



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 τροποποιημένες άρσεις θανάτου

Τσαμουράς Αντώνιος [Α.Ε.Μ. 13081]

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.
2^ο Μέλος: Ηλίας Σμήλιος, Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α.- Δ.Π.Θ.
3^ο Μέλος: Αυλωνίτη Αλεξάνδρα, 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

**Change in performance during power training with different loads in
exercise romanian deadlift**

Tsamouras Antonios [R.N. 13081]

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: Athanasios Chatzinikolaou, Professor D.P.E.S.S. – D.U.T.H.

Member 2: Ilias Smilios, Professor D.P.E.S.S. – D.U.T.H.

Member 3: Alexandra Avloniti, Associate Professor D.P.E.S.S. – D.U.T.H.

Komotini, 2025

Στην οικογένεια μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χατζηνικολάου Αθανάσιο για την πολύτιμη καθοδήγησή του σε όλα τα στάδια της μεταπτυχιακής μου διατριβής. Επίσης, τους διδακτορικούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές των εργαστηρίων προπονητικής και φυσιολογίας για την άψογη συνεργασία κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω τους αθλητές που συμμετείχαν στην έρευνα ως δείγμα, καθώς επίσης την οικογένεια μου, τους φίλους μου και τους επαγγελματικούς μου συνεργάτες κ. Τσιπουρίδη Χρήστο και Ιωαννίδη Παναγιώτη για την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράσταση σε αυτή μου τη προσπάθεια.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τσαμουράς Αντώνιος: Μεταβολή της απόδοσης κατά την εκτέλεση προπόνησης ισχύος με διαφορετικά φορτία στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου

(Με την επίβλεψη του Καθηγητή Χατζηνικολάου Αθανάσιου)

Η προπόνηση ισχύος είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της αθλητικής απόδοσης, καθώς ενισχύει την εκρηκτική δύναμη και ταχύτητα. Η προπόνηση στη μέγιστη ισχύ (P_{max}) ή κοντά σε αυτήν μπορεί να είναι ιδιαίτερα επωφελής. Η παρούσα μελέτη διερεύνησε την επίδραση διαφορετικών φορτίων στη μεταβολή της απόδοσης στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου. Το δείγμα αποτέλεσαν 19 υγιείς άνδρες αθλητές (ηλικία: $23,4 \pm 2,9$ έτη, ύψος: $1,81 \pm 8,7$ cm, σωματικό βάρος: $80,2 \pm 9,8$ kg). Τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών αξιολογήθηκαν με τη μέθοδο βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA). Η μελέτη περιλάμβανε 5 συνεδρίες. Στη πρώτη συνεδρία προσδιορίστηκε το 1RM των συμμετεχόντων για να καθοριστεί το βασικό επίπεδο της δύναμής τους. Στη δεύτερη συνεδρία (48-72 ώρες μετά), υπολογίστηκε το φορτίο μέγιστης ισχύος (P_{max}) με γραμμικό κωδικοποιητή. Στις τρεις επόμενες συνεδρίες, οι αθλητές εκτέλεσαν 3 σετ των 6 επαναλήψεων (διάλειμμα 3 λεπτά), με φορτία P_{max} και $\pm 10\% P_{max}$, σε τυχαία σειρά. Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) δύο επαναλαμβανόμενων παραγόντων (φορτίο, σετ). Από την ανάλυση των δεδομένων δεν παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων για την ισχύ και την ταχύτητα μετατόπισης της μπάρας. Ωστόσο, η ταχύτητα εμφάνισε αντιστρόφως γραμμική σχέση με το φορτίο, με στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών διαφορετικών φορτίων. Τα ευρήματα έχουν πρακτικές εφαρμογές για την προπόνηση ισχύος, βοηθώντας τους προπονητές να βελτιστοποιήσουν τα προγράμματα προσαρμόζοντας τα φορτία για τη βέλτιστη ανάπτυξη ταχύτητας και ισχύος.

Λέξεις κλειδιά: ισχύς, ταχύτητα μετατόπισης, τροποποιημένες άρσεις θανάτου

ABSTRACT

Tsamouras Antonios: Changes in performance during strength training with different loads in romanian deadlifts

(Under the supervision of Professor Chatzinikolaou Athanasios)

Power training is a critical component of athletic performance, as it enhances explosive strength and speed. Training at or near-peak power output (P_{max}) can be particularly beneficial. The present study investigated the effect of different loads on performance outcomes during modified deadlift exercises. The sample consisted of 19 healthy male athletes (age: 23.4 ± 2.9 years, height: 1.81 ± 8.7 cm, body weight: 80.2 ± 9.8 kg). The athletes' anthropometric characteristics were assessed using the bioelectrical impedance analysis (BIA) method. The study included five sessions. In the first session, the participants' one-repetition maximum (1RM) was determined to establish their baseline strength levels. In the second session, conducted 48–72 hours later, the load that elicited peak power output (P_{max}) was identified using a linear encoder to measure bar velocity and displacement. In the following three sessions, the athletes performed three sets of six repetitions (with three minutes of rest between sets) using loads corresponding to P_{max} and $\pm 10\%$ of P_{max} , applied in random order. For statistical analysis, a two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used, with load and set as within-subject factors. The analysis revealed no significant interaction between load and set for either power output or bar velocity. However, a statistically significant main effect was found for load on bar velocity, with an inverse linear relationship observed between load magnitude and movement speed. These findings have practical implications for power training. By identifying load-specific responses, coaches can tailor training programs to optimize power and speed development based on the demands of each sport and training phase.

