

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΙΕΓΕΡΤΙΚΗΣ ΔΙΕΥΚΟΛΥΝΣΗΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ
ΠΡΟ-ΑΣΚΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΟ ΣΠΡΙΝΤ**

Της

Παπάζογλου Παρασκευής (ΑΕΜ: 0720033)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

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

Εγκεκριμένη από το καθηγητικό σώμα:

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δελή Χαρίκλεια, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΤΡΙΚΑΛΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2024

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης, ήταν να διερευνηθεί αν η εφαρμογή ενός προπονητικού ερεθίσματος ισχύος πριν από ένα σπριντ οδηγεί σε μεταδιεγερτική διευκόλυνση (Post-activation potentiation – PAP) και συνεπώς καλύτερη απόδοση στο σπριντ και να μελετηθεί αν η μεταδιεγερτική διευκόλυνση διατηρείται σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες σε μία προπονητική μονάδα. Συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη 15 αθλητές και αθλήτριες (επτά άνδρες και εννιά γυναίκες) ηλικίας 18 – 28 ετών οι οποίοι ολοκλήρωσαν με τυχαιοποιημένη σειρά τρία προπονητικά πρωτόκολλα: α) 6 x 30 m σπριντ χωρίς προάσκηση (πρωτόκολλο ελέγχου – ΠΕ), β) 6 x 30 m σπριντ με προάσκηση, όπου πριν από κάθε σπριντ εκτελούνταν 2 σετ των 4 κάθετων αλμάτων με αντιμετάθεση (Countermovement jump – CMJ) με επιβάρυνση 0% 1ME στο κάθισμα 90° (squat) (PAP0%) γ) 6x30 m σπριντ με προάσκηση με επιβάρυνση 20% 1ME στο squat (PAP20%). Η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος (ΓΟ), ο υποκειμενικός μυϊκός πόνος και η απόδοση στο CMJ αξιολογήθηκαν μετά από κάθε σπριντ. Η προπόνηση PAP οδήγησε σε παρόμοια αύξηση στη συγκέντρωση του ΓΟ συγκριτικά με την προπόνηση ταχύτητας χωρίς προάσκηση. Ο μυϊκός πόνος αυξήθηκε στους εκτείνοντες και καμπτήρες μηριαίους του κυρίαρχου ποδιού, μόνο στο πρωτόκολλο PAP20%. Το ύψος άλματος στο CMJ μετά από κάθε σπριντ δεν μεταβλήθηκε σημαντικά σε κανένα πρωτόκολλο προπόνησης. Αν και οι μεταβολές στην απόδοση στα σπριντ κατά τη διάρκεια της προπόνησης δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των πρωτοκόλλων, η εφαρμογή των πρωτοκόλλων PAP, οδήγησε σε μεγαλύτερη βελτίωση. Η μεγαλύτερη βελτίωση παρατηρήθηκε στα 30 m (-0,022 sec) κατά τη διάρκεια του PAP0% μετά το 3^ο σπριντ. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική κόπωση κατά τη διάρκεια και των τριών πρωτοκόλλων. Συμπερασματικά, η εφαρμογή προάσκησης πριν από ένα σπριντ μπορεί να οδηγήσει σε μεταδιεγερτική διευκόλυνση και βελτίωση της απόδοσης στο σπριντ. Το φαινόμενο PAP δεν φαίνεται να διατηρείται για περισσότερες από 2 επαναλήψεις κατά τη διάρκεια της ίδιας προπονητικής συνεδρίας, όταν εφαρμόζονται προασκήσεις με τα χαρακτηριστικά της παρούσας μελέτης.

Λέξεις κλειδιά: Μεταδιεγερτική διευκόλυνση, συνδυαστική προπόνηση, απόδοση, ταχύτητα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την υπεύθυνη καθηγήτρια μου, κυρία Χαρά Δελή, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη συνεχή καθοδήγηση, εμπιστοσύνη και στήριξη που μου πρόσφερε καθ' όλη την διάρκεια της πτυχιακής μου εργασίας.

Στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη του εργαστηρίου (SmArt Lab) τα οποία συνέβαλλαν στην ερευνητική διαδικασία για την υλοποίηση της πτυχιακής μου εργασίας.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω να ευχαριστήσω τους συμμετέχοντες για την προθυμία και τη συνέπειά τους, καθώς χωρίς εκείνους δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί η μελέτη.

Τέλος, ένα ευχαριστώ στην οικογένεια μου αλλά και σε όσους στάθηκαν δίπλα μου σε αυτή την απαιτητική χρονιά για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΣΚΟΠΟΣ.....	9
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ.....	9
1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	10
1.1. Ταχύτητα.....	10
1.2. Μέθοδοι προπόνησης ταχύτητας.....	10
1.2.1. Προπόνηση επιτάχυνσης.....	10
1.2.2. Προπόνηση μέγιστης ταχύτητας.....	11
1.2.3. Προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα	11
1.2.4. Προπόνηση δύναμης.....	11
1.2.5. Σύνθετη μέθοδος προπόνησης.....	12
1.2.6. Προπόνηση μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης.....	12
1.3. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και απόδοση.....	13
1.4. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση στην ταχύτητα.....	20
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	25
2.1. Συμμετέχοντες.....	25
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	25

2.3. Προπονητικά πρωτόκολλα	27
2.3.1. Προπόνηση ταχύτητας με εφαρμογή προάσκησης ισχύος με αντίσταση 0% 1ME.....	27
2.3.2. Προπόνηση ταχύτητας με εφαρμογή προάσκησης ισχύος με αντίσταση 20% 1ME	27
2.3.3. Προπόνηση ταχύτητας χωρίς την εφαρμογή προάσκησης ισχύος	27
2.3.4. Καθορισμός διαλείμματος μετά την προάσκηση	27
2.4. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σωματική σύσταση	28
2.4.1. Σωματική μάζα	28
2.4.2. Σωματικό ύψος.....	28
2.4.3. Δείκτης σωματικής μάζας.....	28
2.4.4. Σωματική σύσταση	29
2.5. Μυϊκός πόνος	29
2.6. Αξιολόγηση δεικτών μεταβολισμού	29
2.6.1. Γαλακτικό οξύ.....	29
2.7. Αξιολόγηση δεικτών απόδοσης	29
2.7.1. Αξιολόγηση Ταχύτητας	29
2.7.2. Αξιολόγηση κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση	30
2.7.3. Αξιολόγηση μέγιστης δύναμης.....	30
2.7.4. Αξιολόγηση νευρομυϊκής κόπωσης	31
3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	32
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	33
4.1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων.....	33
4.1.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά.....	33
4.1.2. Σωματική σύσταση	33
4.1.3. Μέγιστη δύναμη στο κάθισμα 90°	33
4.1.4. Απόδοση στο σπριντ 10 μ και 30 μ.....	33
4.2. Συγκέντρωση Γαλακτικού Οξέος	35

4.3. Μυϊκός πόνος	36
4.4. Ύψος κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση	42
4.5. Επίδοση στα 10μ σπριντ.....	43
4.6. Επίδοση στα 10-30 μ σπριντ	44
4.7. Επίδοση στα 30 μ σπριντ	45
4.8. Νευρομυϊκή κόπωση	46
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	47
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	51
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και απόδοση

Πίνακας 2. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και απόδοση στην ταχύτητα (σπριντ).

Πίνακας 3. Περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Πίνακας 4. Υποκειμενικός μυϊκός πόνος στην έκφυση των εκτεινόντων και καμπτήρων μηριαίων κατά τη διάρκεια της προπόνησης ταχύτητας.

Πίνακας 5. Υποκειμενικός μυϊκός πόνος στη γαστέρα των εκτεινόντων και καμπτήρων μηριαίων κατά τη διάρκεια της προπόνησης ταχύτητας.

Πίνακας 6. Υποκειμενικός μυϊκός πόνος στην κατάφυση των εκτεινόντων και καμπτήρων μηριαίων κατά τη διάρκεια της προπόνησης ταχύτητας.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης.

Εικόνα 2. Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα.

Εικόνα 3. Υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στη γαστέρα των εκτεινόντων μηριαίων του κυρίαρχου ποδιού.

Εικόνα 4. Υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στη γαστέρα των καμπτήρων μηριαίων του μη-κυρίαρχου ποδιού.

Εικόνα 5. Ύψος του κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση.

Εικόνα 6. Επίδοση στα 10 m σπριντ.

Εικόνα 7. Επίδοση στα 10-30 m σπριντ.

Εικόνα 8. Επίδοση στα 30 m σπριντ.

Εικόνα 9. Δείκτης κόπωσης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ταχύτητα αποτελεί μια σημαντική φυσική ικανότητα, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση και θεωρείται μια από τις βασικές κινήσεις που χαρακτηρίζουν μια επιτυχημένη συμμετοχή στον αθλητισμό τόσο στα ομαδικά όσο και στα ατομικά αγωνίσματα (Bridgett & Linthorne 2006, Haugen 2014, Meyers 2017). Η ταχύτητα, ορίζεται ως μια σειρά από φάσεις στήριξης και πτήσης (διασκελισμοί), προκειμένου το σώμα ενός αθλητή να μετακινηθεί με τη μέγιστη δυνατή επιτάχυνση ή ταχύτητα (Haff & Triplett 2016). Η συστηματική προπόνηση ταχύτητας βελτιώνει την επιτάχυνση, τη μέγιστη ταχύτητα και την ισχύ (Rumpf 2016).

Η ταχύτητα περιλαμβάνει διαφορετικές φάσεις όπως η εκκίνηση, η επιτάχυνση, η μέγιστη ταχύτητα και η επιβράδυνση. Για τη βελτίωση της ταχύτητας και των επιμέρους φάσεων της εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι προπόνησης (Haugen 2019). Αυτές περιλαμβάνουν σπριντ σε μικρές αποστάσεις 10-50 m για τη βελτίωση της επιτάχυνσης, σπριντ σε μεγαλύτερες αποστάσεις από 20 έως και 60 m για τη βελτίωση της μέγιστης ταχύτητας (Haugen 2019), διαλειμματική προπόνηση σε ένα εύρος αποστάσεων (80-150 m) ανάλογα με το επίπεδο του ασκούμενου για την βελτίωση της αντοχής στην ταχύτητα (Laurson & Jenkins 2002), σπριντ με επιπρόσθετο φορτίο (resisted training) με έλκηθρο, γιλέκο και αλεξίπτωτο αντίστασης για τη βελτίωση της οριζόντιας επιτάχυνσης και ταχύτητας (Harrison & Bourke 2009), καθώς και προπόνηση μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης (Seitz 2016, Hodgson 2005).

Η μεταδιεγερτική διευκόλυνση (post-activation potentiation - PAP) έχει καθοριστεί ως ένα φαινόμενο κατά το οποίο η απόδοση των μυών αυξάνεται μετά από μια μέγιστη ή υπομέγιστη νευρομυϊκή ενεργοποίηση, δηλαδή μετά την εφαρμογή μιας προάσκησης ισχύος (Tillin 2009). Παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιείται ως μέθοδος προπόνησης για τη βελτίωση της ταχύτητας, τα μέχρι τώρα επιστημονικά δεδομένα σχετικά με την αποτελεσματικότητα αυτής της μεθόδου είναι ελάχιστα και αντικρουόμενα μεταξύ τους καθώς έχει αναφερθεί βελτίωση στην απόδοση (Tillin 2009), αλλά και έλλειψη αλλαγών, ή ακόμη και επιδείνωση της απόδοσης (Hodgson 2005). Το φαινόμενο PAP έχει μελετηθεί αρκετά ως προς την βελτίωση της απόδοσης στην αλτική ικανότητα χρησιμοποιώντας διάφορες προασκήσεις, όπως το βαθύ κάθισμα (deep squat), το άλμα βάθους (depth jump), μονοποδικό άλμα βάθους με το κυρίαρχο πόδι και το μη κυρίαρχο

πόδι, εκτάσεις ισχίων (hip thrust) (Borza Sanudo 2020). Αντίθετα, τα δεδομένα σχετικά με την επίδρασή της προπόνησης PAP στην ταχύτητα είναι περιορισμένα (Tillin & Bishop, 2009). Ωστόσο, πληροφορίες σχετικά με την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής προ-ασκήσεων σε μια προπόνηση με στόχο ενεργοποίηση του μηχανισμού της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης και τη βελτίωση της ικανότητας σπριντ, είναι σημαντικές για τον βέλτιστο σχεδιασμό της προπόνησης των αθλητών, για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης και την αποφυγή τραυματισμών.

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης, είναι α) να διερευνηθεί αν η εφαρμογή ενός προπονητικού ερεθίσματος ισχύος πριν από ένα σπριντ οδηγεί σε μεταδιεγερτική διευκόλυνση και καλύτερη απόδοση στο σπριντ και β) να διερευνηθεί αν η μεταδιεγερτική διευκόλυνση διατηρείται σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες σε μία προπονητική μονάδα.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

- 1) Η εφαρμογή προάσκησης ισχύος πριν από ένα σπριντ θα επιφέρει βελτίωση της απόδοσης στο σπριντ
- 2) Η απόκριση στην απόδοση στο σπριντ θα είναι διαφορετική μετά από εφαρμογή προάσκησης με επιβάρυνση 0% 1ME στο κάθισμα 90°, συγκριτικά με την εφαρμογή προάσκησης με επιβάρυνση 20% 1ME.
- 3) Η απόδοση στο σπριντ θα βελτιωθεί περισσότερο μετά από εφαρμογή προάσκησης με επιβάρυνση 20% 1ME.
- 4) Το φαινόμενο της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης μπορεί να διατηρηθεί σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες.

1. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1.1. Ταχύτητα

Η απόδοση της ταχύτητας παίζει καθοριστικό ρόλο σε ατομικά αθλήματα όπως ο στίβος, όσο και σε ομαδικά αθλήματα όπως το ποδόσφαιρο, το μπάσκετ, το ράγκμπι μιας και απαιτούν γρήγορες και εκρηκτικές κινήσεις (Mero 2001, Cometti 2001, Scanlan 2011, Gabbett 2012). Πρόκειται για ένα σύνθετο φαινόμενο το οποίο εξαρτάται από διαφορετικούς φυσιολογικούς παράγοντες, όπως ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης, η μυϊκή δύναμη, η μέγιστη δύναμη και η αναερόβια ικανότητα (Cronin & Hansen 2005, Loturco 2019). Η συστηματική προπόνηση ταχύτητας βελτιώνει την ικανότητα επιτάχυνσης και της ανάπτυξης μέγιστης ταχύτητας, βοηθάει τον αθλητή στην εκκίνηση του σπριντ και συμβάλει σε γρηγορότερες αλλαγές κατεύθυνσης αυξάνοντας την απόδοση των αθλητών (Young 2006, Spencer 2005) ενώ η μέγιστη ταχύτητα συμβάλει στην διατήρηση της (Haugen 2019). Σημαντικό ρόλο για την συστηματική προπόνηση της επιτάχυνσης και της μέγιστης ταχύτητας είναι η ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης και της νευρομυϊκής ενεργοποίησης (Rumpf 2016).

1.2. Μέθοδοι προπόνησης της ταχύτητας

1.2.1. Προπόνηση επιτάχυνσης

Για την προπόνηση της επιτάχυνσης προτείνεται ένα εύρος αποστάσεων σε μέγιστες εντάσεις (10-50m), ωστόσο, αυτό εξαρτάται από το προπονητικό επίπεδο του αθλητή αλλά και σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του αθλήματος (Haugen 2019). Μια άλλη συνήθης μέθοδος προπόνησης για την βελτίωση της ταχύτητας και της επιτάχυνσης είναι η προπόνηση με αντιστάσεις, η οποία περιλαμβάνει την εφαρμογή επιπρόσθετου φορτίου ως ένα επιπλέον εργαλείο για την βελτίωση της οριζόντιας ταχύτητας και της παραγωγής δύναμης κατά την διάρκεια ενός σπριντ (Petrakos 2016). Η προπόνηση ταχύτητας με επιβάρυνση περιλαμβάνει σπριντ με επιπρόσθετο φορτίο χρησιμοποιώντας έλκηθρο, γιλέκο και αλεξίπτωτο αντίστασης (Harrison & Bourke 2009).

