

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

**ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΤΟ ΠΟΔΟΣΦΑΙΡΟ: Η
ΣΧΕΣΗ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ, ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΙ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Ηλίας Τσαουσίδης

0720097

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

Επιβλέπων καθηγητής: Ιωάννης Φατούρος

Τρίκαλα (Ιούλιος 2024)

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε με σκοπό να εξετάσει την επίδραση της αερόβιας ικανότητας και της μέγιστης δύναμης στην ποιότητα προπονητικών μονάδων αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο “Production” και στην αποκατάσταση των δεικτών απόδοσης τις μέρες που ακολουθούν την εκτέλεση των πρωτοκόλλων. Στη μελέτη πήραν μέρος 41 εν ενεργεία ποδοσφαιριστές διαφορετικού επιπέδου ανταγωνισμού οι οποίοι χωρίστηκαν με βάση την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου τους σε τρεις ομάδες διαφορετικής δυναμικότητας. Στην Ομάδα Α (N=9) οι συμμετέχοντες έχουν τιμές στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) <50 ml/min/kg (χαμηλού επιπέδου), στην Ομάδα Β (N=24) οι τιμές >50 ml/min/kg και <60 ml/min/kg (μεσαίου επιπέδου) ενώ στην Ομάδα Γ (N=8) έχουν τιμές $VO_{2max} >60$ ml/min/kg (υψηλού επιπέδου). Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν δύο προπονητικά πρωτόκολλα αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production και αναλογίες έργου:διαλείμματος 1:5 και 1:8 και μία συνθήκη ελέγχου, σε μία τυφλά διασταυρωμένη μελέτη. Το εσωτερικό και το εξωτερικό φορτίο κατά την διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχονταν μέσω της τεχνολογίας συστήματος εντοπισμού θέσης (GPS) και καρδιοσυχνόμετρων. Μετρήθηκε ο δείκτης κόπωσης της μέσης ταχύτητας κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων με σκοπό την παρακολούθηση των δρομικών επιβαρύνσεων των συμμετεχόντων και την αξιολόγηση της ποιότητας της προπόνησης. Πριν την εκτέλεση των πρωτοκόλλων και στις 24, 48 και 72 ώρες μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν στο κατακόρυφο άλμα με αντιμετάθεση, στο σπριντ 30 μέτρων και στην αίσθηση του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS). Τα

αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0,05$) μεταξύ των τριών ομάδων στον δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας και των δύο πρωτοκόλλων, του μέγιστου ποσοστού μείωσης του άλματος μετά το πρωτόκολλο 1:5 και του σπριντ 30 μέτρων μετά το 1:5 και 1:8. Επίσης έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων VO_{2max} και του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας και στα δύο πρωτόκολλα, του ποσοστού μέγιστης μείωσης του άλματος και της αίσθησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου μετά το πρωτόκολλο 1:5. Τέλος έδειξαν ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης δύναμης στα κάτω άκρα και του ποσοστού μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά το πρωτόκολλο 1:5 και του ποσοστού μέγιστης μείωσης κατακόρυφου άλματος μετά από το πρωτόκολλο 1:5 και 1:8.

Λέξεις-Κλειδιά: Ποδόσφαιρο, μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, μέγιστη δύναμη, προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα, αποκατάσταση, ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός, απόδοση

Πρόλογος

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου Φυσιολογίας, Βιοχημείας και Διατροφής της άσκησης SmArT Lab για την πολύτιμη βοήθεια τους στην διεξαγωγή αυτής της μελέτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον αναπληρωτή καθηγητή και επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Φατούρο για όλη του την καθοδήγηση και την βοήθεια που μου παρείχε.

Τέλος αφιερώνω αυτή τη μελέτη στους γονείς μου για την μεγάλη υποστήριξη σε όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

ΗΛΙΑΣ ΤΣΑΟΥΣΙΔΗΣ

ΤΡΙΚΑΛΑ 4-7-2024

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ποδόσφαιρο

Προπόνηση Αντοχής στη Ταχύτητα

Μυϊκός Τραυματισμός

Σκοπός της έρευνας

Ερευνητικές υποθέσεις

Μηδενικές υποθέσεις

Περιορισμοί της έρευνας

Οριοθετήσεις της έρευνας

Ορισμοί

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Ποδόσφαιρο

Προπόνηση Αντοχής στη Ταχύτητα

Ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Εισαγωγική Παράγραφος

Συμμετέχοντες

Δείγμα

Χαρακτηριστικά Συμμετεχόντων

Πειραματικός Σχεδιασμός

Αξιολόγηση Ανθρωπομετρικών Χαρακτηριστικών

Αξιολόγηση Σωματικής Σύστασης

Αξιολόγηση Αερόβιας Ικανότητας

Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου

Αξιολόγηση Δεικτών Απόδοσης

Αλτική Ικανότητα

Ταχύτητα

Μέγιστη Δύναμη

Αξιολόγηση Δεικτών Μυϊκού Τραυματισμού

Αξιολόγηση Βιοχημικών Δεικτών

Γαλακτικό Οξύ

Στατιστική Ανάλυση

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Περιγραφικά Χαρακτηριστικά Συμμετεχόντων στις 3 Διαφορετικές

Ομάδες

Πίνακας 2. Συγκεντρώσεις Γαλακτικού Οξέος στις 3 Συνθήκες

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Πειραματικός Σχεδιασμός

Εικόνα 2. Πρωτόκολλο Αντοχής στην Ταχύτητα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ομάδες και Δείκτης Κόπωσης της Μέσης Ταχύτητας στο 1:5

Σχήμα 2. Ομάδες και Δείκτης Κόπωσης της Μέσης Ταχύτητας στο 1:8

Σχήμα 3. Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου και Δείκτης Κόπωσης της Μέσης Ταχύτητας στο 1:5

Σχήμα 4. Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου και Δείκτης Κόπωσης της Μέσης Ταχύτητας στο 1:8

Σχήμα 5. Ομάδες και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Άλματος μετά το 1:5

Σχήμα 6. Ομάδες και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Σπριντ 30μ. μετά το 1:5

Σχήμα 7. Ομάδες και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Σπριντ 30μ. μετά το 1:8

Σχήμα 8. Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Άλματος μετά το 1:5

Σχήμα 9. Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου και Μέγιστη Αύξηση της Αίσθησης του Καθυστερημένου Μυϊκού Πόνου μετά το 1:5

Σχήμα 10. Μέγιστη Μειομετρική Ροπή Εκτεινόντων και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Άλματος μετά το 1:5

Σχήμα 11. Μέγιστη Μειομετρική Ροπή Εκτεινόντων και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Άλματος μετά το 1:8

Σχήμα 12. Μέγιστη Μειομετρική Ροπή Εκτεινόντων και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Σπριντ 30μ. μετά το 1:5

Σχήμα 13. Μέγιστη Μειομετρική Ροπή Καμπτήρων και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Άλματος μετά το 1:8

Σχήμα 14. Μέγιστη Έκκεντρη Ροπή Εκτεινόντων και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Άλματος μετά το 1:5

Σχήμα 15. Μέγιστη Έκκεντρη Ροπή Εκτεινόντων και Ποσοστό Μέγιστης Μείωσης του Σπριντ 30μ. μετά το 1:5

Εισαγωγή

Το ποδόσφαιρο είναι ένα άθλημα διαλειμματικού χαρακτήρα (Orendurff et al., 2010), του οποίου οι αγωνιστικές απαιτήσεις περιέχουν σπριντ, άλματα, αλλαγές κατεύθυνσης και ταχύτητας, σουτ, ντρίπλες και πάσες (Nedelec et al., 2012). Παρότι σε περισσότερο από το 70% της αγωνιστικής διάρκειας οι ενέργειες των ποδοσφαιριστών είναι χαμηλής έντασης, η κατανάλωση οξυγόνου κυμαίνεται περίπου στο 70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) ενώ περιοριστικό παράγοντα απόδοσης αποτελεί και η μείωση των αποθεμάτων μυϊκού γλυκογόνου την οποία υποδεικνύουν τα αυξημένα επίπεδα ελεύθερων λιπαρών οξέων κατά τη διάρκεια του αγώνα (Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2005). Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι κάθε αγώνας περιέχει 150-250 σύντομες ενέργειες υψηλής έντασης και ανά διαστήματα η χρήση της φωσφοκρεατίνης και της γλυκόλυσης ως πηγής ενέργειας είναι αυξημένη (Bangsbo et al., 2005) με τις μέγιστες τιμές συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα να φτάνουν τα 10 με 14 mmol/L (Krstrup et al., 2006). Συνεπώς, η αποκατάσταση μετά από ποδοσφαιρική δραστηριότητα υψηλής έντασης αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα για τη διατήρηση της υψηλής απόδοσης του αθλητή κατά τη διάρκεια του αγώνα (J. Svensson, 2007) κάτι το οποίο αποδεικνύει τις ανάγκες και για αναερόβιου τύπου προπόνηση εκτός από αερόβια (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009).

Η ικανότητα των ποδοσφαιριστών να εκτελούν επαναλαμβανόμενα σπριντ υψηλής έντασης για μεγάλο χρονικό διάστημα εξασκείται μέσω της προπόνησης αντοχής στη ταχύτητα (Mohr & Krstrup, 2016). Η προπόνηση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με την μέθοδο «Speed Endurance Production (SET-P)» και «Speed Endurance Maintenance (SET-M)» (Hostrup & Bangsbo, 2023) με τα πρωτόκολλα «SET-P» να χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ένταση σε σχέση με τα «SET-M» (Mohr & Krstrup,

2016) και μεγαλύτερη αναλογία έργου:διαλείμματος (1:8 & 1:5 έναντι 1:3 & 1:1). Τα προπονητικά πρωτόκολλα αντοχής στην ταχύτητα ενισχύουν την ικανότητα προπονημένων ποδοσφαιριστών για υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση και την δομική οικονομία (Gunnarsson, Christensen, Holse, Christiansen, & Bangsbo, 2012) και καθυστερούν την κόπωση κατά την διάρκεια έντονης άσκησης (Fransson D. et al., 2017). Γνωρίζουμε ότι η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο «SET-P» μειώνει την αθλητική απόδοση (δύναμη 48h, ταχύτητα 72h και κατακόρυφο άλμα 24h) και αυξάνει τους δείκτες μυϊκού τραυματισμού (κρεατινική κινάση 72h, καθυστερημένη εμφάνιση μυϊκού πόνου 72h) για διάστημα 24-72 ωρών μετά την εκτέλεση της (Tzatzakis et al., 2020). Αυτού του είδους η προπόνηση περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες ενέργειες υψηλής έντασης όπως σπριντ, αλλαγές κατεύθυνσης, επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, σουτ και επαφές με τη μπάλα (Ade, Harley, & Bradley, 2014) οι οποίες περιέχουν έντονο το στοιχείο της έκκεντρης μυϊκής σύσπασης το οποίο συνδέεται με την πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού (Silva et al., 2013). Κατά την έκκεντρη μυϊκή σύσπαση επιστρατεύεται μικρότερος αριθμός κινητικών μονάδων, όπως επίσης τα σαρκομέρια υπερδιατείνονται, 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). Αυτή η δομική διαταραχή μπορεί να εξαπλωθεί σε γειτονικές περιοχές του μυός και μπορεί τελικά να οδηγήσει σε βλάβη των μεμβρανών του σαρκοπλασματικού δικτύου προάγοντας μερικά συμπτώματα που σχετίζονται με τη μυϊκή βλάβη, συμπεριλαμβανομένης της απώλειας μυϊκής λειτουργίας, του καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) και της αύξησης μυϊκών πρωτεϊνών στην κυκλοφορία, οι οποίες αντιπροσωπεύουν βλάβη της μεμβράνης πλάσματος (Peake et al., 2015). Η πρόκληση

ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού είναι συνδεδεμένη με μια οξεία φάση ασκησιογενούς φλεγμονής που χαρακτηρίζεται από διείσδυση φαγοκυττάρων στο μυ, παραγωγή ελεύθερων ριζών, κυτταροκινών και άλλων μορίων φλεγμονής (Fatouros et al., 2010). Μέσω αυτής της διαδικασίας το ανοσοποιητικό σύστημα αναγεννά τον μυϊκό και τον περιβάλλοντα του συνδετικό ιστό μετά από μυϊκή βλάβη που προκαλείται από άσκηση (Peake et al., 2015).

Η σημασία της μελέτης

Η προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα στο ποδόσφαιρο είναι μία ευρέως χρησιμοποιημένη μέθοδος προπόνησης σε ομάδες αλλά και γνωστή για τον ασκησιογενή μυϊκό τραυματισμό που προκαλεί ιδίως όταν περιέχει αλλαγές κατεύθυνσης και σουτ. Ασαφής παραμένει ωστόσο από τη σχετική βιβλιογραφία η συσχέτιση των επιπέδων καρδιοαναπνευστικής αντοχής και μέγιστης δύναμης με την απόδοση σε τέτοιου είδους πρωτόκολλα (δείκτες κόπωσης) αλλά και η επιρροή τους στην αποκατάσταση των ποδοσφαιριστών τις μέρες που ακολουθούν μετά από εκτέλεση τέτοιας προπόνησης. Μέσω αυτής λοιπόν της μελέτης θα διαπιστωθεί αν τα χαμηλότερα επίπεδα της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και της μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων καθιστούν ή όχι τα άτομα ικανά να συμμετάσχουν σε τέτοιου είδους πρωτόκολλα και σε ποιες αναλογίες έργου: διαλείμματος. Επίσης μέσω αυτής της μελέτης θα εξετάσουμε της επίδραση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και της μέγιστης δύναμης στην αποκατάσταση της απόδοσης μετά από την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα.

Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εξετάσει την επίδραση των επιπέδων αερόβιας ικανότητας στην ανάπτυξη της κόπωσης σε δύο ποδοσφαιρικά πρωτόκολλα αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production (1:5 & 1:8) αλλά και την επίδραση της αερόβιας ικανότητας και της μέγιστης δύναμης στο ποσοστό μείωσης της απόδοσης των ποδοσφαιριστών τις μέρες αποκατάστασης που ακολουθούν μετά την εκτέλεση τέτοιας προπόνησης.

Ερευνητικές Υποθέσεις

1. Επηρεάζει το επίπεδο της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ή της μέγιστης δύναμης τους δείκτες κόπωσης κατά τη διάρκεια προπονητικών πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα.
2. Επηρεάζει το επίπεδο της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ή της μέγιστης δύναμης περισσότερο τους δείκτες κόπωσης κατά τη διάρκεια της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με αναλογία 1:5 ή 1:8.
3. Επηρεάζει το επίπεδο της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ή της μέγιστης δύναμης την μεταβολή των δεικτών αποκατάστασης μετά την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα.
4. Επηρεάζει το επίπεδο της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ή της μέγιστης δύναμης περισσότερο την μεταβολή των δεικτών αποκατάστασης μετά την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με αναλογία 1:5 ή 1:8.

