



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΕΡΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

“ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ & ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μεταβολή της απόδοσης κατά την εκτέλεση προπόνησης ισχύος με
διαφορετικά φορτία στην άσκηση άρσεις θανάτου**

Σωτηράκης Χρήστος-Μάριος [Α.Ε.Μ. 13092]

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: Αθανάσιος Χατζηνικολάου, Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

2ο Μέλος: Ηλίας Σμήλιος, Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

3ο Μέλος: Αλεξάνδρα Αυλωνίτη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2025



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION, SPORTS SCIENCE & OCCUPATIONAL THERAPY

DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM

"EXERCISE PHYSIOLOGY & SPORTS TRAINING SCIENCE"

MASTER DISSERTATION

**Changes in performance during power training with different loads in the
deadlift exercise**

Sotirakis Christos - Marios [R.N. 13092]

A thesis submitted in partial fulfillment 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: Athanasios Chatzinikolaou, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Member 2: Ilias Smilios, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Member 3: Alexandra Avloniti, Associate Professor D.P.E.S.S. – DUTH

Komotini, 2025

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σωτηράκης Χρήστος-Μάριος: Μεταβολή της απόδοσης κατά την εκτέλεση προπόνησης ισχύος με διαφορετικά φορτία στην άσκηση άρσεις θανάτου.

(Με την επίβλεψη του καθηγητή Αθανάσιου Χατζηνικολάου)

Η μέγιστη παραγωγή ισχύος αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αθλητική απόδοση, ιδιαίτερα σε δραστηριότητες που απαιτούν εκρηκτικές κινήσεις. Αν και η άσκηση «άρσεις θανάτου» χρησιμοποιείται ευρέως για την ενίσχυση της μυϊκής ισχύος, τα χαρακτηριστικά επιβάρυνσης που βελτιστοποιούν την απόδοση δεν έχουν μελετηθεί επαρκώς. Σκοπός της διατριβής ήταν η διερεύνηση της μεταβολής της παραγόμενης ισχύος και της ταχύτητας εκτέλεσης σε φορτία που αντιστοιχούσαν στο φορτίο μέγιστης ισχύος (P_{max}), καθώς και $\pm 10\%$ αυτού. Στην έρευνα συμμετείχαν 20 υγιείς, προπονημένοι άνδρες αθλητές. Αρχικά προσδιορίστηκε η 1 μέγιστη επανάληψη (1ME) στην άσκηση και δημιουργήθηκε η καμπύλη δύναμης-ταχύτητας με τη χρήση γραμμικού κωδικοποιητή. Η μέγιστη ισχύς παρατηρήθηκε στο $52,82 \pm 5,29\%$ της 1ME. Ακολούθησαν τρεις προπονητικές συνεδρίες με τυχαία σειρά εφαρμογής των φορτίων (P_{max} , $P_{max} -10\%$, $P_{max} +10\%$) και καταγράφηκαν οι τιμές ισχύος και ταχύτητας. Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην παραγόμενη ισχύ μεταξύ των τριών φορτίων, ενώ καταγράφηκαν σημαντικές διαφορές στην ταχύτητα εκτέλεσης ($p < 0,001$), με τα υψηλότερα επίπεδα ταχύτητας να εντοπίζονται στο $P_{max} -10\%$. Η πρώτη επανάληψη κάθε σετ ήταν στατιστικά βραδύτερη, πιθανόν λόγω της απουσίας κύκλου διάτασης-βράχυνσης. Η απόδοση παρέμεινε σταθερή μεταξύ των σετ. Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι φορτία ελαφρώς μικρότερα του P_{max} μπορούν να επιτύχουν αντίστοιχες αποδόσεις ισχύος με υψηλότερη ταχύτητα εκτέλεσης και δυνητικά μικρότερη κόπωση. Η εφαρμογή τους μπορεί να βελτιστοποιήσει την προπόνηση ισχύος ανάλογα με το αγωνιστικό προφίλ και τις απαιτήσεις της προπονητικής φάσης.

Λέξεις κλειδιά: άρσεις θανάτου , προπόνηση μυϊκής ισχύος , παραγωγή ισχύος .

ABSTRACT

Sotirakis Christos-Marios: Changes in performance during power training with different loads in the dead lift exercise

(Under the supervision of Professor Chatzinikolaou Athanasios)

Maximal power output is a key determinant of performance in most sports, particularly those requiring explosive movements. Although deadlifts are commonly used in power training, the optimal loading parameters that maximize performance, such as intensity, volume, and rest intervals, remain insufficiently studied. The purpose of this thesis was to investigate changes in power output and barbell velocity during deadlift performance at individualized loads corresponding to peak power output (P_{max}), as well as loads 10% above and 10% below this point. Twenty healthy, trained male athletes participated in the study. After determining their one-repetition maximum (1RM), participants completed a force-velocity profiling session using a linear encoder by performing six repetitions at 20%, 35%, 50%, 65%, and 80% of their 1RM with maximal intended velocity. The average load that elicited P_{max} was $52.82 \pm 5.29\%$ of 1RM. Athletes subsequently performed three separate training sessions with randomized order of the three conditions (P_{max} , $P_{max} - 10\%$, $P_{max} + 10\%$) and were evaluated for power output and barbell velocity. Two-way repeated-measures ANOVA revealed no significant differences in power output among the three loads. However, barbell velocity was significantly higher at lower loads ($p < 0.001$), particularly at $P_{max} - 10\%$. Additionally, the first repetition of each set was consistently slower than subsequent ones, likely due to the absence of the stretch-shortening cycle. No significant decline in performance was observed across sets, indicating stable output throughout. These findings highlight the practical importance of tailoring load selection to specific training objectives. Training slightly below P_{max} may allow for similar power adaptations with lower neuromuscular fatigue, making it potentially more suitable for phases emphasizing speed development or sport-specific movement velocity.

Key words: *deadlifts, power training, power output*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	7
1.1 Φυσιολογικές αποκρίσεις	9
1.2 Προσδιορισμός των μεταβλητών στην προπόνηση ισχύος	10
1.3 Μυολογία της άσκησης “Άρσεις θανάτου”	11
1.4 Σκοπός	12
1.5 Ερευνητικές υποθέσεις	12
1.6 Οριοθετήσεις και περιορισμοί	12
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	13
2.1 Δείγμα	13
2.2 Πειραματικός σχεδιασμός.....	13
2.3 Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης	14
2.3.1 Αξιολόγηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών	14
2.3.2 Αξιολόγηση της 1 μέγιστης επανάληψης	14
2.3.3 Αξιολόγηση μυϊκής ισχύος.....	15
2.4 Στατιστική ανάλυση	16
3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	18
3.1 Καμπύλη Ισχύος Φορτίου στην Άσκηση Άρσεις Θανάτου	18
3.2 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και της μέγιστης επανάληψης	19
3.3 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.	20
3.4 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο - 10% και της 1ΜΕ.....	21
3.5 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο- 10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.	22

3.6	Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% P _{max} και της 1ΜΕ.	23
3.7	Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.	24
3.8	Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της συνολικής παραγόμενης ισχύος μεταξύ των 3 συνθηκών.	25
3.9	Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης παραγόμενης ισχύος μεταξύ των σετ και των διαφορετικών φορτίων.	26
3.11	Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης ταχύτητας μεταξύ των 3 σετ στα διαφορετικά φορτία.	27
3.12	Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του πρώτου σετ στα διαφορετικά φορτία.	28
3.13	Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του δεύτερου σετ στα διαφορετικά φορτία.	29
3.14	Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του τρίτου σετ στα διαφορετικά φορτία.	30
4	ΣΥΖΗΤΗΣΗ	31
4.1	Ερευνητικοί Περιορισμοί	32
4.2	Κατευθύνσεις για Μελλοντική Έρευνα	32
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	34
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	35

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Σχέση ισχύος φορτίου στην άσκηση άρσεις θανάτου	18
Σχήμα 2. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και της μέγιστης επανάληψης	19
Σχήμα 3. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.	20
Σχήμα 4. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο -10% και της 1ΜΕ.....	21
Σχήμα 5. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο-10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.....	22
Σχήμα 6. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% P_{max} και της 1ΜΕ.	23
Σχήμα 7. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.....	24
Σχήμα 8. Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της συνολικής παραγόμενης ισχύος μεταξύ των 3 συνθηκών.	25
Σχήμα 9. Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης παραγόμενης ισχύος μεταξύ των σετ και των διαφορετικών φορτίων.	26
Σχήμα 10. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης ταχύτητας μεταξύ των 3 σετ στα διαφορετικά φορτία.	27
Σχήμα 11. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του πρώτου σετ στα διαφορετικά φορτία.....	28
Σχήμα 12. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του δεύτερου σετ στα διαφορετικά φορτία.	29
Σχήμα 13. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του τρίτου σετ στα διαφορετικά φορτία.	30

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προπόνηση ισχύος αποτελεί μία εξειδικευμένη μορφή άσκησης που αποσκοπεί στην ανάπτυξη της ικανότητας των μυών να παράγουν τη μέγιστη δυνατή δύναμη σε ελάχιστο χρόνο (Sargeant, 2007). Η συγκεκριμένη μορφή προπόνησης είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για αθλητές που συμμετέχουν σε αθλήματα όπου η ταχύτητα και η δύναμη αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες επιτυχίας. Σε αθλήματα όπως το ποδόσφαιρο, η καλαθοσφαίριση, ο στίβος και το τένις, η ταχύτητα επιτάχυνσης και οι εκρηκτικές κινήσεις (π.χ. αλλαγές κατεύθυνσης, σπριντ, άλματα) καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοση (Newton & Kraemer, 2000). Για τον λόγο αυτό, η προπόνηση μυϊκής ισχύος αποτελεί αντικείμενο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος τόσο για τους προπονητές όσο και για τους ερευνητές. Η βέλτιστη σχέση μεταξύ των μεταβλητών επιβάρυνσης—δηλαδή η κατάλληλη ένταση, η ποσότητα και η συχνότητα προπόνησης—καθώς και η εξατομίκευσή τους ανάλογα με τις απαιτήσεις του κάθε αθλήματος, εξακολουθούν να αποτελούν αντικείμενο μελέτης. Επιπλέον, η επιλογή των κατάλληλων ασκήσεων αποτελεί έναν ακόμη καθοριστικό παράγοντα για τη βελτιστοποίηση της παραγόμενης ισχύος.