1.2.2. Προπόνηση μέγιστης ταχύτητας

Σκοπός της προπόνησης μέγιστης ταχύτητας είναι η ανάπτυξη και η διατήρηση της ταχύτητας για όσο το δυνατόν περισσότερο, χωρίς την μείωση της απόδοσης. Η μέγιστη ταχύτητα μπορεί να διατηρηθεί από 10 m έως και 30 m, αν και εξαρτάται από το προπονητικό επίπεδο των αθλητών. Για την προπόνηση της μέγιστης ταχύτητας προτείνονται αποστάσεις των 20 m έως 60 m σε ένταση μεγαλύτερη από το 98%, ωστόσο εξαρτάται και από την απόσταση που χρειάζεται ο αθλητής για να αναπτύξει την μέγιστη ταχύτητα. Συγκεκριμένα, έμπειροι επαγγελματίες αθλητές μπορεί να χρειαστούν 40 m για την ανάπτυξη της επιτάχυνσης και άλλα 30m για να φτάσουν την μέγιστη ταχύτητα, ενώ για τους αρχάριους αθλητές μια απόσταση 20 m (ανάπτυξη επιτάχυνσης) είναι αρκετή για να μπορέσουν να διατηρήσουν 10 m μέγιστης ταχύτητας (Graubner & Nixdorf 2009, Bissas 2017).

1.2.3. Προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα

Η αντοχή στην ταχύτητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός ατόμου να διατηρεί υψηλή ταχύτητα για παρατεταμένη χρονική περίοδο χωρίς να μειώνεται η απόδοση λόγω κόπωσης. Η προπόνηση για την ανάπτυξη της παραπάνω μεθόδου περιλαμβάνει διαλειμματική προπόνηση, δρόμους ταχύτητας με μικρά διαλείμματα και ασκήσεις ενδυνάμωσης (Laurson & Jenkins 2002). Για την προπόνηση της παραπάνω μεθόδου, προτείνονται επαναλαμβανόμενες επαναλήψεις με αποστάσεις από 60-80 m στο 90%-95% με διάλειμμα από 2 έως 4 min (Π.Χ 2 σετ των 5x60 m). Από την άλλη, μεγαλύτερες αποστάσεις από 80 m έως και 150m στο 95% με περισσότερο διάλειμμα (π.χ 4-6x150 m) ενδείκνυνται όταν σκοπός είναι η ανάπτυξη της ειδικής αντοχής στην ταχύτητα (Haugen 2019).

1.2.4. Προπόνηση δύναμης

Η προπόνηση της δύναμης συμβάλει σημαντικά στην βελτίωση της απόδοσης της ταχύτητας, καθώς προκαλεί άμεσα την βελτίωση της μυϊκής ισχύς και της εκρηκτικότητας, στοιχεία απαραίτητα στο σπριντ (Rønnestad & Mujika 2014). Η βελτίωση της δύναμης των κάτω άκρων δίνει την δυνατότητα στους αθλητές να ασκούν μεγαλύτερη δύναμη στο έδαφος, με

αποτέλεσμα να ωθούν καλύτερα στην φάση της επιτάχυνσης (Young 2006). Φαίνεται επομένως, ότι μέσω της συστηματικής προπόνησης της δύναμης ο χρόνος επαφής με το έδαφος μπορεί να μειωθεί (Mero 1992).

1.2.5. Σύνθετη μέθοδος προπόνησης

Η σύνθετη μέθοδος ή αλλιώς complex training συνδυάζει ασκήσεις δύναμης ή εκρηκτικές ασκήσεις με ασκήσεις ταχύτητας με σκοπό την μεγιστοποίηση της ταχύτητας. Η complex training βασίζεται στο φαινόμενο της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης μιας και στοχεύει στην ταυτόχρονη βελτίωση τόσο της δύναμης όσο και της ταχύτητας, γεγονός που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε αθλήματα που απαιτούν γρήγορες, εκρηκτικές κινήσεις (Docherty 2004).

1.2.6. Προπόνηση μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης

Η μεταδιεγερτική διευκόλυνση (post-activation potentiation - PAP) έχει καθοριστεί ως ένα φαινόμενο κατά το οποίο η απόδοση των μυών αυξάνεται μετά από μια μέγιστη ή υπομέγιστη νευρομυϊκή ενεργοποίηση, δηλαδή μετά την εφαρμογή μιας προάσκησης ισχύος (Tillin, Bishop, 2009). Ωστόσο, η αύξηση της απόδοσης εξαρτάται από την σχέση μεταξύ του μηχανισμού ενίσχυσης (PAP) και της κόπωσης που προκαλείται μετά από ένα ερέθισμα. Φαίνεται ότι μόνο όταν η ενίσχυση είναι μεγαλύτερη από την κόπωση, θα λειτουργήσει ο μηχανισμός PAP και θα επέλθει βελτίωση στην απόδοση (Hodgson 2005).

Ο κύριος μηχανισμός της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης βασίζεται στην φωσφορυλίωση των αλυσίδων της μυοσίνης, αυξάνοντας την ευαισθησία του μυός στο ασβέστιο (Ca) το οποίο απελευθερώνεται από το σαρκοπλασματικό δίκτυο λόγω της έντονης αλληλεπίδρασης της ακτίνης και της μυοσίνης (Sale 2002). Το PAP επίσης, προκαλεί την ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων, ειδικότερα των μυϊκών ινών ταχείας συστολής (τύπου II). Ασκούμενοι με μεγαλύτερο ποσοστό μυϊκών ινών τύπου II πιθανώς να έχουν σε απόθεμα περισσότερες κινητικές μονάδες, οι οποίες μπορούν να ενεργοποιηθούν μετά από μια μυϊκή συστολή μειώνοντας το ποσοστό αποτυχίας του νευροδιαβιβαστή (Tillin & Bishop 2009). Συγκεκριμένα, μετά από μια δυναμική ή ταχυδυναμική άσκηση όπως οι άρσεις βαρών (κάθισμα με αναπήδηση, ανέβασμα σε κουτί,

στρίψιμο), η ενεργοποίηση των ταχέων μυϊκών ινών μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της απόδοσης στο άλμα και στην ταχύτητα (Hodgson, Docherty & Robbins 2005).

1.3. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και απόδοση

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα, η εφαρμογή της προπόνησης μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης μπορεί να βελτιώσει την απόδοση σε αγωνίσματα που χαρακτηρίζονται από ισχύ όπως το άλμα και η ταχύτητα (Seitz 2016). Ωστόσο, παρά τις πολυάριθμες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί παραμένουν ασάφειες στην βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης στην απόδοση (Tillin & Bishop 2009).

Το βαθύ κάθισμα με επιπρόσθετο φορτίο (>80% 1ME) αποτελεί μια συχνή προάσκηση για την ενίσχυση της απόδοσης στο άλμα (Seitz & Haff 2016), όπως επίσης το ύψος του κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση (CMJ) χρησιμοποιείται ως δείκτης απόδοσης σε αρκετά πρωτόκολλα που εξετάζουν το PAP (Tobin 2014). Σύμφωνα με τον Garrett και τους συνεργάτες του (Garrett 2004) η εφαρμογή 10 κάθετων αλμάτων με αντιμετάθεση χεριών ή 5 βαθιών καθισμάτων με επιπρόσθετο φορτίο δεν προκάλεσε την βελτίωση της απόδοσης στο CMJ σε άνδρες που προπονούνται με αντιστάσεις. Αντιθέτως, σε μια άλλη μελέτη παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης του CMJ και του κατακόρυφου άλματος από κάθισμα 90° (squat jump - SJ) μετά την εφαρμογή 3 σετ των 3 επαναλήψεων καθίσματος 90° με 3 sec παύση στην ισομετρική φάση στις 90° (Spieszny 2022). Σε μια άλλη μελέτη εξετάστηκε η απόκριση του PAP σε διαφορετικά φορτία επιβάρυνσης στο κάθισμα. Εφαρμόστηκαν δύο πρωτόκολλα, ένα με φορτίο υψηλής αντίστασης και ένα με φορτίο μέτριας αντίστασης. Σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις, η απόδοση του CMJ αυξήθηκε και στις 2 συνθήκες, όμως φαίνεται ότι το φορτίο με την υψηλότερη αντίσταση προκάλεσε μεγαλύτερο ερέθισμα PAP από το φορτίο μέτριας αντίστασης (Fucutani 2014).

Η λειτουργία του PAP εξαρτάται από τον χρόνο που διαρκεί η ενίσχυση της απόδοσης, μιας και φαίνεται να έχει θετικές επιδράσεις από 2 έως και 20 min. Ο Sue και οι συνεργάτες του (Sue 2016) μελέτησαν σε παίκτριες πετοσφαίρισης την επίδραση της εφαρμογής 5 βαθιών καθισμάτων στο 50% της 1ME στην απόδοση στο οριζόντιο άλμα από στάση (Standing long jump

– SLJ) μετά από 2 min, 6 min, 10 min, 14 min και 18 min. Παρατηρήθηκε ότι το ερέθισμα PAP διήρκησε από 2 έως 10 min, ενώ μετά τα 10 min δεν υπήρχε βελτίωση της απόδοσης στο SLJ.

Αντίστοιχα, σε μια άλλη μελέτη (Yang 2024) εξετάστηκε η βελτίωση του CMJ σε 3 συνθήκες: A) 1x6 SJ με το φορτίο που οδηγεί σε βέλτιστη απόδοση ισχύος, B) 1x6 drop jumps με 15 sec διάλειμμα, Γ) συνθήκη ελέγχου (πρωτόκολλο χωρίς προάσκηση, οι δοκιμαζόμενοι περίμεναν τον αντίστοιχο χρόνο που διήρκησαν οι άλλες δύο συνθήκες). Το CMJ μετρήθηκε ως δείκτης απόδοσης στα 30 sec, σε 3 min, σε 6 min και σε 9 min και παρατηρήθηκε αύξηση στα 30 sec μετά την εφαρμογή των DJ και μετά τα 9 min στην εφαρμογή των SJ με το βέλτιστο φορτίο. Σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη το PAP είχε θετικές επιδράσεις από τα 30 sec έως και τα 9 min και στις δύο συνθήκες ενώ η απόδοση του CMJ στην συνθήκη ελέγχου μειώθηκε στα 9 min. Μετά από 30 sec το PAP ανταποκρίθηκε καλύτερα στο πρωτόκολλο των DJ, ενώ η απόδοση στο CMJ αυξήθηκε μετά από 9 min στην συνθήκη των SJ. Φαίνεται επομένως, ότι το ερέθισμα PAP ανταποκρίνεται διαφορετικά σε κάθε άσκηση. Μερικές μελέτες επίσης, συγκρίνουν την απόκριση του PAP μετά από την εφαρμογή διαφορετικών ειδών της άσκησης του καθίσματος. Παρατηρήθηκε ότι το βαθύ κάθισμα προκαλεί καλύτερη απόδοση στο CMJ σε σχέση με το ημικάθισμα (Esformer 2013).

Μια άλλη μέθοδος για να εφαρμοστεί το PAP είναι ο συνδυασμός διαφορετικών ασκήσεων (complex training), η σύνθετη μέθοδος ή αλλιώς complex training συνδυάζει ασκήσεις δύναμης ή εκρηκτικές ασκήσεις με ασκήσεις ταχύτητας με σκοπό την μεγιστοποίηση της ταχύτητας (Docherty, Robbins & Hodgson 2004). Για παράδειγμα ο Tobin και ο Delahunt (Tobin & Delahunt 2014) εφάρμοσαν σε επαγγελματίες παίκτες του ράγκμπι μια σειρά από πλειομετρικές ασκήσεις (2x10 κάθετες αναπηδήσεις, 3x5 αναπηδήσεις πάνω από εμπόδια και 5 άλματα βάθους – depth jumps από κουτί 50 cm) με σκοπό την αύξηση της απόδοσης στο CMJ αλλά και για να παρατηρήσουν την διαφορετική απόκριση του PAP μετά από 1 min, 3 min και 5 min. Πράγματι, το συγκεκριμένο πρωτόκολλο προκάλεσε αύξηση στο ύψος του CMJ αλλά δεν υπήρξε διαφορά σε σχέση με τον χρόνο, δηλαδή δεν υπήρξε διαφορετική απόκριση στην απόδοση του CMJ μεταξύ 1 min και 5 min. Παρόμοια μελέτη (Sharma 2018) εφαρμόστηκε σε αθλήτριες ποδοσφαίρου με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης στο CMJ (μετά από 1 min και 10 min) αλλά και την μελέτη της απόκρισης του ΓΟ μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου PAP. Εφαρμόστηκαν

2 συνθήκες: α) 2x10 κάθετες αναπηδήσεις με τεντωμένα πόδια (pogo jumps) , 3x5 αναπηδήσεις πάνω από εμπόδια και 5 άλματα βάθους-depth jumps από κουτί 50 cm και β) 10x1κάθισμα 90° στο 90% 1ME. Παρατηρήθηκε βελτίωση του CMJ μετά από 10 min ενώ μετά το 1 min υπήρξε πτώση της απόδοσης και στις δύο συνθήκες. Από την άλλη, οι Tobin και Delahunt (2014) εφαρμόζοντας το ίδιο πρωτόκολλο παρατήρησαν βελτίωση από το πρώτο έως το πέμπτο λεπτό. Σε μια άλλη μελέτη, εφαρμόστηκε ένα πρωτόκολλο με πλειομετρικές ασκήσεις (2x5 CMJ, 2x5 προβολές εναλλάξ, 2x5 οριζόντια άλματα) με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης του CMJ αλλά και την απόκριση του PAP σε σχέση με τον χρόνο. Μετά την πραγματοποίηση του πρωτοκόλλου, το CMJ μετρήθηκε μετά από 1 min, 3 min, 6 min και 9 min. Το ύψος του CMJ αυξήθηκε σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου, ενώ η καλύτερη επίδοση σημειώθηκε μεταξύ 3 min και 6 min (Barreto,2023). Σύμφωνα με τα παραπάνω ερευνητικά δεδομένα, ο χρόνος απόκρισης του PAP στην απόδοση στο CMJ είναι ακόμα ασαφής και χρειάζεται παραπάνω μελέτη. Στον Πίνακα 1, συνοψίζεται η επίδραση της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης στην απόδοση.

Πίνακας 1. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και απόδοση.

