

**«Κινητική αποκατάστασης μετά από προπόνηση αντοχής στην
ταχύτητα με τη μέθοδο maintenance σε ποδοσφαιριστές»**

του Αυγουστάτου Νικόλαου

Διπλωματική εργασία που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα της «Σχολής
Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού» του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Τρίκαλα 2023

Επιβλέπων Καθηγητής:
Τζιαμούρτας Αθανάσιος

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση και η σύγκριση των επιδράσεων δύο διαφορετικών, ως προς την αναλογία έργου/διαλείματος, πρωτοκόλλων προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο ‘Maintenance’ σε δείκτες φλεγμονής, μυϊκού τραυματισμού, απόδοσης & νευρομυϊκής κόπωσης. Έλαβαν μέρος 10 ποδοσφαιριστές, οι οποίοι εκτέλεσαν τυχαιοποιημένα 3 συνθήκες: μία συνθήκη με αναλογία έργου/διαλείματος 1/3 (Σ1/3), μια συνθήκη με αναλογία έργου/διαλείματος 1/1 (Σ1/1), και μία συνθήκη ελέγχου, σε μια διπλά τυφλή, διασταυρωμένη μελέτη. Το εσωτερικό και το εξωτερικό φορτίο ελέγχονταν μέσω της τεχνολογίας συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS) και καρδιοσυχνόμετρων. Η συγκέντρωση γαλακτικού οξέος έγινε πριν και αμέσως μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων. Η αξιολόγηση των δεικτών φλεγμονής (λευκοκύτταρα & κοκκιοκύτταρα), απόδοσης (άλμα, ταχύτητα & ροπή) και μυϊκού τραυματισμού (DOMS & κρεατινική κινάση) έγινε πριν την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, στις 24, στις 48 και στις 72 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων. Η αξιολόγηση της νευρομυϊκής κόπωσης πριν αλλά και 1, 2 και 3 ώρες μετά την εφαρμογή των πρωτοκόλλων. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η συνθήκη Σ1/3 ήταν πιο απαιτητική, ως προς τις δρομικές επιβαρύνσεις (τρέξιμο υψηλής έντασης $p=0,001$, αριθμός επιβραδύνσεων $p=0,000$, αριθμός επιταχύνσεων $p=0,000$). Η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος αυξήθηκε σημαντικά, αμέσως μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, και διέφερε ως προς τον παράγοντα χρόνο (Σ1/3 $p=0,000$, Σ1/1 $p=0,000$). Επιπλέον, παρατηρήθηκε αύξηση της νευρομυϊκής κόπωσης κατά 10% έως και 2 ώρες μετά την εκτέλεση της συνθήκης Σ1/3, ενώ δεν παρατηρήθηκε νευρομυϊκή κόπωση στην συνθήκη Σ1/1. Η μέγιστη ροπή μειώθηκε κατά 8% στην συνθήκη Σ1/3 για 72 ώρες, ενώ στην συνθήκη Σ1/1 κατά 7% για 48 ώρες. Η ταχύτητα μειώθηκε και στις δύο συνθήκες κατά 3% για 48 ώρες. Επίσης, η αλτική ικανότητα μειώθηκε 4% έως 24 ώρες, μόνο στην συνθήκη Σ1/3. Η αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) παρέμεινε αυξημένη, μόνο στους καμπτήρες του γόνατος, μέχρι 48 ώρες και στις 2 συνθήκες. Η συγκέντρωση των λευκών αιμοσφαιρίων, των κοκκιοκυττάρων και της κρεατινικής κινάσης δεν διαφοροποιήθηκε ως συνάρτηση των πρωτοκόλλων. Συμπερασματικά, η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘Maintenance’ φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά τους δείκτες απόδοσης (24-48) ώρες και νευρομυϊκής

κόπωσης (2 ώρες), με τις εντονότερες επιδράσεις να παρατηρούνται στην συνθήκη Σ1/3, ενώ δεν φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά οι δείκτες φλεγμονής.

Λέξεις- Κλειδιά: Ποδόσφαιρο, προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα, αποκατάσταση, ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός, φλεγμονή, απόδοση.

Πρόλογος

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς, όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Τζιαμούρτα Αθανάσιο και κ. Φατούρο Ιωάννη για την στήριξη και την καθοδήγηση, κατά την διάρκεια την διάρκεια των σπουδών μου στο ΤΕΦΑΑ ΠΘ. Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Πούλιο Αθανάσιο για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε στην ολοκλήρωση της εργασίας., όπως επίσης και όλα τα μέλη του εργαστηρίου Φυσιολογίας, Βιοχημείας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab).

Αφιερώνω, την εργασία αυτή στην οικογένεια μου, για την απεριόριστη υποστήριξη, δύναμη και αγάπη σε όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

ΑΥΓΟΥΣΤΑΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ,

ΤΡΙΚΑΛΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2023

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Πρόλογος	3
Περιεχόμενα	4
Κατάλογος Πινάκων	6
Κατάλογος Γραφημάτων	6
Κατάλογος Εικόνων	7
 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	 8
Ποδόσφαιρο	8
Προπόνηση Αντοχής στη Ταχύτητα	8
Μυϊκός Τραυματισμός	9
Σκοπός της έρευνας	10
Ερευνητικές υποθέσεις	11
Μηδενικές υποθέσεις	11
Περιορισμοί της έρευνας	12
Οριοθετήσεις της έρευνας	12
Ορισμοί	13

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ 15

Ποδόσφαιρο	15
Προπόνηση Αντοχής στη Ταχύτητα	17
Έκκεντρη Άσκηση	20
Ασκησιογενής Μυϊκός τραυματισμός	21
Δείκτες Μυϊκού Τραυματισμού	23
Φλεγμονώδης Αντίδραση	24
Νευρομυϊκή Κόπωση	25

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 28

Εισαγωγική Παράγραφος	28
Συμμετέχοντες	28
Πειραματικός Σχεδιασμός	29
Αξιολόγηση Ανθρωπομετρικών Χαρακτηριστικών	32
Αξιολόγηση Σωματικής Σύστασης	32
Αξιολόγηση Φυσικής Κατάστασης	33
Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου	33
Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2	34
Yo-Yo Intermittent Recovery Level 2	34
Αξιολόγηση Δεικτών Απόδοσης	35
Μέγιστη Δύναμη	35
Ικανότητα Επαναλαμβανόμενων Σπριντ	35
Αλτική Ικανότητα	35
Δείκτης Καθυστερημένου Μυϊκού Πόνου	36
Βιοχημικές Μετρήσεις	36
Αιμοληψία	36
Κρεατινική Κινάση	36

Γαλακτικό	36
Μετρήσεις Κινητικής Δραστηριότητας	37
Πρωτόκολλο Άσκησης	37
Στατιστική ανάλυση	38
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	63
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

Πίνακας 2. Δρομικές επιβαρύνσεις & Καρδιακή συχνότητα

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1. Ερευνητικός σχεδιασμός

Γράφημα 2. Συγκέντρωση Γαλακτικού Οξέος

Γράφημα 3. Συγκέντρωση Λευκών Αιμοσφαιρίων

Γράφημα 4. Συγκέντρωση Κοκκιοκυττάρων

Γράφημα 5. Κρεατινική Κινάση

Γράφημα 6. DOMS Εκτεινόντων Κυρίαρχου **(6α)** και μη Κυρίαρχου ποδιού **(6β)**

Γράφημα 7. DOMS Καμπήρων Κυρίαρχου **(7α)** και μη Κυρίαρχου ποδιού **(7β)**

Γράφημα 8. Κατακόρυφο άλμα με αντιμετάθεση

Γράφημα 9. Σπριντ 10 μέτρων

Γράφημα 10. Σπριντ 30 μέτρων

Γράφημα 11. Δείκτης Κόπωσης Επαναλαμβανόμενων Σπριντ (5X30μ.)

Γράφημα 11 (α-δ). Μέγιστη Σύγκεντρη Ροπή Εκτεινόντων & Καμπτήρων

Γράφημα 12 (α-β). Μέγιστη Έκκεντρη Ροπή Εκτεινόντων Κυρίαρχου & μη Κυρίαρχου ποδιού

Γράφημα 13 (α-β). Μέγιστη Έκκεντρη Ροπή Καμπτήρων Κυρίαρχου & μη Κυρίαρχου ποδιού

Γράφημα 14 (α-β). Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη Εκτεινόντων Κυρίαρχου & μη Κυρίαρχου ποδιού

Γράφημα 15 (α-β). Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη Καμπτήρων Κυρίαρχου & μη Κυρίαρχου ποδιού

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση της άσκησης των προπονητικών πρωτοκόλλων.

Εισαγωγή

Το ποδόσφαιρο χαρακτηρίζεται ως ένα άθλημα διαλειμματικού χαρακτήρα, στο οποίο εκτελούνται κινήσεις διαφορετικής έντασης και διάρκειας (Orendurff et al., 2010). Κατά την διάρκεια ενός αγώνα, οι ποδοσφαιριστές εκτελούν κατά προσέγγιση 1300 δραστηριότητες (Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003), οι οποίες αλλάζουν κάθε 3-4 δευτερόλεπτα (Taylor, Wright, Dischiavi, Townsend, & Marmon, 2017). Από αυτές, περίπου οι 250 αποτελούν ενέργειες μέγιστης έντασης και σύντομης διάρκειας (Mohr et al., 2003). Παρόλα αυτά το μεγαλύτερο μέρος ενός αγώνα ποδοσφαίρου χαρακτηρίζεται από χαμηλής έντασης δραστηριότητες και η συνολική απόσταση που καλύπτει ένας ποδοσφαιριστής είναι 10-13 χιλιόμετρα (J. Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006), εκ των οποίων τα 692μ. αποτελούνται από υψηλής έντασης τρέξιμο (19.8-25.1 km/h) και τα 246μ. από σπριντ (>25.1 km/h) (Bradley, Lago-Peñas, Rey, & Gomez Diaz, 2013). Αυτού του είδους οι ενέργειες καλύπτουν τα 7 λεπτά της συνολικής διάρκειας του αγώνα, και τροφοδοτούνται από μη οξειδωτικά ενεργειακά υποστρώματα, όπως η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) και η φωσφοκρεατίνη (CP), διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην ποδοσφαιρική απόδοση (J. Bangsbo, 1994). Μάλιστα, έχει παρατηρηθεί ότι τα σπριντ αποτελούν την πιο συχνή υψηλής έντασης ενέργεια, αναφορικά με την επίτευξη ενός γκολ (Faude, Koch, & Meyer, 2012).

Ως συνέπεια των παραπάνω, η προπονητική διαδικασία των ενεργειών υψηλής έντασης, κατά τη διάρκεια ενός μικρόκυκλου, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην μεγιστοποίηση της απόδοσης (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009). Τα σύγχρονα προπονητικά πρωτόκολλα χρησιμοποιούν ενέργειες οι οποίες προσομοιώνουν τις αγωνιστικές δράσεις των ποδοσφαιριστών, στις οποίες συγκαταλέγονται, οι αλλαγές κατεύθυνσης, οι επιταχύνσεις, οι επιβραδύνσεις και τα άλματα, ενώ εκτελούνται με πολύ υψηλή ένταση (Iaia, Rampinini, et al., 2009; Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005).

Η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα είναι ένα σημαντικό εργαλείο και χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την ικανότητα των ποδοσφαιριστών να εκτελούν υψηλής έντασης και χαμηλής διάρκειας επαναλαμβανόμενα σπριντ επιβραδύνοντας παράλληλα την κόπωση (Nyberg et al., 2016). Μάλιστα, ένα από τα πλεονεκτήματα αυτού του είδους προπόνησης είναι, η μείωση της εξωκυττάριας συγκέντρωσης ιόντων Καλίου, διατηρώντας με τον τρόπο αυτό την ικανότητα παραγωγής δύναμης, αλλά και ο μειωμένος όγκος προπόνησης, γεγονός το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά την

διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου (J. Bangsbo, 2015; Iaia & Bangsbo, 2010). Η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα μπορεί να πραγματοποιηθεί με την μέθοδο «Speed Endurance Production (SET-P)» και «Speed Endurance Maintenance (SET-M)» (Hostrup & Bangsbo, 2022). Η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο Maintenance χαρακτηρίζεται από χαμηλή αναλογία έργου-διαλείμματος ($1/1 - 1/3$) και στοχεύει στην βελτίωση της ικανότητας να διατηρείται η άσκηση σε υψηλή ένταση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (J. Bangsbo, 2015; Iaia & Bangsbo, 2010), και πραγματοποιείται συνήθως, είτε με τη μορφή ελεύθερου τρεξίματος, είτε με τη χρήση αγωνιστικών παιχνιδιών (2v2, 4v4), αλλά με χαμηλότερη ένταση συγκριτικά με την Production (Mohr & Krstrup, 2016). Σε αυτού του είδους δραστηριότητες, παρατηρούνται αρκετές υψηλής έντασης κινήσεις όπως είναι οι επιταχύνσεις, οι επιβραδύνσεις, οι αλλαγές κατεύθυνσης και τα σπριντ (Ade, Harley, & Bradley, 2014).

Στις προαναφερθείσες υψηλής έντασης ενέργειες παρατηρείται έντονα το στοιχείο της έκκεντρης μυϊκής σύσπασης, ιδιαίτερα στους οπίσθιους μηριαίους (Thompson, Nicholas, & Williams, 1999), γεγονός το οποίο σχετίζεται με την πρόκληση μυϊκού τραυματισμού και φλεγμονής (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008). Μάλιστα, αυτό συνεπάγεται με μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης, αύξηση της αίσθησης καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) για διάστημα 72 ωρών, καθώς επίσης και αύξηση βιοχημικών δεικτών όπως είναι η κρεατινική κινάση (CK) (Howatson & Milak, 2009; Ispirlidis et al., 2008; Mohr, Draganidis, et al., 2016). Πιο συγκεκριμένα, μετά από έναν επίσημο αγώνα ποδοσφαίρου παρατηρείται αύξηση δεικτών μυϊκού τραυματισμού, φλεγμονής και οξειδωτικού στρες για ένα χρονικό διάστημα 48 ωρών, ενώ παράλληλα η απόδοση σε υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές φαίνεται να επηρεάζεται αρνητικά για 24 ώρες μετά τον αγώνα (Silva et al., 2013). Η κρεατινική κινάση (CK) παρουσιάζει την μέγιστη τιμή της 48 ώρες μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου (Fatouros et al., 2010; Ispirlidis et al., 2008) και επιστρέφει σε τιμές ηρεμίας σχεδόν 5 μέρες μετά (Ispirlidis et al., 2008). Η αίσθηση καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) δείχνει να κορυφώνεται στις 48 ώρες μετά τον αγώνα και επιστρέφει στις αρχικές τιμές σχεδόν 4 μέρες μετά (Ispirlidis et al., 2008). Η μείωση της παραγόμενης δύναμης, μετά από έναν αγώνα, παρουσιάζει την χαμηλότερη τιμή της 12-24 ώρες μετά, τόσο για τους καμπήρες, όσο και για τους εκτεινόντες του γόνατος, και επιστρέφει στις αρχικές τιμές περίπου 3 μέρες μετά (Draganidis et al., 2015; Poullos et al., 2018). Επιπλέον, οι τιμές της κρεατινικής κινάσης (CK) έχουν

εμφανίσει αυξημένες συγκεντρώσεις έως και 72 ώρες μετά από μία προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο Production, είτε με αναλογία έργου διαλείμματος 1/5, είτε 1/8, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται 48 ώρες μετά την πραγματοποίηση της κάθε συνθήκης, ενώ παράλληλα παρατηρείται μείωση της παραγόμενης δύναμης έως και 48 ώρες (Tzatzakis et al., 2019). Ωστόσο, δεν έχει διερευνηθεί μέχρι σήμερα το μέγεθος του μυϊκού τραυματισμού και η μείωση της απόδοσης που συνδέεται με αυτόν, μετά από μια προπονητική μονάδα αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο «Maintenance». Συνεπώς, σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την επίδραση δυο διαφορετικών, ως προς την αναλογία έργου / διαλλείματος (1/1 - 1/3), πρωτοκόλλων προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο «Maintenance» σε δείκτες φλεγμονής, μυϊκού τραυματισμού, απόδοσης, και νευρομυϊκής κόπωσης.

Σκοπός της μελέτης

Η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό να αξιολογήσει και να συγκρίνει τις επιδράσεις δύο διαφορετικών, ως προς την αναλογία έργου / διαλλείματος, πρωτοκόλλων προπόνησης ποδοσφαίρου αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο «Maintenance» σε δείκτες φλεγμονής, μυϊκού τραυματισμού, απόδοσης, και νευρομυϊκής κόπωσης.

Σημασία της μελέτης

Με την παρούσα μελέτη θα αξιολογηθούν και θα συγκριθούν οι επιδράσεις δύο διαφορετικών, ως προς την αναλογία έργου / διαλλείματος, πρωτοκόλλων προπόνησης ποδοσφαίρου αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο «Maintenance» σε δείκτες απόδοσης, νευρομυϊκής κόπωσης και μυϊκού τραυματισμού. Οι πληροφορίες που θα παράσχει στους προπονητές, στους υπεύθυνους φυσικής κατάστασης αλλά και στους ίδιους τους ποδοσφαιριστές θα βοηθήσει στην κατανόηση της έντασης και της λειτουργίας τέτοιων προπονητικών πρωτοκόλλων. Επίσης θα γίνει κατανοητή η χρήση τους μέσα στον προπονητικό μικρόκυκλο. Τέλος, η σύγκριση των δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων θα αναδείξει την επίδραση της διαφορετικής αναλογίας έργου-διαλλείματος μετά από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο «Maintenance».

Ερευνητικές υποθέσεις

1. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα στην μέγιστη καρδιακή συχνότητα.
2. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο πρωτοκόλλων αντοχής στη ταχύτητα στην μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των πρωτοκόλλων.
3. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στις τιμές γαλακτικού μετά την παρέμβαση.
4. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στην αλτική ικανότητα.
5. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά συνθηκών στην ικανότητα επαναλαμβανόμενων σπριντ.
6. Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών μέγιστη δύναμη καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος.
7. Η υποκειμενική αντίληψη του μυϊκού πόνου (DOMS), παρουσιάζει διαφορετική εξέλιξη μεταξύ των συνθηκών.
8. Υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στη εξέλιξη της κρεατινικής κινάσης.
9. Υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στη εξέλιξη των κοκκιοκυττάρων.
10. Υπάρχει στατιστική σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στη εξέλιξη των λευκών αιμοσφαιρίων.

Μηδενικές υποθέσεις

1. Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο πρωτοκόλλων αντοχής στη ταχύτητα στην μέγιστη καρδιακή συχνότητα.
2. Δεν θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο πρωτοκόλλων αντοχής στη ταχύτητα στην μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης των πρωτοκόλλων.

3. Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στις τιμές γαλακτικού μετά της παρέμβασης.
4. Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στην αλτική ικανότητα.
5. Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στην ικανότητα επαναλαμβανόμενων σπριντ.
6. Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών μέγιστη δύναμη καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος.
7. Η υποκειμενική αντίληψη του μυϊκού πόνου (DOMS), δεν θα παρουσιάζει διαφορετική εξέλιξη μεταξύ των συνθηκών.
8. Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στη εξέλιξη της κρεατινικής κινάσης.
9. Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στη εξέλιξη των κοκκιοκυττάρων.
10. Δεν θα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών στη εξέλιξη των λευκών αιμοσφαιρίων.

Περιορισμοί έρευνας

Η συμμετοχή στην έρευνα ήταν εθελοντική και ως εκ τούτου ο ερευνητής οφείλει να βασιστεί στην προθυμία, την εμπιστοσύνη και τις ειλικρινείς προθέσεις των συμμετεχόντων, να τηρήσουν χωρίς παρεκκλίσεις το έντυπο συναίνεσης που είχαν υπογράψει πριν την έναρξη της έρευνας.

Οριοθετήσεις της έρευνας

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά τη λήξη της αγωνιστικής περιόδου.

Ορισμοί

Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος (DOMS): Ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (DOMS) αποτελεί μια κοινή μορφή μυοσκελετικού πόνου, ο οποίος εμφανίζεται αρκετές ώρες, έως και αρκετές ημέρες μετά την εκτέλεση ασυνήθιστης μορφής άσκησης, ιδιαίτερα μάλιστα όταν εμπεριέχονται έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις.

Repeated Bout Effect (RBE): Έπειτα από μια περίοδο έκκεντρης άσκησης, το μέγεθος του ασκησιογενή μυϊκού τραυματισμού, θα είναι μικρότερου μεγέθους μετά την εκτέλεση παρόμοιας μορφής άσκησης, ένα φαινόμενο γνωστό στην βιβλιογραφία ως Repeated Bout Effect (RBE).

Yo-Yo Test: Το τεστ Yo-Yo εξετάζει την ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενης υψηλής έντασης άσκησης, με σχεδόν μέγιστη παραγωγή ενέργειας από τον αερόβιο μεταβολισμό και με υψηλό βαθμό συμμετοχής του αναερόβιου μεταβολισμού.

Αερόβια Ικανότητα: Αερόβια ικανότητα είναι ο μέγιστος βαθμός στον οποίο ένας αθλητής μπορεί να παράξει ενέργεια μέσω της οξείδωσης των ενεργειακών πηγών (υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες).

Αναερόβια Ικανότητα: Αναερόβια ικανότητα είναι ο μέγιστος βαθμός στον οποίο ένας αθλητής μπορεί να παράξει ενέργεια, χωρίς την παρουσία οξυγόνου, μέσω του συστήματος των φωσφαγόνων και της αναερόβιας γλυκόλυσης.

Φωσφοκρεατίνη (PC): Η φωσφοκρεατίνη είναι ένα υψηλής ενέργειας μόριο και αποτελεί την ταχύτερη πηγή ανασύνθεσης του ATP, γεγονός που την καθιστά πολύτιμη ενεργειακή πηγή κατά την μέγιστη άσκηση.

Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (VO_{2max}): Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου είναι η μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου, που μπορούν να καταναλώσουν οι ιστοί ενός αθλητή, στην μονάδα του χρόνου και εκφράζει την αερόβια ικανότητα.

Διαλειμματική Προπόνηση: Η διαλειμματική προπόνηση περιλαμβάνει διαστήματα μέτριας ή υψηλής έντασης άσκησης, ακολουθούμενα από σύντομα διαστήματα ανάληψης.

Ταχύτητα: Ταχύτητα είναι η ικανότητα επιτάχυνσης και ανάπτυξης μέγιστης ταχύτητας και εξαρτάται από το νευρομυϊκό σύστημα και την ικανότητα των ποδοσφαιριστών να αντιδρούν και να αποφασίζουν γρήγορα.

Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Ποδόσφαιρο

Το ποδόσφαιρο είναι ένα ομαδικό άθλημα υψηλής έντασης και διαλειμματικού τύπου, στο οποίο εκτελούνται ενέργειες διαφορετικής έντασης και διάρκειας (Iaia, Rampinini, et al., 2009; Mohr et al., 2003). Τα συνολικά χιλιόμετρα που διανύονται σε έναν ποδοσφαιρικό αγώνα είναι 10-13 (Bradley et al., 2013; Bradley et al., 2009; Mohr, Krstrup, Andersson, Kirkendal, & Bangsbo, 2008; Mohr et al., 2003; Stølen et al., 2005) και ο συνολικός αριθμός των ενεργειών που παρατηρούνται, κατά την διάρκειά του, είναι περίπου 1300 (Mohr et al., 2008; Mohr et al., 2003), οι οποίες αλλάζουν κάθε 3-4 δευτερόλεπτα (Mohr et al., 2008; Taylor et al., 2017), τόσο στο ανδρικό, όσο και στο γυναικείο επαγγελματικό ποδόσφαιρο. Επίσης, στο μεγαλύτερο μέρος του, έχει παρατηρηθεί ότι ένας αγώνας αποτελείται κυρίως από χαμηλής έντασης ενέργειες, όπως για παράδειγμα είναι το περπάτημα και το χαμηλής έντασης τρέξιμο (Bradley et al., 2013; Bradley et al., 2009; Mohr et al., 2003). Σε αυτού του είδους ενέργειες το βασικό ενεργειακό σύστημα είναι το μιτοχονδριακό, με την μέση και την μέγιστη καρδιακή συχνότητα να κυμαίνονται στο 85% και στο 98% της μέγιστης, αντίστοιχα (J. Bangsbo et al., 2006). Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψιν τους παράγοντες που ενδεχομένως να επηρεάζουν την καρδιακή συχνότητα, κατά την διάρκεια του αγώνα, έχει φανεί ότι η μέση πρόσληψη οξυγόνου αντιστοιχεί περίπου στο 70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max) (J. Bangsbo, 1994; J. Bangsbo et al., 2006). Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO₂max) ενός ποδοσφαιριστή κυμαίνεται μεταξύ 50-75 ml/kg/min., ανάλογα με το επίπεδό του (Stølen et al., 2005). Η κυριαρχία του μιτοχονδριακού μεταβολισμού επιβεβαιώνεται από την συνολική διάρκεια ενός αγώνα (90 λεπτά) (Stølen et al., 2005). Παρ' όλα αυτά, σε επαγγελματικό επίπεδο, ενώ η συνολική απόσταση που καλύπτεται σε έναν αγώνα παραμένει σταθερή, με το πέρασμα των χρόνων έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση των υψηλής έντασης ενεργειών που εκτελούνται, κατά την διάρκεια ενός αγώνα (Barnes, Archer, Hogg, Bush, & Bradley, 2014), όπως επίσης και αύξηση της ταχύτητας του παιχνιδιού (Nassis et al., 2020; Wallace & Norton, 2014). Είναι χαρακτηριστικό μάλιστα, ότι η επίτευξη ενός γκολ σημειώνεται έπειτα από εκτέλεση υψηλής έντασης ενέργεια (Faude et al., 2012).