Μηδενικές Υποθέσεις

5. Δεν επηρεάζει το επίπεδο της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ή της μέγιστης δύναμης τους δείκτες κόπωσης κατά τη διάρκεια προπονητικών πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα.
6. Δεν επηρεάζει το επίπεδο της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ή της μέγιστης δύναμης περισσότερο τους δείκτες κόπωσης κατά τη διάρκεια της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με αναλογία 1:5 ή 1:8.
7. Δεν επηρεάζει το επίπεδο της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ή της μέγιστης δύναμης την μεταβολή των δεικτών αποκατάστασης μετά την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα.
8. Δεν επηρεάζει το επίπεδο της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ή της μέγιστης δύναμης περισσότερο την μεταβολή των δεικτών αποκατάστασης μετά την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με αναλογία 1:5 ή 1:8.

Περιορισμοί

Η συμμετοχή των συμμετεχόντων ήταν προαιρετική συνεπώς οφείλουμε να βασιστούμε στην προθυμία τους να ακολουθήσουν της συνθήκες μεθοδολογίας της μελέτης.

Οριοθετήσεις

Στην μελέτη έλαβαν μέρος άνδρες 18-35 ετών εν ενεργεία ποδοσφαιριστές με προπονητική ηλικία >10 χρόνια και διαφορετικών επιπέδων ανταγωνισμού. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε μετά την λήξη της αγωνιστικής περιόδου.

Ορισμοί

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

Καθυστερημένος Μυϊκός Πόνος (DOMS): Έπειτα από ασυνήθιστη άσκηση και με το πέρας πιθανόν και ολόκληρης ημέρας εμφανίζεται ο μυϊκός πόνος, ο οποίος λόγω της ετεροχρονισμένης εμφάνισής του καλείται καθυστερημένος μυϊκός πόνος.

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

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

Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{max}}$): Είναι ο μέγιστος όγκος οξυγόνου που μπορεί να προσληφθεί και αξιοποιηθεί από τους διάφορους ιστούς του σώματος σε μέγιστη προσπάθεια.

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.

Μέγιστη Δύναμη: Η ικανότητα του ατόμου να παράγει την μέγιστη τιμή δύναμης απέναντι σε μια εξωτερική αντίσταση με την μεγαλύτερη εθελούσια σύσπαση του νευρομυϊκού του συστήματος.

Αποκατάσταση: Η περίοδος που ακολουθεί της προπόνησης και συνοδεύεται με μείωση της απόδοσης.

Μέση ταχύτητα: ονομάζεται ο μέσος όρος των ταχυτήτων που ανέπτυξε ένα κινητό σώμα σε ένα χρονικό διάστημα.

Δείκτες Κόπωσης: είναι μια μεταβλητή που προσδιορίζει την μείωση της απόδοσης μετά από κάποιο ερέθισμα άσκησης.

Speed Endurance Production Training (SET-P): διαλειμματική προπόνηση υψηλής έντασης με επαναλαμβανόμενα σπριντ και αναλογία έργου:αποκατάστασης 1:5 και 1:8.

Ανασκόπηση Βιβλιογραφίας

Ποδόσφαιρο

Το ποδόσφαιρο είναι ένα διαλειμματικό άθλημα (Iaia, Rampinini & Bangsbo, 2009) το οποίο χαρακτηρίζεται από περίπου 1200 άκυκλες και απρόβλεπτες αλλαγές στην δραστηριότητα (κάθε 3-5 δευτερόλεπτα) περιλαμβάνοντας μεταξύ άλλων 30-40 σπριντ, περισσότερες από 700 αλλαγές κατεύθυνσης και 30 με 40 τάκλιν και άλματα (Mohr et al., 2003; Bloomfield J, Polman R & O'Donoghue, 2007). Μια μέση απόσταση που καλύπτεται από έναν ποδοσφαιριστή υψηλού επιπέδου σε έναν αγώνα είναι 10-13 χιλιόμετρα, με τους παίκτες της μεσαίας γραμμής να καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις από τους παίκτες των υπόλοιπων θέσεων του γηπέδου, ωστόσο το μεγαλύτερο μέρος αυτής της απόστασης καλύπτεται από χαμηλής έντασης δραστηριότητα (Bangsbo et al., 2006). Συγκεκριμένα αφιερώνουν το 19.5+ 0.7, 41.8 +0.9 και 29.9 + 1.3% του χρόνου τους κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού όρθιοι, περπατώντας και σε τρέξιμο χαμηλής έντασης αντίστοιχα, κάτι το οποίο συναντάμε και σε χαμηλότερου επιπέδου παίκτες (Mohr, Krusturp & Bangsbo, 2003). Από την άλλη πλευρά, δεδομένα από συστήματα αναλύσεων βίντεο έδειξαν ότι οι υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές καλύπτουν 2-3 χιλιόμετρα σε υψηλής έντασης τρέξιμο (> 15 χλμ./ώρα) και περίπου 0,6 χιλιόμετρα εκτελώντας σπριντ (> 20 χλμ./ώρα) (Mohr et al., 2003; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi & Impellizzeri, 2007), έτσι καταλαβαίνουμε ότι η ποσότητα της δραστηριότητας σε υψηλή ένταση είναι αυτή η οποία διαχωρίζει τους υψηλού επιπέδου ποδοσφαιριστές από τους υπόλοιπους (Bangsbo et al., 2006). Σε έναν αγώνα ποδοσφαίρου το αερόβιο σύστημα έχει μεγάλη συνεισφορά στην παραγωγή ενέργειας με την κατανάλωση οξυγόνου να κυμαίνεται περίπου στο 70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) και τους μέσους και μέγιστους καρδιακούς παλμούς να

φτάνουν το 85 και 98% των μέγιστων τιμών, αντίστοιχα (Ali & Farrally, 1991; Bangsbo, 1994; Ekblom, 1986; Krstrup et al., 2005; Reilly & Thomas, 1979). Επίσης πιο σημαντικός παράγοντας από τη μέση πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού για την απόδοση στον αγώνα, μπορεί να είναι και ο ρυθμός αύξησης της πρόσληψης οξυγόνου κατά τη διάρκεια των πολλών σύντομων έντονων ενεργειών (Bangsbo, Mohr & Krstrup, 2006). Ο ρυθμός αυτός ανάπτυξης της πρόσληψης οξυγόνου μπορεί να αλλάξει μέσω της έντονης διαλειμματικής προπόνησης (Krstrup et al., 2004). Το γεγονός ότι οι ελίτ ποδοσφαιριστές εκτελούν 150-250 σύντομες και έντονες ενέργειες κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (Mohr et al., 2003), προϋποθέτει ότι ο ρυθμός ανασύνθεσης των αναερόβιων πηγών ενέργειας είναι κατά διαστήματα υψηλός (Bangsbo et al., 2006). Παρότι δεν έχει μελετηθεί άμεσα, η έντονη άσκηση κατά τη διάρκεια ενός αγώνα οδηγεί σε υψηλό ρυθμό διάσπασης της φωσφοκρεατίνης, μέρος του οποίου ανασυντίθεται στις επακόλουθες περιόδους χαμηλότερης έντασης άσκηση (Bangsbo, 1994). Από την άλλη, τα επίπεδα φωσφοκρεατίνης μπορεί να μειωθούν (π.χ. κάτω από το 30% των τιμών ηρεμίας) σε χρονικές περιόδους του παιχνιδιού όπου εκτελείται ένας αριθμός έντονων ερεθισμάτων με σύντομο χρονικό διάστημα αποκατάστασης ανάμεσά τους (Bangsbo et al., 2006). Κατά τη διάρκεια του αγώνα οι συγκεντρώσεις του γαλακτικού που έχουν παρατηρηθεί κυμαίνονται μεταξύ 2-10 mmol/l, με μεμονωμένες περιπτώσεις τιμών πάνω από τα 12 mmol/l (Agnevik, 1970; Bangsbo, 1994; Ekblom, 1986; Krstrup et al., 2006). Αυτά τα ευρήματα δείχνουν ότι ο ρυθμός παραγωγής γαλακτικού οξέος είναι υψηλός κατά τη διάρκεια του αγώνα, αλλά το γαλακτικό στον μυϊκό ιστό έχει μετρηθεί μόνο σε μία μελέτη (Bangsbo et al., 2006). Ακόμη είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις ενεργειακές απαιτήσεις αλλά και την επιστράτευση των διαφορετικών ενεργειακών υποστρωμάτων κατά την διάρκεια ενός αγώνα. Το μυϊκό γλυκογόνο αποτελεί μια σημαντική πηγή παροχής

ενέργειας για έναν ποδοσφαιρικό αγώνα (Bangsbo et al., 2006). 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). Η μείωση αυτή στην απόδοση μπορεί να οφείλεται στα μειωμένα αποθέματα μυϊκού γλυκογόνου τα οποία όπως έχει παρατηρηθεί σχεδόν υποδιπλασιάζονται μέχρι το ημίχρονο ενός αγώνα στους ποδοσφαιριστές όταν πριν την έναρξή του έχουν χαμηλές τιμές (~200 mmol ανά κιλό άλιπης μάζας) (Saltin, 1973). Ως αντισταθμιστικός παράγοντας μπορεί να θεωρηθεί η αύξησή της συγκέντρωσης των ελεύθερων λιπαρών οξέων (ΕΛΟ) στο αίμα που όπως έχει παρατηρηθεί αυξάνεται κατά τη διάρκεια ενός παιχνιδιού και μάλιστα πιο έντονα κατά τη διάρκεια του δεύτερου ημιχρόνου υποδεικνύοντας τον αυξημένο βαθμό της λιπόλυσης (Bangsbo, 1994; Krstrup et al., 2006).

Προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα

Τα προγράμματα προπόνησης υψηλής έντασης έχουν μεγάλη σημασία για τους ποδοσφαιριστές υψηλού επιπέδου και για τους αθλητές παρόμοιων ομαδικών αθλημάτων (Mohr & Krstrup, 2016). Η αναερόβια προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο διαφορετικές μεθόδους (Bangsbo et al., 2006), με την μέθοδο «Speed Endurance Production (SET-P)» και «Speed Endurance Maintenance (SET-M)» (Hostrup & Bangsbo, 2023), με τα πρωτόκολλα «SET-P» να χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη ένταση σε σχέση με τα «SET-M» (Mohr & Krstrup, 2016) και μεγαλύτερη αναλογία έργου:διαλείμματος (1:8 & 1:5 έναντι 1:3 & 1:1). Η προπόνηση αντοχής ταχύτητας με την μέθοδο production διεξάγεται σε πολύ υψηλές εντάσεις με διάρκεια περίπου 30 δευτερολέπτων άσκησης ανά επανάληψη και

περιόδους ανάπαυσης 2-3 λεπτών για να εξασφαλιστεί η επαρκής αποκατάσταση πριν από την επόμενη επανάληψη (Mohr & Krstrup, 2016). Στο ποδόσφαιρο, η προπόνηση αντοχής ταχύτητας με αυτή τη μέθοδο οργανώνεται συνήθως με συνεχόμενες επαναλήψεις σχεδόν μέγιστων προσπάθειών με τη συμπερίληψη σχετικών προκλήσεων τεχνικής (Ingebrigtsen et al., 2013), περιλαμβάνοντας κινήσεις όπως σπριντ, αλλαγές κατεύθυνσης, τρέξιμο υψηλής έντασης, σουτ και επαφές με τη μπάλα (Ade, Harley, & Bradley, 2014). Αυτός ο τύπος προπόνησης έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σημαντικές αυξήσεις στην απόδοση υψηλής έντασης σε εκπαιδευμένους δρομείς (Iaia et al., 2009) και ποδοσφαιριστές (Ingebrigtsen et al., 2013; Thomassen et al., 2010). Από την άλλη, η προπόνηση αντοχής ταχύτητας με την μέθοδο maintenance συνήθως περιλαμβάνει παιχνίδια σε μικρά αγωνιστικά τετράγωνα με λίγους συμμετέχοντες (2v2 - 4v4) σε χρονικά διαστήματα των 30-60 δευτερολέπτων με παρόμοιους χρόνους αποκατάστασης και προτείνεται ως μια αποτελεσματική προσέγγιση για την βελτίωση της αντίστασης στην κόπωση κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης (Bangsbo et al., 2006). Επομένως, η ένταση των πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο maintenance είναι χαμηλότερη από αυτή των πρωτοκόλλων με τη μέθοδο production και οι διαφορές στην ένταση και στην αναλογία έργου-διαλείμματος μεταξύ των δύο είναι αυτές που διαφοροποιούν και τις προσαρμογές (Mohr & Krstrup, 2016). Έχει φανεί ότι η εκτέλεση τέτοιου είδους πρωτοκόλλων 2 φορές την εβδομάδα για 4 εβδομάδες βελτιώνει σημαντικά την απόδοση στο Yo-Yo Intermittent Recovery test 2 και στο τεστ επαναλαμβανόμενων σπριντ (RST) με τα πρωτόκολλα SET-P να εμφανίζουν μεγαλύτερη αύξηση της απόδοσης από τα SET-M και να μειώνουν επίσης τον δείκτη κόπωσης στο τεστ επαναλαμβανόμενων σπριντ (Mohr & Krstrup, 2016). Τα δύο αυτά είδη προπονητικών πρωτοκόλλων (SET-P και SET-M) εντάσσονται στην

υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση (HIIT) και σίγουρα προϋποθέτουν μια βάση αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας του ασκούμενου.

