchenko, A., Suckling, C., Smith, L., Johnstone, J., & Henselmans, M. (2017). The short-term effect of high versus moderate protein intake on recovery after strength training in resistance-trained individuals. *J Int Soc Sports Nutr*, 14, 44. doi: 10.1186/s12970-017-0201-z
- Sabat, J., Gould, S., Gillego, E., Hariprashad, A., Wiest, C., Almonte, S., . . . Eiref, S. D. (2016). The use of finger-stick blood to assess lactate in critically ill surgical patients. *Ann Med Surg (Lond)*, 10, 41-48. doi: 10.1016/j.amsu.2016.07.021
- Sharp, C. P., & Pearson, D. R. (2010). Amino acid supplements and recovery from high-intensity resistance training. *J Strength Cond Res*, 24(4), 1125-1130. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c7c655
- Shenoy, S., Bedi, R., & Sandhu, J. S. (2013). Effect of soy isolate protein and resistance exercises on muscle performance and bone health of osteopenic/osteoporotic post-menopausal women. *J Women Aging*, 25(2), 183-198. doi: 10.1080/08952841.2013.764252
- Shenoy, S., Dhawan, M., & Singh Sandhu, J. (2016). Four Weeks of Supplementation With Isolated Soy Protein Attenuates Exercise-Induced Muscle Damage and Enhances Muscle Recovery in Well Trained Athletes: A Randomized Trial. *Asian J Sports Med*, 7(3), e33528. doi: 10.5812/asjasm.33528
- Silva, J. R., Ascensao, A., Marques, F., Seabra, A., Rebelo, A., & Magalhaes, J. (2013). Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after

- a high-level competitive match. *Eur J Appl Physiol*. 113(9). 2193-2201. doi: 10.1007/s00421-013-2633-8
- Silva. J. R.. Rebelo. A.. Marques. F.. Pereira. L.. Seabra. A.. Ascensao. A.. & Magalhaes. J. (2014). Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal. muscle damage. and redox markers during the season. *Appl Physiol Nutr Metab*. 39(4). 432-438. doi: 10.1139/apnm-2013-0180
- Snijders. T.. Nederveen. J. P.. McKay. B. R.. Joanisse. S.. Verdijk. L. B.. van Loon. L. J.. & Parise. G. (2015). Satellite cells in human skeletal muscle plasticity. *Front Physiol*. 6. 283. doi: 10.3389/fphys.2015.00283
- Sousa. M.. Teixeira. V. H.. & Soares. J. (2014). Dietary strategies to recover from exercise-induced muscle damage. *Int J Food Sci Nutr*. 65(2). 151-163. doi: 10.3109/09637486.2013.849662
- Tang, J. E., Moore, D. R., Kujbida, G. W., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *J Appl Physiol (1985)*, 107(3), 987-992. doi: 10.1152/jappphysiol.00076.2009
- Temfemo. A.. Hugues. J.. Chardon. K.. Mandengue. S. H.. & Ahmaidi. S. (2009). Relationship between vertical jumping performance and anthropometric characteristics during growth in boys and girls. *Eur J Pediatr*. 168(4). 457-464. doi: 10.1007/s00431-008-0771-5
- Tidball, J. G. (2017). Regulation of muscle growth and regeneration by the immune system. *Nat Rev Immunol*, 17(3), 165-178. doi: 10.1038/nri.2016.150
- Tonnessen, E., Hem, E., Leirstein, S., Haugen, T., & Seiler, S. (2013). Maximal aerobic power characteristics of male professional soccer players, 1989-2012. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(3), 323-329.
- Tzatzakis T, Papanikolaou P, Draganidis D, Tsimeas P, Kritikos S, Poullos A, Laschou VA, Deli CK, Chatzinikolaou A, Batrakoulis A, Basdekis G, Mohr M, Krustrup P, Jamurtas AZ, Fatouros IG. Recovery kinetics after speed-endurance training in male soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, epub ahead of print, 2019 (DOI: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0984>).
- VanDusseldorp, T. A., Escobar, K. A., Johnson, K. E., Stratton, M. T., Moriarty, T., Cole, N., . . . Mermier, C. M. (2018). Effect of Branched-Chain Amino Acid Supplementation on Recovery Following Acute Eccentric Exercise. *Nutrients*, 10(10). doi: 10.3390/nu10101389
- van Nielen. M.. Feskens. E. J.. Rietman. A.. Siebelink. E.. & Mensink. M. (2014). Partly replacing meat protein with soy protein alters insulin resistance and blood lipids in postmenopausal women with abdominal obesity. *J Nutr*. 144(9). 1423-1429. doi: 10.3945/jn.114.193706
- van Vliet, S., Burd, N. A., & van Loon, L. J. (2015). The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant-versus Animal-Based Protein Consumption. *J Nutr*, 145(9), 1981-1991. doi: 10.3945/jn.114.204305
- Wells. A. J.. Jajtner. A. R.. Varanoske. A. N.. Church. D. D.. Gonzalez. A. M.. Townsend. J. R.. . . . Hoffman. J. R. (2017). Post-resistance exercise ingestion of milk protein attenuates plasma TNFalpha and TNFr1 expression on monocyte subpopulations. *Amino Acids*. 49(8). 1415-1426. doi: 10.1007/s00726-017-2443-0
- Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Macdonald, M. J., Macdonald, J. R., Armstrong, D., & Phillips, S. M. (2007). Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *Am J Clin Nutr*, 85(4), 1031-1040. doi: 10.1093/ajcn/85.4.1031
- Yang, Y., Churchward-Venne, T. A., Burd, N. A., Breen, L., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2012). Myofibrillar protein synthesis following ingestion of soy protein isolate at rest and after resistance exercise in elderly men. *Nutr Metab (Lond)*, 9(1), 57. doi: 10.1186/1743-7075-9-57
- Yang. X.. Nakamoto. M.. Shuto. E.. Hata. A.. Aki. N.. Shikama. Y.. . . . Sakai. T. (2018). Associations between intake of dietary fermented soy food and concentrations of inflammatory markers: a cross-sectional study in Japanese workers. *J Med Invest*. 65(1.2). 74-80. doi: 10.2152/jmi.65.74