

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΠΡΩΤΕΪΝΗΣ ΠΡΙΝ ΤΟΝ
ΒΡΑΔΙΝΟ ΥΠΝΟ ΣΤΗΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΙΣΤΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥΡΝΟΥΑ 7 VS 7**

του

Τσιρμπίνη Ζαχαρία (ΑΕΜ :0720187)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και
Αθλητισμού, της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής, Αθλητισμού και Διατροφής του
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας**

Εγκεκριμένη από το καθηγητικό σώμα:

Επιβλέπων: Δραγανίδης Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α.-Π.Θ.

ΤΡΙΚΑΛΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2025

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνήσει την επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης πριν τον βραδινό ύπνο στην αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και της απόδοσης, σε ποδοσφαιριστές που συμμετείχαν σε τρία επαναλαμβανόμενα αγωνιστικά παιχνίδια 7vs7. Στην μελέτη έλαβαν μέρος 30 εν ενεργεία, ερασιτέχνες ποδοσφαιριστές, ηλικίας 19 – 25 ετών, με προπονητική ηλικία ≥ 4 έτη. Οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αρχική αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών, του μυϊκού πόνου, της δύναμης των κάτω άκρων, της αλτικής και καρδιοαναπνευστικής τους ικανότητας και της ικανότητας ευκινησίας. Μετά τις αρχικές μετρήσεις εντάχθηκαν τυχαιοποιημένα στη Συνθήκη ελέγχου ή στη Πειραματική συνθήκη. Την πρώτη ημέρα (Ημέρα 1) της πειραματικής διαδικασίας, οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε 3 αγώνες 7vs7, διάρκειας 30 λεπτών ο κάθε ένας, με μεταξύ τους χρονικό διάστημα αποκατάστασης ~90 λεπτά. Το βράδυ της ίδιας ημέρας (~30 λεπτά πριν το βραδινό ύπνο), οι συμμετέχοντες στην Πειραματική συνθήκη έλαβαν συμπληρωματική χορήγηση 40 γρ. καζεΐνης, ενώ εκείνοι στη συνθήκη Ελέγχου έλαβαν συμπληρωματική χορήγηση 40 γρ. μαλτοδεξτρίνης. Την επόμενη ημέρα (Ημέρα 2), οι μισοί από τους συμμετέχοντες αγωνίστηκαν σε έναν αγώνα με τα ίδια χαρακτηριστικά (7vs7, 2x15 λεπτά), ενώ οι υπόλοιποι μισοί υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση του μυϊκού πόνου, της αλτικής ικανότητας και της ικανότητας ευκινησίας. Στα αποτελέσματα της μελέτης, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση της χορήγησης πρωτεΐνης σε δείκτες εσωτερικής και εξωτερικής επιβάρυνσης στον αγώνα της Ημέρας 2. Αναφορικά με τους δείκτες απόδοσης, την Ημέρα 2 ο μυϊκός πόνος αυξήθηκε κατά 2.5 έως 5 φορές πάνω από τα αρχικά επίπεδα στους εκτεινόντες και καμπτήρες μύες του γόνατος και των δύο άκρων, το ύψος του κάθετου άλματος στο άλμα με υποχωρητική φάση και στο άλμα πτώσης μειώθηκε κατά 7% -12% και ο χρόνος εκτέλεσης της δοκιμασίας Arrowhead αυξήθηκε κατά 4%, χωρίς να υπάρχουν διαφορές μεταξύ των δυο συνθηκών. Αντίθετα, ο δείκτης αντιδραστικής δύναμης στο άλμα με πτώση μειώθηκε κατά 21% στη συνθήκη Ελέγχου και παρέμεινε αμετάβλητος στη Πειραματική συνθήκη. Συμπερασματικά, η συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο, δεν επηρεάζει την αγωνιστική απόδοση των παικτών όταν μεταξύ επαναλαμβανόμενων παιχνιδιών μεσολαβούν <24 ώρες αποκατάστασης. Ωστόσο, σε αυτό το χρονικό διάστημα, μπορεί να περιορίσει τη μείωση σε ορισμένους άλλα όχι σε όλους τους δείκτες απόδοσης.

Λέξεις κλειδιά: ποδόσφαιρο, πρωτεΐνη, απόδοση, αγωνιστική απόδοση

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους που συνέβαλαν με τον τρόπο τους στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δραγανίδη Δημήτριο για την πολύτιμη βοήθεια, την υποστήριξη και καθοδήγηση του καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων και της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας. Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο μου και επίκουρο της Διπλωματικής μου εργασίας, Δήμου Δημήτριο που αποτελεί και μέλος του εργαστηρίου Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArTLab) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Με άψογη συνεργασία ,πραγματοποιήθηκαν μία πληθώρα εργομετρικές αξιολογήσεις σε μικρό χρονικό διάστημα και αντιμετωπίστηκαν επιτυχώς οι δυσκολίες που προέκυψαν. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συμμετέχοντες για το ενδιαφέρον, την συνέπεια και την υπομονή τους κατά την διάρκεια των μετρήσεων.

ΤΣΙΡΜΠΙΝΗΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ

ΤΡΙΚΑΛΑ, 30/06/2025

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΣΚΟΠΟΣ	7
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ	7
1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	8
1.1. Η εξωτερική και εσωτερική επιβάρυνση στο ποδόσφαιρο	8
1.2. Ασκησιογενής μυϊκή βλάβη	9
1.3. Ποδόσφαιρο και ασκησιογενής μυϊκή βλάβη	10
1.4. Ο μικρόκυκλος αυξημένης αγωνιστικής επιβάρυνσης στο ποδόσφαιρο	12
1.5. Ο ρόλος της διατροφικής πρόσληψης πρωτεΐνης στην αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης στο ποδόσφαιρο	13
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	16
2.1. Συμμετέχοντες	16
2.2. Πειραματικός Σχεδιασμός	16
2.3. Συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης και υδατάνθρακα	18
2.4. Αξιολόγηση περιγραφικών χαρακτηριστικών	18
2.5. Αξιολόγηση εξαρτημένων μεταβλητών	19
2.6. Στατιστική ανάλυση	21
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	23
3.1. Σύγκριση των περιγραφικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δυο ομάδων	23
3.2. Συνολική εσωτερική επιβάρυνση των συμμετεχόντων στην πρώτη ημέρα του τουρνουά	23
3.3. Συνολική εξωτερική επιβάρυνση των συμμετεχόντων στην πρώτη ημέρα του τουρνουά	24

3.4.Εσωτερική επιβάρυνση των συμμετεχόντων στον αγώνα της δεύτερης ημέρας του τουρνουά.....	25
3.5. Εξωτερική επιβάρυνση των συμμετεχόντων στον αγώνα της δεύτερης ημέρας του τουρνουά.....	26
3.6. Δείκτες ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και απόδοσης τη δεύτερη ημέρα του τουρνουά.....	26
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	34
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	36
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	37

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων	23
Πίνακας 2. Δείκτες συνολικής εσωτερικής επιβάρυνσης στα τρία παιχνίδια της 1 ^{ης} ημέρας..	24
Πίνακας 3. Δείκτες συνολικής εξωτερικής επιβάρυνσης στα τρία παιχνίδια της 1 ^{ης} ημέρας..	24
Πίνακας 4. Δείκτες εσωτερικής επιβάρυνσης στον αγώνα της 2 ^{ης} ημέρας.....	25
Πίνακας 5. Δείκτες εξωτερικής επιβάρυνσης κατά τη διάρκεια του αγώνα της 2 ^{ης} ημέρας....	25

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Η μεταβολή του μυϊκού πόνου στους εκτείνοντες (Α-Β) και καμπτήρες (Γ-Δ) μύες του γόνατος στο κυρίαρχο και μη κυρίαρχο άκρο	28
Σχήμα 2. Η μεταβολή στο ύψος του κάθετου στην Πειραματική συνθήκη και τη συνθήκη Ελέγχου.....	29
Σχήμα 3. Η μεταβολή στο ύψος του άλματος πτώσης.....	29
Σχήμα 4. Η μεταβολή στο δείκτη αντιδραστικής δύναμης στην Πειραματική συνθήκη και τη συνθήκη Ελέγχου.....	30
Σχήμα 5. Η μεταβολή στο χρόνο ολοκλήρωσης της δοκιμασίας ευκινησίας Arrowhead Agility Test με την πρώτη αλλαγή κατεύθυνσης δεξιά (Α) και αριστερά (Β).	31

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ποδόσφαιρο είναι ένα άθλημα διαλειμματικής μορφής που συνδυάζει περιόδους υψηλής και χαμηλής έντασης (Mohr et al., 2003). Κατά τη διάρκεια του αγώνα οι ποδοσφαιριστές διανύουν μια συνολική απόσταση 10 - 14 χιλιομέτρων, με μέση καρδιακή συχνότητα που αντιστοιχεί στο 85–98% της μέγιστης (Bangsbo et al., 2006; Robineau et al., 2012; Dellal et al., 2010). Αν και μόλις το 5% συνολικής απόστασης καλύπτεται με ενέργειες υψηλής έντασης, κατά τη διάρκεια του αγώνα οι ποδοσφαιριστές εκτελούν συνολικά περίπου 1300 εκρηκτικές κινήσεις όπως σπριντ, άλματα, αλλαγές κατεύθυνσης, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν έντονα το στοιχείο της έκκεντρης μυϊκής σύσπασης (Bangsbo et al., 2006; Mohr et al., 2005) κι έχουν συσχετιστεί με την πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης (Fatouros et al., 2010; Nedelec et al., 2012).

Η ασκησιογενής μυϊκή βλάβη χαρακτηρίζεται από άμεση φλεγμονώδη απόκριση, οξειδωτικό στρες, εμφάνιση καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) και μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης (Peake et al., 2005; Jamurtas et al., 2005; Paulsen et al., 2010). Τα συμπτώματα αυτά διαρκούν από 48 έως και 96 ώρες, ανάλογα με την ένταση του ερεθίσματος (π.χ. άσκηση ή αγώνας), επηρεάζοντας την απόδοση των αθλητών αλλά και την ικανότητά τους να προπονηθούν (Ispirlidis et al., 2008; Fatouros et al., 2010; Draganidis et al., 2015). Η αυξημένη συχνότητα των αγώνων, ειδικά σε μικρόκυκλους με 2 ή 3 επίσημα παιχνίδια ή σε συνθήκες τουρνουά, περιορίζει το διαθέσιμο χρόνο αποκατάστασης μεταξύ των παιχνιδιών, με αποτέλεσμα οι παίκτες να αγωνίζονται στο επόμενο παιχνίδι χωρίς να έχει αποκατασταθεί πλήρως η ασκησιογενής μυϊκή βλάβη και η απόδοσή τους (Dupont et al., 2010; Mohr et al., 2016; Nedelec et al., 2012).

Η συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης έχει εξεταστεί στη βιβλιογραφία ως μια διατροφική στρατηγική για την προαγωγή της αποκατάστασης της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης, με τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα να υποδεικνύουν ότι επιδρά θετικά στην επαναδόμηση του μυϊκού ιστού και την ασκησιογενή φλεγμονή (Ha & Zemel, 2003; Buckley et al., 2010; Cooke et al., 2010). Η έμμεση αντιφλεγμονώδης δράση της πρωτεΐνης διαπιστώνεται πως σχετίζεται με το αμινοξύ κυστεΐνη που συμβάλει στην αύξηση των ενδογενών επιπέδων γλουταθειόνης (Walzem et al., 2002). Οι τρέχουσες συστάσεις αναφέρουν ότι η ημερήσια διατροφική πρόσληψη πρωτεΐνης σε περιόδους αυξημένης αγωνιστικής επιβάρυνσης θα πρέπει να κυμαίνεται από 1.6 έως 2.2 γρ./κιλό σωματικού βάρους ημερησίως, κατανεμημένη σε δόσεις των 20–40 γρ./γεύμα κάθε 3–4 ώρες (Collins et al., 2021; Ralf Jager et al., 2022). Επιπλέον, πρόσφατα έχει αναδειχθεί ότι η κατανάλωση

πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο, και ιδιαίτερα η πρωτεΐνη αργής απορρόφησης (π.χ. καζεΐνη), σε ποσότητες 30–40 γρ., μπορεί να μεταβολιστεί αποτελεσματικά, αυξάνοντας την συγκέντρωση αμινοξέων στην κυκλοφορία και τη μυϊκή πρωτεϊνοσύνθεση κατά τη διάρκεια του ύπνου (Collins et al., 2021; Ralf Jager et al., 2022). Συνεπώς, πέρα από την απαραίτητη συνολική ημερήσια πρόσληψη πρωτεΐνης, η κατανομή των γευμάτων ή της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης, όπως για παράδειγμα η κατανάλωση πρωτεΐνης μισή ώρα πριν το βραδινό ύπνο μπορεί να είναι εξίσου σημαντική για την αποκατάσταση των αθλητών.

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης πριν τον βραδινό ύπνο στην αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και της απόδοσης, σε ποδοσφαιριστές που συμμετέχουν σε επαναλαμβανόμενα αγωνιστικά παιχνίδια 7 vs 7, κατά τη διάρκεια τουρνουά ποδοσφαίρου.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

1. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην αγωνιστική απόδοση μεταξύ των δυο ομάδων 24 ώρες μετά από τη συμμετοχή σε 3 επαναλαμβανόμενα παιχνίδια 7vs7
2. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές του καθυστερημένου μυϊκού μεταξύ των δυο ομάδων 24 ώρες μετά από τη συμμετοχή σε 3 επαναλαμβανόμενα παιχνίδια 7vs7.
3. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην αλτική ικανότητα μεταξύ των δυο ομάδων 24 ώρες μετά από τη συμμετοχή σε 3 επαναλαμβανόμενα παιχνίδια 7vs7.
4. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ικανότητα μεταξύ των δυο ομάδων 24 ώρες μετά από τη συμμετοχή σε 3 επαναλαμβανόμενα παιχνίδια 7vs7.