Ως μυϊκή ισχύς ορίζεται το γινόμενο της δύναμης που παράγεται από έναν μυ επί την ταχύτητα με την οποία αυτή εφαρμόζεται ($I = \Delta \times T$), οδηγώντας σε ταχεία σύσπαση και, κατ' επέκταση, σε γρήγορη εκτέλεση της κίνησης (Haff & Nimphius, 2012). Σε πρακτικό επίπεδο, η μυϊκή ισχύς αντικατοπτρίζει την ικανότητα ενός αθλητή να παράγει υψηλές τιμές δύναμης κατά τη σύγκεντρη φάση μιας άσκησης στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα (Maffiuletti et al., 2016).

Η σχέση μεταξύ παραγόμενης δύναμης και ταχύτητας κίνησης είναι αντιστρόφως ανάλογη: καθώς αυξάνεται η δύναμη, μειώνεται η ταχύτητα, και αντίστροφα. Λόγω αυτής της σχέσης, η ισχύς διαφοροποιείται σε συνάρτηση με το εφαρμοζόμενο φορτίο (Cormie et al., 2007). Η παραβολική καμπύλη που προκύπτει υποδηλώνει ότι η μέγιστη ισχύς επιτυγχάνεται σε ενδιάμεσες τιμές μεταξύ της μέγιστης δύναμης και της μέγιστης ταχύτητας (Siegel et al., 2002).

Το σημείο της καμπύλης όπου καταγράφεται η μέγιστη παραγόμενη ισχύς διαφέρει ανάλογα με το άθλημα και το επίπεδο του αθλητή, ωστόσο εντοπίζεται συνήθως μεταξύ του 30% και 70% της μίας μέγιστης επανάληψης (1ME) (Cronin, McNair, & Marshall, 2001; Kawamori & Haff, 2004; Loturco, Pereira, Koba, & McGuigan, 2019). Η προπόνηση με

ελαφρύτερα φορτία και υψηλότερες ταχύτητες φαίνεται να οδηγεί σε μεγαλύτερες προσαρμογές στην ταχύτητα, ενώ η προπόνηση με βαρύτερα φορτία και χαμηλότερες ταχύτητες σχετίζεται με βελτίωση της μέγιστης δύναμης (Behm & Sale, 1993; Coyle, Feiring, Rotkis et al., 1981; Kanehisa & Miyashita, 1983; Cormie, McGuigan, & Newton, 2011). Το εύρος φορτίων στο οποίο επιτυγχάνεται η μέγιστη ισχύς ονομάζεται «ιδανική ζώνη ισχύος» (Loturco, Nakamura, & Tricoli et al., 2015) και τείνει να διατηρείται εντός ενός περιορισμένου εύρους ταχυτήτων, ανεξαρτήτως του προπονητικού υπόβαθρου ή επιπέδου των αθλητών (Loturco, Kobał, & Moraes et al., 2017; Loturco et al., 2015; Sanchez-Medina, Perez, & Gonzalez-Badillo, 2010). Αξιοσημείωτο είναι ότι η προπόνηση στο φορτίο που αντιστοιχεί στη μέγιστη παραγόμενη ισχύ μπορεί να ενισχύσει την απόδοση τόσο στο άκρο της καμπύλης που σχετίζεται με υψηλή ταχύτητα και χαμηλή δύναμη, όσο και στο αντίθετο άκρο, δηλαδή στη χαμηλή ταχύτητα και υψηλή δύναμη.

1.1 Φυσιολογικές αποκρίσεις

Μία από τις σημαντικότερες φυσιολογικές προσαρμογές που επιφέρει η προπόνηση ισχύος αφορά την ενίσχυση της νευρομυϊκής ενεργοποίησης. Η επαναλαμβανόμενη έκθεση του οργανισμού σε ερεθίσματα υψηλής ταχύτητας οδηγεί σε αύξηση της συχνότητας ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων, γεγονός που βελτιώνει την ικανότητα του αθλητή να παράγει δύναμη σε μικρότερο χρόνο. Ως αποτέλεσμα, η αυξημένη επιστράτευση των μυϊκών ινών ταχείας συστολής (τύπου II) συμβάλλει σε υψηλότερη απόδοση σε ταχυδυναμικές δραστηριότητες που απαιτούν στιγμιαία παραγωγή ισχύος (Suchomel et al., 2020).

Μία ακόμη βασική προσαρμογή σχετίζεται με τη βελτίωση της λειτουργίας του κύκλου διάτασης-βράχυνσης, ο οποίος επιτρέπει τη μεγαλύτερη αποθήκευση και αξιοποίηση της ελαστικής ενέργειας κατά την εκτέλεση εκρηκτικών κινήσεων (Kubo et al., 2002). Παράλληλα, η προπόνηση ισχύος αυξάνει τη σκληρότητα της μυοτενόντιας μονάδας, μειώνοντας την πιθανότητα τραυματισμών και βελτιώνοντας την οικονομία της κίνησης (Bohm et al., 2015).

Επιπλέον, η προπόνηση ταχυδύναμης επιφέρει σημαντικές δομικές προσαρμογές στο μυϊκό σύστημα. Η αύξηση τόσο του μεγέθους όσο και της ικανότητας ενεργοποίησης των μυϊκών ινών ταχείας συστολής τύπου II συνιστά μία ακόμη προσαρμογή που

σχετίζεται με τη συστηματική εφαρμογή προπονητικών ερεθισμάτων ισχύος (Ramirez-Campillo et al., 2018).

1.2 Προσδιορισμός των μεταβλητών στην προπόνηση ισχύος

Η προπόνηση μυϊκής ισχύος αποτελεί μια διαδικασία που απαιτεί την κατάλληλη επιλογή φορτίων και αριθμού επαναλήψεων, με στόχο τη μεγιστοποίηση της παραγόμενης ισχύος κατά την εκτέλεση ασκήσεων αντίστασης. Τυπικά, ένα πρωτόκολλο ισχύος περιλαμβάνει 3 έως 5 σετ ανά άσκηση, με διάλειμμα περίπου 3 λεπτών μεταξύ των σετ (Baker & Newton, 2007). Η παραγωγή ισχύος βασίζεται κατά κύριο λόγο στο αναερόβιο σύστημα της τριφωσφορικής αδενοσίνης – φωσφοκρεατίνης (ATP-PC), καθώς απαιτείται μέγιστη προσπάθεια σε χρονικά σύντομα διαστήματα. Ως εκ τούτου, η προπόνηση ισχύος χαρακτηρίζεται από περιορισμένο αριθμό επαναλήψεων ανά σετ, ώστε να διατηρείται η μέγιστη δυνατή ταχύτητα εκτέλεσης σε κάθε επανάληψη.

Το βέλτιστο εύρος φορτίων για τη μέγιστη ανάπτυξη της ισχύος σε ασκήσεις που στοχεύουν κυρίως το κάτω μέρος του σώματος κυμαίνεται μεταξύ 0–60% της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM). Έχει παρατηρηθεί ότι η εκρηκτική εκτέλεση ασκήσεων όπως τα καθίσματα, τα άλματα και οι πιέσεις με τα συγκεκριμένα φορτία οδηγεί σε σημαντικές αυξήσεις της μυϊκής ισχύος. Η National Strength and Conditioning Association (NSCA, 2021) συνιστά ότι η προπόνηση ισχύος θα πρέπει να εκτελείται με φορτία 30–60% της 1RM για την ανάπτυξη ταχύτητας και 70–90% της 1RM για τη βελτίωση της μέγιστης δύναμης, με 1–6 επαναλήψεις και διαλείμματα διάρκειας 2–5 λεπτών. Η χρήση χαμηλότερων φορτίων (0–30% 1RM) θεωρείται καταλληλότερη για αθλητές που απαιτούν υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης, ενώ τα ελαφρώς υψηλότερα φορτία (50–60% 1RM) είναι πιο αποτελεσματικά για την ανάπτυξη της ισχύος σε αθλήματα που συνδυάζουν δύναμη και ταχύτητα (Cormie et al., 2011).

Η σημασία της κατάλληλης επιλογής έντασης επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη των Kaneko et al. (1983), η οποία διερεύνησε τη σχέση μεταξύ ποσοστού 1RM και της κορυφαίας ισχύος κατά την αντίσταση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέγιστη ισχύς επιτυγχάνεται συνήθως σε φορτία 30–50% της 1RM, στα οποία καθίσταται εφικτή η παραγωγή της μέγιστης ισχύος ανά μονάδα χρόνου. Το εύρος αυτό καθιστά την ένταση ιδανική για αθλητές που συμμετέχουν σε δραστηριότητες υψηλής εκρηκτικότητας, όπως

τα σπριντ, τα άλματα, οι πολεμικές τέχνες και οι ρίψεις στον στίβο. Αντίθετα, φορτία που υπερβαίνουν το 70% της 1RM δεν ευνοούν την ανάπτυξη της ισχύος, καθώς ναι μεν αυξάνουν τη δύναμη, αλλά μειώνουν την ταχύτητα εκτέλεσης, επηρεάζοντας αρνητικά τη συνολική απόδοση.

