



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΕΡΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ & ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ”**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επίδραση του φορτίου πρόκλησης ασκησιογενούς –
μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στην αύξηση του προπονητικού
όγκου σε νεαρούς αθλούμενους**

Αθανάσιος Μιχάλης [Α.Ε.Μ. 13011]

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία-υποβλήθηκε στο Τμήμα Επιστήμης
Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης για την απόκτηση
Μεταπτυχιακού Διπλώματος στη «Φυσιολογία της Άσκησης & Προπονητική» στην
Ειδίκευση “Φυσιολογία της Άσκησης”

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: Σμήλιος Ηλίας, Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

2ο Μέλος: Μπογδάνης Γρηγόριος, Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Ε.Κ.Π.Α.

3ο Μέλος: Γούργουλης Βασίλειος, Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2026



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

**SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION, SPORTS SCIENCE AND
OCCUPATIONAL THERAPY**

DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM

“EXERCISE PHYSIOLOGY & SPORTS TRAINING SCIENCE”

MASTER DISSERTATION

**The effect of post-activation potentiation conditioning load
on training volume enhancement in recreationally trained young
athletes**

Athanasios Michalis [R.N. 13011]

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Master's Degree in
"Exercise Physiology and Sports Training Science" of the Department of Physical Education and
Sport Science, Democritus University of Thrace, specialized in Exercise Physiology

COMMITTEE OF EXAMINERS

Supervisor: Smilios Ilias, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Member 2: Bogdanis Grigoris, Professor D.P.E.S.S. - NKUA

Member 3: Gourgoulis Vassilios, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Komotini, 2026

Στην οικογένειά μου...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα της εργασίας, Καθηγητή Ηλία Σμήλιο, για την επιστημονική του καθοδήγηση στο πλαίσιο εκπόνησης της παρούσας διατριβής.

Ευχαριστώ, επίσης, τα μέλη της τριμελούς επιτροπής, Καθηγητές Γρηγόριο Μπογδάνη και Βασίλειο Γούργουλη, για τις συμβουλές και τις κατευθύνσεις που μου έδωσαν για την εκπόνηση της διατριβής.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τα άτομα που συμμετείχαν στη μελέτη, χωρίς τη συμβολή των οποίων η παρούσα έρευνα δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αθανάσιος Μιχάλης: Επίδραση του φορτίου πρόκλησης ασκησιογενούς – μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στην αύξηση του προπονητικού όγκου σε νεαρούς αθλούμενους

(Με την επίβλεψη του Καθηγητή Ηλία Σμήλιου)

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει την αύξηση του προπονητικού όγκου με και χωρίς την εφαρμογή της μεθόδου της ασκησιογενούς - μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης σε αθλούμενους νεαρής ηλικίας. Στις μετρήσεις έγινε αξιολόγηση της απόδοσης στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα με μπάρα για 3 σετ έως την εξάντληση με διάλειμμα 2 λεπτά και το φορτίο να αντιστοιχεί στο 70% 1ΜΕ υπό τρεις πειραματικές συνθήκες. Στην μια συνθήκη δεν προηγήθηκε η εκτέλεση σετ ενεργοποίησης πριν την εκτέλεση των 3 σετ με φορτίο στο 70% της 1ΜΕ. Στις άλλες δύο πειραματικές συνθήκες, 3 λεπτά πριν εκτελέστηκαν 5 επαναλήψεις, με τον ταχύτερο δυνατό ρυθμό εκτέλεσης με φορτίο 50% της 1ΜΕ, και 3 επαναλήψεις με φορτίο 90% της 1ΜΕ αντίστοιχα. Και στις τρεις πειραματικές συνθήκες έγινε επίσης μέτρηση των επιπέδων γαλακτικού στο αίμα πριν και 3 λεπτά μετά την άσκηση. Η συνθήκη με σετ ενεργοποίησης στο 90% της 1ΜΕ εκτέλεσε περισσότερες συνολικά επαναλήψεις με στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0,05$) σε σύγκριση με την συνθήκη με σετ ενεργοποίησης στο 50% της 1ΜΕ και την συνθήκη όπου δεν είχε προηγηθεί σετ ενεργοποίησης. Τα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα αυξήθηκαν και στις τρεις πειραματικές συνθήκες, ωστόσο η συνθήκη με σετ ενεργοποίησης στο 90% της 1ΜΕ παρουσίασε την μεγαλύτερη αύξηση ($p < 0,05$) συγκριτικά με τις άλλες δύο πειραματικές συνθήκες. Συνολικά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση φορτίου στο 90% της 1ΜΕ οδήγησε σε μεγαλύτερη αύξηση του όγκου προπόνησης και των επιπέδων γαλακτικού στο αίμα χωρίς να παρατηρούνται αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση λόγω αυξημένης μεταβολικής επιβάρυνσης.

Λέξεις κλειδιά: ασκησιογενής - μεταδιεγερτική ενεργοποίηση, προπονητικός όγκος, εμπροσθολαίμιο κάθισμα

ABSTRACT

Athanasios Michalis: The effect of post-activation-potential conditioning load on training volume enhancement in recreationally trained young athletes

(Under the supervision of Professor Ilias Smilios)

The purpose of the present study was to examine the increase in training volume with and without the application of the post-activation potentiation method in young recreationally trained individuals. Performance was evaluated in the barbell front squat for 3 sets to exhaustion with 2 minutes of rest between sets, using a load corresponding to 70% of 1RM under three experimental conditions. In one condition, no activation set was performed prior to the 3 sets at 70% of 1RM. In the other two experimental conditions, 3 minutes prior to the main sets, participants performed 5 repetitions at the fastest possible execution velocity with a load corresponding to 50% of 1RM, and 3 repetitions with a load corresponding to 90% of 1RM, respectively. In all three experimental conditions, blood lactate levels were measured before and 3 minutes after exercise. The condition that included an activation set at 90% of 1RM resulted in a greater total number of repetitions, with a statistically significant difference ($p < 0.05$) compared to the condition with an activation set at 50% of 1RM and the condition without a preceding activation set. Blood lactate levels increased in all three experimental conditions; however, the condition with the activation set at 90% of 1RM demonstrated the greatest increase ($p < 0.05$) compared to the other two conditions. Overall, the results indicated that the use of a load corresponding to 90% of 1RM led to a greater increase in training volume and blood lactate levels, with no negative effects on performance due to increased metabolic stress.

Key words: post-activation potentiation, training volume, front squat

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1. Ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης σε δραστηριότητες ταχυδύναμης	11
1.2. Ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης σε προγράμματα μυϊκής υπερτροφίας	17
1.3. Σκοπός	20
1.4. Ερευνητικές υποθέσεις	20
1.5. Οριοθετήσεις και περιορισμοί	21
1.6. Ορισμοί και Συνοτομογραφίες	21
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	23
2.1. Δείγμα	23
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός	23
2.3. Μετρήσεις και όργανα μέτρησης	24
2.3.1. Μέγιστη δύναμη – 1 μέγιστη επαναλήψη	24
2.3.2. Συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα	25
2.4. Πειραματική διαδικασία	25
2.5. Στατιστική ανάλυση	26
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	27
3.1. Αριθμός επαναλήψεων	27
3.2. Γαλακτικό	28

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	29
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	33
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	34

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

- Σχήμα 1.** Αριθμός επαναλήψεων ανά σετ κατά την εκτέλεση 3 σετ με φορτίο 70% της 1ΜΕ χωρίς (3x70%) και με προ-ενεργοποίηση με φορτίο 50% (50%+3x70%) και 90% 90% +3x70%) της 1ΜΕ. 27
- Σχήμα 2.** Συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα με την εκτέλεση 3 σετ με φορτίο 70% χωρίς (3x70%) και με προ-ενεργοποίηση με φορτίο 50% (50%+3x70%) και 90% 90% +3x70%) της 1ΜΕ. 28

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως ασκησιογενής μεταδιεγερτική ενεργοποίηση ορίζεται το φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται πρόσκαιρη αύξηση της δύναμης που παράγει ο μυς κατά την εκτέλεση ηλεκτρικά προκλητής μονής σύσπασης ως αποτέλεσμα προηγούμενης δραστηριότητάς του (Robbins, 2005). Η πρόκληση αυτού του φαινομένου πιστεύεται ότι προκύπτει από την αυξημένη φωσφορυλίωση των ελαφρών αλυσίδων της μυοσίνης, η οποία καθιστά το σύμπλεγμα ακτίνης–μυοσίνης πιο ευαίσθητο στο ασβέστιο, αλλά και λόγω της αύξησης της ενεργοποίησης κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης. Μεταγενέστερες έρευνες, ωστόσο, συνιστούν ότι οι αυξήσεις στη δύναμη, στην ισχύ ή στην ταχύτητα, οι οποίες επιτυγχάνονται μετά από μια προπαρασκευαστική άσκηση υψηλής έντασης, πρέπει να περιγράφονται ως ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης (Blazevich & Babault, 2019; Prieske et al., 2020). Όπως και με την ασκησιογενή μεταδιεγερτική ενεργοποίηση, η ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης αποτελεί ένα νευρομυϊκό φαινόμενο που συνδέεται με τη βελτίωση της μυϊκής απόδοσης. Σε αντίθεση, ωστόσο, με την ασκησιογενή μεταδιεγερτική ενεργοποίηση, η ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης πιστεύεται ότι προκύπτει από αλλαγές στη θερμοκρασία των μυών, στην περιεκτικότητα των μυών και των κυττάρων σε νερό, καθώς και στην ενεργοποίηση των μυών, οι οποίες οδηγούν σε ενίσχυση της εκούσιας δύναμης αρκετά λεπτά μετά από συστολές υψηλής έντασης (Blazevich & Babault, 2019).