1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1. Η εξωτερική και εσωτερική επιβάρυνση στο ποδόσφαιρο

Το ποδόσφαιρο αποτελεί ένα άθλημα διαλειμματικής μορφής, στο οποίο εναλλάσσονται συνεχώς ενέργειες χαμηλής και υψηλής έντασης (Orendurff et al., 2010; Mohr et al., 2003; Stolen et al., 2005). Η συνολική απόσταση που διανύουν οι ποδοσφαιριστές κατά τη διάρκεια του αγώνα κυμαίνεται από 10 έως 14 χιλιόμετρα (Bangsbo et al., 2006), με την αγωνιστική θέση των παικτών να εξηγεί σε σημαντικό βαθμό αυτή τη μεταβλητότητα. Συγκεκριμένα, η συνολική απόσταση (10642 ± 663 μ.) και η απόσταση (2460 ± 130 μ.) που διανύουν με υψηλής έντασης τρέξιμο (>15 χλμ/ώρα) οι ακραίοι αμυντικοί είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες αποστάσεις που διανύουν οι μέσοι (10476 ± 702 μ. και 2230 ± 150 μ., αντίστοιχα), οι επιθετικοί (9612 ± 722 μ. και 2280 ± 140 μ., αντίστοιχα) και οι κεντρικοί αμυντικοί (9029 ± 860 μ. και 1800 ± 110 μ.) (Stolen et al., 2005). Εκτιμάται ότι σε έναν αγώνα, πραγματοποιούνται περισσότερες από 1350 κινήσεις διαφορετικού μοτίβου (Mohr et al., 2005). Το μεγαλύτερο ποσοστό (95%) αυτών των κινήσεων χαρακτηρίζονται ως χαμηλής έντασης, με το 35% να αφορά το περπάτημα, το 40% (5.537 ± 263 μ.) το τρέξιμο χαμηλής έντασης, το 20% (1731 ± 399 μ.) το τρέξιμο μέτριας έντασης (Robineau et al., 2012), ενώ οι ενέργειες υψηλής έντασης αποτελούν μόλις το 5% των συνολικών ενεργειών (220 ή ~2,4 χλμ) (Bangsbo, 2014).

Όσον αφορά την εσωτερική επιβάρυνση των παικτών κατά τη διάρκεια του αγώνα, η μέση και η μέγιστη καρδιακή συχνότητα αντιστοιχούν στο 85% και 98% της μέγιστης, αντίστοιχα (Bangsbo et al., 2006). Η ποσότητα οξυγόνου που καταναλώνεται κυμαίνεται από 50-70 ml/kg/min και αντιστοιχεί στο 75% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) (Nedelec et al., 2012). Ο μιτοχονδριακός μεταβολισμός συνεισφέρει σε μεγάλο ποσοστό στην παραγωγή ενέργειας, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του παιχνιδιού χαρακτηρίζεται από ενέργειες χαμηλής έως μέτριας έντασης (Krustrup et al., 2006). Στις ενέργειες υψηλής έντασης, η απαιτούμενη ενέργεια παρέχεται από την ενεργοποίηση του εξωμιτοχονδριακού μεταβολισμού και συγκεκριμένα από το ενεργειακό σύστημα των φωσφαγόνων και τον αναερόβιο καταβολισμό των υδατανθράκων (Bangsbo, Iaia, & Krustrup, 2007). Ενδεικτικά, στο τέλος του αγώνα, οι τιμές του γαλακτικού οξέος στο αίμα κυμαίνονται από 2 έως 14mM (Krustrup et al., 2006), ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται σημαντική μείωση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου κατά 40 - 90% (Bangsbo et al., 2007). Από τα παραπάνω επιβεβαιώνεται η υψηλή συνεισφορά του γλυκολυτικού συστήματος στην παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια του αγώνα (Mohr et al., 2005).

Από το σύνολο των ενεργειών που εκτελούν οι ποδοσφαιριστές κατά τη διάρκεια του αγώνα, οι υψηλής έντασης ενέργειες (~220 ανά αγώνα) εναλλάσσονται κάθε τέσσερα έως έξι δευτερόλεπτα (Barros et al., 2007) και περιλαμβάνουν έντονα το στοιχείο της έκκεντρης μυϊκής σύσπασης (Andersson et al., 2008). Οι κινήσεις αυτές αφορούν εκρηκτικές ενέργειες όπως επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, άλματα, σουτ, προβολές και αλλαγές κατεύθυνσης με ή χωρίς την μπάλα καθώς επίσης και μονομαχίες με αντιπάλους παίκτες (Mohr et al., 2003; Robineau et al., 2012; Stolen et al., 2005). Η έκκεντρη ενεργοποίηση των μυών, ανάλογα με την ένταση που πραγματοποιείται, προκαλεί μυϊκή βλάβη (ασκησιογενής μυϊκή βλάβη), η οποία συνοδεύεται από αυξημένη αίσθηση μυϊκού πόνου (Stagos et al., 2015), άμεση φλεγμονώδη αντίδραση του οργανισμού και μείωση της ικανότητας απόδοσης (Jamurtas et al., 2005) για τις επόμενες ώρες ή ημέρες.

1.2. Ασκησιογενής μυϊκή βλάβη.

Από τα τρία είδη μυϊκής σύσπασης (ισομετρική, σύγκεντρη, έκκεντρη), η έκκεντρη είναι αυτή που μπορεί να προκαλέσει την μεγαλύτερη σε έκταση μυϊκή βλάβη (Proske & Morgan, 2001). Ένας από τους λόγους για τους οποίους συμβαίνει αυτό, είναι ότι στην έκκεντρη μυϊκή σύσπαση, επιστρατεύονται λιγότερες κινητικές μονάδες σε σχέση με τη σύγκεντρη μυϊκή σύσπαση για την παραγωγή ίσης, υπομέγιστης δύναμης, και ως εκ τούτου οι κινητικές μονάδες που ενεργοποιούνται δέχονται μεγαλύτερη μηχανική καταπόνηση (Proske & Morgan, 2001). Παράλληλα, τα σαρκομέρια υπερεπιμηκύνονται με αποτέλεσμα να παρατηρείται αλλοίωση των γραμμών Z, ρήξη της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, καταπόνηση των T-σωληναρίων και διατάραξη του μηχανισμού διέγερσης-συστολής (Morgan & Allen, 1999; Paulsen et al., 2010; Herzog, 2014).

Κύρια συμπτώματα της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης είναι η καθυστερημένη εμφάνιση του μυϊκού πόνου (DOMS), ο περιορισμός του εύρους κίνησης των αρθρώσεων, η φλεγμονή (Jamurtas, 2018; Morgan & Allen, 1999) και η μείωση της λειτουργικής ικανότητας και της ικανότητας παραγωγής δύναμης (De Lisio et al., 2015). Η άμεση φλεγμονώδη αντίδραση τόσο σε τοπικό όσο και σε συστημικό επίπεδο, αποτελεί μια συντονισμένη αμυντική αντίδραση του οργανισμού ενάντια στην βλάβη του μυϊκού ιστού που αποσκοπεί στην επούλωση και επαναδόμησή του (Nathan, 2002; Armstrong, 1990). Παράλληλα, διεγείρεται η έκκριση παραγόντων που οδηγούν σε αγγειοδιαστολή με στόχο την αύξηση της αιματικής ροής προς την περιοχή της βλάβης, διευκολύνοντας έτσι την παροχή των ανοσοκυττάρων και των ουσιών απαραίτητων για την αποκατάσταση (Bunn et al., 2004).

Τα συμπτώματα της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης ενδέχεται να διαρκέσουν από έως 72 ώρες, ανάλογα με την αρχική έκταση της βλάβης και την ένταση της επιβάρυνσης (Jamurtas, 2018). Ο μυϊκός πόνος γίνεται αισθητός από τις πρώτες ώρες μετά την ολοκλήρωση της άσκησης (Dannecker & Koltyn, 2014), κορυφώνεται συνήθως μεταξύ 24-48 ώρες ενώ μπορεί να παραμείνει αυξημένος για 72 ή και περισσότερες ώρες (Radak et al., 2012; Stagos et al., 2015; Paulsen, G., Cramer, et al., 2010). Το εύρος κίνησης στην άρθρωση του γόνατος μειώνεται συνήθως 24 ώρες μετά την άσκηση με τη μεγαλύτερη μείωση να καταγράφεται στις 48 ώρες (Ispirlidis et al., 2008). Η μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης μπορεί να διαρκέσει από 24 ώρες (Jamurtas et al., 2005) έως 8 ημέρες (Michailidis et al., 2013), και σχετίζεται με την ένταση του ερεθίσματος και την αρχική έκταση της μυϊκής βλάβης. Χαρακτηριστικά, μετά από πολύ έντονα πρωτόκολλα άσκησης έχει παρατηρηθεί μείωση της παραγόμενης δύναμης έως και 14 ημέρες (Fatouros & Jamurtas, 2016).

Λόγω της ρήξης της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, αρκετά ενδοκυτταρικά ένζυμα όπως η κρεατινική κινάση (CK), η μυοσφαιρίνη (Mb) και η γαλακτική αφυδρογονάση (LDH) εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος, και ως εκ τούτου ο προσδιορισμός της συγκέντρωσής του στην κυκλοφορία μέσω βιοχημικών αναλύσεων αποτελεί έναν ακόμη τρόπο εκτίμησης της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης (Malm, 2001; Meister et al., 2013). Ενδεικτικά, μετά από κατηφορικό τρέξιμο, με αρνητική κλίση (-10%), στο 85% της Vo₂max για 60 λεπτά, η συγκέντρωση της LDH στην κυκλοφορία κορυφώθηκε 24 ώρες μετά την άσκηση παρουσιάζοντας αύξηση κατά 35%, ενώ παρέμεινε αυξημένη συγκριτικά με τα επίπεδα πριν την άσκηση έως και πέντε ημέρες μετά (van de Vyver & Myburgh, 2012).

1.3. Ποδόσφαιρο και ασκησιογενής μυϊκή βλάβη.

Το ποδόσφαιρο, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί μία σύνθετη μορφή άσκησης που περιέχει ένα μεγάλο μοτίβο κινήσεων υψηλής έντασης οι οποίες έχουν υψηλή συχνότητα, τόσο στην προπόνηση όσο και στον αγώνα, και περιέχουν έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις (Fatouros et al., 2010; Nedelec et al., 2012). Έχει βρεθεί σε πρόσφατη έρευνα, πως η συμμετοχή σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου, οδηγεί σε ασκησιογενή μυϊκή βλάβη η οποία συνοδεύεται από ενεργοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος, μεταβολές στην οξειδοαναγωγική κατάσταση και μείωση της απόδοσης (J. R. Silva et al., 2013).

Ειδικότερα, παρατηρείται σημαντική αύξηση της κρεατινικής κινάσης στην κυκλοφορία, η οποία κορυφώνεται στις 24-48 ώρες μετά τον αγώνα, ενώ μπορεί να παραμείνει αυξημένη για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 96 ωρών σε ορισμένους αθλητές (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008). Παρόμοια μεταβολή παρατηρείται και στη συγκέντρωση της

μυοσφαιρίνης, η οποία παρουσιάζεται αυξημένη κατά 238% αμέσως μετά τον αγώνα σε σχέση με τα προαγωνιστικά επίπεδα (Thorpe & Sunderland, 2012). Ωστόσο, τα επίπεδα της επανέρχονται στις αρχικές τιμές εντός 24 ωρών (Fransson et al., 2018). Επίσης, σημαντική αύξηση έχει παρατηρηθεί μετά από έναν αγώνα και σε δείκτες φλεγμονής όπως η C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (CRP) για 24 έως 48 ώρες μετά (J. R. Silva et al., 2013; A. Souglis et al., 2015). Πέρα από τη φλεγμονή, η συμμετοχή σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου επιφέρει σημαντικές μεταβολές σε δείκτες οξειδωτικού στρες και αντιοξειδωτικής ικανότητας. Συγκεκριμένα, η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα αυξάνεται για περισσότερο από 48 ώρες μετά τον αγώνα (Ascensao et al., 2008; Magalhaes et al., 2010; Silva et al., 2013), λόγω ενεργοποίησης των μηχανισμών αντιοξειδωτικής άμυνας, ενώ το ουρικό οξύ ως το τελικό προϊόν των πουρινών, αυξάνεται έως και 96 ώρες (Ascensao et al., 2008). Επιπρόσθετα σημαντική αύξηση παρατηρείται σε δείκτες υπεροξειδωσιών των πρωτεϊνών όπως τα πρωτεϊνικά καρβονύλια, τα οποία παραμένουν αυξημένα για 3-4 ημέρες μετά τον αγώνα (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008), ενώ η αύξηση των δεικτών λιπιδικής υπεροξειδωσιών μπορεί να διαρκέσει για 2-3 ημέρες (Ascensao et al., 2008; Magalhaes et al., 2010). Αναφορικά με τον αντιοξειδωτικό μηχανισμό, η δραστηριότητα της καταλάσης (CAT) παραμένει αυξημένη για περίπου 24 ώρες μετά τον αγώνα, ενώ η δισμουτάση του υπεροξειδίου παραμένει αυξημένη έως και 48 ώρες (Silva et al., 2013). Τέλος, τα επίπεδα ανηγμένης γλουταθειόνης (GSH) μειώνονται για τουλάχιστον 24 ώρες, ενώ τα επίπεδα της οξειδωμένης της μορφής (GSSG) παραμένουν αυξημένα έως και 48 ώρες, γεγονός που υποδηλώνει μεταβολές στην οξειδοαναγωγική κατάσταση του οργανισμού (Fatouros et al., 2010).