Συναφή αποτελέσματα ανέδειξε και η μελέτη των Baker et al. (2001), η οποία ενίσχυσε τη σημασία της βέλτιστης έντασης για την αύξηση της ισχύος τόσο στο άνω όσο και στο κάτω μέρος του σώματος. Οι συγγραφείς ανέλυσαν την παραγωγή ισχύος σε ασκήσεις όπως οι πιέσεις πάγκου, οι πιέσεις ώμων και οι ολυμπιακές άρσεις με διαφορετικά ποσοστά της 1RM. Τα ευρήματα κατέδειξαν ότι για το άνω μέρος του σώματος τα βέλτιστα φορτία είναι ελαφρώς υψηλότερα, μεταξύ 40–70% της 1RM, λόγω της συμμετοχής μικρότερων μυϊκών ομάδων. Αντίθετα, για το κάτω μέρος του σώματος, τα ιδανικά φορτία φαίνεται να κυμαίνονται μεταξύ 30–50% της 1RM, επιβεβαιώνοντας προηγούμενα ερευνητικά δεδομένα.

Για την προπόνηση μυϊκής ισχύος μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα είδη ασκήσεων, όπως ολυμπιακές άρσεις, πλειομετρικές ασκήσεις με το βάρος του σώματος, βαλλιστικές ασκήσεις ή ακόμη και ασκήσεις με εξωτερικά βάρη, εφόσον εκτελούνται με πρόθεση για τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα μετατόπισης του φορτίου από τον αθλητή.

1.3 Μυολογία της άσκησης Άρσεις θανάτου

Κατά την εκτέλεση της άσκησης «άρσεις θανάτου», σύμφωνα με ευρήματα ηλεκτρομυογραφικής ανάλυσης από τη μελέτη των Bazyler et al. (2020), παρατηρείται συγκριτικά μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση στους παρασπονδυλικούς μυς της οσφυϊκής μοίρας και στον τετρακέφαλο μηριαίο μυ, σε σύγκριση με τον μέγα γλουτιαίο και τον δικέφαλο μηριαίο. Ειδικότερα όσον αφορά τους οπίσθιους μηριαίους, ο ημιτενοντώδης εμφάνισε υψηλότερα επίπεδα ενεργοποίησης από τον δικέφαλο μηριαίο μυ. Παράλληλα, στη μελέτη των Escamilla et al. (2002) αναφέρεται αυξημένη νευρομυϊκή δραστηριότητα και στον γαστροκνήμιο μυ, ο οποίος δρα ως συναγωνιστής κατά την έκταση του ισχίου. Η συμβολή του εν λόγω μυός είναι ιδιαίτερα σημαντική σε κινήσεις που απαιτούν απότομη και ισχυρή έκταση κορμού, όπως οι αλλαγές κατεύθυνσης, τα κατακόρυφα άλματα και οι εκκινήσεις σε σπριντ.

Παρά την εκτενή χρήση της άσκησης «άρσεις θανάτου» στα προπονητικά προγράμματα ισχύος, τα μεταβλητά χαρακτηριστικά επιβάρυνσης που τη συνοδεύουν δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς στη βιβλιογραφία. Ως εκ τούτου, παραμένει ασαφές το πώς επηρεάζεται η σχέση μεταξύ φορτίου και παραγόμενης ισχύος όταν οι αθλητές εκτελούν την άσκηση σε εντάσεις ελαφρώς χαμηλότερες (-10%) ή υψηλότερες ($+10\%$) από εκείνη που αντιστοιχεί στο σημείο μέγιστης παραγόμενης ισχύος.

1.4 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση της μεταβολής της απόδοσης κατά την προπόνηση ισχύος με διαφορετικά φορτία στην άσκηση άρσεις θανάτου.

1.5 Ερευνητικές υποθέσεις

Το πρωτόκολλο ξεκίνησε με την υπόθεση ότι η πρώτη επανάληψη σε κάθε σετ θα είναι σημαντικά πιο αργή από τις υπόλοιπες. Παράλληλα υπήρξε η υπόθεση πως η πτώση της η ισχύος θα ήταν σημαντική με το πέρας των επαναλήψεων.

1.6 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Σκοπός της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι να εξετάσει το στοιχείο της έντασης του προπονητικού φορτίου στην προπόνηση μυϊκής ισχύος, ως παράμετρο διαφοροποίησης της ισχύος και της ταχύτητας κατά τη διεξαγωγή προπόνησης ισχύος μέσω της άσκησης άρσεις θανάτου.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Δείγμα

Στη παρούσα μελέτη συμμετείχαν 20 άνδρες αθλητές (ηλικία: $23,4 \pm 2,9$ έτη, ύψος: $1,81 \pm 8,7$ cm, σωματικό βάρος: $80,2 \pm 9,8$ kg, ποσοστό λίπους: $24,7 \pm 2,4\%$). Για να συμμετάσχουν στην έρευνα οι συμμετέχοντες έπρεπε να πληρούν τα παρακάτω κριτήρια: α) οι εξεταζόμενοι ήταν αθλητές αθλημάτων με κύριο χαρακτηριστικό τη μυϊκή ισχύ (ποδόσφαιρο, κλασσικός αθλητισμός, καλαθοσφαίριση, κολύμβηση, πάλη), β) είχαν τουλάχιστον δύο χρόνια ενασχόλησης με τη προπόνηση αντιστάσεων, γ) ήξεραν να εκτελούν τις ασκήσεις με πολύ καλή τεχνική, δ) δεν είχαν υποστεί κάποιο τραυματισμό τον τελευταίο χρόνο και ε) δεν είχαν κάποια γνωστή πάθηση που θα επηρέαζε τα αποτελέσματα.

2.2 Πειραματικός σχεδιασμός

Η διεξαγωγή της μελέτης πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (Τ.Ε.Φ.Α.Α.) του Δ.Π.Θ. Πριν την έναρξη της διαδικασίας, οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν προφορικά και γραπτά σχετικά με τον σκοπό της μελέτης, τις διαδικασίες των μετρήσεων, τα ενδεχόμενα οφέλη, καθώς και τους πιθανούς κινδύνους από τη συμμετοχή τους. Στη συνέχεια υπέγραψαν έντυπο συγκατάθεσης συμμετοχής. Ακολούθησε δομημένη συνέντευξη με σκοπό την καταγραφή και ανάλυση του προπονητικού τους ιστορικού των προηγούμενων ετών. Έπειτα, οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν ως προς παραμέτρους σύστασης σώματος με τη μέθοδο της απορροφησιομετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA).

Η πρώτη προπονητική συνεδρία περιλάμβανε την εκτίμηση της μίας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ) στην άσκηση άρσεις θανάτου, ακολουθώντας προκαθορισμένο πρωτόκολλο προθέρμανσης και προοδευτικής αύξησης της επιβάρυνσης. Σε επόμενη προπονητική μονάδα, κάθε συμμετέχων εκτέλεσε ένα σετ έξι επαναλήψεων σε καθένα από τα εξής ποσοστά της 1ΜΕ: 20%, 35%, 50%, 65% και 80%, με την οδηγία να σηκώνει το βάρος με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα. Ο στόχος ήταν η δημιουργία καμπύλης σχέσης φορτίου–ισχύος, μέσω γραμμικού κωδικοποιητή.

Κατόπιν, προσδιορίστηκε για κάθε συμμετέχοντα το φορτίο στο οποίο επιτεύχθηκε η μέγιστη παραγόμενη ισχύς, εκφρασμένο ως ποσοστό της 1ΜΕ. Τέλος, οι αθλητές εκτέλεσαν τρία διαφορετικά προπονητικά πρωτόκολλα (P_{max} , $P_{max}-10\%$, $P_{max}+10\%$) με τυχαία σειρά, κατά τη διάρκεια τριών διαφορετικών ημερών με χρονική απόσταση τουλάχιστον τριών ημερών μεταξύ τους. Η αξιολόγηση αφορούσε την παραγόμενη ισχύ και την ταχύτητα μετατόπισης της μπάρας σε κάθε πρωτόκολλο.

2.3 Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

2.3.1 Αξιολόγηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών

Πριν την έναρξη της μελέτης οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να αξιολογηθούν ως προς τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά. Οι συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν ως προς το σωματικό τους βάρος, το ύψος, το σωματικό λίπος, την άλιπη μάζα σώματος, και την σκελετική μυϊκή μάζα. Το σωματικό ύψος αξιολογήθηκε από όρθια θέση με αναστημόμετρο (Seca, Germany). Κατά την καταγραφή του ύψους οι αθλητές δεν φορούσαν υποδήματα και στέκονταν όρθιοι στο αναστημόμετρο. Το σωματικό βάρος μετρήθηκε με αναλογική ζυγαριά Seca. Το ποσοστό σωματικού λίπους, η άλιπη σωματική μάζα, και η σκελετική μυϊκή μάζα αξιολογήθηκαν με τη μέθοδο απορροφησιμετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας (DXA). Η μέθοδος της απορροφησιμετρίας ακτινών Χ διπλής ενέργειας είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της σύστασης του σώματος, ιδιαίτερα του ποσοστού σωματικού λίπους και της οστικής πυκνότητας.

2.3.2 Αξιολόγηση της 1 μέγιστης επανάληψης

Κατά την αξιολόγηση της μίας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ) στην άσκηση άρσεις θανάτου εφαρμόστηκε πρωτόκολλο άμεσου προσδιορισμού - προοδευτικής αύξησης της επιβάρυνσης. Πριν από την έναρξη της δοκιμασίας, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 10 λεπτά ειδικής προθέρμανσης, την οποία διατήρησαν και στις επόμενες προπονητικές μονάδες, με στόχο την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος. Ακολούθως, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν σχετικά με το φορτίο που χρησιμοποιούσαν συνήθως ως 1ΜΕ κατά τις προπονήσεις τους για τη συγκεκριμένη άσκηση.