Key words: power, displacement speed, modified deadlifts

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΦΙΕΡΩΣΗ.....	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.1. Σκοπός της έρευνας.....	15
1.2. Ερευνητικές υποθέσεις.....	15
1.3. Οριοθετήσεις και περιορισμοί.....	15
1.4. Ορισμοί και συντομογραφίες.....	16
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	17
2.1. Δείγμα.....	17
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	17
2.3. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης.....	18
2.3.1. Αξιολόγηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών.....	18
2.3.2. Αξιολόγηση της 1 μέγιστης επανάληψης και εύρεση φορτίου μέγιστης παραγωγής ισχύος.....	18
2.4. Στατιστική ανάλυση.....	20
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	21
3.1. Καμπύλη Ισχύος–Φορτίου στην Άσκηση Τροποποιημένες Άρσεις.....	22
3.2. Συσχέτιση Συνολικής Ισχύος με 1 Μέγιστη Επανάληψη (1ΜΕ).....	23
3.3. Συσχέτιση Συνολικής Ισχύος με τον Δείκτη 1ΜΕ/Σωματικό Βάρος.....	24
3.4. Συσχέτιση Ισχύος στο -10% Pmax με την Απόλυτη Δύναμη (1ΜΕ).....	25
3.5. Συσχέτιση Ισχύος στο -10% Pmax με τον Δείκτη 1ΜΕ/ΣΒ	26
3.6. Συσχέτιση Ισχύος στο +10% Pmax με την Απόλυτη Δύναμη (1ΜΕ)	27
3.7. Συσχέτιση Ισχύος στο +10% Pmax με τον Δείκτη 1ΜΕ/ΣΒ	28

3.8. Σύγκριση της Συνολικής Ισχύος μεταξύ των Τριών Διαφορετικών Φορτίων	29
3.9. Επίδραση των Φορτίων και των Σετ στη Μέγιστη Ταχύτητα.....	30
3.10. Επίδραση των Φορτίων και των Σετ στη Μέγιστη Ισχύ.....	31
3.11. Μεταβολή της Ισχύος ανά Επανάληψη στο Πρώτο Σετ	32
3.12. Μεταβολή της Ισχύος ανά Επανάληψη στο Δεύτερο Σετ.....	33
3.13. Σύγκριση της Συνολικής Ισχύος μεταξύ των Τριών Διαφορετικών Φορτίων	34
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	35
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	37
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	38

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.	Σχέση ισχύος φορτίου στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.	22
Σχήμα 2.	Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και της μέγιστης επανάληψης.	23
Σχήμα 3.	Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.	24
Σχήμα 4.	Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο -10% και της 1ΜΕ.	25
Σχήμα 5.	Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο -10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.	26
Σχήμα 6.	Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% Pmax και της 1ΜΕ.	27
Σχήμα 7.	Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% και του λόγου 1ΜΕ/ΣΒ.	28
Σχήμα 8.	Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της συνολικής παραγόμενης ισχύος μεταξύ των 3 συνθηκών.	29
Σχήμα 9.	Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης ταχύτητας μεταξύ των σετ και των διαφορετικών φορτίων.	30
Σχήμα 10.	Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης παραγόμενης ισχύος μεταξύ των 3 σετ στα διαφορετικά φορτία.	31
Σχήμα 11.	Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του πρώτου σετ στα διαφορετικά φορτία.	32
Σχήμα 12.	Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του δεύτερου σετ στα διαφορετικά φορτία.	33
Σχήμα 13.	Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της ισχύος μεταξύ των επαναλήψεων του τρίτου σετ στα διαφορετικά φορτία.	34

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δύναμη αποτελεί θεμελιώδη συνιστώσα της αθλητικής απόδοσης και της γενικής φυσικής κατάστασης, επηρεάζοντας τόσο τη μυϊκή ισχύ όσο και τη σταθερότητα. Στη φυσική, ορίζεται ως η αιτία που προκαλεί μεταβολή στην κινητική κατάσταση ενός σώματος ή το παραμορφώνει, ενώ στην προπονητική αναφέρεται στην ικανότητα του ανθρώπου να επενεργεί σε εξωτερικές δυνάμεις ή στο ίδιο του το βάρος μέσω της μυϊκής του δραστηριότητας (Κέλλης, 2014). Κατά τους Martin et al. (2000) η δύναμη είναι η φυσική ικανότητα που αποτελεί τη βάση για μυϊκές επιδόσεις, όπου οι τιμές των ενεργοποιήσεων δύναμης υπερβαίνουν το 30% του εκάστοτε ατομικά υλοποιήσιμου μεγίστου. Με τα παραπάνω οδηγούμαστε στο συμπέρασμα πως η προπόνηση δύναμης αποτελεί θεμελιώδη πυλώνα για την επίτευξη υψηλών επιδόσεων στον αθλητισμό και αναδεικνύει τη σπουδαιότητά της σε κάθε αθλητική δραστηριότητα. Η ικανότητα να παράγουμε δύναμη και να την εφαρμόζουμε με αποτελεσματικότητα είναι κρίσιμη για την επίτευξη ατομικών και ομαδικών στόχων, ενισχύοντας την αθλητική απόδοση και την αντοχή του σώματος.