Σε έναν αγώνα η απόσταση που καλύπτεται από έναν ποδοσφαιριστή, εκτελώντας υψηλής έντασης ενέργειες, όπως είναι το έντονο τρέξιμο και τα σπριντ, είναι περίπου

2-3 χιλιόμετρα (Bradley et al., 2013; Bradley et al., 2009). Ο αριθμός, αυτών των μέγιστης έντασης και σύντομης διάρκειας ενεργειών, είναι περίπου 250 (Mohr et al., 2003) και η συνολική τους διάρκεια υπολογίζεται στα επτά λεπτά (J. Bangsbo, 1994). Ο μέσος χρόνος αποκατάστασης, μεταξύ αυτού του είδους ενεργειών, είναι περίπου ένα λεπτό, ενώ παρατηρείται αύξηση αυτού του χρόνου με την εξέλιξη του αγώνα περίπου 15-28% (Bradley et al., 2009). Αυτή η αύξηση στον χρόνο αποκατάστασης, σε συνδυασμό με την μείωση της συχνότητας εκτέλεσης υψηλής έντασης ενεργειών στο δεύτερο ημίχρονο (Mohr et al., 2003), είναι πολύ πιθανό να επηρεάσει αρνητικά την απόδοση των ποδοσφαιριστών, αναφορικά με την τακτική και την στρατηγική της ομάδας κατά τη διάρκεια του αγώνα (Bradley et al., 2009).

Σχετικά με τις αγωνιστικές θέσεις των παικτών, έχει φανεί ότι οι μέσοι, οι πλάγιοι αμυντικοί και οι επιθετικοί καλύπτουν μεγαλύτερη απόσταση, εκτελώντας υψηλής έντασης ενέργειες, συγκριτικά με τους κεντρικούς αμυντικούς (Bradley et al., 2009; Mohr et al., 2003). Επίσης, είναι χαρακτηριστικό ότι οι ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου εκτελούν περισσότερες υψηλής έντασης ενέργειες, κατά την διάρκεια του αγώνα, σε σχέση με τους χαμηλότερου επιπέδου ποδοσφαιριστές (Mohr et al., 2003). Άλλα είδη εκρηκτικών κινήσεων, που παρατηρούνται σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου, είναι τα σουτ, οι αλλαγές κατεύθυνσης, τα τάκλιν και τα άλματα (Stølen et al., 2005). Τέτοιου είδους προσπάθειες από τις προαναφερθείσες τροφοδοτούνται από μη οξειδωτικά ενεργειακά υποστρώματα, όπως είναι η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) και η φωσφοκρεατίνη (PC), διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην ποδοσφαιρική απόδοση (J. Bangsbo, 1994). Επίσης, οι συγκεντρώσεις γαλακτικού που παρατηρούνται σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου, φανερώνουν την συμμετοχή της εξω-μιτοχονδριακής γλυκόλυσης στην παραγωγή ενέργειας (J. Bangsbo, 1994; J. Bangsbo et al., 2006; Krstrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006). Πιο συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί ότι η μέση και η μέγιστη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα είναι τα 5 και τα 7.9 mmol/l αντίστοιχα (Krstrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006; Krstrup, Zebis, Jensen, & Mohr, 2010). Επιπλέον, όπως προαναφέρθηκε, έχει παρατηρηθεί ότι στο δεύτερο ημίχρονο οι υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές, εκτελούν λιγότερα σπριντ και υψηλής έντασης τρέξιμο, συγκριτικά με το πρώτο ημίχρονο (Bradley et al., 2009; Mohr et al., 2003). Το γεγονός αυτό φαίνεται να σχετίζεται με τα χαμηλά επίπεδα γλυκογόνου στους μύες, που παρατηρούνται προς το τέλος του αγώνα και την επακόλουθη μείωση της απόδοσης (Krstrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006; Mohr et

al., 2023). Επομένως, το γλυκογόνο αποτελεί ένα εξαιρετικά σημαντικό ενεργειακό υπόστρωμα για έναν ποδοσφαιριστή (J. Bangsbo et al., 2006). Μάλιστα, ως αντισταθμιστικός παράγοντας σε αυτό, φαίνεται να είναι η αυξημένη συγκέντρωση ελεύθερων λιπαρών οξέων και γλυκερόλης στο δεύτερο ημίχρονο, υποδεικνύοντας τον αυξημένο βαθμό της λιπόλυσης (Krustrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006; Mohr et al., 2023). Η αυξημένη λιπόλυση, επίσης, εντείνεται από τα αυξημένα επίπεδα κατεχολαμινών και τα χαμηλά επίπεδα ινσουλίνης, αυξάνοντας με αυτό τον τρόπο την οξείδωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων ως ενεργειακή πηγή, όπως και την γλυκονεογέννεση στο ήπαρ, διατηρώντας με αυτό τον τρόπο τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα (J. Bangsbo, 1994; Krustrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006). Δεδομένου ότι το επαγγελματικό ποδόσφαιρο εμπεριέχει αρκετές υψηλής έντασης ενέργειες, είναι εμφανές ότι απαιτείται αφενός η βελτίωση της ικανότητας των ποδοσφαιριστών να εκτελούν υψηλής έντασης ενέργειες, για μεγάλο χρονικό διάστημα και αφετέρου η ανάπτυξη της ικανότητας για την ταχύτερη αποκατάσταση μετά από τέτοιου είδους ενέργειες (J. Bangsbo et al., 2006; Iaia, Rampinini, et al., 2009).

Αντοχή στην ταχύτητα

Η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα αποτελεί ένα χρήσιμο προπονητικό εργαλείο, που έχει ως σκοπό την βελτίωση της ικανότητας των ποδοσφαιριστών να εκτελούν υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας επαναλαμβανόμενα σπριντ, συμβάλλοντας μ' αυτόν τον τρόπο στην μείωση των παραγόντων που περιορίζουν την απόδοση στο ποδόσφαιρο (Iaia et al., 2015; Nyberg et al., 2016; Vitale et al., 2018). Ειδικότερα, αυτού του είδους προπόνηση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με την μέθοδο «Speed Endurance Production (SET-P)», είτε με την μέθοδο «Speed Endurance Maintenance (SET-M)» (Hostrup & Bangsbo, 2022; Iaia & Bangsbo, 2010). Αναλυτικότερα, η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο “Maintenance” χαρακτηρίζεται από χαμηλή αναλογία έργου-διαλείμματος (1/1 – 1/3) και στοχεύει στην βελτίωση της ικανότητας να διατηρείται η άσκηση σε υψηλή ένταση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, με αντίσταση στην κόπωση (J. Bangsbo, 2015; Iaia & Bangsbo, 2010; Vitale et al., 2018). Το σύνολο των επαναλήψεων είναι 6 έως 12, με διάρκεια της κάθε επανάληψης 15-90 δευτερόλεπτα και η ένταση είναι σχεδόν μέγιστη, λόγω της χαμηλής αναλογίας έργου-διαλείμματος (Hostrup & Bangsbo, 2022; Iaia &

Bangsbo, 2010; Mohr & Krstrup, 2016). Επίσης, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μορφή ελεύθερου τρεξίματος, με τη χρήση παιχνιδιών περιορισμένου χώρου και αριθμού παικτών (2v2, 4v4), όπως επίσης και με ασκήσεις τεχνικής (Ade, Drust, Morgan, & Bradley, 2021; Mohr & Krstrup, 2016). Αντίθετα, η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Production” στοχεύει στην βελτίωση της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων υψηλής έντασης ενεργειών (Iaia & Bangsbo, 2010), και εκτελείται με μέγιστη ένταση και μεγαλύτερο χρόνο αποκατάστασης, με αναλογία έργου-διαλείμματος ($1/5 - 1/8$), διασφαλίζοντας με αυτό τον τρόπο την μέγιστη ένταση σε κάθε επανάληψη (Hostrup & Bangsbo, 2022; Mohr & Krstrup, 2016). Εδώ, το σύνολο των επαναλήψεων είναι 4 έως 12 και η κάθε επανάληψη έχει διάρκεια 15-40 δευτερόλεπτα (Hostrup & Bangsbo, 2022). Επίσης, η “Production” πραγματοποιείται κυρίως, με ασκήσεις τεχνικής και τακτικής με μπάλα, όπως επίσης και με την μορφή ελεύθερου τρεξίματος (Ade et al., 2014; Mohr & Krstrup, 2016).

Μία από τις φυσιολογικές προσαρμογές που προκαλεί η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα είναι η αύξηση της λειτουργίας του μονοκαρβοξυλικού μεταφορέα 1 (MCT1) (Gunnarsson, Christensen, Holse, Christiansen, & Bangsbo, 2012), ο οποίος έχει φανεί ότι συμβάλλει στην απομάκρυνση από τους μύες, των παραγόμενων πρωτονίων (H^+) από το γαλακτικό, που οδηγούν σε κυτταρική οξέωση, και ως εκ τούτου στην καθυστέρηση της εμφάνισης κόπωσης (Spriet, Matsos, Peters, Heigenhauser, & Jones, 1985; Thomas, Bishop, Lambert, Mercier, & Brooks, 2012), διατηρώντας την γλυκολυτική ικανότητα των μυών, κατά την εκτέλεση υψηλής έντασης ενεργειών (Hostrup, Cairns, & Bangsbo, 2021). Το γεγονός αυτό συσχετίστηκε με αύξηση της απόδοσης στο Yo-Yo IR2 (Gunnarsson et al., 2012), το οποίο έχει φανεί ότι αποτελεί έναν εξαιρετικό δείκτη αξιολόγησης της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων υψηλής έντασης ενεργειών (Krstrup, Mohr, Nybo, et al., 2006). Επίσης, έχει φανεί ότι η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο Production, ακόμα και με μειωμένο όγκο προπόνησης, βελτιώνει την λειτουργία των υπομονάδων $\alpha 1$ και $\alpha 2$ της αντλίας Νατρίου-Καλίου, η οποία παίζει σημαντικό ρόλο στην ομοιοστασία αυτών των δύο ιόντων μέσα και έξω από το κύτταρο (J. Bangsbo, Gunnarsson, Wendell, Nybo, & Thomassen, 2009; Iaia et al., 2008) και ιδιαίτερα στην ρύθμιση της εξωκυττάριας συγκέντρωσης Καλίου από τα αυξημένα δυναμικά δράσης, η οποία συμβαδίζει με την εμφάνιση κόπωσης, κατά την επαναλαμβανόμενη υψηλής έντασης και μικρής διάρκειας άσκηση (Clausen, 2015; Hostrup & Bangsbo, 2017; Iaia et al., 2008).

Μάλιστα, είναι χαρακτηριστικό ότι η λειτουργικότητα της αντλίας Νατρίου-Καλίου έχει συσχετιστεί με τα πιο έντονα διαστήματα, κατά την διάρκεια ενός αγώνα (Mohr, Thomassen, Girard, Racinais, & Nybo, 2016). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί ότι η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα βελτιώνει την λειτουργικότητα της φωσφοφρουκτοκινάσης, η οποία έχει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενέργειας, μέσω της γλυκόλυσης (Nevill, Boobis, Brooks, & Williams, 1989), όπως επίσης συμβάλλει και στην αύξηση των αποθεμάτων γλυκογόνου (Shepley et al., 1992), όπου αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ενεργειακά υποστρώματα στο ποδόσφαιρο (Krustrup, Mohr, Steensberg, et al., 2006). Επιπροσθέτως, η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα συμβάλλει στην βελτίωση της δρομικής οικονομίας, γεγονός το οποίο συσχετίζεται με την αύξηση της μυοτενόντιας σκληρότητας (stiffness) (Nyberg et al., 2016), όπως επίσης και με την χαμηλότερη κατανάλωση οξυγόνου, κατά την υπομέγιστη άσκηση (Gunnarsson et al., 2012). Ιδιαίτερα σημαντικό, επίσης, είναι το γεγονός ότι τα μιτοχονδριακά ένζυμα και η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}), παραμένουν σταθερά μετά από μια περίοδο προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα, γεγονός το οποίο αποδεικνύει ότι αυτού του είδους προπόνηση μπορεί να διατηρήσει τις προσαρμογές των προηγούμενων προπονητικών ερεθισμάτων (Iaia, Hellsten, et al., 2009). Επομένως, λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, η βελτίωση της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων υψηλής έντασης ενεργειών, μετά από μια περίοδο προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα, οφείλεται στην βελτιωμένη ικανότητα ομοιοστασίας των διαταραχών της συγκέντρωσης ιόντων μέσα και έξω από το κύτταρο, αλλά και των παραπροϊόντων του μεταβολισμού (Hostrup & Bangsbo, 2022).

Υπάρχουν αρκετές έρευνες στην βιβλιογραφία που συγκρίνουν τις θετικές επιδράσεις αυτών των δύο μεθόδων στην απόδοση των ποδοσφαιριστών (Ade et al., 2021; Ade et al., 2014; Iaia et al., 2015; Mohr & Krustrup, 2016; Vitale et al., 2018). Σε καλά προπονημένους ποδοσφαιριστές ($60.6 \text{ ml/kg/min. } VO_{2max}$), κατά την διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου, η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Production’’ βελτίωσε την απόδοση στο Yo-Yo IR2 (Gunnarsson et al., 2012). Επίσης, κατά την διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου, η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’ βελτίωσε την απόδοση στο Yo-Yo IR1 (Nyberg et al., 2016). Ωστόσο, μερικοί ερευνητές υπογραμμίζουν μερικές διαφορές μεταξύ των δύο μεθόδων (Iaia & Bangsbo, 2010), λόγω της διαφορετικής αναλογίας έργου-διαλείμματος και της έντασης (Mohr & Krustrup, 2016). Για παράδειγμα, η

“Production” βελτίωσε περισσότερο την απόδοση στο Yo-Yo IR2 και στο RSA (ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ), σε σχέση με την “Maintenance” (Iaia et al., 2015; Mohr & Krstrup, 2016), ενώ η “Maintenance” βελτίωσε τον χρόνο στα 200μ., περιορίζοντας το ποσοστό πτώσης στο RSA (Iaia et al., 2015). Επίσης, η “Maintenance” φαίνεται να έχει μεγαλύτερη καρδιαγγειακή απόκριση σε σχέση με την “Production”, η οποία εμφάνισε μεγαλύτερη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα, γεγονός το οποίο οφείλεται σε μεγαλύτερη επιβάρυνση της εξω-μιτοχονδριακής γλυκόλυσης (Ade et al., 2021; Ade et al., 2014). Με βάση αυτά τα δεδομένα, η “Production” φαίνεται να βελτιώνει την ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων υψηλής έντασης ενεργειών, ενώ η “Maintenance” φαίνεται να βελτιώνει την ικανότητα διατήρησης της υψηλής έντασης άσκησης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, περιορίζοντας την κόπωση (Iaia et al., 2015). Παρόλα αυτά, είναι φανερό ότι και οι δύο μέθοδοι συμβάλλουν στην βελτίωση της απόδοσης, κατά την υψηλής έντασης άσκηση (Hostrup & Bangsbo, 2022), η οποία είναι κομβικής σημασίας για την απόδοση των ποδοσφαιριστών (Iaia, Rampinini, et al., 2009). Επιπλέον, και οι δύο μέθοδοι, όταν εκτελούνται με την μορφή παιχνιδιών περιορισμένου χώρου και αριθμού παικτών με ή χωρίς περιορισμούς (Small-sided games), μπορούν να προπονήσουν, παράλληλα, στοιχεία τακτικής, κερδίζοντας με αυτό τον τρόπο προπονητικό χρόνο (Ade et al., 2014).

Έκκεντρη άσκηση

Η απελευθέρωση του ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο είναι ιδιαίτερα σημαντική για την πραγματοποίηση μιας μυϊκής συστολής (Exeter & Connell, 2010). Πιο συγκεκριμένα, μόλις το ασβέστιο εισέλθει στην μυϊκή ίνα συνδέεται με την τροπονίνη C, με αποτέλεσμα την μετακίνηση της τροπομυοσίνης από τις θέσεις δέσμευσης, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο την σύνδεση της ακτίνης και της μυοσίνης και ως εκ τούτου ο μυς συστέλλεται (Exeter & Connell, 2010). Κατά την διάρκεια της προπόνησης και ενός ποδοσφαιρικού αγώνα παρατηρούνται τρεις τύποι μυϊκής συστολής: 1) η σύγκεντρη, όπου το μήκος του μυός ελαττώνεται, 2) η ισομετρική, όπου το μήκος του μυός παραμένει αμετάβλητο και 3) η έκκεντρη, όπου το μήκος του μυός αυξάνεται (Enoka, 1996; Exeter & Connell, 2010). Επίσης, σε έναν ποδοσφαιρικό αγώνα, όπως και στην προπόνηση, παρατηρούνται υψηλής έντασης ενέργειες όπως

είναι τα σπριντ, οι επιβραδύνσεις, οι αλλαγές κατεύθυνσης, τα σουτ και τα άλματα (Stølen et al., 2005), στις οποίες υπάρχει έντονη η έκκεντρη μυϊκή σύσπαση, ιδιαίτερα στους οπίσθιους μηριαίους (Thompson et al., 1999). Μάλιστα, είναι χαρακτηριστικό ότι κατά την εκτέλεση ενός σουτ, η μέγιστη ταχύτητα έκτασης του γόνατος μπορεί να φτάσει 860°-1720°/sec. (Kellis & Katis, 2007), με τους οπίσθιους μηριαίους να συσπώνται έκκεντρα, προκειμένου να ελέγξουν και να επιβραδύνουν την κνήμη (Magalhães, Oliveira, Ascensão, & Soares, 2004). Το γεγονός αυτό οδηγεί σε αύξηση του μυϊκού τραυματισμού και της φλεγμονής και κατ' επέκταση στη μείωση της απόδοσης (Ispirlidis et al., 2008; Thompson et al., 1999), καθώς τα αυξημένα επίπεδα κορτιζόλης που παρατηρούνται μετά από έναν ποδοσφαιρικό αγώνα, αυξάνουν τον καταβολισμό των πρωτεϊνών, οδηγώντας σε απώλεια των συσταλτών πρωτεϊνών, με αποτέλεσμα την μείωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης (Florini, 1987; Ispirlidis et al., 2008).

Ασκησιογενής Μυϊκός τραυματισμός

Κατά την έκκεντρη μυϊκή σύσπαση επιστρατεύεται μικρότερος αριθμός κινητικών μονάδων, όπως επίσης τα σαρκομέρια υπερ-διατείνονται, με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρότερος αριθμός σύνδεσης των νηματίων ακτίνης και μυοσίνης, και ως εκ τούτου οι μυϊκές ίνες δέχονται μεγαλύτερη μηχανική καταπόνηση στην προσπάθειά τους να υπερνικήσουν μια εξωτερική αντίσταση (Douglas, Pearson, Ross, & McGuigan, 2017). Επίσης, η έκκεντρη μυϊκή σύσπαση έχει φανεί ότι προκαλεί μεγαλύτερο μυϊκό τραυματισμό, σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη μυϊκής σύσπασης (Clarkson & Sayers, 1999; Gibala, MacDougall, Tarnopolsky, Stauber, & Elorriaga, 1995), ιδιαίτερα μάλιστα όταν είναι ασυνήθιστη για τον αθλητή (Proske & Morgan, 2001; Thompson et al., 1999). Πιο συγκεκριμένα, η υπερδιάταση των σαρκομερίων οδηγεί σε τραυματισμό των δομικών στοιχείων των μυϊκών ινών (Enoka, 1996). Αναλυτικότερα, διαταράσσεται σημαντικά το σαρκοπλασματικό δίκτυο, όπως επίσης και τα εγκάρσια σωληνάρια, επηρεάζοντας άμεσα με αυτό τον τρόπο τον μηχανισμό διέγερσης-συστολής του μυός (Morgan & Allen, 1999). Επιπλέον, ο προκαλούμενος μυϊκός τραυματισμός από την έκκεντρη μυϊκή συστολή οδηγεί σε διαταραχή της ομοιοστασίας του ασβεστίου, επηρεάζοντας την ικανότητα παραγωγής δύναμης, αλλά και βλάβη του σκελετού των μυϊκών κυττάρων, καθώς επηρεάζονται η τιτίνη, η δεσμίνη και η

δυστροπίνη, οι οποίες είναι πρωτεΐνες με καθοριστικό ρόλο στην συντήρηση της δομής του σαρκομερίου (Clarkson & Sayers, 1999; Morgan & Allen, 1999; Proske & Morgan, 2001). Το μέγεθος του μυϊκού τραυματισμού που θα προκληθεί, όπως επίσης και η εξέλιξή του, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος του εξωτερικού φορτίου, την προπονητική κατάσταση των αθλητών, όπως επίσης και από την εξοικειώσή τους με τα κινητικά πρότυπα του εκάστοτε προπονητικού πρωτοκόλλου (Clarkson, Nosaka, & Braun, 1992). Μάλιστα, είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι, μετά από μια περίοδο έκκεντρης άσκησης, ο προκαλούμενος ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός, αλλά και οι επιβλαβείς συνέπειες του στην λειτουργία του μυός, θα είναι μικρότερου μεγέθους (Clarkson et al., 1992). Το φαινόμενο αυτό στην διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ως Repeated Bout Effect (RBE) (Kazunori Nosaka & Aoki, 2011) και η προστατευτική του επίδραση φαίνεται να διαρκεί έως και έξι μήνες (K. Nosaka, Sakamoto, Newton, & Sacco, 2001).

Οι μηχανισμοί, οι οποίοι φαίνεται να συμβάλλουν σε αυτό το φαινόμενο, είναι νευρικοί, δομικοί και κυτταρικοί (Kazunori Nosaka & Aoki, 2011). Οι νευρικές προσαρμογές που παρατηρούνται είναι η αποτελεσματικότερη κινητοποίηση και ο συγχρονισμός των κινητικών μονάδων, όπως επίσης και η βελτίωση της συμμετοχής των μυϊκών ινών βραδείας σύσπασης, αλλά και των συναγωνιστών μυών, κατά την εκτέλεση έκκεντρων συστολών (Kazunori Nosaka & Aoki, 2011). Επίσης, οι δομικές προσαρμογές σχετίζονται με την αύξηση του ενδομυϊκού συνδετικού ιστού, αλλά και με την αύξηση των δομικών πρωτεϊνών των μυϊκών κυττάρων, όπως είναι η δεσμίνη, που έχουν σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της μορφολογίας του σαρκομερίου, συμβάλλοντας με αυτό τον τρόπο στην αποφυγή της διαταραχής των δομών εντός και εκτός των μυϊκών κυττάρων (Hody, Croisier, Bury, Rogister, & Leprince, 2019; Kazunori Nosaka & Aoki, 2011). Σε επίπεδο κυττάρου φαίνεται ότι αυξάνεται ο αριθμός των σαρκομερίων, με αποτέλεσμα την αποτελεσματικότερη διαχείριση των εξωτερικών φορτίων και κατ' επέκταση την μείωση της βλάβης των μυϊκών ινών (Proske & Morgan, 2001). Ένα από τα χαρακτηριστικά συμπτώματα του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού είναι η εμφάνιση καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS), ο οποίος αναφέρεται στην χαρακτηριστική αίσθηση πόνου, κατά την κίνηση, αλλά και κατά την ψηλάφηση των μυών που ενεργοποιήθηκαν (Douglas et al., 2017). Επίσης, ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός συνεπάγεται με την αύξηση στην κυκλοφορία, στο αίμα, του ενζύμου κρεατινική κινάση (CK) (Douglas et al., 2017).