Η χρήση ενός προπονητικού πρωτοκόλλου το οποίο θα προκαλεί τέτοιες προσαρμογές έχει μεγάλη εφαρμογή στον αγωνιστικό αθλητισμό, όπου ζητούμενο είναι η μεγιστοποίηση της απόδοσης, αλλά και στην προπόνηση αντιστάσεων σε προγράμματα για μαζικό αθλητισμό, όταν απευθύνεται σε ασκούμενους με εμπειρία στην προπόνηση δύναμης, με πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα να δείχνουν ότι η εφαρμογή τέτοιων πρωτοκόλλων μπορεί να ενισχύσει άμεσα την απόδοση σε ασκήσεις με αντιστάσεις. Οι Krzysztofik et al. (2020) έδειξαν ότι ένα πρωτόκολλο προενεργοποίησης για 3 σετ των 3 επαναλήψεων στο 85% της 1ME δεν οδήγησε σε αύξηση του αριθμού επαναλήψεων όταν στη συνέχεια εκτέλεσαν 3 σετ με φορτία 60% της 1ME, αλλά προκάλεσε αύξηση του συνολικού χρόνου υπό τάση, ιδιαίτερα στο τρίτο σετ, και κατ' επέκταση του προπονητικού όγκου. Αντίστοιχα, οι Garbisu-Hualde et al. (2023) διαπίστωσαν ότι η εκτέλεση ενός σετ μίας επανάληψης στο 93% της 1ME πριν από ένα σετ έως την εξάντληση στο 80% 1ME

αύξησε σημαντικά τον αριθμό επαναλήψεων, παρότι είχε ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη απώλεια ταχύτητας λόγω αυξημένης κόπωσης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, ωστόσο, η ασκησιογενής ενεργοποίηση χρησιμοποιείται σε έρευνες, στην προπόνηση ή στην προθέρμανση πριν από έναν αγώνα με βάση την αντιθετική μέθοδο, όπου πραγματοποιείται είτε εναλλάξ εκτέλεση των σετ δύο ασκήσεων με παρόμοια εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά με βαρύ και ελαφρύ φορτίο, είτε εκτέλεση ενός ή περισσότερων σετ μιας άσκησης με βαρύ φορτίο και στη συνέχεια μιας άλλης δραστηριότητας, με παρόμοια εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά, χωρίς φορτίο. Για παράδειγμα, σε έρευνα όπου σε ερασιτέχνες αθλητές ομαδικών αθλημάτων αξιολογήθηκε η δρομική ταχύτητα σε αποστάσεις των 10 και 30 μέτρων, 3 λεπτά πριν και 3 και 5 λεπτά μετά την εκτέλεση 10 μονών επαναλήψεων στο ημικάθισμα με φορτία στο 90% της 1ME, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ταχύτητα δεν παρουσίασε σημαντική βελτίωση 3 λεπτά μετά τα ημικάθισμα, αλλά στα 5 λεπτά καταγράφηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της απόδοσης τόσο στα 10 όσο και στα 30 μέτρα (Chatzopoulos et al., 2007). Θετικά αποτελέσματα προέκυψαν και σε μελέτη όπου εξετάστηκε η επίδραση ενός πρωτοκόλλου back squat με σταδιακά αυξανόμενα φορτία που αντιστοιχούσαν στο 30%, 70% και 90% της 1ME στην απόδοση κατά την εκτέλεση οριζόντιων αλμάτων, με ενδιάμεσο διάστημα ανάπαυσης 5 λεπτών. Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στη μέση και μέγιστη παραγόμενη ισχύ στη συνθήκη ενεργοποίησης σε σύγκριση με τη συνθήκη ελέγχου (Ruben et al., 2010).

1.1. Ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης σε δραστηριότητες ταχυδύναμης

Η πλειοψηφία των ερευνών, κατά το μεγαλύτερο μέρος της, δείχνει θετική επίδραση με αύξηση της απόδοσης από την εφαρμογή προγραμμάτων που στηρίζονται στη χρήση της αντιθετικής μεθόδου. Αυτό επαληθεύτηκε και σε έρευνα με δείγμα που αποτελούνταν από αθλούμενους με εμπειρία τουλάχιστον 1 έτους στην άσκηση του ημικάθισματος, όπου τα αποτελέσματα έδειξαν βελτιωμένη απόδοση κατά 2,8% στο άλμα με αντίθετη κίνηση και πρόσθετη επιβάρυνση όταν είχε προηγηθεί 1 σετ στο ημικάθισμα με φορτία που τους επέτρεπαν να εκτελέσουν 5 μέγιστες επαναλήψεις (5 ME), σε σύγκριση με όταν έκαναν το ίδιο τεστ δύο φορές πριν εκτελέσουν το σετ στο ημικάθισμα. Η αύξηση της απόδοσης ήταν πιο εμφανής σε άτομα με υψηλότερο επίπεδο δύναμης (Young et al., 1998).

Η προπονητική εμπειρία των ασκούμενων φαίνεται να αποτελεί επίσης σημαντικό κριτήριο στο κατά πόσο αποτελεσματική θα είναι η χρήση της αντιθετικής μεθόδου στην αύξηση της απόδοσης. Σε έρευνα όπου το δείγμα αποτελούνταν από γυναίκες, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσες είχαν υψηλότερη 1ΜΕ στην άσκηση του ημικαθίσματος είχαν καλύτερη απόδοση στο κάθισμα με άλμα σε σύγκριση με τις συμμετέχουσες που είχαν χαμηλότερες τιμές 1ΜΕ, ενισχύοντας την άποψη ότι η αντιθετική μέθοδος είναι πιο αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σε άτομα με υψηλότερα επίπεδα δύναμης (Duthie et al., 2002).

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος, το οποίο θα προκαλέσει βραχυπρόθεσμες βελτιώσεις στην απόδοση, φαίνεται ότι επηρεάζεται σημαντικά και από την προπονητική εμπειρία που έχει κάποιος που θα το ακολουθήσει. Αυτό ήταν και το αντικείμενο έρευνας με δείγμα που περιελάμβανε αθλητές/τριες αλλά και απλούς ασκούμενους/ες (Chiu et al., 2003). Τα αποτελέσματα του προγράμματος που ακολούθησαν, στο οποίο εκτέλεσαν επαναλαμβανόμενα καθίσματα με αναπήδηση και άλματα με κάθισμα μόνο με σύγκεντρη σύσπαση, με φορτία στο 30%, 50% και 70% της 1ΜΕ, 5 και 18,5 λεπτά μετά από προθέρμανση με 5 σετ της 1 επανάληψης στο 90% της 1ΜΕ στο οπισθολαίμιο κάθισμα, δεν έδειξαν ότι η προθέρμανση είχε σημαντική επίδραση στο σύνολο των συμμετεχόντων. Ωστόσο, όταν έγινε σύγκριση χωρίζοντάς τους σε ομάδες με βάση το επίπεδο εμπειρίας τους, οι παράμετροι της δύναμης και της ισχύος ήταν σημαντικά υψηλότερες στην ομάδα των αθλητών. Αυτό ισχυροποιεί την άποψη ότι η απόκριση σε παρόμοια προγράμματα εξαρτάται από το επίπεδο εμπειρίας των ασκούμενων. Αθλητές και γενικά ασκούμενοι με υψηλότερη δύναμη και υψηλότερου προπονητικού επιπέδου φαίνεται να επωφελούνται περισσότερο, πιθανώς λόγω της υψηλότερης φυσικής τους κατάστασης και ανοχής στην κόπωση.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, για την πρόκληση του φαινομένου της ασκησιογενούς μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης μέσω της αντιθετικής μεθόδου, δεν φαίνεται να είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την άσκηση προενεργοποίησης η χρήση πολύ υψηλών φορτίων, όπως για παράδειγμα στο 90% της 1ΜΕ. Σε έρευνα όπου έγινε αξιολόγηση της απόδοσης στο κατακόρυφο άλμα από θέση ημικαθίσματος και στο κατακόρυφο άλμα με τάλαντευση, με τις ασκήσεις προενεργοποίησης να είναι το ημικάθισμα και το ημικάθισμα

με άλμα με φορτία 30% και 60% της 1ME και για τις δύο ασκήσεις, βρέθηκε ότι οι ασκήσεις ήταν αποτελεσματικές στο να προκαλέσουν βραχυπρόθεσμη αύξηση της απόδοσης σε όλες τις πειραματικές συνθήκες, με εξαίρεση τη συνθήκη όπου εκτελέστηκε ημικάθισμα με φορτίο 30% της 1ME όπου φαίνεται ότι η χρήση υψηλότερων φορτίων είναι αναγκαία για να προκληθούν προσαρμογές με τη χρήση της αντιθετικής μεθόδου (Smilios et al., 2005).

Μία από τις πιο σημαντικές μελέτες που εξέτασαν την επίδραση του φαινομένου της ασκησιογενούς ενεργοποίησης στη δρομική ταχύτητα είναι εκείνη των Bevan et al. (2010). Συμμετείχαν 16 επαγγελματίες αθλητές ράγκμπι και αξιολογήθηκε κατά πόσο ένα σετ των 3 επαναλήψεων με φορτία στο 91% της 1ME στο οπισθολαίμιο κάθισμα μπορούσε να οδηγήσει σε βελτιωμένες επιδόσεις σε sprint των 5 και 10 μέτρων, 4, 8, 12 και 16 λεπτά μετά το κάθισμα, σε σύγκριση με τις τιμές αναφοράς. Ενώ η συνολική στατιστική ανάλυση δεν έδειξε σημαντικές διαφορές ($p > 0,05$), η επιμέρους ανάλυση των ατομικών αποκρίσεων έδειξε ότι αρκετοί αθλητές παρουσίασαν βελτιωμένες επιδόσεις, καθώς παρατηρήθηκε μείωση χρόνου της τάξεως των $\sim 0,04$ s τόσο για τα 5 m όσο και για τα 10 m, γεγονός που υποδηλώνει ότι η ασκησιογενής ενεργοποίηση μπορεί να επιδρά θετικά στην απόδοση, υπό την προϋπόθεση επαρκούς και εξατομικευμένου χρόνου αποκατάστασης.

Όπως προαναφέρθηκε, η χρήση της αντιθετικής μεθόδου συνήθως προϋποθέτει την επιλογή δύο ασκήσεων με παρόμοια εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά, με υψηλά φορτία στην άσκηση προενεργοποίησης και χαμηλά φορτία στην άσκηση στην οποία θέλουμε να επιτύχουμε αύξηση της απόδοσης. Στην έρευνα των Crewther et al. (2011) συμμετείχαν 9 ημιεπαγγελματίες αθλητές ράγκμπι, οι οποίοι εκτέλεσαν 1 σετ οπισθολαίμιων καθισμάτων με φορτία που αντιστοιχούσαν σε 3ME και αξιολογήθηκε εάν υπήρχε βελτίωση στην απόδοσή τους στο CMJ, στην ώθηση έλκηθρου 100 κιλών για 3 μέτρα και σε sprint 5 και 10 μέτρων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε θετική συσχέτιση του οπισθολαίμιου καθίσματος με βελτίωση της απόδοσης στο CMJ στα 4 (κατά 3,8%), στα 8 (κατά 3,5%) και στα 12 λεπτά (κατά 3,0%) σε σχέση με την τιμή αναφοράς, ενώ σε ατομικό επίπεδο υπήρχε βελτίωση έως και 6,4%. Δεν βρέθηκε, ωστόσο, κάποια θετική συσχέτιση σε ό,τι αφορά τη βελτίωση της απόδοσης στα sprints 5 και 10 μέτρων και στην ώθηση έλκηθρου για 3 μέτρα, υποστηρίζοντας έτσι την επιλογή της αντιθετικής μεθόδου ως μορφή προθέρμανσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί πριν από αγωνιστικές

συνθήκες αλλά και το ότι οι ασκήσεις που επιλέγονται για να προκαλέσουμε προσαρμογές PAP ιδανικά θα πρέπει να ανήκουν στο ίδιο κινητικό μοτίβο για επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων, όπως συνέβη και σε αυτήν την έρευνα για το οπισθολαίμιο κάθισμα και το CMJ.