Ως συνέπεια της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης, η απόδοση των ποδοσφαιριστών μειώνεται και ειδικότερα, παρατηρείται σημαντική μείωση της ικανότητας παραγωγής ισχύος και της δύναμης των κάτω άκρων έως και 72 ώρες μετά τον αγώνα (Ascensao et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008). Η αλτική ικανότητα επηρεάζεται επίσης αρνητικά, με την απόδοση στο άλμα χωρίς φόρα να μειώνεται για διάστημα 24 έως 72 ωρών, ενώ η απόδοση στο άλμα με υποχωρητική φάση να μειώνεται για τουλάχιστον 24 ώρες (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Silva et al., 2008). Επιπλέον, αρνητικά επηρεάζεται τόσο η μέγιστη ταχύτητα και όσο και η ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008; Mohr et al., 2016). Σε δύο μελέτες, αναφέρθηκε αύξηση του χρόνου εκτέλεσης σπριντ 20 μέτρων για χρονικό διάστημα ~72 ωρών (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008), ενώ σε πιο πρόσφατη έρευνα καταγράφηκε αύξηση του χρόνου εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ 30 μέτρων για τουλάχιστον 72 ώρες (Mohr et al., 2016). Τέλος,

εκτός από τον αγώνα, αρκετές προπονητικές μέθοδοι που εφαρμόζονται στο ποδόσφαιρο με στόχο την προαγωγή της φυσικής απόδοσης όπως η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα (speed-endurance training) και τα αγωνιστικά τετράγωνα (small-sided games) έχουν συνδεθεί με την πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης (Tzatzakis et al., 2020; Papanikolaou et al., 2021), γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό του προπονητικού πλάνου σε επίπεδο μικρόκυκλου.

1.4. Ο μικρόκυκλος αυξημένης αγωνιστικής επιβάρυνσης στο ποδόσφαιρο.

Ο αγωνιστικός μικρόκυκλος στο ποδόσφαιρο περιλαμβάνει 7 ημέρες (1 εβδομάδα) και η δομή του εξαρτάται από τον αριθμό των αγώνων (Ramos-Cano J, et al., 2022). Στην περίπτωση που η ομάδα αγωνίζεται μία φορά την εβδομάδα, επιτρέπει την εφαρμογή περιορισμού με μονή ή διπλή κορύφωση της προπονητικής επιβάρυνσης (Rico-González, et al., 2020). Αντιθέτως, όταν υπάρχουν δύο ή και τρεις αγώνες εντός του μικρόκυκλου, η προπονητική επιβάρυνση περιορίζεται σημαντικά και το προπονητικό πλάνο προσαρμόζεται στις αυξημένες απαιτήσεις αποκατάστασης και διαχείρισης της κόπωσης των αγώνων (Dupont G, et al., 2010). Όπως προαναφέρθηκε, μετά από έναν ποδοσφαιρικό αγώνα η απόδοση των ποδοσφαιριστών μειώνεται για 72 ώρες ως αποτέλεσμα της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης (Ispirlidis et al., 2008; Fatouros et al., 2010). Συνεπώς, για την αποκατάσταση της μυϊκής βλάβης και την επαναφορά της απόδοσης των παικτών μετά από έναν αγώνα απαιτείται χρονικό διάστημα τουλάχιστον 72 ωρών μέχρι τον επόμενο αγώνα (Ascensao et al., 2008; Fransson et al., 2018; Magalhaes et al., 2010).

Παρόλα αυτά, στο σύγχρονο επαγγελματικό ποδόσφαιρο, λόγω της αύξησης των αγωνιστικών υποχρεώσεων των ομάδων (συμμετοχή στο πρωτάθλημα, σε αγώνες κυπέλου, διεθνείς διοργανώσεις και φιλικά παιχνίδια), οι αθλητές καλούνται να συμμετάσχουν σε ~50 - 80 αγώνες κατά τη διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου, ενώ πολύ συχνά αγωνίζονται επαναλαμβανόμενα και για μεγάλο χρονικό διάστημα σε δύο ή και τρεις αγώνες εντός του ίδιου μικρόκυκλου (Ekstrand et al., 2004). Στη μελέτη των Mohr και συν. (2016), όπου 20 ποδοσφαιριστές έλαβαν μέρος σε τρεις αγώνες με συχνότητα Κυριακή (1ος αγώνας) – Τετάρτη (2ος αγώνας) – Κυριακή (3ος αγώνας), παρατηρήθηκε μείωση κατά 7%-14% στην απόσταση που κάλυψαν με υψηλής έντασης τρέξιμο στο δεύτερο αγώνα συγκριτικά με τον πρώτο και το τρίτο παιχνίδι, υποδεικνύοντας ότι οι 72 ώρες που μεσολάβησαν μεταξύ πρώτου και δεύτερου αγώνα δεν επέτρεψαν την πλήρη αποκατάσταση των. Αντίστοιχα, όλοι οι δείκτες απόδοσης και μυϊκής βλάβης που μελετήθηκαν παρουσίασαν τη μεγαλύτερη επιδείνωση 48-72 ώρες μετά το δεύτερο αγώνα (Mohr et al. 2016). Ωστόσο, η

επαναλαμβανόμενη συμμετοχή των παικτών σε παιχνίδια με ανεπαρκές χρονικό διάστημα αποκατάστασης μεταξύ τους, αναμένεται μακροπρόθεσμα να επηρεάσει αρνητικά όχι μόνο την αγωνιστική τους απόδοση αλλά και την υγεία τους, καθώς αυξάνεται δραματικά ο κίνδυνος εκδήλωσης μυοσκελετικού τραυματισμού (Ekstrand et al., 2011).

1.5. Ο ρόλος της διατροφικής πρόσληψης πρωτεΐνης στην αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης στο ποδόσφαιρο

Η άσκηση επιφέρει μεταβολές στο μυϊκό μεταβολισμό και διαταράσσει τον ρυθμό σύνθεσης και αποδόμησης πρωτεϊνών (Tipton, 2008), αυξάνοντας τα επίπεδα καταβολισμού και οδηγώντας σε αρνητικό πρωτεϊνικό ισοζύγιο (Kammer et al., 2009). Η ασκησιογενής μυϊκή βλάβη οδηγεί σε περαιτέρω αύξηση του καταβολισμού των πρωτεϊνών (Cooke et al., 2010). Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι η επαρκής διατροφική πρόσληψη πρωτεΐνης, υποστηρίζει τον αναβολισμό, συμβάλλει στη διατήρηση θετικού πρωτεϊνικού ισοζυγίου και είναι απαραίτητη για την αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης (West et al., 2017). Σημαντικό ρόλο στην επίδραση της πρωτεΐνης διαδραματίζει όχι μόνο η συνολική ποσότητα πρωτεΐνης που προσλαμβάνεται, αλλά και η χρονική στιγμή κατανάλωσής της, το είδος τη πρωτεΐνης και η ποσότητα που προσλαμβάνεται σε κάθε γεύμα/σνακ (Jäger et al., 2017). Αρκετές συστάσεις αναφέρουν ότι η κατανάλωση πρωτεΐνης θα πρέπει να γίνεται άμεσα μετά την άσκηση, καθώς παρατηρείται αυξημένη ευαισθησία του αναβολισμού στη παρουσία αμινοξέων (Biolo et al., 1997). Το χρονικό παράθυρο στο οποίο η πρωτεΐνοσύνθεση είναι πιο ενεργή κυμαίνεται από τέσσερις έως έξι ώρες μετά την άσκηση (Tipton, 2008). Όσον αφορά την ποσότητα, η κατανάλωση τουλάχιστον 20 γρ. πρωτεΐνης σε κάθε γεύμα είναι επαρκής για τη μεγιστοποίηση της πρωτεϊνικής σύνθεσης σε νεαρά άτομα (Moore et al., 2009). Μάλιστα, μετά από άσκηση με αντιστάσεις, η πρόσληψη των 20-25 γρ. πρωτεΐνης θα πρέπει να γίνεται ως μια δόση ("bolus") και όχι να μοιράζεται σε μικρότερες δόσεις οι οποίες θα χορηγούνται επαναλαμβανόμενα, καθώς με τη μορφή "bolus" παρατηρείται γρηγορότερη και πιο μεγάλη αύξηση των επιπέδων αμινοξέων στη κυκλοφορία, οδηγώντας σε μεγαλύτερη ενεργοποίηση της μυϊκής πρωτεΐνοσύνθεσης (Moore et. al, 2009; Moore et. al, 2012). Για τον λόγο αυτό, συστήνεται η τακτική (κάθε 3-4 ώρες) και επαναλαμβανόμενη πρόσληψη πρωτεΐνης για τη διατήρηση θετικού πρωτεϊνικού ισοζυγίου και την προαγωγή της μυϊκής αποκατάστασης. Τέλος, αναφορικά με το είδος της πρωτεΐνης, τόσο ο η πρωτεΐνη ορού γάλακτος (whey) όσο και η καζεΐνη έχουν μελετηθεί εκτενώς ως προς την αποτελεσματικότητά τους να προάγουν τη μυϊκή πρωτεΐνοσύνθεση και την αποκατάσταση των αθλητών (Tanget. al., 2009). Η πρωτεΐνη ορού γάλακτος απορροφάται γρήγορα και είναι πλούσια σε λευκίνη, ενώ η καζεΐνη

παρουσιάζει πιο αργό ρυθμό απορρόφησης, παρέχοντας αμινοξέα στην κυκλοφορία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Boirie et al., 1997; Tang et al., 2009).

Η επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης στην αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης μετά από άσκηση έχει μελετηθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία τα τελευταία χρόνια, με στόχο την επιτάχυνση της διαδικασίας επούλωσης και επαναδόμησης του μυϊκού ιστού και την επαναφορά της αθλητικής απόδοσης. Σε μια πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση με μετα-ανάλυση, αξιολογήθηκε η επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης στην αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης μετά από πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις. Οι ερευνητές ανέφεραν ότι η αυξημένη πρόσληψη πρωτεΐνης μετά την άσκηση περιορίζει τη μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης και την αύξηση της κρεατινικής κινάσης στην κυκλοφορία (Pearson et al., 2023). Τα αποτελέσματα ενισχύουν την άποψη πως η επαρκής πρόσληψη πρωτεΐνης μετά την άσκηση μπορεί να επιταχύνει τη διαδικασία επούλωσης και επαναδόμησης του μυϊκού ιστού μετά από έντονη προπόνηση με αντιστάσεις.

Πέρα από την άσκηση με αντιστάσεις, η αποτελεσματικότητα της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης στην αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης έχει εξεταστεί και στο ποδόσφαιρο. Συγκεκριμένα, σε μία μελέτη που διεξήχθη σε ποδοσφαιριστές, οι ερευνητές συγκρίνοντας την επίδραση της αυξημένης πρόσληψης πρωτεΐνης ορού γάλακτος (whey) έναντι πρωτεΐνης σόγιας έπειτα από 2 επαναλαμβανόμενες συνεδρίες προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα, παρατήρησαν ότι ανεξάρτητα από το είδος (πρωτεΐνη ορού γάλακτος vs σόγιας) η αυξημένη πρόσληψη πρωτεΐνης οδηγεί σε ταχύτερη αποκατάσταση της απόδοσης και της μυϊκής βλάβης (Kritikos et al., 2021). Επίσης, κατά τη διάρκεια ενός αγωνιστικού μικρόκυκλου με 2 αγώνες (Κυριακή -Τετάρτη), και καθημερινές προπονήσεις, η συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης γάλακτος (20% whey– 80% καζεΐνη) επιτάχυνε την αποκατάσταση της απόδοσης μετά το πρώτο παιχνίδι και περιορίσε τη μείωση της αγωνιστικής απόδοσης κατά τη διάρκεια του δεύτερου παιχνιδιού (Poulios et al., 2018).