Δείκτες μυϊκού τραυματισμού

Αναφορικά με την αξιολόγηση του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού, χρησιμοποιούνται τόσο υποκειμενικοί, όσο και βιοχημικοί δείκτες. Ένας από τους υποκειμενικούς δείκτες είναι η αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS), όπου πραγματοποιείται αξιολόγηση με ψηλάφηση της έκφυσης, της κατάφυσης και της γαστέρας του μυός, μέσω μιας δεκαβάθμιας κλίμακας από το 1 (καθόλου πόνος), έως το 10 (υπερβολικός πόνος) (Lau, Blazeovich, Newton, Wu, & Nosaka, 2015). Αναλυτικότερα, ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος αναφέρεται στην οδυνηρή αίσθηση πόνου, κατά την σύσπαση και διάταση των μυών που ενεργοποιήθηκαν, έπειτα από ασυνήθιστη έκκεντρη άσκηση (Hody et al., 2019). Η αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου φαίνεται να επέρχεται 12-24 ώρες, έπειτα από ασυνήθιστη έκκεντρη άσκηση, με την κορύφωσή του να εμφανίζεται μεταξύ 24 και 72 ωρών, ενώ η απουσία του έρχεται 5-7 ημέρες μετά (Hody et al., 2019). Αρκετές είναι οι θεωρίες που υποστηρίζουν την εμφάνιση και αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου, όπως για παράδειγμα είναι ο τραυματισμός του συνδετικού ιστού των μυών, η εκροή ενζύμων στην κυκλοφορία του αίματος, η φλεγμονή και το οξειδωτικό στρες (Hylldahl & Hubal, 2014; Lewis, Ruby, & Bush-Joseph, 2012). Ο ακριβής μηχανισμός εμφάνισης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου, αποκλειστικά μετά από έκκεντρες μυϊκές συσπάσεις, φαίνεται να είναι αδιευκρίνιστος (Fatouros & Jamurtas, 2016; Hody et al., 2019), παρόλο που μερικές έρευνες υποστηρίζουν ότι το γεγονός αυτό οφείλεται στην ενεργοποίηση και διέγερση αλγοϋποδοχέων στους μύες (Hody et al., 2019). Έπειτα από έναν αγώνα ποδοσφαίρου ο καθυστερημένος μυϊκός πόνος (DOMS) αυξάνεται σημαντικά αμέσως μετά το παιχνίδι, με την μέγιστη τιμή του να παρατηρείται 24 ώρες μετά τον αγώνα, ενώ επέρχεται στις αρχικές τιμές του 72 ώρες μετά από αυτόν (Fatouros et al., 2010). Επίσης, μετά από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Production” παρατηρείται αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) έως και 72 ώρες, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται 48 ώρες μετά, και ιδιαίτερα μάλιστα στους καμπτήρες του γόνατος και αναλογία έργου-διαλείμματος 1/5 (Tzatzakis et al., 2019).

Αναφορικά με τους βιοχημικούς δείκτες, η κρεατινική κινάση (CK), αποτελεί έναν έγκυρο και αξιόπιστο δείκτη ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού (Brancaccio, Lippi, & Maffulli, 2010). Το ένζυμο αυτό εντοπίζεται στις γραμμές-M του σαρκομερίου, και

η αύξηση του στην κυκλοφορία του αίματος παρατηρείται, όταν τραυματίζονται οι γραμμές-Z του σαρκομερίου και η κυτταροπλασματική μεμβράνη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διαπερατότητά της, και ως εκ τούτου η CK εισέρχεται στην κυκλοφορία (Koch, Pereira, & Machado, 2014). Μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου και για τις επόμενες 24 ώρες, τα επίπεδα CK αυξάνονται σημαντικά, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται στις 48 ώρες, όπως επίσης φαίνεται να παραμένουν υψηλά έως και 72 ώρες (Fatouros et al., 2010). Επιπλέον, μετά από μια προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Production’’, είτε με αναλογία έργου-διαλείμματος 1/5, είτε 1/8, τα επίπεδα κρεατινικής κινάσης (CK) εμφανίζονται υψηλά έως και 72 ώρες, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται στις 48 ώρες (Tzatzakis et al., 2019).

Φλεγμονώδης αντίδραση

Έπειτα από άσκηση που προκαλεί ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό, ενισχύονται οι διαδικασίες εξέλιξης της φλεγμονής, μέσω της ενεργοποίησης των κυττάρων του ανοσοποιητικού συστήματος (Jamurtas, 2018). Η φλεγμονή αποτελεί την οργανωμένη αντίδραση του οργανισμού, ως απόκριση σε παράγοντες που οδηγούν σε τραυματισμό των ιστών, έχοντας ως στόχο την επαναφορά τους στην φυσιολογική τους κατάσταση (Chazaud, 2016; Nathan, 2002). Μάλιστα, δεν θα πρέπει να θεωρείται ως μία επιβλαβής διαδικασία για τον οργανισμό, αλλά ως μια δυναμική κατάσταση, η οποία είναι απαραίτητη για την επούλωση και την επαναφορά του τραυματισμένου ιστού, στην ομοιοστασία (Chazaud, 2016). Αναλυτικότερα, έπειτα από άσκηση, η οποία οδήγησε σε ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό, παρατηρείται αγγειοδιαστολή στην τραυματισμένη περιοχή μέσω της ισταμίνης, η οποία ενεργοποιείται από τα μαστοκύτταρα που βρίσκονται εκεί, και ως εκ τούτου η αιματική ροή αυξάνεται (Smith, Kruger, Smith, & Myburgh, 2008). Έτσι, αυξάνεται η συγκέντρωση των λευκοκυττάρων, που έχουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της φλεγμονής, στον τραυματισμένο ιστό (Smith et al., 2008). Πιο συγκεκριμένα, δύο ώρες αμέσως μετά την άσκηση, παρατηρείται η μέγιστη συγκέντρωση των ουδετερόφιλων, με τα επίπεδά τους να διατηρούνται αυξημένα έως και 48 ώρες μετά το τέλος της άσκησης (Michailidis et al., 2013). Τα ουδετερόφιλα, τα οποία ανήκουν στα λευκοκύτταρα (Malm et al., 2004), έχουν την ικανότητα να καθαρίζουν την τραυματισμένη περιοχή, μέσω της φαγοκυττάρωσης, όπως επίσης απελευθερώνουν πρωτεάσες, οι οποίες βοηθούν στην

μείωση των κυτταρικών υπολειμμάτων (Tidball, 2005). Μάλιστα, τα ουδετερόφιλα συμβάλλουν στην δημιουργία ελεύθερων ριζών, κατά την διάρκεια της φαγοκυττάρωσης, αυξάνοντας το οξειδωτικό στρες (Tidball, 2005). Το οξειδωτικό στρες αναφέρεται στην ανισορροπία μεταξύ της δημιουργίας δραστικών ειδών οξυγόνου και αζώτου και της απομάκρυνσης αυτών διαμέσου του αντιοξειδωτικού συστήματος (Jamurtas, 2018). Επίσης, μέσα από την διαδικασία της φαγοκυττάρωσης, έρχονται στο προσκήνιο τα μακροφάγα, τα οποία συμβάλλουν σημαντικά στον καθαρισμό της τραυματισμένης περιοχής, αλλά και στην αναδόμηση του μυϊκού ιστού (Blackwell et al., 2015; Tidball, 2005). Τα μακροφάγα M1 συμβάλλουν στην έκκριση κυτοκινών, όπως είναι η IL-10, και μ' αυτόν τον τρόπο αλλάζει ο φαινότυπος τους και αποκτούν ένα αντιφλεγμονώδες προφίλ (Chazaud, 2016). Πιο συγκεκριμένα, τα M2 μακροφάγα συντελούν στην διαδικασία επούλωσης του τραυματισμένου μυϊκού ιστού (Chazaud et al., 2009). Η σημαντικότητα των μακροφάγων στην φάση αναγέννησης του μυός, αντανακλά στην ικανότητά τους να ενεργοποιούν αναβολικούς παράγοντες, όπως είναι ο ινσουλινομιμητικός παράγοντας 1 (IGF-1), ο οποίος συμβάλλει στην ενεργοποίηση των δορυφόρων κυττάρων (Musaro, 2005). Σε κατάσταση ηρεμίας, τα δορυφόρα κύτταρα εντοπίζονται μεταξύ του σαρκειλλείματος και της κυτταρικής μεμβράνης των μυϊκών ινών (Le Moal et al., 2017; Musaro, 2005). Η ενεργοποίηση των δορυφόρων κυττάρων πραγματοποιείται στον τραυματισμένο μυϊκό ιστό και έπειτα εισέρχονται στον κυτταρικό κύκλο, προκειμένου να πολλαπλασιαστούν (Le Moal et al., 2017). Έπειτα, μεγάλο μέρος των δορυφόρων κυττάρων ακολουθεί μια μυογεννητική φάση διαφοροποίησης, και ως εκ τούτου, τα διαφοροποιημένα δορυφόρα κύτταρα συγχωνεύονται μεταξύ τους, δημιουργώντας μυοσωληνάρια, τα οποία εισχωρούν στον τραυματισμένο ιστό, με αποτέλεσμα την επούλωση και αναγέννηση του μυός (Le Moal et al., 2017; Tidball, 2017).

Νευρομυϊκή κόπωση

Η παροδική πτώση της δύναμης και ισχύος, έπειτα από επαναλαμβανόμενες μυϊκές συσπάσεις, χαρακτηρίζεται ως μυϊκή κόπωση (McKenna, Bangsbo, & Renaud, 2008), η οποία διακρίνεται σε κεντρική και περιφερική (Gandevia, 2001; Mougios, 2006). Η περιφερική κόπωση φαίνεται να οφείλεται σε αδυναμία νευρομυϊκής σύνδεσης, ενώ η κεντρική σε δυσλειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος (Mougios, 2006). Κατά την διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα, η προκαλούμενη κόπωση αποτελεί

συνδυασμό περιφερικών και κεντρικών παραγόντων (Rampinini et al., 2011). Πιο συγκεκριμένα, μια βασική αιτία κεντρικής κόπωσης φαίνεται να είναι η υπογλυκαιμία που παρατηρείται σε υψηλής έντασης και μεγάλης διάρκειας άσκηση, λόγω έλλειψης των πηγών ανασύνθεσης ATP, δηλαδή του μυϊκού και ηπατικού γλυκογόνου (Mougios, 2006). Άλλες πιθανές αιτίες κεντρικής κόπωσης είναι η υπερθερμία και η αφυδάτωση, οι οποίες έχουν άμεση συσχέτιση μεταξύ τους (Mougios, 2006). Απ' την άλλη, η εξάντληση των αποθεμάτων φωσφοκρεατίνης και γλυκογόνου μπορεί να οδηγήσει σε περιφερικής μορφής κόπωση (Fiorenza et al., 2019; Mougios, 2006), οι οποίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές πηγές ενέργειας σε υψηλής έντασης ενέργειες στο ποδόσφαιρο (J. Bangsbo, 1994). Επίσης, σε έντονα εργαζόμενους μύες παρατηρείται αύξηση της εξωκυττάριας συγκέντρωσης καλίου, λόγω των επαναλαμβανόμενων δυναμικών δράσης, καθιστώντας μη ικανές τις μυϊκές ίνες να εξισορροπήσουν την διαβάθμισή του μέσα και έξω από το κύτταρο, επηρεάζοντας με αυτό τον τρόπο την λειτουργία της αντλίας Νατρίου-Καλίου και μειώνοντας την διεγερσιμότητα του σαρκοπλασματικού δικτύου, οδηγώντας σε περιφερική κόπωση (Fiorenza et al., 2019; Mougios, 2006). Μια άλλη αιτία περιφερικής κόπωσης, έπειτα από έντονη άσκηση, φαίνεται να είναι η αύξηση της συγκέντρωσης ανόργανου φωσφόρου (Pi), λόγω της συνεχόμενης διάσπασης ATP, επηρεάζοντας την εισροή ασβεστίου στο κυτταρόλυμα (Fiorenza et al., 2019; Mougios, 2006). Ένας ιδιαίτερα αξιόπιστος δείκτης νευρομυϊκής κόπωσης είναι η μέγιστη εκούσια ισομετρική μυϊκή σύσπαση (MVC), η οποία περιλαμβάνει στοιχεία τόσο περιφερικής, όσο και κεντρικής κόπωσης (Goodall et al., 2017; Rampinini et al., 2011). Ιδιαίτερα, έχει φανεί ότι, έπειτα από έναν αγώνα ποδοσφαίρου παρατηρείται πτώση όλων των μορφών δύναμης (έκκεντρη, ισομετρική, μειομετρική), τόσο για τους καμπτήρες, όσο και για τους εκτείνοντες μύες του γόνατος, με την μεγαλύτερη πτώση να παρατηρείται 12 ώρες μετά τον αγώνα (Draganidis et al., 2015). Μάλιστα, η μεγαλύτερη πτώση της δύναμης και κατ' επέκταση η εμφάνιση κόπωσης, ήταν πιο έντονη στους καμπτήρες, σε σχέση με τους εκτείνοντες μύες του γόνατος, ιδιαίτερα κατά την έκκεντρη μυϊκή σύσπαση, γεγονός το οποίο αυξάνει τις πιθανότητες τραυματισμού, καθώς μειώνεται η ικανότητα σταθεροποίησης των αρθρώσεων του γόνατος (Draganidis et al., 2015).

Παράλληλα με τα παραπάνω, μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου, φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά και η ποδοσφαιρική απόδοση, καθώς παρατηρείται αλλοίωση της ταχύτητας και του κατακόρυφου άλματος έως 72 και 24 ώρες, αντίστοιχα, γεγονότα

τα οποία καθιστούν απαραίτητη την ανάγκη αποκατάστασης μετά τον αγώνα (Ispiridis et al., 2008). Το γεγονός αυτό, αντανακλά σε κεντρικούς παράγοντες κόπωσης, λόγω μειωμένης κινητοποίησης και ικανότητας πυροδότησης των κινητικών μονάδων, με αποτέλεσμα την μειωμένη ικανότητα παραγωγής δύναμης (Thorlund, Aagaard, & Madsen, 2009). Επίσης, μετά από μία υψηλής έντασης προπόνηση, όπως είναι η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Production’’, παρατηρείται μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (MVC) για 2 ώρες στους εκτείνοντες του γόνατος είτε με αναλογία έργου-διαλείμματος 1/5, είτε 1/8, ενώ η πτώση της δύναμης παραμένει για τρεις ώρες στους καμπήρες του γόνατος με αναλογία έργου-διαλείμματος 1/5 (Tzatzakis et al., 2019). Επιπλέον, μετά από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Production’’, παρατηρείται πτώση της μέγιστης σύγκεντρης και έκκεντρης δύναμης έως και 48 ώρες, είτε με αναλογία έργου-διαλείμματος 1/5, είτε 1/8, ιδιαίτερα στους καμπήρες, σε σχέση με τους εκτείνοντες μύες του γόνατος, ενώ επίσης φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά η ταχύτητα και το κατακόρυφο άλμα έως 48 και 24 ώρες, αντίστοιχα, καθιστώντας μη εφικτή την εκτέλεση υψηλής έντασης προπόνησης δύναμης και ισχύος για αντίστοιχο χρονικό διάστημα (Tzatzakis et al., 2019).

Μεθοδολογία

Δείγμα

Δέκα ποδοσφαιριστές πήραν μέρος στην συγκεκριμένη μελέτη. Ενημερώθηκαν εκτενώς για την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθούσε, τα οφέλη καθώς και τους πιθανούς κινδύνους. Οι συμμετέχοντες είχαν το δικαίωμα να διακόψουν τη συμμετοχή τους στη μελέτη οποιαδήποτε στιγμή το επιθυμούσαν, ενώ όλες οι διαδικασίες εφαρμόστηκαν σύμφωνα με την αναθεωρημένη το 2013 Διακήρυξη του Ελσίνκι και εγκρίθηκε από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (1-3/9-12-2020).

Κριτήρια συμμετοχής

- Τα άτομα που επιλέχθηκαν ήταν εθελοντές, ενεργοί ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου.
- Έπρεπε να έχουν εμπειρία τουλάχιστον τεσσάρων ετών σε αγωνιστικό επίπεδο με τις προπονήσεις τους να είναι τουλάχιστον πέντε ανά εβδομάδα με έναν ή περισσότερους αγώνες ανά εβδομάδα
- Οι συμμετέχοντες, κατά την διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων, αλλά και της προετοιμασίας δεν κατανάλωναν αλκοόλ ή κάπνιζαν.
- Κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της μελέτης αλλά και της προετοιμασίας δεν συμμετείχαν σε άλλες αθλητικές δραστηριότητες.
- Οι ποδοσφαιριστές τον τελευταίο μήνα πριν από την συμμετοχή τους στη μελέτη δεν είχαν λάβει φαρμακευτική αγωγή ή διατροφικό συμπλήρωμα, που να επηρεάζει τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά, τους αιματολογικούς δείκτες ή τους δείκτες απόδοσης.
- Δεν είχαν πρόσφατο ιατρικό ιστορικό.
- Η αρτηριακή τους πίεση κυμαινόταν σε φυσιολογικά όρια.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά συμμετεχόντων (μέσος όρος $\pm$ τυπική απόκλιση)

Ηλικία (χρόνια)	21,6 $\pm$ 1,96
Σωματικό Βάρος (kg)	70,58 $\pm$ 10,10
Ύψος σε όρθια Θέση (m)	1,77 $\pm$ 0,06
Δείκτης Μάζας Σώματος (kg/m ²)	22,56 $\pm$ 2,84
Ποσοστό Σωματικού Λίπους (%)	14,84 $\pm$ 4,40
Λιπώδης Μάζα (kg)	10,08 $\pm$ 4,40
Άλιπη Σωματική Μάζα (kg)	55,91 $\pm$ 6,13
VO _{2max} (mL/kg/min)	56,74 $\pm$ 4,31
Yo-Yo Intermittent Endurance 2 (m)	1536 $\pm$ 374,3
Yo-Yo Intermittent Recovery 2 (m)	628 $\pm$ 69,91

Ερευνητικός σχεδιασμός

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε μια εβδομάδα μετά την λήξη της αγωνιστικής περιόδου. Σύμφωνα με τον ερευνητικό σχεδιασμό (**Γράφημα 1**) στην πρώτη συνάντηση (**1^η επίσκεψη**) στο εργαστήριο Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της άσκησης (SmArTLab) του Κέντρου Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης (ΚΕΑΦΑ) του Τ.Ε.Φ.Α.Α. του Π.Θ., πραγματοποιήθηκε η ενημέρωση για τη πειραματική διαδικασία και στη συνέχεια υπογράφηκε το έντυπο συγκατάθεσης, ενώ παράλληλα συμπληρώθηκε το ιατρικό ιστορικό των συμμετεχόντων και πραγματοποιήθηκε η εξοικείωση των συμμετεχόντων με όλες τις διαδικασίες και τις μετρήσεις στις οποίες έλαβαν μέρος. Παράλληλα, εκπαιδεύτηκαν και στη συμπλήρωση ενός διατροφικού ημερολογίου το οποίο πήραν μαζί τους και επέστρεψαν μετά από επτά ημέρες (καθημερινή καταγραφή της διατροφής για 7 ημέρες) προκειμένου να αξιολογηθεί η ημερήσια πρόσληψη σε μακροθρεπτικά και μικροθρεπτικά στοιχεία. Η διατροφική πρόσληψη αξιολογήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης προκειμένου να διαφυλαχτεί η διατήρηση των φυσιολογικών επιπέδων θερμιδικής πρόσληψης καθώς και να ελεγχθεί η μη λήψη διατροφικών συμπληρωμάτων. Για την καταγραφή των διατροφικών ημερολογίων δόθηκαν οι απαραίτητες οδηγίες από διατροφολόγο του τμήματος, όπου παράλληλα παρακολούθησε το διατροφικό πρόγραμμα των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια της μελέτης. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση των σωματομετρικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων καθώς και της σωματικής σύστασης (DXA). Έπειτα πραγματοποιήθηκε εκτίμηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) στους εκτείνοντες και τους καμπτήρες και

των 2 άκρων με τη μέθοδο της ψηλάφησης στην έκφυση, την γαστέρα και την κατάφυση των μυών.

Την επόμενη ημέρα (**2^η επίσκεψη**) πραγματοποιήθηκε αιμοληψία (10ml) μετά από ολονύκτια νηστεία, 8 ml χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της Κρεατινική κινάσης, ενώ 2 ml χρησιμοποιήθηκαν για την γενική αίματος των ποδοσφαιριστών. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία αίματος από το δάκτυλο του άνω άκρου για την εκτίμηση των επιπέδων του γαλακτικού οξέος στο αίμα σε κατάσταση ηρεμίας. Στη συνέχεια ακολούθησαν οι διαδικασίες αξιολόγησης των δεικτών απόδοσης. Συγκεκριμένα, μετά την εκτέλεση προγράμματος γενικής προθέρμανσης σε κυκλοεργόμετρο οι ποδοσφαιριστές αξιολογήθηκαν στο άλμα με αντιμετάθεση (CMJ) στο δυναμοδάπεδο (Optojump System) και στην ταχύτητα των 10 μ. και 30μ. με τη χρήση φωτοκυττάρων με υπέρυθρους αισθητήρες φωτός και με ακρίβεια 0.01 δευτ. (Witty system). Ακόμη αξιολογήθηκε η μέγιστη σύγκεντρη και έκκεντρη ροπή των εκτεινόντων και των καμπτήρων του γονάτου και των δύο άκρων με γωνιακή ταχύτητα 60°/ δευτερόλεπτο, καθώς και η μέγιστη ισομετρική δύναμη σε γωνία 65° στο ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex 770, USA). Στη συνέχεια αξιολογήθηκε η ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανομένων σπριντ (5X30μ.) στο γήπεδο του Τ.Ε.Φ.Α.Α. Εκτελέστηκαν πέντε σπριντ τα οποία χρονομετρήθηκαν με τη χρήση φωτοκυττάρων με υπέρυθρους αισθητήρες φωτός και με ακρίβεια 0.01 δευτ. (Witty system), ενώ ο χρόνος ανάκαμψης μεταξύ των σπριντ ήταν τα 25 δευτερόλεπτα.

Την επόμενη ημέρα (**3^η επίσκεψη**) πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max) με χρήση αναλυτή αερίων, σε δαπεδοεργόμετρο όπου η ταχύτητα αυξανόταν προοδευτικά, με ταυτόχρονη καταγραφή και του αισθήματος υποκειμενικής κόπωσης μέσω της κλίμακας Borg. Την επόμενη ημέρα (**4^η επίσκεψη**) πραγματοποιήθηκε στο γήπεδο του πανεπιστημίου αξιολόγηση στο τρέξιμο υψηλής έντασης με αναλογία έργου διαλλείματος (YO-YO Intermittent Endurance Level2). Μετά από κάθε διαδρομή 2X20μ. και αφού περνούσε την γραμμή εκκίνησης, ακολουθούσε διάλλειμα 5 δευτερολέπτων. Δύο ημέρες μετά (**5^η επίσκεψη**) πραγματοποιήθηκε στο γήπεδο του πανεπιστημίου αξιολόγηση στο τρέξιμο υψηλής έντασης με αναλογία έργου διαλλείματος (YO-YO Intermittent Recovery Level 2). Μετά από κάθε διαδρομή 2X20μ. και αφού περνούσε την γραμμή εκκίνησης, ακολουθούσε διάλλειμα 10 δευτερολέπτων. Κατά την διάρκεια της αξιολόγησης και των δύο τεστ, η ταχύτητα αυξανόταν προοδευτικά και οριζόταν από το ηχητικό σήμα

που εκπέμποταν από αρχείου ήχου. Η αξιολόγηση ολοκληρωνόταν σε περίπτωση που έφτανε ετεροχρονισμένα στις γραμμές (εκκίνησης/ τελική).