Το πόσο γρήγορα παρουσιάζεται, μετά την εκτέλεση της άσκησης προενεργοποίησης, η βραχυπρόθεσμη αύξηση στην απόδοση και πόσο επηρεάζεται από το επίπεδο δύναμης ενός ατόμου είναι από τις παραμέτρους που αξίζει να ερευνηθούν περαιτέρω. Η μελέτη των Seitz et al. (2014) εξέτασε τη σχέση μεταξύ επιπέδου μέγιστης δύναμης και του χρονικού σημείου όπου εμφανίζονται προσαρμογές PAP για την άσκηση κατακόρυφο άλμα από θέση ημικαθίσματος σε διαφορετικά χρονικά σημεία μετά από 3 επαναλήψεις στο οπισθολαίμιο κάθισμα με φορτία στο 90% της 1ME, σε αθλητές ράγκμπι χωρισμένους σε δύο ομάδες με βάση την 1ME του καθενός. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πιο δυνατοί αθλητές εμφάνισαν σημαντική βελτίωση στην απόδοσή τους μεταξύ 3 και 12 λεπτών μετά την άσκηση προενεργοποίησης, με καλύτερη απόδοση στο 6ο λεπτό, ενώ οι λιγότερο δυνατοί αθλητές παρουσίασαν καλύτερη απόδοση στο 9ο λεπτό, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι το επίπεδο σχετικής δύναμης επηρεάζει όχι μόνο την ένταση αλλά και τον χρόνο απόκρισης στην PAP, με τους ισχυρότερους αθλητές να εμφανίζουν ταχύτερη και εντονότερη ενεργοποίηση.

Η επιλογή της έντασης του φορτίου που ενδείκνυται να χρησιμοποιείται στην άσκηση προενεργοποίησης είναι επίσης μία από τις παραμέτρους που αποτελούν αντικείμενο διερεύνησης, προκειμένου να παρατηρηθεί πότε επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αύξηση στην απόδοση μέσω της αντιθετικής μεθόδου. Σε έρευνα όπου συμμετείχαν 8 αθλητές της άρσης βαρών (Fukutani et al., 2014) εξετάστηκε η επίδραση της έντασης του καθίσματος σε συνθήκες υψηλής έντασης με φορτία που αντιστοιχούσαν στο 45% και 60% της 1ME για 5 επαναλήψεις και στο 75% και 90% της 1ME για 3 επαναλήψεις, αλλά και σε συνθήκες μέτριας έντασης με φορτία στο 45% και 60% της 1ME για 5 επαναλήψεις και στο 75% της 1ME για 3 επαναλήψεις, στην επακόλουθη απόδοση στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση και στη μηχανική ροπή. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και στις δύο συνθήκες η ροπή αντίδρασης και το ύψος του άλματος αυξήθηκαν σημαντικά μετά τα καθίσματα σε σύγκριση με πριν. Ωστόσο, η αύξηση ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στις συνθήκες υψηλής έντασης, κάτι που αποδίδεται στην αυξημένη ενεργοποίηση των μυϊκών ινών τύπου II, οι

οποίες επιστρατεύονται περισσότερο σε δραστηριότητες που απαιτούν εκρηκτικότητα, όπως και στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση.

Σε θετικά συμπεράσματα κατέληξαν και ερευνητές που δοκίμασαν πρωτόκολλο αντιθετικής μεθόδου ξανά σε αθλητές ράγκμπι (Seitz et al., 2016). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόδοση στα οριζόντια άλματα μπορεί να ενισχυθεί ακόμη και μετά από μόλις 90 δευτερόλεπτα ανάπαυσης. Το πρωτόκολλο περιλάμβανε την εκτέλεση της άσκησης box squat με παύση και μεταβαλλόμενη αντίσταση με λάστιχα, η οποία εναλλασσόταν με οριζόντια άλματα. Οι αθλητές εκτέλεσαν συνολικά τέσσερα σετ των δύο επαναλήψεων, με 90 δευτερόλεπτα ανάπαυσης μεταξύ των καθισμάτων και των αλμάτων. Τα καλύτερα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στο τρίτο από τα τέσσερα σετ, ενώ οι πιο δυνατοί παίκτες παρουσίασαν μεγαλύτερη αύξηση της απόδοσης σε κάθε σετ, καταλήγοντας σε παρόμοιο συμπέρασμα με προηγούμενες έρευνες.

Όπως βλέπουμε και από τη μελέτη των Seitz et al. (2016), η εφαρμογή της αντιθετικής μεθόδου φαίνεται ότι μπορεί να είναι αποτελεσματική και όταν γίνεται εναλλαγή μεταξύ της άσκησης ενεργοποίησης και της πλειομετρικής άσκησης για περισσότερα από ένα σετ για την κάθε άσκηση. Σε έρευνα με δείγμα 60 ανδρών με εμπειρία στην άσκηση με αντιστάσεις (Bauer et al., 2019) παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση όταν εκτελούσαν οπισθολαίμιο κάθισμα με μπάρα με φορτία στο 60% και 90% της 1ME από 3 σετ και εκτελούσαν άλματα στα 15 δευτερόλεπτα και 1, 3, 5, 7, 9 και 11 λεπτά από το πέρας του κάθε σετ, ενώ μεταξύ του 3ου και του 7ου λεπτού σημειώθηκε η μεγαλύτερη βελτίωση στην απόδοση και για τα δύο ποσοστά της 1ME και για τα 3 σετ. Αυτό δείχνει ότι χρειάζεται τουλάχιστον 3 λεπτά ανάπαυση μετά το κάθισμα για να εκδηλωθούν προσαρμογές ασκησιογενούς ενεργοποίησης, χωρίς ωστόσο να βρεθεί κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνθηκών.

Έχει ερευνητικό ενδιαφέρον κατά πόσο εναλλακτικές μορφές και παραλλαγές της αντιθετικής μεθόδου είναι αποτελεσματικές στο να προκαλέσουν προσαρμογές ασκησιογενούς αύξησης της απόδοσης συγκριτικά με την παραδοσιακή μέθοδο. Στην περίπτωση της μελέτης των Cleary & Cook (2020), στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της προπόνησης με περιορισμό αιματικής ροής σε συνδυασμό με εφαρμογή της αντιθετικής μεθόδου στην πρόκληση ασκησιογενούς αύξησης της απόδοσης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν δύο διαφορετικά πρωτόκολλα, ένα με

υψηλά φορτία στο 85% της 1ΜΕ και ένα με περιορισμό αιματικής ροής με φορτία στο 30% της 1ΜΕ, και οι δύο συνθήκες είχαν ως αποτέλεσμα τη μείωση στο ύψος του κατακόρυφου άλματος, με την προπόνηση με περιορισμό αιματικής ροής να παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερη μείωση από την παραδοσιακή προσέγγιση. Επίσης, από μέτρηση που έγινε στον έξω πλατύ και στους οπίσθιους μηριαίους, η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα ήταν σημαντικά υψηλότερη στην προπόνηση με υψηλά φορτία, δείχνοντας μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση και καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι, τουλάχιστον στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο, η προπόνηση με περιορισμό της αιματικής ροής δεν ήταν αποτελεσματική στην πρόκληση ασκησιογενούς αύξησης της απόδοσης, θέτοντας τις βάσεις για περαιτέρω διερεύνηση της εφαρμογής του περιορισμού της αιματικής ροής στο πλαίσιο της αντιθετικής μεθόδου.

Πιο θετικά αποτελέσματα στην αύξηση της απόδοσης μέσω της αντιθετικής μεθόδου φαίνεται ότι παρατηρούνται όταν εφαρμόζεται μέσω έκκεντρης υπερφόρτωσης, τουλάχιστον σε προχωρημένους ασκούμενους (Beato et al., 2021). Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 3 σετ των 6 επαναλήψεων στο ημικάθισμα με μεγαλύτερη επιβάρυνση κατά την έκκεντρη σύσπαση σε μηχάνημα flywheel και παρατηρήθηκε βελτίωση της απόδοσης στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση όσον αφορά το ύψος και τη μέγιστη ισχύ, αλλά και στη δύναμη των τετρακεφάλων κατά τη σύγκεντρη σύσπαση και των οπίσθιων μηριαίων κατά τη σύγκεντρη και έκκεντρη σύσπαση που αξιολογήθηκαν σε ισοκινητικό δυναμόμετρο. Επίσης, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε βελτίωση της απόδοσης από τα 3 έως και τα 9 λεπτά από το πέρας της άσκησης του ημικαθίσματος με υπερφόρτωση στην έκκεντρη σύσπαση.

Βελτιωμένη απόδοση στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση παρατηρήθηκε, επίσης, σε αθλητές πετοσφαίρισης κατά 16,3% (Berriel et al., 2022), όταν είχαν προηγηθεί 3 σετ με φορτίο 3ΜΕ στην άσκηση του καθίσματος σε μηχανή hack πριν από προπόνηση με πλειομετρικές ασκήσεις και τεχνικής-τακτικής. Στην ομάδα ελέγχου, η οποία δεν εκτέλεσε τα 3 σετ στο κάθισμα στην αρχή του προγράμματός τους, υπήρξε πτώση στο ύψος του άλματος κατά 5% όταν επανέλαβε τη δοκιμασία στο τέλος της προπόνησης.

Σημαντική προϋπόθεση για να είναι αποτελεσματικό ένα σετ το οποίο θα προκαλέσει ασκησιογενή ενεργοποίηση είναι να μην προκαλέσει νευρομυϊκή κόπωση η οποία θα οδηγήσει σε μείωση της απόδοσης στην άσκηση στην οποία θέλουμε να πετύχουμε θετική προσαρμογή. Ένας τρόπος για να το πετύχουμε αυτό είναι η

παρακολούθηση της ταχύτητας εκτέλεσης στο σετ προενεργοποίησης μέσω συσκευών που επιτρέπουν αυτήν τη μέτρηση. Αυτό έγινε σε έρευνα όπου έντεκα άνδρες εκτέλεσαν πιέσεις πάγκου με επιβάρυνση στο 80% της 1ΜΕ, με τη μία ομάδα να εκτελεί έως ότου η ταχύτητα των επαναλήψεων έπεσε κατά 10% και την άλλη έως ότου η ταχύτητα των επαναλήψεων έπεσε κατά 30% σε σχέση με την πρώτη επανάληψη. Ως δοκιμασία ελέγχου εκτέλεσαν την άσκηση πιέσεις πάγκου με ρίψη σε μηχανή Smith με επιβάρυνση στο 30% της 1ΜΕ (Tsoukos et al., 2021). Παρότι και για τις δύο πειραματικές συνθήκες παρατηρήθηκε αύξηση της απόδοσης, η ομάδα που είχε μείωση της ταχύτητας κατά 10% στις πιέσεις πάγκου εμφάνισε αύξηση της μέσης προωθητικής ταχύτητας στις πιέσεις πάγκου με ρίψη από τα δύο λεπτά και της μέγιστης τιμής ταχύτητας από το όγδοο λεπτό μετά το πέρας της πρώτης άσκησης, σε αντίθεση με την ομάδα πτώσης έως το 30% που είχε μεγαλύτερη απώλεια ταχύτητας από το πρώτο σετ και παρουσίασε αύξηση στη μέση προωθητική ταχύτητα 10 λεπτά από το πέρας του σετ προενεργοποίησης, αλλά όχι κάποια βελτίωση στη μέγιστη τιμή ταχύτητας λόγω υψηλότερης κόπωσης.