Μελέτη	Παρέμβαση	Συμμετέχοντες	Αποτελέσματα
Garret 2004	Προάσκηση Α) 1 σετ 10 κάθετων αλμάτων με αντιμετάθεση χεριών Β) 1 σετ των 5 βαθιών καθισμάτων με επιπρόσθετο φορτίο . Επίδοση-Στόχος CMJ Χρονική στιγμή μέτρησης: 3 min μετά την προάσκηση	15 άνδρες 20±2.1 ετών προπονημένοι στην προπόνηση με αντιστάσεις	↔ CMJ
Atalag 2020	Προάσκηση Α) 1x3 βαθύ κάθισμα (90% 1ME) Β) 1x3 hip thrust (90% 1ME) Γ) Συνθήκη ελέγχου Επίδοση-Στόχος CMJ Χρονική στιγμή μέτρησης: 8 min, 11 min μετά την προάσκηση	17 αθλητές και αθλήτριες 21.7±1.4 ετών από διάφορα αθλήματα	↔ CMJ
Barreto 2023	Προάσκηση Α) 2x5 CMJ Β)) 2x5 προβολές εναλλάξ	14 ενεργά δραστήριοι άνδρες και γυναίκες 28±7 ετών	↑ CMJ μετά από προάσκηση μετά από 1 min, 3 min, 6 min ↔ CMJ στα 9 min

	Γ)) 2x5 οριζόντιων αλμάτων *1 min διάλειμμα μεταξύ των σετ Επίδοση-Στόχος CMJ Χρονική στιγμή μέτρησης: 1 min, 3 min, 6 min, 9 min μετά την προάσκηση		
Sue 2016	Προάσκηση 1x5 κάθισμα (50% 1ME) Επίδοση-Στόχος CMJ Χρονική στιγμή μέτρησης: 2 min, 6 min, 10 min, 14 min, 18 min μετά την προάσκηση	9 παίκτριες της πετοσφαίρισης ηλικίας 18 ± 0.5 ετών	↑ CMJ στα 2 min, 6 min και 10 min
Yang 2024	Προάσκηση A) 1x6 SJ optimal power load B) 1x6 drop jumps με 15 sec διάλειμμα Γ) συνθήκη ελέγχου Επίδοση-Στόχος CMJ Χρονική στιγμή μέτρησης: 30 sec, 3 min, 6 min, 9 min μετά την προάσκηση	20 αθλήτριες ρυθμικής γυμναστικής 18±2 ετών	↓ CMJ στη συνθήκη ελέγχου μετά τα 9 min ↑ CMJ μετά από 30 sec στη συνθήκη DJ ↑ CMJ μετά από 9 min στη συνθήκη SJ
Fucutani 2014	Προάσκηση Υψηλή αντίσταση (YA) A) 1x5 κάθισμα (45% 1ME, 60% 1ME), 1x3 κάθισμα (75% 1ME,90% 1ME)	8 αθλητές άρσης βαρών 19.8± 6 ετών	↑ CMJ και στις 2 συνθήκες Μεγαλύτερη ↑ στο ύψος του CMJ στην συνθήκη YA

Μέτρια αντίσταση (MA)

B) 1x5 κάθισμα (45% 1ME, 60% 1ME), 1x3 κάθισμα (75% 1ME)

Επίδοση-Στόχος

CMJ

Χρονική στιγμή μέτρησης:

Αμέσως μετά τα πρωτόκολλα

Esformer 2010	Προάσκηση A) 1x3 καθίσματα (1ME 100%) B) 1x3 ημικαθίσματα (1ME 100%)	13 ημιεπαγγελματίες παίκτες του ράγκμπι 18±2 ετών	↑ CMJ μετά από το PAP Μεγαλύτερη ↑ μετά την εφαρμογή καθίσματος συγκριτικά με τα ημικαθίσματα
	Επίδοση-Στόχος CMJ		
	Χρονική στιγμή μέτρησης: 5 min μετά την προάσκηση		
Tobin & Delahunt 2014	Προάσκηση 2x10 κάθετες αναπηδήσεις, 3x5 αναπηδήσεις πάνω από εμπόδια και 5 DJ(κουτί 50εκ.)	20 επαγγελματίες παίκτες του ράγκμπι 22 ±3 ετών	↑ CMJ μετά από πλειομετρικές ασκήσεις ↔ CMJ σε σχέση με τον χρόνο
	Επίδοση-Στόχος CMJ		
	Χρονική στιγμή μέτρησης: 1 min, 3 min, 5 min μετά την προάσκηση		

Sharma 2018	Προάσκηση Πρωτόκολλο πλειομετρικών ασκήσεων (ΠΑ): Α) 2x10 κάθετες αναπηδήσεις, 3x5 αναπηδήσεις πάνω από εμπόδια και 5 DJ (κουτί 50εκ.) Πρωτόκολλο υψηλής αντίστασης (ΥΑ): Β) 10x1κάθισμα 90° στο 90% 1ΜΕ Επίδοση-Στόχος CMJ Χρονική στιγμή μέτρησης: 1 min, 10 min μετά την προάσκηση	14 αθλήτριες κολλεγίου στο ποδόσφαιρο 18.57±0.94 ετών.	↔ ΓΟ στις αρχικές μετρήσεις και μετά από 1 min στα δύο πρωτόκολλα Μεγαλύτερη ↓ ΓΟ μετά από 10 min ΠΑ σε σχέση με την ΥΑ ↑ CMJ 10 min μετά την εφαρμογή ΠΑ ↓ CMJ 1 min μετά την εφαρμογή ΡΑΡ στο πρωτόκολλο ΥΑ
Spieszny 2022	Προάσκηση 3x3 βαθιά καθίσματα με 3 sec ισομετρική φάση στην έκκεντρη φάση Επίδοση-Στόχος CMJ Χρονική στιγμή μέτρησης: 4 min, 8 min μετά την προάσκηση	31 ημιεπαγγελματίες παίκτες χειροσφαίρισης 19±2 ετών	↑ CMJ και SJ ↔ CMJ και SJ στα 4 και 8min Μεγαλύτερη ↑ CMJ στα 4 min Μεγαλύτερη ↑ SJ στα 8min

1.4. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και απόδοση στην ταχύτητα (σπριντ)

Η επίδραση της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης στην απόδοση στην ταχύτητα παραμένει ασαφής μιας έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες μελέτες. Ο Turner και οι συνεργάτες του (Turner 2015) παρατήρησαν βελτίωση της απόδοσης στο σπριντ 20 m μετά την εφαρμογή 3x10 οριζόντιων αναπηδήσεων με εναλλαγές ποδιών (alternative boundings), όπως επίσης στην μελέτη του Vanderka (Vanderka 2016) σημειώθηκε βελτίωση της απόδοσης στο σπριντ μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου PAP σε αθλητές στίβου και ποδοσφαίρου. Συγκεκριμένα, εφάρμοσε 2 σετ των 6 επαναλήψεων SJ πριν από ένα σπριντ 40 m. Οι αθλητές στίβου βελτίωσαν σημαντικά την ικανότητα επιτάχυνσης συγκριτικά με την συνθήκη ελέγχου και συγκριτικά με τους αθλητές ποδοσφαίρου. Μια άλλη μελέτη εξέτασε το ερέθισμα PAP σε 3 διαφορετικές συνθήκες: Α) 1x5 (5ME) επαναλήψεις άρσεις θανάτου Β) 1x5 κάθετες αναπηδήσεις με δύο πόδια και ταυτόχρονη άρση των γονάτων στο στήθος (tuck jumps) σε σχέση Γ) με την συνθήκη ελέγχου. Σε καμία συνθήκη δεν παρατηρήθηκε σημαντική αλλαγή στην απόδοση στο CMJ και στο σπριντ 20 m μετά την προάσκηση με το 10% του σωματικού βάρους (Kevin 2009). Ο Sharma και οι συνεργάτες του (Sharma 2018) εξέτασαν την απόδοση στο σπριντ 20 m μετά την εφαρμογή δυο διαφορετικών πρωτοκόλλων PAP. Το πρώτο πρωτόκολλο περιλάμβανε πλειομετρικές ασκήσεις (2x10 κάθετες αναπηδήσεις, 3x5 αναπηδήσεις πάνω από εμπόδια και 5 άλματα βάθους-depth jumps σε κουτί 50 cm) και το δεύτερο πρωτόκολλο προάσκηση υψηλής αντίστασης (10κκάθισμα 90° στο 90% 1ME). Παρατηρήθηκε ότι η απόδοση στο σπριντ μετά την εφαρμογή προάσκησης υψηλής αντίστασης αυξήθηκε σημαντικά μετά από 1 min ενώ μειώθηκε μετά τα 10 min. Αντίθετα, μετά την εφαρμογή πλειομετρικών ασκήσεων δεν υπήρξε σημαντική διαφορά στην απόδοση στο σπριντ.

Για την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου PAP, έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλες προασκήσεις με βάρη όπως το στρίψιμο και το hip thrust. Σε μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε παρατηρήθηκε αύξηση της εκρηκτικότητας και βελτίωση της απόδοσης στο σπριντ, μετά την εφαρμογή δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης: α) 1x3 στρίψιμο στο 90% της 1ME β) 1x3 βαθύ κάθισμα στο 90% της 1ME (Haff & Tragano 2014). Ωστόσο, ο Atalag και συν (Atalag 2020) παρατήρησαν μείωση της απόδοσης στο σπριντ μετά την εφαρμογή 3x10 hip thrust με φορτίο στο 90% της 1ME. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία

περισσότερες μελέτες έχουν εφαρμόσει πλειομετρικές ασκήσεις ως ερέθισμα PAP στην απόδοση στο σπριντ έναντι των ασκήσεων με βάρη. Στον Πίνακα 2, συνοψίζεται η επίδραση της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης στην απόδοση στην ταχύτητα (σπριντ).

Πίνακας 2. Μεταδιεγερτική διευκόλυνση και απόδοση στην ταχύτητα (σπριντ).

Μελέτη	Παρέμβαση	Συμμετέχοντες	Αποτελέσματα
Haff & Tragano 2014	Προάσκηση Α) Στρίψιμο (1x3 επαναλήψεις, 90% 1ΜΕ) Β) Βαθύ κάθισμα (1x3 επαναλήψεις στο 90% 1ΜΕ) Γ) Συνθήκη ελέγχου (Χωρίς προάσκηση) Επίδοση-Στόχος Σπριντ 20 m Χρονική στιγμή μέτρησης: 8 min, 11min μετά την προάσκηση	13 επαγγελματίες αθλητές ράγκμπι 18.8 ± 0.9 ετών	↑ Επίδοση στο σπριντ 20 m ↑ Επιτάχυνση Καλύτερη επιτάχυνση μετά το στρίψιμο σε σχέση με το βαθύ κάθισμα Καλύτερη εκρηκτικότητα στο στρίψιμο
Tomlinson 2020	Προάσκηση 2x8 κάθισμα με αναπήδηση με γιλέκο (13% σωματικού βάρους) Επίδοση-Στόχος Σπριντ 30 m Χρονική στιγμή μέτρησης: 5 min, 8 min μετά την προάσκηση	22 αθλητές και αθλήτριες ταχύτητας στίβου 19.8±1.5 ετών	↔ Επίδοση στο σπριντ 30 m
Atalag 2020	Προάσκηση Α) 1x3 βαθύ κάθισμα (90% 1ΜΕ) Β) 1x3 hip thrust (90% 1ΜΕ) Γ) Συνθήκη ελέγχου Επίδοση-Στόχος Σπριντ 20 m	17 αθλητές και αθλήτριες 21.7±1.5 ετών από διάφορα αθλήματα	↔ Η απόδοση στο σπριντ και στο κάθετο άλμα

	Χρονική στιγμή μέτρησης: 8 min, 11min μετά την προάσκηση		
Kevin 2009	Προάσκηση A) 1x5 (5ME) επαναλήψεις άρσεις θανάτου B) 1x5 tuck jumps Γ) Μέγιστη ισομετρική σύσπαση (ΜΙΣ) στην έκταση γόνατο (90°) στο ισοκινητικό δυναμόμετρο Δ) συνθήκη ελέγχου Επίδοση-Στόχος Σπριντ 20 m και CMJ Χρονική στιγμή μέτρησης σπριντ: 4 min, 5 min, 6 min μετά την προάσκηση Χρονική στιγμή μέτρησης CMJ: 7 min, 9 min μετά την προάσκηση	12 ποδοσφαιριστές 18.3±0.72 ετών	↑ σπριντ 20 m στα 4 min και στο CMJ στα 7 min μετά τις άρσεις θανάτου ↑ στο σπριντ 20m (4 min, 5 min και 6 min) και CMJ (7, 8, 9min) μετά την εφαρμογή άρσεων θανάτου και tuck jumps σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου ↓ στο σπριντ 20 m (4,5 και 6 min) και CMJ (7 min, 8min, 9min) μετά την εφαρμογή ΜΙΣ
Sharma 2018	Προάσκηση Πρωτόκολλο πλειομετρικών ασκήσεων (ΠΑ): A) 2x10κάθετες αναπηδήσεις, 3x5 αναπηδήσεις πάνω από εμπόδια και 5 DJ(κουτί 50 cm) Πρωτόκολλο υψηλής αντίστασης (ΥΑ): B) 10x1κάθισμα 90° στο 90% 1ME Επίδοση-Στόχος Σπριντ 20 m και ΓΟ Χρονική στιγμή μέτρησης: 1 min, 10 min μετά την προάσκηση	14 Αθλήτριες κολλεγίου στο ποδόσφαιρο 18.57 ± 0.94 ετών.	↔ ΓΟ στις αρχικές μετρήσεις και μετά από 1 min στα δύο πρωτόκολλα ↓ ΓΟ μετά από 10 min στο πρωτόκολλο με τις ΠΑ σε σχέση με το πρωτόκολλο ΥΑ ↑ απόδοσης σπριντ μετά από 1 min και στις δύο συνθήκες Καλύτερη απόδοση μετά το πρωτόκολλο ΥΑ ↓ απόδοσης μετά από 10 min και στις δύο συνθήκες

Vanderka 2016	Προάσκηση A) 2x6 SJ με επιπρόσθετο φορτίο(και ελεγχόμενη έκκεντρη φάση (3 min διάλειμμα) B) Συνθήκη ελέγχου Επίδοση-Στόχος Σπριντ 40 m Χρονική στιγμή μέτρησης: 2 min, 4 min μετά την προάσκηση	25 Ποδοσφαιριστές και αθλητές στίβου 18.3 ± 2.2 ετών	↑ απόδοσης στο σπριντ μόνο στους αθλητές στίβου συνθήκη PAP ↑ επιτάχυνσης μετά το PAP ↓ επιτάχυνσης στην συνθήκη ελέγχου για τους αθλητές στίβου ↔ απόδοση στο σπριντ μετά την εφαρμογή PAP σε ποδοσφαιριστές
Turner 2015	Προάσκηση A) 3x10 οριζόντιων με 0% του σωματικού βάρους (ΣΒ) αναπηδήσεων με εναλλαγές ποδιών (alternative bindings) B) 3x10 οριζόντιων(10% του σωματικού βάρους) αναπηδήσεων με εναλλαγές ποδιών (alternative bindings) Γ) Συνθήκη ελέγχου (χωρίς προάσκηση) Επίδοση-Στόχος Σπριντ 10 m, 20 m Χρονική στιγμή μέτρησης: 15 sec, 2 min, 4 min, 8 min, 12 min και 16 min μετά την προάσκηση	23 ασκούμενοι άνδρες 22±1 ετών εξοικειωμένοι με την πλειομετρική προπόνηση και προπόνηση σπριντ για τουλάχιστον 2 χρόνια	↑ απόδοσης στο σπριντ μετά την προάσκηση ↑ απόδοσης στο σπριντ στα 4 min και 8 min μετά την προάσκηση με το 10% ΣΒ ↑ Αύξηση της απόδοσης στα 10 m σπριντ στα 4 min και 8 min μετά την προάσκηση με το 0% του ΣΒ σε σχέση με την συνθήκη ελέγχου