Η κατανάλωση πρωτεΐνης πριν τον ύπνο αποτελεί μια αποτελεσματική διατροφική στρατηγική για την προαγωγή της μυϊκής πρωτεϊνοσύνθεσης κατά τη διάρκεια του βραδινού ύπνου, ειδικά όταν συνδυάζεται με σωματική άσκηση. Σε μελέτη, όπου συμμετείχαν υγιείς ενήλικες σε προπονήσεις αντοχής, η κατανάλωση 40 γρ. καζεΐνης πριν το βραδινό ύπνο, οδήγησε σε σημαντική αύξηση της έκφρασης γονιδίων που σχετίζονται με τη μιτοχονδριακή βιογένεση (Chapman et al., 2020), υποδεικνύοντας ότι η κατανάλωση πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο μπορεί να συμβάλλει στην αναδόμηση και τη λειτουργία των μιτοχονδρίων μετά από άσκηση. Επιπλέον, η μελέτη των Res και συν. (2012) διερεύνησε τις επιπτώσεις της

κατανάλωσης 40 γρ. καζεΐνης πριν τον ύπνο σε υγιείς άνδρες που ακολούθησαν πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις διάρκειας 12 εβδομάδων. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως η ομάδα που έλαβε πρωτεΐνη σημείωσε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση στη μυϊκή μάζα και τη μυϊκή δύναμη συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου, υπογραμμίζοντας τη σημασία της πρωτεϊνικής πρόσληψης κατά τη διάρκεια της νύχτας στη μυϊκή υπερτροφία και την απόδοση (Res et al., 2012). Παρομοίως, οι Snijders και συν. (2015) ανέφεραν ότι τα ηλικιωμένα άτομα που συμμετείχαν σε προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης και κατανάλωναν περίπου 28 γρ. καζεΐνης πριν το βραδινό ύπνο, για 12 εβδομάδες, παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στη μυϊκή μάζα (Snijders et al., 2015). Τέλος, σε ποδοσφαιριστές που συμμετείχαν σε έναν αγώνα 90 λεπτών ο οποίος διεξήχθη αργά το απόγευμα, η κατανάλωση καζεΐνης 30 λεπτά πριν το βραδινό ύπνο περιόρισε τη μείωση της απόδοσης και την αύξηση του μυϊκού πόνου τις επόμενες 12-36 ώρες (Abbott, Brett, Cockburn, & Clifford, 2018). Τα ευρήματα αυτά υποστηρίζουν εμφατικά τη συμπληρωματική πρόσληψη πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο με σκοπό την προαγωγή της αποκατάστασης σε ποδοσφαιριστές. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί ότι σε άλλες μελέτες απέτυχε να εντοπιστεί σημαντική επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο σε δείκτες ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης (Betts et al., 2009; Cockburn et al., 2013; Gilson et al., 2010).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Συμμετέχοντες

Από την προκαταρκτική ανάλυση ισχύος (effect size f : 0.35, α err prob: 0.05, power: 0.95, groups:2, measurements:2) που πραγματοποιήθηκε διαπιστώθηκε ότι απαιτούνταν ένα συνολικό δείγμα 30 ατόμων προκειμένου να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τις κύριες εξαρτημένες μεταβλητές, σε ένα πειραματικό σχεδιασμό με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε 2 χρονικές στιγμές και 2 πειραματικές συνθήκες. Συνεπώς, στην παρούσα μελέτη έλαβαν μέρος 30 υγιείς εν ενεργεία ποδοσφαιριστές 18-30 (19-25) ετών. Οι συμμετέχοντες, αφού ενημερώθηκαν για τον σκοπό, τη σημασία, τα οφέλη αλλά και τους κινδύνους της μελέτης, συμπλήρωσαν έντυπο ιατρικού ιστορικού και δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους στην πειραματική διαδικασία. Τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη ήταν τα εξής: (α) μη καπνιστές, (β) φυσικά δραστήρια άτομα, (γ) απουσία ιστορικού μυοσκελετικού τραυματισμού ή νόσησης για τουλάχιστον ένα εξάμηνο πριν από την έναρξη της μελέτης, (δ) διακοπή της κατανάλωσης αλκοόλ κατά τη διάρκεια της μελέτης, διακοπή της λήψης οποιουδήποτε συμπληρώματος διατροφής ή αντιφλεγμονώδους/αντιοξειδωτικού σκευάσματος τουλάχιστον για ένα μήνα πριν την έναρξη της μελέτης και κατά τη διάρκεια αυτής. Η μελέτη έλαβε έγκριση από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Αριθμ. Πρωτ.: 2487/4-12-2024).

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Η μελέτη διεξήχθη στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Αξιολόγησης Φυσικής Απόδοσης (ΚΕΑΦΑ). Πριν τη συμμετοχή τους στην πειραματική διαδικασία, όλοι οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τον σκοπό, τα οφέλη αλλά και τους πιθανούς κινδύνους της μελέτης, και δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους στη μελέτη.

Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν δυο επισκέψεις στις εγκαταστάσεις του ΚΕΑΦΑ για την ολοκλήρωση των αρχικών τους μετρήσεων. Συγκεκριμένα, στην πρώτη τους επίσκεψη υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών, της των καμπτήρων και εκτεινόντων μυών του γόνατος και στα δυο άκρα σε ισοκινητικό δυναμόμετρο, της αλτικής ικανότητας (κάθετο άλμα με υποχωρητική φάση και άλμα μετά από πτώση) και της ικανότητας ευκινησίας μέσω της δοκιμασίας Arrowhead Agility Test. Στη δεύτερη επίσκεψή τους (48 ώρες μετά την πρώτη επίσκεψη), υποβλήθηκαν στη δοκιμασία

Yo-Yo intermittent endurance level 1 (Yo-Yo IE1) για την αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής τους ικανότητας.

Μετά την ολοκλήρωση των αρχικών μετρήσεων οι συμμετέχοντες εντάχθηκαν τυχαιοποιημένα σε μια από τις δυο πειραματικές συνθήκες: **(α) Πειραματική συνθήκη** ($N=15$, έλαβε συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης) και **(β) Συνθήκη ελέγχου** ($N=15$, έλαβε συμπληρωματική χορήγηση υδατάνθρακα). Και στις δύο συνθήκες οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε ένα τουρνουά ποδοσφαίρου 7 vs 7, στη πρώτη ημέρα του οποίου όλοι αγωνίστηκαν συνολικά σε 3 παιχνίδια διάρκειας 30 λεπτών το κάθε ένα (2 ημίχρονα των 15 λεπτών), με μεταξύ τους χρονικό διάστημα αποκατάστασης ~90 λεπτά. Πριν από το πρώτο παιχνίδι, όλοι οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση του μυϊκού πόνου στους καμπτήρες και εκτείνοντας μύες του γόνατος και στα δυο άκρα, μέσω της δεκαβάθμιας κλίμακας υποκειμενικής αξιολόγησης του μυϊκού πόνου. Κατά τη διάρκεια των παιχνιδιών όλοι οι συμμετέχοντες έφεραν μονάδες Global Positioning System (GPS) με ενσωματωμένο καρδιοσυχνόμετρο, για την ποσοτικοποίηση της εξωτερικής και εσωτερικής τους επιβάρυνσης. Το βράδυ της ίδιας ημέρας (1^η ημέρα του τουρνουά), οι συμμετέχοντες στην Πειραματική συνθήκη έλαβαν μέσω συμπληρωματικής χορήγησης 40 γρ. πρωτεΐνης (καζεΐνη) ενώ οι συμμετέχοντες στην συνθήκη Ελέγχου έλαβαν 40γρ. υδατάνθρακα (μαλτοδεξτρίνη), μέσω συμπληρωματική χορήγησης.

Την επόμενη ημέρα (~20-24 ώρες μετά το τελευταίο παιχνίδι της 1^{ης} ημέρας), οι 16 από τους συμμετέχοντες ($N=9$ από την Πειραματική συνθήκη & $N=7$ από τη Συνθήκη Ελέγχου), οι οποίοι προκρίθηκαν στην επόμενη φάση του τουρνουά, αγωνίστηκαν σε ένα ακόμη παιχνίδι. Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού οι συμμετέχοντες έφεραν μονάδες GPS με ενσωματωμένο καρδιοσυχνόμετρο, για την ποσοτικοποίηση της εξωτερικής και εσωτερικής τους επιβάρυνσης. Στόχος ήταν σε αυτά τα άτομα να μελετηθεί η επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο της προηγούμενης ημέρας, στην αγωνιστική τους απόδοση. Οι υπόλοιποι 14 παίκτες που δεν προκρίθηκαν στη επόμενη φάση ($N=6$ από την Πειραματική συνθήκη & $N=8$ από τη Συνθήκη Ελέγχου), προσήλθαν (~20-24 ώρες μετά το τελευταίο παιχνίδι της 1^{ης} ημέρας) στις εγκαταστάσεις του ΚΕΑΦΑ και υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση (i) του μυϊκού πόνου, (ii) της αλτικής του ικανότητας και (iii) της ικανότητας ευκινησίας. Στόχος ήταν σε αυτά τα άτομα να μελετηθεί η επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο της προηγούμενης ημέρας σε δείκτες ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και απόδοσης.

2.3. Συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης και υδατάνθρακα

Οι συμμετέχοντες στις δυο συνθήκες έλαβαν την οδηγία να καταναλώσουν το συμπλήρωμα σε μία δόση περίπου 30 λεπτά πριν το βραδινό ύπνο. Για την Πειραματική συνθήκη το συμπλήρωμα περιείχε 40 γρ. καζεΐνης, ενώ για τη συνθήκη Ελέγχου 40 γρ. μαλτοδεξτρίνης. Τα δυο συμπληρώματα ήταν σε μορφή σκόνης και χορηγούνταν διαλυμένα σε νερό (250 ml), ως ρόφημα. Προκειμένου να έχουν παρόμοια γεύση και να είναι μη διαχωρίσιμα από τους συμμετέχοντες, γινόταν προσθήκη γλυκαντικής ουσίας χωρίς θερμίδες. Επίσης ήταν ισοενεργειακά, παρέχοντας ~160 kcal.

2.4. Αξιολόγηση περιγραφικών χαρακτηριστικών

2.4.1. Αξιολόγηση σωματικού βάρους και ύψους

Η αξιολόγηση του σωματικού βάρους και του ύψους των συμμετεχόντων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση βαθμονομημένου ζυγού (Beambalance, Seca, Germany) και αναστημομέτρου (Stadiometer, Seca) αντίστοιχα. Για τη μέτρηση του σωματικού βάρους, οι συμμετέχοντες τοποθετούνταν σε όρθια θέση στο κέντρο της ζυγαριάς, με το βάρος τους να κατανέμεται ισομερώς και στα δύο κάτω άκρα. Τα πέλματα τοποθετούνταν σε γωνία περίπου 60°, με τις φτέρνες σε επαφή. Η μέτρηση διεξήχθη με ακρίβεια 0.5 κιλών, με τους συμμετέχοντες να φορούν τον ελάχιστο δυνατό ρουχισμό. Η εκτίμηση του σωματικού ύψους πραγματοποιήθηκε με ακρίβεια 0.5 εκατοστών από την ίδια όρθια θέση. Ο εξεταστέος ζητούσε από τους συμμετέχοντες να πάρουν μια βαθιά εισπνοή, την οποία διατηρούσαν μέχρι ο εξεταστής να χαμηλώσει τον οριζόντιο βραχίονα του αναστημόμετρου και να ακουμπήσει το άνω μέρος της κεφαλής τους.

2.4.2. Αξιολόγηση της μέγιστης ισοκινητικής ροπής κάτω άκρων

Πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της μέγιστης ισοκινητικής ροπής των καμπτήρων και των εκτεινόντων μυών του γόνατος, τόσο στο κυρίαρχο όσο και στο μη κυρίαρχο άκρο, σε ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex 770, USA) σύμφωνα με τις διαδικασίες που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενη μελέτη (Draganidis et al. 2015). Η αξιολόγηση της μέγιστης μειομετρικής και έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος, πραγματοποιήθηκε σε γωνιακή ταχύτητα 60°/δευτερόλεπτο. Οι συμμετέχοντες εκτελούσαν 3 μέγιστες επαναλήψεις για τους εκτεινόντες και 3 για τους καμπτήρες του κάθε ποδιού, και ως τελική τιμή καταγραφόταν η μεγαλύτερη τιμή από τις τρεις. Πριν την αξιολόγηση, πραγματοποιήθηκε γενική και ειδική προθέρμανση, η οποία διαρκούσε περίπου 10 λεπτά και

περιελάμβανε ποδηλάτιση στο κυκλοεργόμετρο για 4 λεπτά και στη συνέχεια δυναμικές διατάσεις και δρομικές ασκήσεις.

2.4.3. Αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας

Η αξιολόγηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας πραγματοποιήθηκε μέσω της δοκιμασίας Yo-Yo Intermittent Endurance Test (Level 1). Η συγκεκριμένη δοκιμασία, διεξήχθη στο γήπεδο ποδοσφαίρου, με τους ποδοσφαιριστές να φοράνε ποδοσφαιρικά παπούτσια, σύμφωνα με τις οδηγίες εκτέλεσης της (Bangsbo&Mohr,2012). Η δοκιμασία περιελάμβανε παλίνδρομο τρέξιμο απόστασης 20μέτρων (κάθε διαδρομή περιελάμβανε 2x20μ.) με προοδευτικά αυξανόμενη ταχύτητα κίνησης, η οποία καθοριζόταν μέσω αντίστοιχου ηχητικού μηνύματος. Μεταξύ των διαδρομών μεσολαβούσε χρονικό διάστημα ανάληψης 5 δευτερολέπτων κατά τη διάρκεια του οποίου οι εξεταζόμενοι περπατούσαν μία απόσταση 5 μ. (2x2.5 μ.) πίσω από τη γραμμή της αφετηρίας. Η δοκιμασία εκτελέστηκε μέχρι εξάντλησης των συμμετεχόντων ή μέχρι το σημείο όπου αδυνατούσαν να συγχρονιστούν για 2 συνεχόμενες φορές με το ηχητικό ερέθισμα (σε αυτή την περίπτωση τερματιζόταν η προσπάθειά του). Ως επίδοση, καταγράφηκε η συνολική απόσταση που έτρεξαν οι συμμετέχοντες μέχρι το σημείο εξάντλησης ή τη διακοπή της δοκιμασίας.

2.5. Αξιολόγηση εξαρτημένων μεταβλητών

2.5.1. Αξιολόγηση της εσωτερικής και εξωτερικής επιβάρυνσης κατά τη διάρκεια των παιχνιδιών.