Η ικανότητα μέγιστης απόδοσης σε επαναλαμβανόμενες περιόδους άσκησης επηρεάζεται από τη φύση τόσο της άσκησης όσο και των περιόδων αποκατάστασης, όσο μεγαλύτερη είναι η διαταραχή της ομοιόστασης κατά την άσκηση, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση στον μεταβολισμό αποκατάστασης (Dona, Tomlin & Wenger, 2001). Όσο πιο ολοκληρωμένη είναι αυτή η διαδικασία αποκατάστασης, τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα παραγωγής δύναμης ή διατήρησης ισχύος στα ανερχόμενα διαλειμματικά ερεθίσματα (Brehm & Gutin, 1986). Παρότι ένα μεμονωμένο ερέθισμα άσκησης υψηλής έντασης που διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα οδηγεί σε μειωμένα αποθέματα ATP / PCr, εάν η περίοδος διαρκέσει περισσότερο από μερικά δευτερόλεπτα, θα χρειαστεί επίσης η συνεισφορά της αναερόβιας γλυκόλυσης για την παροχή ενέργειας (Dona et al., 2001). Η μεταβολική συνέπεια της αύξησης της διεργασίας της αναερόβιας γλυκόλυσης είναι η αύξηση της συγκέντρωσης H^+ και του συμπιεσμένου pH, η οποία μπορεί να επηρεάσει περιοριστικά την απόδοση διαταράσσοντας τις συστατικές διεργασίες του μυός (Gaitanos, Williams, Boobis & Brooks, 1993). Η αερόβια προπόνηση μπορεί να ενισχύσει την ικανότητα του μυός να ανακάμψει μετά από αναερόβια άσκηση, ένας αθλητής με υψηλότερη αερόβια ικανότητα θα αξιοποιήσει λιγότερο τις μη οξειδωτικές πηγές ενέργειας και έτσι θα ανακάμψει με ταχύτερο ρυθμό από την άσκηση (Thoden 1991). Επιπλέον, τυχόν προσαρμογές που βοηθούν στην αύξηση της μεταφοράς αίματος από και προς τους μύες θα μπορούσαν να ενισχύσουν την απομάκρυνση του γαλακτικού, του H^+ και της θερμότητας (Dona et al., 2001).

Οι Aguiar, Turnes, Cruz, Salvador και Caputo (2015) εξέτασαν σε τεστ 10 επαναλαμβανόμενων σπριντ (RST) τις διαφορές στον δείκτη κόπωσης (RS %Dec),

στον μέσο χρόνο (RS_{mean}) και στο καλύτερο σπριντ (RS_{best}) μεταξύ αθλητών αντοχής, σπρίντερ και ενεργών συμμετεχόντων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παρότι οι σπρίντερ είχαν το καλύτερο RS_{mean} και RS_{best} , είχαν υψηλότερο δείκτη κόπωσης ($RS\ \%Dec$) από αυτόν των αθλητών αντοχής ενώ παράλληλα βρέθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της απόδοσης στο τεστ και της ικανότητας παραγωγής και απομάκρυνσης του γαλακτικού. Σε μία παρόμοια μελέτη ο Rampinini και οι συνεργάτες του (2009) συνέκριναν τους ίδιους δείκτες σε τεστ επαναλαμβανόμενων σπριντ μεταξύ επαγγελματιών και ερασιτεχνών ποδοσφαιριστών εξετάζοντας και την συσχέτιση των δεικτών με χαρακτηριστικά της φυσικής κατάστασης των συμμετεχόντων. Στα αποτελέσματα φάνηκε ότι υπάρχει σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ($VO_{2\ max}$) των ποδοσφαιριστών και RS_{mean} ($r = -0,45$, $p < 0,05$) και υψηλή αρνητική συσχέτιση με τον δείκτη κόπωσης ($RS\ \%Dec$).

Ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός

Οι απαιτήσεις του παιχνιδιού περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό εκρηκτικών κινήσεων όπως επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, αλλαγές κατεύθυνσης (Varley and Aughey, 2013) καθώς και άλματα, σωματικές επαφές, σουτ και τάκλιν (Andersson et al., 2008) που έχουν ένα ισχυρό έκκεντρο συστατικό με πιθανή ταυτόχρονη μυϊκή βλάβη (Nédélec et al., 2012). Όταν τα μυοϊνίδια μέσα σε μια μυϊκή ίνα διατείνονται κατά τη διάρκεια της συστολής, μερικά σαρκομέρια είναι πιο ανθεκτικά στη διάταση από άλλα, κατά συνέπεια τα ασθενέστερα σαρκομέρια απορροφούν μεγαλύτερο μέρος της έκτασης και ανάλογα με την αναλογία μήκους-τάσης, αυτά τα σαρκομέρια γίνονται ασθενέστερα έως ότου υπάρχει μικρή ή καθόλου επικάλυψη μεταξύ των μυοϊνιδίων (Peake, Nosaka & Suzuki, 2015). Κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων έκκεντρων συσπάσεων,

πρώτα τα αδύναμα και στη συνέχεια τα ισχυρότερα σαρκομέρια σταδιακά υπερδιατείνονται και έτσι κατά τη διάρκεια της φάσης χαλάρωσης των μυών, τα μυοϊνίδια των υπερβολικά τεντωμένων σαρκομερίων μπορεί να αποτύχουν να επανασυνδεθούν, με αποτέλεσμα να διαταραχθούν τα σαρκομέρια (Peake et al., 2015).

Ο ασκησιογενής μυϊκός τραυματισμός προκαλείται κυρίως λόγω της μηχανικής καταπόνησης και της διατάραξης της ομοιοστασίας του ασβεστίου (Clarkson & Sayers, 1999). Η βλάβη των πρωτεϊνών junctophilin έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ενδοκυτταρικού ασβεστίου, το οποίο στη συνέχεια διεγείρει πρωτεολυτικά ένζυμα που ενεργοποιούνται με το ασβέστιο που αποικοδομούν περισσότερες συσταλτικές και άλλες μυϊκές πρωτεΐνες (Warren, Ingalls, Lowe & Armstrong, 2002; Murphy et al., 2013). Ακολουθεί μια φλεγμονώδης απόκριση που χαρακτηρίζεται από τη συσσώρευση και τη διείσδυση ουδετερόφιλων και μακροφάγων στον κατεστραμμένο ιστό (Fatouros & Jamurtas, 2016). Η ενεργοποίηση και κινητοποίηση αυτών των ανοσοκυττάρων διαμεσολαβείται από κυτοκίνες που απελευθερώνονται από τραυματισμένους μύες και άλλα κύτταρα και μπορεί να είναι υπό οξειδοαναγωγική ρύθμιση (Fatouros & Jamurtas, 2016). Τα κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος αφαιρούν τα κυτταρικά υπολείμματα και τα θραύσματα πρωτεϊνών για να επιτρέψουν την επακόλουθη αναγέννηση και επούλωση των μυών (Fatouros & Jamurtas, 2016). Η σύνθεση και η απελευθέρωση φλεγμονωδών παραγόντων (π.χ. βραδυκίνη, προσταγλανδίνες, ισταμίνη και αυξητικός παράγοντας νεύρων) από προφλεγμονώδη κύτταρα (π.χ. κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος) μετά την άσκηση μπορεί στην πραγματικότητα να προκαλέσει εκλεκτικούς υποδοχείς πόνου και να προκαλέσει πόνο (Armstrong 1984; Radak, Naito, Taylor & Goto, 2012). Έτσι μετά την πρόκληση μυϊκού τραυματισμού μπορεί να βιωθεί από τον αθλητή μια αίσθηση δυσφορίας μέσα στο μυ η ένταση της οποίας αυξάνεται μέσα στις πρώτες 24 ώρες μετά την άσκηση,

κορυφώνεται μεταξύ 24 και 72 ωρών, υποχωρεί και τελικά εξαφανίζεται 5 έως 7 ημέρες μετά την άσκηση (Armstrong, Ogilvie & Schwane 1983; Ispirlidis et al., 2008). Αυτό το φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως αίσθηση καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) (Ispirlidis et al., 2008) και αποτελεί έναν από τους δείκτες ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού. Άλλοι τέτοιοι δείκτες είναι η απώλεια μυϊκής δύναμης και ισχύος, το πρήξιμο, το μειωμένο εύρος κίνησης και η συστηματική εκροή μυοκυτταρικών ενζύμων και πρωτεϊνών (π.χ. κρεατινική κινάση, μυοσφαιρίνη) (Hylland & Hubal, 2014).

Στη μελέτη του ο Tzatzakis και οι συνεργάτες του (2020) εξέτασαν την κινητική της αποκατάστασης σε ποδοσφαιριστές μετά της εκτέλεση δύο προπονητικών πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production και αναλογία έργου : διαλείμματος 1:5 και 1:8. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εκτέλεση προπόνησης SET-P μειώνει την αθλητική απόδοση (δύναμη 48h, ταχύτητα 72h και κατακόρυφο άλμα 24h) και αυξάνει τους δείκτες μυϊκού τραυματισμού (κρεατινική κινάση 72h, καθυστερημένη εμφάνιση μυϊκού πόνου 72h) για διάστημα 24-72 ωρών μετά την εκτέλεση της. Ως αντίκτυπος της νευρομυϊκής κόπωσης επίσης παρατηρείται μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης (MVC) στους εκτείνοντες και καμπήρες του γόνατος για 2 και 3 ώρες αντίστοιχα είτε με αναλογία έργου-διαλείμματος 1:5, είτε με 1:8.

Μεθοδολογία

Η προπόνηση αντοχής στη ταχύτητα στο ποδόσφαιρο είναι ένα εργαλείο για τη βελτίωση της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πώς τα επίπεδα αερόβιας ικανότητας και μέγιστης δύναμης επηρεάζουν την ποιότητα αυτής της προπόνησης και αν δυνητικά μπορεί να αποτελέσουν περιοριστικό παράγοντα για την εκτέλεση της.

Συμμετέχοντες

Στην μελέτη έλαβαν μέρος εθελοντικά 41 υγιείς άνδρες, εν ενεργεία ποδοσφαιριστές ηλικίας 18-35 ετών οι οποίοι δεν αντιμετώπιζαν κάποιο μυοσκελετικό πρόβλημα, δεν έκαναν χρήση εργογόνων συμπληρωμάτων απόδοσης και φαρμάκων και έκαναν συστηματική προπόνηση τα τελευταία τρία χρόνια. Ενημερώθηκαν πλήρως για τη πειραματική διαδικασία και για τους κινδύνους. Οι συμμετέχοντες ήταν ελεύθεροι να διακόψουν την συμμετοχή τους οποιαδήποτε στιγμή ήθελαν. Όλες οι διαδικασίες εφαρμόστηκαν σύμφωνα με τη Διακήρυξη του Ελσίνκι του 1975, όπως αναθεωρήθηκε το 2000, και εγκρίθηκε από την Επιτροπή Ηθικής της Σχολής Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας (1350/1-4/4-4-2018).

Δείγμα

Πραγματοποιήθηκε μια διαδικασία διαχωρισμού των συμμετεχόντων σε τρεις ομάδες διαφορετικής δυναμικότητας ως προς τα επίπεδα της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου τους με βάση τη βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα οι συμμετέχοντες στην Ομάδα Α (N=9)

έχουν τιμές στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}) <50 ml/min/kg (χαμηλού επιπέδου), στην Ομάδα Β (N=24) τιμές >50 ml/min/kg και <60 ml/min/kg (μεσαίου επιπέδου) ενώ στην Ομάδα Γ (N=8) έχουν τιμές $VO_{2max} >60$ ml/min/kg (υψηλού επιπέδου).

Χαρακτηριστικά Συμμετεχόντων

Πίνακας 1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων στις τρεις διαφορετικές ομάδες				
Μεταβλητές	Ομάδα Α	Ομάδα Β	Ομάδα Γ	P value
Ηλικία (έτη)	21,2 ± 1,09	21,8 ± 2,72	22,8 ± 4,77	0,568
Ύψος (εκατοστά)	176 ± 7,71	178 ± 6,44	176 ± 5,09	0,519
Βάρος (κιλά)	73,1 ± 10,72	75,1 ± 7,81	72,3 ± 9,08	0,688
BMI (kg/m ²)	23,5 ± 2,91	23,6 ± 2,10	23,4 ± 2,68	0,976
Σωματικό Λίπος (%)	21,1 ± 8,77	16,5 ± 4,08	16 ± 6,42	0,108
Λιπώδης Μάζα (κιλά)	18,1 ± 10,07	13,3 ± 4,36	11,5 ± 6,22	0,084
Άλιπη Σωματική Μάζα (κιλά)	55,5 ± 3,62 [#]	62,1 ± 5,04	60,8 ± 3,40	0,002
VO_{2max} (ml/min/kg)	47,1 ± 2,34 [#]	55,4 ± 2,46	62,9 ± 1,99 ^{#*}	<0,001
HR _{max} (παλμοί ανά λεπτό)	193 ± 15,08	195 ± 7,65	195 ± 4,86	0,874
Μέγιστη μειομετρική ροπή εκτεινόντων του γόνατος (Nm)	176 ± 20,86	175 ± 28,46	150 ± 16,85	0,055
Μέγιστη μειομετρική ροπή καμπτήρων του γόνατος (Nm)	98 ± 17,27	107 ± 19,28	94 ± 16,73	0,169
Μέγιστη έκκεντρη ροπή εκτεινόντων του γόνατος (Nm)	280 ± 58,08	298 ± 72,10	233 ± 60,18	0,072
Μέγιστη έκκεντρη ροπή καμπτήρων του γόνατος (Nm)	167 ± 28,65	168 ± 40,19	141 ± 35,56	0,208

Πειραματικός Σχεδιασμός

	Baseline	PRE	TRIAL	POST	24H	48H	72H
Lactate		↓		↓			
DOMS		↓			↓	↓	↓
Άλμα	↓				↓	↓	↓
Σπριντ 30μ.	↓				↓	↓	↓

Εικόνα 1. Trials: Control, SET-P (1:5) & SET-P (1:8).

Οι συμμετέχοντες επισκέφθηκαν τις εγκαταστάσεις του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ), του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, συνολικά 15 φορές. Στην 1^η τους επίσκεψη στο εργαστήριο Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab) του Τ.Ε.Φ.Α.Α., Π.Θ., ενημερώθηκαν αρχικά για τον ερευνητικό σχεδιασμό, τα οφέλη και τους πιθανούς κινδύνους της μελέτης, συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο καταγραφής του ιατρικού ιστορικού και υπέγραψαν το έντυπο συναίνεσης. Αμέσως μετά υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση των ανθρωπομετρικών τους χαρακτηριστικών (σωματικό βάρος και ύψος) και της σύστασης σώματος (με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας, DXA). Μετά αφού εκτέλεσαν ένα πρόγραμμα προθέρμανσης σε κυκλοεργόμετρο, υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση της μέγιστης ταχύτητας στα 30 μέτρα στο γήπεδο ποδοσφαίρου του Τ.Ε.Φ.Α.Α., Π.Θ και τέλος πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση του κατακόρυφου άλματος με υποχωρητική φάση (CMJ). Η αξιολόγηση του κατακόρυφου άλματος συνεχίστηκε όλες τις μέρες των περιγραφικών μετρήσεων ώστε να υπάρξει εξοικείωση των συμμετεχόντων με την μέτρηση .