Η διαδικασία συνεχίστηκε με σετ προθέρμανσης στο 50% της εκτιμώμενης από τους ίδιους 1ΜΕ. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκε στην μπάρα φορτίο ίσο με το 80% της εκτιμώμενης μέγιστης επανάληψης, με το οποίο εκτέλεσαν 5–6 επαναλήψεις. Το φορτίο αυξανόταν στη συνέχεια κατά 5–10% και εκτελούνταν διαδοχικά σετ έως ότου προσδιοριστεί η πραγματική 1ΜΕ. Όλοι οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν τη διαδικασία σε 3–4 σετ, με ενδιάμεσο διάλειμμα διάρκειας 3–4 λεπτών (Jones et al., 2016).

Για την αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός όπως ζώνη υποστήριξης, ιμάντες συγκράτησης (straps), μπάρες ολυμπιακού τύπου και δίσκοι με δυνατότητα αύξησης του φορτίου ανά 1 κιλό. Κατά τη διάρκεια της ειδικής προθέρμανσης καθορίστηκε και η ορθή τεχνική εκτέλεσης της άσκησης. Ως έγκυρη θεωρούνταν η επανάληψη κατά την οποία ο εξεταζόμενος εκτελούσε πλήρη έκταση των αρθρώσεων του ισχίου και του γόνατος. Η διαδικασία εποπτευόταν από τέσσερις μεταπτυχιακούς φοιτητές, απόφοιτους Τ.Ε.Φ.Α.Α., οι οποίοι είχαν την ευθύνη αξιολόγησης της τεχνικής και της εγκυρότητας κάθε προσπάθειας, βάσει προκαθορισμένων κριτηρίων.

2.3.3 Αξιολόγηση μυϊκής ισχύος

Η αξιολόγηση της μυϊκής ισχύος πραγματοποιήθηκε έμμεσα, μέσω της χρήσης συσκευής γραμμικού κωδικοποιητή (linear encoder: Chronojump, Βαρκελώνη, Ισπανία), ο οποίος προσαρμοζόταν στην άκρη της μπάρας. Ο γραμμικός κωδικοποιητής είναι μια συσκευή που μετρά τη γραμμική μετατόπιση ή κίνηση της μπάρας. Αποτελείται από έναν αισθητήρα που ανιχνεύει τη θέση του κινούμενου αντικειμένου και παράγει ηλεκτρικό σήμα ανάλογο με την απόσταση ή την ταχύτητα της μετακίνησής του. Το λογισμικό Chronojump αξιοποιεί τη μέτρηση της κάθετης μετατόπισης για τον υπολογισμό παραμέτρων απόδοσης όπως η δύναμη, η ταχύτητα και η παραγόμενη ισχύς, ενώ παρέχει τα δεδομένα σε φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον. Πριν από την έναρξη των μετρήσεων, η συσκευή και το λογισμικό ελέγχθηκαν ως προς τη σωστή τους λειτουργία.

Πριν από κάθε διαδικασία αξιολόγησης, οι αθλητές εκτελούσαν επιβλεπόμενη προθέρμανση διάρκειας 15 λεπτών (γενική και ειδική), η οποία επαναλαμβανόταν σε κάθε ημέρα μέτρησης. Η παραγωγή μηχανικής ισχύος μετρήθηκε στη σύγκεντρη φάση της κίνησης για κάθε σετ. Έπειτα από χρονικό διάστημα τουλάχιστον μίας εβδομάδας από την αξιολόγηση της 1ΜΕ στην άσκηση άρσεις θανάτου, οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να

εκτελέσουν τρία σετ των έξι επαναλήψεων σε υπομέγιστα φορτία της 1ΜΕ (20%, 35%, 50%, 65% και 80%), με παθητικό διάλειμμα τριών λεπτών μεταξύ των σετ.

Κατά την εκτέλεση των ασκήσεων, ο γραμμικός κωδικοποιητής ήταν συνδεδεμένος με υπολογιστή που έφερε το λογισμικό Chronojump, όπου καταχωρίζονταν το χρησιμοποιούμενο φορτίο και υπολογίζονταν για κάθε επανάληψη η παραγόμενη δύναμη, η ταχύτητα μετακίνησης της μπάρας και η αντίστοιχη ισχύς. Για την ανάλυση των δεδομένων, υπολογίστηκε η μέση τιμή ισχύος από τις έξι επαναλήψεις σε κάθε φορτίο. Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να εκτελέσουν τη σύγκεντρη φάση της άσκησης με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα, ενώ για την έκκεντρη φάση δόθηκε η οδηγία να είναι ελεγχόμενη, έως ότου η μπάρα ακουμπήσει πλήρως στο έδαφος και αποκτήσει αδράνεια. Σε όλους τους συμμετέχοντες παρεχόταν προφορική ενθάρρυνση κατά την εκτέλεση. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών καταγράφονταν η μετατόπιση της μπάρας, η μέση ταχύτητα (m/s) και η μέση παραγόμενη ισχύς (watts). Επαναλήψεις που παρουσίαζαν απόκλιση μεγαλύτερη του 10% από τη μέση μετατόπιση της μπάρας εξαιρούνταν από την ανάλυση. Για την τελική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες τιμές των σετ.

2.4 Στατιστική ανάλυση

Για την ανάλυση των δεδομένων οι τιμές απεικονίστηκαν σε καρτεσιανό σύστημα αξόνων. Με το λογισμικό Microsoft Excel, εξήχθησαν η γραμμή τάσης και η δευτεροβάθμια εξίσωση ($F(x)=ax^2+bx+c$) που εξηγεί το μεγαλύτερο ποσοστό διακύμανσης. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η μέγιστη τιμή της καμπύλης που αντιπροσωπεύει το P_{max} και στις εξισώσεις δευτέρου βαθμού λύνεται με το μαθηματικό τύπο $P_{max} = -b/2a$ (όπου b και a είναι οι συντελεστές της προηγούμενης εξίσωσης), η οποία υποδεικνύει το φορτίο που αντιστοιχεί στη μέγιστη ισχύ. Ακόμη πραγματοποιήθηκε ανάλυση γραμμικής συσχέτισης (υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης R Pearson), μεταξύ του ποσοστού της 1 ΜΕ στην οποία διαπιστώθηκε η μέγιστη μυϊκή ισχύς και των τιμών μέγιστης δύναμης και μέγιστης σχετικής δύναμης. Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν επαναλαμβανόμενο παράγοντα για την εξέταση της συνολικής ισχύος στην προπόνηση. Για την εξέταση ανά σετ και ανά επανάληψη χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης ως προς δυο επαναλαμβανόμενους παράγοντες. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

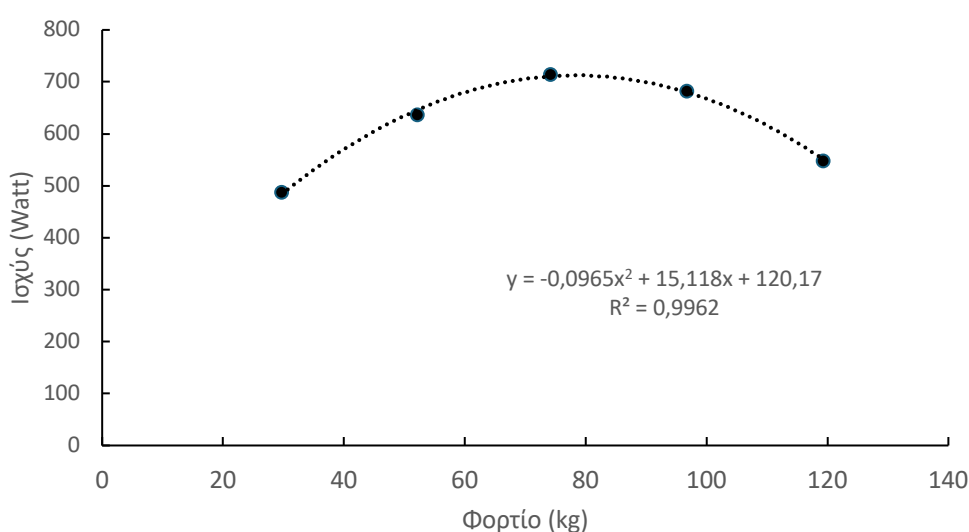
Για την εύρεση των συσχετίσεων μεταξύ των παραμέτρων μέγιστη ισχύς-μια μέγιστη επανάληψη και σχετική δύναμη-μυϊκή ισχύς πραγματοποιήθηκε γραμμική ανάλυση παλινδρόμησης και υπολογίστηκε ο δείκτης R^2 και ο δείκτης R Pearson

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της μεταβολής της απόδοσης ως προς την παραγόμενη ισχύ, όταν η προπόνηση πραγματοποιείται με φορτία που αντιστοιχούν σε $\pm 10\%$ από το σημείο μέγιστης παραγόμενης ισχύος. Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα ευρήματα της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας. Αρχικά, παρατίθεται η καμπύλη ισχύος–φορτίου, από την οποία προσδιορίστηκε το φορτίο στο οποίο παρατηρήθηκε η μέγιστη ισχύς (P_{max}). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν τη σύγκριση των τριών διαφορετικών συνθηκών εκτέλεσης των σετ ως προς τη συνολική ισχύ εντός του προπονητικού πρωτοκόλλου. Ακολουθούν τα ευρήματα που σχετίζονται με την παραγόμενη ισχύ ανά σετ, και τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ανά επανάληψη για κάθε σετ ξεχωριστά.