Το κατά πόσο πρέπει να φτάνει η εκτέλεση κοντά στην εξάντληση στην άσκηση που χρησιμοποιούμε για να επιτύχουμε προσαρμογές ασκησιογενούς ενεργοποίησης, παρακολουθώντας τη μείωση της ταχύτητας εκτέλεσης κατά την άσκηση, φαίνεται να είναι μία μέθοδος η οποία κερδίζει έδαφος ως προς την πρακτική της εφαρμογή. Σε έρευνα όπου το δείγμα αποτελούνταν από 27 άνδρες αθλητές, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, αξιολογήθηκε η επίδοσή τους στις κάμψεις με πλειομετρική εκτέλεση και στο κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση (Chen et al., 2024), αφότου είχαν εκτελέσει πρώτα 3 σετ προενεργοποίησης στις πιέσεις πάγκου και στο παράλληλο κάθισμα με μπάρα, αντίστοιχα, για 3, 4 και 5 επαναλήψεις, με την επιβάρυνση να αντιστοιχεί στο 87% της 1ΜΕ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα σετ των 3 επαναλήψεων και για τις δύο ασκήσεις ήταν εξίσου αποτελεσματικά στο να προκαλέσουν αύξηση της απόδοσης όσο και τα σετ των 4 και 5 επαναλήψεων, με το πλεονέκτημα ότι παρατηρήθηκε μικρότερη απώλεια ταχύτητας μεταξύ των επαναλήψεων, λόγω του ότι δεν έφταναν τόσο κοντά στη μυϊκή εξάντληση.

1.2. Ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης σε πρόγραμμα μυϊκής υπερτροφίας

Μια διαφορετική εκδοχή της αντιθετικής μεθόδου, για την οποία, τουλάχιστον κατά τη μέχρι στιγμής γνώση μας, υπάρχουν ελάχιστες βιβλιογραφικές αναφορές, έχει

εφαρμογή και στην προπόνηση αντιστάσεων για τον μαζικό αθλητισμό, όπου απευθυνόμαστε σε ασκούμενους με εμπειρία στην προπόνηση ενδυνάμωσης. Σε αυτήν την περίπτωση η προπαρασκευαστική άσκηση είναι η ίδια με την άσκηση στην οποία επιδιώκουμε να επιτύχουμε βελτίωση στην απόδοση, με τη διαφορά ότι γίνεται χρήση διαφορετικού ποσοστού της 1ΜΕ μεταξύ των δύο συνθηκών και στόχος δεν είναι η επίτευξη προσπαθειών με μέγιστη ισχύ, αλλά η αύξηση του αριθμού των επαναλήψεων σε ένα ή περισσότερα σετ, με την προϋπόθεση ότι κατά την εκτέλεση οι ασκούμενοι φτάνουν κοντά ή έως και την εξάντληση. Η προπόνηση κοντά ή έως τη μυϊκή εξάντληση έχει ως σκοπό την επιστράτευση των κινητικών μονάδων ταχείας ενεργοποίησης και, κατ' επέκταση, των μυϊκών ινών ταχείας σύσπασης. Ο λόγος για τον οποίο κρίνεται σημαντικό η εκτέλεση των ασκήσεων να πραγματοποιείται υπό αυτές τις συνθήκες, όταν έχουμε ως στόχο την αύξηση της δύναμης και της υπερτροφίας των μυών, έχει να κάνει με ερευνητικά δεδομένα που φαίνεται να υποστηρίζουν αυτήν την προσέγγιση ως περισσότερο αποτελεσματική (Fisher et al., 2011; Fisher et al., 2013). Τα διαθέσιμα, ωστόσο, ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι η προπόνηση έως την εξάντληση δεν είναι απαραίτητη για την επίτευξη μυϊκής υπερτροφίας, εφόσον η συνολική ένταση και ο όγκος της προπόνησης είναι επαρκείς, χωρίς να απαιτείται πλήρης εξάντληση. Σε δείγμα 28 ανδρών με αποχή τουλάχιστον 6 μηνών από άσκηση με αντιστάσεις, όταν ακολούθησαν πρωτόκολλο 12 εβδομάδων για τους καμπτήρες του αγκώνα με φορτία στο 85% της 1ΜΕ, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι προσαρμογές στη δύναμη και στην υπερτροφία δεν διέφεραν μεταξύ των συμμετεχόντων, ανεξάρτητα από το εάν η εκτέλεση έφτανε έως την εξάντληση (Sampson & Groeller, 2016). Παρόμοια ευρήματα προέκυψαν και από τη μελέτη των Nóbrega et al. (2018), η οποία επίσης έδειξε ότι, όταν η προπόνηση έφτανε έως την εξάντληση ή την εκούσια διακοπή στο μηχάνημα εκτάσεων γονάτου είτε για 3 σετ στο 80% της 1ΜΕ είτε για 3 σετ στο 30% της 1ΜΕ και για τις δύο συνθήκες εκτέλεσης, τα αποτελέσματα ήταν εφάμιλλα στην αύξηση της μυϊκής μάζας, της δύναμης και της γωνίας πτέρωσης. Η συνεχής προπόνηση έως την εξάντληση φαίνεται ότι μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική κόπωση και μείωση της απόδοσης ή της συχνότητας προπόνησης, κάτι που ενδέχεται να περιορίσει τη μακροπρόθεσμη πρόοδο. Αυτό έδειξαν και τα αποτελέσματα της μελέτης των Santos et al. (2021), κατά την οποία η προπόνηση έως τη μυϊκή εξάντληση δεν είχε ως αποτέλεσμα την επίτευξη μεγαλύτερου αριθμού επαναλήψεων σε σχέση με την εκτέλεση χωρίς εξάντληση όταν ο όγκος εξισώνεται. Αντίθετα, οδήγησε σε σημαντικά

υψηλότερη απώλεια ταχύτητας, παραγωγής ισχύος, αλλά και σε υψηλότερο RPE, sRPE και RPD. Αναφορικά με την αύξηση της δύναμης, τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι προπονητικά προγράμματα που δεν φτάνουν στην εξάντληση μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικά λόγω καλύτερης διαχείρισης της κόπωσης και υψηλότερης ποιότητας επαναλήψεων. Συνολικά, η προπόνηση κοντά στην εξάντληση (π.χ. με 1–3 επαναλήψεις «σε απόθεμα») φαίνεται να προσφέρει ένα ισορροπημένο πλαίσιο μεταξύ προπονητικού ερεθίσματος και διατήρησης της ικανότητας αποκατάστασης (Refalo et al., 2023).

Η εφαρμογή πρωτοκόλλων που αποσκοπεί σε ασκησιογενή αύξηση της απόδοσης ήταν και το αντικείμενο μελέτης στην έρευνα των de Freitas et al. (2021), όπου εξετάστηκε η επίδραση της ασκησιογενούς ενεργοποίησης στην απόδοση σε άνδρες με εμπειρία στην άσκηση με αντιστάσεις, με και χωρίς να έχει προηγηθεί ένα σετ οπισθολαίμιων καθισμάτων με φορτίο στο 90% της 1ME, πριν στην ίδια άσκηση εκτελεστούν 4 σετ στο 70% της 1ME με διάλειμμα 2 λεπτών μεταξύ των σετ, καθώς και στην μέγιστη εκούσια ισομετρική σύσπαση των τετρακέφαλων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή ασκησιογενούς ενεργοποίησης αύξησε τον συνολικό αριθμό επαναλήψεων για τα 4 σετ στα οπισθολαίμια καθίσματα αλλά και τη μέγιστη εκούσια ισομετρική σύσπαση των τετρακέφαλων, δείχνοντας ότι αυτός ο σχεδιασμός μπορεί να αυξήσει τον όγκο προπόνησης, την απόδοση και τη δύναμη κατά τη διάρκεια μιας προπονητικής μονάδας σε προπονημένα άτομα.

Αρκετές ομοιότητες στον πειραματικό σχεδιασμό αλλά και στα συμπεράσματα είχε και η έρευνα των Alves et al. (2021), όπου επίσης έγινε αξιολόγηση για το εάν η ασκησιογενής ενεργοποίηση μπορεί να επιφέρει βελτίωση στην απόδοση κατά τη διάρκεια της προπόνησης, με το δείγμα να αποτελείται από προπονημένους άνδρες. Το δείγμα εκτέλεσε στις πιέσεις πάγκου 3 σετ έως την εξάντληση με φορτίο 75% της 1ME και χρόνο ανάπαυσης 1,5 λεπτού μεταξύ των σετ, με και χωρίς να έχει προηγηθεί ένα σετ της ίδιας άσκησης για 3 επαναλήψεις με φορτίο στο 90% της 1ME. Και εδώ αυξήθηκε ο συνολικός όγκος προπόνησης και η απόδοση στα πρώτα δύο σετ, χωρίς ωστόσο να παρατηρηθεί διαφορά στο τελευταίο σετ, πιθανώς λόγω κόπωσης ή μείωσης της επίδρασης της ασκησιογενούς ενεργοποίησης.

Και στις δύο παραπάνω έρευνες το δείγμα αποτελούνταν από άνδρες με εμπειρία στην προπόνηση ενδυνάμωσης. Ωστόσο, δεν φαίνεται να έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες κατά τις οποίες έχει εξεταστεί η επίδραση της εκτέλεσης επαναλήψεων με ένα χαμηλό

φορτίο, με τον ταχύτερο δυνατό ρυθμό εκτέλεσης, συγκριτικά με την επίδραση ενός υψηλού φορτίου στην αύξηση της ικανότητας εκτέλεσης μεγαλύτερου αριθμού επαναλήψεων, παρουσιάζοντας, κατά τη μέχρι στιγμής γνώση μας, ένα κενό στη βιβλιογραφία που αξίζει να διερευνηθεί.

1.3. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξεταστεί, σε ενεργά αθλούμενους άνδρες και γυναίκες νεαρής ηλικίας, εάν η εκτέλεση ενός σετ ενεργοποίησης, με δύο διαφορετικά φορτία, θα οδηγούσε στην αύξηση του αριθμού των επαναλήψεων κατά την εκτέλεση σετ στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα με μπάρα, συγκριτικά με τη μη εκτέλεση ενός σετ ενεργοποίησης στην αρχή της προπόνησης, και αν θα παρατηρηθούν διαφορές στην συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα μεταξύ των τριών πειραματικών συνθηκών.