Για την καταγραφή της εξωτερικής και εσωτερικής επιβάρυνσης κατά τη διάρκεια των παιχνιδιών χρησιμοποιήθηκαν μονάδες Global Positioning System (GPS) με ενσωματωμένο καρδιοσυχνόμετρο (Polar Team Pro System, Polar Electro, Kempele, Finland). Κάθε παίκτης φορούσε συγκεκριμένη μονάδα σε κάθε παιχνίδι η οποία είχε προηγούμενος προγραμματιστεί με τα δικά του προσωπικά στοιχεία όπως σωματικό βάρος, σωματικό ύψος και ημερομηνία γέννησης. Ως δείκτες εξωτερικής επιβάρυνσης χρησιμοποιήθηκαν η συνολική απόσταση, η απόσταση ανά λεπτό, η μέση ταχύτητα, ο αριθμός των σπρίντ, η απόσταση που διανύθηκε με υψηλής έντασης τρέξιμο ($>15\text{km/h}$), ο αριθμός των επιβραδύνσεων ($50-3\text{ m/s}^2$, $2.99-2\text{ m/s}^2$, $1.99-1\text{ m/s}^2$ και $0.99-0.5\text{ m/s}^2$) και των επιταχύνσεων ($0.5-0.99\text{m/s}^2$, $1-1.99\text{ m/s}^2$, $2-2.99\text{ m/s}^2$, $3-50\text{ m/s}^2$), ενώ ως δείκτες εσωτερικής επιβάρυνσης χρησιμοποιήθηκαν η μέση και μέγιστη καρδιακή συχνότητα. Για την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Polar Team Pro.

2.5.2. Αξιολόγηση της υποκειμενικής αίσθησης του μυϊκού πόνου (DOMS)

Για την αξιολόγηση της υποκειμενικής αίσθησης του μυϊκού πόνου, χρησιμοποιήθηκε δεκαβάθμια κλίμακα υποκειμενικής αντίληψης του πόνου, όπου το 1 αντιστοιχούσε σε φυσιολογικό (καθόλου πόνο) και το 10 σε πολύ επίπονο, σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες (Draganidis et al., 2015; Tzatzakis et al., 2019). Οι συμμετέχοντες εκτελούσαν αρχικά 3 βαθιά καθίσματα και αμέσως μετά παρέμεναν σε όρθια στάση. Ο εξεταστής ασκούσε με τα χέρια του ισόποση πίεση σε έκφυση, κατάφυση και γαστέρα των εκτινόντων μυών του γόνατος. Οι συμμετέχοντες έχοντας μπροστά τους τη δεκαβάθμια κλίμακα υποδεικνύανε για το κάθε ανατομικό σημείο έναν αριθμό από το 1 μέχρι το 10, αξιολογώντας την ένταση του πόνου. Όλες οι αξιολογήσεις του DOMS πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο εξεταστή, έτσι ώστε η πίεση να είναι η ίδια για όλους τους συμμετέχοντες σε όλες τις χρονικές στιγμές.

2.5.3. Αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας

Για την αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας μετρήθηκε το ύψος του κάθετου άλματος μετά από άλμα με υποχωρητική φάση (countermovement jump) και μετά από άλμα πτώσης (drop jump) μέσω του συστήματος “Opto jump Microgate System” (Bolzano, Italy). Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τρεις μέγιστες προσπάθειες για κάθε είδος άλματος και η καλύτερη επίδοση καταγράφηκε ως τελική επίδοση. Στο άλμα με υποχωρητική φάση η προσπάθεια ξεκινούσε με τον ασκούμενο από σταθερή όρθια θέση με τα χέρια τοποθετημένα στα ισχία. Από εκεί πραγματοποιούσε μια προκαταρκτική κίνηση προς τα κάτω με τα ισχία και τα γόνατα λυγισμένα σε γωνία 90° και πηδούσε κάθετα προς τα πάνω, όσο το δυνατόν υψηλότερα. Στο άλμα πτώσης, οι συμμετέχοντες έχοντας τα χέρια τοποθετημένα στη μεσολαβή, εκτελέσουν πτώση από κουτί ύψους 30 εκ. κάνοντας ένα βήμα μπροστά στο κενό, και προσπαθώντας να ελαχιστοποιήσουν όσο γίνεται περισσότερο τον χρόνο επαφής των πελμάτων στο έδαφος εκτελούσαν κάθετο άλμα χωρίς υποχωρητική φάση. Τα δεδομένα που λήφθηκαν από το Opto jump στο συγκεκριμένο είδος άλματος αφορούσαν το ύψος του άλματος (cm) τον δείκτη αντιδραστικής δύναμης (Reactive Strength Index, RSI) ο οποίος προκύπτει από τον λόγο του ύψους του άλματος προς τον χρόνο επαφής με το έδαφος ($RSI = \text{ύψος άλματος} / \text{χρόνος επαφής}$).

2.5.4. Αξιολόγηση της ικανότητας ευκινησίας

Η ικανότητα ευκινησίας των ποδοσφαιριστών, αξιολογήθηκε μέσω της δοκιμασίας Arrowhead Agility Test (Rago et al.,2020). Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε στο γήπεδο ποδοσφαίρου με τους συμμετέχοντες να φορούν τα ποδοσφαιρικά τους παπούτσια. Το συνολικό μήκος της διαδρομής ήταν 35μέτρα και περιλάμβανε διαδοχικά τρέξιμο σε ευθεία για 10μ., έπειτα αλλαγή κατεύθυνσης 90°δεξιά ή αριστερά και τρέξιμο σε ευθεία για 5 μ., κατόπιν διαγώνια αλλαγή κατεύθυνσης αριστερά ή δεξιά, αντίστοιχα και τρέξιμο σε ευθεία για άλλα 5 μ., μία τελευταία αλλαγή κατεύθυνσης (~135°) αριστερά ή δεξιά, αντίστοιχα, και τρέξιμο σε ευθεία για 15μ.Ως επίδοσης της δοκιμασίας καταγραφόταν ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης της διαδρομής, ο οποίος αξιολογούνταν με χρήση φωτοκυττάτων. Οι συμμετέχοντες συνολικά 2 μέγιστες προσπάθειες, ξεκινώντας τη μια φορά με αλλαγή κατεύθυνσης προς τα αριστερά και την άλλη προς τα δεξιά (τυχαιοποιημένα).

2.6. Στατιστική ανάλυση

Σύμφωνα με έλεγχο κανονικότητας των δεδομένων που πραγματοποιήθηκε μέσω του τεστ Shapiro-Wilk, διαπιστώθηκε ότι σε όλες τις μεταβλητές τα δεδομένα ακολουθούσαν την κανονική κατανομή. Συνεπώς, για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων εφαρμόστηκαν παραμετρικά τεστ. Ειδικότερα για των περιγραφικών χαρακτηριστικών και των δεικτών εσωτερικής και εξωτερικής επιβάρυνσης στο σύνολο των παιχνιδιών της πρώτης ημέρας και στο παιχνίδι της δεύτερης ημέρας μεταξύ των συνθηκών χρησιμοποιήθηκε το T-τεστ για ανεξάρτητα δείγματα (Independent samples T-test).Για τον εντοπισμό διαφορών μεταξύ των χρονικών στιγμών (αρχική μέτρηση και ημέρα 2) αλλά και μεταξύ των συνθηκών (Πειραματική και Ελέγχου) στους δείκτες μυϊκής βλάβης και απόδοσης, εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (ANOVA Repeated measures) ως προς δυο παράγοντες (συνθήκηx χρόνος). Όπου εντοπιζόταν στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, πραγματοποιούνταν το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, για την σύγκριση κατά ζεύγη. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι $\pm$ τυπική απόκλιση. Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (IBM SPSS Statistics, version 26.0).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Σύγκριση των περιγραφικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δυο ομάδων

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων στις δύο συνθήκες. Από τη σύγκριση των περιγραφικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δυο συνθηκών (Πειραματική και Ελέγχου) δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 1. Τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων

	Πειραματική Συνθήκη(N= 15)	Συνθήκη Ελέγχου (N=15)	
Σωματικό βάρος (κιλά)	73.3 ± 7.0	74.4 ± 6.3	p = 0.719
Σωματικό ύψος (μέτρα)	1.80 ± 0.1	1.80 ± 0.1	p = 0.560
ΔΜΣ (κιλά/μέτρα ²)	23.4 ± 1.6	23.3 ± 1.4	p = 0.857
Καρδιοαναπνευστική ικανότητα			
Yo-Yo IE1 (μέτρα)	1760.0 ± 567.3	1756.0 ± 488.6	p = 0.987
Σύγκεντρη ροπή (60°/δευτ.) – Κυρίαρχο άκρο			
Εκτείνοντες (Nm)	216.2 ± 38.1	203.1 ± 37.2	p = 0.447
Καμπτήρες (Nm)	148.4 ± 39.3	134.8 ± 35.4	p = 0.427
Σύγκεντρη ροπή (60°/δευτ.) – Μη κυρίαρχο άκρο			
Εκτείνοντες (Nm)	226.6 ± 35.6	212.0 ± 33.7	p = 0.359
Καμπτήρες (Nm)	132.5 ± 20.5	144.4 ± 32.3	p = 0.346
Έκκεντρη ροπή (60°/δευτ.) – Κυρίαρχο άκρο			
Εκτείνοντες (Nm)	287.9 ± 57.2	250.8 ± 66.1	p = 0.196
Καμπτήρες (Nm)	158.1± 24.5	141.8 ± 30.2	p = 0.202
Έκκεντρη ροπή (60°/δευτ.) – Μη κυρίαρχο άκρο			
Εκτείνοντες (Nm)	267.1 ± 47.6	248.6 ± 47.2	p = 0.394
Καμπτήρες (Nm)	158.8 ± 26.0	145.8 ± 41.3	p = 0.411

ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος.

3.2. Συνολική εσωτερική επιβάρυνση των συμμετεχόντων στην πρώτη ημέρα του τουρνουά

Η συνολική εσωτερική επιβάρυνση της πρώτης ημέρας εκτιμήθηκε από το μέσω όσο της μέσης καρδιακής συχνότητας και από τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα που είχαν οι συμμετέχοντες στα τρία παιχνίδια. Από τη σύγκριση των δύο συνθηκών δεν εντοπίστηκαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση καρδιακή συχνότητα και τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Δείκτες συνολικής εσωτερικής επιβάρυνσης στα τρία παιχνίδια της 1^{ης} ημέρας

	Πειραματική Συνθήκη (N= 15)	Συνθήκη Ελέγχου (N=15)	
Μέση ΚΣ (παλμοί/λεπτό)	166.8 ± 8.5	162.3 ± 13.0	<i>p</i> = 0.375
Μέγιστη ΚΣ (παλμοί/λεπτό)	205.7 ± 13.3	198.6 ± 12.9	<i>p</i> = 0.241

ΚΣ: καρδιακή συχνότητα.

3.3. Συνολική εξωτερική επιβάρυνση των συμμετεχόντων στην πρώτη ημέρα του τουρνουά

Από τη σύγκριση των δύο συνθηκών δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους δείκτες συνολικής εξωτερικής επιβάρυνσης των συμμετεχόντων. Οι συμμετέχοντες στις δυο συνθήκες, κάλυψαν μια συνολική απόσταση στα τρία παιχνίδια από 5857±723 μ. έως 6009±553 μ., διανύοντας περίπου 61 μ. ανά λεπτό, με μέση ταχύτητα τα 4.2 χλμ/ώρα. Επίσης, διένυσαν από 385.6±162.0 μ. έως 478±163 μ. με υψηλής έντασης τρέξιμο (>15 χλμ./ώρα) και εκτέλεσαν κατά μέσο όρο 20-24 σπριντ, 737 – 783 επιβραδύνσεις και 682-728 επιταχύνσεις (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Δείκτες συνολικής εξωτερικής επιβάρυνσης στα τρία παιχνίδια της 1^{ης} ημέρας

	Πειραματική Συνθήκη (N= 15)	Συνθήκη Ελέγχου (N=15)	
Συνολική απόσταση (μ.)	6008.7 ± 553.1	5856.9 ± 722.8	<i>p</i> = 0.604
Απόσταση/λεπτό (μ./λεπτό)	61.2 ± 5.6	60.8 ± 7.6	<i>p</i> = 0.843
Υψηλής έντασης τρέξιμο (μ.)	478.0 ± 163.1	385.6 ± 162.0	<i>p</i> = 0.220
Μέση ταχύτητα (χλμ /ώρα)	4.2 ± 0.4	4.2 ± 0.5	<i>p</i> = 0.917
Αριθμός σπριντ	24.0 ± 10.2	19.8 ± 7.4	<i>p</i> = 0.304
Αριθμός επιβραδύνσεων			
50 – 3.00 μ./δευτ ²	19.1 ± 8.3	14.1 ± 7.4	<i>p</i> = 0.172
2.99 – 2.00 μ./δευτ ²	65.6 ± 19.5	62.8 ± 1.2	<i>p</i> = 0.689
1.99 – 1.00 μ./δευτ ²	232.7 ± 34.9	242.1 ± 50.5	<i>p</i> = 0.634
0.99 – 0.50 μ./δευτ ²	736.7 ± 92.4	782.7 ± 131.4	<i>p</i> = 0.194
Αριθμός επιταχύνσεων			
0.50 – 0.99 μ./δευτ ²	375.0 ± 56.8	419.7 ± 93.3	<i>p</i> = 0.213
1.00 – 1.99 μ./δευτ ²	213.9 ± 30.5	227.4 ± 55.8	<i>p</i> = 0.511
2.00 – 2.99 μ./δευτ ²	75.4 ± 14.9	67.6 ± 12.2	<i>p</i> = 0.224

3.00 – 50 μ./δευτ²

18.1 ± 8.0

12.9 ± 5.6

 $p = 0.116$

3.4. Εσωτερική επιβάρυνση των συμμετεχόντων στον αγώνα της δεύτερης ημέρας του τουρνουά

Από τη σύγκριση των δύο συνθηκών δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μέση καρδιακή συχνότητα και τη μέγιστη καρδιακή συχνότητα κατά τη διάρκεια του αγώνα της 2^{ης} ημέρας του τουρνουά. Συγκεκριμένα, η μέση καρδιακή συχνότητα κυμάνθηκε κατά μέσο όρο από 158-164 παλμούς/λεπτό και η μέγιστη καρδιακή συχνότητα από 193-198 παλμούς/λεπτό (Πίνακας 4).