3.1 Καμπύλη Ισχύος Φορτίου στην Άσκηση Άρσεις Θανάτου

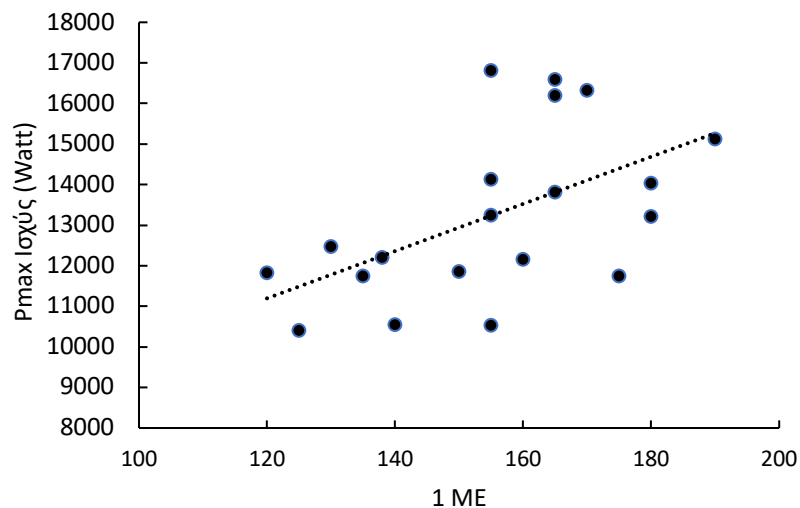
Στην άσκηση άρσεις θανάτου διαπιστώθηκε ότι η προβλεπόμενη καμπύλη ισχύος–φορτίου εξηγεί το 99,62% της συνολικής διακύμανσης ($R^2 = 0,9962$). Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι το φορτίο στο οποίο παρατηρήθηκε η μέγιστη παραγόμενη ισχύς ανήλθε στο $52,82 \pm 5,29\%$ της μίας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ). Η δευτεροβάθμια εξίσωση που περιγράφει την καμπύλη ήταν: $\text{Ισχύς} = -0,0965 \cdot x^2 + 15,118 \cdot x + 120,17$, όπου x το φορτίο σε χιλιόγραμμα. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Σχέση ισχύος φορτίου στην άσκηση άρσεις θανάτου

3.2 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και της μέγιστης επανάληψης

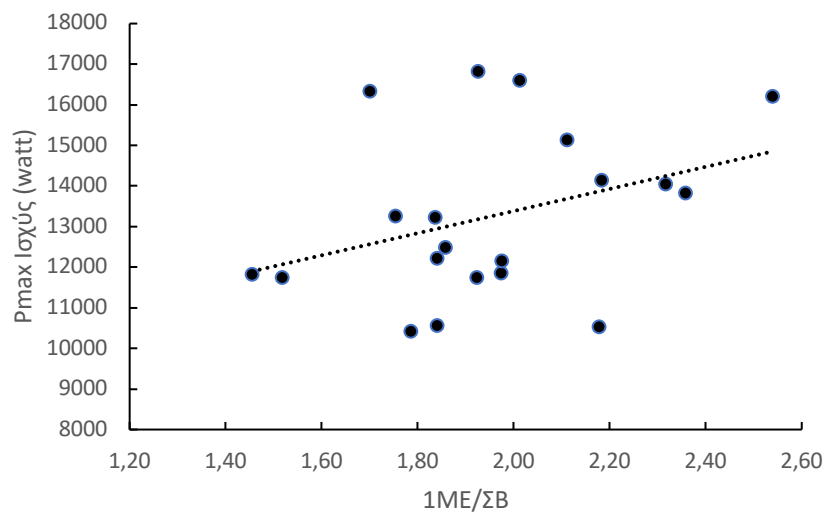
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε μέτρια θετική συσχέτιση (Pearson $r = 0,5435$) μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και της μέγιστης δύναμης (1ME). Η εξίσωση της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης διαμορφώθηκε ως: $\text{Ισχύς} = 58,172 \cdot x + 4215$, όπου x η τιμή της 1ME. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,2952, ερμηνεύοντας το 29,52% της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και της μέγιστης επανάληψης

3.3 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.

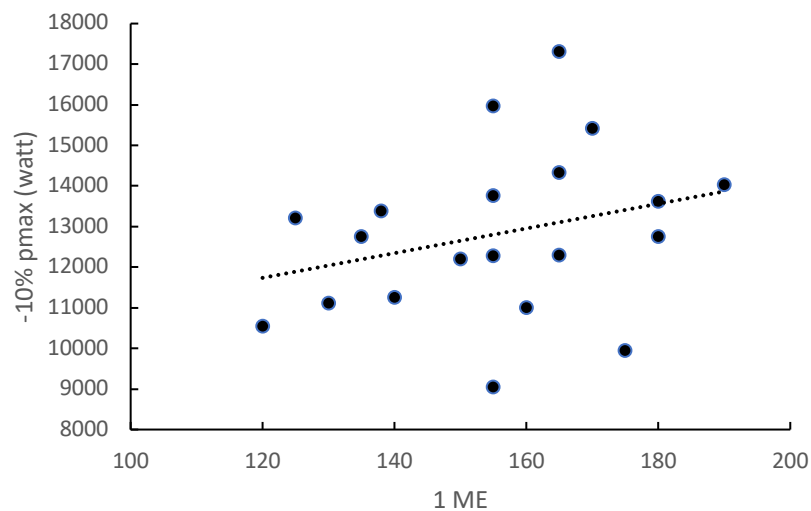
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε ασθενής θετική συσχέτιση (Pearson $r = 0,3561$) μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και του λόγου μέγιστης δύναμης προς σωματικό βάρος (1ΜΕ/ΣΒ). Η εξίσωση της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης διαμορφώθηκε ως: $\text{Ισχύς} = 2724,9 \cdot x + 7931,7$, όπου x ο λόγος 1ΜΕ προς το σωματικό βάρος. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,1267, ερμηνεύοντας το 12,67% της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.

3.4 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο -10% και της 1ME

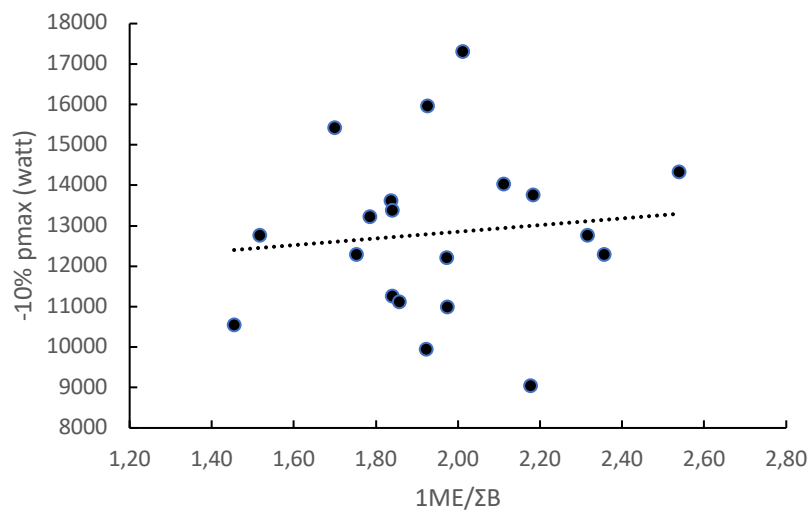
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε ασθενής θετική συσχέτιση (Pearson $r = 0,2871$) μεταξύ της παραγόμενης ισχύος στο -10% του P_{max} και της μέγιστης επανάληψης (1ME). Η εξίσωση της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης διαμορφώθηκε ως: $Ισχύς = 30,414 \cdot x + 8086,9$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0824, ερμηνεύοντας το 8,24% της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο -10% και της 1ME.

3.5 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο -10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.

Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε πολύ ασθενής θετική συσχέτιση (Pearson $r = 0,1091$) μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο -10% του P_{max} και του λόγου μέγιστης δύναμης προς σωματικό βάρος (1ΜΕ/ΣΒ). Η εξίσωση της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης διαμορφώθηκε ως: $Ισχύς = 826,19 \cdot x + 11199$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0119, ερμηνεύοντας το 1,19% της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.

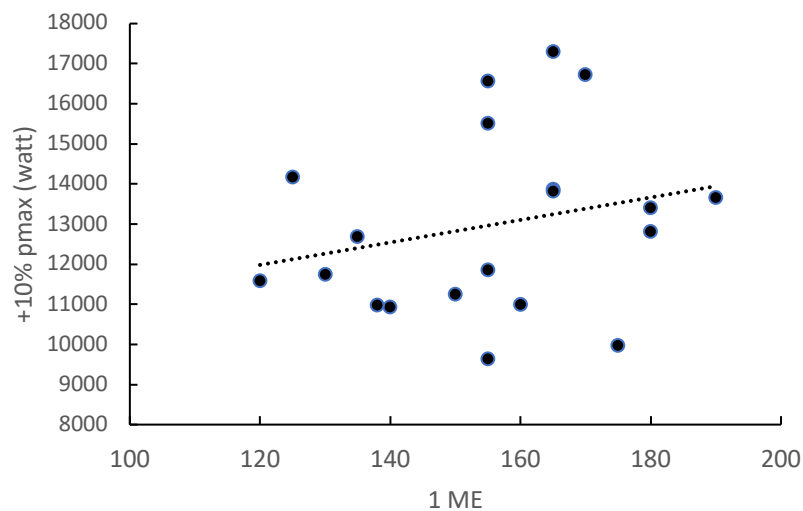


Σχήμα 5. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο -10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.

3.6 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10%

P_{max} και της 1ΜΕ.