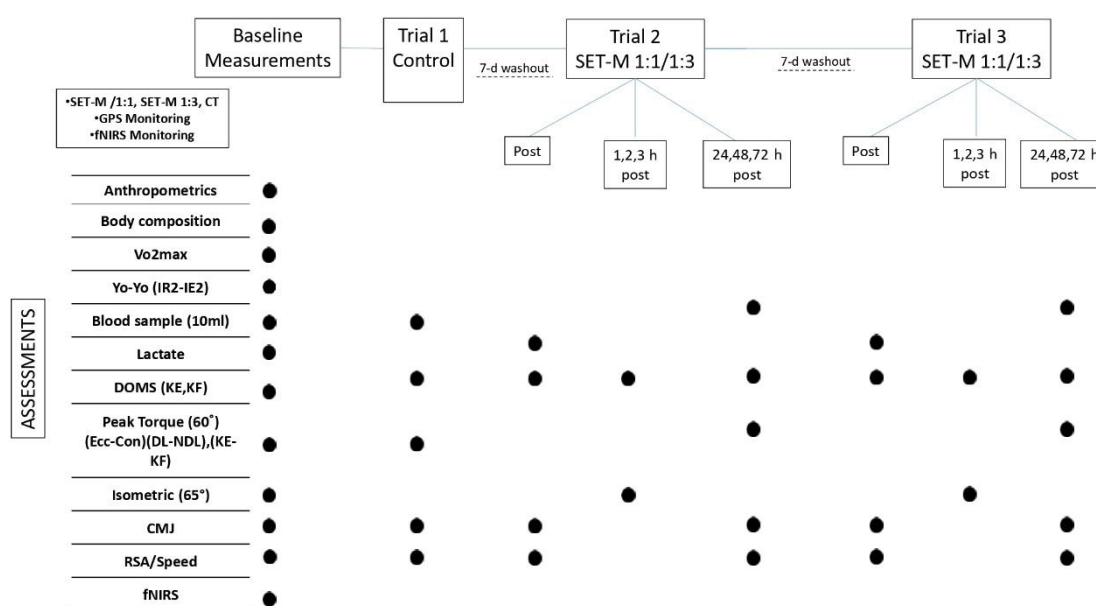
Α πειραματική συνθήκη

96 ώρες μετά την 5^η επίσκεψη πραγματοποιήθηκε το πρώτο προπονητικό πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο maintenance στο οποίο εκτελέστηκε ένα σετ των 6 μέγιστων επαναλήψεων σε ένταση, είτε με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1, είτε με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3 (**6^η επίσκεψη**). Κατά τη διάρκεια της άσκησης, έγινε καταγραφή των δρομικών επιβαρύνσεων και της καρδιακής συχνότητας με χρήση GPS (STATSports, APEX team series, Ireland) και καρδιοσυχνόμετρου αντίστοιχα. Αμέσως μετά, μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου υπήρξε εκτίμηση του γαλακτικού στο αίμα, του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) στους καμπτήρες και τους εκτείνοντες του γονάτου και των δύο κάτω άκρων, μέτρηση της αλτικής ικανότητας μέσω του κάθετου άλματος με αντιμετάθεση (CMJ) καθώς και αξιολόγηση της ταχύτητας 10μ. και 30μ στο γήπεδο του ΤΕΦΑΑ. 1 ώρα, 2 ώρες και 3 ώρες μετά την εκτέλεση του προπονητικού πρωτοκόλλου, πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) στους καμπτήρες και τους εκτείνοντες του γονάτου και των δύο κάτω άκρων καθώς και εκτίμηση της μέγιστης ισομετρικής ροπής σε γωνία 65°.

24 ώρες (7^η επίσκεψη), 48 ώρες (8^η επίσκεψη) και 72 ώρες (9^η επίσκεψη), μετά την εκτέλεση της Α πειραματικής συνθήκης πραγματοποιήθηκε αιμοληψία (10ml) για εκτίμηση της γενικής αίματος και της δραστικότητας της κρεατινικής κινάσης, στο εργαστήριο βιοχημείας, εκτίμηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) στους καμπτήρες και τους εκτείνοντες του γονάτου και των δύο κάτω άκρων, μέτρηση της αλτικής ικανότητας μέσω του κάθετου άλματος με αντιμετάθεση (CMJ) στο δυναμοδάπεδο. Επίσης προσδιορίστηκε η ταχύτητα των 10μ. και 30μ. άλλα και η ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανομένων σπριντ τα οποία χρονομετρήθηκαν με τη χρήση φωτοκυττάρων με υπέρυθρους αισθητήρες φωτός και με ακρίβεια 0.01 δευτ. Ακόμη εκτιμήθηκε η μέγιστη σύγκεντρη και έκκεντρη ροπή των εκτεινόντων και των καμπτήρων του γονάτου και των δύο άκρων με γωνιακή ταχύτητα 60°/δευτερόλεπτο.

Για διάστημα 7 ημερών μετά την και την ολοκλήρωση της Α πειραματικής συνθήκης ακολούθησε ένα διάστημα έκπλυσης (wash-out) κατά το οποίο οι συμμετέχοντες απείχαν από κάθε έντονη φυσική δραστηριότητα. Έπειτα επαναλήφθηκε η προαναφερθείσα πειραματική διαδικασία, ωστόσο κατά την διεξαγωγή της Β και Γ πειραματικής συνθήκης, εκτελέστηκε είτε η αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1 είτε η αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3 είτε η συνθήκη ελέγχου, το οποίο καθορίστηκε από το ποια αναλογία εκτελέστηκε για κάθε συμμετέχοντα στην Α πειραματική συνθήκη.

Γράφημα 1. Ερευνητικός σχεδιασμός



Εκτίμηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών & σωματικής σύστασης:

Η εκτίμηση του αναστήματος πραγματοποιήθηκε με τη χρήση αναστημόμετρου SECA. Στους συμμετέχοντες δόθηκε η οδηγία να ανέβουν στην πλατφόρμα του αναστημόμετρου σε όρθια θέση, με τις φτέρνες ενωμένες και τα πόδια σε γωνία 60°, ενώ οι γλουτοί και το άνω μέρος της πλάτης ήταν σε επαφή με την κάθετη δοκό του αναστημόμετρου. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε να εισπνεύσουν και να διατηρήσουν τον εισπνεόμενο αέρα, ενώ ο εξεταστής συμπίεσε την οριζόντια δοκό του αναστημόμετρου στο άνω μέρος της κεφαλής. Το σωματικό βάρος μετρήθηκε μέσω του ζυγού (Beam balance, Seca, Germany). Στους ποδοσφαιριστές δόθηκε η οδηγία, να ανέβουν στο κέντρο της πλατφόρμας του ζυγού φορώντας μόνο το εσώρουχό τους και αφού

ενώσουν τις φτέρνες τους να σχηματίσουν με τα πέλματα γωνία 60° και να καταναείμουν το βάρος τους και στα δύο πόδια

Αξιολόγηση δεικτών απόδοσης:

Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου: Η αξιολόγηση της αερόβιας ικανότητας πραγματοποιήθηκε, μέσω του άμεσου προσδιορισμού της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Vo2max), σε δαπεδοεργόμετρο (Stex 8025 T, Korea). Στο πρωτόκολλο σταδιακά αυξανόμενης έντασης που χρησιμοποιήθηκε, η ταχύτητα αυξανόταν κατά 1χλμ./ώρα για κάθε δύο λεπτά ενώ, η κλίση παρέμενε σταθερή σε όλη τη διάρκεια της μέτρησης (Paschalis et al., 2005). Η καταγραφή της πρόσληψης οξυγόνου πραγματοποιούνταν μέσω ηλεκτρονικού συστήματος ανταλλαγής πνευμονικών αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) ενώ, γινόταν χρήση του ανοικτού συστήματος σπιρομέτρησης, με καταγραφή των τιμών κάθε 30 δευτερόλεπτα (breath by breath). Σε όλη τη διάρκεια της μέτρησης οι ποδοσφαιριστές φορούσαν καρδιοσυχνόμετρο τύπου Polar (FT1), για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η υποκειμενική κόπωση μέσω της κλίμακας Borg.

Ισοκινητική μέγιστη ροπή: Η ισοκινητική μέγιστη ροπή αξιολογήθηκε με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου (Cybex 770, USA), στη γωνιακή ταχύτητα των 60°/δευτερόλεπτο, για τους καμπτήρες και τους εκτείνοντες των γονάτων και των δύο ποδιών. Οι ποδοσφαιριστές, τοποθετούνταν στο ισοκινητικό δυναμόμετρο και σταθεροποιούνταν με τη χρήση ειδικών ζωνών. Έπειτα, αφού πραγματοποιήθηκε η απαραίτητη βαθμονόμηση του ισοκινητικού δυναμόμετρου σε συνάρτηση με τα ατομικά ανατομικά χαρακτηριστικά των αθλητών, ο εξεταστής έδωσε εντολή για την έναρξη της προθέρμανσης (8 επαναλήψεις υπομέγιστης έντασης), με τους ποδοσφαιριστές να εκτελούν έκταση και κάμψη του γόνατος. Στη συνέχεια και μετά από διάλλειμα δύο λεπτών, ο ποδοσφαιριστής εκτέλεσε πέντε μέγιστες επαναλήψεις. Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, οι ποδοσφαιριστές καθοδηγούνταν και θα ενθαρρύνονταν από τον εξεταστή, τόσο λεκτικά όσο και οπτικά μέσω της απεικόνισης των προσπαθειών από την οθόνη του ισοκινητικού δυναμόμετρου.

Ισομετρική ροπή: Η ισομετρική δύναμη αξιολογήθηκε με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου (Cybex 770, USA), σε γωνία 90°. Ο κάθε δοκιμαζόμενος εκτέλεσε τρεις

μέγιστες προσπάθειες και από αυτές υπολογίστηκε ο μέσος όρος (Deli et al. 2017). Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, οι συμμετέχοντες καθοδηγούνταν και ενθαρρύνονταν από τον εξεταστή, τόσο λεκτικά όσο και οπτικά μέσω της απεικόνισης των προσπαθειών από την οθόνη του ισοκινητικού δυναμόμετρου.

Αξιολόγηση ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ: Η αξιολόγηση της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων σπριντ, πραγματοποιήθηκε με υπέρυθρους αισθητήρες φωτός και με ακρίβεια 0.01 δευτ. (Witty system, Italy) σε γήπεδο με φυσικό χλοοτάπητα. Το πρώτο φωτοκύτταρο τοποθετήθηκε στην αφετηρία (0μ.), το δεύτερο φωτοκύτταρο τοποθετήθηκε σε απόσταση 10μ. από την αφετηρία, ενώ το τρίτο φωτοκύτταρο σε απόσταση 30μ. από την αφετηρία. Οι ποδοσφαιριστές εκτέλεσαν πέντε σπριντ με την μέγιστη δυνατή ταχύτητα. Μετά την εκτέλεση του πρώτου σπριντ ο ποδοσφαιριστής έπρεπε εντός των επόμενων 25 δευτερολέπτων να επιστρέψει στην αφετηρία προκειμένου να πραγματοποιήσει το δεύτερο από τα πέντε συνολικά σπριντ. Η παραπάνω διαδικασία (σπριντ 30μ.- επιστροφή σε 25 δευτ.- σπριντ 30μ.) πραγματοποιήθηκε πέντε φορές. Από τον εξεταστή καταγράφηκε ο καλύτερος χρόνος στα 10μ και στα 30μ. καθώς και οι χρόνοι για όλα τα σπριντ προκειμένου να αξιολογηθεί ο δείκτης κόπωσης

Αξιολόγηση της αντοχής στην εκτέλεση επαναλαμβανόμενων προσπαθειών υψηλής έντασης: Το Yo-Yo IE2 περιλαμβάνει ένα παλίνδρομο τρέξιμο μεταξύ δύο γραμμών με απόσταση 20 μέτρων. Μετά από κάθε διαδρομή 2x20μ. και αφού ο ποδοσφαιριστής περάσει την γραμμή εκκίνησης, ακολούθησε διάλλειμα πέντε δευτερολέπτων. Κατά την διάρκεια της αξιολόγησης, η ταχύτητα αυξάνεται προοδευτικά και ορίζεται από το ηχητικό σήμα που εκπέμπεται από αρχείου ήχου. Αναλυτικά, η αξιολόγηση ξεκινούσε με τον ποδοσφαιριστή να βρίσκεται στην γραμμή εκκίνησης αναμένοντας το ηχητικό σήμα. Μόλις αυτό ακουστεί (1^ο ηχητικό σήμα), ο εξεταζόμενος κατευθύνθηκε προς την τελική γραμμή, με ταχύτητα τέτοια που να του επιτραπεί να φτάσει σ' αυτήν ταυτόχρονα με το επόμενο ηχητικό σήμα (2^ο ηχητικό σήμα). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε αλλαγή κατεύθυνσης 180^ο και επέστρεψε στην γραμμή εκκίνησης, περνώντας την γραμμή ταυτόχρονα με το άκουσμα του 3^{ου} ηχητικού σήματος. Έπειτα, ακολούθησε η περίοδος ενεργητικής αποκατάστασης (5 δευτ.) στην οποία ο ποδοσφαιριστής βόδιζε γύρω από ένα κώνο που βρίσκεται σε απόσταση 2,5μ. από την γραμμή εκκίνησης. Στη συνέχεια έπρεπε να επιστρέφει στην γραμμή εκκίνησης και να

ετοιμαστεί προκειμένου να ξεκινήσει την επόμενη διαδρομή (2x20μ) με το άκουσμα του 1^{ου} ηχητικού σήματος. Η αξιολόγηση ολοκληρώθηκε σε περίπτωση που ο ποδοσφαιριστής φτάσει ετεροχρονισμένα στις γραμμές (εκκίνησης/τελική) δύο φορές. Με τον τερματισμό της διαδικασίας καταγράφηκε η συνολικά διανυόμενη απόσταση (μέτρα), η ταχύτητα και την καρδιακή συχνότητα (Polar, FT1). Η ίδια διαδικασία, εκτελείται και για το τεστ Yo-Yo IR2. Οι διαφορές των δύο δοκιμασιών εμφανίζονται στην διάρκεια και στην απόσταση της αποκατάστασης καθώς και στην ταχύτητα εκκίνησης.

Κάθετο άλμα με αντιμετάθεση (CMJ): Αξιολόγηση του κάθετου άλματος με υποχωρητική φάση (CMJ) θα πραγματοποιηθεί έπειτα από προθέρμανση, η οποία θα περιλαμβάνει ποδηλασία πέντε λεπτών σε κυκλοεργόμετρο (Monark, Sweden) στις 70 στροφές/λεπτό. Ακολούθως θα εκτελεστούν διατάσεις των κύριων μυϊκών ομάδων των κάτω άκρων. Οι δοκιμές CMJ πραγματοποιούνται από μια σταθερή όρθια θέση με τα χέρια τοποθετημένα στα ισχία κάνοντας μια προκαταρκτική κίνηση προς τα κάτω με τα ισχία και τα γόνατα λυγισμένα, και αμέσως πηδώντας κάθετα προς τα πάνω όσο το δυνατόν υψηλότερα. Το ύψος κάθετου άλματος, η ισχύς και ο χρόνος πτήσης θα αξιολογηθούν μέσω του συστήματος «Optojump Microgate system, Italy».

Αξιολόγηση της ταχύτητας: Η αξιολόγηση της ταχύτητας των 10 και των 30 μέτρων, καθώς και της ικανότητας εκτέλεσης επαναλαμβανομένων σπριντ, πραγματοποιήθηκε με υπέρυθρους αισθητήρες φωτός και με ακρίβεια 0.01 δευτ. (Witty system, Italy) σε γήπεδο με φυσικό χλοοτάπητα. Το πρώτο φωτοκύτταρο θα τοποθετηθεί στην αφετηρία (0μ.), το δεύτερο φωτοκύτταρο θα τοποθετηθεί σε απόσταση 10μ. από την αφετηρία, ενώ το τρίτο φωτοκύτταρο σε απόσταση 30μ. από την αφετηρία (τεστ 30 μέτρων και επαναλαμβανομένων σπριντ). Οι ποδοσφαιριστές θα εκτελέσουν πέντε σπριντ με την μέγιστη δυνατή ταχύτητα. Μετά την εκτέλεση του πρώτου σπριντ ο ποδοσφαιριστής θα πρέπει εντός των επόμενων 25 δευτερολέπτων να επιστρέψει στην αφετηρία προκειμένου να πραγματοποιήσει το δεύτερο από τα πέντε συνολικά σπριντ. Η παραπάνω διαδικασία (σπριντ 30μ.- επιστροφή σε 25 δευτ.- σπριντ 30μ.) θα πραγματοποιηθεί πέντε φορές. Από τον εξεταστή θα καταγραφεί ο καλύτερος χρόνος στα 10μ και στα 30μ. καθώς και οι χρόνοι για όλα τα σπριντ προκειμένου να αξιολογηθεί ο δείκτης κόπωσης (Mohr, Draganidis, et al., 2016; Poullos et al., 2018).

Αξιολόγηση δεικτών μυϊκού τραυματισμού

Καθυστερημένος μυϊκός πόνος (DOMS): Για τη μέτρηση της υποκειμενικής αντίληψης του μυϊκού πόνου χρησιμοποιήθηκε δεκαβάθμια κλίμακα από το 1 (φυσιολογικός) μέχρι το 10 (πολύ επίπονος). Αρχικά ο δοκιμαζόμενος εκτέλεσε 3 βαθιά καθίσματα και έπειτα ο εξεταστής άσκησε 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 βρισκόταν σε όρθια θέση. Η μέτρηση πραγματοποιούνταν από τον ίδιο εξεταστή προκειμένου η εφαρμοσμένη πίεση να είναι παρόμοια σε όλους τους δοκιμαζομένους (Mohr et al., 2016).

Αξιολόγηση βιοχημικών δεικτών:

Συλλογή Αίματος: Τα δείγματα αίματος συλλέχθηκαν το πρωί (7:00-8:00 π.μ.) μετά από ολονύκτια νηστεία. Η αιμοληψία των 10ml πραγματοποιήθηκε στη μεσοβασιλική φλέβα με τους συμμετέχοντες σε καθιστή θέση μετά από ολονύκτια νηστεία. Από την συνολική ποσότητα των 10 ml αίματος, τα 2 ml χρησιμοποιήθηκαν για την γενική ανάλυση αίματος (Mythic 18, Orphee SA, Γενεύη, Ελβετία). Τα 8 ml αίματος διοχετεύθηκαν σωληνάριο που περιείχε ποσότητα EDTA για φυγοκέντρηση (1370g, 4°C, 10 λεπ.) για την παρασκευή του πλάσματος. Η ποσότητα του πλάσματος συλλέχθηκε σε σωληνάρια (eppendorfs), που στη συνέχεια αποθηκεύθηκαν σε καταψύκτη με θερμοκρασία -80 °C. Ποσότητα πλάσματος χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της δραστηριότητας της κρεατινικής κινάσης (CK) η οποία προσδιορίστηκε μέσω χρήση του βιοχημικού αναλυτή Z1145 (Ζαφειρόπουλος Σ.Α., Αθήνα, Ελλάδα) όπως έχει περιγραφεί (Poulios et al., 2018).

Γαλακτικό οξύ: Η μέτρηση του γαλακτικού οξέος αξιολογήθηκε με φορητό αναλυτή (Lactate Plus, USA). Η συλλογή αίματος πραγματοποιήθηκε από την άκρη του δακτύλου, όπου καθαρίστηκε από 70% αλκοόλη και αφέθηκε να στεγνώσει (Poulios et al., 2018). Ένα μικρό δείγμα αίματος μεταφέρθηκε στο φορητό αναλυτή γαλακτικού με strip μιας χρήσης για την αξιολόγησή.

Σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS)

Οι δρομικές επιβαρύνσεις των ποδοσφαιριστών (απόσταση, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, υψηλής έντασης τρέξιμο και σπριντ) καθώς και η καταγραφή της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια των δύο πρωτοκόλλων πραγματοποιήθηκε μέσω του συστήματος STATsports Apex team series.

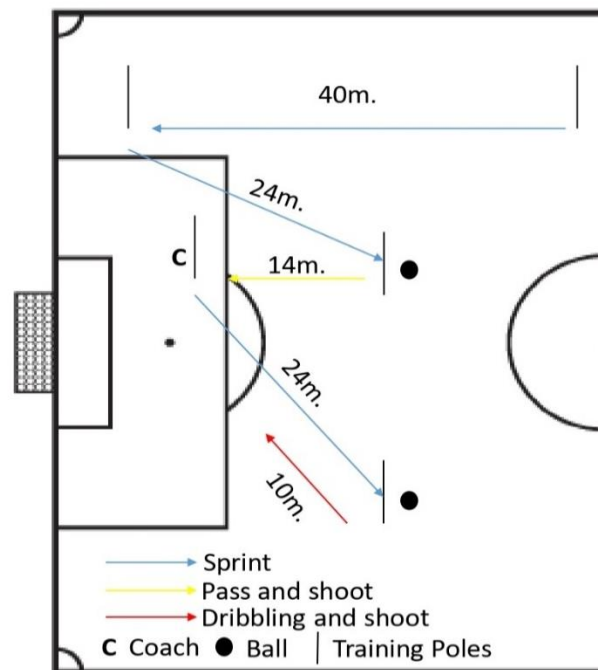
Πρωτόκολλα άσκησης

Πριν από την εκτέλεση του κάθε προπονητικού πρωτοκόλλου πραγματοποιήθηκε προθέρμανση με τρέξιμο, ασκήσεις κινητικότητας, ασκήσεις ισχύος με επαφές με τη μπάλα, συνολικής διάρκειας 20 λεπτών.

A. Πειραματική Συνθήκη: Αποτελούνταν από 1 σετ με 6 υψηλής έντασης επαναλήψεις, διάρκειας 25-30 δευτερολέπτων με αναλογία έργου/διαλείμματος 1/3 (~30 δευτερόλεπτα έργου και 1 λεπτό και 30 δευτερόλεπτα διάλειμμα). Περιείχε σπριντ σε ευθεία γραμμή, αλλαγές κατεύθυνσης, επαφές με τη μπάλα, σουτ και πάσα, όπως έχει περιγραφεί και σε προηγούμενη μελέτη (Tzatzakis et al., 2019)

B. Πειραματική Συνθήκη: Πραγματοποιήθηκε ακριβώς το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης με την πρώτη πειραματική συνθήκη, αλλά με διαφορετική αναλογία έργου/διαλείμματος 1/1 (~30 δευτερόλεπτα έργου και ~30 δευτερόλεπτα διάλειμμα).

Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση της άσκησης των προπονητικών πρωτοκόλλων.



Στατιστική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ως προς δυο παράγοντες εκ των οποίων ο ένας είναι χρόνος. Όπου εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε ζευγαρωτό T-τεστ για να εξετασθούν πιθανές διαφορές μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων ως προς τις δομικές επιβαρύνσεις των συμμετεχόντων. Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS (IBM SPSS Statistics 20).

Αποτελέσματα

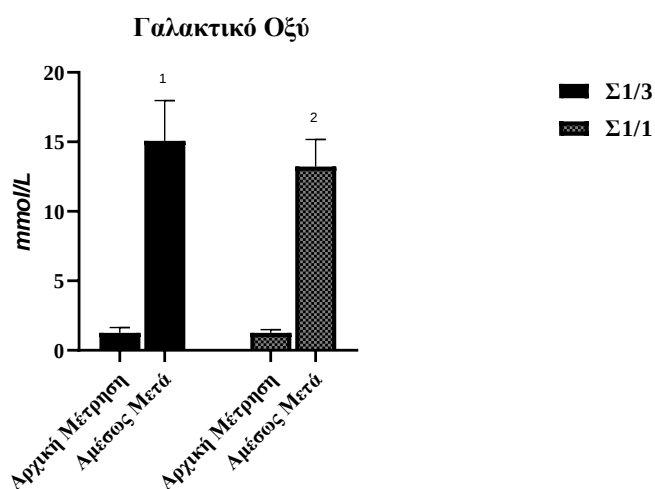
Κατά την διάρκεια της μελέτης δεν εμφανίστηκε τραυματισμός και διακοπή της πειραματικής διαδικασίας για κανέναν συμμετέχοντα. Από την ανάλυση των διατροφικών ανακλήσεων των συμμετεχόντων δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στο διατροφικό τους πλάνο σε όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας. Επιπλέον, Τα δεδομένα των αρχικών μετρήσεων (πριν από κάθε πειραματική εβδομάδα), όλων των μεταβλητών δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, αποδεικνύοντας πως η περίοδος μεταξύ των πειραματικών εβδομάδων, εξάλειψε οποιαδήποτε φλεγμονή και μυϊκή βλάβη που αναπτύχθηκε κατά την διάρκεια του πρωτοκόλλου. Τέλος, τόσο κατά την διάρκεια των πειραματικών εβδομάδων, όσο και μετά την ολοκλήρωση της μελέτης οι συμμετέχοντες δεν ανέφεραν οποιαδήποτε παρενέργεια ως αποτέλεσμα της πειραματικής διαδικασίας.