1.4. Ερευνητικές υποθέσεις

Για τις δύο πειραματικές συνθήκες με διαφορετικά φορτία στο σετ ενεργοποίησης, η χρήση υψηλότερων φορτίων θα οδηγήσει στην εκτέλεση συνολικά υψηλότερου αριθμού επαναλήψεων συγκριτικά με τη χρήση χαμηλότερων φορτίων με τον ταχύτερο δυνατό ρυθμό εκτέλεσης, στην οποία, ωστόσο, θα επιτευχθεί μεγαλύτερος αριθμός επαναλήψεων στα τρία σετ, σε σύγκριση με τη συνθήκη όπου δεν θα έχει εκτελεστεί σετ ενεργοποίησης. Αντίστοιχα, διατυπώθηκε η υπόθεση ότι η χρήση υψηλότερων φορτίων στο σετ ενεργοποίησης θα οδηγήσει σε υψηλότερη συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα σε σχέση με τις άλλες δύο πειραματικές συνθήκες, και ότι η συνθήκη με τη χρήση χαμηλότερων φορτίων με τον ταχύτερο δυνατό ρυθμό εκτέλεσης θα οδηγήσει σε υψηλότερα επίπεδα γαλακτικού σε σχέση με την συνθήκη όπου δεν θα έχει προηγηθεί σε ενεργοποίησης.

1.5. Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Οι οριοθετήσεις και οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας είναι οι εξής:

- Ως προς τη διατροφή: δεν ζητήθηκε από τις συμμετέχουσες και τους συμμετέχοντες να κάνουν κάποια αλλαγή στις διατροφικές τους συνήθειες.
- Ως προς την προσωπική τους προπόνηση: 48 ώρες πριν από κάθε ημέρα μετρήσεων έπρεπε να μην έχουν ακολουθήσει κάποιο πρόγραμμα άσκησης.

- Ως προς την ηλικία: όσοι και όσες συμμετείχαν στην έρευνα έπρεπε να είναι μεταξύ 20 και 30 ετών.
- Ως προς το προπονητικό επίπεδο: προϋπόθεση για να συμμετέχουν στην έρευνα ήταν να έχουν προπονητική εμπειρία τουλάχιστον 2 ετών και σωστή εκτέλεση στην άσκηση του καθίσματος.
- Ως προς τα φορτία που χρησιμοποιήθηκαν: για μία από τις τρεις συνθήκες έπρεπε να εκτελεστεί 1 σετ στο 50% της 1ΜΕ και για μία άλλη 1 σετ στο 90% της 1ΜΕ. Για τα 3 σετ που εκτελέστηκαν και για τις τρεις συνθήκες χρησιμοποιήθηκαν φορτία που αντιστοιχούσαν στο 70% της 1ΜΕ.
- Ως προς τις επαναλήψεις και τα σετ που εκτελέστηκαν: για τη μία από τις τρεις συνθήκες το 1 σετ στο 50% της 1ΜΕ έπρεπε να εκτελεστεί για 5 επαναλήψεις, για τη δεύτερη συνθήκη το 1 σετ στο 90% της 1ΜΕ έπρεπε να εκτελεστεί για 3 επαναλήψεις και για τα 3 σετ που εκτελέστηκαν και από τις τρεις συνθήκες στόχος ήταν η εκτέλεση του μέγιστου δυνατού αριθμού επαναλήψεων χωρίς να υπάρχει κάποιο όριο.

1.6. Ορισμοί και Συνομογραφίες

- *Ασκησιογενής μεταδιεγερτική ενεργοποίηση:* Φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται πρόσκαιρη αύξηση της δύναμης που παράγουν οι μύες κατά την εκτέλεση ηλεκτρικά προκλητής μονής σύσπασης ως αποτέλεσμα προηγούμενης δραστηριότητάς τους. Η πρόκληση αυτού του φαινομένου πιστεύεται ότι προκύπτει από την αυξημένη φωσφορυλίωση των ελαφρών αλυσίδων της μυοσίνης, η οποία καθιστά το σύμπλεγμα ακτίνης-μυοσίνης πιο ευαίσθητο στο ασβέστιο, αλλά και λόγω της αύξησης της ενεργοποίησης κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης.
- *Ασκησιογενής αύξηση της απόδοσης:* Το φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται οξεία βελτίωση της εκούσιας φυσικής απόδοσης αρκετά λεπτά μετά από μια προπαρασκευαστική δραστηριότητα υψηλής έντασης. Η πρόκληση αυτού του φαινομένου αποδίδεται κυρίως σε φυσιολογικές και νευρομυϊκές προσαρμογές, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας των μυών, οι μεταβολές στην ενυδάτωση των μυϊκών κυττάρων και η ενισχυμένη επιστράτευση κινητικών μονάδων, οι οποίες συντελούν στη βελτίωση της εκούσιας παραγωγής δύναμης.

- *Αντιθετική μέθοδος:* Προπονητική πρακτική όπου πραγματοποιείται εναλλάξ εκτέλεση των σετ δύο ασκήσεων με παρόμοια εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά με βαρύ και ελαφρύ φορτίο ή εκτέλεση ενός σετ μιας άσκησης με βαρύ φορτίο και στη συνέχεια μιας άλλης δραστηριότητας με επίσης παρόμοια εμβιομηχανικά χαρακτηριστικά χωρίς φορτίο.
- *Εμπροσθολαίμιο κάθισμα με μπάρα:* Παραλλαγή της άσκησης του καθίσματος όπου η μπάρα τοποθετείται μπροστά από το στήθος με λαβή επωμισμού ή, εναλλακτικά, με τη χρήση ιμάντων άρσης γύρω από την μπάρα, που επιτρέπει το κράτημα της με τα χέρια να είναι σε ημιπρηνισμό (ουδέτερη λαβή).
- *1 Μέγιστη Επανάληψη (1ΜΕ):* Ορίζεται ως το μέγιστο φορτίο που μπορούμε να σηκώσουμε σε μία άσκηση για 1 επανάληψη με σωστή τεχνική. Γνωρίζοντας την 1ΜΕ μίας άσκησης μπορούμε να επιλέξουμε, βάσει ενός ποσοστού της, το εύρος επαναλήψεων στο οποίο θέλουμε να προπονηθούμε με σκοπό την επίτευξη νευρομυϊκών προσαρμογών, όπως είναι για παράδειγμα η μυϊκή υπερτροφία και η ανάπτυξη της δύναμης με υπομέγιστα φορτία.
- *Γαλακτικό:* Μεταβολίτης που παράγεται από τους μύες και τα ερυθρά αιμοσφαίρια κατά την ηρεμία σε χαμηλές τιμές, και κατά την άσκηση όπου παράγεται σε υψηλότερες τιμές, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν 13 άτομα (ηλικία: $29,08 \pm 1,61$ ετών, ύψος: $1,74 \pm 0,1$ m, βάρος: $70,41 \pm 17,41$ kg, 1ΜΕ στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα με μπάρα: $65,58 \pm 42,42$ kg σε απόλυτες τιμές και $0,88 \pm 0,32$ ανά κιλό σωματικής μάζας). Από αυτούς, 8 ήταν γυναίκες και 5 άνδρες. Στις γυναίκες ($n=8$), η ηλικία ήταν $28,63 \pm 1,92$ ετών, το ύψος $1,68 \pm 0,08$ m, το σωματικό βάρος $59,66 \pm 5,38$ kg και η μέγιστη δύναμη στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα ήταν $41,88 \pm 6,65$ kg σε απόλυτες τιμές και $0,71 \pm 0,12$ ανά κιλό σωματικής μάζας. Στους άνδρες ($n=5$), η ηλικία ήταν $29,8 \pm 0,45$ ετών, το ύψος $1,82 \pm 0,06$ m, το σωματικό βάρος $87,6 \pm 16,06$ kg, ενώ η μέγιστη δύναμη στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα ήταν $103,5 \pm 48,98$ kg σε απόλυτες τιμές και $1,15 \pm 0,36$ ανά κιλό σωματικής μάζας.

Οι συμμετέχοντες είχαν προπονητική εμπειρία τουλάχιστον 2 ετών στην άσκηση με βάρη και δεν παρουσίαζαν ιστορικό μυοσκελετικών τραυματισμών ή οργανικών προβλημάτων. Πριν την έναρξη των μετρήσεων όλοι συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια ιατρικού ιστορικού ώστε να διασφαλιστεί ότι πληρούσαν τα κριτήρια συμμετοχής.

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Η διεξαγωγή των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε σε 4 συναντήσεις που έγιναν σε χώρο γυμναστηρίου που παραχωρήθηκε για αυτόν τον σκοπό και μεταξύ των 4 συναντήσεων υπήρχε κενό 7 ημερών ώστε να δίνεται δυνατότητα στους συμμετέχοντες να ξεκουράζονται επαρκώς από την κάθε συνάντηση. Την πρώτη ημέρα των μετρήσεων έγινε ενημέρωση στους συμμετέχοντες για τον πειραματικό σχεδιασμό αλλά και η δοκιμασία για την εύρεση της 1ΜΕ στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα με μπάρα. Σε όλους τους συμμετέχοντες είχε δοθεί η οδηγία να εκτελέσουν βαθύ κάθισμα, δηλαδή να κινηθούν σε εύρος όπου η άρθρωση του ισχίου θα βρίσκεται χαμηλότερα από την άρθρωση του γόνατος στο κατώτερο σημείο της κίνησης και όλες οι επαναλήψεις εκτελέστηκαν με αυτήν την τεχνική.

Στη συνέχεια, στις τρεις επόμενες ημέρες των μετρήσεων εκτελέστηκαν ισάριθμες πειραματικές συνθήκες οι οποίες περιλάμβαναν την εκτέλεση στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα 3 σετ έως την εξάντληση, με διάλειμμα 2 λεπτά, με φορτίο 70% της 1ΜΕ. Στην πρώτη συνθήκη εκτέλεσαν τα 3 σετ χωρίς να έχει προηγηθεί σετ ενεργοποίησης, στη

δεύτερη συνθήκη 3 λεπτά πριν εκτελέστηκαν 5 επαναλήψεις, με τον ταχύτερο δυνατό ρυθμό εκτέλεσης, με φορτίο 50% της 1ΜΕ και στην τρίτη συνθήκη 3 λεπτά πριν εκτελέστηκαν 3 επαναλήψεις με φορτίο 90% της 1ΜΕ. Στόχος μέσα από την αξιολόγηση των 3 πειραματικών συνθηκών ήταν να βρεθεί πότε οι συμμετέχοντες ήταν σε θέση να εκτελέσουν περισσότερες επαναλήψεις στα 3 σετ έως την εξάντληση με φορτίο που αντιστοιχούσε στο 70% της 1ΜΕ και πότε είχαν μεγαλύτερη αύξηση των επιπέδων γαλακτικού στο αίμα. Η μέτρηση των επιπέδων γαλακτικού στο αίμα γινόταν με τη χρήση αναλυτή γαλακτικού πριν (αμέσως μετά την είσοδο των δοκιμαζόμενων στο γυμναστήριο) και 3 λεπτά μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος άσκησης και στις τρεις πειραματικές συνθήκες.

2.3. Μετρήσεις και όργανα μέτρησης

2.3.1. Μέγιστη δύναμη – 1 μέγιστη επανάληψη

Κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε μία ολυμπιακή μπάρα για την εκτέλεση των εμπροσθολαίμιων καθισμάτων με μπάρα και ιμάντες άρσης βαρών περασμένοι γύρω από την μπάρα, φέρνοντας έτσι τα χέρια σε ημιπρηνισμό αντί για υπτιασμό για όσους-ες δεν μπορούσαν ή δεν ήθελαν να εκτελέσουν την άσκηση με λαβή επωμισμού.