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Συμμετέχοντες

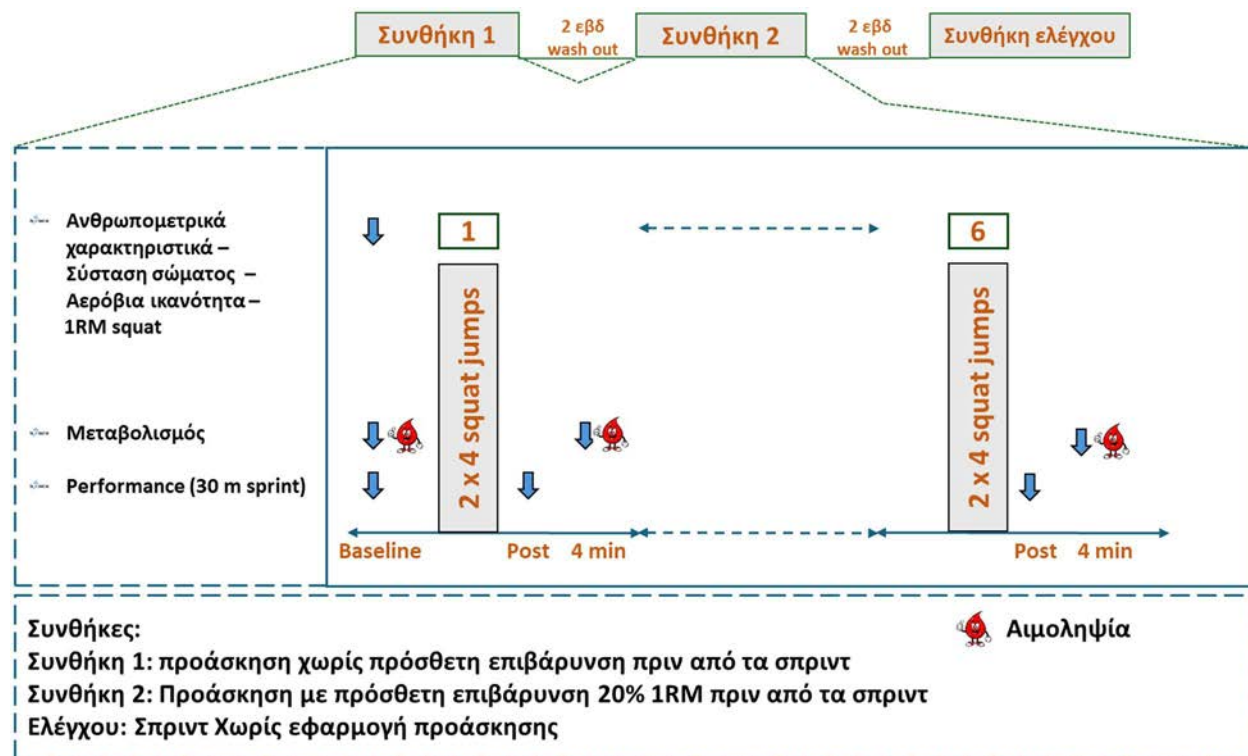
Σύμφωνα με ανάλυση ισχύος που πραγματοποιήθηκε ένας αριθμός 8-10 ατόμων κρίθηκε απαραίτητος για να ανιχνευτούν σημαντικές διαφορές στις μεταβλητές που εξετάστηκαν ($\alpha = 0.90$). Λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα πρόωρης αποχώρησης, 15 αθλητές και αθλήτριες (επτά άνδρες και εννιά γυναίκες) ηλικίας 18 – 28 ετών συμμετείχαν στην παρούσα μελέτη. Τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη ήταν τα εξής: α) αθλητές/τριες ταχύτητας ή αθλημάτων που συμπεριλαμβάνουν προπόνηση ταχύτητας και αντιστάσεων, β) απουσία μυοσκελετικού τραυματισμού (> 6 μήνες), γ) αποχή από χρήση εργογόνων συμπληρωμάτων απόδοσης ή φαρμάκων τουλάχιστον ένα μήνα πριν από την έναρξη της μελέτης, δ) αποχή από λήψη αντιφλεγμονωδών φαρμάκων (>1 μήνα), ε) αποχή από συμμετοχή σε άσκηση με έκκεντρο περιεχόμενο για τουλάχιστον 3 ημέρες πριν το κάθε πρωτόκολλο προπόνησης, στ) αποχή από κατανάλωση αλκοόλ και ενεργειακών ποτών πριν από κάθε πρωτόκολλο. Η μελέτη έλαβε έγκριση από την Εσωτερική Επιτροπή Δεοντολογίας του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (Αριθμ. Πρωτ: 2074/8-2-2023). Το πρωτόκολλο της μελέτης έχει εγγραφεί στο Διεθνές καταθετήριο κλινικών μελετών ClinicalTrials.gov, με NCT06619899.

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Ο πειραματικός σχεδιασμός της παρούσας μελέτης παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Η πειραματική μελέτη πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab) του Τμήματος Επιστήμης, Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (βασικές μετρήσεις) και στο Δημοτικό Στάδιο Τρικάλων (πειραματικά πρωτόκολλα). Οι συμμετέχοντες, αφού ενημερώθηκαν για τον σκοπό, τη σημασία, τα οφέλη αλλά και τους κινδύνους της μελέτης, συμπλήρωσαν το έντυπο ιατρικού ιστορικού και δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους στην πειραματική διαδικασία. Αρχικά οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν βασικές αξιολογήσεις: ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (σωματικό ύψος, σωματικό βάρος, δείκτης μάζας σώματος), σωματική σύσταση (ποσοστό σωματικού λίπους,

μυϊκή μάζα, λιπώδης ιστός), απόδοση (μέγιστη ισομετρική, σύγκεντρη και έκκεντρη δύναμη των εκτεινόντων και καμπτήρων μηριαίων των δύο ποδιών), ισχύς (κάθετο άλμα με υποχωρητική φάση), σπριντ 10 m και 30 m, μέγιστη δύναμη στο κάθισμα. Επιπλέον, πριν την εφαρμογή των προπονητικών πρωτοκόλλων, πραγματοποιήθηκαν δύο συνεδρίες για την εύρεση για τον κάθε δοκιμαζόμενο, του ιδανικού διαλείμματος μετά την προάσκηση, το οποίο θα οδηγούσε στη βέλτιστη απόδοση στο σπριντ.

Στην συνέχεια οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν με τυχαιοποιημένη σειρά 3 διαφορετικά προπονητικά πρωτόκολλα: 1) Προπόνηση ταχύτητας με εφαρμογή προάσκησης ισχύος με αντίσταση 0% 1ME (PAP0%), 2) Προπόνηση ταχύτητας με εφαρμογή προάσκησης ισχύος με αντίσταση 20% 1ME (PAP20%), 3) Προπόνηση ταχύτητας χωρίς την εφαρμογή προάσκησης ισχύος, πρωτόκολλο ελέγχου (ΠΕ). Πριν και μετά από κάθε σπριντ πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση του ασκησιογενούς μυϊκού τραυματισμού (DOMS), της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος (4 min μετά το σπριντ) και του κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση.



Εικόνα 1. Πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης.

2.3. Προπονητικά πρωτόκολλα

Πριν από κάθε προπόνηση οι συμμετέχοντες πραγματοποιούσαν προθέρμανση συνολικής διάρκειας 30 min περίπου η οποία περιλάμβανε 8min τρέξιμο στο ~50% $\text{VO}_{2\text{max}}$, διατακτικές ασκήσεις και ειδική προθέρμανση ταχύτητας. Μεταξύ των διαφορετικών προπονητικών πρωτοκόλλων μεσολαβούσε ένα διάστημα έκπλυσης δύο εβδομάδων.

2.3.1. Προπόνηση ταχύτητας με εφαρμογή προάσκησης ισχύος με αντίσταση 0% 1ME

Το πρωτόκολλο περιλάμβανε 6x30 m σπριντ. Στο πρωτόκολλο εφαρμόστηκε προάσκηση ισχύος με αντίσταση 0% 1ME. Πιο συγκεκριμένα, πριν από κάθε σπριντ εφαρμόστηκαν 2 σετ x 4 CMJ (3 min διάλειμμα μεταξύ των σετ) με το αντίστοιχο διάλειμμα που έχει καθοριστεί στις βασικές μετρήσεις για τον κάθε συμμετέχοντα (3 min, 6 min ή 9 min).

2.3.2. Προπόνηση ταχύτητας με εφαρμογή προάσκησης ισχύος με αντίσταση 20% 1ME

Στο πρωτόκολλο εφαρμόστηκε προάσκηση ισχύος με αντίσταση 20% 1ME πριν από κάθε σπριντ. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν 6x30 m σπριντ, πριν από κάθε σπριντ εφαρμόστηκαν 2x4 σετ CMJ (3 min διάλειμμα ανάμεσα στο σετ) με το αντίστοιχο διάλειμμα που έχει καθοριστεί στις βασικές μετρήσεις για τον κάθε συμμετέχοντα (3 min, 6 min ή 9 min).

2.3.3. Προπόνηση ταχύτητας χωρίς την εφαρμογή προάσκησης ισχύος

Στο πρωτόκολλο εφαρμόστηκαν 6 x 30m σπριντ με 3 min διάλειμμα μεταξύ των σπριντ, χωρίς την εφαρμογή προάσκησης ισχύος.

2.3.4. Καθορισμός διαλείμματος μετά την προάσκηση

Για τον καθορισμό του βέλτιστου διαλείμματος μεταξύ της προάσκησης PAP (CMJ) και του σπριντ 30m πραγματοποιήθηκαν 2 συνεδρίες, όπου και εφαρμόστηκαν 3 διαφορετικά διαλείμματα, διάρκειας 3 min, 6 min και 9 min. Στην πρώτη συνεδρία, εφαρμόστηκε προάσκηση ισχύος με αντίσταση 0% 1ME, ενώ στη δεύτερη συνεδρία εφαρμόστηκε προάσκηση ισχύος με αντίσταση 20% 1ME. Πραγματοποιήθηκαν 2 σετ των 4 επαναλήψεων με 3 min διάλειμμα μεταξύ των σετ, ενώ μεταξύ του δεύτερου σετ προάσκησης και του σπριντ 30 m εφαρμόστηκε διάλειμμα 3 min. Ως βέλτιστο, ορίστηκε το διάλειμμα που οδηγούσε στην καλύτερη επίδοση

στο σπριντ που ακολουθούσε. Το βέλτιστο διάλειμμα για τον κάθε συμμετέχοντα εφαρμόστηκε στα τρία πειραματικά πρωτόκολλα προπόνησης ταχύτητας.

2.4. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σωματική σύσταση

2.4.1. Σωματική μάζα

Η σωματική μάζα και το σωματικό ύψος των συμμετεχόντων αξιολογήθηκε σε βαθμονομημένο ζυγό με αναστημόμετρο (Beam Balance 710; Seca, Birmingham, United Kingdom), σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη (Deli 2017). Συγκεκριμένα, για τη μέτρηση του σωματικού βάρους οι συμμετέχοντες στέκονταν σε όρθια θέση στο κέντρο του ζυγού, κατανέμοντας το βάρος τους ισόποσα στα δυο πόδια ενώ διατηρούσαν τις φτέρνες ενωμένες και τα πέλματα σε γωνία περίπου 60° μεταξύ τους. Η μέτρηση πραγματοποιούνταν με ακρίβεια μισού κιλού (0,5 kg) με τους συμμετέχοντες να φορούν όσο το δυνατόν λιγότερα ρούχα και χωρίς παπούτσια.

2.4.2. Σωματικό ύψος

Η μέτρηση του σωματικού ύψους πραγματοποιήθηκε σε βαθμονομημένο ζυγό με αναστημόμετρο (Beam Balance-Stadiometer, Seca, Vogel & alke, amburg, Germany) από όρθια στάση με τις φτέρνες, τους γλουτούς και το πάνω μέρος της πλάτης να ακουμπούν στο αναστημόμετρο. Οι συμμετέχοντες έπαιρναν βαθιά εισπνοή και την κρατούσαν μέχρι ο εξεταστής να τοποθετήσει τον οριζόντιο οδηγό στην κορυφή του κρανιακού θόλου. Η μέτρηση πραγματοποιούνταν με ακρίβεια μισού εκατοστού (0,5 cm).

2.4.3. Δείκτης Σωματικής Μάζας (ΔΣΜ)

Ο ΔΣΜ υπολογίστηκε από την εξίσωση $\Delta\text{ΣΜ (kg/m}^2\text{)} = \text{σωματικό βάρος (σε κιλά, kg)}/\text{ύψος}^2 \text{ (σε μέτρα, m)}$.

2.4.4. Σωματική σύσταση

Η μυϊκή και λιπώδης μάζα αξιολογήθηκε μέσω απορροφησιομετρίας διπλής δέσμης ακτίνων Χ (DXA, Lunar DPXNT). Οι ασκούμενοι τοποθετήθηκαν σε ύπτια θέση στο κρεβάτι με τα χέρια στο πλάι από τα ισχία χαλαρά και έχοντας δεμένα γόνατα και αστραγάλους τους δόθηκαν οδηγίες να παραμείνουν ακίνητοι κατά την διάρκεια της διαδικασίας, να έχουν τα μάτια τους κλειστά όσο οι δέσμη ακτίνων Χ περνούσε από το πρόσωπο και τα μάτια τους κι ότι η διαδικασία θα διαρκέσει 15-20 min.

2.5. Μυϊκός πόνος

Η εκτίμηση του DOMS πραγματοποιήθηκε με ψηλάφηση στην έκφυση, κατάφυση και γαστέρα των καμπτήρων και εκτεινόντων μηριαίων και των δύο ποδιών μετά από εκτέλεση τριών επαναλήψεων καθίσματος και καταγράφηκε η υποκειμενική αίσθηση του πόνου σε κλίμακα από το 1 έως το 10 (καθόλου πόνος στο ένα άκρο και εξαιρετικός πόνος στο άλλο άκρο).

2.6. Αξιολόγηση δεικτών μεταβολισμού

2.6.1. Γαλακτικό οξύ

Η μέτρηση του γαλακτικού οξέος πραγματοποιήθηκε σε τριχοειδικό αίμα με ένα φορητό αναλυτή (Lactate Plus, Nova biomedical, USA), με την χρήση αποστειρωμένης βελόνας. Το γαλακτικό οξύ μετρήθηκε 4 min μετά από κάθε σπριντ, για να καθοριστεί η μέγιστη συγκέντρωση του στο αίμα.

2.7. Αξιολόγηση δεικτών απόδοσης

2.7.1. Αξιολόγηση ταχύτητας

Αξιολογήθηκε η απόδοση στο σπριντ 10m και 30m: Τα σπριντ 10m και 30m με σύστημα φωτοκύπτρων (Microgate USA).

2.7.2. Αξιολόγηση του κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση

Η αξιολόγηση του κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση από κάθισμα 90° (squat jump) πραγματοποιήθηκε μέσω οπτικού συστήματος μέτρησης (Optojump, Microgate USA). Οι δοκιμαζόμενοι ξεκινούσαν από όρθια θέση με τα χέρια στην μέση, με κάθισμα κατέβαιναν στις 90° και εκτελούσαν το κάθετο άλμα. Οι συμμετέχοντες αφού εξοικειώθηκαν με τον τρόπο εκτέλεσης του άλματος, πραγματοποίησαν 3 επαναλήψεις με διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων 1 min και έπειτα καταγράφηκε η καλύτερη προσπάθεια σε κάθε άλμα.

2.7.3. Αξιολόγηση μέγιστης δύναμης

Μέγιστη ισοκινητική δύναμη: Το ισοκινητικό δυναμόμετρο χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της μέγιστης σύγκεντρης, έκκεντρης και ισομετρικής δύναμης των εκτεινόντων και καμπτήρων μηριαίων με την εκτέλεση τριών επαναλήψεων στο ισοκινητικό δυναμόμετρο (Cybex 770, Roconhoma, USA), μετά από προθέρμανση σε εργοδιάδρομο (Stex 8020, Korea) και διατατικές ασκήσεις συνολικής διάρκειας 15 min. Η τοποθέτηση των συμμετεχόντων στο ισοκινητικό δυναμόμετρο έγινε σε καθιστή θέση, δύο στραπς τοποθετήθηκαν σταυρωτά κατά μήκος του κορμού, ένα στραπ στην μέση και ένα στο μηρό πάνω από την επιγονατίδα του ποδιού που πραγματοποιούνταν το τεστ, προκειμένου οι δοκιμαζόμενοι να έχουν μια σταθερή θέση και να μη συμβάλουν οι υπόλοιπες μυϊκές ομάδες στην εκτέλεση. Κατά την διάρκεια της δοκιμασίας, οι συμμετέχοντες τοποθέτησαν τα χέρια τους στις λαβές που υπήρχαν δίπλα από την καρέκλα. Τοποθετήθηκε επίσης, ο βραχίονας αντίστασης πάνω από την άρθρωση του αστραγάλου. Το εύρος της κίνησης καθορίστηκε με αρχικό σημείο στις 100° για την κάμψη και 0° για έκταση. Κάθε συμμετέχοντας εκτέλεσε 1 σετ των 8 επαναλήψεων για προθέρμανση και 1 σετ των 5 επαναλήψεων που αποτελούσε την κύρια μέτρηση και 2-3 min διάλειμμα ενδιάμεσα των σετ. Για την μεγιστοποίηση της απόδοσης του δοκιμαζόμενου δόθηκε προφορική ενθάρρυνση.