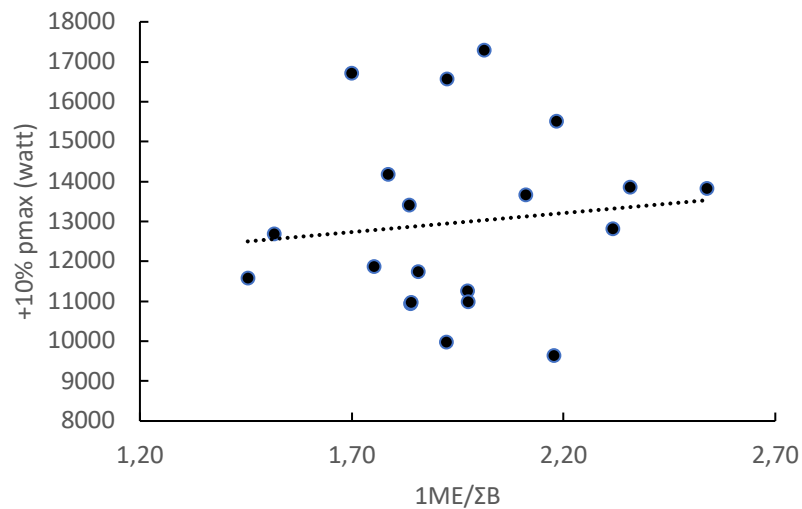
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε ασθενής θετική συσχέτιση (Pearson $r = 0,2417$) μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% του P_{max} και της μίας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ). Η εξίσωση της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης διαμορφώθηκε ως: $\text{Ισχύς} = 28,042 \cdot x + 8617$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0584, ερμηνεύοντας το 5,84% της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% P_{max} και της 1ΜΕ.

3.7 Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.

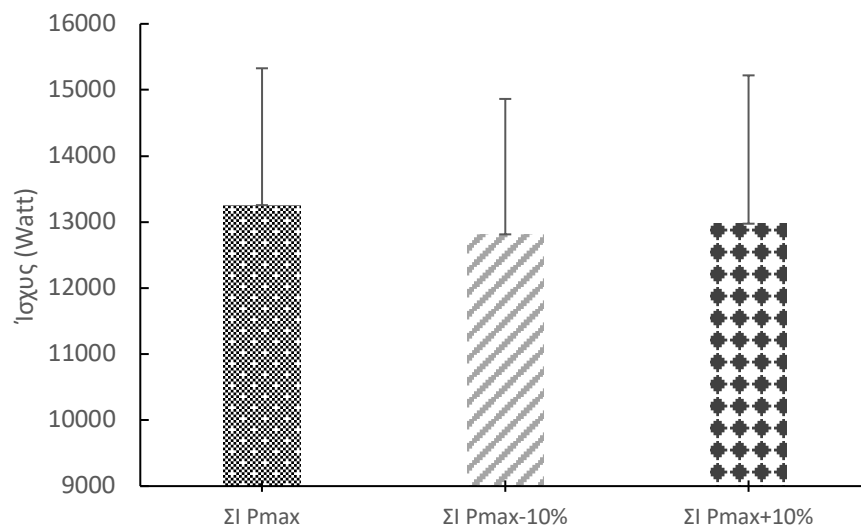
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε πολύ ασθενής θετική συσχέτιση (Pearson $r = 0,12$) μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% του P_{max} και του λόγου μίας μέγιστης επανάληψης προς το σωματικό βάρος (1ΜΕ/ΣΒ). Η εξίσωση της ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης διαμορφώθηκε ως: $Ισχύς = 952,35 \cdot x + 11114$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,013, ερμηνεύοντας το 1,3% της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.

3.8 Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της συνολικής παραγόμενης ισχύος μεταξύ των 3 συνθηκών.

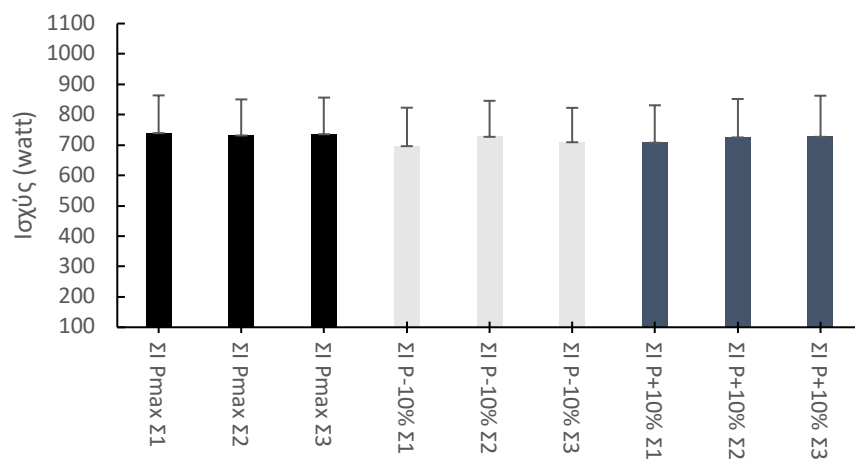
Από την ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures ANOVA) δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συνολική παραγόμενη ισχύ μεταξύ των τριών συνθηκών φόρτισης (P_{max} , $P_{max} - 10\%$, $P_{max} + 10\%$) [$F(2, 42) = 1,536$; $p = 0,227$]. Η μέση συνολική ισχύς για την τιμή μέγιστης ισχύος (P_{max}) ανήλθε σε 13.256 ± 2.071 W, για την υπομέγιστη φόρτιση κατά -10% σε 12.813 ± 2.049 W, ενώ για την υπερμέγιστη φόρτιση κατά $+10\%$ σε 12.975 ± 2.245 W. Τα ευρήματα αποτυπώνονται στο Σχήμα 8



Σχήμα 8. Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της συνολικής παραγόμενης ισχύος μεταξύ των 3 συνθηκών.

3.9 Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης παραγόμενης ισχύος μεταξύ των σετ και των διαφορετικών φορτίων.

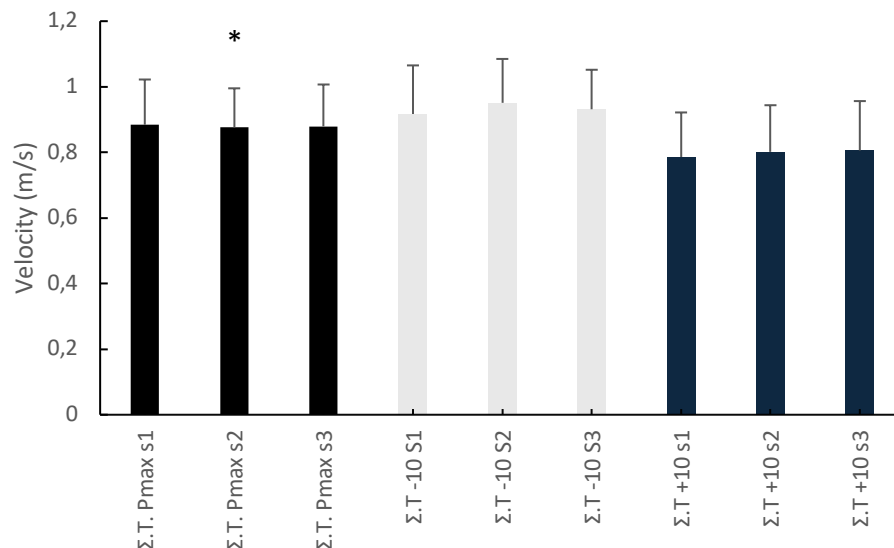
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(4, 76)=1,535$; $p=0,203$] ως προς τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ. Από την περαιτέρω ανάλυση των κύριων παραγόντων δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών φορτίων [$F(2, 38)=1,396$; $p=0,260$] ενώ επίσης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών σετ [$F(2, 38)=1,770$; $p=0,184$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 9.



Σχήμα 9. Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης παραγόμενης ισχύος μεταξύ των σετ και των διαφορετικών φορτίων.

3.11 Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης ταχύτητας μεταξύ των 3 σετ στα διαφορετικά φορτία.

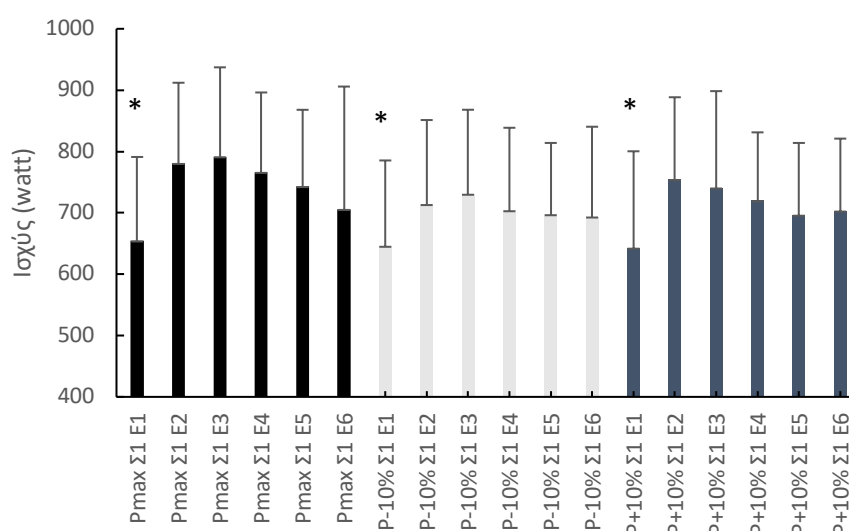
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (σετ και φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(4, 76) = 1,694$; $p = 0,497$]. Από την περαιτέρω ανάλυση των κύριων παραγόντων διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών φορτίων ως προς τη ταχύτητα [$F(2, 38) = 41,283$; $p < 0,001$] ενώ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών σετ [$F(2, 38) = 2,056$; $p = 0,142$]. Από τον post-hoc έλεγχο Bonferroni ανιχνεύθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ και των 3 φορτίων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 10.



Σχήμα 10. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης ταχύτητας μεταξύ των 3 σετ στα διαφορετικά φορτία. Με * απεικονίζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με το 2^ο και 3^ο φορτίο.

3.12 Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του πρώτου σετ στα διαφορετικά φορτία.