Για τη διαδικασία μέτρησης εύρεσης της 1ΜΕ στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα με μπάρα οι συμμετέχοντες ξεκινούσαν με την εκτέλεση ενός σετ με φορτία που αντιστοιχούσαν στο 50% της σωματικής τους μάζας. Μετά από διάλειμμα διάρκειας ενός λεπτού εκτελούσαν ένα 2ο σετ των 3 έως 5 επαναλήψεων με 5 έως 10 επιπλέον κιλά συγκριτικά με το 1ο σετ. Στη συνέχεια, μετά από διάλειμμα διάρκειας ενός λεπτού εκτελούσαν ένα 3ο σετ των 3 έως 5 επαναλήψεων με 5 έως 10 επιπλέον κιλά σε σύγκριση με το 2ο σετ. Μετά από διάλειμμα διάρκειας 2 λεπτών εκτελούσαν ένα 4ο σετ των 3 έως 5 επαναλήψεων με 5 έως 10 επιπλέον κιλά συγκριτικά με το 3ο σετ. Μετά από διάλειμμα 2 λεπτών η διαδικασία επαναλαμβανόταν μέχρι να βρεθεί η μέγιστη αντίσταση που μπορούσε να σηκωθεί από τους συμμετέχοντες για 1 επανάληψη με σωστή τεχνική χωρίς βοήθεια (Baechle & Earle, 2008).

2.3.2. Συγκέντρωση γαλακτικού στο αίμα

Η μέτρηση των επιπέδων γαλακτικού στο αίμα γινόταν με τη χρήση αναλυτή γαλακτικού (EKF Diagnostics, Lactate Scout Sensors) πριν την έναρξη του προγράμματος άσκησης και επαναλαμβανόταν 3 λεπτά από την ολοκλήρωση του τελευταίου σετ καθισμάτων. Προτού γίνει χρήση του αναλυτή ο υπεύθυνος για τη διεξαγωγή των μετρήσεων φορούσε πλαστικά γάντια και απολύμεινε το δάχτυλο από το οποίο γινόταν η λήψη αίματος με οινόπνευμα, συγκεκριμένα τον δείκτη. Αφότου περίμενε για λίγο να στεγνώσει η επιφάνεια του δαχτύλου, έκανε ένα ήπιο τσίμπημα με βελόνα μιας χρήσης σε εκείνο το σημείο και στη συνέχεια έφερνε σε επαφή το δάχτυλο με τις ταινίες γαλακτικού οι οποίες τοποθετούνται στον αναλυτή για τη λήψη του αίματος και την εύρεση των τιμών γαλακτικού βάσει ενζυμικής - αμπερομετρικής ανίχνευσης με χρήση γαλακτικής οξειδάσης.

2.4. Πειραματική διαδικασία

Από τη στιγμή που οι συμμετέχοντες έρχονταν στον χώρο του γυμναστηρίου, με εξαίρεση τις διαφοροποιήσεις που υπήρχαν μεταξύ των τριών πειραματικών συνθηκών, η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν παρόμοια. Πιο συγκεκριμένα: κατά την είσοδο των συμμετεχόντων στον χώρο του γυμναστηρίου γινόταν λήψη αίματος για τη μέτρηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού στο αίμα. Στη συνέχεια ξεκινούσε η προθέρμανση, που περιλάμβανε τρέξιμο χαμηλής και σταδιακά μέτριας έντασης για 5 λεπτά και στη συνέχεια, για άλλα 5 λεπτά, εκτελούσαν δυναμικές διατάξεις και ασκήσεις κινητικότητας για τους τετρακέφαλους, τους γλουτιαίους, τους οπίσθιους μηριαίους, την ποδοκνημική άρθρωση αλλά και τη θωρακική μοίρα της σπονδυλικής στήλης λόγω του ότι είναι προαπαιτούμενο για το εμπροσθολαίμιο κάθισμα με μπάρα. Η προθέρμανση ολοκληρωνόταν με ένα σετ ειδικής προθέρμανσης στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα με μπάρα με φορτίο 35% της 1ΜΕ για 10 επαναλήψεις. Στη συνέχεια εκτελούσαν το πρόγραμμα που αντιστοιχούσε για κάθε μία από τις τρεις πειραματικές συνθήκες. Αφότου είχαν ολοκληρώσει τις μετρήσεις και έκαναν διάλειμμα 3 λεπτών από το τελευταίο σετ αξιολόγησης, γινόταν ξανά λήψη αίματος με τον αναλυτή γαλακτικού για να γίνει σύγκριση με τις τιμές που είχαν πριν ξεκινήσει η μέτρηση για την εκάστοτε ημέρα.

2.5. Στατιστική ανάλυση

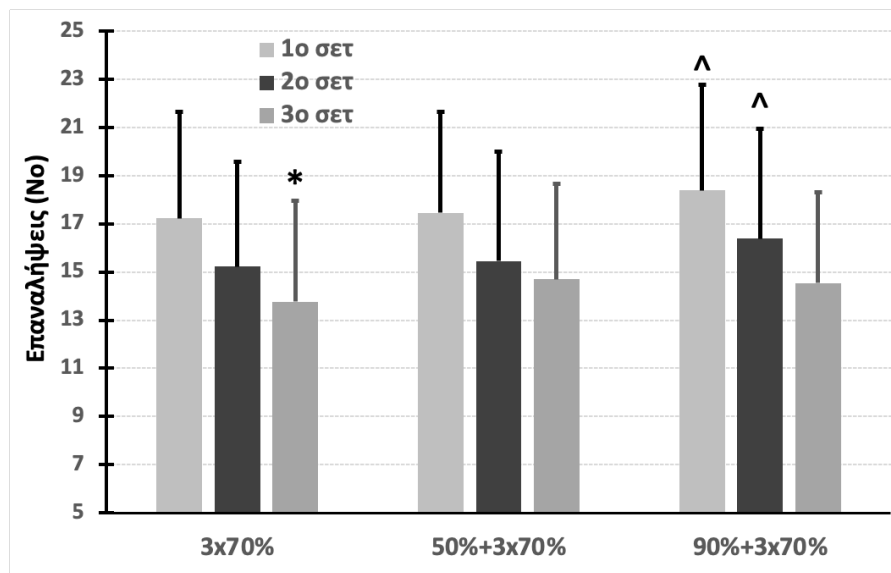
Οι ανεξάρτητες μεταβλητές στην παρούσα μελέτη ήταν οι πειραματικές συνθήκες (εκτέλεση χωρίς να έχει προηγηθεί σετ ενεργοποίησης, εκτέλεση σετ ενεργοποίησης με φορτίο στο 50% της 1ME και σετ ενεργοποίησης με φορτίο στο 90% της 1ME), ο αριθμός των σετ (1ο, 2ο και 3ο σετ) και η χρονική στιγμή μέτρησης (πριν και μετά το πρόγραμμα άσκησης). Οι εξαρτημένες μεταβλητές ήταν ο αριθμός των επαναλήψεων που εκτελέστηκαν σε κάθε σετ, ο συνολικός αριθμός επαναλήψεων και για τα 3 σετ και τα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα.

Για τον έλεγχο της κύριας επίδρασης της πειραματικής συνθήκης και του αριθμού των σετ, καθώς και της αλληλεπίδρασής τους στον αριθμό των επαναλήψεων που εκτελέστηκαν, χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες (3 πειραματικές συνθήκες × 3 σετ άσκησης). Για τον έλεγχο της επίδρασης της πειραματικής συνθήκης και της χρονικής στιγμής μέτρησης καθώς και της αλληλεπίδρασής τους στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες (3 πειραματικές συνθήκες × 2 χρονικές στιγμές μέτρησης). Επιμέρους διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εξετάστηκαν με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Αριθμός επαναλήψεων

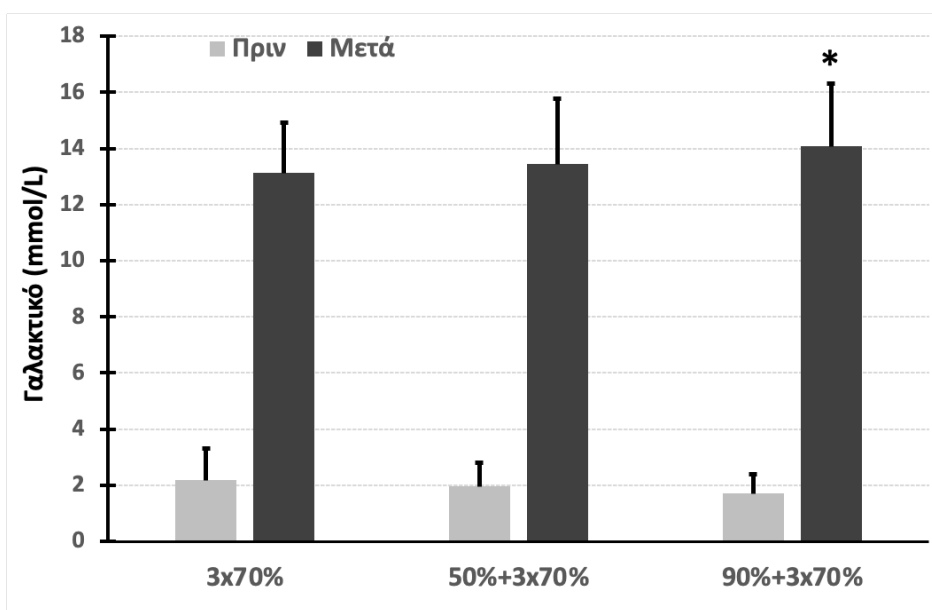
Παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων πειραματική συνθήκη και αριθμός σετ [$F(4,48) = 2,74$; $p = 0,04$] στον αριθμό των επαναλήψεων που εκτελέστηκαν. Τόσο στη συνθήκη ελέγχου [$F(2,11) = 60,54$; $p = 0,01$], όσο και στις συνθήκες ενεργοποίησης με φορτίο 50% της 1ME [$F(2,11) = 30,98$; $p = 0,01$] και 90% της 1ME [$F(2,11) = 102,49$; $p = 0,01$] παρατηρήθηκε σημαντική μείωση ($p < 0,05$) του αριθμού των επαναλήψεων από το 1^ο προς το 3^ο σετ. Στο 1^ο σετ, στη συνθήκη ενεργοποίησης με φορτίο 90% της 1ME εκτελέστηκε υψηλότερος αριθμός επαναλήψεων ($18,4 \pm 0,4$) σε σύγκριση με τη συνθήκη ενεργοποίησης στο 50% της 1ME ($17,5 \pm 4,2$) και με τη συνθήκη ελέγχου χωρίς προ-ενεργοποίηση ($17,2 \pm 4,4$) [$F(2,11) = 29,23$; $p = 0,01$]. Παρόμοια, στο 2^ο σετ, στη συνθήκη ενεργοποίησης με φορτίο 90% της 1ME εκτελέστηκε υψηλότερος αριθμός επαναλήψεων ($16,4 \pm 0,6$) σε σύγκριση με τη συνθήκη ενεργοποίησης στο 50% της 1ME ($15,5 \pm 4,5$) και με τη συνθήκη ελέγχου χωρίς προ-ενεργοποίηση ($15,2 \pm 4,4$) [$F(2,11) = 37,33$; $p = 0,01$]. Στο 3^ο σετ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραματικών συνθηκών [$F(2,11) = 3,61$; $p = 0,06$] αν και ο αριθμός των επαναλήψεων στις δύο συνθήκες ενεργοποίησης με φορτία 50% ($14,7 \pm 4$) και 90% ($14,5 \pm 3,8$) της 1ME ήταν είναι υψηλότερος έναντι της συνθήκης ελέγχου ($13,8 \pm 4,2$) (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Αριθμός επαναλήψεων ανά σετ κατά την εκτέλεση 3 σετ με φορτίο 70% της 1ME χωρίς (3x70%) και με προ-ενεργοποίηση με φορτίο 50% (50%+3x70%) και 90% (90% +3x70%) της 1ME. * $p = 0,06$ από το 50%+3x70% και 90%+3x70% στο αντίστοιχο σετ, ^ $p < 0,05$ από το 3x70% και το 50%+3x70% στο αντίστοιχο σετ.