Στη 2^η επίσκεψη (με διαφορά 48h από την 1^η επίσκεψη) οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε μέτρηση της μέγιστης έκκεντρης και μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος σε γωνιακή ταχύτητα 180°/δευτ., και στα δυο άκρα, στο ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex 770, USA), αφού πρώτα έχουν εκτελέσει πρόγραμμα προθέρμανσης στο κυκλοεργόμετρο.

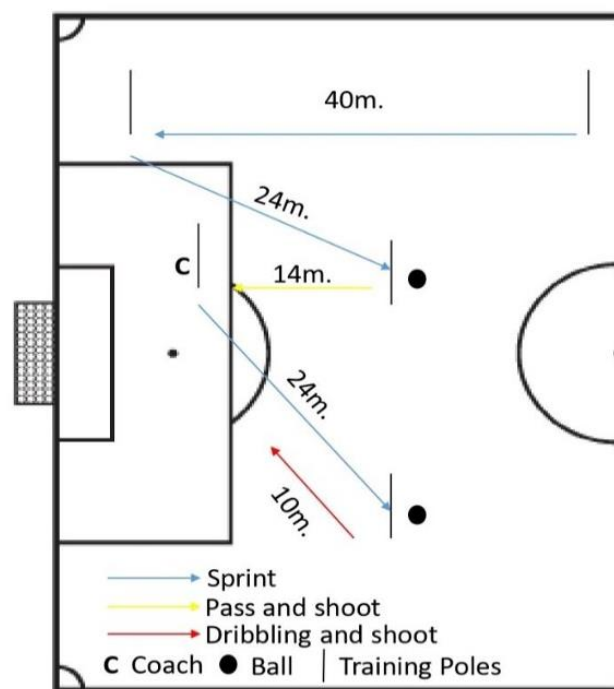
Στην 3^η και τελευταία επίσκεψη πριν την εκτέλεση των πειραματικών συνθηκών (48h μετά την 2^η) οι συμμετέχοντες αφού εκτελέσουν προθέρμανση στο δαπεδοεργόμετρο υποβλήθηκαν σε δοκιμασία αξιολόγησης της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) η οποία περιλάμβανε τρέξιμο προοδευτικά αυξανόμενης έντασης έως την εξάντληση σε δαπεδοεργόμετρο, με χρήση αναλυτή αερίων για την καταγραφή της πρόσληψης οξυγόνου και καρδιοσυχνόμετρου για την καταγραφή των καρδιακών παλμών.

Στη συνέχεια, και μετά από αποχή από οποιαδήποτε αθλητική δραστηριότητα για τουλάχιστον 72h, οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος με τυχαιοποιημένη σειρά σε τρεις πειραματικές συνθήκες : 1) Προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production και αναλογία έργου:διαλείμματος 1:5 (SEPT 1:5) όπου οι ασκούμενοι εκτέλεσαν 1 σετ των 8 επαναλήψεων μέγιστης έντασης, διάρκειας 25-30 δευτερολέπτων με αναλογία έργου:αποκατάστασης 1:5 (25- 30 δευτερόλεπτα έργου και 2,5 λεπτά ανάρρωσης). Περιλάμβανε σπριντ σε ευθεία γραμμή, αλλαγές κατεύθυνσης, επαφές με τη μπάλα, σουτ, πάσα (Εικόνα 2.). 2) Προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production και αναλογία έργου:διαλείμματος 1:8 (SEPT 1:8), το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 2. και αναλογία έργου:αποκατάστασης 1:8 (25-30 δευτερόλεπτα έργου και 4 λεπτά ανάρρωσης). 3) Συνθήκη Ελέγχου στην οποία δεν θα πραγματοποιηθεί προπόνηση αντοχής στη ταχύτητα και οι συμμετέχοντες θα υποβληθούν μόνο στις μετρήσεις αξιολόγησης που πραγματοποιούνται πριν την εκτέλεση πρωτοκόλλων. Πριν από κάθε πειραματική

συνθήκη οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν σε αξιολόγηση της καθυστερημένης εμφάνισης μυϊκού πόνου (DOMS) και της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα το οποίο μετρήθηκε και μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα. 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.

Στις 24, 48 και 72 ώρες μετά από το πρωτόκολλο προπόνησης πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση των επιπέδων DOMS, του κατακόρυφου άλματος με υποχωρητική φάση και της ταχύτητας 30 μέτρων σύμφωνα με τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των συγκεκριμένων παραμέτρων πριν από την πειραματική συνθήκη (ισχύει για όλες τις συνθήκες). Στην στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ως μεταβλητή για την αποκατάσταση του κάθε δείκτη αυτή με το μεγαλύτερο ποσοστό μεταβολής σε σχέση με την τιμή πριν την εκτέλεση των πρωτοκόλλων.

Αμέσως μετά από κάθε πειραματική συνθήκη μεσολάβησε χρονικό διάστημα επτά ημερών, στο οποίο οι συμμετέχοντες δεν συμμετείχαν σε καμία μορφή άσκησης ή φυσικής δραστηριότητας υπομέγιστης έντασης, έτσι ώστε να εξαλειφθούν πλήρως οι προσαρμογές και οι επιπτώσεις που προκλήθηκαν (από την πειραματική συνθήκη που εκτελέστηκε) πριν την εκτέλεση της επόμενης συνθήκης. Τα πρωτόκολλα αντοχής στη ταχύτητα και όλες οι αξιολογήσεις των δεικτών πραγματοποιήθηκαν την ίδια ώρα της ημέρας για την αποφυγή επιδράσεων που θα οφείλονται σε μεταβολές του κιρκάδιου ρυθμού.



Εικόνα 2.

TRIAL	PRE	POST
CONTROL	1,20 ± 0,35	1,10 ± 0,30
SET-P 1:5	1,19 ± 0,37	14,55 ± 2,88
SET-P 1:8	1,32 ± 0,43	15,41 ± 3,02

Στο πίνακα 2. παρουσιάζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος πριν και μετά από τις τρεις συνθήκες.

Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών

Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν φορώντας όσο το δυνατόν λιγότερα ρούχα και χωρίς παπούτσια. Το σωματικό βάρος αξιολογήθηκε με βαθμονομημένη ζυγαριά (Stadiometer 208; Seca, Birmingham, UK) στο κοντινότερο 0,1 kg. Στους συμμετέχοντες ζητήθηκε να σταθούν στο κέντρο του ζυγού και να κατανείμουν το βάρος τους στα δύο κάτω άκρα. Το ύψος αξιολογήθηκε με αναστημόμετρο (Stadiometer 208; Seca, Birmingham, UK). Στους συμμετέχοντες ζητήθηκε να έχουν ενωμένες τις πτέρνες τους. Επίσης οι πτέρνες, οι γλουτοί και το πάνω μέρος της πλάτης να βρίσκονται σε επαφή με το αναστημόμετρο και να κοιτούν ευθεία. Έπειτα έπαιρναν βαθιά εισπνοή καθώς ο αξιολογητής κατέβαζε τον οριζόντιο οδηγό στο χαμηλότερο δυνατό σημείο (Swainson, 2017).

Αξιολόγηση Σωματικής Σύστασης

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

Αξιολόγηση Αερόβιας Ικανότητας

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

Αξιολόγηση Δεικτών Απόδοσης

Η αξιολόγηση του κάθετου άλματος με υποχωρητική φάση (CMJ) πραγματοποιήθηκε πάνω σε δυναμοδάπεδο (Optojump Microgate system, Italy). Οι συμμετέχοντες αρχικά εκτέλεσαν ένα πρόγραμμα προθέρμανσης το οποίο περιλάμβανε ποδηλασία σε κυκλοεργόμετρο (Monark, Sweden) με ένταση 70 στροφές/ λεπτό, για πέντε λεπτά και διατάσεις των κύριων μυϊκών ομάδων των κάτω άκρων. Στη συνέχεια εκτέλεσαν τις προσπάθειες κάθετου άλματος, όπου το κάθε άλμα εκτελέστηκε 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 ψηλότερα. Κατά τη διάρκεια της κάθε προσπάθειας υπολογίστηκε το ύψος κάθετου άλματος, η ισχύς και ο χρόνος πτήσης.

Η αξιολόγηση της ταχύτητας 30 μέτρων πραγματοποιήθηκε στο γήπεδο ποδοσφαίρου του Τ.Ε.Φ.Α.Α., Π.Θ. και για την καταγραφή του χρόνου σε κάθε σπριντ χρησιμοποιήθηκαν φωτοκύτταρα με υπέρυθρους αισθητήρες φωτός με ακρίβεια 0.01 sec. (Witty system, Italy). Οι συμμετέχοντες προσπάθησαν να πετύχουν τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα κίνησης σε κάθε προσπάθεια.

Η ισοκινητική μέγιστη ροπή αξιολογήθηκε με τη χρήση ισοκινητικού δυναμόμετρου (Cybex 770, USA), στη γωνιακή ταχύτητα των 180°/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, μετά την πραγματοποίηση της απαραίτητης βαθμονόμησης του ισοκινητικού δυναμόμετρου σε συνάρτηση με τα ατομικά ανατομικά χαρακτηριστικά των αθλητών, ο εξεταστής έδινε 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 εκτελούσε τρεις μέγιστες επαναλήψεις. Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης, οι ποδοσφαιριστές καθοδηγούνταν και ενθαρρύνονταν από τον εξεταστή, τόσο λεκτικά όσο και οπτικά μέσω της απεικόνισης των προσπαθειών από την οθόνη του ισοκινητικού δυναμόμετρου.

Αξιολόγηση Δεικτών Μυϊκού Τραυματισμού

Η υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου (DOMS) αξιολογήθηκε στους καμπτήρες και εκτείνοντες μύες του γόνατος στην έκφυση, κατάφυση, και γαστέρα των μυών με την χρήση δεκαβάθμιας κλίμακας από το 1 (φυσιολογικός) μέχρι το 10 (πολύ επίπονος). Αρχικά ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε 3 βαθιά καθίσματα και έπειτα ο

εξεταστής ασκούσε με τα χέρια του μια ισόποση πίεση στην έκφυση, κατάφυση και γαστέρα των καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος. Κατά την διάρκεια της ψηλάφησης ο δοκιμαζόμενος ήταν σε όρθια θέση. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε από τον ίδιο εξεταστή προκειμένου η εφαρμοσμένη πίεση να είναι παρόμοια σε όλους τους δοκιμαζόμενους (Mohr et al., 2016).

Αξιολόγηση Βιοχημικών Δεικτών

Η μέτρηση του γαλακτικού οξέος αξιολογήθηκε με φορητό αναλυτή (Lactate Plus, USA). Η συλλογή αίματος πραγματοποιήθηκε από του άκρη του δακτύλου, όπου καθαρίστηκε από 70% αλκοόλη και αφέθηκε να στεγνώσει. Ένα μικρό δείγμα αίματος μεταφέρθηκε στο φορητό αναλυτή γαλακτικού με strip μιας χρήσης για την αξιολόγησή του (Sabat et al., 2016). Οι μετρήσεις του γαλακτικού οξέος μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα έγιναν 4 λεπτά μετά την λήξη των προπονήσεων.

Στατιστική ανάλυση

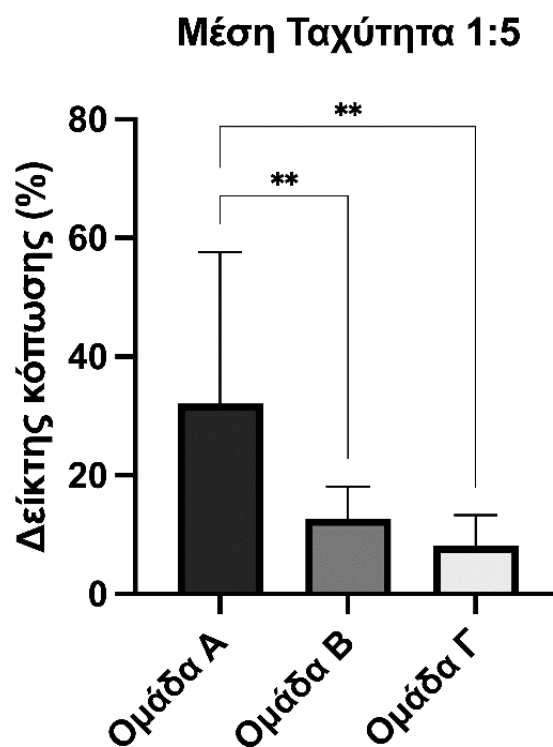
Για τον προσδιορισμό του μεγέθους του δείγματος χρησιμοποιήθηκε προκαταρκτική ανάλυση ισχύος (G*Power 3.10). Υπολογίστηκε ότι χρειάζονται ≥ 40 συμμετέχοντες συνολικά και ≥ 8 συμμετέχοντες ανά ομάδα για να παρατηρηθούν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ διαδοχικών μετρήσεων (δείκτης επίδρασης = 0.35, ισχύς = 90%)'. Για τον έλεγχο της κατανομής των δεδομένων εφαρμόστηκε το τεστ Shapiro–Wilk. Για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των , της ποιότητας του προπονητικού πρωτοκόλλου και της ποσοστιαίας μεταβολής της απόδοσης εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA). Στις μεταβλητές που εντοπίστηκε

στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni για τον εντοπισμό διαφορών μεταξύ των ομάδων. Η σχέση μεταξύ της VO_{2max} και της δύναμης με την ποιότητα του προπονητικού πρωτοκόλλου και την ποσοστιαία μεταβολή της απόδοσης εξετάστηκε με ανάλυση συσχέτισης Pearson. Επίσης, πραγματοποιήθηκε γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης και υπολογίστηκαν τα διαστήματα εμπιστοσύνης σε ποσοστό 95%. Για τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS (29.0, SPSS Inc., Chicago, IL) και το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

Αποτελέσματα

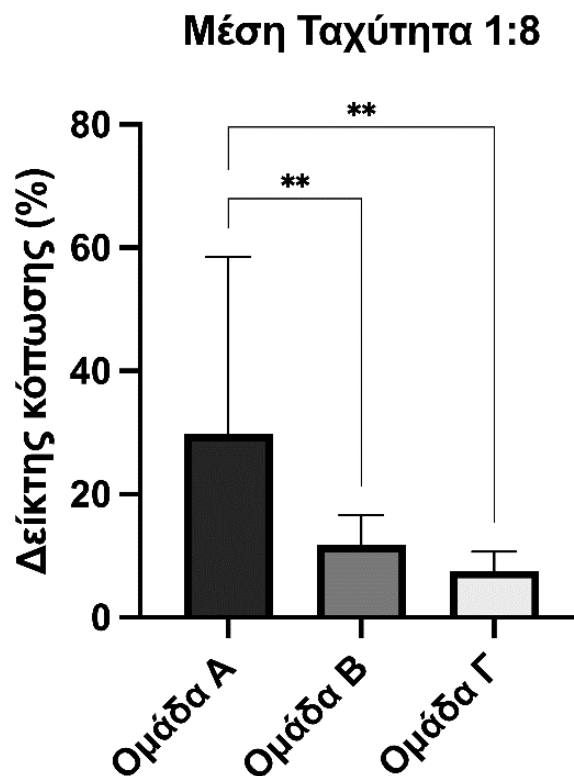
Η επίδραση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου στην ποιότητα της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-way ANOVA) για να εξεταστεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας στο πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:5 και των τριών ομάδων. Από τα αποτελέσματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων ($F_{(2,38)} = 9,655$, $p < 0,01$). Από τα αποτελέσματα του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της ομάδας Α και των ομάδων Β και Γ ($p = 0,001$).