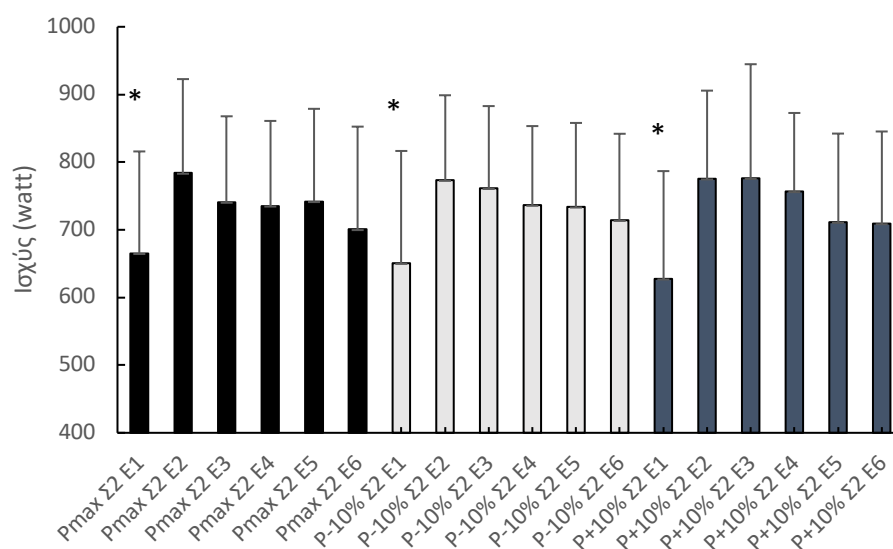
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (επαναλήψεις και φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(10, 90) = 1,209$; $p = 0,288$]. Από την περαιτέρω ανάλυση των κύριων παραγόντων διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών φορτίων στη μέγιστη ισχύ [$F(2, 36) = 3,785$; $p = 0,032$]. Επιπλέον, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των έξι επαναλήψεων στην ισχύ [$F(6, 90) = 4.67$, $p = 0.002$]. Από τον post-hoc έλεγχο Bonferroni ανιχνεύθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της 1^{ης} επανάληψης με τη 2^η, την 3^η και την 4^η επανάληψη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 11.



Σχήμα 11. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του πρώτου σετ στα διαφορετικά φορτία. Με * απεικονίζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με την 2^η, 3^η και 4^η επανάληψη.

3.13 Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του δεύτερου σετ στα διαφορετικά φορτία.

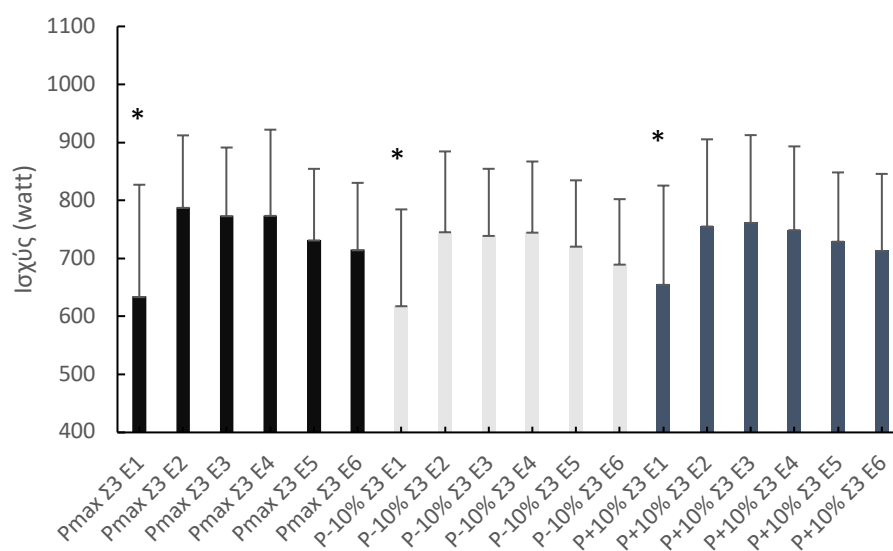
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (επανάληψεις και φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(10, 90) = 1,017$; $p = 0,431$]. Από την περαιτέρω ανάλυση των κύριων παραγόντων δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών φορτίων στη μέγιστη ισχύ [$F(2, 36) = 0,988$; $p = 0,012$]. Επιπλέον, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των έξι επαναλήψεων στην ισχύ [$F(6, 90) = 14,389$, $p = 0,001$]. Από τον post-hoc έλεγχο Bonferroni ανιχνεύθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της 1^{ης} επανάληψης με τη 2^η, την 3^η και την 4^η επανάληψη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 12.



Σχήμα 12. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του δεύτερου σετ στα διαφορετικά φορτία. Με * απεικονίζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με την 2^η, 3^η και 4^η επανάληψη.

3.14 Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του τρίτου σετ στα διαφορετικά φορτία.

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (επαναλήψεις και φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(10, 90) = 0,703$; $p = 0,721$]. Από την περαιτέρω ανάλυση των κύριων παραγόντων δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών φορτίων στη μέγιστη ισχύ [$F(2, 36) = 1,254$; $p = 0,297$]. Επιπλέον, διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των έξι επαναλήψεων στην ισχύ [$F(6, 90) = 16,890$; $p = 0,001$]. Από τον post-hoc έλεγχο Bonferroni ανιχνεύθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της 1^{ης} επανάληψης με τη 2^η, την 3^η και την 4^η επανάληψη. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 13.



Σχήμα 13. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του τρίτου σετ στα διαφορετικά φορτία. Με * απεικονίζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με την 2^η, 3^η και 4^η επανάληψη.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η μέγιστη ισχύς επιτυγχάνεται σε ενδιάμεσα φορτία, κάτι που έχει υποστηριχθεί και από προηγούμενες έρευνες (Kawamori & Haff, 2004; Cormie et al., 2011). Η μελέτη των Loturco et al. (2015) επιβεβαιώνει ότι τα βέλτιστα φορτία για τη μέγιστη ισχύ κυμαίνονται στο 30-60% της 1ΜΕ. Αντίστοιχα, οι Cormie et al. (2007) διαπίστωσαν ότι η ισχύς παρουσιάζει μια καμπύλη σχέσης με το φορτίο, με τη μέγιστη τιμή της να εντοπίζεται σε ενδιάμεσες εντάσεις. Αυτά τα ευρήματα υποστηρίζουν τις παρατηρήσεις της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας. Ωστόσο, ορισμένες έρευνες αντικρούουν αυτά τα δεδομένα. Οι Sánchez-Medina et al. (2010) αναφέρουν ότι σε συγκεκριμένες ομάδες αθλητών, η μέγιστη ισχύς εμφανίζεται σε φορτία υψηλότερα από το 60% της 1ΜΕ. Παρόμοια, οι Kanehisa & Miyashita (1983) βρήκαν ότι η εκρηκτική εκτέλεση με ελαφριά φορτία (κάτω από το 30% της 1ΜΕ) μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική για την ανάπτυξη της ταχυδύναμης, ειδικά σε αθλήματα που απαιτούν ταχύτητα.

Σε όλα τα σετ και όλα τα φορτία παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μειωμένη μέγιστη παραγόμενη ισχύς της 1^{ης} επανάληψης σε σχέση με την 2^η. Αυτό ερμηνεύεται από την έλλειψη του κύκλου διάτασης βράχυνσης κατά την πρώτη επανάληψη κάθε σετ. Ενώ η πτώση της στην 5^η και 6^η επανάληψη ίσως οφείλεται σε μυϊκή κόπωση (μείωση PC, αλλαγή στο pH) (Westerblad et al. 2007). Σε μια μελέτη των Jesualdo Cuevas-Aburto et al. (2020) φάνηκε πως τα παραδοσιακά σετ είχαν αρκετά μεγαλύτερη πτώση της ισχύος μετά το πέρας των επαναλήψεων συγκριτικά με τα διαλείποντα σετ. Τα ευρήματα αυτά ίσως υποστηρίζουν την υπόθεση πως ο αριθμός των έξι επαναλήψεων ειδικά σε πιο υψηλά φορτία θα πρέπει να μειωθεί με σκοπό την διατήρηση της απόδοσης και τη μείωση της κόπωσης (Refalo et al., 2023; Pérez-Maldonado et al., 2023).

Αναφορικά με την ταχύτητας εκτέλεσης παρατηρήθηκε ότι η συνολική παραγόμενη ταχύτητα ήταν στατιστικά υψηλότερη στο φορτίο -10%Pmax σε σύγκριση με το +10%PMAX αλλά μικρές ήταν οι διαφορές σε σύγκριση με το φορτίο του Pmax. Ίσως η χρήση φορτίων λίγο χαμηλότερων του Pmax να παρέχουν παρόμοιες προσαρμογές σε επίπεδο ισχύος με λιγότερη μυϊκή κόπωση. Επιπλέον δεδομένου ότι τα περισσότερα αθλήματα βασίζονται

στην ταχύτητα κίνησης, ίσως η προπόνηση σε ποσοστά χαμηλότερα της P_{max} να προσομοιάζουν καλύτερα ταχύτητες αγωνιστικών κινήσεων.

4.1 Ερευνητικοί Περιορισμοί

Ένας από τους βασικούς περιορισμούς της παρούσας μελέτης είναι το μέγεθος και η σύνθεση του δείγματος. Οι συμμετέχοντες ήταν αποκλειστικά άνδρες αθλητές, γεγονός που περιορίζει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων στο γυναικείο πληθυσμό. Προηγούμενες μελέτες (Jones et al., 2016) έχουν δείξει ότι η παραγωγή ισχύος μπορεί να διαφέρει μεταξύ ανδρών και γυναικών λόγω νευρομυϊκών και βιομηχανικών διαφορών.