Πίνακας 4. Δείκτες εσωτερικής επιβάρυνσης στον αγώνα της 2^{ης} ημέρας

	Πειραματική Συνθήκη (N= 15)	Συνθήκη Ελέγχου (N=15)	
Μέση ΚΣ (παλμοί/λεπτό)	164.0 ± 13.1	157.8 ± 8.2	$p = 0.320$
Μέγιστη ΚΣ (παλμοί/λεπτό)	193.0 ± 9.5	198.0 ± 9.1	$p = 0.319$

ΚΣ: καρδιακή συχνότητα

3.5. Εξωτερική επιβάρυνση των συμμετεχόντων στον αγώνα της δεύτερης ημέρας του τουρνουά

Από τη σύγκριση των δύο συνθηκών δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στους δείκτες εξωτερικής επιβάρυνσης των συμμετεχόντων. Ειδικότερα, οι συμμετέχοντες κάλυψαν συνολική απόσταση από 2573 ± 524 μ. έως 2748 ± 205 μ., διανύοντας από 65.5 ± 13.5 μ./λεπτό έως 70.4 ± 5.3 μ./λεπτό. Από τη συνολική απόσταση που διένυσαν τα 192 ± 110.3 μ. έως 216.0 ± 71.5 μ. αφορούσαν το τρέξιμο με ταχύτητας >15 χλμ/ώρα. Επίσης οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν από 10.5 ± 4.8 έως 12.2 ± 5.6 σπριντ με τη μέση ταχύτητα να κυμαίνεται από 4.2 ± 0.8 χλμ/ώρα έως 4.5 ± 0.3 χλμ/ώρα. Τέλος, εκτέλεσαν συνολικά από 324.3 ± 48.2 έως 335.8 ± 36.5 επιβραδύνσεις και από 306.8 ± 42.1 έως 307.6 ± 36.8 επιταχύνσεις (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Δείκτες εξωτερικής επιβάρυνσης κατά τη διάρκεια του αγώνα της 2^{ης} ημέρας

	Πειραματική Συνθήκη (N= 15)	Συνθήκη Ελέγχου (N=15)	
Συνολική απόσταση (μ.)	2748.3 ± 205.4	2573.3 ± 524.1	$p = 0.355$
Απόσταση/λεπτό (μ./λεπτό)	70.4 ± 5.3	65.5 ± 13.5	$p = 0.317$
Υψηλής έντασης τρέξιμο (μ.)	216.0 ± 71.5	192.0 ± 110.0	$p = 0.603$

Μέση ταχύτητα (χλμ/ώρα)	4.5 ± 0.3	4.2 ± 0.8	<i>p</i> = 0.307
Αριθμός σπριντ	12.2 ± 5.6	10.5 ± 4.8	<i>p</i> = 0.549
Αριθμός επιβραδύνσεων			
50 – 3.00 μ./δευτ ²	7.9 ± 3.2	7.8 ± 2.2	<i>p</i> = 0.965
2.99 – 2.00 μ./δευτ ²	27.1 ± 5.5	27.8 ± 8.1	<i>p</i> = 0.831
1.99 – 1.00 μ./δευτ ²	106.0 ± 20.9	106.3 ± 19.2	<i>p</i> = 0.975
0.99 – 0.50 μ./δευτ ²	194.8 ± 22.0	182.3 ± 39.5	<i>p</i> = 0.426
Αριθμός επιταχύνσεων			
0.50 – 0.99 μ./δευτ ²	164.4 ± 24.6	162.5 ± 28.3	<i>p</i> = 0.889
1.00 – 1.99 μ./δευτ ²	101.2 ± 20.0	102.8 ± 16.3	<i>p</i> = 0.869
2.00 – 2.99 μ./δευτ ²	35.0 ± 6.4	34.8 ± 8.3	<i>p</i> = 0.964
3.00 – 50 μ./δευτ ²	7.0 ± 3.9	6.7 ± 4.1	<i>p</i> = 0.872

3.6. Δείκτες ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και απόδοσης τη δεύτερη ημέρα του τουρνουά

3.6.1. Υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στους εκτείνοντες μύες του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο.

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(1,12)} = 0.61$, $p = 0.451$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε μόνο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(1,12)} = 32.02$, $p < 0.001$) ήταν σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni προέκυψε ότι τη δεύτερη ημέρα του τουρνουά οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντική ($p < 0.001$) αύξηση του μυϊκού πόνου στους εκτείνοντες μύες του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο κατά 4 έως 5 φορές πάνω από τα αρχικά επίπεδα (Σχήμα 1Α).

3.6.2. Υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στους εκτείνοντες μύες του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο.

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(1,12)} = 4.01$, $p = 0.07$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε μόνο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(1,12)} = 21.34$, $p < 0.001$) ήταν σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni προέκυψε ότι τη δεύτερη ημέρα του τουρνουά οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντική ($p < 0.001$) αύξηση του μυϊκού πόνου

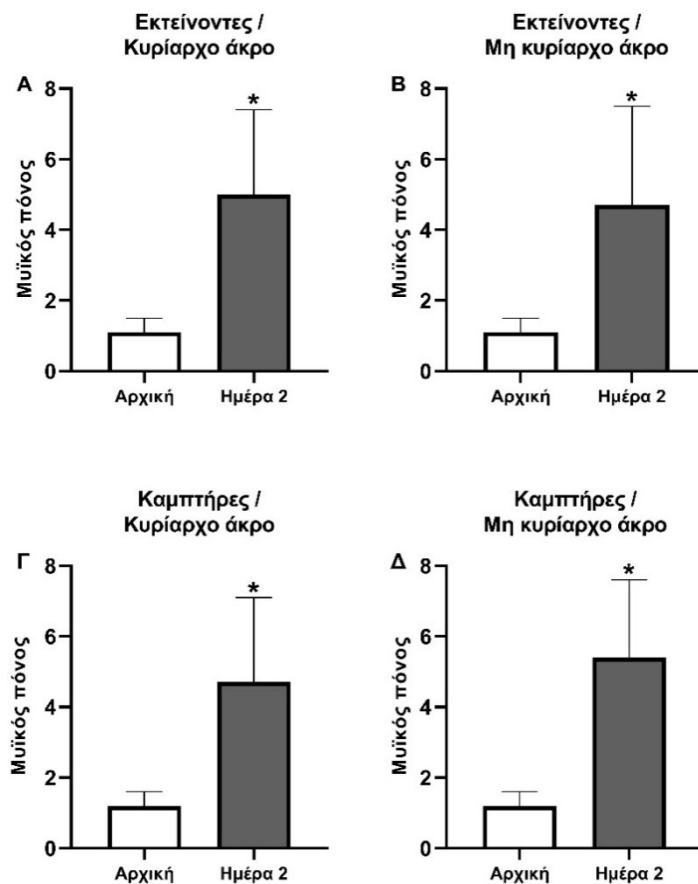
στους εκτεινόντες μύες του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο κατά 2.5 έως 5 φορές πάνω από τα αρχικά επίπεδα (**Σχήμα 1B**).

3.6.3. Υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στους καμπτήρες μύες του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο.

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(1,12)} = 3.40$, $p = 0.09$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε μόνο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(1,12)} = 34.32$, $p < 0.001$) ήταν σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni προέκυψε ότι τη δεύτερη ημέρα του τουρνουά οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντική ($p < 0.001$) αύξηση του μυϊκού πόνου στους καμπτήρες μύες του γόνατος στο κυρίαρχο άκρο κατά 3 έως 5 φορές πάνω από τα αρχικά επίπεδα (**Σχήμα 1Γ**).

3.6.4. Υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στους καμπτήρες μύες του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο.

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(1,12)} = 0.82$, $p = 0.09$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε μόνο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(1,12)} = 51.51$, $p < 0.001$) ήταν σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni προέκυψε ότι τη δεύτερη ημέρα του τουρνουά οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντική ($p < 0.001$) αύξηση του μυϊκού πόνου στους καμπτήρες μύες του γόνατος στο μη κυρίαρχο άκρο κατά 4 έως 5 φορές πάνω από τα αρχικά επίπεδα (**Σχήμα 1Δ**).

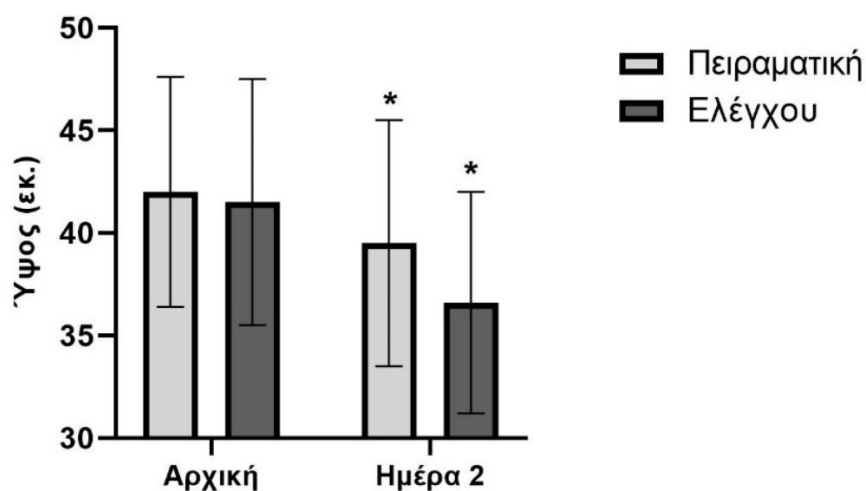


Σχήμα 1. Η μεταβολή του μυϊκού πόνου στους εκτείνοντες(Α-Β) και καμπτήρες(Γ-Δ) μύες του γόνατος στο κυρίαρχο και μη κυρίαρχο άκρο. * Σημαντική διαφορά με την Αρχική μέτρηση ($p < 0.05$).

3.6.5. Απόδοση στο κάθετο άλμα με υποχωρητική φάση

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(1,12)} = 7.04$, $p = 0.02$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι τη τόσο η Πειραματική συνθήκη όσο και η συνθήκη Ελέγχου παρουσίασαν σημαντική μείωση στο ύψος του κάθετου άλματος με υποχωρητική φάση κατά 7% ($p = 0.006$) και 12% ($p < 0.001$), αντίστοιχα. Ωστόσο δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών (Σχήμα 2).

Άλμα με υποχωρητική φάση

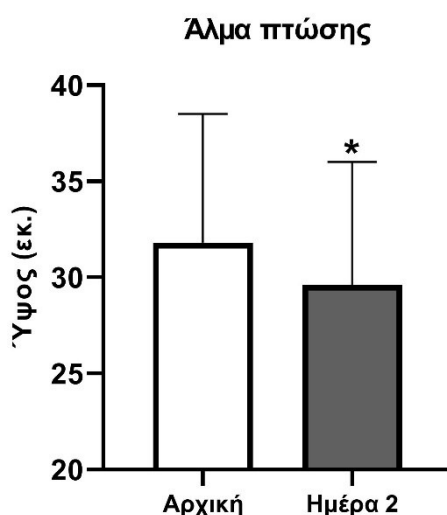


Σχήμα 2. Η μεταβολή στο ύψος του κάθετου στην Πειραματική συνθήκη και τη συνθήκη Ελέγχου.

*Σημαντική διαφορά με την Αρχική μέτρηση ($p < 0.05$).

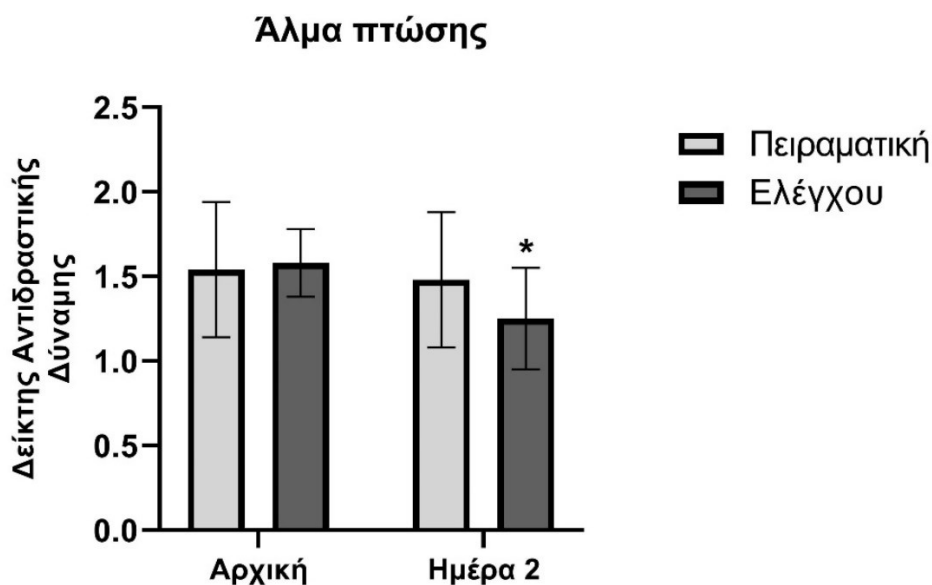
3.6.6. Απόδοση στο άλμα πτώσης

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(1,12)} = 1.76$, $p = 0.209$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε μόνο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(1,12)} = 5.10$, $p = 0.043$) ήταν σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντική μείωση στο ύψος του άλματος πτώσης κατά 7% ($p = 0.043$) (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Η μεταβολή στο ύψος του άλματος πτώσης. *Σημαντική διαφορά με την Αρχική μέτρηση ($p < 0.05$).