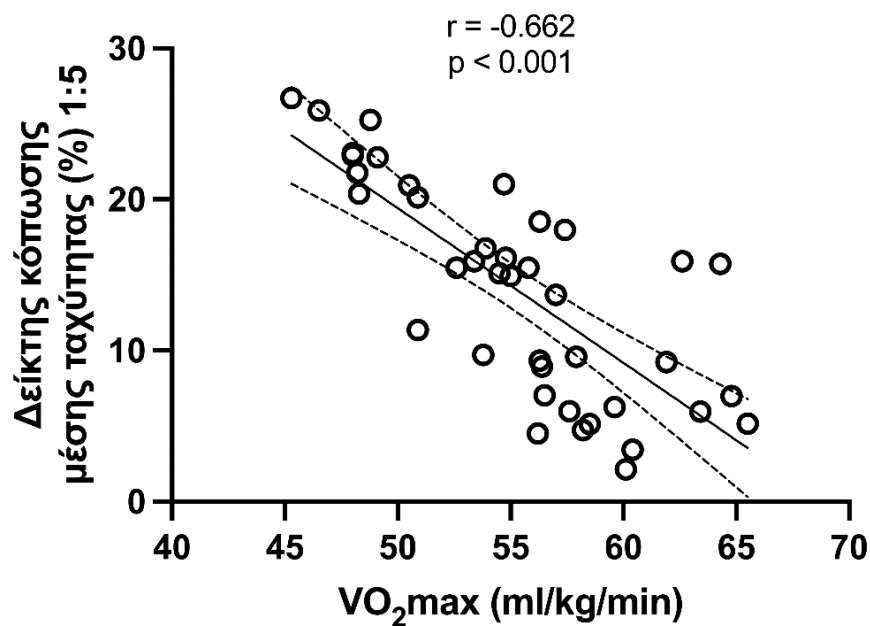
Σχήμα 1. Δείκτης κόπωσης της μέσης ταχύτητας στο πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:5. **Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδων Α και της ομάδας Β και Γ ($p < 0,01$).

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-way ANOVA) για να εξεταστεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας στο πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:8 και των τριών ομάδων. Από τα αποτελέσματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων ($F_{(2,36)} = 6,885$, $p < 0,05$). Από τα αποτελέσματα του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της ομάδας Α και των ομάδων Β και Γ ($p = 0,006$).



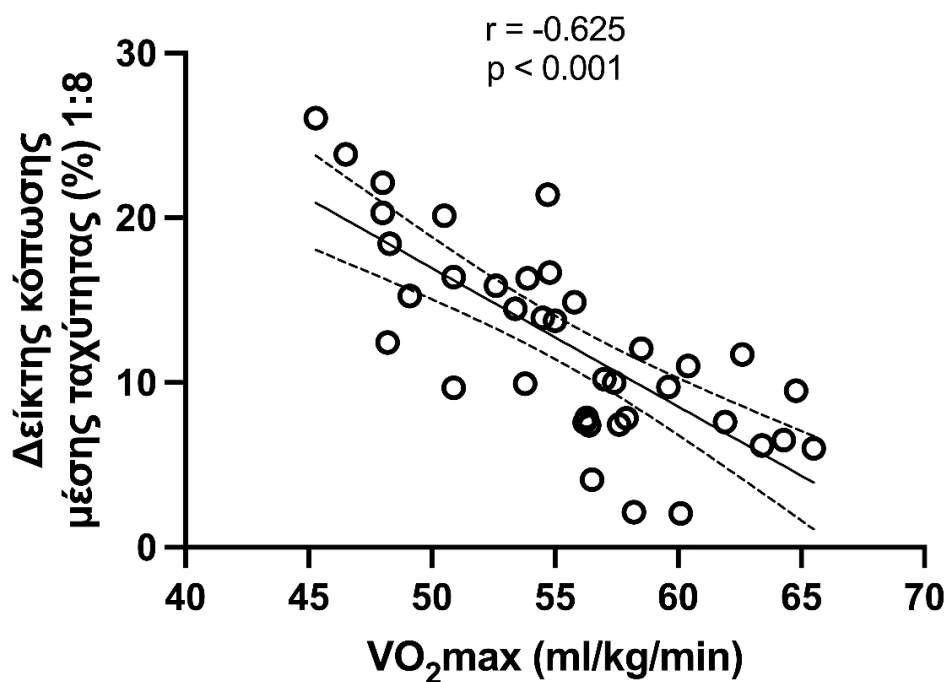
Σχήμα 2. Δείκτης κόπωσης της μέσης ταχύτητας στο πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:8. **Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδων Α και της ομάδας Β και Γ ($p < 0,01$).

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της VO_{2max} και του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της VO_{2max} και του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας στο 1:5, $r = -0,662$, $p < 0,001$.



Σχήμα 3. Συσχέτιση μεταξύ της VO_{2max} και του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας στο 1:5.

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της VO_{2max} και του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της VO_{2max} και του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας στο πρωτόκολλο 1:8, $r = -0,625$, $p < 0,001$.



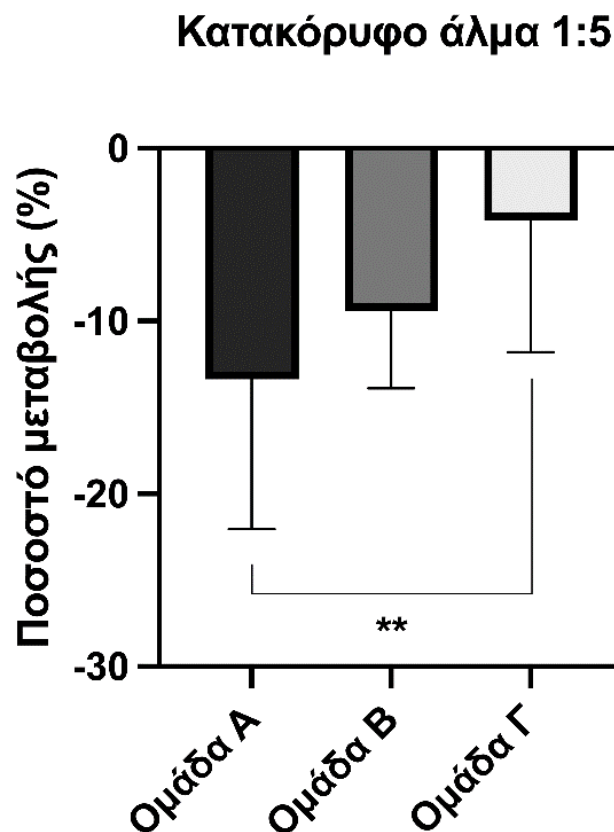
Σχήμα 4. Συσχέτιση μεταξύ της VO_{2max} και του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας στο πρωτόκολλο 1:8.

Η επίδραση της μέγιστης δύναμης στην ποιότητα της προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα

Από την ανάλυση συσχέτισης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος, της μέγιστης μειομετρικής ροπής των καμπτήρων του γόνατος, της μέγιστης έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και της μέγιστης έκκεντρης ροπής των καμπτήρων του γόνατος και των δεικτών κόπωσης της μέσης ταχύτητας των δύο πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα (1:5 & 1:8).

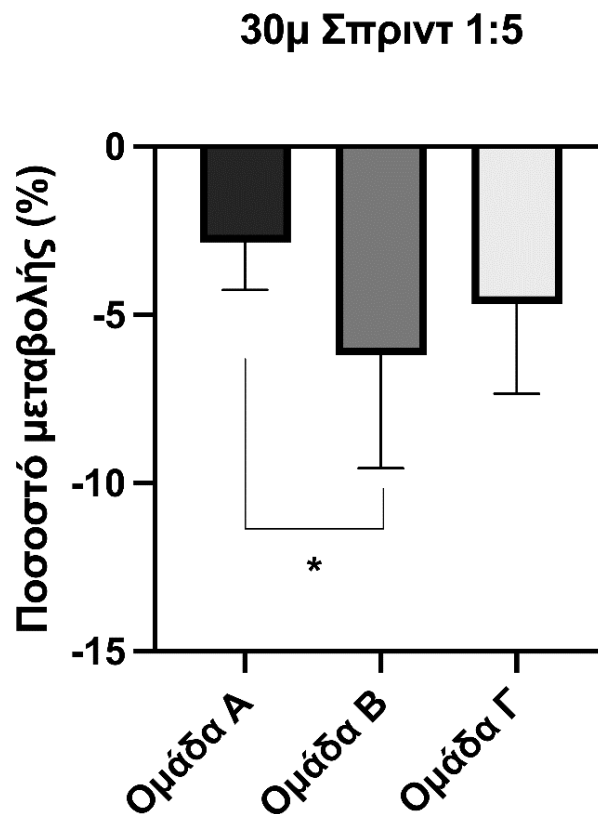
Η επίδραση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου στην αποκατάσταση μετά από την προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-way ANOVA) για να εξεταστεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του μέγιστου ποσοστού μείωσης του άλματος μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:5 και των τριών ομάδων. Από τα αποτελέσματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων ($F_{(2,38)} = 4,661$, $p < 0,05$). Από τα αποτελέσματα του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της ομάδας Α και της ομάδας Γ ($p = 0,013$).



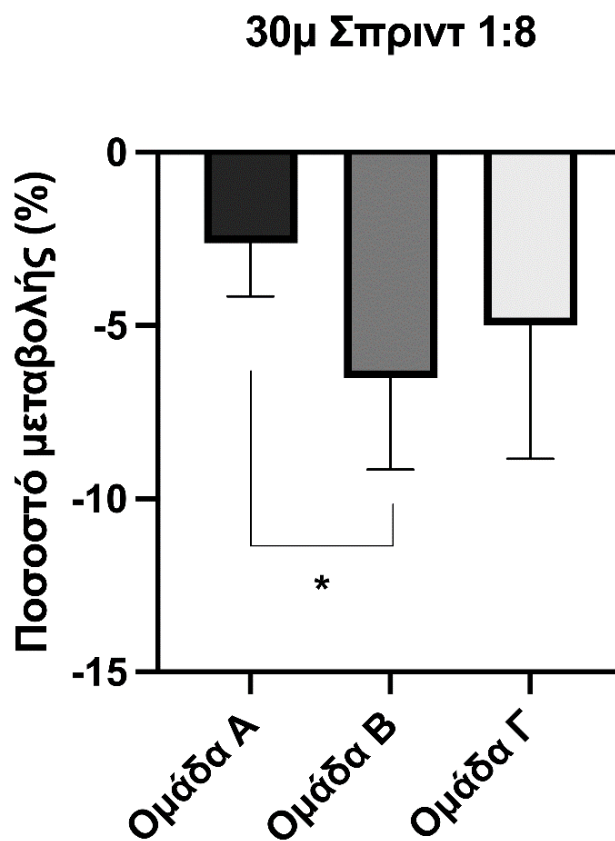
Σχήμα 5. Μέγιστο ποσοστό πτώσης του άλματος μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:5. ** Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδων Α και της ομάδας Γ ($p < 0,01$).

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-way ANOVA) για να εξεταστεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέγιστο ποσοστό μείωσης του χρόνου στο σπριντ 30 μέτρων μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:5 μεταξύ των τριών ομάδων. Από τα αποτελέσματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων ($F_{(2,38)}=4,411$, $p<0,05$). Από τα αποτελέσματα του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της ομάδας Α και της ομάδας Β ($p=0,017$).



Σχήμα 6. Ποσοστό μέγιστης μείωσης του χρόνου στο σπριντ 30 μέτρων μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:5. *Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων Α και Β ($p<0,05$).

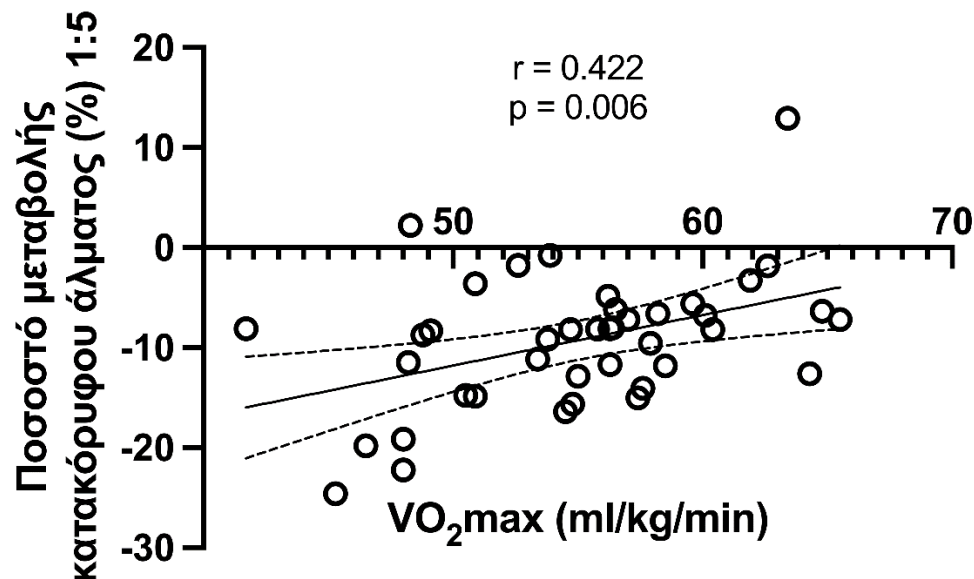
Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-way ANOVA) για να εξεταστεί εάν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο μέγιστο ποσοστό μείωσης του χρόνου στο σπριντ 30 μέτρων μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:8 μεταξύ των τριών ομάδων. Από τα αποτελέσματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων ($F_{(2,37)}=6,654$, $p<0,05$). Από τα αποτελέσματα του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της ομάδας Α και της ομάδας Β ($p=0,003$).