Πίνακας 2. Δρομικές επιβαρύνσεις & Καρδιακή συχνότητα

	Σ1/3	Σ1/1	t , p
Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα (Παλμοί/Λεπτό)	187 ± 5	191 ± 5	t(10)=4,218 ,p=0,002
Μέση Καρδιακή Συχνότητα (Παλμοί/Λεπτό)	155 ± 9	169 ± 9	t(10)=5,12 , p=0,000
Μέγιστη ταχύτητα (km/h)	30,4 ± 1,2	29,4 ± 1,2	t(10)=4357 , p=0,001
Αριθμός Σπριντ (n)	14 ± 3	11 ± 2	t(10)=4622 , p=0,001
Υψηλής έντασης τρέξιμο >19.8 km/h (m.)	276,7 ± 38,6	220,7 ± 31,4	t(10)=5,044 ,p=0,001
Επιταχύνσεις ζώνη 6 (n)	3 ± 2	2 ± 2	t(10)=2,025 , p=0,07
Επιβραδύνσεις ζώνη (n)	4 ± 4	2 ± 2	t(10)=5,568 ,p=0,028
Αριθμός Επιταχύνσεων (n)	48 ± 9	33 ± 5	t(10)=6,368 ,p=0,000
Αριθμός Επιβραδύνσεων (n)	53 ± 8	39 ± 6	t(10)=9,724 ,p=0,000

Συγκέντρωση Γαλακτικού Οξέος

Για την συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος (γράφημα 2) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(1000,10000)=4055$, $p=0,072$]. Ωστόσο, από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι μόνο ο παράγοντας χρόνος [$F(1000,10000)=492,31$, $p=0,000$] ήταν στατιστικά σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων, προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (1102%, $p=0,000$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (946%, $p=0,000$).

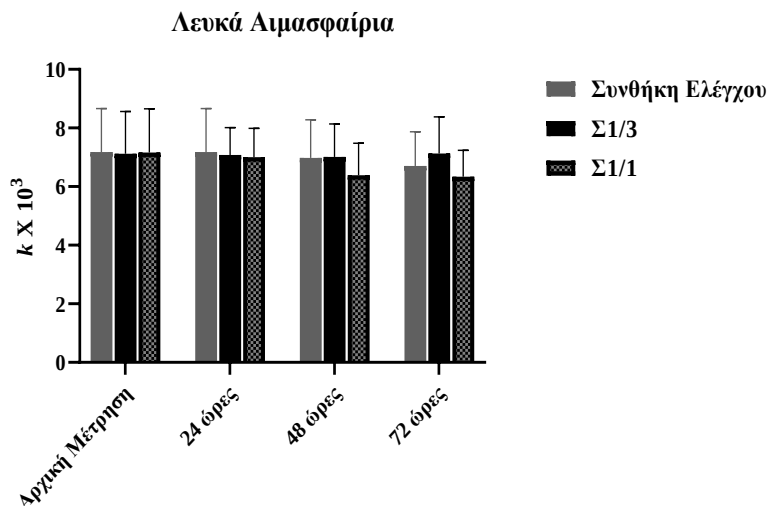


Γράφημα 2. Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3; ², στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/1.

Δείκτες Φλεγμονής

Συγκέντρωση Λευκών Αιμοσφαιρίων

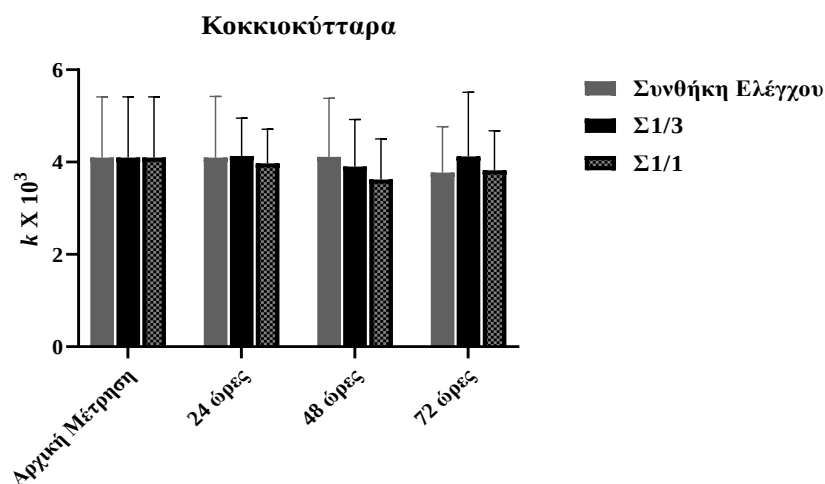
Για την συγκέντρωση της λευκών αιμοσφαιρίων πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(6,54)=0,883$, $p=0,514$] στη συγκέντρωση των λευκών αιμοσφαιρίων (γράφημα 3).



Γράφημα 3. Συγκέντρωση λευκών αιμοσφαιρίων. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1.

Συγκέντρωση Κοκκιοκυττάρων

Για την συγκέντρωση των κοκκιοκυττάρων πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(1755,15791)=0,503$, $p=0,591$] στη συγκέντρωση των κοκκιοκυττάρων (γράφημα 4).

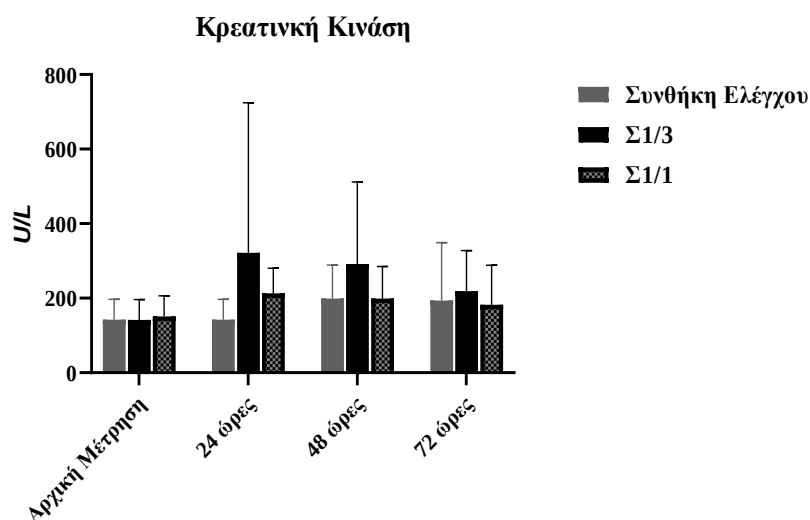


Γράφημα 4. Συγκέντρωση κοκκιοκυττάρων. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1.

Δείκτες Μυϊκού Τραυματισμού

Κρεατινική Κινάση

Για την συγκέντρωση της κρεατινικής κινάσης πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F(2051,16405)=1111$, $p=0,354$) στην κρεατινική κινάση (γράφημα 5).

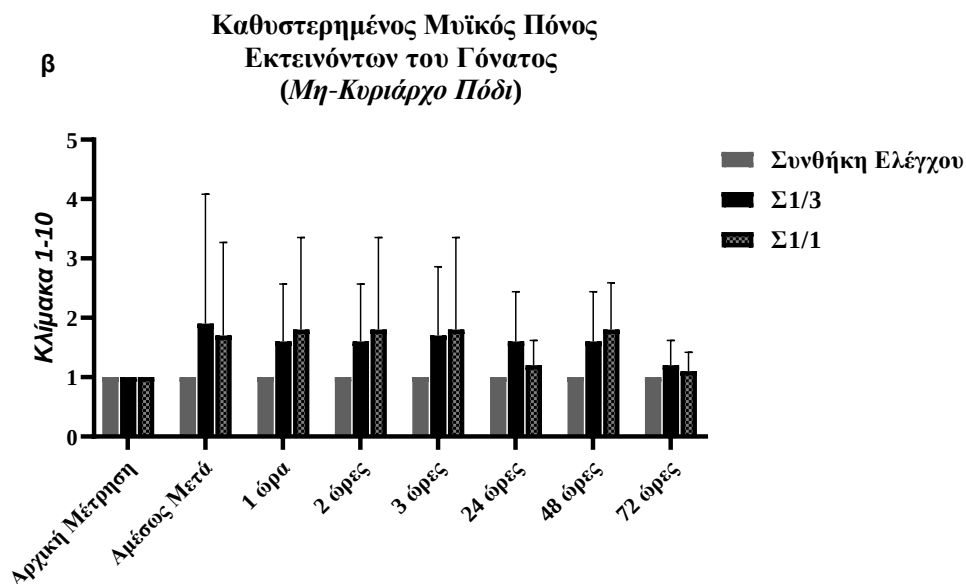
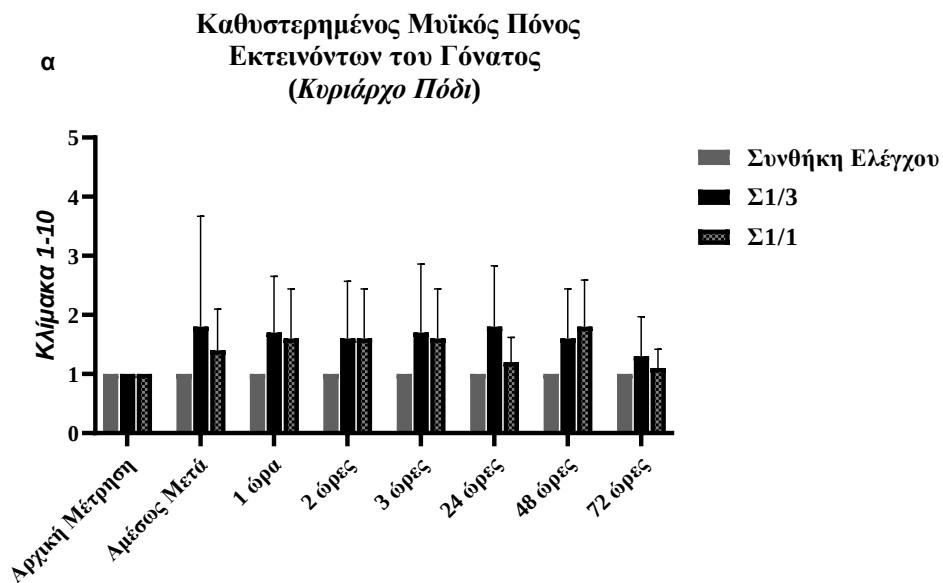


Γράφημα 5. Συγκέντρωση κρεατινικής κινάσης. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1.

Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος (DOMS)

DOMS Εκτεινόντων Κυρίαρχου και μη Κυρίαρχου ποδιού

Για το DOMS των εκτεινόντων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 6α) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(3362,30261)=1128$, $p=0,357$]. Για το DOMS των εκτεινόντων του μη κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 6β) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2566,23096)=0,858$, $p=0,462$].

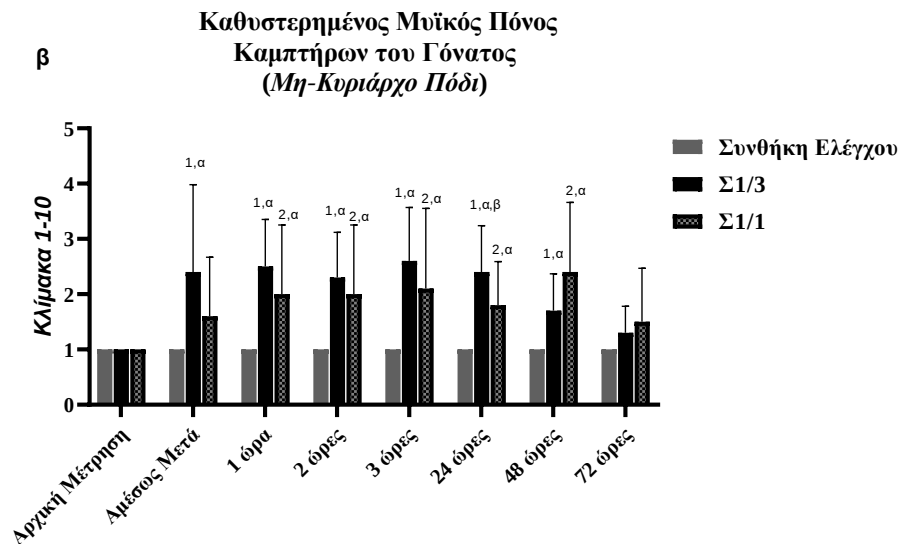
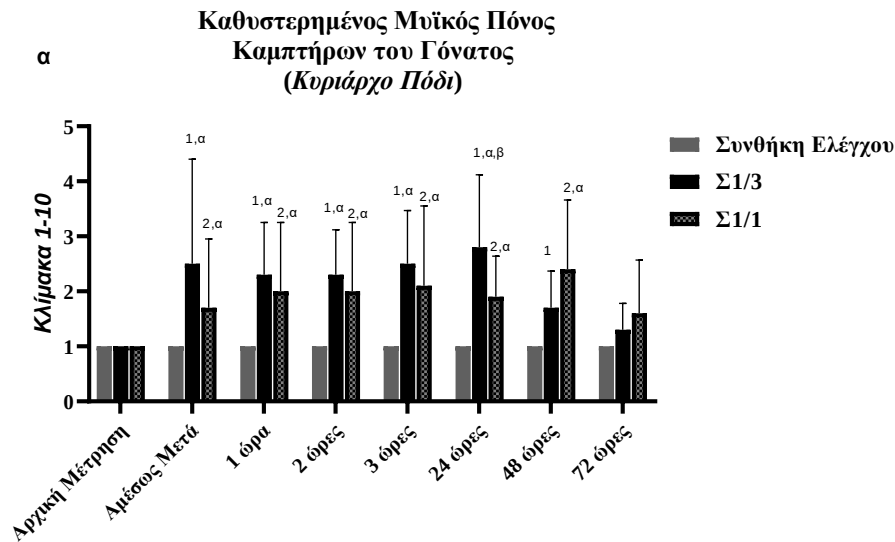


Γράφημα 6.α. Καθυστερημένος μυϊκός πόνος εκτεινόντων του γόνατος κυρίαρχου ποδιού. **6.β.** Καθυστερημένος μυϊκός πόνος εκτεινόντων του γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1.

DOMS Καμπτήρων Κυρίαρχου και μη Κυρίαρχου ποδιού

Για το DOMS των εκτεινόντων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 7α) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(3696,33267) = 3252, p=0,027$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** σημαντική αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (150%, $p=0,034$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 1 ώρα μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (130%, $p=0,002$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 2 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (130%, $p=0,001$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 3 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (150%, $p=0,001$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (180%, $p=0,002$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (70%, $p=0,001$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/1** προέκυψε σημαντική αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 1 ώρα μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (100%, $p=0,032$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 2 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (100%, $p=0,032$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 3 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (110%, $p=0,040$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (90%, $p=0,004$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (140%, $p=0,007$). Επιπροσθέτως, μεταξύ των συνθηκών, στην χρονική στιγμή αμέσως μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, προέκυψε αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (150%, $p=0,034$). Επιπλέον, στις χρονικές στιγμές των 1,2,3,24 και των 48 ωρών, προέκυψε αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (130%, $p=0,002$), (130%, $p=0,001$), (150%, $p=0,001$), (180%, $p=0,002$), (70%, $p=0,010$) αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, στις χρονικές στιγμές των 1,2,3,24 και των 48 ωρών, προέκυψε αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/1** (100%, $p=0,032$), (100%, $p=0,032$), (110%, $p=0,040$), (90%, $p=0,004$), (140%, $p=0,007$), αντίστοιχα. Ακόμη, μεταξύ των συνθηκών **Σ1/3** και **Σ1/1**, στην χρονική στιγμή 24 ώρες, προέκυψε αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) (-32%, $p=0,019$).

Για το DOMS των εκτεινόντων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 7β) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(4013,36118) = 3778, p=0,011$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** σημαντική αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (140%, $p=0,021$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 1 ώρα μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (150%, $p=0,000$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 2 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (130%, $p=0,001$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 3 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (160%, $p=0,001$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (140%, $p=0,001$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (70%, $p=0,010$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/1** προέκυψε σημαντική αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 1 ώρα μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (100%, $p=0,032$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 2 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (100%, $p=0,032$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 3 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (110%, $p=0,040$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (80%, $p=0,011$), μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (140%, $p=0,007$). Επιπροσθέτως, μεταξύ των συνθηκών, στην χρονική στιγμή αμέσως μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, προέκυψε αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (140%, $p=0,021$). Επιπλέον, στις χρονικές στιγμές των 1,2,3,24 και των 48 ωρών, προέκυψε αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (150%, $p=0,000$), (130%, $p=0,001$), (160%, $p=0,001$), (140%, $p=0,001$), (70%, $p=0,010$) αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, στις χρονικές στιγμές των 1,2,3,24 και των 48 ωρών, προέκυψε αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/1** (100%, $p=0,032$), (100%, $p=0,032$), (110%, $p=0,040$), (80%, $p=0,011$), (140%, $p=0,007$), αντίστοιχα.

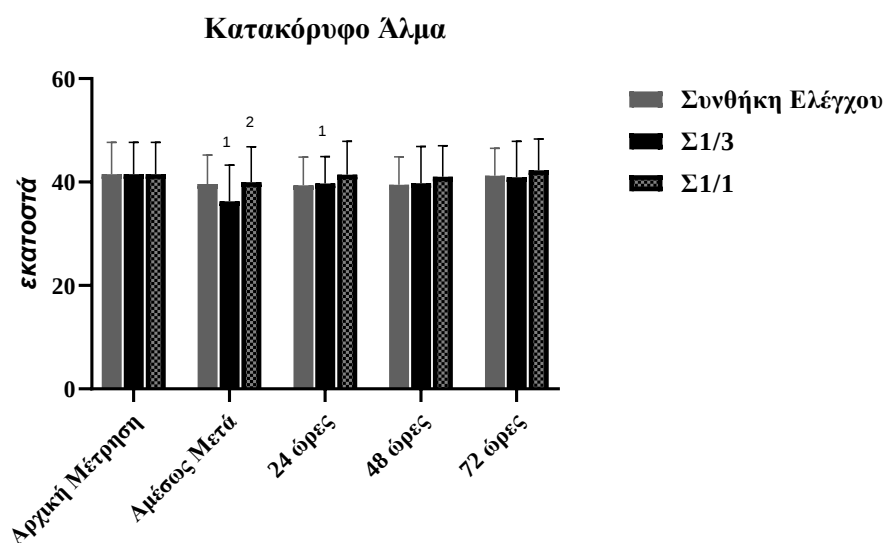


Γράφημα 7.α. Καθυστερημένος μυϊκός πόνος καμπτήρων του γόνατος κυρίαρχου ποδιού. **7.β.** Καθυστερημένος μυϊκός πόνος καμπτήρων του γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3; ², στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/1; ^α, στατιστικά σημαντική διαφορά από την συνθήκη ελέγχου; ^β, στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών 1/3 & 1/1.

Δείκτες Απόδοσης

Κατακόρυφο άλμα με αντιμετάθεση

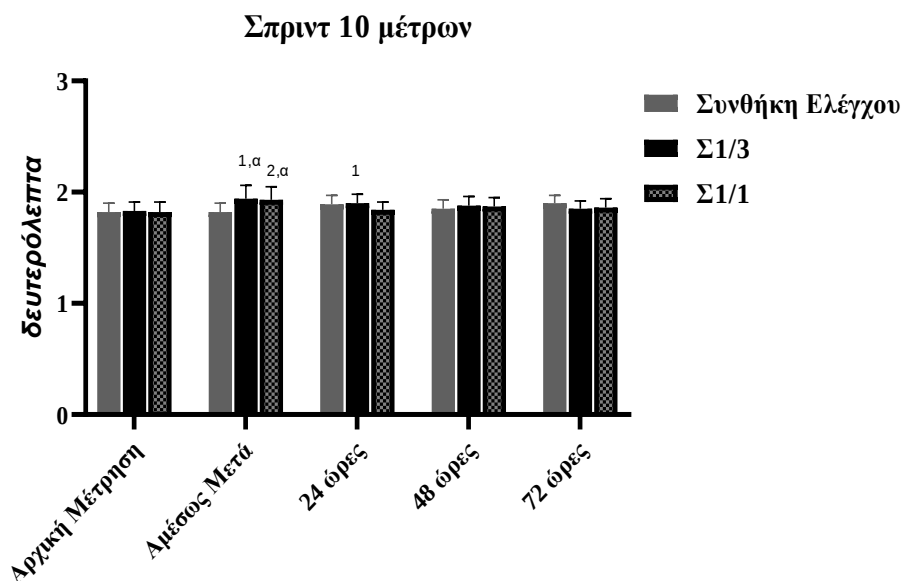
Για το κατακόρυφο άλμα με αντιμετάθεση (γράφημα 8) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(8,72)=2520$, $p=0,018$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** μείωση στο ύψος του κάθετου άλματος μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-13%, $p=0,000$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/3** διαπιστώθηκε μείωση στο ύψος του κάθετου άλματος μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-4%, $p=0,048$). Επιπλέον, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε μείωση στο ύψος του κάθετου άλματος μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-4% , $p=0,008$).



Γράφημα 8. Επίδοση κάθετου άλματος με αντιμετάθεση. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3; ², στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/1.

Σπριντ 10 μέτρων

Για το σπριντ των 10 μέτρων πραγματοποιήθηκε (γράφημα 9) ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(8,72)=5592$, $p=0,000$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** αύξηση του χρόνου στα 10 μέτρα μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (7%, $p=0,002$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/3** διαπιστώθηκε αύξηση του χρόνου στα 10 μέτρα μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (4%, $p=0,039$). Επιπλέον, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε αύξηση του χρόνου στα 10 μέτρα μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (4% , $p=0,013$). Επιπροσθέτως, μεταξύ των συνθηκών, στην χρονική στιγμή αμέσως μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, προέκυψε αύξηση του χρόνου 10 μέτρα μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (7% , $p=0,007$), όπως επίσης της συνθήκης ελέγχου με την συνθήκη **Σ1/1** (6% , $p=0,021$).

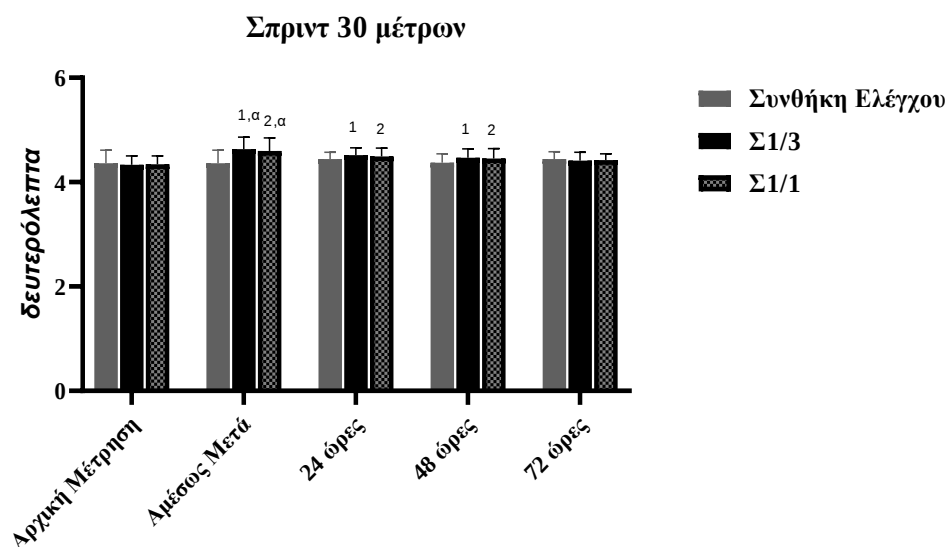


Γράφημα 9. Επίδοση στο σπριντ των 10 μέτρων. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3; ², στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/1; ^α, στατιστικά σημαντική διαφορά από την συνθήκη ελέγχου.