Μέγιστη δύναμη στο κάθισμα 90°: Πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση μέγιστης δύναμης στο κάθισμα 90° για κάθε δοκιμαζόμενο. Οι συμμετέχοντες αφού ολοκλήρωσαν την προθέρμανση ξεκίνησαν το πρωτόκολλο σύμφωνα με την υποκειμενική μέγιστη επανάληψη που υπολογίστηκε. Αρχικά,

πραγματοποιήθηκαν 2 σετ σε πολύ χαμηλή έντασή ως μέρος της προθέρμανσης, 1 σετ των 5-10 επαναλήψεων στο 40-60% ενώ ακολούθησε 1 σετ των 3-6 επαναλήψεων στο 60-80% της υποκειμενικής μέγιστης δύναμης (διάλειμμα 1-2 min). Το τρίτο σετ αποτελούταν από μια επανάληψη στο 90% της 1ME ενώ στο τέταρτο σετ ξεκίνησε η προσπάθεια για την εύρεση της 1ME (διάλειμμα 3 min). Η διαδικασία ολοκληρώθηκε όταν ο δοκιμαζόμενος απέτυχε στην προσπάθεια της 1ME.

2.7.4. Αξιολόγηση Νευρομυϊκής κόπωσης

Υπολογίστηκε ο δείκτης κόπωσης με βάση τη μείωση της απόδοσης στο σπριντ μεταξύ των επαναλήψεων, με την εξίσωση: $(\text{χρόνος στο } 6^{\circ} \text{ σπριντ} - \text{χρόνος στο } 1^{\circ} \text{ σπριντ}) / \text{χρόνος στο } 1^{\circ} \text{ σπριντ} \times 100$.

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικής κατανομής του δείγματος με Shapiro Wilk test. Η μεταβλητή μυϊκός πόνος (DOMS) δεν παρουσίασε κανονική κατανομή και αναλύθηκε με μη παραμετρικά τεστ. Οι υπόλοιπες μεταβλητές παρουσίασαν κανονική κατανομή και εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (χρόνος x πρωτόκολλο προπόνησης PAP) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις τον παράγοντα χρόνο (2-way ANOVA repeated), για την εξέταση πιθανών διαφορών στην απόδοση στο σπριντ μετά από την εφαρμογή διαφορετικών πρωτοκόλλων προπόνησης PAP. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$. Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσοι όροι $\pm$ τυπική απόκλιση. Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα SPSS (IBM SPSS Statistics, version 29).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. Περιγραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

4.1.1. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.

4.1.2. Σωματική σύσταση

Η σωματική σύσταση των συμμετεχόντων παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 3.

4.1.3. Μέγιστη δύναμη στο κάθισμα 90°

Η σωματική σύσταση των συμμετεχόντων παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 3.

4.1.4. Απόδοση στο σπριντ 10m και 30m

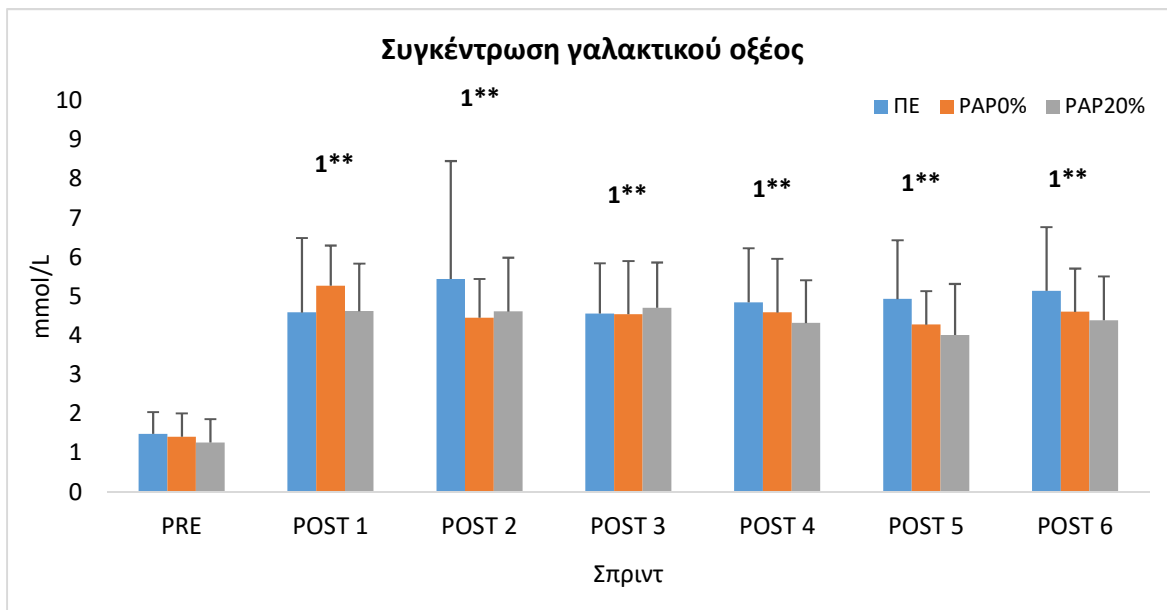
Η Απόδοση στο σπριντ 10 m και 30 m των συμμετεχόντων παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.			
	Σύνολο συμμετεχόντων	Άνδρες	Γυναίκες
Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά			
Ηλικία (έτη)	20,3 ± 2.7748	21,6 ± 3.5965	19,5 ± 1.8340
Σωματική μάζα (kg)	63,7 ± 12.3439	76,4 ± 6.7958	55,2 ± 5.9256
Σωματικό ύψος (cm)	1,68 ± 0.11624	1,80 ± 0.5888	1,60 ± 0.6227
ΔΣΜ (kg/m ²)	22,2 ± 1.73620	23,4 ± 1.00947	21,4 ± 1.64372
Σύσταση σώματος			
Ποσοστό σωματικού λίπους (%)	21,5 ± 8.3215	12,6 ± 1.7925	27 ± 5.0689
Λίπος (g)	12,4 ± 4.2154	9 ± 1.2247	14,6 ± 3.9619
Άλιπη σωματική μάζα (g)	74,9 ± 7.8003	83,2 ± 5.8775	69,7 ± 4.7763
Περιεκτικότητα οστών σε μέταλλα (g)	48 ± 13.5367	63,6 ± 6.8775	38,3 ± 2.7223
Οστική πυκνότητα (g/cm ²)	1,2 ± 0.1251	1,4 ± 0.417	0,7 ± 0.712
Δείκτες απόδοσης			
1ΜΕ στο κάθισμα 90° (kg)	128 ± 47.1672	179,4 ± 27.0980	96 ± 18.3537
Sprint 10 m (sec)	1,90 ± 0.146379	1,77 ± 0.74027	1,99 ± 0.106784
Sprint 30 m (sec)	4,5 ± 0.366134	4,13 ± 0.101078	4,7 ± 0.205636
ΔΣΜ: Δείκτης σωματικής μάζας, 1ΜΕ: 1 Μέγιστη επανάληψη. Οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέσος όρος ± Τυπική απόκλιση.			

4.2. Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα χρόνο, διαπιστώθηκε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(3.689,210)} = 39.644$, $p < 0.01$), ενώ δεν παρατηρήθηκε κύρια επίδραση του πρωτοκόλλου προπόνησης ή αλληλεπίδραση του χρόνου και του πρωτοκόλλου προπόνησης. Συγκεκριμένα, συγκριτικά με πριν την προπόνηση, η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος αυξήθηκε μετά από όλα τα σπριντ ($p < 0.01$), και στα τρία πρωτόκολλα προπόνησης.

Η μεταβολή της συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια των τριών πρωτοκόλλων PAP παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.



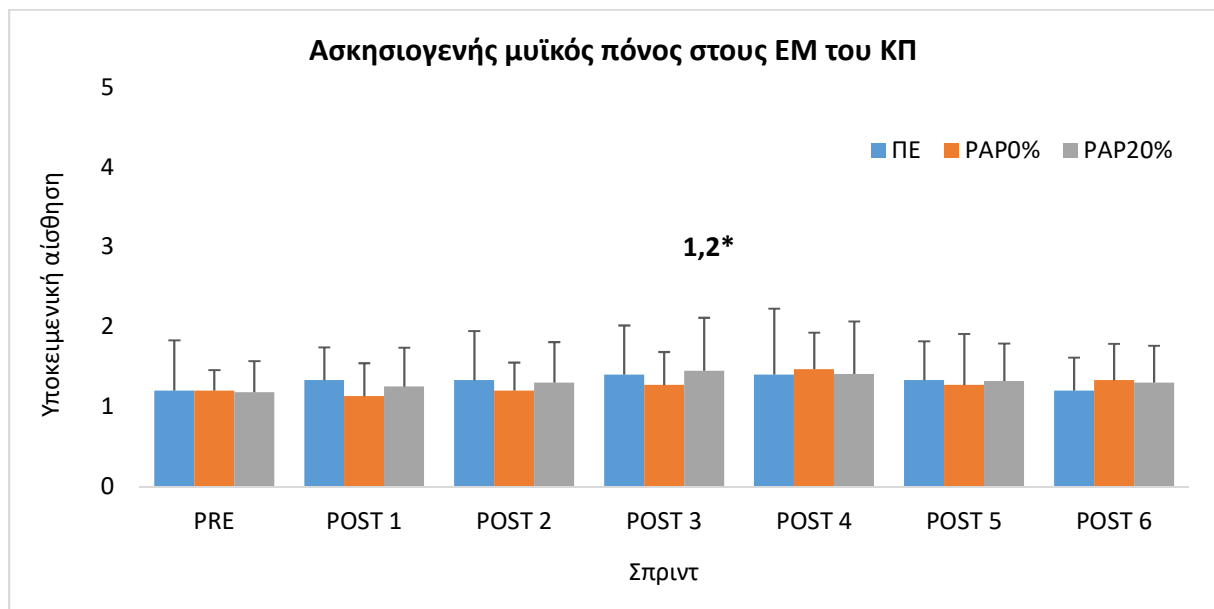
Εικόνα 2. Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος στο αίμα, κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχου (ΠΕ), μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 0% της 1ME (PAP0%) και μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 20% της 1ME (PAP20%). ¹Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την προπόνηση σε όλα τα πρωτόκολλα. ** $p < 0.01$.

4.3. Μυϊκός πόνος

Από τα μη παραμετρικά τεστ Friedman, Wilcoxon Signed Ranks και Mann-Witney, που εφαρμόστηκαν για την στατιστική ανάλυση του μυϊκού πόνου, διαπιστώθηκε ότι:

Κυρίαρχο πόδι, εκτείνοντες μηριαίοι: Στα πρωτόκολλα ελέγχου και PAP 0%, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στον ΜΠ των ΕΜ κατά τη διάρκεια της προπόνησης, συγκριτικά με πριν την προπόνηση. Στο πρωτόκολλο PAP 20%, παρατηρήθηκε υψηλότερος ΜΠ στη γαστέρα των ΕΜ του κυρίαρχου ποδιού μετά το 3^ο σπριντ, συγκριτικά με πριν την προπόνηση, [(z = -2.530, p (2-tailed <0.05)], αλλά και συγκριτικά μετά το 1^ο σπριντ [(z = -2.121, p (2-tailed <0.05)] και μετά το 4^ο σπριντ [(z = -2.236, p (2-tailed <0.05)].

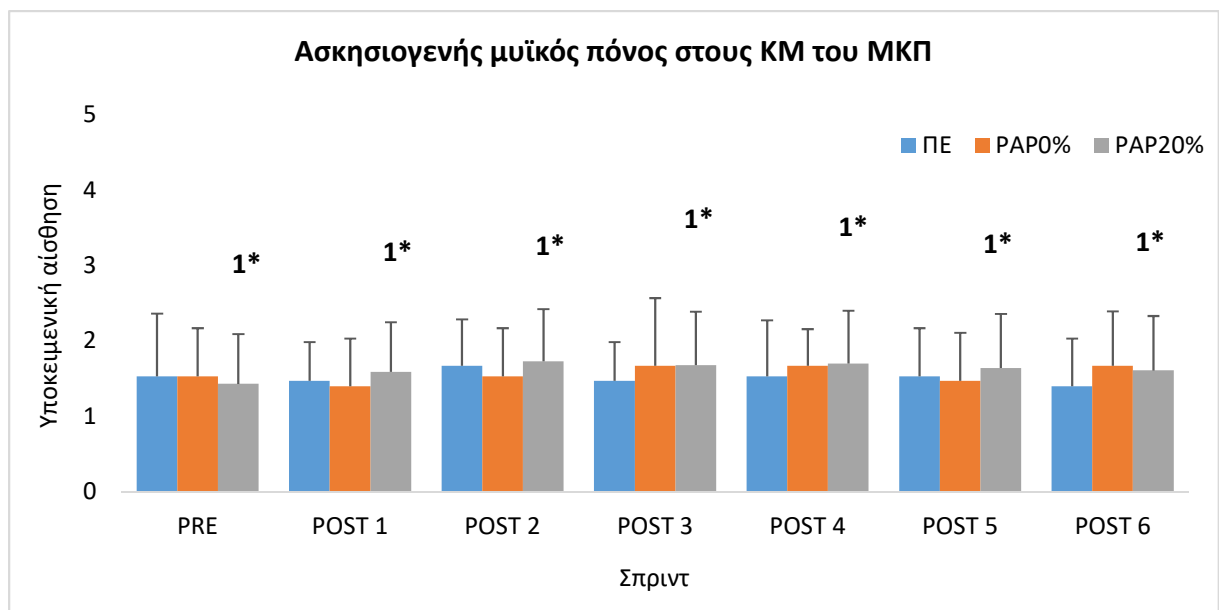
Η υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στη γαστέρα των ΕΜ του κυρίαρχου ποδιού, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3. Υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στη γαστέρα των εκτεινόντων μηριαίων (ΕΜ) του κυρίαρχου ποδιού (ΚΠ) κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχου (ΠΕ), μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 0% της 1ΜΕ (ΡΑΡ0%) και μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 20% της 1ΜΕ (ΡΑΡ20%). ¹Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την προπόνηση στο πρωτόκολλο ΡΑΡ20%. ²Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την προπόνηση στο πρωτόκολλο ΡΑΡ20%.*p<0.05.

Κυρίαρχο πόδι, καμπτήρες μηριαίοι: Στα πρωτόκολλα ελέγχου και PAP 0%, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στον ΜΠ των ΕΜ και ΚΜ κατά τη διάρκεια της προπόνησης, συγκριτικά με πριν την προπόνηση. Στο πρωτόκολλο PAP 20%, παρατηρήθηκε υψηλότερος ΜΠ στη γαστέρα των ΚΜ του κυρίαρχου ποδιού μετά το 1^ο σπριντ [(z = -2.640, p (2-tailed <0.01)], 2^ο σπριντ [(z = -2.495, p (2-tailed <0.05)], 3^ο σπριντ [(z = -2.673, p (2-tailed <0.01)], 4^ο σπριντ [(z = -2.486, p (2-tailed <0.05)], 5^ο σπριντ [(z = -2.496, p (2-tailed <0.05)] και 6^ο σπριντ [(z = -2.126, p (2-tailed <0.05)] συγκριτικά με πριν την προπόνηση.

Η υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στη γαστέρα των ΚΜ του κυρίαρχου ποδιού, παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4. Υποκειμενική αίσθηση του μυϊκού πόνου στη γαστέρα των καμπτήρων μηριαίων (ΚΜ) του μη-κυρίαρχου ποδιού (ΜΚΠ) κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχου (ΠΕ), μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 0% της 1ΜΕ (ΡΑΡ0%) και μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 20% της 1ΜΕ (ΡΑΡ20%). ¹Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την προπόνηση στο πρωτόκολλο ΡΑΡ20%. *p<0.05.

Μη-κυρίαρχο πόδι, εκτεινόντες μηριαίοι: Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στον μυϊκό πόνο των ΕΜ του μη-κυρίαρχου ποδιού, μετά από τα τρία πρωτόκολλα προπόνησης.

Μη-κυρίαρχο πόδι, καμπτήρες μηριαίοι: Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στον μυϊκό πόνο των ΚΜ του μη-κυρίαρχου ποδιού, μετά από τα τρία πρωτόκολλα προπόνησης.

Οι μεταβολές στον μυϊκό πόνο στην έκφυση, γαστέρα και κατάφυση των ΕΜ και ΚΜ των δύο ποδιών παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες 4, 5 και 6, αντίστοιχα.