3.2. Γαλακτικό

Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων πειραματική συνθήκη και χρονική στιγμή μέτρησης [$F(2,24)= 11,6$; $p= 0,001$] στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Η συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα αυξήθηκε σημαντικά μετά την εκτέλεση τόσο της συνθήκης ελέγχου [$F(1,12)= 580,99$; $p= 0,001$), όσο και στις συνθήκες ενεργοποίησης με φορτίο 50% της 1ME [$F(1,12)= 335,51$; $p= 0,01$)] και 90% της 1ME [$F(1,12)= 452,49$; $p= 0,01$]]. Πριν την εκτέλεση των προγραμμάτων των παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές [$F(2,11)= 3,82$; $p= 0,06$]] μεταξύ των πειραματικών συνθηκών. Μετά το τέλος των προγραμμάτων, η συγκέντρωση των επιπέδων του γαλακτικού στο αίμα ήταν σημαντικά υψηλότερη [$F(2,11)= 29,2$; $p= 0,01$]] με την προ-ενεργοποίηση με φορτίο 90% της 1ME ($14,08 \pm 2,25$ mmol/L) έναντι τόσο της συνθήκης ενεργοποίησης με φορτίο 50% της 1ME ($13,45 \pm 2,35$ mmol/L) όσο και της συνθήκης ελέγχου ($13,12 \pm 1,81$ mmol/L) (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα με την εκτέλεση 3 σετ με φορτίο 70% χωρίς (3x70%) και με προ-ενεργοποίηση με φορτίο 50% (50%+3x70%) και 90% (90% +3x70%) της 1ME. * $p<0,05$ από το 3x70% και το 50%+3x70% από την αντίστοιχη χρονική στιγμή μέτρησης.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η επίδραση τριών διαφορετικών πρωτοκόλλων (χωρίς σετ ενεργοποίησης, με σετ ενεργοποίησης με φορτίο 50% της 1ΜΕ και με σετ ενεργοποίησης με φορτίο 90% της 1ΜΕ) στην απόδοση ως προς τον αριθμό επαναλήψεων κατά την εκτέλεση τριών σετ εμπροσθολαίμιου καθίσματος στο 70% της 1ΜΕ έως την εξάντληση, καθώς και στη συγκέντρωση του γαλακτικού στο αίμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως όταν προηγήθηκε ένα σετ ενεργοποίησης με φορτίο 90% της 1ΜΕ εκτελέστηκε μεγαλύτερος αριθμός επαναλήψεων σε σύγκριση με τις άλλες δύο συνθήκες. Τα ευρήματα αυτά υποδηλώνουν ότι, τουλάχιστον στο δείγμα της παρούσας έρευνας ένα πολύ υψηλό φορτίο ενεργοποίησης (90% της 1ΜΕ) βελτιώνει περισσότερο την απόδοση, ενώ ένα μέτριο φορτίο (50% της 1ΜΕ) φαίνεται να είναι λιγότερο αποτελεσματικό. Επίσης, η αύξηση της συγκέντρωσης του γαλακτικού ήταν μεγαλύτερη όταν είχε προηγηθεί σετ ενεργοποίησης στο 90% της 1ΜΕ, γεγονός που υποδηλώνει υψηλότερα επίπεδα μεταβολικής επιβάρυνσης στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο.

Τα ευρήματα επαληθεύουν τις αρχικές ερευνητικές υποθέσεις πως η χρήση υψηλότερης έντασης στο σετ ενεργοποίησης (90% της 1ΜΕ) θα οδηγούσε σε ευνοϊκότερη επίδραση στην απόδοση συγκριτικά με το χαμηλότερο φορτίο (50% της 1ΜΕ) και ακόμη μεγαλύτερη έναντι της συνθήκης χωρίς ενεργοποίηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το υψηλό φορτίο ενεργοποίησης πράγματι οδήγησε στην εκτέλεση περισσότερων επαναλήψεων, όπως, επίσης, και ότι το υψηλότερο φορτίο θα οδηγούσε σε μεγαλύτερη αύξηση των επιπέδων γαλακτικού στο αίμα. Η διεθνής βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι η αποτελεσματικότητα των πρωτοκόλλων ασκησιογενούς αύξησης της απόδοσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το επίπεδο δύναμης και προπονητικής εμπειρίας των συμμετεχόντων. Μελέτες όπως των Young et al. (1998), Duthie et al. (2002) και Chiu et al. (2003) έχουν δείξει ότι η ενίσχυση της απόδοσης μετά από σετ με υπομέγιστα φορτία (π.χ. ημικαθίσματα με 5ΜΕ) είναι υψηλότερη σε άτομα με υψηλότερη μέγιστη δύναμη και/ή αγωνιστική εμπειρία σε αθλήματα ισχύος, ενώ οι λιγότερο προπονημένοι ασκούμενοι, με χαμηλότερο επίπεδο μέγιστης δύναμης, συχνά εμφανίζουν κυρίως κόπωση και όχι ουσιαστική αύξηση της απόδοσης. Οι Seitz et al. (2014) έδειξαν, επίσης, ότι τα πιο δυνατά άτομα εκδηλώνουν ενισχυμένη απόδοση νωρίτερα και σε μεγαλύτερο βαθμό σε σύγκριση με τους λιγότερο δυνατούς ασκούμενους, γεγονός που αποδίδεται σε μεγαλύτερη αντοχή

στην κόπωση και σε υψηλότερη ικανότητα επιστράτευσης μυϊκών ινών ταχείας συστολής. Οι μελέτες των Ruben et al. (2010) και Seitz et al. (2014) έδειξαν ότι τα άτομα ικανά να χειριστούν για μία μέγιστη επανάληψη φορτία που αντιστοιχούσαν σε δύο ή και περισσότερες φορές την σωματική τους μάζα, φάνηκε να παρουσιάζουν ενισχυμένη απόδοση σε σύγκριση με άτομα με χαμηλότερο επίπεδο μέγιστης δύναμης στο οπισθολαίμιο κάθισμα. Στην παρούσα μελέτη ωστόσο, μέρος του δείγματος αποτελούνταν από άτομα με χρόνια ενασχόληση με την άσκηση χωρίς όμως ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο μέγιστης δύναμης στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα, κάτι που πιθανόν να σημαίνει ότι η εκτέλεση σετ ενεργοποίησης να μην ήταν εξίσου αποτελεσματική για την δική τους περίπτωση. Καθώς τα πρωτόκολλα ασκησιογενούς αύξησης της απόδοσης φαίνεται να αποδίδουν καλύτερα σε δυνατότερους και πιο προπονημένους ασκούμενους ή αθλητές αυτό μπορεί να θεωρηθεί και ως ένα αδύναμο σημείο του πειραματικού σχεδιασμού.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση των αποτελεσμάτων μας με τα ευρήματα των de Freitas et al. (2021) και Alves et al. (2021), των οποίων ο πειραματικός σχεδιασμός παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με αυτόν της παρούσας μελέτης. Οι de Freitas et al. (2021) χρησιμοποίησαν σετ καθίσματος με φορτία στο 90% της 1ME ως άσκηση ενεργοποίησης πριν από πολλαπλά σετ καθίσματος στο 70% της 1ME και παρατήρησαν μεγαλύτερο συνολικό αριθμό επαναλήψεων και αυξημένη μέγιστη εκούσια ισομετρική σύσπαση στην συνθήκη με σετ ενεργοποίησης σε σύγκριση με τη συνθήκη χωρίς σετ ενεργοποίησης, χωρίς όμως να παρατηρηθούν διαφορές στα επίπεδα γαλακτικού. Αντίστοιχα, οι Alves et al. (2021) κατέγραψαν μεγαλύτερο συνολικό έργο και υψηλότερο αριθμό επαναλήψεων στα δύο πρώτα σετ πιέσεων πάγκου όταν προηγήθηκε σετ ενεργοποίησης των 3 επαναλήψεων στο 90% της 1ME, σε σύγκριση με την συνθήκη όπου εκτέλεσαν 3 σετ στο 75% της 1ME έως την εξάντληση χωρίς να έχει προηγηθεί σετ ενεργοποίησης σε προπονημένους άνδρες. Σε συμφωνία με αυτά τα ευρήματα στην παρούσα έρευνα το σετ ενεργοποίησης στο 90% της 1ME βελτίωσε περισσότερο την απόδοση στα επόμενα σετ, χωρίς όμως να καταλήγουμε σε ανάλογα ευρήματα ως προς τα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, ωστόσο, συμφωνούν με τα αυτά της μελέτης των Amorim et al. (2025), οι οποίοι ανέφεραν υψηλότερα επίπεδα γαλακτικού μετά από πρωτόκολλο ενεργοποίησης με δύο σετ των τριών επαναλήψεων στο 90% της 1ME.

Οι λόγοι που στις έρευνες των de Freitas et al. (2021), Alves et al. (2021) και Amorim et al. (2025) όταν εκτέλεσαν σετ ενεργοποίησης με φορτία στο 90% της 1ΜΕ σε σύγκριση με το να μην έχει προηγηθεί σετ ενεργοποίησης οδήγησαν στην εκτέλεση περισσότερων επαναλήψεων αποδίδονται στην φωσφορυλίωση των ελαφρών αλυσίδων μυοσίνης, στην αποτελεσματικότερη επιστράτευση κινητικών μονάδων υψηλού κατωφλίου, και στο ότι και στις τρεις μελέτες τα σετ ενεργοποίησης που προηγήθηκαν δεν οδήγησαν σε κόπωση η οποία θα είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης στα σετ που εκτελέστηκαν έως την εξάντληση. Σε ότι αφορά τα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα, όταν είχε προηγηθεί σετ ενεργοποίησης στο 90% της 1ΜΕ στην μελέτη των Amorim et al. (2025), οι λόγοι για τους οποίους οι συμμετέχοντες παρουσίασαν τα υψηλότερα επίπεδα γαλακτικού αποδίδονται στην αποτελεσματικότερη επιστράτευση μυϊκών ινών τύπου II και στην επίτευξη συνολικά περισσότερων επαναλήψεων στα σετ που εκτελέστηκαν έως την εξάντληση τα οποία οδήγησαν σε μεγαλύτερη μεταβολική καταπόνηση λόγω της αυξημένης γλυκόλυσης.