Σπριντ 30 μέτρων

Για το σπριντ των 10 μέτρων πραγματοποιήθηκε (γράφημα 10) ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(8,72)=6569$, $p=0,000$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** αύξηση του χρόνου στα 30 μέτρα μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (7%, $p=0,000$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/3** διαπιστώθηκε αύξηση του χρόνου στα 30 μέτρα μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (4%, $p=0,005$). Ακόμη, στην συνθήκη **Σ1/3** διαπιστώθηκε αύξηση του χρόνου στα 30 μέτρα μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (3%, $p=0,010$). Επιπλέον, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε αύξηση του χρόνου στα 30 μέτρα μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (6%, $p=0,001$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε αύξηση του χρόνου στα 30 μέτρα μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (4%, $p=0,004$). Ακόμη, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε αύξηση του χρόνου στα 30 μέτρα μεταξύ των

αρχικών μετρήσεων και 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (3%, $p=0,030$). Επιπροσθέτως, μεταξύ των συνθηκών, στην χρονική στιγμή αμέσως μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, προέκυψε αύξηση του χρόνου 30 μέτρα μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (6% , $p=0,003$), όπως επίσης της συνθήκης ελέγχου με την συνθήκη **Σ1/1** (5% , $p=0,001$).

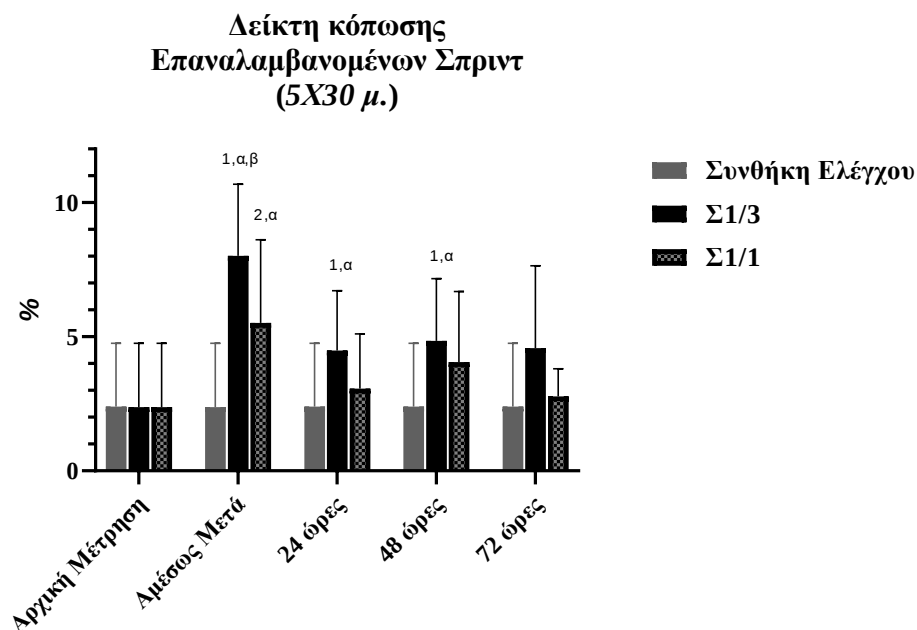


Γράφημα 10. Επίδοση στο σπριντ των 30 μέτρων. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3; ², στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/1; ^α, στατιστικά σημαντική διαφορά από την συνθήκη ελέγχου.

Δείκτης Κόπωσης Επαναλαμβανόμενων Σπριντ (5X30μ.)

Για τον δείκτη κόπωσης επαναλαμβανομένων σπριντ των 30 μέτρων πραγματοποιήθηκε (γράφημα 11) ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(3909, 35177)=4036$, $p=0,009$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** αύξηση του δείκτη κόπωσης στα επαναλαμβανόμενα σπριντ μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (236%, $p=0,000$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/3** διαπιστώθηκε αύξηση του δείκτη κόπωσης στα επαναλαμβανόμενα σπριντ μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 24 ώρες μετά την εφαρμογή του

πρωτοκόλλου (88%, $p=0,019$). Ακόμη, στην συνθήκη **Σ1/3** διαπιστώθηκε αύξηση του δείκτη κόπωσης στα επαναλαμβανόμενα σπριντ μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 48 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (104%, $p=0,034$). Επιπλέον, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε αύξηση του δείκτη κόπωσης στα επαναλαμβανόμενα σπριντ μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και αμέσως μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (131%, $p=0,021$). Επιπροσθέτως, μεταξύ των συνθηκών, στην χρονική στιγμή αμέσως μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, προέκυψε αύξηση του δείκτη κόπωσης στα επαναλαμβανόμενα σπριντ μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (235% , $p=0,000$), όπως επίσης της συνθήκης ελέγχου με την συνθήκη **Σ1/1** (130% , $p=0,021$). Μεταξύ των συνθηκών **Σ1/3** και **Σ1/1**, στην χρονική στιγμή αμέσως μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, διαπιστώθηκε αύξηση του δείκτη κόπωσης στα επαναλαμβανόμενα σπριντ (45%, $p=0,019$). Επιπλέον, στην χρονική στιγμή των 24 και των 48 ωρών, προέκυψε αύξηση του δείκτη κόπωσης στα επαναλαμβανόμενα σπριντ μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (-6%, $p=0,021$), (-7%, $p=0,034$), αντίστοιχα.

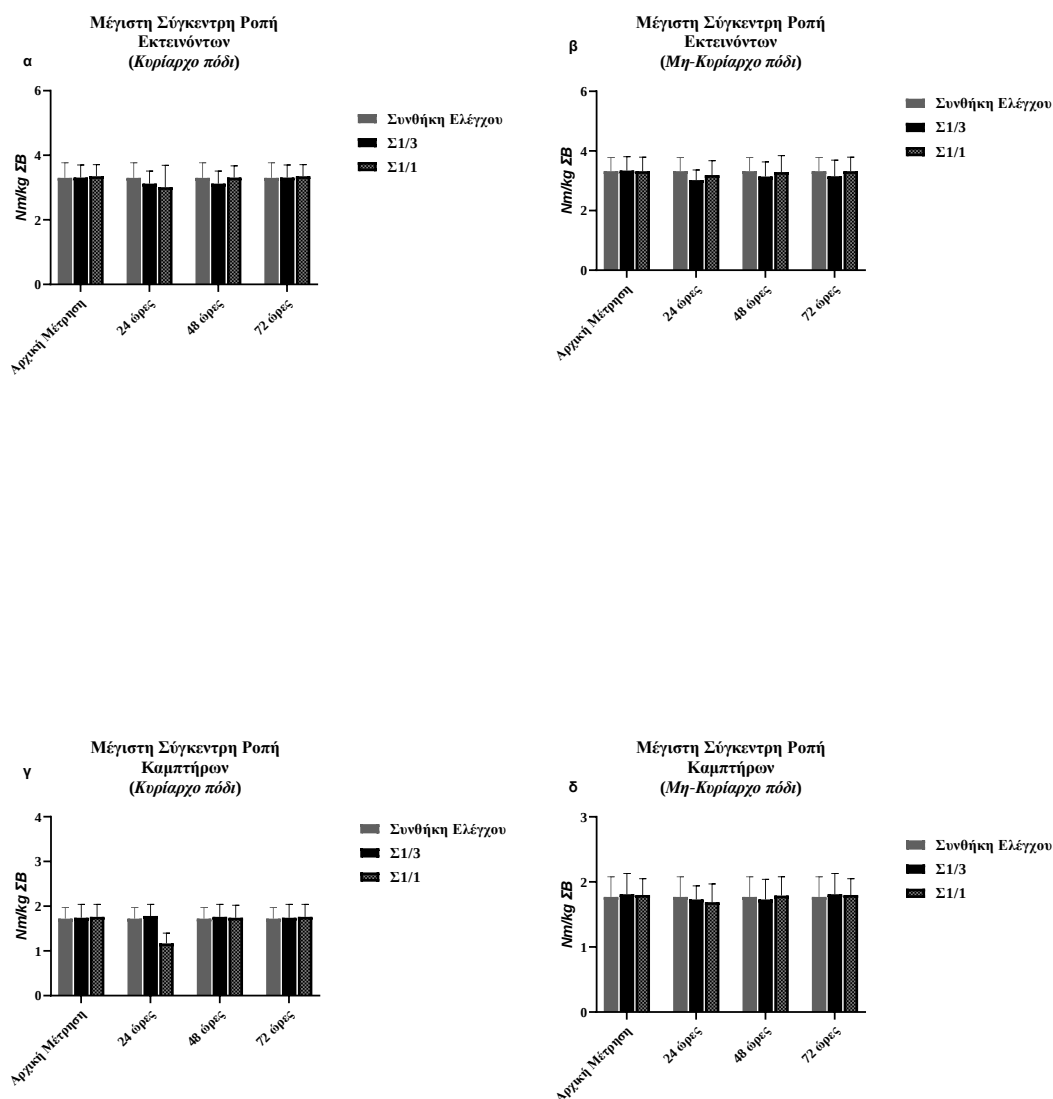


Γράφημα 11. Δείκτης κόπωσης επαναλαμβανομένων σπριντ (5X30μ.). Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3; ², στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/1; ^α,

στατιστικά σημαντική διαφορά από την συνθήκη ελέγχου; ^β, στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών 1/3 & 1/1.

Μέγιστη Σύγκεντρη Ροπή Εκτεινόντων & Καμπτήρων

Για την σύγκεντρη ροπή των εκτεινόντων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 11α) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2004,13038)=1984$, $p=0,166$]. Για την σύγκεντρη ροπή των εκτεινόντων του μη κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 11β) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(3726,33530)=2071$, $p=0,111$]. Για την σύγκεντρη ροπή των καμπτήρων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 11γ) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2226,20030)=0,446$, $p=0,0667$]. Για την σύγκεντρη ροπή των καμπτήρων του μη κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 11δ) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2913,26221)=1096$, $p=0,367$].

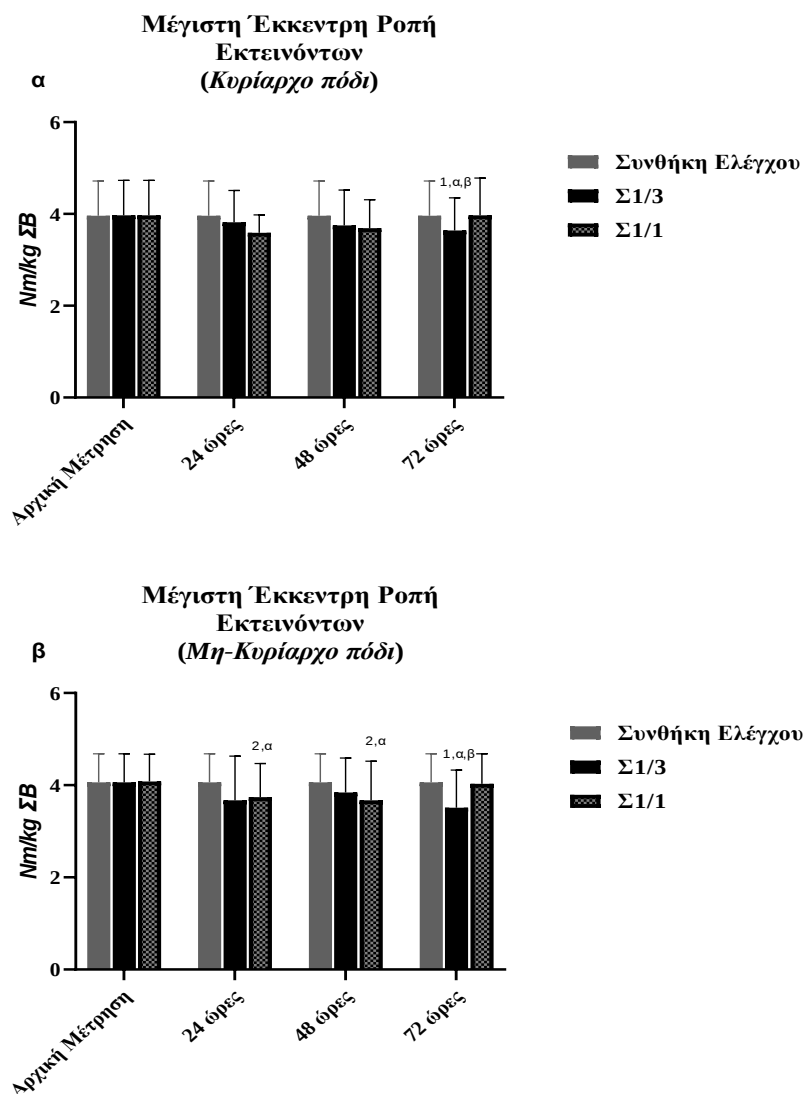


Γράφημα 11.α. Σύγκεντρη ροπή εκτεινόντων του γόνατος κυρίαρχου ποδιού; **11.β.** Σύγκεντρη ροπή εκτεινόντων του γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού; **11.γ.** Σύγκεντρη ροπή καμπτήρων του γόνατος κυρίαρχου ποδιού; **11.δ.** Σύγκεντρη ροπή καμπτήρων του γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού; Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1.

Μέγιστη Έκκεντρη Ροπή Εκτεινόντων Κυρίαρχου & μη Κυρίαρχου ποδιού

Για την έκκεντρη ροπή των εκτεινόντων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 12α) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(6,54)=2919$, $p=0,015$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων, προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** μείωση της μέγιστης έκκεντρης ροπής

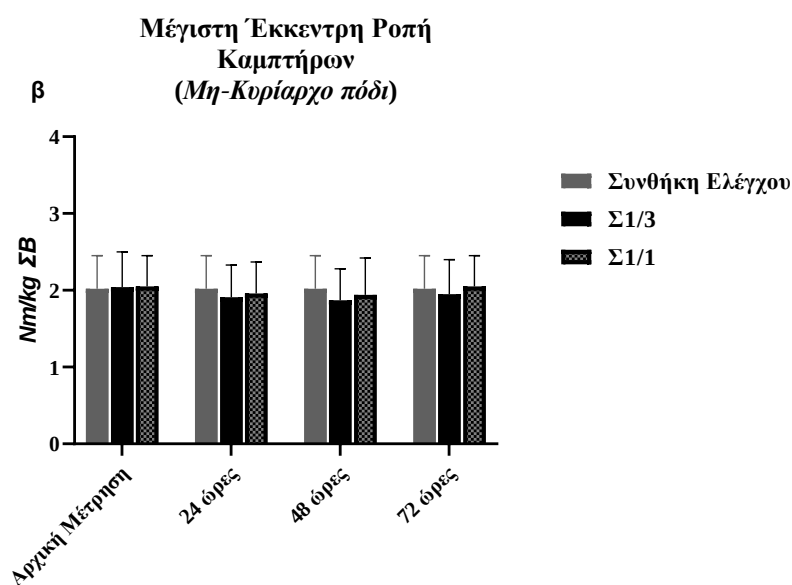
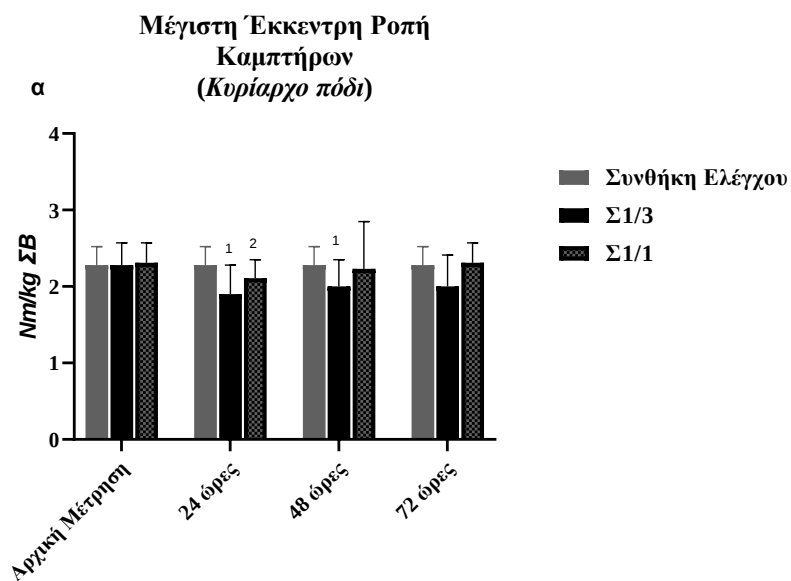
μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 72 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-8%, $p=0,028$). Επιπροσθέτως, μεταξύ των συνθηκών, στην χρονική στιγμή των 72 ωρών μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, προέκυψε μείωση της μέγιστης έκκεντρης ροπής μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/3** (-8% , $p=0,030$), όπως επίσης της συνθήκης **Σ1/3** με την συνθήκη **Σ1/1** (9% , $p=0,045$). Για την έκκεντρη ροπή των εκτεινόντων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 12β) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(6,54)=4964$, $p=0,000$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων, προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** μείωση της μέγιστης έκκεντρης ροπής μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και 72 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-14%, $p=0,0001$). Επιπλέον, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε μείωση της μέγιστης έκκεντρης ροπής μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και των 24,48 ωρών μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-8%, $p=0,018$), (-10%, $p=0,010$), αντίστοιχα. Επιπροσθέτως, μεταξύ των συνθηκών, στις χρονικές στιγμές των 24 και 48 ωρών μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, προέκυψε μείωση της μέγιστης έκκεντρης ροπής μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1/1** (-8%, $p=0,020$), (-10%, $p=0,0009$). Επίσης, μεταξύ των συνθηκών, στην χρονική στιγμή των 72 ωρών μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, προέκυψε μείωση της μέγιστης έκκεντρης ροπής μεταξύ της συνθήκης ελέγχου και της συνθήκης **Σ1:3**, όπως επίσης, μεταξύ της συνθήκης **Σ1/3** με την συνθήκη **Σ1/1** (-14%, $p=0,001$), (15%, $p=0,004$), αντίστοιχα.



Γράφημα 12α. Έκκεντρη ροπή εκτεινόντων του γόνατος κυρίαρχου ποδιού; **12β.** Έκκεντρη ροπή εκτεινόντων του γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3; ², στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/1; ^α, στατιστικά σημαντική διαφορά από την συνθήκη ελέγχου; ^β, στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των συνθηκών 1/3 & 1/1.

Μέγιστη Έκκεντρη Ροπή Καμπτήρων Κυρίαρχου & μη Κυρίαρχου ποδιού

Για την έκκεντρη ροπή των καμπτήρων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 13α) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος ($F(1828,16449)=1377, p=0,278$). Ωστόσο, από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι μόνο ο παράγοντας χρόνος [$F(3,27)=3894, p=0,020$] ήταν στατιστικά σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων, προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** μείωση της μέγιστης έκκεντρης ροπής μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και των 24, αλλά και των 48 ωρών μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-17%, $p=0,0009$), (-12%, $p=0,046$). Επίσης, στην συνθήκη **Σ1/1** διαπιστώθηκε μείωση της μέγιστης έκκεντρης ροπής μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και των 24 ωρών μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-9%, $p=0,039$). Για την έκκεντρη ροπή των καμπτήρων του μη κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 13β) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2323,20905)=0,552, p=0,609$].

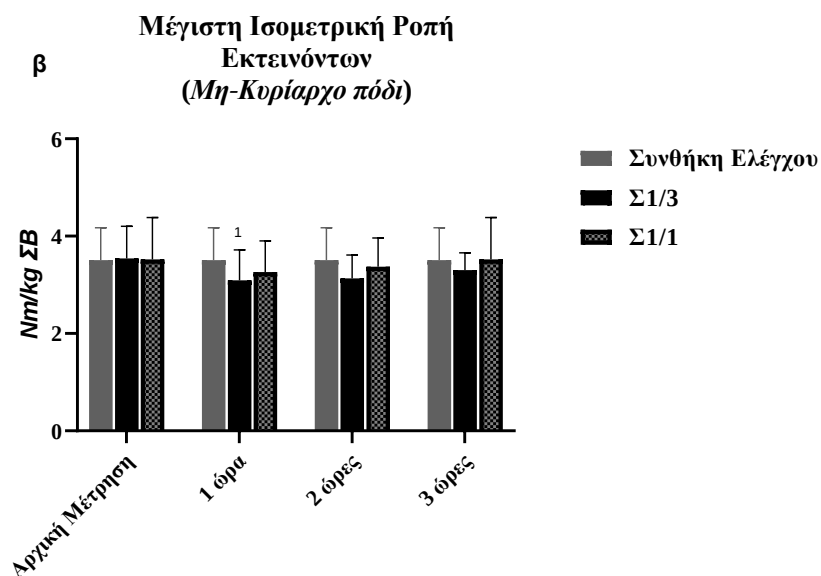
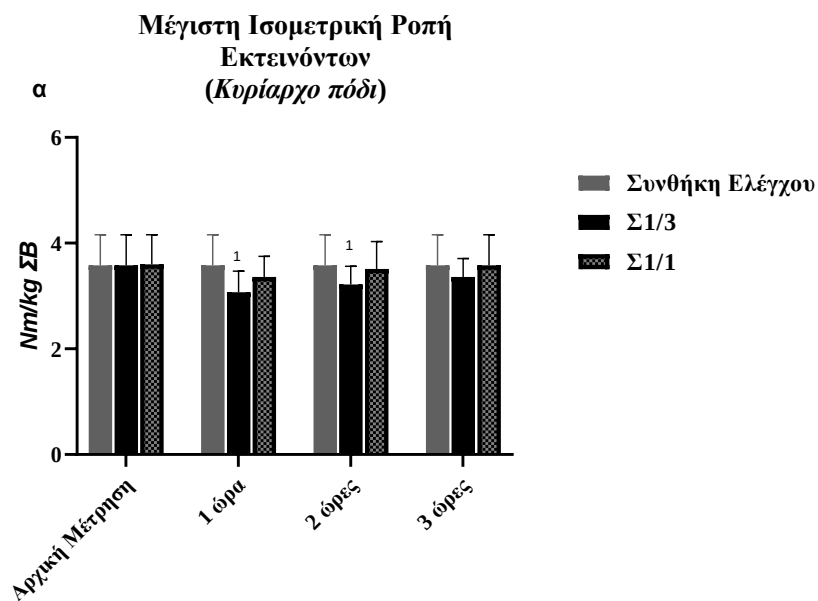


Γράφημα 13α. Έκκεντρη ροπή καμπτήρων του γόνατος κυρίαρχου ποδιού; **13β.** Έκκεντρη ροπή καμπτήρων του γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3; ², στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/1.

Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη Εκτεινόντων Κυρίαρχου & μη Κυρίαρχου ποδιού

Για την ισομετρική ροπή των εκτεινόντων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 14α) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2675,24079)=2873$, $p=0,082$]. Ωστόσο, από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι μόνο ο παράγοντας χρόνος [$F(1467,13205)=6624$, $p=0,015$] ήταν στατιστικά σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων, προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και των 1,2 ωρών μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-14%, $p=0,014$), (-10%, $p=0,048$).