Πίνακας 4. Υποκειμενικός μυϊκός πόνος στην έκφυση των εκτεινόντων και καμπτήρων μηριαίων κατά τη διάρκεια της προπόνησης ταχύτητας.							
	Πριν	Σπριντ 1	Σπριντ 2	Σπριντ 3	Σπριντ 4	Σπριντ 5	Σπριντ 6
Μυϊκός πόνος των εκτεινόντων μηριαίων του κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.0 ± 0.0	1.13 ± 0.516	1.13 ± 0.352	1.20 ± 0.414	1.20 ± 0.414	1.27 ± 0.594	1.40 ± 0.632
Πρωτόκολλο 0%	1.07 ± 0.258	1.0 ± 0.0	1.13 ± 0.352	1.07 ± 0.258	1.7 ± 0.258	1.27 ± 0.458	1.07 ± 0.258
Πρωτόκολλο 20%	1.07 ± 0.258	1.07 ± 0.334	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.7 ± 0.267	1.14 ± 0.363	1.07 ± 0.267
Μυϊκός πόνος των εκτεινόντων μηριαίων του μη κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.13 ± 0.352	1.27 ± 0.594	1.20 ± 0.414	1.20 ± 0.414	1.20 ± 0.414	1.20 ± 0.414	1.33 ± 0.488
Πρωτόκολλο 0%	1.13 ± 0.352	1.13 ± 0.352	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.07 ± 0.258	1.27 ± 0.458	1.13 ± 0.352
Πρωτόκολλο 20%	1.07 ± 0.264	1.14 ± 0.363	1.7 ± 0.264	1.21 ± 0.426	1.14 ± 0.363	1.14 ± 0.363	1.0 ± 0.0
Μυϊκός πόνος των καμπτήρων μηριαίων του κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.20 ± 0.561	1.27 ± 0.594	1.13 ± 0.352	1.20 ± 0.414	1 ± 0.0	1.07 ± 0.258	1.0 ± 0.0
Πρωτόκολλο 0%	1.0 ± 0.0	1.07 ± 0.258	1.0 ± 0.0	1.07 ± 0.258	1.7 ± 0.258	1.00 ± 0.0	1.07 ± 0.258
Πρωτόκολλο 20%	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.21 ± 0.579	1.14 ± 0.363	1.7 ± 0.267	1.29 ± 0.469	1.14 ± 0.363
Μυϊκός πόνος των καμπτήρων μηριαίων του μη κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.07 ± 0.258	1.07 ± 0.258	1.07 ± 0.258	1.13 ± 0.352	1.20 ± 0.414	1.07 ± 0.258	1.13 ± 0.352
Πρωτόκολλο 0%	1.0 ± 0.0	1.07 ± 0.258	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.07 ± 0.258	1.07 ± 0.258
Πρωτόκολλο 20%	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.21 ± 0.426	1.14 ± 0.363	1.29 ± 0.469	1.14 ± 0.363	1.21 ± 0.579
Πριν: Πριν την εφαρμογή προάσκησης.							

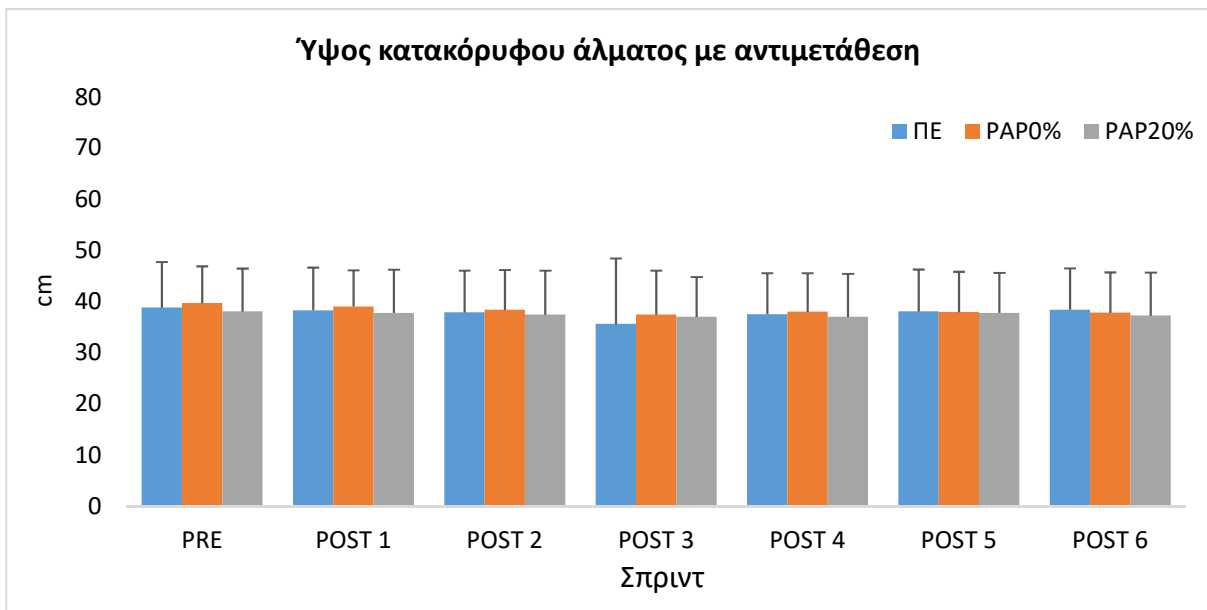
Πίνακας 5. Υποκειμενικός μυϊκός πόνος στη γαστέρα των εκτεινόντων και καμπτήρων μηριαίων κατά τη διάρκεια της προπόνησης ταχύτητας.							
	Πριν	Σπριντ 1	Σπριντ 2	Σπριντ 3	Σπριντ 4	Σπριντ 5	Σπριντ 6
Μυϊκός πόνος των εκτεινόντων μηριαίων του κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.20 ± 0.414	1.33 ± 0.617	1.33 ± 0.617	1.40 ± 0.737	1.40 ± 0.828	1.33 ± 0.488	1.20 ± 0.414
Πρωτόκολλο 0%	1.20 ± 0.414	1.13 ± 0.352	1.20 ± 0.414	1.27 ± 0.458	1.47 ± 0.640	1.27 ± 0.458	1.33 ± 0.488
Πρωτόκολλο 20%	1.14 ± 0.363	1.29 ± 0.469	1.36 ± 0.497	1.71 ± 0.726	1.36 ± 0.497	1.36 ± 0.497	1.36 ± 0.497
Μυϊκός πόνος των εκτεινόντων μηριαίων του μη κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.33 ± 0.617	1.13 ± 0.352	1.13 ± 0.516	1.27 ± 0.594	1.27 ± 0.594	1.40 ± 0.632	1.47 ± 0.743
Πρωτόκολλο 0%	1.40 ± 0.910	1.20 ± 0.414	1.33 ± 0.488	1.27 ± 0.458	1.40 ± 0.632	1.47 ± 0.640	1.43 ± 0.646
Πρωτόκολλο 20%	1.07 ± 0.267	1.36 ± 0.497	1.21 ± 0.426	1.50 ± 0.650	1.36 ± 0.497	1.36 ± 0.633	1.29 ± 0.825
Μυϊκός πόνος των καμπτήρων μηριαίων του κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.53 ± 0.834	1.47 ± 0.516	1.67 ± 0.617	1.47 ± 0.516	1.53 ± 0.743	1.53 ± 0.640	1.40 ± 0.632
Πρωτόκολλο 0%	1.53 ± 0.640	1.40 ± 0.632	1.53 ± 0.640	1.67 ± 0.900	1.67 ± 0.488	1.47 ± 0.640	1.67 ± 0.724
Πρωτόκολλο 20%	1.21 ± 0.426	1.93 ± 0.730	2.00 ± 0.784	1.93 ± 0.616	1.93 ± 0.829	1.93 ± 0.829	1.79 ± 0.802
Μυϊκός πόνος των καμπτήρων μηριαίων του μη κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.73 ± 1.033	1.80 ± 0.941	1.80 ± 1.082	1.87 ± 0.743	1.53 ± 0.834	1.60 ± 0.834	1.47 ± 0.743
Πρωτόκολλο 0%	1.47 ± 0.516	1.53 ± 0.640	1.47 ± 0.640	1.73 ± 0.594	1.73 ± 0.704	1.87 ± 0.915	1.67 ± 0.724
Πρωτόκολλο 20%	1.36 ± 0.633	1.86 ± 0.949	1.86 ± 0.949	2.14 ± 1.027	2.07 ± 0.917	2.07 ± 1.141	2.00 ± 0.961
Πριν: Πριν την εφαρμογή προάσκησης.							

Πίνακας 6. Υποκειμενικός μυϊκός πόνος στην κατάφυση των εκτεινόντων και καμπτήρων μηριαίων κατά τη διάρκεια της προπόνησης ταχύτητας.							
	Πριν	Σπριντ 1	Σπριντ 2	Σπριντ 3	Σπριντ 4	Σπριντ 5	Σπριντ 6
Μυϊκός πόνος των εκτεινόντων μηριαίων του κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.13 ± 0.352	1.40 ± 0.632	1.47 ± 0.640	1.40 ± 0.632)	1.40 ± 0.737	1.27 ± 0.458	1.27 ± 0.458
Πρωτόκολλο 0%	1.13 ± 0.352	1.13 ± 0.352	1.13 ± 0.352	1.07 ± 0.258)	1.13 ± 0.352	1.07 ± 0.258	1.07 ± 0.258
Πρωτόκολλο 20%	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.14 ± 0.363	1.0 ± 0.0	1.21 ± 0.426	1.07 ± 0.267	1.14 ± 0.363
Μυϊκός πόνος των εκτεινόντων μηριαίων του μη κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.20 ± 0.561	1.13 ± 0.352	1.0 ± 0.0	1.27 ± 0.458	1.33 ± 0.724	1.20 ± 0.561	1.20 ± 0.561
Πρωτόκολλο 0%	1.20 ± 0.561	1.07 ± 0.258	1.0 ± 0.0	1.7 ± 0.258	1.27 ± 0.594	1.13 ± 0.352	1.07 ± 0.258
Πρωτόκολλο 20%	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.07 ± 0.267	1.27 ± 0.594	1.13 ± 0.352	1.07 ± 0.258
Μυϊκός πόνος των καμπτήρων μηριαίων του κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.0 ± 0.0	1.07 ± 0.258	1.13 ± 0.352	1.0 ± 0.0	1.07 ± 0.258	1.27 ± 0.594	1.20 ± 0.414
Πρωτόκολλο 0%	1.07 ± 0.258	1.0 ± 0.0	1 ± 0.0	1.13 ± 0.352	1.07 ± 0.258	1.00 ± 0.0	1.0 ± 0.0
Πρωτόκολλο 20%	1 ± 0.0	1 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 1.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0
Μυϊκός πόνος των καμπτήρων μηριαίων του μη κυρίαρχου ποδιού							
Πρωτόκολλο ελέγχου	1.13 ± 0.516	1.13 ± 0.516	1.20 ± 0.561	1.07 ± 0.258	1.07 ± 0.258	1.07 ± 0.258	1.13 ± 0.352
Πρωτόκολλο 0%	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.13 ± 0.352	1.07 ± 0.258	1.07 ± 0.258	1.20 ± 0.561	1.20 ± 0.414
Πρωτόκολλο 20%	1.15 ± 0.555	1.23 ± 0.599	1.08 ± 0.277	1.08 ± 0.277	1.08 ± 0.277	1.23 ± 0.439	1.0 ± 0.0
Πριν: Πριν την εφαρμογή προάσκησης.							

4.4. Ύψος κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα χρόνο, δεν διαπιστώθηκε κύρια επίδραση του χρόνου ή του πρωτοκόλλου προπόνησης, ούτε αλληλεπίδραση του χρόνου και του πρωτοκόλλου προπόνησης στο CMJ. Συγκεκριμένα, συγκριτικά με πριν την προπόνηση, οι μεταβολές στο ύψος του CMJ μετά από κάθε σπριντ κατά τη διάρκεια της προπόνησης, ήταν παρόμοιες μεταξύ των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης.

Η μεταβολή του ύψους του CMJ κατά τη διάρκεια των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης, παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.

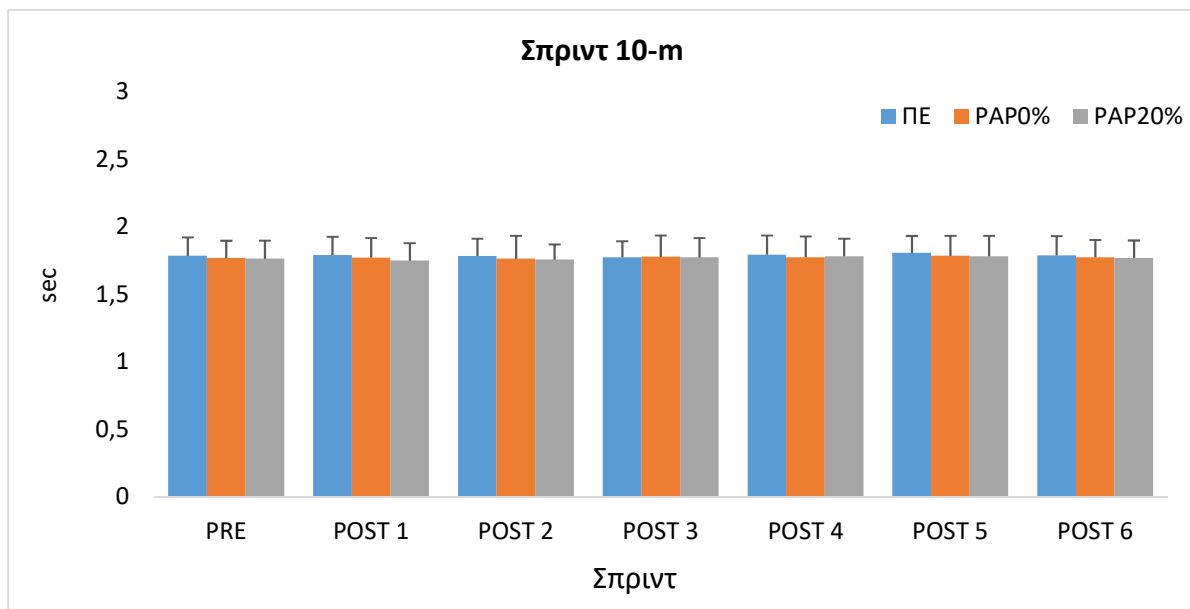


Εικόνα 5. Ύψος του κατακόρυφου άλματος με αντιμετάθεση (CMJ) κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχου (ΠΕ), μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 0% της 1ΜΕ (ΡΑΡ0%) και μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 20% της 1ΜΕ (ΡΑΡ20%).

4.5. Επίδοση στα 10 m σπριντ

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα χρόνο, δεν διαπιστώθηκε κύρια επίδραση του χρόνου ή του πρωτοκόλλου προπόνησης, ούτε αλληλεπίδραση του χρόνου και του πρωτοκόλλου προπόνησης στην επίδοση στα 10 m σπριντ. Συγκεκριμένα, συγκριτικά με πριν την προπόνηση, οι μεταβολές στην επίδοση στα 10 m σπριντ κατά τη διάρκεια της προπόνησης, ήταν παρόμοιες μεταξύ των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης.

Η μεταβολή στην επίδοση στα 10 m σπριντ κατά τη διάρκεια των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης, παρουσιάζεται στην Εικόνα 6.