*Σχήμα 7. Ποσοστό μέγιστης μείωσης του χρόνου στο σπριντ 30 μέτρων μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:8. *Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων Α και Β ($p<0,05$).*

Από την ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-way ANOVA) δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ομάδων και (i) του μέγιστου ποσοστού μείωσης του άλματος μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:8,(ii) της μέγιστης τιμής του DOMS των εκτεινόντων του γόνατος μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:5,(iii) της μέγιστης τιμής του DOMS των εκτεινόντων του γόνατος μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:8,(iv) της μέγιστης τιμής του DOMS των καμπτήρων του γόνατος μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:5 και (v) της μέγιστης τιμής του DOMS των καμπτήρων του γόνατος μετά το πρωτόκολλο αντοχής στην ταχύτητα 1:8 ($p>0,05$).

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της VO_{2max} και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της VO_{2max} και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά το πρωτόκολλο 1:5 , $r = 0,422$, $p = 0,006$.

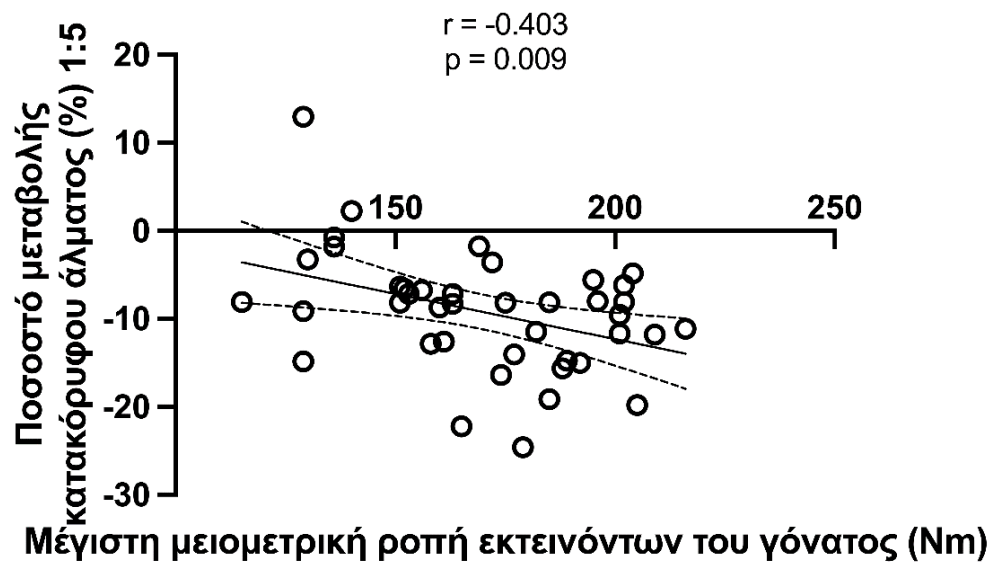


Σχήμα 8. Συσχέτιση μεταξύ της VO_{2max} και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα.

Scatter plot showing the relationship between $VO_{2\max}$ (ml/kg/min) on the x-axis and the ratio of muscle pain to joint pain (κλίμακα) 1:5 on the y-axis. The plot includes a solid regression line and two dashed confidence interval lines. The correlation coefficient is $r = -0.366$ and the p-value is $p = 0.019$.

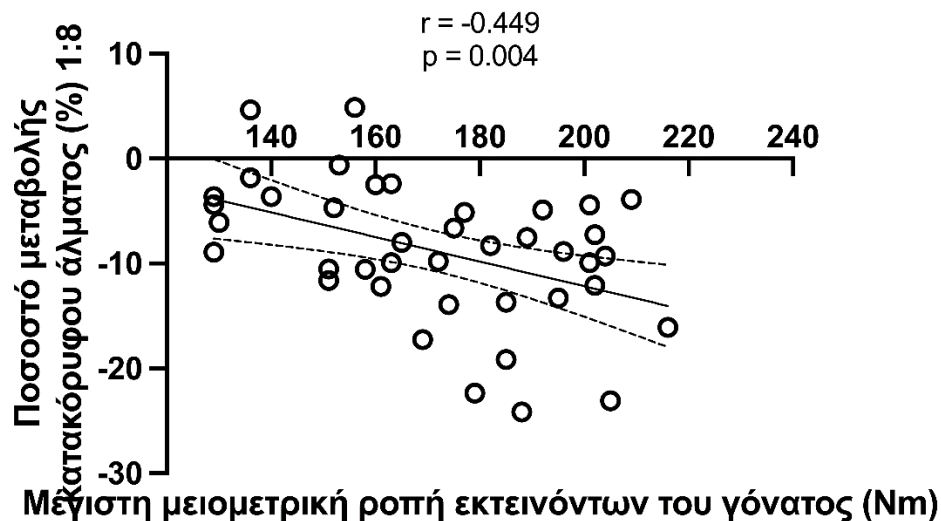
Από την ανάλυση συσχέτισης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ του επιπέδου της $\text{VO}_{2\text{max}}$ και (i) του ποσοστού μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8, (ii) του ποσοστού μέγιστης μείωσης του σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5, (iii) του ποσοστού μέγιστης μείωσης του σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8, (iv) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5, (v) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8 και (vi) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπτήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8 ($p>0,05$).

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά αρνητική σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα, $r = -0,403$, $p = 0,009$.



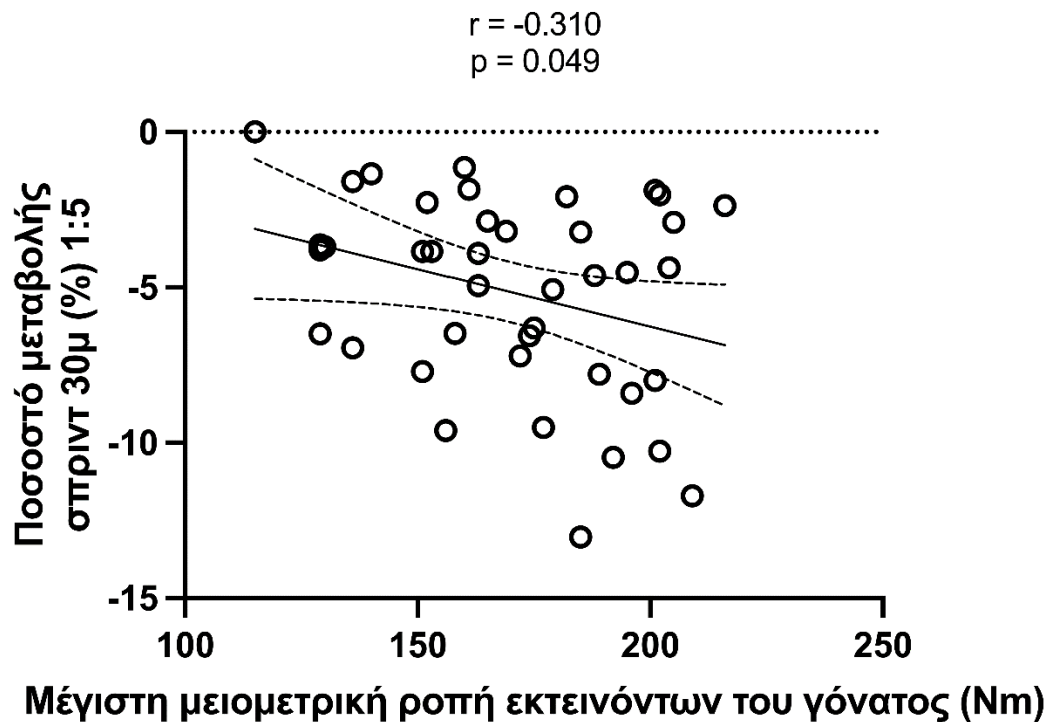
Σχήμα 10. Συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα.

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα, $r = -0,449$, $p = 0,004$.



Σχήμα 11. Συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα.

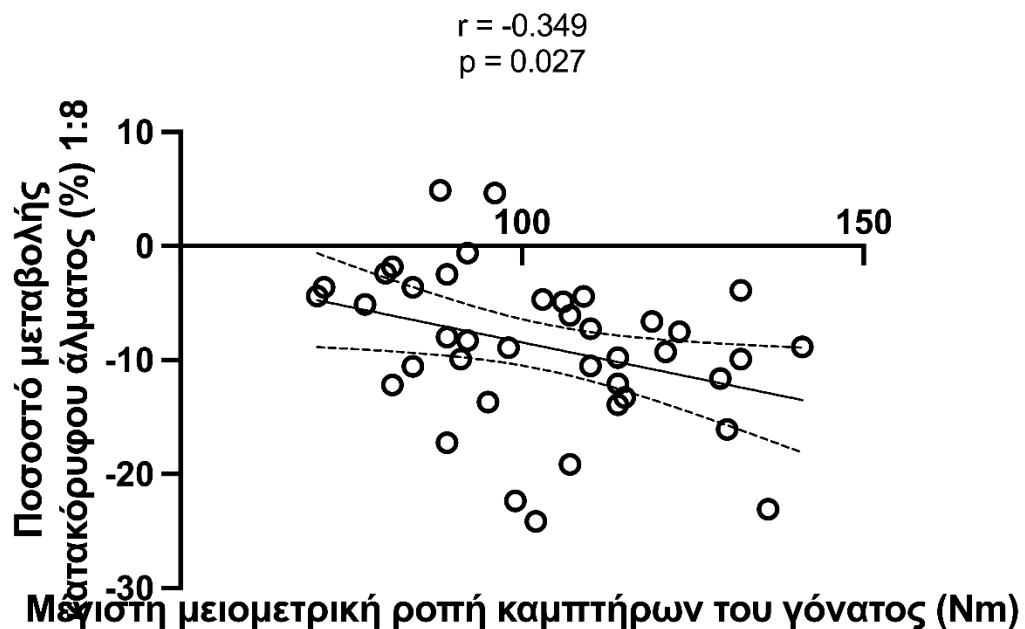
Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα, $r = -0,310$, $p = 0,049$.



Σχήμα 12. Συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων.

Από την ανάλυση συσχέτισης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και (i) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:8, (ii) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5, (iii) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8, (iv) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπτήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5 και (v) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπτήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8 ($p>0,05$).

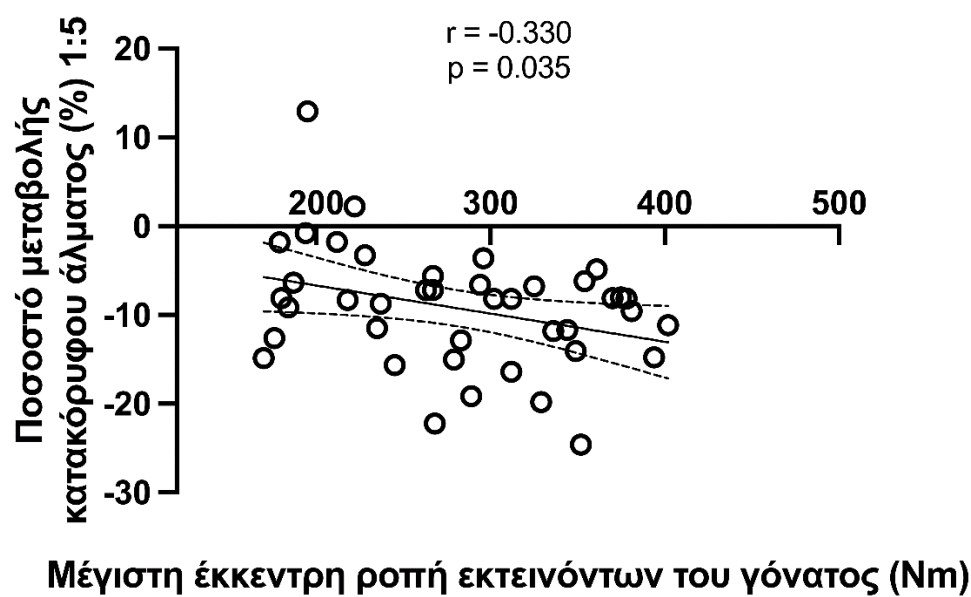
Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των καμπτήρων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα, $r = -0,349$, $p=0,027$.



Σχήμα 13. Συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των καμπτήρων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά το 1:8.

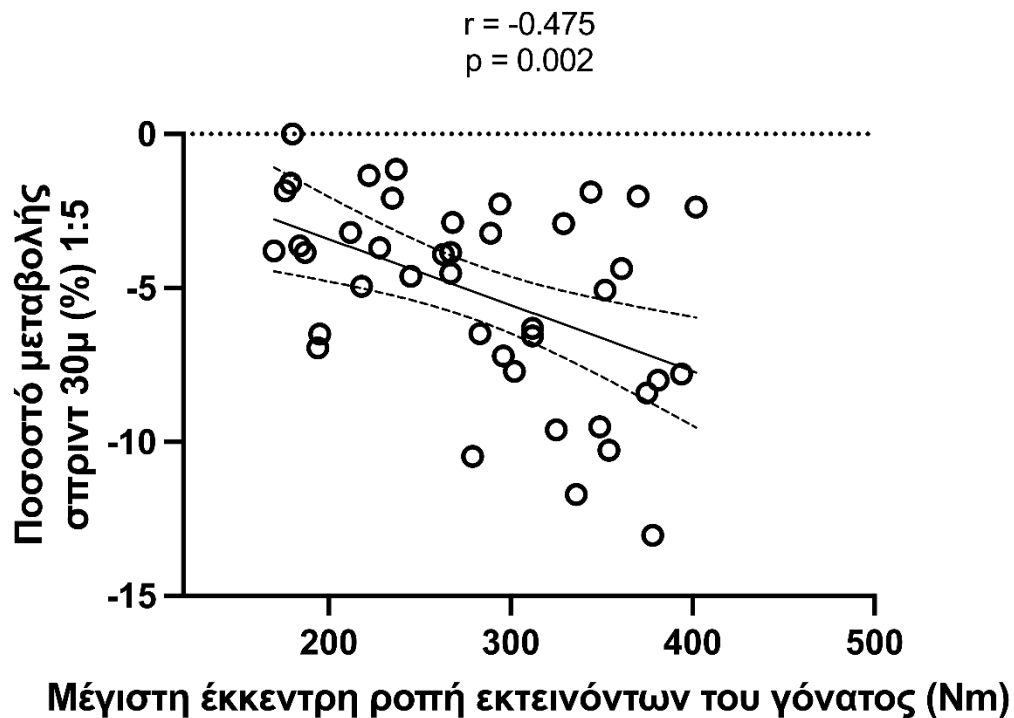
Από την ανάλυση συσχέτισης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της μέγιστης μειομετρικής ροπής των καμπτήρων του γόνατος και (i) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:5, (ii) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:5, (iii) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:5, (iv) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5, (v) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8, (vi) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπτήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5 και (vii) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπτήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8 ($p>0,05$).

Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση μεταξύ της μέγιστης έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα, $r = -0,330$, $p = 0,035$.



Σχήμα 14. Συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης έκκεντρης ροπής των καμπτήρων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο άλμα μετά το 1:5.

Από την ανάλυση συσχέτισης για την εξέταση της σχέσης μεταξύ της μέγιστης έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων, $r = -0,475$, $p=0,002$.



Σχήμα 15. Συσχέτιση μεταξύ της μέγιστης έκκεντρης ροπής των καμπτήρων του γόνατος και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά το 1:5.

Από την ανάλυση συσχέτισης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της μέγιστης έκκεντρης ροπής των εκτεινόντων του γόνατος και (i) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:5, (ii) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:8, (iii) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5, (vi) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8, (v) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5 και (vi) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8 ($p>0,05$).

Τέλος από την ανάλυση συσχέτισης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ της μέγιστης έκκεντρης ροπής των καμπτήρων του γόνατος και (i) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:5, (ii) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο άλμα μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:8, (iii) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:5, (vi) του μέγιστου ποσοστού πτώσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου 1:8, (v) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5, (vi) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους εκτείνοντες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8, (vii) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπτήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:5 και (viii) της μέγιστης αύξησης του καθυστερημένου μυϊκού πόνου για τους καμπτήρες του γόνατος μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου αντοχής στην ταχύτητα 1:8 ($p>0,05$).

Συζήτηση

Πολλές είναι οι μελέτες που έχουν ερευνήσει τις επιδράσεις της διαλειμματικής προπόνησης υψηλής έντασης (HIIT) σε δείκτες αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας. Η μελέτη αυτή είναι η πρώτη μελέτη που εξέτασε τις επιδράσεις της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας και της μέγιστης δύναμης στην απόδοση σε τέτοιου είδους πρωτόκολλα άσκησης στο ποδόσφαιρο και στην αποκατάσταση μετά την εκτέλεση τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν άμεση εξάρτηση του δείκτη κόπωσης της μέσης ταχύτητας σε πρωτόκολλα αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production και της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, με τα άτομα που έχουν τιμές $\text{VO}_{2\text{max}} < 50 \text{ ml/min/kg}$ να παρουσιάζουν σημαντικά αυξημένες τιμές στον δείκτη κόπωσης αλλά και μεγαλύτερη μείωση της απόδοσης της μέρες της αποκατάστασης σε σχέση με άτομα με υψηλότερες τιμές $\text{VO}_{2\text{max}}$. Επίσης στη μελέτη αυτή φάνηκε να υπάρχει αρνητική συσχέτιση της μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων με την μείωση της απόδοσης μετά την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production σε δείκτες όπως το κατακόρυφο άλμα και το σπριντ 30 μέτρων.

Οι συμμετέχοντες που επιλέχθηκαν ήταν ημί-επαγγελματίες και ερασιτέχνες ποδοσφαιριστές ώστε να υπάρχει διαφοροποίηση στο δείγμα ως προς τα επίπεδα της καρδιοαναπνευστικής τους ικανότητας. Η μέση πρόσληψη οξυγόνου του συνολικού δείγματος της μελέτης ήταν $55,01 \pm 5,64 \text{ ml/min/kg}$ ενώ μελέτες αναφέρουν ότι οι τιμές $57\text{-}62 \text{ ml/min/kg}$ πληρούν τις απαιτήσεις για αερόβια ικανότητα στο επαγγελματικό ποδόσφαιρο (Bangsbo, Michalsik, & Petersen, 1993; Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000; Tonnessen, Hem, Leirstein, Haugen, & Seiler, 2013).

Το καθένα από τα δύο πρωτόκολλα περιείχε 8 επαναλήψεις όπως και σε προηγούμενες προπονητικές μελέτες πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα με τη μέθοδο “Production” (Tzatzakis et al., 2020; Mohr & Krstrup, 2016; Ingebrigtsen, Tonessen & Krstrup, 2012; Ade et al., 2014) και χρόνο διάρκειας ανά επανάληψη 25-30 δευτερόλεπτα (Tzatzakis et al., 2020; Gunnarson et al., 2012; Mohr & Krstrup, 2016; Ingebrigtsen, Tonessen & Krstrup, 2012; Ade et al., 2014). Η αναλογία έργου διαλείμματος στα δύο πρωτόκολλα Speed Endurance Production Training που εκτέλεσαν οι ποδοσφαιριστές ήταν στο ένα 1:5 η οποία είναι η χαμηλότερη που έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία (Fransson, Nielsen, et al., 2018) ενώ στη 2η συνθήκη (1:8) η αναλογία έργου:αποκατάστασης ήταν η υψηλότερη που έχει αναφερθεί (Denham et al., 2015; Koral et al., 2018; Macpherson et al., 2011; Willoughby et al., 2016). Επίσης η ένταση κατά την διάρκεια των πρωτοκόλλων ήταν μέγιστη όπως αναφέρεται και στην βιβλιογραφία (Bangsbo et al., 2009; Gunnarsson et al., 2012; Vorup et al., 2016). Τέλος η δραστηριότητα κατά την διάρκεια των πρωτοκόλλων που εκτέλεσαν οι ποδοσφαιριστές προσομοίαζε πραγματικές συνθήκες του αγώνα (Mohr & Krstrup, 2016). Φάνηκε επίσης σημαντική μείωση στους δείκτες απόδοσης τις ημέρες της αποκατάστασης μετά από Speed Endurance Production Training, όπως το κατακόρυφο άλμα (CMJ) και η ταχύτητα. Όμοια αποτελέσματα φάνηκαν και σε άλλες δύο μελέτες στην βιβλιογραφία στις οποίες η απόδοση του άλματος ήταν μειωμένη στις πρώτες 24 ώρες ενώ η απόδοση στην ταχύτητα 30 μέτρων παρέμεινε μειωμένη για τις πρώτες 72 ώρες μετά το SET-P 1:5 και 48 ώρες μετά το SET-P 1:8 σύμφωνα με την πρώτη μελέτη και για 24 ώρες μετά και από τα δύο πρωτόκολλα σύμφωνα με τη δεύτερη (Tzatzakis et al., 2020; Kritikos et al., 2021).

Τα ευρήματα της μελέτης δείχνουν ότι άτομα με χαμηλότερα επίπεδα VO_{2max} εμφανίζουν μεγαλύτερο δείκτη κόπωσης σε προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα κάτι το

οποίο έχει ξαναπαρατηρηθεί στον τον δείκτη κόπωσης σε τεστ επαναλαμβανόμενης ικανότητας σπριντ (RST) (Aguilar et al., 2014; Rampinini et al., 2009). Έχει φανεί ότι η ικανότητα επαναλαμβανόμενων σπριντ (RSA) επηρεάζεται άμεσα από την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (Aziz et al. 2000; Bishop et al. 2003; Bishop & Spencer 2004; Hamilton et al. 1991; Tomlin & Wenger 2001). Ένας τρόπος με τον οποίο η αερόβια ικανότητα συμβάλλει στην διαλειμματική άσκηση κατά την διάρκεια των επαναλήψεων είναι ενισχύοντας την παραγωγή ενέργειας μέσω της αύξησης του μεγέθους και του αριθμού των μιτοχονδρίων (Holloszy & Coyle 1984). Συγκεκριμένα επιταχύνει την διαδικασία αποκατάστασης των ενεργειακών αποθεμάτων καθώς στην έντονη άσκηση η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP) που χρησιμοποιείται από τον μυ για παραγωγή ενέργειας ανασυντίθεται στα μιτοχόνδρια μέσω της διέγερσης μιας διαδικασίας που ονομάζεται μιτοχονδριακή οξειδωτική φωσφορυλίωση (Arnold, Matthews & Radda, 1984). Επίσης ένα αερόβια προπονημένο άτομο αξιοποιεί περισσότερο τις οξειδωτικές πηγές ενέργειας και λιγότερο τις μη οξειδωτικές μειώνοντας έτσι και την συσσώρευση του γαλακτικού οξέος στον μυ (Thoden 1991). Επιπλέον μία από τις προσαρμογές της αερόβιας προπόνησης είναι η αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος από και προς τους μύες κάτι το οποίο ενισχύει την απομάκρυνση του H^+ , της θερμότητας και του γαλακτικού από τον μυ (Dona et al., 2001), του οποίου η συγκέντρωση σχετίζεται με την μείωση της απόδοσης στα τεστ επαναλαμβανόμενων σπριντ (Rampinini et al., 2009).

Τα επίπεδα της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου επηρεάζουν την κορύφωση της μείωσης της απόδοσης στο άλμα και στο σπριντ 30 μέτρων τις μέρες μετά την εκτέλεση προπόνησης αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production. Συγκεκριμένα τα ευρήματα έδειξαν ότι υπάρχει σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων VO_{2max} και του ποσοστού της μέγιστης μείωσης του κατακόρυφου άλματος τις

επόμενες μέρες των πρωτοκόλλων με τα άτομα των οποίων οι τιμές είναι <50 ml/min/kg να εμφανίζουν σημαντική μείωση σε σχέση με τα άτομα με τιμές >50 ml/min/kg μετά την εκτέλεση της SET-P με αναλογία 1:5. Παρόμοια ευρήματα παρατηρήθηκαν και στη μελέτη του Draganidis και των συνεργατών (2015) του όπου διερεύνησαν την αποκατάσταση της μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου σε ημί-επαγγελματίες ποδοσφαιριστές. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της επίδοσης των αθλητών στο Yo-Yo Intermittent Recovery Test level 2 (τεστ αξιολόγησης της αερόβιας ικανότητας ειδικά σχεδιασμένο για διαλειμματικού τύπου αθλήματα) και της αποκατάστασης της μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος. Το Yo-Yo IR2 συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την απόσταση που καλύπτεται με τρέξιμο υψηλής ταχύτητας κατά τη διάρκεια ενός αγώνα (Young, Hepner & Robbins, 2012) και φάνηκε συγκεκριμένα ότι οι ποδοσφαιριστές με υψηλότερη επίδοση στο τεστ αυτό, έτειναν να έχουν ταχύτερη ανάρρωση της μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων τους (Draganidis et al., 2015).

Τα αποτελέσματα επίσης έδειξαν ότι τα άτομα με τιμές $50 \text{ ml/min/kg} < \text{VO}_{2\text{max}} < 60$ ml/min/kg παρουσίασαν μεγαλύτερη μείωση στο σπριντ 30 μέτρων από τα άτομα με $\text{VO}_{2\text{max}} < 50 \text{ ml/min/kg}$ μετά την εκτέλεση και των δύο πρωτοκόλλων SET-P με αναλογία έργου:διαλείμματος 1:5 και 1:8. Έχει φανεί ότι μετά από έναν αγώνα ποδοσφαίρου η δύναμη των κάτω άκρων παρουσίασε μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης τις ημέρες της αποκατάστασης στα άτομα τα οποία κάλυψαν τις μεγαλύτερες αποστάσεις σπριντ και επιτάχυνσης κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού (Draganidis et al., 2015). Αυτό θα μπορούσε να αιτιολογήσει τα παραπάνω δεδομένα καθώς μέσω του συστήματος GPS φάνηκε ότι τα άτομα με τιμή $\text{VO}_{2\text{max}} < 50 \text{ ml/min/kg}$ παρουσίασαν σημαντικά υψηλότερο δείκτη κόπωσης κατά την διάρκεια της εκτέλεσης του πρωτοκόλλου άρα

και ενδεχομένως χαμηλότερες δρομικές επιβαρύνσεις απ' ότι τα άτομα με τιμή $50 \text{ ml/min/kg} < \text{VO}_{2\text{max}} > 60 \text{ ml/min/kg}$.

Η μέγιστη δύναμη των καμπτήρων και εκτεινόντων του γόνατος επηρεάζει την κορύφωση της μείωσης της απόδοσης στην κινητική αποκατάστασης στην ταχύτητα και στο κατακόρυφο άλμα μετά την εκτέλεση SET-P. Συγκεκριμένα η μέγιστη δύναμη των κάτω άκρων εμφανίζει αρνητική συσχέτιση με το μέγιστο ποσοστό μείωσης της απόδοσης στο σπριντ 30 μέτρων τις μέρες μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου με αναλογία 1:5 ενώ στο κατακόρυφο άλμα (CMJ) μετά την εκτέλεση και του 1:5 και του 1:8. Ο Tzatzakis και οι συνεργάτες (2020) του έδειξαν ότι τις μέρες που ακολουθούν τα προπονητικά πρωτόκολλα αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production μειώνουν σημαντικά την μέγιστη ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων του ισχίου έως και 48 ώρες μετά την εκτέλεση και των δύο ίδιων πρωτοκόλλων. Αντίστοιχα ο Kritikos και οι συνεργάτες του (2021) παρατήρησαν μείωση της μέγιστης ροπής των εκτεινόντων και καμπτήρων του ισχίου για 24 ώρες μετά την εκτέλεση και των πρωτοκόλλων SET-P 1:5 και 1:8. Αυτά τα αποτελέσματα παρατηρούνται διότι αυτά τα προπονητικά πρωτόκολλα αντοχής στην ταχύτητα περιέχουν επιβραδύνσεις, επιταχύνσεις, σουτ και γενικότερα κινήσεις που περιέχουν έντονο το έκκεντρο στοιχείο το οποίο συνδέεται με την πρόκληση ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού (Silva et al., 2013). Ακολουθεί η φάση αναγέννησης ή επούλωσης του μυϊκού ιστού η οποία συνοδεύεται με μια φλεγμονώδη απόκριση και μείωση της απόδοσης (Smith, Kruger, R Smith & Myburgh, 2008; Hyldahl & Hubal, 2014). Η αναγέννηση των μυών σχετίζεται με την ενεργοποίηση ενός συνόλου μονοπύρηνων κυττάρων, γνωστών ως δορυφορικά κύτταρα, τα οποία στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται, διαφοροποιούνται και εισέρχονται στις κατεστραμμένες μυϊκές ίνες για να συνθέσουν νέες ίνες ή να συμβάλουν στην επούλωση άλλων ινών με λιγότερο σοβαρή βλάβη (Tidball & Villalta,

2010). Τα δορυφορικά κύτταρα βρίσκονται στην εξωτερική μεριά του σαρκειλήμματος και κάτω από τον μεσαίο χιτώνα (Mauro 1961) και ο αριθμός τους συνδέεται άμεσα με την μυϊκή υπερτροφία (Kadi & Thornell 2000). Ταυτόχρονα όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των δορυφορικών κυττάρων τόσο ταχύτερη είναι και η διαδικασία αποκατάστασης του μυός (Farup et al., 2014; Mackley et al., 2016). Έτσι μπορεί να εξηγηθεί και η συσχέτιση της μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων με το μικρότερο ποσοστό μείωσης της απόδοσης τις ημέρες τις αποκατάστασης.

Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν την ανάγκη για ένα ικανοποιητικό καρδιοαναπνευστικό υπόβαθρο για την εκτέλεση προπονητικών πρωτοκόλλων αντοχής στην ταχύτητα με την μέθοδο production στους ποδοσφαιριστές. Άτομα με τιμές $\text{VO}_{2\text{max}} < 50 \text{ ml/min/kg}$ φάνηκε να έχουν σημαντικά αυξημένο δείκτη κόπωσης στη μέση ταχύτητα κατά την διάρκεια και των δύο πρωτοκόλλων SET-P σε σχέση με άτομα με υψηλότερες τιμές $\text{VO}_{2\text{max}}$. Τα ίδια άτομα επίσης είχαν μεγαλύτερη μείωση της απόδοσης του κατακόρυφου άλματος της επακόλουθες μέρες της αποκατάστασης εν συγκρίσει με τα άτομα με υψηλότερη αερόβια ικανότητα ενώ το ανάποδο συνέβη με τη μείωση της ταχύτητας. Η μέγιστη δύναμή των κάτω άκρων φάνηκε επίσης να συσχετίζεται αρνητικά με την μείωση της απόδοσης της ταχύτητας και του άλματος της ημέρες της αποκατάστασης από τα πρωτόκολλα SET-P. Οι προπονητές/γυμναστές ποδοσφαίρου που χρησιμοποιούν την προπόνηση αντοχής στη ταχύτητα για την βελτίωση της αερόβιας και αναερόβιας ικανότητας πρέπει να γνωρίζουν ότι η ποιότητα της προπόνησης εξαρτάται από την μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου των ποδοσφαιριστών. Επίσης είναι σημαντικό να γνωρίζουν όταν εντάσσουν τέτοια πρωτόκολλα άσκησης στον προπονητικό μικρόκυκλο, ότι τα άτομα με χαμηλότερη καρδιοαναπνευστική ικανότητα ή μέγιστη δύναμη των κάτω άκρων μπορεί να εμφανίσουν μεγαλύτερη πτώση στους δείκτες απόδοσης τις επόμενες μέρες της αποκατάστασης σε σχέση με τα καλύτερα προπονημένα. Τέλος απαιτούνται περισσότερες έρευνες που να εξετάσουν τέτοιου είδους ευρήματα που συσχετίζουν την αερόβια και την αναερόβια ικανότητα με την αποκατάσταση δεικτών απόδοσης μετά από προπονητικά πρωτόκολλα σε μιτοχondριακό επίπεδο και επίπεδο μυϊκού ιστού και ενεργειακών αποθεμάτων.

Βιβλιογραφία

- 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. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 471-479.
- Agnevik, G. (1970). Fotboll. Rapport Idrottsfysiologi, TryggHansa, Stockh
- Aguiar, R. A. D., Turnes, T., Cruz, R. S. D. O., Salvador, A. F., & Caputo, F. (2015). Repeated sprint performance and metabolic recovery curves: effects of aerobic and anaerobic characteristics. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 40(5), 433-440.
- Ali, A., & Farrally, M. (1991). Recording soccer players' heart rates during matches. *Journal of sports sciences*, 9(2), 183-189.
- Andersson, H., Ekblom, B., & Krstrup, P. (2008). Elite football on artificial turf versus natural grass: movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of sports sciences*, 26(2), 113-122.
- Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine and science in sports and exercise*, 16(6), 529-538.
- Armstrong, R. B., Ogilvie, R. W., & Schwane, J. (1983). Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 54(1), 80-93.
- Arnold, D. L., Matthews, P. M., & Radda, G. K. (1984). Metabolic recovery after exercise and the assessment of mitochondrial function in vivo in human skeletal muscle by means of ³¹P NMR. *Magnetic resonance in medicine*, 1(3), 307-315.
- Aziz, A. R., Chia, M., & Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 40(3), 195.
- Bangsbo, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. *Journal of sports sciences*, 12(sup1), S5-S12.
- Bangsbo, J., Michalsik, L., & Petersen, A. (1993). Accumulated O₂ deficit during intense exercise and muscle characteristics of elite athletes. *International journal of sports medicine*, 14(04), 207-213.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(07), 665-674.
- Bishop, D., & Spencer, M. (2004). Determinants of repeated-sprint ability in well-trained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(1), 1.
- Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *European journal of applied physiology*, 92, 540-547.
- Bloomfield, J., Polman, R., O'donoghue, P., & McNaughton, L. A. R. S. (2007). Effective speed and agility conditioning methodology for random intermittent dynamic type sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1093-1100.

- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krstrup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of sports sciences*, 27(2), 159-168.
- Brehm, B. A., & Gutin, B. E. R. N. A. R. D. (1986). Recovery energy expenditure for steady state exercise in runners and nonexercisers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(2), 205-210.
- Denham, J., Feros, S. A., & O'Brien, B. J. (2015). Four weeks of sprint interval training improves 5-km run performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2137-2141.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine*, 47, 663-675.
- 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.
- Dupont, G., Akakpo, K., & Berthoin, S. (2004). The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 584-589.
- Eklom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports medicine*, 3, 50-60.
- Farup, J., Rahbek, S. K., Knudsen, I. S., de Paoli, F., Mackey, A. L., & Vissing, K. (2014). Whey protein supplementation accelerates satellite cell proliferation during recovery from eccentric exercise. *Amino acids*, 46, 2503-2516.
- Fatouros, I. G., & Jamurtas, A. Z. (2016). Insights into the molecular etiology of exercise-induced inflammation: opportunities for optimizing performance. *Journal of inflammation research*, 175-186.
- Fatouros, I. G., & Kouretas, D. (2010). Exercise, oxidative stress, and inflammation. In *Exercise Physiology: from a Cellular to an Integrative Approach* (pp. 245-258). IOS Press.
- Fransson, D., Krstrup, P., & Mohr, M. (2017). Running intensity fluctuations indicate temporary performance decrement in top-class football. *Science and Medicine in Football*, 1(1), 10-17.
- Fransson, D., Nielsen, T. S., Olsson, K., Christensson, T., Bradley, P. S., Fatouros, I. G., ... & Mohr, M. (2018). Skeletal muscle and performance adaptations to high-intensity training in elite male soccer players: speed endurance runs versus small-sided game training. *European Journal of Applied Physiology*, 118, 111-121.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of applied physiology*, 75(2), 712-719.
- 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), 1942-8.
- Hamilton, A. L., Nevill, M. E., Brooks, S., & Williams, C. (1991). Physiological responses to maximal intermittent exercise: Differences between endurance-trained runners and games players. *Journal of sports sciences*, 9(4), 371-382.
- Hostrup, M., & Bangsbo, J. (2023). Performance adaptations to intensified training in top-level football. *Sports Medicine*, 53(3), 577-594.

- Hyldahl, R. D., & Hubal, M. J. (2014). Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle & nerve*, 49(2), 155-170.
- Iaia, F. M., Ermanno, R., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International journal of sports physiology and performance*, 4(3), 291-306.
- Ingebrigtsen, J., Shalfawi, S. A., Tønnessen, E., Krstrup, P., & Holtermann, A. (2013). Performance effects of 6 weeks of aerobic production training in junior elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(7), 1861-1867.
- 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. *Clinical journal of sport medicine*, 18(5), 423-431.
- Kadi, F., & Thornell, L. E. (2000). Concomitant increases in myonuclear and satellite cell content in female trapezius muscle following strength training. *Histochemistry and cell biology*, 113, 99-103.
- Koral, J., Oranchuk, D. J., Herrera, R., & Millet, G. Y. (2018). Six sessions of sprint interval training improves running performance in trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(3), 617-623.
- Kritikos, S., Papanikolaou, K., Draganidis, D., Poullos, A., Georgakouli, K., Tsimeas, P., ... & Fatouros, I. G. (2021). Effect of whey vs. soy protein supplementation on recovery kinetics following speed endurance training in competitive male soccer players: a randomized controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 23.
- Krstrup, P., Hellsten, Y., & Bangsbo, J. (2004). Intense interval training enhances human skeletal muscle oxygen uptake in the initial phase of dynamic exercise at high but not at low intensities. *The Journal of physiology*, 559(1), 335-345.
- Krstrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H. E. L. G. A., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1242-1248.
- Krstrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(6), 1165-1174.
- Mackey, A. L., Rasmussen, L. K., Kadi, F., Schjerling, P., Helmark, I. C., Ponsot, E., ... & Kjaer, M. (2016). Activation of satellite cells and the regeneration of human skeletal muscle are expedited by ingestion of nonsteroidal anti-inflammatory medication. *The FASEB journal*, 30(6), 2266.
- Macpherson, R. E., Hazell, T. J., Olver, T. D., Paterson, D. H., & Lemon, P. W. (2011). Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(1), 115-122.
- Mauro, A. (1961). Satellite cell of skeletal muscle fibers. *The Journal of biophysical and biochemical cytology*, 9(2), 493.
- Mohr, M., & Krstrup, P. (2016). Comparison between two types of anaerobic speed endurance training in competitive soccer players. *Journal of human kinetics*, 51(1), 183-192.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21(7), 519-528.

- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21(7), 519-528.
- Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *Journal of sports sciences*, 23(6), 593-599.
- Murphy, R. M., Dutka, T. L., Horvath, D., Bell, J. R., Delbridge, L. M., & Lamb, G. D. (2013). Ca²⁺-dependent proteolysis of junctophilin-1 and junctophilin-2 in skeletal and cardiac muscle. *The Journal of physiology*, 591(3), 719-729.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012). Recovery in soccer: part I—post-match fatigue and time course of recovery. *Sports medicine*, 42, 997-1015.
- 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. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2683-2692.
- Peake, J. M., Neubauer, O., Della Gatta, P. A., & Nosaka, K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of applied physiology*.
- Peake, J., Della Gatta, P., Suzuki, K., & Nieman, D. (2015). Cytokine expression and secretion by skeletal muscle cells: regulatory mechanisms and exercise effects. *Exercise immunology review*, 21, 8-25.
- Radak, Z., Naito, H., Taylor, A. W., & Goto, S. (2012). Nitric oxide: Is it the cause of muscle soreness?. *Nitric Oxide*, 26(2), 89-94.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International journal of sports medicine*, 28(12), 1018-1024.
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(6), 1048-1054.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of sports sciences*, 18(9), 669-683.
- Sabat, J., Gould, S., Gillego, E., Hariprashad, A., Wiest, C., Almonte, S., ... & Eiref, S. D. (2016). The use of finger-stick blood to assess lactate in critically ill surgical patients. *Annals of medicine and surgery*, 10, 41-48.
- Saltin, B. Metabolic fundamentals in exercise. *Med. Sci. Sports* 5:137-146;1973.
- Sayers, S. P., Clarkson, P. M., Rouzier, P. A., & Kamen, G. A. R. Y. (1999). Adverse events associated with eccentric exercise protocols: six case studies. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(12), 1697-1702.
- Silva, J. R., Ascensão, A., Marques, F., Seabra, A., Rebelo, A., & Magalhães, J. (2013). Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *European journal of applied physiology*, 113, 2193-2201.
- Smith, C., Kruger, M. J., Smith, R. M., & Myburgh, K. H. (2008). The inflammatory response to skeletal muscle injury: illuminating complexities. *Sports medicine*, 38, 947-969.

- Svensson, J. M. (2007). *The development of a soccer-specific high-intensity intermittent running protocol*. Liverpool John Moores University (United Kingdom).
- Swainson, M. G., Batterham, A. M., Tsakirides, C., Rutherford, Z. H., & Hind, K. (2017). Prediction of whole-body fat percentage and visceral adipose tissue mass from five anthropometric variables. *PLoS one*, 12(5), e0177175.
- Thoden, J. Testing aerobic power. In *Physiological Testing of the High-Performance Athlete*; Human Kinetics: Champaign, IL, USA, 1990; pp. 107–174.
- Thomas, V., & Reilly, T. (1979). Fitness assessment of English league soccer players through the competitive season. *British journal of sports medicine*, 13(3), 103-109.
- Thomassen, M., Christensen, P. M., Gunnarsson, T. P., Nybo, L., & Bangsbo, J. (2010). Effect of 2-wk intensified training and inactivity on muscle Na⁺-K⁺ pump expression, phospholemman (FXD1) phosphorylation, and performance in soccer players. *Journal of applied physiology*, 108(4), 898-905.
- Tidball, J. G., & Villalta, S. A. (2010). Regulatory interactions between muscle and the immune system during muscle regeneration. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 298(5), R1173-R1187.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports medicine*, 31, 1-11.
- Tønnessen, E., Hem, E., Leirstein, S., Haugen, T., & Seiler, S. (2013). Maximal aerobic power characteristics of male professional soccer players, 1989–2012. *International journal of sports physiology and performance*, 8(3), 323-329.
- Tzatzakis, T., Papanikolaou, K., Draganidis, D., Tsimeas, P., Kritikos, S., Poullos, A., ... & Fatouros, I. G. (2020). Recovery kinetics after speed-endurance training in male soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(3), 395-408.
- Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *International journal of sports medicine*, 34(01), 34-39.
- Vorup, J., Tybirk, J., Gunnarsson, T. P., Ravnholt, T., Dalsgaard, S., & Bangsbo, J. (2016). Effect of speed endurance and strength training on performance, running economy and muscular adaptations in endurance-trained runners. *European Journal of Applied Physiology*, 116, 1331-1341.
- Warren, G. L., Ingalls, C. P., Lowe, D. A., & Armstrong, R. B. (2002). What mechanisms contribute to the strength loss that occurs during and in the recovery from skeletal muscle injury?. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 32(2), 58-64.
- Willoughby, T. N., Thomas, M. P., Schmale, M. S., Copeland, J. L., & Hazell, T. J. (2016). Four weeks of running sprint interval training improves cardiorespiratory fitness in young and middle-aged adults. *Journal of sports sciences*, 34(13), 1207-1214.
- Young, W. B., Hepner, J., & Robbins, D. W. (2012). Movement demands in Australian rules football as indicators of muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 492-496.