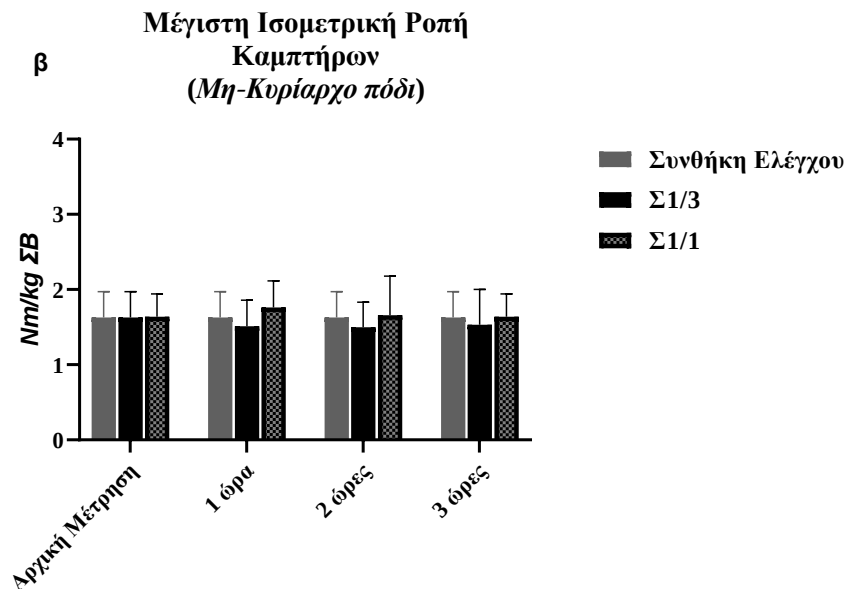
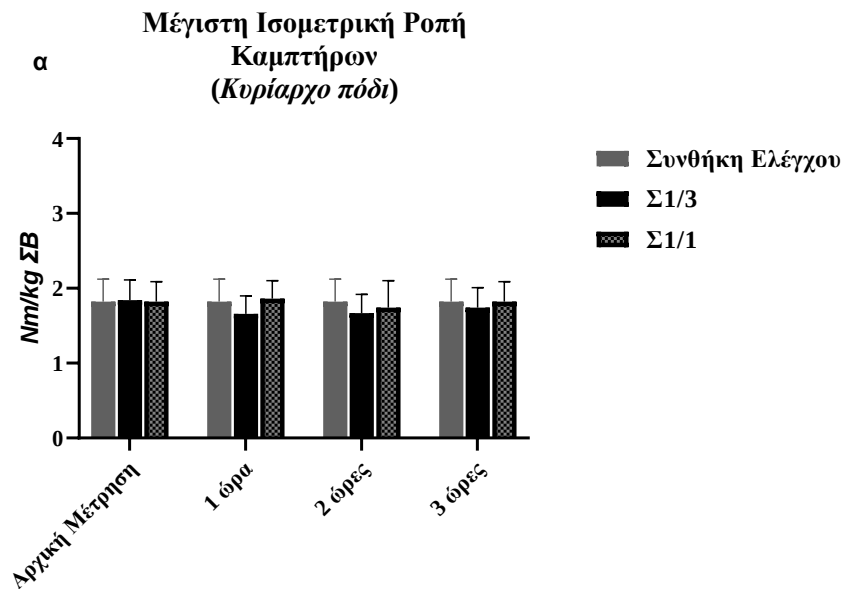
Για την ισομετρική ροπή των εκτεινόντων του μη κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 14β) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι, δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2802,25217)=1597$, $p=0,217$]. Ωστόσο, από τον έλεγχο των κύριων επιδράσεων διαπιστώθηκε ότι μόνο ο παράγοντας χρόνος [$F(1620,14579)=5257$, $p=0,024$] ήταν στατιστικά σημαντικός. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων, προέκυψε στην συνθήκη **Σ1/3** μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης μεταξύ των αρχικών μετρήσεων και της 1 ώρας μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου (-13%, $p=0,030$).



Γράφημα 14α. Ισομετρική ροπή εκτεινόντων του γόνατος κυρίαρχου ποδιού; **13β.** Ισομετρική ροπή εκτεινόντων του γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1; ¹, στατιστικά σημαντική διαφορά από την αρχική μέτρηση για την συνθήκη 1/3.

Μέγιστη Ισομετρική Δύναμη Καμπτήρων Κυρίαρχου & μη Κυρίαρχου ποδιού

Για την ισομετρική ροπή των καμπτήρων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 15α) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2427,21841)=1864$, $p=0,173$]. Για την ισομετρική ροπή των καμπτήρων του κυρίαρχου ποδιού (γράφημα 15β) πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο παράγοντες, όπου και οι δυο ήταν επαναλαμβανόμενοι και δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων συνθήκη και χρόνος [$F(2718,24462)=1285$, $p=0,301$].



Γράφημα 15α. Ισομετρική ροπή εκτεινόντων του γόνατος κυρίαρχου ποδιού; **15β.** Ισομετρική ροπή εκτεινόντων του γόνατος μη κυρίαρχου ποδιού. Σ1/3, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/3; Σ1/1, συνθήκη με αναλογία έργου/διαλλείματος 1/1.

Συζήτηση

Με την παρούσα μελέτη διερευνήθηκε για πρώτη φορά η επίδραση της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’ σε δείκτες απόδοσης, μυϊκού τραυματισμού και νευρομυϊκής κόπωσης σε δύο διαφορετικά, ως προς την αναλογία έργου/διαλείμματος, πρωτόκολλα αυτής της μεθόδου, με βασικό σκοπό την ανεύρεση του χρονικού διαστήματος αποκατάστασης αυτών των δεικτών σε κάθε πρωτόκολλο, και ως εκ τούτου την χρήση τέτοιου είδους προπονητικών πρωτοκόλλων μέσα στους μικρόκυκλους. Πιο συγκεκριμένα, έγινε σύγκριση δύο προπονητικών πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’ με αναλογία έργου/διαλείμματος 1:1 και 1:3, αντίστοιχα, και μία συνθήκη ελέγχου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, διαπιστώθηκε ότι μετά από μια προπονητική μονάδα αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’, σημειώνεται α) αυξημένη νευρομυϊκή κόπωση στα κάτω άκρα έως και 2 ώρες στο πρωτόκολλο με αναλογία έργου διαλείμματος 1:3, β) μείωση της απόδοσης στο σπριντ αμέσως μετά και για 48 ώρες μετά την προπόνηση, γ) μείωση στο ύψος του κάθετου άλματος αμέσως μετά και για 24 ώρες, ιδιαίτερα στο πρωτόκολλο με αναλογία έργου διαλείμματος 1:3. Επιπλέον, δ) παρατηρήθηκε πτώση της ικανότητας ανάπτυξης μέγιστης δύναμης, η οποία ήταν πιο έντονη στην συνθήκη με την αναλογία έργου διαλείμματος 1:3, ενώ ε) ο προκαλούμενος ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός δεν ήταν μεγάλου μεγέθους.

Οι συμμετέχοντες της παρούσας μελέτης ήταν ημι-επαγγελματίες ποδοσφαιριστές με προπονητική ηλικία πάνω από 4 έτη. Μάλιστα, το επίπεδο των συμμετεχόντων φαίνεται να επιβεβαιώνεται και από τις αξιολογήσεις που πραγματοποίησαν σε δείκτες απόδοσης και φυσικής κατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) των συμμετεχόντων ήταν $56,74 \pm 4,31$ ml/kg/min. Στην βιβλιογραφία, έχει παρατηρηθεί ότι τιμές 56-69 ml/kg/min. αντιστοιχούν σε ελίτ επιπέδου ποδοσφαιριστές (Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000; Stølen et al., 2005). Η απόδοση των συμμετεχόντων στο Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 ήταν $1536 \pm 374,38$ μέτρα, πλησιάζοντας τις τιμές που έχουν παρατηρηθεί σε ελίτ ποδοσφαιριστές (Schmitz et al., 2018). Επίσης, η απόσταση που κάλυψαν οι συμμετέχοντες της παρούσας μελέτης στο Yo-Yo Intermittent Recovery Level 2 ήταν $628 \pm 56,73$ μέτρα. Στο αντίστοιχο τεστ στην βιβλιογραφία, σε ελίτ και ημι-επαγγελματίες ποδοσφαιριστές έχουν παρατηρηθεί τιμές

747-1059 μέτρα και 571-771 μέτρα, αντίστοιχα (Ingebrigtsen et al., 2012; Krusturup, Mohr, Nybo, et al., 2006).

Το κάθε προπονητικό πρωτόκολλο αποτελούνταν από 1 σετ των 6 επαναλήψεων, όπως έχει χρησιμοποιηθεί και από άλλους ερευνητές (Ferrari Bravo et al., 2008; Iaia et al., 2017; Iaia et al., 2015), και ο χρόνος έργου σε κάθε επανάληψη είχε διάρκεια 25-30 δευτερόλεπτα, όπως και σε προηγούμενες μελέτες (Ade et al., 2021; Castagna, Francini, Rónoas, & D'Ottavio, 2017). Αναφορικά με την αναλογία έργου : διαλείμματος, η πρώτη συνθήκη είχε 1:3, όπου είναι από τις υψηλότερες που έχουν παρατηρηθεί στην βιβλιογραφία (Iaia et al., 2017). Στην δεύτερη συνθήκη, η αναλογία έργου : διαλείμματος ήταν 1:1, η οποία είναι η χαμηλότερη που έχει χρησιμοποιηθεί για προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο Maintenance (Ade et al., 2014; Mohr & Krusturup, 2016). Η ένταση σε κάθε πρωτόκολλο ήταν σχεδόν μέγιστη, και οι ερευνητές ενθάρρυναν τους συμμετέχοντες να αποδώσουν μέγιστα, λόγω της προοδευτικής κόπωσης που προκαλεί η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο Maintenance, εξαιτίας της χαμηλής αναλογίας έργου : διαλείμματος που την χαρακτηρίζει (Jens Bangsbo, 2007; Mohr & Krusturup, 2016). Σχετικά με την άσκηση που χρησιμοποιήθηκε στα πρωτόκολλα, ήταν αγωνιστικά εξειδικευμένα και οι μπάλες τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένα σημεία του γηπέδου, αντικατοπτρίζοντας τις πραγματικές αγωνιστικές συνθήκες (Jens Bangsbo, 2007; Tzatzakis et al., 2019).

Μέσω της ανάλυσης των δεδομένων που συλλέχθηκαν από την τεχνολογία των GPS διαπιστώθηκε ότι η μέγιστη καρδιακή συχνότητα στην συνθήκη SEM 1:1 ήταν υψηλότερη συγκριτικά με την συνθήκη SEM 1:3 κατά 3% (191 ± 5 έναντι 187 ± 5 παλμούς/λεπτό, αντίστοιχα). Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει την υψηλή φόρτιση του καρδιαγγειακού συστήματος, κατά την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘Maintenance’, είτε όταν τα πρωτόκολλα εκτελέστηκαν με την μορφή παιχνιδιών περιορισμένου χώρου και αριθμού παικτών (Small-Sided Games), είτε όταν εκτελέστηκαν ως ασκήσεις με στοιχεία τεχνικής και τακτικής (Ade et al., 2021; Ade et al., 2014; Castagna et al., 2017; Mohr & Krusturup, 2016), όπως συνέβη και στην παρούσα μελέτη. Αντίθετα, έπειτα από μια προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘Production’, δεν σημειώνονται τόσο υψηλές τιμές μέγιστης καρδιακής συχνότητας (Ade et al., 2021; Ade et al., 2014; Castagna et al., 2017; Mohr & Krusturup, 2016; Tzatzakis et al., 2019). Η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα, αμέσως μετά την ολοκλήρωση των

πρωτοκόλλων ήταν $15,08 \pm 2,9$ mmol/L και $13,22 \pm 1,95$ mmol/L, στις συνθήκες Σ1/3 και Σ1/1, αντίστοιχα. Παρόμοιες τιμές γαλακτικού οξέος έχουν παρατηρηθεί και σε προηγούμενη μελέτη (Ade et al., 2014). Ωστόσο, έπειτα από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Production”, η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος στο αίμα, είναι υψηλότερη, αποδεικνύοντας την υψηλότερη ένταση της άσκησης, αλλά και την επιβάρυνση της εξωμιτοχονδριακής γλυκόλυσης (Ade et al., 2021; Ade et al., 2014; Tzatzakis et al., 2019). Η μέγιστη ταχύτητα, κατά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων ήταν $30,4 \pm 1,2$ km/h και $29,4 \pm 1,2$ km/h, στην Σ1/3 και Σ1/1, αντίστοιχα. Σε άλλη μελέτη, όπου η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Maintenance” εκτελέστηκε με την μορφή παιχνιδιού περιορισμένου χώρου και αριθμού παικτών (Small-Sided Game), η μέγιστη ταχύτητα που σημειώθηκε ήταν $19,2 \pm 0,3$ km/h. Ο συνολικός αριθμός σπριντ που εκτελέστηκαν στην κάθε συνθήκη ήταν 14 ± 3 και 11 ± 2 , για την Σ1/3 και την Σ1/1, αντίστοιχα. Επίσης ο συνολικός αριθμός επιταχύνσεων ήταν υψηλότερος στην συνθήκη Σ1/3 συγκριτικά με την Σ1/1 κατά 30% (48 ± 9 έναντι 33 ± 5 , αντίστοιχα). Παράλληλα και ο συνολικός αριθμός επιβραδύνσεων ήταν υψηλότερος στην συνθήκη Σ1/3 συγκριτικά με την Σ1/1 κατά 26% (53 ± 8 , 39 ± 6). Δεν υπάρχει στην βιβλιογραφία κάποια μελέτη που να αναφέρει με ακρίβεια αυτούς τους δείκτες εξωτερικού φορτίου. Παρόλα αυτά, κατά την διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα ο αριθμός των σπριντ που εκτελούνται από υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές είναι 39 ± 2 (Mohr et al., 2003), επιβεβαιώνοντας με αυτό τον τρόπο τον χαμηλό όγκο της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα. Ακόμη, ο αριθμός των πολύ υψηλής έντασης επιταχύνσεων, παρόλο που ήταν πολύ χαμηλός, ήταν ελαφρώς υψηλότερος στην συνθήκη Σ1/3 σε σχέση με την Σ1/1 (3 ± 2 έναντι 2 ± 2 , αντίστοιχα). Το ίδιο παρατηρήθηκε και με τον αριθμό των πολύ υψηλής έντασης επιβραδύνσεων (4 ± 4 στην Σ1/3 έναντι 2 ± 2 στην Σ1/1). Παρόμοιος αριθμός πολύ υψηλής έντασης επιταχύνσεων και επιβραδύνσεων σε προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Maintenance” έχει αναφερθεί στην βιβλιογραφία (Ade et al., 2021). Τα συνολικά μέτρα που κάλυψαν οι συμμετέχοντες εκτελώντας υψηλής έντασης τρέξιμο ήταν $276,7 \pm 38,6$ m. και $220,7 \pm 31,4$ m. στις συνθήκες Σ1/3 και Σ1/1, αντίστοιχα. Οι αποστάσεις αυτές είναι υψηλότερες από άλλα αντίστοιχα πρωτόκολλα αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Maintenance” (Ade et al., 2021; Ade et al., 2014).

Για πρώτη φορά, με την παρούσα μελέτη, εξετάστηκαν δείκτες ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού και φλεγμονής, έπειτα από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα

με την μέθοδο ‘Maintenance’. Ειδικότερα, τα επίπεδα των λευκών αιμοσφαιρίων δεν εμφάνισαν κάποια στατιστικά σημαντική αύξηση. Έπειτα από έναν αγώνα ποδοσφαίρου, έχει παρατηρηθεί, ότι τα επίπεδα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα αυξάνονται αμέσως μετά το τέλος του αγώνα και επανέρχονται στις αρχικές τιμές 24 ώρες μετά (Ispirlidis et al., 2008). Η υποκειμενική αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) αποτελεί έναν ευρέως χρησιμοποιούμενο δείκτη εκτίμησης του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού (Lau et al., 2015). Η αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) εμφανίζεται συνήθως 12-24 ώρες, έπειτα από ασυνήθιστη έκκεντρη άσκηση, και η κορύφωσή του παρατηρείται μεταξύ 24 και 72 ωρών, ενώ η πλήρης απουσία του παρατηρείται 5-7 ημέρες μετά (Hody et al., 2019). Στην παρούσα μελέτη, και στα 2 προπονητικά πρωτόκολλα, η αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS), παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητη για τους εκτείνοντες του γόνατος, ενώ στους καμπτήρες του γόνατος σημειώθηκε σημαντική αύξηση. Πιο συγκεκριμένα, η αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) στους καμπτήρες του γόνατος παρέμεινε έως και 48 ώρες και στα δύο προπονητικά πρωτόκολλα, ενώ στις 72 ώρες, οι τιμές επανήλθαν στο ίδιο επίπεδο με τις αρχικές. Μάλιστα, μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου παρατηρείται σημαντική αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) αμέσως μετά το παιχνίδι, με τις υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται 24 ώρες μετά τον αγώνα, ενώ στις 72 ώρες μετά από αυτόν επέρχονται στις αρχικές τιμές του (Fatouros et al., 2010). Επίσης, μετά από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘Production’ η αύξηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) παραμένει έως και 72 ώρες, με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται 48 ώρες μετά, και ιδιαίτερα στους καμπτήρες του γόνατος και αναλογία έργου-διαλείμματος 1:5 (Tzatzakis et al., 2019). Από την άλλη, ένας έγκυρος και αξιόπιστος βιοχημικός δείκτης ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού είναι η κρεατινική κινάση (Brancaccio et al., 2010). Το συγκεκριμένο ένζυμο (CK) εντοπίζεται στις γραμμές M του σαρκομερίου, ενώ η αύξηση του στην κυκλοφορία του αίματος επέρχεται, όταν προκαλείται τραυματισμός των γραμμών Z του σαρκομερίου και της κυτταροπλασματικής μεμβράνης, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διαπερατότητά της, και έτσι η κρεατινική κινάση (CK) εισέρχεται στην κυκλοφορία (Koch et al., 2014). Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη δεν σημειώθηκε σημαντική αύξηση των επιπέδων της κρεατινικής κινάσης (CK). Η υψηλότερη τιμή που σημειώθηκε ήταν 322 U/L στις 24 ώρες, στην συνθήκη με αναλογία έργου : διαλείμματος 1:3. Στην συνθήκη 1:1 δεν υπήρξε σημαντική αύξηση των επιπέδων κρεατινικής κινάσης (CK). Παρόμοιες

χαμηλού μεγέθους αυξήσεις στα επίπεδα της κρεατινικής κινάσης έχουν παρατηρηθεί σε παιχνίδια περιορισμένου χώρου και αριθμού παικτών (Small-Sided Games) (Papanikolaou et al., 2021; Sparkes et al., 2018). Το γεγονός αυτό πιθανόν συμβαίνει, λόγω του συνδυασμού του χαμηλού όγκου προπόνησης και της χαμηλής αναλογίας έργου : διαλείμματος που χαρακτηρίζει την προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’ με την προοδευτική κόπωση που προκαλεί, καθώς η ένταση που εκτελούνται οι επιταχύνσεις και οι επιβραδύνσεις, δεν πλησιάζει τις εντάσεις που εκτελούνται σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου ή σε άλλα υψηλής έντασης προπονητικά πρωτόκολλα. Πιο συγκεκριμένα, τα επίπεδα κρεατινικής κινάσης (CK), μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου και για τις επόμενες 24 ώρες, αυξάνονται σημαντικά, με τις υψηλότερες τιμές να παρατηρούνται στις 48 ώρες, ενώ φαίνεται να παραμένουν υψηλά έως και 72 ώρες (Fatouros et al., 2010). Επιπλέον, μετά από μια προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Production’’, είτε με αναλογία έργου-διαλείμματος 1:5, είτε 1:8, τα επίπεδα κρεατινικής κινάσης (CK) εμφανίζονται υψηλά έως και 72 ώρες, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται στις 48 ώρες (Tzatzakis et al., 2019).

Στους εκτείνοντες του γόνατος, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση 10% της μέγιστης εκούσιας ισομετρικής σύσπασης (MVC), έως και 2 ώρες, στο πρωτόκολλο με αναλογία έργου/διαλείμματος 1:3, αποδεικνύοντας την εμφάνιση νευρομυϊκής κόπωσης στα κάτω άκρα. Η μέγιστη εκούσια ισομετρική μυϊκή σύσπαση (MVC), αποτελεί έναν από τους πιο αξιόπιστους δείκτες αξιολόγησης της νευρομυϊκής κόπωσης, καθώς συμπεριλαμβάνει στοιχεία τόσο περιφερικής, όσο και κεντρικής κόπωσης (Goodall et al., 2017; Rampinini et al., 2011). Μάλιστα, μετά από ένα υψηλής έντασης πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Production’’, παρατηρείται πτώση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (MVC) για 2 ώρες στους εκτείνοντες του γόνατος, είτε με αναλογία έργου-διαλείμματος 1:5, είτε 1:8, ενώ η πτώση της δύναμης παραμένει για 3 ώρες στους καμπτήρες του γόνατος με αναλογία έργου-διαλείμματος 1:5 (Tzatzakis et al., 2019). Παρόμοιου μεγέθους πτώση στην μέγιστη εκούσια ισομετρική σύσπαση (MVC) των εκτεινόντων του γόνατος έχει παρατηρηθεί και από άλλου είδους εξειδικευμένα ποδοσφαιρικά προπονητικά πρωτόκολλα υψηλής έντασης, όπως είναι τα παιχνίδια περιορισμένου χώρου και αριθμού παικτών (Small-Sided Games) (Papanikolaou et al., 2021). Επίσης, αμέσως μετά από έναν ποδοσφαιρικό αγώνα έχει σημειωθεί πτώση της μέγιστης ισομετρικής σύσπασης (MVC) κατά 8% για τους εκτείνοντες του γόνατος (Fransson, Vigh-Larsen,

Fatouros, Krustup, & Mohr, 2018). Στην παρούσα μελέτη δεν επηρεάστηκε η μέγιστη ισομετρική σύσπαση (MVC) των καμπτήρων του γόνατος, σε αντίθεση με άλλα προπονητικά πρωτόκολλα (Papanikolaou et al., 2021; Tzatzakis et al., 2019). Το γεγονός αυτό πιθανόν οφείλονταν στην αδυναμία των συμμετεχόντων να διατηρήσουν την μέγιστη ένταση σε κάθε προσπάθεια, λόγω της χαμηλής αναλογίας έργου : διαλειμματος των πρωτοκόλλων, εκτελώντας με αυτό τον τρόπο τις επιταχύνσεις και τις επιβραδύνσεις με μικρότερη ένταση, στις οποίες όπως έχει φανεί οι οπίσθιοι μηριαίοι συσπώνονται έκκεντρα, αυξάνοντας το μέγεθος του μυϊκού τραυματισμού και κατ' επέκταση την πτώση των επιπέδων δύναμης (Florini, 1987; Ispirlidis et al., 2008; Thompson et al., 1999).

Στην παρούσα μελέτη, η μέγιστη έκκεντρη δύναμη φαίνεται να επηρεάζεται ελαφρώς προοδευτικά στις 24,48 έως και 72 ώρες κατά 4%, 5% και 8% αντίστοιχα, μετά την εκτέλεση του προπονητικού πρωτοκόλλου με αναλογία έργου : διαλειμματος 1:3, ενώ στην συνθήκη με αναλογία έργου : διαλειμματος 1:1 η πτώση είναι επίσης 8%, αλλά διατηρείται για 48 ώρες. Η μέγιστη μειομετρική δύναμη δεν επηρεάστηκε σε καμία από τις δύο αναλογίες. Έπειτα από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο 'Production', είναι χαρακτηριστικό ότι σημειώνεται υψηλότερη πτώση της μέγιστης μειομετρικής και έκκεντρης δύναμης κατά περίπου 5% έως 20% μέχρι και 48 ώρες, είτε με αναλογία έργου-διαλειμματος 1:5, είτε 1:8, ιδιαίτερα στους καμπτήρες, σε σχέση με τους εκτείνοντες μύες του γόνατος (Tzatzakis et al., 2019). Επιπλέον, μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου σημειώνεται πτώση τόσο της μέγιστης έκκεντρης, όσο και της μέγιστης μειομετρικής δύναμης τόσο για τους καμπτήρες, όσο και για τους εκτείνοντες μύες του γόνατος, με την μεγαλύτερη πτώση να παρατηρείται 12 ώρες μετά τον αγώνα (Draganidis et al., 2015). Μάλιστα, η μεγαλύτερη πτώση της δύναμης και κατ' επέκταση η εμφάνιση κόπωσης, ήταν πιο έντονη στους καμπτήρες, σε σχέση με τους εκτείνοντες μύες του γόνατος, ιδιαίτερα κατά την έκκεντρη μυϊκή σύσπαση, γεγονός το οποίο αυξάνει τις πιθανότητες τραυματισμού, καθώς μειώνεται η ικανότητα σταθεροποίησης των αρθρώσεων του γόνατος (Draganidis et al., 2015). Η μέγιστη μειομετρική και έκκεντρη δύναμη των καμπτήρων του γόνατος, δεν φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά στην παρούσα μελέτη, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν παραπάνω. Η κόπωση που προκαλείται κατά την διάρκεια ενός ποδοσφαιρικού αγώνα, χαρακτηρίζεται από έναν συνδυασμό περιφερικών και κεντρικών παραγόντων (Rampinini et al., 2011). Η εξάντληση ενεργειακών υποστρωμάτων, όπως είναι η

φωσφοκρεατίνη και το γλυκογόνο, οδηγεί σε περιφερικής μορφής κόπωση (Fiorenza et al., 2019), τα οποία υποστηρίζουν τις υψηλής έντασης ενέργειες στο ποδόσφαιρο, τονίζοντας την σημασία τους (J. Bangsbo, 1994). Επίσης, κατά την διάρκεια έντονων και επαναλαμβανόμενων μυϊκών συσπάσεων παρατηρείται αύξηση της εξωκυττάριας συγκέντρωσης καλίου, λόγω των αυξημένων δυναμικών δράσης, επηρεάζοντας έτσι την λειτουργία της αντλίας Νατρίου-Καλίου και την διεγερσιμότητα του σαρκοπλασματικού δικτύου, γεγονός το οποίο οδηγεί σε περιφερικής μορφής κόπωση (Fiorenza et al., 2019; Mougios, 2006). Μια άλλη αιτία εμφάνισης περιφερικής κόπωσης, έπειτα από υψηλής έντασης άσκηση, είναι η αύξηση των επιπέδων ανόργανου φωσφόρου (Pi), από την συνεχόμενη διάσπαση ATP, επηρεάζοντας την εισροή ασβεστίου στο κυτταρόλυμα (Fiorenza et al., 2019; Mougios, 2006).