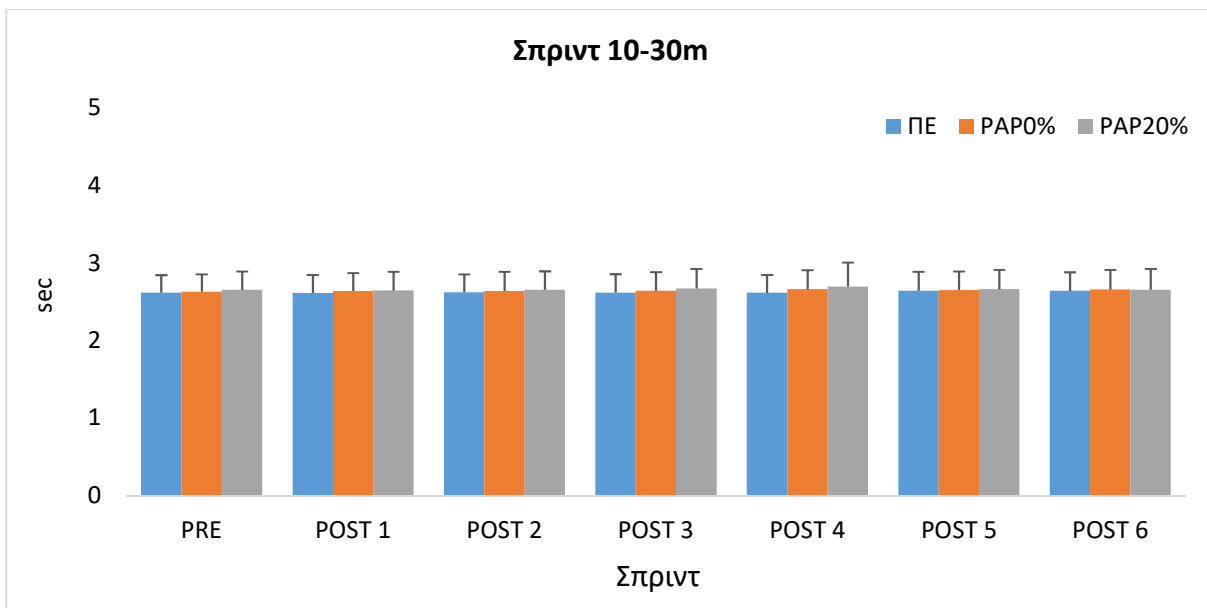


Εικόνα 6. Επίδοση στα 10 m σπριντ κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχου (ΠΕ), μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 0% της 1ΜΕ (PAP0%) και μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 20% της 1ΜΕ (PAP20%).

4.6. Επίδοση στα 10-30 m σπριντ

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα χρόνο, δεν διαπιστώθηκε κύρια επίδραση του χρόνου ή του πρωτοκόλλου προπόνησης, ούτε αλληλεπίδραση του χρόνου και του πρωτοκόλλου προπόνησης στην επίδοση στα 10-30 m σπριντ. Συγκεκριμένα, συγκριτικά με πριν την προπόνηση, οι μεταβολές στην επίδοση στα 10-30 m σπριντ κατά τη διάρκεια της προπόνησης, ήταν παρόμοιες μεταξύ των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης.

Η μεταβολή στην επίδοση στα 10-30 m σπριντ κατά τη διάρκεια των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης, παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.

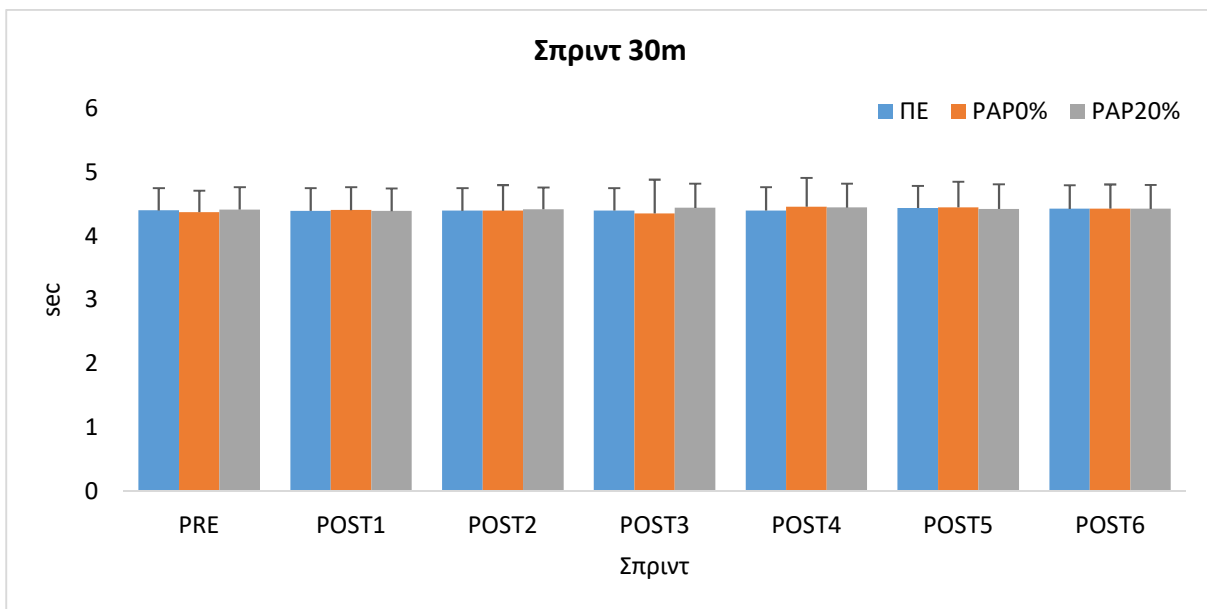


Εικόνα 7. Επίδοση στα 10-30 m σπριντ κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχου (ΠΕ), μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 0% της 1ΜΕ (PAP0%) και μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 20% της 1ΜΕ (PAP20%).

4.7. Επίδοση στα 30 m σπριντ

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα χρόνο, δεν διαπιστώθηκε κύρια επίδραση του χρόνου ή του πρωτοκόλλου προπόνησης, ούτε αλληλεπίδραση του χρόνου και του πρωτοκόλλου προπόνησης στην επίδοση στα 10 m σπριντ. Συγκεκριμένα, συγκριτικά με πριν την προπόνηση, οι μεταβολές στην επίδοση στα 10 m σπριντ κατά τη διάρκεια της προπόνησης, ήταν παρόμοιες μεταξύ των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης.

Η μεταβολή στην επίδοση στα 10 m σπριντ κατά τη διάρκεια των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης, παρουσιάζεται στην Εικόνα 8.

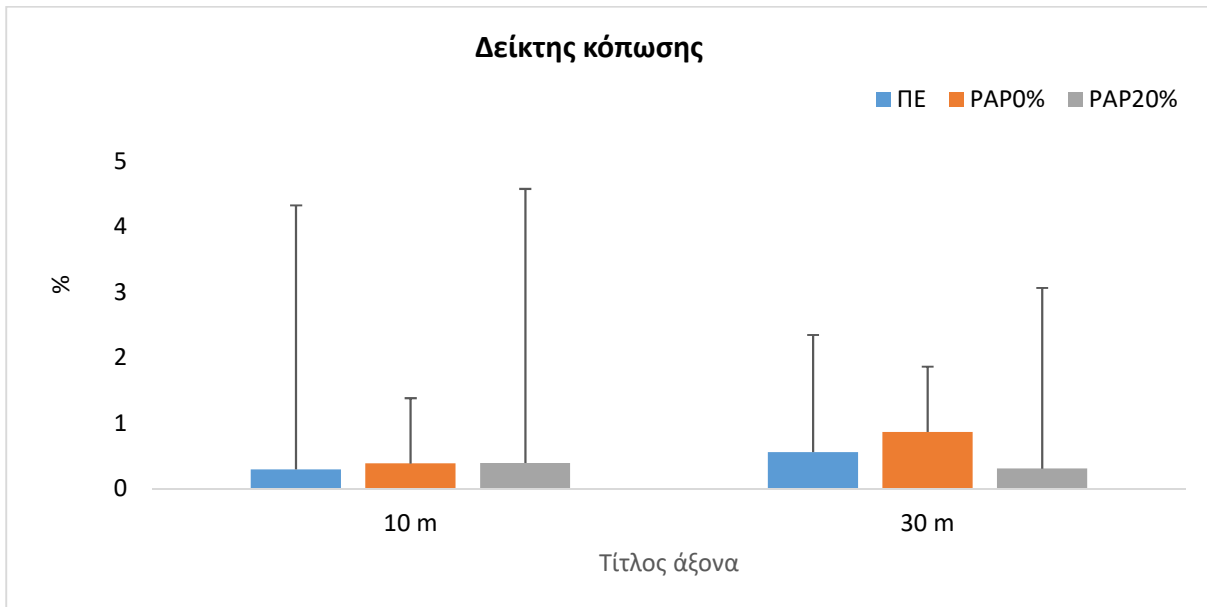


Εικόνα 8. Επίδοση στα 30 m σπριντ κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχου (ΠΕ), μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 0% της 1ΜΕ (ΡΑΡ0%) και μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 20% της 1ΜΕ (ΡΑΡ20%).

4.8. Νευρομυϊκή κόπωση

Από την ανάλυση διακύμανσης ενός παράγοντα (one-way ANOVA), δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στον δείκτη κόπωσης μεταξύ των πρωτοκόλλων.

Ο δείκτης κατά τη διάρκεια των τριών πρωτοκόλλων προπόνησης, παρουσιάζεται στην Εικόνα 9.



Εικόνα 9. Δείκτης κόπωσης κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων ελέγχου (ΠΕ), μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 0% της 1ΜΕ (ΡΑΡ0%) και μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με επιβάρυνση 20% της 1ΜΕ (ΡΑΡ20%).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί αν η εφαρμογή ενός προπονητικού ερεθίσματος ισχύος πριν από ένα σπριντ οδηγεί σε μεταδιεγερτική διευκόλυνση και συνεπώς καλύτερη απόδοση στο σπριντ και αν η μεταδιεγερτική διευκόλυνση διατηρείται σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες σε μία προπονητική μονάδα. Ως προάσκηση, χρησιμοποιήθηκε το CMJ με δύο διαφορετικές επιβαρύνσεις, 0% 1ME και 20% 1ME. Τα κύρια ευρήματα της παρούσας έρευνας ήταν ότι, α) η οξεία προπόνηση ταχύτητας, με ή χωρίς την εφαρμογή προάσκησης, αυξάνει με παρόμοιο τρόπο τη συγκέντρωση του ΓΟ, μετά από κάθε σπριντ, β) το φαινόμενο PAP, φαίνεται να ενεργοποιείται περισσότερο όταν η προάσκηση γίνεται με μεγαλύτερη επιβάρυνση, γ) το φαινόμενο PAP, φαίνεται να διατηρείται έως και το 3^ο σπριντ κατά τη διάρκεια της ίδιας συνεδρίας προπόνησης ταχύτητας, δ) η προπόνηση PAP που εφαρμόστηκε στην παρούσα μελέτη, δεν επιφέρει στατιστικά σημαντική βελτίωση στην απόδοση στο σπριντ συγκριτικά με την προπόνηση ταχύτητας χωρίς προάσκηση.

Η συγκέντρωση του ΓΟ αυξάνεται κατά την διάρκεια ή μετά από υψηλής έντασης άσκηση, λόγω της ενεργοποίησης του γλυκολυτικού συστήματος προκειμένου να καλυφθούν οι αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις (Sprint 1992). Η αύξηση της συγκέντρωσης του ΓΟ εξαρτάται από το είδος, την ένταση και την διάρκεια της άσκησης. Προσπάθειες υψηλής έντασης όπως τα σπριντ μπορεί να οδηγήσουν σε συγκέντρωση έως και 20mmol/L (Gladden 2004, Brooks 2011) συγκριτικά με τη συγκέντρωση του 1 mmol/L ηρεμίας. Στα σπριντ που διαρκούν λιγότερο από 10 sec η ενέργεια προέρχεται κυρίως από την διάσπαση των φωσφαγόνων και της γλυκόλυσης (Bogdanis 1998). Επαναλαμβανόμενα σύντομα σπριντ κατά τη διάρκεια της ίδιας προπονητικής μονάδας αυξάνει σημαντικά τη συγκέντρωση του ΓΟ (Bogdanis 1998). Στην παρούσα μελέτη, η προπόνηση ταχύτητας που εφαρμόστηκε, οδήγησε σε αύξηση της συγκέντρωσης του ΓΟ μετά από κάθε σπριντ, συγκριτικά με την ηρεμία. Για την ενεργοποίηση της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης ως προάσκηση, χρησιμοποιήθηκε το CMJ, με ή χωρίς πρόσθετη επιβάρυνση (0% ή 20% της 1ME στο squat). Η αύξηση ήταν παρόμοια μεταξύ των πρωτοκόλλων, καθώς τόσο η εφαρμογή προάσκησης με επιβάρυνση 0% και 20% της 1ME στο squat, όσο και η προπόνηση χωρίς εφαρμογή προάσκησης, οδήγησε σε παρόμοια συγκέντρωση. Παρόμοια αποτελέσματα

βρέθηκαν σε μια αντίστοιχη μελέτη του Sharma και των συνεργατών του μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου πλειομετρικών ασκήσεων (2x10 κάθετες αναπηδήσεις, 3x5 αναπηδήσεις πάνω από εμπόδια και 5 drop-jumps από κουτί 50 cm) και ενός πρωτοκόλλου υψηλής αντίστασης (10x1 κάθισμα 90° στο 90% 1ME) (Sharma 2018). Η ένταση της αύξησης στη συγκέντρωση του ΓΟ φαίνεται να είναι παρόμοια με αυτή που αναφέρεται μετά από προπόνηση ταχύτητας με έλκηθρο με φορτίο 0%, 10% και 20% του σωματικού βάρους (6,7 mmol/L) (Liakou 2023). Αντίθετα, εμφανίζεται χαμηλότερη συγκριτικά με άλλες μεθόδους προπόνησης ταχύτητας, όπως προπόνηση μέγιστης ταχύτητας (16.5 mmol/L) (Jiménez-Reyes 2019), προπόνηση επαναλαμβανόμενων σπριντ (12.7 mmol/L) (Gharbi 2014), ή προπόνηση αντοχής στην ταχύτητα (15.3 mmol/L) (Tzatzakis 2019).

Ο μυϊκός πόνος που εμφανίζεται μετά από οξεία άσκηση επανέρχεται στα επίπεδα ηρεμίας, μετά από λίγες ώρες μετά το τέλος της άσκησης. Από όσο γνωρίζουμε δεν υπάρχει άλλη έρευνα που να μελέτησε τις μεταβολές μυϊκού πόνου μετά από κάθε επαναλαμβανόμενο σπριντ. Στην παρούσα μελέτη, μυϊκός πόνος παρατηρήθηκε μόνο κατά τη διάρκεια του πρωτοκόλλου PAP20%, ο οποίος εκδηλώθηκε μετά το 3^ο σπριντ στη γαστέρα των εκτεινόντων μηριαίων και μετά το 1^ο σπριντ στη γαστέρα των καμπτήρων μηριαίων του κυρίαρχου ποδιού. Το πρωτόκολλο ελέγχου και το πρωτόκολλο PAP0% δεν οδήγησαν σε σημαντικές μεταβολές στο μυϊκό πόνο κατά τη διάρκεια της προπόνησης.

Η απόδοση στο CMJ δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές μετά τα επαναλαμβανόμενα σπριντ σε καμία από τις τρεις συνθήκες. Από όσο γνωρίζουμε δεν υπάρχει άλλη έρευνα η οποία να μελέτησε τις μεταβολές του CMJ μετά από κάθε επαναλαμβανόμενο σπριντ αλλά έχει ερευνηθεί η απόδοση του CMJ σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις και όχι κατά την διάρκεια της προάσκησης. Τα ερευνητικά δεδομένα παραμένουν αμφιλεγόμενα μιας και δεν είναι ξεκάθαρο αν η μεταδιεγερτική διευκόλυνση θα προκαλέσει βελτίωση ή μείωση της απόδοσης. Ο Atalag και οι συνεργάτες του (Atalag 2020) παρατήρησαν μικρή βελτίωση στο CMJ μετά την εφαρμογή άρσεων θανάτου. Αντίστοιχα αποτελέσματα με την παρούσα μελέτη βρέθηκαν στην μελέτη του Kevin (Kevin 2009), όπου η απόδοση στο CMJ παρέμεινε ίδια μετά από προάσκηση με βαθύ κάθισμα (1x3 στο 90% 1ME) και hip thrust (1x3 στο 90% 1ME).