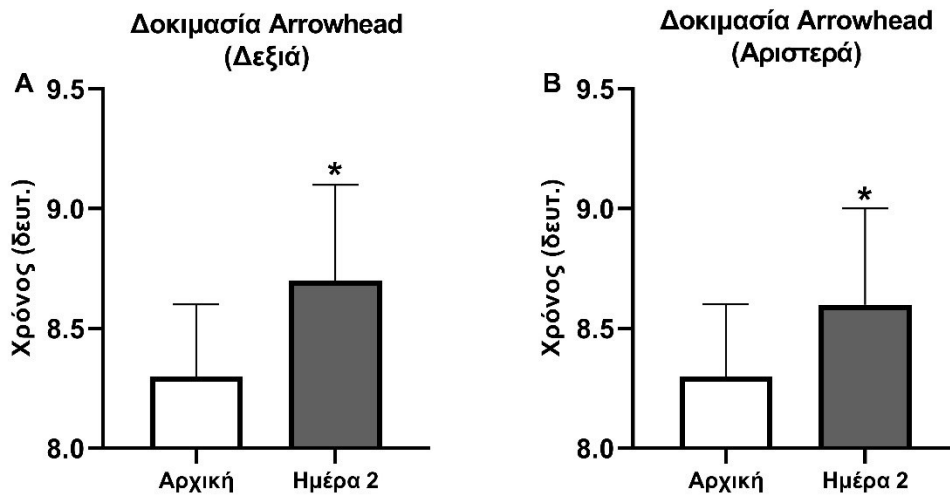
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(1,12)} = 7.23$, $p=0.02$). Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι μόνο η συνθήκη Ελέγχου παρουσίασε σημαντική μείωση στο δείκτη αντιδραστικής δύναμης στο άλμα πτώσης 21% ($p<0.001$). Ωστόσο δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνθηκών τη δεύτερη μέρα του τουρνουά (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Η μεταβολή στο δείκτη αντιδραστικής δύναμης στην Πειραματική συνθήκη και τη συνθήκη Ελέγχου. *Σημαντική διαφορά με την Αρχική μέτρηση ($p<0.05$).

3.6.7. Ικανότητα ευκινησίας

Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας ήταν επαναλαμβανόμενος, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F_{(1,12)} = 0.28$, $p = 0.604$). Από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε μόνο ο παράγοντας χρόνος ($F_{(1,12)} = 15.14$, $p=0.002$) ήταν σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε ότι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σημαντική αύξηση στο χρόνο εκτέλεσης της δοκιμασίας Arrowhead κατά 4% ($p=0.002$), τόσο με κατεύθυνση προς τα δεξιά όσο και αριστερά (Σχήμα 5Α-Β).



Σχήμα 5. Η μεταβολή στο χρόνο ολοκλήρωσης της δοκιμασία ευκινησίας Arrowhead Agility Test με την πρώτη αλλαγή κατεύθυνσης δεξιά (**A**) και αριστερά (**B**). *Σημαντική διαφορά με την Αρχική μέτρηση ($p<0.05$).

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης πρωτεΐνης πριν τον βραδινό ύπνο στην αποκατάσταση της ασκησιογενούς μυϊκής βλάβης και της απόδοσης, σε ποδοσφαιριστές που συμμετέχουν σε επαναλαμβανόμενα αγωνιστικά παιχνίδια κατά τη διάρκεια ενός τουρνουά ποδοσφαίρου. Η συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης περιόρισε την Ημέρα 2 τη μείωση της αντιδραστικής δύναμης κατά την εκτέλεση του άλματος πτώσης. Ωστόσο, δεν είχε καμία επίδραση στην υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου και στην ικανότητα ευκινησίας. Επίσης δεν επηρέασε την αγωνιστική απόδοση των παικτών στον αγώνα της Ημέρας 2 συγκριτικά με τη συμπληρωματική χορήγηση υδατάνθρακα.

Κατά τη διάρκεια ενός αγώνα ποδοσφαίρου διάρκειας 90λεπτών, οι ποδοσφαιριστές αγωνίζονται με μέση καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) από 155 έως 172 παλμούς/λεπτό, που αντιστοιχεί περίπου στο 85% της μέγιστης ΚΣ (Bangsbo, Mohr & Krstrup, 2006), ενώ η μέγιστη ΚΣ του φτάνει στο 90–95% της μέγιστης ΚΣ (Aslan et al., 2016), αποδεικνύοντας την υψηλή εσωτερική επιβάρυνση των παικτών. Αντίστοιχα, στην παρούσα μελέτη, στα τρία παιχνίδια της πρώτης ημέρας, τα οποία ήταν διάρκειας 30 λεπτών το καθένα, η μέση ΚΣ κυμάνθηκε μεταξύ 162–167 παλμοί/λεπτό (81–84% της μέγιστης ΚΣ), ενώ η μέγιστη ΚΣ κυμάνθηκε από 198–205 παλμοί/λεπτό, υποδεικνύοντας ότι η εσωτερική επιβάρυνση κατά τη διάρκεια των τριών παιχνιδιών ήταν επίσης υψηλή.

Οι ποδοσφαιριστές καλύπτουν μια συνολική απόσταση που κυμαίνεται από 10 έως 14 χλμ σε έναν αγώνα 90 λεπτών (Bangsbo et al., 2006), διανύοντας κατά μέσο όρο 115–145 μέτρα/λεπτό (Moreno-Pérez et al. 2022). Παράγοντες όπως, η αγωνιστική θέση, το αγωνιστικό επίπεδο των αθλητών η τακτική της ομάδας αλλά και το επίπεδο του αντιπάλου επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την απόσταση που διανύουν οι παίκτες σε έναν αγώνα (Bangsbo et al., 2006; Mohr et al., 2003; Stolen et al., 2005; Bangsbo, 2014; Eduard Pons et al., 2021). Η μέση ταχύτητα κυμαίνεται από 6.9–8.7χλμ/ώρα, με τη μέγιστη ταχύτητα να κυμαίνεται από 32 έως 34 χλμ/ώρα (Moreno-Pérez et al., 2022). Στην παρούσα μελέτη, οι παίκτες κάλυψαν συνολικά στα τρία παιχνίδια της πρώτης ημέρας κατά μέσο όρο 5.857–6.009 χλμ με μέση ταχύτητα 4.2 χλμ/ώρα και μέγιστη τα 5.2 χλμ/ώρα. Επίσης διένυσαν περίπου 60–62 μέτρα/λεπτό, που αντιστοιχούν περίπου στα μισά μέτρα που διανύονται ανά λεπτό σε αγώνα 90 λεπτών (Moreno-Pérez et al. 2022). Η απόσταση που διένυσαν οι παίκτες με υψηλής έντασης τρέξιμο (>15 χλμ/ώρα) συνολικά στα 3 παιχνίδια ήταν κατά μέσο όρο

431.8±165.2 μ., ενώ σε ένα 90λεπτο αγώνα η αντίστοιχη απόσταση είναι κατά μέσο όρο 691±190μ. (Dellal et al., 2011; Randers et al., 2010; Stolen et al., 2005; Thorpe & Sunderland, 2012). Ακόμη, σε αγώνα κανονικής διάρκειας εκτελούνται περίπου 70–80 επιταχύνσεις και 55–75 επιβραδύνσεις με ρυθμό >2 m/s², 949 επιταχύνσεις και 951 επιβραδύνσεις με ρυθμό <1m/s² και 31 επιταχύνσεις και 35 επιβραδύνσεις με ρυθμό (>3 m/s²) (Barros et al., 2007). Στο σύνολο των τριών αγώνων της παρούσας μελέτη, παρατηρήθηκε ότι οι επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερες μέσες τιμές σε όλες τις ζώνες έντασης. Ειδικότερα, με ρυθμό 1.00-1.99 m/s² και 2.00-2.99 m/s² πραγματοποιούνται περίπου 220 και 72 επιταχύνσεις, και 237 και 64 επιβραδύνσεις, αντίστοιχα. Με υψηλότερο ρυθμό (>3 m/s²) οι επιταχύνσεις ήταν 13-18 ενώ οι επιβραδύνσεις από 14-19. Με ρυθμό 0.99-0.50 m/s² καταγράφηκαν 414 - 444 επιταχύνσεις και 413 - 472 επιβραδύνσεις.

Στον αγώνα της δεύτερης ημέρας του τουρνουά (Ημέρα 2), ο οποίος πραγματοποιήθηκε σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 24 ωρών από το τρίτο παιχνίδι της πρώτης ημέρας, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών, σε δείκτες εσωτερικής και εξωτερικής επιβάρυνσης. Η χορήγηση πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο έχει αναδειχθεί ως μια αποτελεσματική διατροφική στρατηγική για την ενεργοποίηση της μυϊκής πρωτεϊνοσύνθεσης κατά τη διάρκεια του βραδινού ύπνου, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με άσκηση (Kim J., 2020; Res et al., 2012; Snijders et al., 2015). Στη μελέτη των (Chapman et al., 2020) η χορήγηση 40 γρ. καζεΐνης πριν το βραδινό ύπνο σε υγιείς ενήλικες που συμμετείχαν σε προπόνηση αντοχής το απόγευμα της ίδια ημέρας, επέφερε σημαντική αύξηση στην έκφραση γονιδίων που σχετίζονται με τη μιτοχονδριακή βιογένεση. Επιπρόσθετα, σε μελέτη η οποία εξέτασε την επίδραση της συμπληρωματικής χορήγησης 40 γρ. καζεΐνης πριν τον ύπνο σε υγιείς άνδρες που συμμετείχαν σε προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης για 12 εβδομάδες, οι ερευνητές παρατήρησαν σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση στη μυϊκή μάζα και τη δύναμη συγκριτικά με την αντίστοιχη ομάδα ελέγχου η οποία έλαβε ισοενεργειακό εικονικό συμπλήρωμα (Res et al., 2012). Επίσης, η συμπληρωματική χορήγηση 40 γρ. καζεΐνης σε ποδοσφαιριστές που έλαβαν μέρος νωρίτερα σε αγώνα 90 λεπτών, περιορίσε τη μείωση της αλτικής ικανότητας καθώς επίσης και την αύξηση του μυϊκού πόνου για 12-36 ώρες μετά τον αγώνα (Abbott, Brett, Cockburn, & Clifford, 2018).

Παρομοίως στη παρούσα μελέτη, στους συμμετέχοντες οι οποίοι υποβλήθηκαν μόνο σε μετρήσεις απόδοσης τη δεύτερη ημέρα του τουρνουά (δεν έλαβαν μέρος σε αγώνα την Ημέρα 2), η συμπληρωματική χορήγηση 40 γρ. καζεΐνης το προηγούμενο βράδυ (30 λεπτά πριν τον ύπνο) στην Πειραματική συνθήκη απέτρεψε τη μείωση στο δείκτη αντιδραστικής δύναμης κατά την εκτέλεση του άλματος πτώσης, σε αντίθεση με τη συνθήκη Ελέγχου, όπου

παρατηρήθηκε μείωση του συγκεκριμένου δείκτη κατά 21%. Ωστόσο, οι υπόλοιποι δείκτες απόδοσης που αξιολογήθηκαν δεν επηρεάστηκαν από τη κατανάλωση πρωτεΐνης πριν τον ύπνο, παρουσιάζοντας παρόμοια μεταβολή στις δυο συνθήκες της μελέτης (Πειραματική και Ελέγχου).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, η συμπληρωματική χορήγηση πρωτεΐνης πριν το βραδινό ύπνο, δεν επηρεάζει την αγωνιστική απόδοση όταν μεταξύ επαναλαμβανόμενων παιχνιδιών μεσολαβούν <24 ώρες αποκατάστασης. Ωστόσο, μπορεί να περιορίσει τη μείωση σε ορισμένους άλλα όχι σε όλους τους δείκτες απόδοσης. Μελλοντικές μελέτες, θα πρέπει να εξετάσουν το συγκεκριμένο ερώτημα χρησιμοποιώντας μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων καθώς επίσης και σε συνθήκες επαναλαμβανόμενων αγώνων κανονικής διάρκειας (90 λεπτών).