Επιπλέον, η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε αποκλειστικά στην άσκηση άρσεις θανάτου. Η ισχύς μπορεί να παρουσιάζει διαφορετικές μεταβολές σε άλλες ασκήσεις, όπως τα καθίσματα ή οι ολυμπιακές άρσεις, που ενσωματώνουν περισσότερες αρθρώσεις και μεγαλύτερο εύρος κίνησης (Cormie et al., 2007). Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να εξετάσουν πώς επηρεάζεται η ισχύς σε διαφορετικά μοτίβα κίνησης.

Τέλος, η διάρκεια της παρέμβασης ήταν περιορισμένη. Αν και τα δεδομένα παρέχουν μια καλή ένδειξη της άμεσης απόκρισης στα διαφορετικά φορτία, δεν είναι σαφές πώς θα επηρεαστούν οι αθλητές μετά από μακροχρόνια προπόνηση με αυτές τις εντάσεις. Οι Cormie et al. (2011) αναφέρουν ότι η προσαρμογή στην ισχύ μπορεί να διαφοροποιείται με την πάροδο του χρόνου και να απαιτεί μεταβαλλόμενα προπονητικά ερεθίσματα.

4.2 Κατευθύνσεις για Μελλοντική Έρευνα

Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να επικεντρωθούν στην διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών προπονητικών πρωτοκόλλων στην ισχύ σε αθλητές διαφορετικών επιπέδων, στην σύγκριση μεταξύ ανδρών και γυναικών για να διαπιστωθούν τυχόν διαφορές στην ανταπόκριση στην προπόνηση ισχύος, στην ανάλυση της μακροχρόνιας προσαρμογής στην προπόνηση με διαφορετικά φορτία ή ακόμη στην αξιολόγηση διαφορετικών τύπων ασκήσεων και του τρόπου με τον οποίο επηρεάζουν την παραγωγή ισχύος.

Η παρούσα μελέτη προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για τη σχέση μεταξύ φορτίου και παραγωγής ισχύος, επιβεβαιώνοντας προηγούμενα ευρήματα, αλλά και εγείροντας

ερωτήματα για την ατομική ανταπόκριση στην προπόνηση. Παρά τους περιορισμούς, τα δεδομένα δείχνουν ότι η προπόνηση με φορτία γύρω από το σημείο που παράγεται η μέγιστη ισχύς είναι πιθανότατα εξίσου αποτελεσματική για τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος. Ωστόσο, απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για να διευκρινιστούν οι βέλτιστες στρατηγικές προπόνησης για διαφορετικές ομάδες αθλητών και διαφορετικά αθλήματα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα ΜΔΕ εξετάστηκε η μεταβολή της απόδοσης κατά την προπόνηση ισχύος με τη χρήση διαφορετικών φορτίων στην άσκηση «άρσεις θανάτου», προσφέροντας δεδομένα για την επίδραση των επιπέδων έντασης στη συνολική παραγόμενη ισχύ, την ταχύτητα εκτέλεσης και τις μεταβολές απόδοσης μεταξύ επαναλήψεων και σετ. Η ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης έδειξε μέτρια θετική συσχέτιση ($r = 0,5435$) μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και της μέγιστης δύναμης (1ME), με τον συντελεστή προσδιορισμού (R^2) να ανέρχεται στο 29,52%. Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ότι η μέγιστη δύναμη σχετίζεται με την ικανότητα παραγωγής ισχύος, ωστόσο δεν αποτελεί τον μοναδικό καθοριστικό παράγοντα. Περαιτέρω ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι η συνολική παραγόμενη ισχύς δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών επιπέδων έντασης (P_{max} , $P_{max} -10\%$, $P_{max} +10\%$), γεγονός που υποδηλώνει ότι μικρές μεταβολές του φορτίου γύρω από το βέλτιστο επίπεδο δεν επηρεάζουν ουσιαστικά την απόδοση.

Αντιθέτως, καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην ταχύτητα εκτέλεσης μεταξύ των επιπέδων έντασης, επιβεβαιώνοντας ότι η αύξηση του φορτίου επιβραδύνει τη μετακίνηση της μπάρας. Πιο συγκεκριμένα, τα χαμηλότερα φορτία ($-10\% P_{max}$) οδήγησαν σε μεγαλύτερες ταχύτητες χωρίς, ωστόσο, αύξηση της συνολικής ισχύος, ενώ τα υψηλότερα φορτία ($+10\% P_{max}$) μείωσαν την ταχύτητα χωρίς να προσδώσουν επιπλέον πλεονεκτήματα στην παραγόμενη ισχύ. Το φορτίο που αντιστοιχεί στο P_{max} φάνηκε να είναι το βέλτιστο για την επίτευξη μέγιστης ισχύος, επιβεβαιώνοντας τη σημασία του κατά τον σχεδιασμό προγραμμάτων προπόνησης ισχύος.

Αναλύοντας τη μεταβολή της απόδοσης εντός των σετ, παρατηρήθηκε ότι η πρώτη επανάληψη κάθε σετ ήταν στατιστικά σημαντικά πιο αργή από τις επόμενες, πιθανόν λόγω της απουσίας του κύκλου διάτασης-βράχυνσης που αξιοποιείται στις επόμενες κινήσεις. Ωστόσο, δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην παραγόμενη ισχύ μεταξύ των σετ, γεγονός που υποδεικνύει διατήρηση της απόδοσης κατά τη διάρκεια της προπόνησης. Συνολικά, τα ευρήματα τονίζουν ότι η βέλτιστη απόδοση επιτυγχάνεται εντός ενός εύρους φορτίων γύρω από το P_{max} .

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Baker, D. G., & Newton, R. U. (2007). Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1007–1011. <https://doi.org/10.1519/R-22376.1>.
2. Baker, D., Nance, S., & Moore, M. (2001a). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 20–24.
3. Baker, D., Nance, S., & Moore, M. (2001b). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 92–97.
4. Bazyler, C. D., Kline, D. E., & Sato, K. (2020). A comprehensive review of deadlift variations and their effects on muscle activation and performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(4), 1084–1095.
5. Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6), 374–388.
6. Bohm, S., Mersmann, F., & Arampatzis, A. (2015). Human tendon adaptation in response to mechanical loading: A systematic review and meta-analysis of exercise intervention studies on healthy adults. *Sports Medicine*, 45(12), 1575–1595.
7. Cormie, P., McCaulley, G. O., & McBride, J. M. (2007). Power versus strength-power jump squat training: Influence on the load-power relationship. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(6), 996-1003.
8. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 – Training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125–146.
9. Cuevas-Aburto, J., Jukic, I., González-Hernández, J. M., Janicijevic, D., Barboza-González, P., Chirisa-Ríos, L. J., & García-Ramos, A. (2021). Effect of resistance-training programs differing in set configuration on maximal strength and explosive-action performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(2), 243–249.
10. Cronin, J., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2001). Developing explosive power: A comparison of technique and training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(1), 59-70.
11. Coyle, E. F., Feiring, D. C., Rotkis, T. C., Cote, R. W. III, Roby, F. B., Lee, W., & Wilmore, J. H. (1981). Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *Journal of Applied Physiology*, 51(6), 1437–1442.

12. Escamilla, R. F., Francisco, A. C., Kayes, A. V., Speer, K. P., & Moorman, C. T. (2002). An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 682–688.
13. Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 2-12.
14. Jones, M. T., Housh, T. J., Schmidt, R. J., & Johnson, G. O. (2016). Greater strength drives difference in power between sexes in the conventional deadlift exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2194–2200.
15. Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Strength and Conditioning Research*, 18(3), 675–684.
16. Kanehisa, H., & Miyashita, M. (1983). Specificity of velocity in strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 52(1), 104–106.
17. Kubo, K., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2002). Effects of resistance and stretching training programs on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of Physiology*, 538(1), 219–226.
18. Kubo, K., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2002). Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 92(2), 595–601.
19. Kraemer, W. J., & Newton, R. U. (2000). Training for muscular power. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 11(2), 341-368.
20. Loturco, I., Nakamura, F. Y., Tricoli, V., Kobal, R., Cal Abad, C. C., Kitamura, K., Ugrinowitsch, C., Gil, S., Pereira, L. A., & González-Badillo, J. J. (2015). Determining the optimum power load in jump squat using the mean propulsive velocity. *PLoS ONE*, 10(10), e0140102.
21. Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., & McGuigan, M. (2019). Power output in traditional and ballistic bench press in elite athletes: Influence of training background. *Journal of Sports Sciences*, 37(3), 277–284.
22. Loturco, I., Kobal, R., & Moraes, J. E. (2017). Predicting the maximum dynamic strength in bench press: The high precision of the bar velocity approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(4), 1127–1131.
23. Loturco, I., Pereira, L. A., Cal Abad, C. C., D'Angelo, R. A., Fernandes, V., Kitamura, K., Kobal, R., & Nakamura, F. Y. (2015). Vertical and horizontal jump tests are strongly associated with competitive performance in 100-m dash events. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(7), 1966–1971.

24. Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: Physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116.
25. Páez-Maldonado, J. A., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., Sánchez-Moreno, M., Piqueras-Sanchiz, F., Ortega-Becerra, M., & Pareja-Blanco, F. (2023). Cluster sets lead to better performance maintenance and minimize training-induced fatigue than traditional sets. *Sports Medicine - Open*, 9, Article 10. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00554-y>
26. 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, Article 10. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00554-y>
27. Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., & González-Badillo, J. J. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123–129.
28. Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E., & Rodríguez-Rosell, D. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352.
29. Sargeant, A. J. (2007). Structural and functional determinants of human muscle power. *Experimental Physiology*, 92(2), 323–331.
30. Suchomel, T. J., McKeever, S. M., & Comfort, P. (2020). Training with weightlifting derivatives: The effects of force and velocity overload stimuli. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(7), 1808–1818.
31. Westerblad, H., Allen, D. G., & Lannergren, J. (2007). Muscle fatigue: Lactic acid or inorganic phosphate the main cause? *Journal of Physiology*, 584(2), 657–658.