Σύμφωνα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, τα ερευνητικά δεδομένα για την απόδοση στο σπριντ μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου PAP είναι αμφιλεγόμενα, καθώς υπάρχουν μελέτες που η προπόνηση PAP βελτίωσε την απόδοση στο σπριντ, αλλά και μελέτες που δεν αναφέρουν κάποια βελτίωση. Η απόδοση στο σπριντ 40 m μετά την εφαρμογή προάσκησης SJ βελτιώθηκε σε αθλητές στίβου (Vanderka 2016), ενώ η απόδοση στο σπριντ 30 m παρέμεινε ίδια μετά την εφαρμογή προάσκησης SJ σε αθλητές στίβου (Tomlinson 2020). Στην παρούσα μελέτη, το φαινόμενο PAP φαίνεται να ενεργοποιείται μόνο όταν η προάσκηση γίνεται με μεγαλύτερη επιβάρυνση από αυτή του σωματικού βάρους, καθώς παρατηρήθηκε βελτίωση της απόδοσης μόνο στο πρωτόκολλο PAP20%. Συγκεκριμένα, η επίδοση στα 10 m βελτιώθηκε κατά 0,015 sec με την εφαρμογή προάσκησης στο 1^ο σπριντ και κατά 0,007 sec στο 2^ο σπριντ. Αντίστοιχα η επίδοση στα 30 m βελτιώθηκε κατά 0,022 sec στο 1^ο σπριντ. Αυτή η διαφορά στην απόδοση είναι σημαντική και μπορεί να είναι καθοριστική σε αγωνίσματα ταχύτητας και ειδικά σε τόσο μικρές αποστάσεις όπως τα 30 m, επομένως προάσκηση με CMJ με 20% της 1ME στο squat θα μπορούσε να εφαρμοστεί πριν από ένα αγώνα ταχύτητας για βέλτιστη απόδοση. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα της μελέτης μας, δείχνουν ότι το φαινόμενο PAP δεν διατηρείται και σε επαναλαμβανόμενα σπριντ κατά τη διάρκεια της ίδιας προπονητικής συνεδρίας, καθώς στα 10 m το φαινόμενο PAP διατηρήθηκε μέχρι και το 2^ο σπριντ, ενώ στα 30 m μόνο μέχρι το 1^ο σπριντ. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στη δημιουργία κόπωσης κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Η κόπωση που μπορεί να επέλθει μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου PAP εξαρτάται άμεσα από τον μηχανισμό ενίσχυσης (PAP) και την κόπωση που προκαλείται μετά από ένα ερέθισμα (Robins 2005, Tillin & Bishop 2009, Seitz & Haff 2015). Ωστόσο, η παρούσα μελέτη δεν υποστηρίζει αυτή την αιτιολόγηση, καθώς ο δείκτης κόπωσης σε όλα τα πρωτόκολλα ήταν μικρότερος από 1% και η συγκέντρωση ΓΟ ήταν παρόμοια μεταξύ των πρωτοκόλλων. Πιθανώς να χρειάζονται διαφορετικές επιβαρύνσεις, διαφορετικά διαλείμματα ή διαφορετικές προασκήσεις, προκειμένου να ενεργοποιηθεί πιο αποτελεσματικά το φαινόμενο PAP στην προπόνηση ταχύτητας και αυτό είναι κάτι που πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω.

Από όσο γνωρίζουμε δεν υπάρχει άλλη έρευνα που να μελέτησε την κόπωση που επέρχεται όταν εφαρμόζεται προάσκηση πριν από επαναλαμβανόμενα σπριντ στην ίδια συνεδρία. Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι ο συνδυασμός προάσκησης και σπριντ 30 m μπορεί να εφαρμοστεί έως και έξι φορές στην ίδια προπονητική μονάδα χωρίς να προκαλέσει σημαντική κόπωση.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή προάσκησης ισχύος και συγκεκριμένα του CMJ πριν από ένα σπριντ, μπορεί να ενεργοποιήσει το φαινόμενο της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης και να οδηγήσει σε βελτίωση της απόδοσης στο σπριντ. Επομένως, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως ερέθισμα πριν από ένα αγώνα για βέλτιστη απόδοση. Επιπλέον, το φαινόμενο PAP, δεν φαίνεται να μπορεί να διατηρηθεί σε περισσότερες από δύο επαναλήψεις στην ίδια προπονητική συνεδρία. Παρόλα αυτά, θα μπορούσε να χρησιμοποιείται ως μέθοδος προπόνησης μιας και δεν επιφέρει σημαντική κόπωση και σημαντική μείωση της απόδοσης όταν εφαρμόζεται σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες στην ίδια προπονητική μονάδα. Περισσότερη έρευνα χρειάζεται προκειμένου να διασαφηνιστεί ο ρόλος της εφαρμογής προασκήσεων ισχύος στην ενεργοποίηση του φαινομένου PAP και στην βελτίωση της απόδοσης στο σπριντ.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ah Sue R, Adams KJ, DeBeliso M. Optimal Timing for Post-Activation Potentiation in Women Collegiate Volleyball Players. *Sports* (Basel). 2016 May 6;4(2):27. doi: 10.3390/sports4020027. PMID: 29910275; PMCID: PMC5968915.

Atalağ O, Kurt C, Solyomvari E, Sands J, Cline C. Postactivation potentiation effects of Back Squat and Barbell Hip Thrust exercise on vertical jump and sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness*. 2020 Sep;60(9):1223-1230. doi: 10.23736/S0022-4707.20.10888-0. Epub 2020 Jun 23. PMID: 32586077.

Barreto MVC, Telles JFDS, de Castro MR, Mendes TT, Rodrigues CP, de Freitas VH. Temporal response of post-activation performance enhancement induced by a plyometric conditioning activity. *Front Sports Act Living*. 2023 Jun 27;5:1209960. doi: 10.3389/fspor.2023.1209960. PMID: 37440876; PMCID: PMC10333747.

Bissas A, Walker J, Tucker C, Paradisis G, Merlino S. Biomechanical report for the IAAF World Championships in London, 2017

Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HK, Boobis LH. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiol Scand*. 1998 Jul;163(3):261-72. doi: 10.1046/j.1365-201x.1998.00378.x. PMID: 9715738.

Bridgett LA, Linthorne NP. Changes in long jump take-off technique with increasing run-up speed. *J Sports Sci*. 2006 Aug;24(8):889-97. doi: 10.1080/02640410500298040. PMID: 16815784.

Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc*. 1985 Feb;17(1):22-34. PMID: 3884959.

Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med*. 2001 Jan;22(1):45-51. doi: 10.1055/s-2001-11331. PMID: 11258641.

Crewther BT, Kilduff LP, Cook CJ, Middleton MK, Bunce PJ, Yang GZ. The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *J Strength Cond Res*. 2011 Dec;25(12):3319-25. doi: 10.1519/JSC.0b013e318215f560. PMID: 22076086.

Cronin JB, Hansen KT. Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res*. 2005 May;19(2):349-57. doi: 10.1519/14323.1. PMID: 15903374..

Deli CK, Fatouros IG, Paschalis V, Georgakouli K, Zalavras A, Avloniti A, Koutedakis Y, Jamurtas AZ. A Comparison of Exercise-Induced Muscle Damage Following Maximal Eccentric Contractions in Men and Boys. *Pediatr Exerc Sci*. 2017 Aug;29(3):316-325. doi: 10.1123/pes.2016-0185. Epub 2017 Feb 6. PMID: 28165870.

Esformes JI, Cameron N, Bampouras TM. Postactivation potentiation following different modes of exercise. *J Strength Cond Res*. 2010 Jul;24(7):1911-6. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181dc47f8. PMID: 20543743.

Fukutani A, Takei S, Hirata K, Miyamoto N, Kanehisa H, Kawakami Y. Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *J Strength Cond Res.* 2014 Aug;28(8):2236-43. doi: 10.1519/JSC.0000000000000409. PMID: 24513618

Gabbett TJ. Sprinting patterns of National Rugby League competition. *J Strength Cond Res.* 2012 Jan;26(1):121-30. doi: 10.1519/JSC.0b013e31821e4c60. PMID: 22158144.

Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J Physiol.* 2004 Jul 1;558(Pt 1):5-30. doi: 10.1113/jphysiol.2003.058701. Epub 2004 May 6. PMID: 15131240; PMCID: PMC1664920.

Gharbi Z, Dardouri W, Haj-Sassi R, Castagna C, Chamari K, Souissi N. Effect of the number of sprint repetitions on the variation of blood lactate concentration in repeated sprint sessions. *Biol Sport.* 2014 Jun;31(2):151-6. doi: 10.5604/20831862.1099046. Epub 2014 Apr 5. PMID: 24899781; PMCID: PMC4042663.

Graubner R, Nixdorf E. Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in athletics.

Haff, Greg, editor.; Triplett, N. Travis, 1964- editor.; National Strength & Conditioning Association (U.S.), issuing body. Champaign, IL : Human Kinetics; 2016.

Haugen T, Seiler S, Sandbakk Ø, Tønnessen E. The Training and Development of Elite Sprint Performance: an Integration of Scientific and Best Practice Literature. *Sports Med Open.* 2019 Nov 21;5(1):44. doi: 10.1186/s40798-019-0221-0. PMID: 31754845; PMCID: PMC6872694.

Haugen T, Tønnessen E, Hisdal J, Seiler S. The role and development of sprinting speed in soccer. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014 May;9(3):432-41. doi: 10.1123/ijsspp.2013-0121. PMID: 23982902

Harrison AJ, Bourke G. The effect of resisted sprint training on speed and strength performance in male rugby players. *J Strength Cond Res.* 2009 Jan;23(1):275-83. doi: 10.1519/JSC.0b013e318196b81f. PMID: 19125101.

Hodgson M, Docherty D, Robbins D. Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Med.* 2005;35(7):585-95. doi: 10.2165/00007256-200535070-00004. PMID: 16026172.

Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32(1):53-73. doi: 10.2165/00007256-200232010-00003. PMID: 11772161.

Jimenez-Reyes P, Pareja-Blanco F, Cuadrado-Peñafiel V, Morcillo JA, Párraga JA, González-Badillo JJ. Mechanical, Metabolic and Perceptual Response during Sprint Training. *Int J Sports Med.* 2016 Sep;37(10):807-12. doi: 10.1055/s-0042-107251. Epub 2016 Jun 10. PMID: 27286181.

Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32(1):53-73. doi: 10.2165/00007256-200232010-00003. PMID: 11772161.

Loturco I, Pereira LA, Kobal R, Kitamura K, Cal Abad CC, Marques G, Guerriero A, Moraes JE, Nakamura FY. Validity and Usability of a New System for Measuring and Monitoring Variations in Vertical Jump Performance. *J Strength Cond Res*. 2017 Sep;31(9):2579-2585. doi: 10.1519/JSC.0000000000002086. PMID: 28658079.

Mero A, Komi PV, Gregor RJ. Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Med*. 1992 Jun;13(6):376-92. doi: 10.2165/00007256-199213060-00002. PMID: 1615256.

Meyers, Robert W. PhD1; Oliver, Jon L. PhD1,2; Hughes, Michael G. PhD1; Lloyd, Rhodri S. PhD1,2; Cronin, John B. PhD2,3. New Insights Into the Development of Maximal Sprint Speed in Male Youth. *Strength and Conditioning Journal* 39(2):p 2-10, April 2017. | DOI: 10.1519/SSC.0000000000000290

Petrakos G, Morin JB, Egan B. Resisted Sled Sprint Training to Improve Sprint Performance: A Systematic Review. *Sports Med*. 2016 Mar;46(3):381-400. doi: 10.1007/s40279-015-0422-8. PMID: 26553497.

Rønnestad BR, Mujika I. Optimizing strength training for running and cycling endurance performance: A review. *Scand J Med Sci Sports*. 2014 Aug;24(4):603-12. doi: 10.1111/sms.12104. Epub 2013 Aug 5. PMID: 23914932.

Rumpf MC, Lockie RG, Cronin JB, Jalilvand F. Effect of Different Sprint Training Methods on Sprint Performance Over Various Distances: A Brief Review. *J Strength Cond Res*. 2016 Jun;30(6):1767-85. doi: 10.1519/JSC.0000000000001245. PMID: 26492101.

Sale DG. Postactivation potentiation: role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev*. 2002 Jul;30(3):138-43. doi: 10.1097/00003677-200207000-00008. PMID: 12150573.

Scanlan AT, Dascombe BJ, Reaburn P, Dalbo VJ. The physiological and activity demands experienced by Australian female basketball players during competition. *J Sci Med Sport*. 2012 Jul;15(4):341-7. doi: 10.1016/j.jsams.2011.12.008. Epub 2012 Jan 13. PMID: 22244965.

Seitz LB, Trajano GS, Haff GG. The back squat and the power clean: elicitation of different degrees of potentiation. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014 Jul;9(4):643-9. doi: 10.1123/ijsp.2013-0358. Epub 2013 Oct 23. PMID: 24155118.

Seitz LB, Haff GG. Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Med*. 2016 Feb;46(2):231-40. doi: 10.1007/s40279-015-0415-7. PMID: 26508319.

Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*. 2005;35(12):1025-44. doi: 10.2165/00007256-200535120-00003. PMID: 16336007.

Spieszny M, Trybulski R, Biel P, Zajac A, Krzysztofik M. Post-Isometric Back Squat Performance Enhancement of Squat and Countermovement Jump. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Oct 5;19(19):12720. doi: 10.3390/ijerph191912720. PMID: 36232019; PMCID: PMC9565011.

Spriet LL. Anaerobic metabolism in human skeletal muscle during short-term, intense activity. *Can J Physiol Pharmacol*. 1992 Jan;70(1):157-65. doi: 10.1139/y92-023. PMID: 1581850.

- Tillin NA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med.* 2009;39(2):147-66. doi: 10.2165/00007256-200939020-00004. PMID: 19203135.
- Till KA, Cooke C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *J Strength Cond Res.* 2009 Oct;23(7):1960-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b8666e. PMID: 19855319.
- Tobin DP, Delahunt E. The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *J Strength Cond Res.* 2014 Feb;28(2):367-72. doi: 10.1519/JSC.0b013e318299a214. PMID: 23689338.
- Tomlinson KA, Hansen K, Helzer D, Lewis ZH, Leyva WD, McCauley M, Pritchard W, Silvestri E, Quila M, Yi M, Jo E. The Effects of Loaded Plyometric Exercise during Warm-Up on Subsequent Sprint Performance in Collegiate Track Athletes: A Randomized Trial. *Sports (Basel).* 2020 Jul 17;8(7):101. doi: 10.3390/sports8070101. PMID: 32708930; PMCID: PMC7404639.
- Turner AP, Bellhouse S, Kilduff LP, Russell M. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *J Strength Cond Res.* 2015 Feb;29(2):343-50. doi: 10.1519/JSC.0000000000000647. PMID: 25187244.
- Tzatzakis T, Papanikolaou K, Draganidis D, Tsimeas P, Kritikos S, Poullos A, Laschou VC, Deli CK, Chatzinikolaou A, Batrakoulis A, Basdekis G, Mohr M, Krstrup P, Jamurtas AZ, Fatouros IG. Recovery Kinetics After Speed-Endurance Training in Male Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2020 Mar 1;15(3):395-408. doi: 10.1123/ijsp.2018-0984. PMID: 31751937.
- Vanderka M, Krčmár M, Longová K, Walker S. Acute Effects of Loaded Half-Squat Jumps on Sprint Running Speed in Track and Field Athletes and Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2016 Jun;30(6):1540-6. doi: 10.1519/JSC.0000000000001259. PMID: 26562707.
- Yang C, Shi L, Lu Y, Wu H, Yu D. Post-activation Performance Enhancement of Countermovement Jump after Drop Jump versus Squat Jump Exercises in Elite Rhythmic Gymnasts. *J Sports Sci Med.* 2024 Sep 1;23(1):611-618. doi: 10.52082/jssm.2024.611. PMID: 39228782; PMCID: PMC11366848.
- Young WB. Transfer of strength and power training to sports performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2006 Jun;1(2):74-83. doi: 10.1123/ijsp.1.2.74. PMID: 19114741.