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abbott, W., Brett, A., Cockburn, E., & Clifford, T. (2018). Pre sleep Casein Protein Ingestion: Acceleration of Functional Recovery in Professional Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-24. doi: 10.1123/ijsp.2018-0385
2. 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
3. Armstrong, R. B. (1990). Initial events in exercise-induced muscular injury. *Med Sci Sports Exercise*, 22(4), 429-435.
4. Aşçı A. Heart Rate Responses during Small Sided Games and Official Match-Play in Soccer. *Sports* (Basel, Switzerland). 2016 May;4(2):E31. DOI: 10.3390/sports4020031. PMID: 29910279; PMCID: PMC5968916.
5. Ascensao, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., & Magalhaes, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match – analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem*, 41(10-11), 841-851. doi:10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008
6. Bangsbo, J. (2014). Physiological demands of football. *Sports Science Institute*, 27(125), 1-6.
7. Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(2), 111-127.
8. 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
9. Barros, R. M., Misuta, M. S., Menezes, R. P., Figueroa, P. J., Moura, F. A., Cunha, S. A., ... Leite, N. J. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *J Sports Sci Med*, 6(2), 233-242.
10. Biolo, G., Tipton, K. D., Klein, S., & Wolfe, R. R. (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol*, 273(1 Pt 1), E122-129. doi:10.1152/ajpendo.1997.273.1.E122
11. Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M. P., Maubois, J. L., & Beaufrere, B. (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 94(26), 14930-14935.
12. Buckley, J. D., Thomson, R. L., Coates, A. M., Howe, P. R., DeNichilo, M. O., & Rowney, M. K. (2010). Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *J Sci Med Sport*, 13(1), 178-181. doi:10.1016/j.jsams.2008.06.007
13. Bunn, J. R., Canning, J., Burke, G., Mushipe, M., Marsh, D. R., & Li, G. (2004). Production of consistent crush lesions in murine quadriceps muscle—a biomechanical, histomorphological and immunohistochemical study. *J Orthop Res*, 22(6), 1336-1344. doi:10.1016/j.orthres.2004.03.013
14. Collins, J., Maughan, R. J., Gleeson, M., Bilsborough, J., Jeukendrup, A., Morton, J. P., ... McCall, A. (2021). UEFA expert group statement on nutrition in elite football. *Br J Sports Med*, 55(8), 416. doi:10.1136/bjsports-2019-101961
15. Cooke, M. B., Rybalka, E., Stathis, C. G., Cribb, P. J., & Hayes, A. (2010). Whey protein isolate attenuates strength decline after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals. *J Int Soc Sports Nutr*, 7, 30. doi:10.1186/1550-2783-7-30
16. Dannecker, E. A., & Koltyn, K. F. (2014). Pain during and within hours after exercise in healthy adults. *Sports Med*, 44(7), 921-942. doi:10.1007/s40279-014-0172-z

17. De Lisio, M., Farup, J., Sukiennik, R. A., Clevenger, N., Nallabelli, J., Nelson, B., . . . Boppart, M. D. (2015). The acute response of pericytes to muscle-damaging eccentric contraction and protein supplementation in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985), 119(8), 900-907. doi: 10.1152/japplphysiol.01112.2014
18. Dellal A., Chamari, K., Owen, A. L., Wong, D. P., Lago-Penas, C., & Hill-Haas, S. (2011). Influence of technical instructions on the physiological and physical demands of small-sided soccer games. *European Journal of Sport Science*, 11(5), 341-346. doi: 10.1080/17461391.2010.521584
19. Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong del, P., & Chamari, K. (2010). Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3219-3226. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b94a63
20. Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Barbero-Alvarez, J. C., Mohr, M., Malliou, P., ... Fatouros, I. G. (2015). Correction: Recovery Kinetics of Knee Flexor and Extensor Strength after a Football Match. *PLoS One*, 10(7), e0133459. doi:10.1371/journal.pone.0133459
21. Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisloff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med*, 38(9), 1752-1758. doi: 10.1177/0363546510361236
22. Ekstrand, J., Hagglund, M., & Walden, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*, 39(6), 1226-1232. doi:10.1177/0363546510395879
23. Ekstrand, J., Waldén, M., & Häggglund, M. (2004). A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure ... World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. *Br J Sports Med*, 38(4), 493-497. doi:10.1136/bjsm.2003.009134
24. Fatouros, I. G., Chatzinikolaou, A., Douroudos, II, 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
25. 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
26. Fransson, D., Vigh-Larsen, J. F., Fatouros, I. G., Krstrup, P., & Mohr, M. (2018). Fatigue Responses in Various Muscle Groups in Well-Trained Competitive Male Players after a Simulated Soccer Game. *J Hum Kinet*, 61, 85-97. doi:10.1515/hukin-2017-0129 (x2 entries merged)
27. Ha, E., & Zemel, M. B. (2003). Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. *J NutrBiochem*, 14(5), 251-258.
28. Herzog, W. (2014). Mechanisms of enhanced force production in lengthening (eccentric) muscle contractions. *J Appl Physiol*, 116(11), 1407-1417. doi:10.1152/japplphysiol.00069.2013
29. Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
30. Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, 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

31. 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
32. Jamurtas, A. Z. (2018). Exercise-Induced Muscle Damage and Oxidative Stress. *Antioxidants (Basel)*, 7(4). doi:10.3390/antiox7040050
33. Jamurtas, A. Z., Douroudos, I., Deli, C. K., Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Mohr, M., ... Fatouros, I. G. (2015). Iron status markers are only transiently affected by a football game. *J Sports Sci*, 33(20), 2088-2099. doi: 10.1080/02640414.2015.1064154
34. Jamurtas, A. Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis, V., ... Nosaka, K. (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises ... muscle damage. *Eur J Appl Physiol*, 95(2-3), 179-185. doi:10.1007/s00421-005-1345-0
35. Kammer, L., Ding, Z., Wang, B., Hara, D., Liao, Y. H., & Ivy, J. L. (2009). Cereal and nonfat milk support muscle recovery following exercise. *J Int Soc Sports Nutr*, 6, 11. doi: 10.1186/1550-2783-6-11
36. Kim J. Pre-sleep casein protein ingestion: new paradigm in post-exercise recovery nutrition. *Phys Act Nutr*. 2020 Jun 30;24(2):6-10. doi: 10.20463/pan.2020.0009. PMID: 32698256; PMCID: PMC7451833.
37. Kritikos, S., Papanikolaou, K., Draganidis, D., Poullos, A., Georgakouli, K., Tsimeas, P., Tzatzakis, T., ... Fatouros, I. G. (2021). Effect of whey vs. soy protein supplementation on recovery kinetics following speed endurance training in competitive male soccer players. *J Int Soc Sports Nutr*, 18(1), 23. doi:10.1186/s12970-021-00420-w
38. Magalhaes, J., Rebelo, A., Oliveira, E., Silva, J. R., Marques, F., & Ascensao, A. (2010). Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscular parameters. *Eur J Appl Physiol*, 108(1), 39-48. doi:10.1007/s00421-009-1161-z
39. Malm, C. (2001). Exercise-induced muscle damage and inflammation: fact or fiction? *Acta Physiol Scand*, 171(3), 233-239. doi:10.1046/j.1365-201x.2001.00825.x
40. Meister, S., Faude, O., Ammann, T., Schnitzler, R., & Meyer, T. (2013). Indicators for high physical strain and overload in elite football players. *Scand J Med Sci Sports*, 23(2), 156-163. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01354.x
41. Michailidis, Y., Karagounis, L. G., Terzis, G., Jamurtas, A. Z., Spengos, K., Tsoukas, D., ... Fatouros, I. G. (2013). Thiol-based antioxidant supplementation alters ... recovery after intense eccentric exercise. *Am J Clin Nutr*, 98(1), 233-245. doi:10.3945/ajcn.112.049163
42. 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
43. Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21(7), 519-528. doi: 10.1080/0264041031000071182
44. Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*, 23(6), 593-599. doi: 10.1080/02640410400021286
45. Moore, D. R., Areta, J., Coffey, V. G., Stellingwerff, T., Phillips, S. M., Burke, L. M., ... Hawley, J. A. (2012). Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. *NutrMetab (Lond)*, 9(1), 91. doi: 10.1186/1743-7075-9-91
46. Moore, D. R., Robinson, M. J., Fry, J. L., Tang, J. E., Glover, E. I., Wilkinson, S. B., ... Phillips, S. M. (2009). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein

- synthesis after resistance exercise in young men. *Am J Clin Nutr*, 89(1), 161-168. doi: 10.3945/ajcn.2008.26401
47. Moreno-Pérez, V., Martínez-Sanz, J. M., Nakamura, F. Y., Sampaio, J., & Del Coso, J. (2022). *When and how do professional soccer players experience maximal intensity sprints in LaLiga?* *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 8055.
 48. Morgan, D. L., & Allen, D. G. (1999). Early events in stretch-induced muscle damage. *J Appl Physiol*, 87(6), 2007-2015. doi:10.1152/jappl.1999.87.6.2007
 49. Nathan, C. (2002). Points of control in inflammation. *Nature*, 420(6917), 846-852. doi:10.1038/nature01320
 50. Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012). Recovery in soccer: part I – post-match fatigue and time course of recovery. *Sports Med*, 42(12), 997-1015. doi:10.2165/11635270-000000000-00000
 51. Orendurff, M. S., Walker, J. D., Jovanovic, M., Tulchin, K. L., Levy, M., & Hoffmann, D. K. (2010). Intensity and duration of intermittent exercise and recovery during a soccer match. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2683-2692. doi:10.1519/JSC.0b013e3181bac463
 52. Papanikolaou, K., Tsimeas, P., Anagnostou, A., Varypatis, A., Mourikis, C., Tzatzakis, T., ... Fatouros, I. G. (2021). Recovery kinetics following small-sided games in competitive soccer players: does player density size matter? *Int J Sports Physiol Perform*, 16(9), 1270-1280. doi:10.1123/ijsp.2020-0380
 53. Paulsen, G., Cramer, R., Benestad, H. B., Fjeld, J. G., Morkrid, L., Hallen, J., & Raastad, T. (2010). Time course of leukocyte accumulation in human muscle after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 75-85. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ac7adb
 54. Peake, J. M., Suzuki, K., Wilson, G., Hordern, M., Nosaka, K., Mackinnon, L., & Coombes, J. S. (2005). Exercise-Induced Muscle Damage, Plasma Cytokines, and Markers of Neutrophil Activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 737-745. doi: 10.1249/01.mss.0000161804.05399.3b
 55. Pearson, A. G., Hind, K., & Macnaughton, L. S. (2023). The impact of dietary protein supplementation on recovery from resistance exercise-induced muscle damage: a systematic review with meta-analysis. *Eur J Clin Nutr*, 77(8), 767-783. doi:10.1038/s41430-022-01250-y
 56. Pons, E., Ponce-Bordón, J. C., Díaz-García, J., López del Campo, R., Resta, R., Peirau, X., & García-Calvo, T. (2021). A Longitudinal Exploration of Match Running Performance during a Football Match in the Spanish La Liga: A Four-Season Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1133.
 57. Poullos, A., Fatouros, I. G., Mohr, M., Draganidis, D. K., 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.
 58. Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol*, 537(Pt 2), 333-345
 59. Rago, Vincenzo^{1,2}; Brito, João²; Figueiredo, Pedro^{2,3}; Ermidis, Georgios^{4,5}; Barreira, Daniel¹; Rebelo, António¹. The Arrowhead Agility Test: Reliability, Minimum Detectable Change, and Practical Applications in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 34(2):p 483-494, February 2020. | DOI: 10.1519/JSC.0000000000002987.

60. Ramos-Cano J, Martín-García A, Rico-González M. Training intensity management during microcycles, mesocycles, and macrocycles in soccer: A systematic review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*. 2022 ;239(2):283-300
61. Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., . . . Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci*, 28(2), 171-182. doi: 10.1080/02640410903428525
62. Res, P. T., Groen, B., Pennings, B., Beelen, M., Wallis, G. A., Gijzen, A. P., & van Loon, L. J. C. (2012). *Protein ingestion before sleep improves postexercise overnight recovery*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(8), 1560–1569.
63. Rico-González, M., Méndez-Villanueva, A., & Los Arcos Larumbe, A. (2020). Training load periodization in soccer with one official match a week: A systematic review.
64. Robineau, J., Jouaux, T., Lacroix, M., & Babault, N. (2012). Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. *J Strength Cond Res*, 26(2), 555-562. doi:10.1519/JSC.0b013e318220dda0
65. Silva, A. S. R., Santhiago, V., Papoti, M., & Gobatto, C. A. (2008). Psychological, biochemical and physiological responses of Brazilian soccer players during a training program. *Science & Sports*, 23(2), 66-72. doi:10.1016/j.scispo.2007.10.010
66. 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 (x2 identical entries merged)
67. Snijders, T., Res, P. T., Smeets, J. S. J., van Vliet, S., van Kranenburg, J., Maase, K., Kies, A. K., Verdijk, L. B., & van Loon, L. J. C. (2015). *Protein ingestion before sleep increases muscle mass and strength gains during prolonged resistance-type exercise training in healthy young men*. *Journal of Nutrition*, 145(6), 1178–1184.
68. Stagos, D., Goutzourelas, N., Ntontou, A. M., Kafantaris, I., Deli, C. K., Poullos, A., . . . Kouretas, D. (2015). Assessment of eccentric exercise-induced oxidative stress using oxidation-reduction potential markers. *Oxid Med Cell Longev*, 2015, 204615. doi: 10.1155/2015/204615
69. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536. doi:10.2165/00007256-200535060-00004
70. 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. *Journal of Applied Physiology*, 107(3), 987–992.
71. Thorpe, R., & Sunderland, C. (2012). Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2783-2790. doi: 10.1519/JSC.0b013e318241e174
72. Tipton, K. D. (2008). Protein for adaptations to exercise training. *Eur J Sport Sci*, 8(2), 107-118. doi:10.1080/17461390801919102
73. Tzatzakis, T., Papanikolaou, K., Draganidis, D., Tsimeas, P., Kritikos, S., Poullos, A., . . . Fatouros, I. G. (2020). Recovery Kinetics After Speed-Endurance Training in Male Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 15(3), 395-408. doi:10.1123/ijsp.2018-0984
74. Van de Vyver, M., & Myburgh, K. H. (2012). Cytokine and satellite cell responses to muscle damage: interpretation and possible confounding factors in human studies. *J Muscle Res Cell Motil*, 33(3-4), 177-185. doi:10.1007/s10974-012-9303-z

75. Walzem, R. L., Dillard, C. J., & German, J. B. (2002). Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 42(4), 353-375. doi:10.1080/10408690290825574