Η παρούσα μελέτη, όπως αναφέρθηκε, παρουσιάζει έναν σημαντικό περιορισμό, καθώς το δείγμα αποτελούνταν από άτομα με διαφορετικό επίπεδο μέγιστης δύναμης, κάτι που ενδέχεται να επηρέασε την απόκριση στα πρωτόκολλα ενεργοποίησης. Επιπλέον, δεν εφαρμόστηκε διασταυρούμενος πειραματικός σχεδιασμός με αντιστάθμιση της σειράς εκτέλεσης των πειραματικών συνθηκών, καθώς όλοι οι συμμετέχοντες-ουσες εκτέλεσαν τις συνθήκες με την ίδια σειρά. Καθώς η σειρά εκτέλεσης των συνθηκών δεν διαφοροποιήθηκε μεταξύ των συμμετεχόντων, ενδέχεται το γεγονός αυτό να επηρέασε τα αποτελέσματα. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να εξετάσουν τις προσαρμογές στην απόδοση σε μεγαλύτερο και περισσότερο ομοιογενές δείγμα ως προς τη μέγιστη δύναμη, όπου η εφαρμογή πρωτοκόλλων ασκησιογενούς αύξησης της απόδοσης έχει αποδειχθεί περισσότερο αποτελεσματική, καθώς και με διαφορετικές ασκήσεις ενεργοποίησης και αξιολόγησης. Επιπλέον, καθώς από όσο γνωρίζουμε δεν έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες όπου το δείγμα αποτελείται αποκλειστικά από προπονημένες γυναίκες, θα είχε ενδιαφέρον να διερευνηθεί η επίδραση εφάμιλλων πρωτοκόλλων σε ασκούμενες ή/και αθλήτριες με υψηλό επίπεδο μέγιστης δύναμης, κάτι που δεν υπήρχε στο δείγμα που συμμετείχε στην παρούσα μελέτη.

Πρακτικά, με βάση τα ευρήματα της παρούσας μελέτης η χρήση ενός σετ ενεργοποίησης υψηλής έντασης (90% της 1ΜΕ) στην αρχή μιας προπονητικής μονάδας φαίνεται να αποτελεί την πιο αποτελεσματική μέθοδο για την αύξηση του προπονητικού

όγκου σε επόμενα σετ όταν εκτελούνται έως την εξάντληση με υπομέγιστα φορτία (70% της 1ΜΕ). Η χρήση σετ ενεργοποίησης μέτριας έντασης (50% της 1ΜΕ) δεν φαίνεται να προσφέρει τα ίδια οφέλη, ωστόσο ενδέχεται να επιλέγεται σε περιπτώσεις όπου επιδιώκεται χαμηλότερη μεταβολική ή νευρομυϊκή καταπόνηση. Ως εκ τούτου, η επιλογή της έντασης του σετ ενεργοποίησης θα πρέπει να προσαρμόζεται στον εκάστοτε προπονητικό στόχο και στο επίπεδο του κάθε ασκούμενου.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης υποδεικνύουν ότι η χρήση ενός σετ ενεργοποίησης με υψηλό φορτίο (90% της 1ΜΕ) στην αρχή μιας προπονητικής μονάδας μπορεί να αυξήσει τον προπονητικό όγκο κατά την εκτέλεση σετ έως την εξάντληση με υπομέγιστο φορτίο στο εμπροσθολαίμιο κάθισμα, και να οδηγήσει σε υψηλότερη μεταβολική καταπόνηση. Η χρήση ενός σετ ενεργοποίησης με μέτριο φορτίο (50% της 1ΜΕ) δεν φαίνεται να επιδρά στον συνολικό προπονητικό όγκο στον ίδιο βαθμό, και προσφέρει ελάχιστα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με το να μην έχει προηγηθεί η εκτέλεση σετ ενεργοποίησης. Τα αποτελέσματα αυτά έχουν πρακτική σημασία για προπονητές και ασκούμενους, καθώς αναδεικνύουν τη σημασία της σωστής επιλογής της έντασης του σετ ενεργοποίησης, με στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης και της συνολικής προπονητικής επιβάρυνσης.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alves, R.R., Viana, R.B., Silva, M.H., Guimarães, T.C., Vieira, C.A., Santos, D.A.T., & Gentil, P.R.V. (2021). Postactivation potentiation improves performance in a resistance training session in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(12), 3296–3299.
2. Amorim, T. M., Gurgel, A. V., Faleiro, V., Guimarães, T. T., Monteiro, E. R., Teixeira, F. G., Jotta, B., Figueiredo, T. C., Castiglione, R. C., & Marques-Neto, S. R. (2025). Impacts of traditional warm-up and post-activation potentiation on muscle endurance during the back squat: Response of blood lactate, perceived effort, and time under tension. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), 188.
3. Baechle, T.R., & Earle, R.W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics, ISBN 978-0736058032.
4. Bauer, P., Sansone, P., Mitter, B., Makivic, B., Seitz, L.B., & Tschan, H. (2019). Acute effects of back squats on countermovement jump performance across multiple sets of a contrast training protocol in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(4), 995–1000.
5. Beato, M., Stiff, A., & Coratella, G. (2021). Effects of postactivation potentiation after an eccentric overload bout on countermovement jump and lower-limb muscle strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 1825–1832.
6. Berriel, G.P., Cardoso, A.S., Costa, R.R., Rosa, R.G., Oliveira, H.B., Kruel, L.F.M., & Peyré-Tartaruga, L.A. (2022). Effects of postactivation performance enhancement on the vertical jump in high-level volleyball athletes. *Journal of Human Kinetics*, 82, 145–153.
7. Bevan, H.R., Cunningham, D.J., Tooley, E.P., Owen, N.J., Cook, C.J., & Kilduff, L.P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 701–705.
8. Blazevich, A.J., & Babault, N. (2019). Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: Historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Frontiers in Physiology*, 10, 1359.
9. Chatzopoulos, D.E., Michailidis, C.J., Giannakos, A.K., Alexiou, K.C., Patikas, D.A., Antonopoulos, C.B., & Kotzamanidis, C.M. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1278–1281.
10. Chen, C.-F., Chuang, C.-Y., Wang, C.-C., Liu, S.-A., Chang, H.-W., & Chan, K.-H. (2024). Lower repetition induces similar postactivation performance enhancement to repetition maximum after a single set of heavy-resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(5), 848–855.

11. Chiu, L.Z.F., Fry, A.C., Weiss, L.W., Schilling, B.K., Brown, L.E., & Smith, S.L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671–677.
12. Cleary, C.J., & Cook, S.B. (2020). Postactivation potentiation in blood flow–restricted complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(4), 905–910.
13. Crewther, B.T., Kilduff, L.P., Cook, C.J., Middleton, M.K., Bunce, P.J., & Yang, G.-Z. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3319–3325.
14. de Freitas, M.C., Rossi, F.E., Colognesi, L.A., de Oliveira, J.V.N.S., Zanchi, N.E., Lira, F.S., Cholewa, J.M., & Gobbo, L.A. (2021). Postactivation potentiation improves acute resistance exercise performance and muscular force in trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(5), 1357–1363.
15. Duthie, G.M., Young, W.B., & Aitken, D.A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: An evaluation of the complex and contrast methods of power development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 530–538.
16. Fisher, J., Steele, J., Bruce-Low, S., & Smith, D. (2011). Evidence-based resistance training recommendations. *Med Sport*, 15, 147–162.
17. Fisher, J., Steele, J., & Smith, D. (2013). Evidence-based resistance training recommendations for muscular hypertrophy. *Med Sport*, 17, 217–235.
18. Fukutani, A., Takei, S., Hirata, K., Miyamoto, N., Kanehisa, H., & Kawakami, Y. (2014). Influence of the intensity of squat exercises on the subsequent jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(8), 2236–2243.
19. Garbisu-Hualde, A., Gutierrez, L., & Santos-Concejero, J. (2023). Post-activation performance enhancement as a strategy to improve bench press performance to volitional failure. *Journal of Human Kinetics*, 88, 199–206.
20. Krzysztofik, M., Wilk, M., Filip, A., Zmijewski, P., Zajac, A., & Tufano, J.J. (2020). Can post-activation performance enhancement (PAPE) improve resistance training volume during the bench press exercise? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2554.
21. Nóbrega, S.R., Ugrinowitsch, C., Pintanel, L., Barcelos, C., & Libardi, C.A. (2018). Effect of resistance training to muscle failure vs. volitional interruption at high- and low-intensities on muscle mass and strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 162–169.

22. Prieske, O., Behrens, M., Chaabene, H., Granacher, U., & Maffiuletti, N.A. (2020). Time to differentiate postactivation “potentiation” from “performance enhancement” in the strength and conditioning community. *Sports Medicine*, 50, 1559–1565.
23. Refalo, M.C., Helms, E.R., Hamilton, D.L., & Fyfe, J.J. (2023). Influence of resistance training proximity-to-failure, determined by repetitions-in-reserve, on neuromuscular fatigue in resistance-trained males and females. *Sports Medicine – Open*, 9(1), 10.
24. Robbins, D.W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453–458.
25. Ruben, R.M., Molinari, M.A., Bibbee, C.A., Childress, M.A., Harman, M.S., Reed, K.P., & Haff, G.G. (2010). The acute effects of an ascending squat protocol on performance during horizontal plyometric jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 358–369.
26. Sampson, J.A., & Groeller, H. (2016). Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(4), 375–383.
27. Santos, W.D.N., Vieira, C.A., Bottaro, M., Nunes, V.A., Ramirez-Campillo, R., Steele, J., Fisher, J.P., & Gentil, P. (2021). Resistance training performed to failure or not to failure results in similar total volume, but with different fatigue and discomfort levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(5), 1372–1379.
28. Seitz, L.B., de Villarreal, E.S., & Haff, G.G. (2014). The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 706–715.
29. Seitz, L.B., Mina, M.A., & Haff, G.G. (2016). Postactivation potentiation of horizontal jump performance across multiple sets of a contrast protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2733–2740.
30. Smilios, I., Pilianidis, T., Sotiropoulos, K., Antonakis, M., & Tokmakidis, S.P. (2005). Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 135–139.
31. Tsoukos, A., Brown, L.E., Terzis, G., Veligekas, P., & Bogdanis, G.C. (2021). Potentiation of bench press throw performance using a heavy load and velocity-based repetition control. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(Suppl.), S72–S79.
32. Young, W.B., Jenner, A., & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance από heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 82–84.