Στο προπονητικό πρωτόκολλο με αναλογία έργου : διαλείμματος 1:3, η ταχύτητα 10 μέτρων επηρεάστηκε κατά 4% έως και 24 ώρες, ενώ στο πρωτόκολλο 1:1 μόνο αμέσως μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου κατά 4% αντίστοιχα. Επίσης, η ταχύτητα στα 30 μέτρα επηρεάστηκε κατά 3% έως και 48 ώρες αμέσως μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων, τόσο με αναλογία έργου : διαλείμματος 1:3, όσο και 1:1. Επιπλέον, η αλτική ικανότητα μειώθηκε έως και 24 ώρες κατά 4%, μετά από το πρωτόκολλο με αναλογία έργου : διαλείμματος 1:3, ενώ στην αναλογία 1:1 μειώθηκε μόνο αμέσως μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου, επίσης κατά 4%. Έπειτα από έναν αγώνα ποδοσφαίρου, έχει φανεί ότι επηρεάζεται σημαντικά η απόδοση των ποδοσφαιριστών, ως προς την ταχύτητα και το κατακόρυφο άλμα έως 72 και 24 ώρες, αντίστοιχα (Ispirlidis et al., 2008). Παράλληλα, έπειτα από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Production”, έχει φανεί ότι επηρεάζεται σημαντικά τόσο η ταχύτητα, όσο και το κατακόρυφο άλμα έως 48 και 24 ώρες, αντίστοιχα (Tzatzakis et al., 2019). Επομένως, αυτού του είδους ικανότητες, και πιο συγκεκριμένα η ικανότητα ανάπτυξης ισχύος, επηρεάζονται σημαντικά μετά από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα, είτε με την μέθοδο “Production”, είτε με την μέθοδο “Maintenance”, και με την ίδια χρονική διάρκεια.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης, φαίνεται πως η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Maintenance”, όταν εκτελείται με μεγαλύτερη αναλογία έργου : διαλείμματος, μπορεί να διατηρήσει ελαφρώς υψηλότερη την ένταση της άσκησης, σε σχέση με τις χαμηλότερες αναλογίες. Ωστόσο, το γεγονός αυτό επηρέασε σε μεγαλύτερο βαθμό τους δείκτες νευρομυϊκής κόπωσης, απόδοσης και μυϊκού

τραυματισμού. Ένα από τα ευρήματα της μελέτης, το οποίο επιβεβαιώνει την παραπάνω διαπίστωση, είναι η νευρομυϊκή κόπωση που προκαλείται για 2 ώρες μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου της συνθήκης Σ1/3. Αντίθετα, στην συνθήκη Σ1/1 δεν παρατηρήθηκε νευρομυϊκή κόπωση. Επίσης, στην παρούσα μελέτη η αλκική ικανότητα επηρεάστηκε μόνο από την συνθήκη Σ1/3 για 24 ώρες, ενώ η ταχύτητα επηρεάστηκε και στις δύο συνθήκες έως 48 ώρες. Αντίστοιχα ευρήματα έχουν παρατηρηθεί έπειτα από προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Production’’ (Tzatzakis et al., 2019). Η μέγιστη έκκεντρη δύναμη παρουσίασε μια προοδευτική πτώση, η οποία ήταν πιο έντονη στις 72 ώρες της συνθήκης Σ1/3, ενώ η μέγιστη μειομετρική δύναμη δεν επηρεάστηκε. Στην συνθήκη Σ1/1 η πτώση της δύναμης παρέμεινε έως 48 ώρες. Το πρωτόκολλο της παρούσας μελέτης αποτελούταν από 6 μέγιστες επαναλήψεις διάρκειας 25-30 δευτερολέπτων. Κατά την εκτέλεσης υψηλής έντασης άσκηση, η οποία περιλαμβάνει μέγιστες προσπάθειες παρόμοιας διάρκειας, η προκαλούμενη κόπωση είναι κυρίως περιφερικού τύπου, γεγονός το οποίο σχετίζεται με την μείωση της απόδοσης (Fiorenza et al., 2019). Πιο συγκεκριμένα, τα αυξημένα παραπροϊόντα του μεταβολισμού όπως είναι τα υδρογονοκατιόντα (H^+), η αύξηση των επιπέδων ανόργανου φωσφόρου (P_i) και καλίου, όπως επίσης και η εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων (γλυκογόνο, φωσφοκρεατίνη), συνδέονται με την εμφάνιση περιφερικής κόπωσης (Fiorenza et al., 2019; Hostrup & Bangsbo, 2017). Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη ο προκαλούμενος ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός δεν ήταν στατιστικά σημαντικός. Μόνο στις 24 ώρες σημειώθηκε μια ελαφριά αύξηση των επιπέδων κρεατινικής κινάσης, στην συνθήκη Σ1/3. Μάλιστα, αυτή η αύξηση φαίνεται να επέρχεται σχεδόν στα επίπεδα ηρεμίας σε παρόμοιο χρονικό διάστημα με αυτό έπειτα από ποδοσφαιρικούς αγώνες (Mohr, Draganidis, et al., 2016). Στην συνθήκη Σ1/1 τα επίπεδα κρεατινικής κινάσης παρέμειναν χαμηλά.

Συμπεράσματα-Προτάσεις

Η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’ φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά τους δείκτες απόδοσης και νευρομυϊκής κόπωσης σε ημι-επαγγελματίες ποδοσφαιριστές. Αντίθετα, δεν φαίνεται να προκλήθηκε σημαντική αύξηση του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού. Η συνθήκη Σ1/3 φαίνεται να προκαλεί νευρομυϊκή κόπωση, η οποία διαρκεί έως 2 ώρες μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου, καθιστώντας μη εφικτή την εκτέλεση άλλου υψηλής έντασης προπονητικού περιεχομένου. Για τον λόγο αυτό τέτοιου είδους προπονητικά περιεχόμενα συνίστανται να τοποθετούνται στο τέλος της προπονητικής μονάδας. Το γεγονός αυτό δεν παρατηρήθηκε στην συνθήκη Σ1/1. Λόγω της πτώσης της απόδοσης στην ταχύτητα, το άλμα και την μέγιστη δύναμη, προπονητικά περιεχόμενα ανάπτυξης δύναμης και ισχύος, τα οποία απαιτούν ξεκούραστο νευρομυϊκό σύστημα, θα πρέπει να τοποθετούνται τουλάχιστον 72 ώρες μετά την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’. Αντίστοιχα, η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’ θα πρέπει να τοποθετείται τουλάχιστον 3 μέρες πριν από αγώνα και να αποφεύγεται σε μικρόκυκλους με 3 αγώνες. Οι γυμναστές φυσικής κατάστασης, θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψιν τα παραπάνω ευρήματα, όταν σχεδιάζουν προπονήσεις αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο ‘‘Maintenance’’ στους μικρόκυκλους, καθώς η ιδανική αποκατάσταση είναι απαραίτητη για την πρόληψη των τραυματισμών και αποφυγής φαινομένων υπερπροπόνησης. Ένας περιορισμός της μελέτης είναι ότι οι συμμετέχοντες δεν ήταν επιπέδου ελίτ. Στο μέλλον απαιτούνται περισσότερες έρευνες σχετικά με τον χρόνο αποκατάστασης, έπειτα από την εκτέλεση τέτοιου είδους πρωτοκόλλων σε ελίτ ποδοσφαιριστές, αλλά και σε γυναίκες ποδοσφαιρίστριες, όπως επίσης και με διαφορετικές αναλογίες όγκου και έντασης.

Βιβλιογραφία

- Ade, J. D., Drust, B., Morgan, O. J., & Bradley, P. S. (2021). Physiological characteristics and acute fatigue associated with position-specific speed endurance soccer drills: production vs maintenance training. *Sci Med Footb*, 5(1), 6-17. doi:10.1080/24733938.2020.1789202
- 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/ijssp.2013-0390
- Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci*, 12 Spec No, S5-12.
- Bangsbo, J. (2007). *Aerobic and Anaerobic Training in Soccer: fitness training in soccer I*.
- 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., Gunnarsson, T. P., Wendell, J., Nybo, L., & Thomassen, M. (2009). Reduced volume and increased training intensity elevate muscle Na⁺-K⁺ 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
- 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
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med*, 35(13), 1095-1100. doi:10.1055/s-0034-1375695
- Blackwell, J., Harries, L. W., Pilling, L. C., Ferrucci, L., Jones, A., & Melzer, D. (2015). Changes in CEBPB expression in circulating leukocytes following eccentric elbow-flexion exercise. *J Physiol Sci*, 65(1), 145-150. doi:10.1007/s12576-014-0350-7
- Bradley, P. S., Lago-Peñas, C., Rey, E., & Gomez Diaz, A. (2013). The effect of high and low percentage ball possession on physical and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci*, 31(12), 1261-1270. doi:10.1080/02640414.2013.786185
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci*, 27(2), 159-168. doi:10.1080/02640410802512775
- Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clin Chem Lab Med*, 48(6), 757-767. doi:10.1515/cclm.2010.179

- Castagna, C., Francini, L., Póvoas, 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
- 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
- Chazaud, B., Brigitte, M., Yacoub-Youssef, H., Arnold, L., Gherardi, R., Sonnet, C., . . . Chretien, F. (2009). Dual and beneficial roles of macrophages during skeletal muscle regeneration. *Exerc Sport Sci Rev*, 37(1), 18-22. doi:10.1097/JES.0b013e318190ebdb
- Clarkson, P. M., Nosaka, K., & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc*, 24(5), 512-520.
- Clarkson, P. M., & Sayers, S. P. (1999). Etiology of exercise-induced muscle damage. *Can J Appl Physiol*, 24(3), 234-248. doi:10.1139/h99-020
- Clausen, T. (2015). Excitation of skeletal muscle is a self-limiting process, due to run-down of Na⁺, K⁺ gradients, recoverable by stimulation of the Na⁺, K⁺ pumps. *Physiol Rep*, 3(4). doi:10.14814/phy2.12373
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Med*, 47(4), 663-675. doi:10.1007/s40279-016-0624-8
- Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Barbero-Álvarez, 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
- Enoka, R. M. (1996). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol* (1985), 81(6), 2339-2346. doi:10.1152/jappl.1996.81.6.2339
- Exeter, D., & Connell, D. A. (2010). Skeletal muscle: functional anatomy and pathophysiology. *Semin Musculoskelet Radiol*, 14(2), 97-105. doi:10.1055/s-0030-1253154
- 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
- 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
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-631. doi:10.1080/02640414.2012.665940
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674. doi:10.1055/s-2007-989371
- Fiorenza, M., Hostrup, M., Gunnarsson, T. P., Shirai, Y., Schena, F., Iaia, F. M., & Bangsbo, J. (2019). Neuromuscular Fatigue and Metabolism during High-Intensity Intermittent Exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 51(8), 1642-1652. doi:10.1249/mss.0000000000001959
- Florini, J. R. (1987). Hormonal control of muscle growth. *Muscle Nerve*, 10(7), 577-598. doi:10.1002/mus.880100702

- 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
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev*, 81(4), 1725-1789. doi:10.1152/physrev.2001.81.4.1725
- Gibala, M. J., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., Stauber, W. T., & Elorriaga, A. (1995). Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol* (1985), 78(2), 702-708. doi:10.1152/jappl.1995.78.2.702
- Goodall, S., Thomas, K., Harper, L. D., Hunter, R., Parker, P., Stevenson, E., . . . Howatson, G. (2017). The assessment of neuromuscular fatigue during 120 min of simulated soccer exercise. *Eur J Appl Physiol*, 117(4), 687-697. doi:10.1007/s00421-017-3561-9
- 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
- Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Front Physiol*, 10, 536. doi:10.3389/fphys.2019.00536
- Hostrup, M., & Bangsbo, J. (2017). Limitations in intense exercise performance of athletes - effect of speed endurance training on ion handling and fatigue development. *J Physiol*, 595(9), 2897-2913. doi:10.1113/jp273218
- Hostrup, M., & Bangsbo, J. (2022). Performance Adaptations to Intensified Training in Top-Level Football. *Sports Med*, 1-18. doi:10.1007/s40279-022-01791-z
- Hostrup, M., Cairns, S. P., & Bangsbo, J. (2021). Muscle Ionic Shifts During Exercise: Implications for Fatigue and Exercise Performance. *Compr Physiol*, 11(3), 1895-1959. doi:10.1002/cphy.c190024
- Howatson, G., & Milak, A. (2009). Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. *J Strength Cond Res*, 23(8), 2419-2424. doi:10.1519/JSC.0b013e3181bac52e
- Hylldahl, 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
- Iaia, 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
- Iaia, F. M., Fiorenza, M., Larghi, L., Alberti, G., Millet, G. P., & Girard, O. (2017). Short- or long-rest intervals during repeated-sprint training in soccer? *PLoS One*, 12(2), e0171462. doi:10.1371/journal.pone.0171462
- Iaia, F. M., Fiorenza, M., Perri, E., Alberti, G., Millet, G. P., & Bangsbo, J. (2015). The Effect of Two Speed Endurance Training Regimes on Performance of Soccer Players. *PLoS One*, 10(9), e0138096. doi:10.1371/journal.pone.0138096
- Iaia, F. M., Hellsten, Y., Nielsen, J. J., Fernström, M., Sahlin, K., & Bangsbo, J. (2009). Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume. *J Appl Physiol* (1985), 106(1), 73-80. doi:10.1152/japplphysiol.90676.2008

- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306. doi:10.1123/ijsp.4.3.291
- Iaia, F. M., Thomassen, M., Kolding, H., Gunnarsson, T., Wendell, J., Rostgaard, T., . . . Bangsbo, J. (2008). Reduced volume but increased training intensity elevates muscle Na⁺-K⁺ pump alpha1-subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 294(3), R966-974. doi:10.1152/ajpregu.00666.2007
- Ingebrigtsen, J., Bendiksen, M., Randers, M. B., Castagna, C., Krstrup, P., & Holtermann, A. (2012). Yo-Yo IR2 testing of elite and sub-elite soccer players: performance, heart rate response and correlations to other interval tests. *J Sports Sci*, 30(13), 1337-1345. doi:10.1080/02640414.2012.711484
- 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
- Jamurtas, A. Z. (2018). Exercise-Induced Muscle Damage and Oxidative Stress. *Antioxidants (Basel)*, 7(4). doi:10.3390/antiox7040050
- Kellis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *J Sports Sci Med*, 6(2), 154-165.
- Koch, A. J., Pereira, R., & Machado, M. (2014). The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 14(1), 68-77.
- Krstrup, P., Mohr, M., Nybo, L., Jensen, J. M., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2006). The Yo-Yo IR2 test: physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 38(9), 1666-1673. doi:10.1249/01.mss.0000227538.20799.08
- Krstrup, 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
- Krstrup, P., Zebis, M., Jensen, J. M., & Mohr, M. (2010). Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. *J Strength Cond Res*, 24(2), 437-441. doi:10.1519/JSC.0b013e3181c09b79
- Lau, W. Y., Blazevich, A. J., Newton, M. J., Wu, S. S., & Nosaka, K. (2015). Assessment of Muscle Pain Induced by Elbow-Flexor Eccentric Exercise. *J Athl Train*, 50(11), 1140-1148. doi:10.4085/1062-6050-50.11.05
- 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
- Lewis, P. B., Ruby, D., & Bush-Joseph, C. A. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clin Sports Med*, 31(2), 255-262. doi:10.1016/j.csm.2011.09.009
- Magalhães, J., Oliveira, J., Ascensão, A., & Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(2), 119-125.
- Malm, C., Sjodin, T. L., Sjoberg, B., Lenkei, R., Renstrom, P., Lundberg, I. E., & Ekblom, B. (2004). Leukocytes, cytokines, growth factors and hormones in human skeletal muscle and blood after uphill or downhill running. *J Physiol*, 556(Pt 3), 983-1000. doi:10.1113/jphysiol.2003.056598

- McKenna, M. J., Bangsbo, J., & Renaud, J. M. (2008). Muscle K⁺, Na⁺, and Cl⁻ disturbances and Na⁺-K⁺ pump inactivation: implications for fatigue. *J Appl Physiol* (1985), 104(1), 288-295. doi:10.1152/jappphysiol.01037.2007
- Michailidis, Y., Karagounis, L. G., Terzis, G., Jamurtas, A. Z., Spengos, K., Tsoukas, D., . . . Fatouros, I. G. (2013). Thiol-based antioxidant supplementation alters human skeletal muscle signaling and attenuates its inflammatory response and recovery after intense eccentric exercise. *Am J Clin Nutr*, 98(1), 233-245. doi:10.3945/ajcn.112.049163
- 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., Ermidis, G., Jamurtas, A. Z., Vigh-Larsen, J. F., Poullos, A., Draganidis, D., . . . Fatouros, I. G. (2023). Extended Match Time Exacerbates Fatigue and Impacts Physiological Responses in Male Soccer Players. *Med Sci Sports Exerc*, 55(1), 80-92. doi:10.1249/mss.0000000000003021
- Mohr, M., & Krstrup, 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
- Mohr, M., Krstrup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008). Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res*, 22(2), 341-349. doi:10.1519/JSC.0b013e318165fef6
- 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
- Mohr, M., Thomassen, M., Girard, O., Racinais, S., & Nybo, L. (2016). Muscle variables of importance for physiological performance in competitive football. *Eur J Appl Physiol*, 116(2), 251-262. doi:10.1007/s00421-015-3274-x
- Morgan, D. L., & Allen, D. G. (1999). Early events in stretch-induced muscle damage. *J Appl Physiol* (1985), 87(6), 2007-2015. doi:10.1152/jappl.1999.87.6.2007
- Mougios, V. (2006). *Exercise Biochemistry: Human Kinetics*.
- Musaro, A. (2005). Growth factor enhancement of muscle regeneration: a central role of IGF-1. *Arch Ital Biol*, 143(3-4), 243-248.
- Nassis, G. P., Massey, A., Jacobsen, P., Brito, J., Randers, M. B., Castagna, C., . . . Krstrup, P. (2020). Elite football of 2030 will not be the same as that of 2020: Preparing players, coaches, and support staff for the evolution. *Scand J Med Sci Sports*, 30(6), 962-964. doi:10.1111/sms.13681
- Nathan, C. (2002). Points of control in inflammation. *Nature*, 420(6917), 846-852. doi:10.1038/nature01320
- Nevill, M. E., Boobis, L. H., Brooks, S., & Williams, C. (1989). Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *J Appl Physiol* (1985), 67(6), 2376-2382. doi:10.1152/jappl.1989.67.6.2376
- Nosaka, K., & Aoki, M. (2011). REPEATED BOUT EFFECT: RESEARCH UPDATE AND FUTURE PERSPECTIVE. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 5, 5-15.
- Nosaka, K., Sakamoto, K., Newton, M., & Sacco, P. (2001). How long does the protective effect on eccentric exercise-induced muscle damage last? *Med Sci Sports Exerc*, 33(9), 1490-1495. doi:10.1097/00005768-200109000-00011
- Nyberg, M., Fiorenza, M., Lund, A., Christensen, M., Rømer, T., Piil, P., . . . Bangsbo, J. (2016). Adaptations to Speed Endurance Training in Highly Trained Soccer

- Players. *Med Sci Sports Exerc*, 48(7), 1355-1364. doi:10.1249/mss.0000000000000900
- 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
- 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
- Poulios, 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
- 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.
- Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., Petruolo, A., Morelli, A., & Sassi, A. (2011). Match-related fatigue in soccer players. *Med Sci Sports Exerc*, 43(11), 2161-2170. doi:10.1249/MSS.0b013e31821e9c5c
- 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
- Schmitz, B., Pfeifer, C., Kreitz, K., Borowski, M., Faldum, A., & Brand, S. M. (2018). The Yo-Yo Intermittent Tests: A Systematic Review and Structured Compendium of Test Results. *Front Physiol*, 9, 870. doi:10.3389/fphys.2018.00870
- Shepley, B., MacDougall, J. D., Cipriano, N., Sutton, J. R., Tarnopolsky, M. A., & Coates, G. (1992). Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *J Appl Physiol* (1985), 72(2), 706-711. doi:10.1152/jappl.1992.72.2.706
- 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
- Smith, C., Kruger, M. J., Smith, R. M., & Myburgh, K. H. (2008). The inflammatory response to skeletal muscle injury: illuminating complexities. *Sports Med*, 38(11), 947-969. doi:10.2165/00007256-200838110-00005
- Sparkes, W., Turner, A., Weston, M., Russell, M., Johnston, M., & Kilduff, L. (2018). Neuromuscular, Biochemical, Endocrine, and Mood Responses to Small-Sided Games' Training in Professional Soccer. *J Strength Cond Res*, 32(9), 2569-2576. doi:10.1519/jsc.0000000000002424
- Spriet, L. L., Matsos, C. G., Peters, S. J., Heigenhauser, G. J., & Jones, N. L. (1985). Effects of acidosis on rat muscle metabolism and performance during heavy exercise. *Am J Physiol*, 248(3 Pt 1), C337-347. doi:10.1152/ajpcell.1985.248.3.C337
- 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

- Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., & Marmon, A. R. (2017). Activity Demands During Multi-Directional Team Sports: A Systematic Review. *Sports Med*, 47(12), 2533-2551. doi:10.1007/s40279-017-0772-5
- Thomas, C., Bishop, D. J., Lambert, K., Mercier, J., & Brooks, G. A. (2012). Effects of acute and chronic exercise on sarcolemmal MCT1 and MCT4 contents in human skeletal muscles: current status. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 302(1), R1-14. doi:10.1152/ajpregu.00250.2011
- Thompson, D., Nicholas, C. W., & Williams, C. (1999). Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *J Sports Sci*, 17(5), 387-395. doi:10.1080/026404199365902
- Thorlund, J. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *Int J Sports Med*, 30(4), 273-278. doi:10.1055/s-0028-1104587
- Tidball, J. G. (2005). Inflammatory processes in muscle injury and repair. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 288(2), R345-353. doi:10.1152/ajpregu.00454.2004
- 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
- Tzatzakis, T., Papanikolaou, K., Draganidis, D., Tsimeas, P., Kritikos, S., Poullos, A., . . . Fatouros, I. G. (2019). Recovery Kinetics After Speed-Endurance Training in Male Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-14. doi:10.1123/ijsp.2018-0984
- Vitale, J. A., Povia, V., Vitale, N. D., Bassani, T., Lombardi, G., Giacomelli, L., . . . La Torre, A. (2018). The effect of two different speed endurance training protocols on a multiple shuttle run performance in young elite male soccer players. *Res Sports Med*, 26(4), 436-449. doi:10.1080/15438627.2018.1492402
- Wallace, J. L., & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966-2010: game structure, speed and play patterns. *J Sci Med Sport*, 17(2), 223-228. doi:10.1016/j.jsams.2013.03.016