Σε αθλήματα όπως η άρση βαρών, η δύναμη είναι καθοριστική για την επιτυχημένη εκτέλεση των κινήσεων. Η ενδυνάμωση των μυών είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ασφαλή και αποτελεσματική πραγμάτωση τεχνικών κινήσεων. Η προπόνηση δύναμης επιτρέπει στους αθλητές να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του αθλητικού τους αντικειμένου, επιτυγχάνοντας όχι μόνο υψηλά επίπεδα εκτέλεσης αλλά και ασφάλειας. Στα αθλήματα που απαιτούν εκρηκτικότητα, όπως ο στίβος, η ικανότητα των αθλητών να επιταχύνουν ή να εκτελούν άλματα εξαρτάται από τη δύναμη των μυών τους. Όπου απαιτείται εκρηκτικότητα, γίνεται αναφορά στην ταχυδύναμη ή ισχύ, η οποία αφορά την ικανότητα επίτευξης υψηλών τιμών δύναμης στο διαθέσιμο χρόνο (<250 msec) και τη μεταφορά υψηλής ταχύτητας σε ένα όργανο χωρίς χρονικό περιορισμό (Κέλλης, 2014).

Η σχέση ισχύος-φορτίου στην προπονητική αναφέρεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ του επιπέδου εντάσεων ή ισχύος που ασκεί ένας αθλητής κατά τη διάρκεια μιας προπόνησης και του φορτίου που επιβάλλεται στον οργανισμό του. Αυτή η σχέση είναι κρίσιμη για την επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων και την πρόληψη τραυματισμών στον αθλητή.

Ο Haff et al. (2016) έχει επισημάνει ότι η προσαρμογή του οργανισμού σε υψηλά επίπεδα ισχύος και φορτίου απαιτεί σύνθεση ποικίλων μεθόδων προπόνησης, όπως η χρήση διαφορετικών επιπέδων αντίστασης, η εναλλαγή μεταξύ περιόδων υψηλής και χαμηλής έντασης, και η εφαρμογή τεχνικών προοδευτικής φόρτωσης. Επιπλέον, η έρευνα του Stone et al. (1991) τονίζει τη σημασία της παρακολούθησης των ατομικών αποκρίσεων των αθλητών στο φορτίο και στην ισχύ, προκειμένου να εξασφαλιστεί η εξατομίκευση της προπόνησης και η επίτευξη βέλτιστων αποτελεσμάτων. Συνοψίζοντας, η σχέση ισχύς-φορτίου στην προπονητική απαιτεί προσεκτική ισορροπία και προσαρμογή, λαμβάνοντας υπόψη τις ατομικές ανάγκες και αποκρίσεις των αθλητών. Η συνεχής έρευνα και η εξέλιξη των μεθόδων προπόνησης αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την επίτευξη βέλτιστων επιδόσεων και τη διατήρηση της υγείας των αθλητών.

Κατά τον προγραμματισμό της προπόνησης μυϊκής ισχύος, η βασική προσπάθεια επικεντρώνεται στη μεγιστοποίηση της συνολικής μυϊκής δύναμης του αθλητή. Αυτό έχει άμεση σχέση με την ικανότητά του να αναπτύσσει υψηλές τιμές δύναμης σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (Baker, 2001). Η ανάπτυξη της δύναμης είναι κρίσιμη για την ικανότητα ανάπτυξης υψηλής ισχύος, καθώς οι πιο δυνατοί αθλητές έχουν τη δυνατότητα να παράγουν μεγαλύτερη ισχύ (Haff & Nimphius, 2012). Εν συνεχεία, αφού οι αθλητές αποκτήσουν επαρκή επίπεδα δύναμης, ενσωματώνουν προγράμματα προπόνησης με στόχο την μεγιστοποίηση της μυϊκής ισχύος, εστιάζοντας σε ασκήσεις που ενισχύουν την ταχύτητα της κίνησης. Στην τελική φάση της προπόνησης της μυϊκής ισχύος, η προσέγγιση εστιάζεται στην εξειδίκευση των ασκήσεων σύμφωνα με τις ανάγκες και το άθλημα του αθλητή. Αυτές οι ασκήσεις σχεδιάζονται για να αντικατοπτρίζουν τις κινητικές απαιτήσεις του συγκεκριμένου αθλήματος και να ενισχύουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για την απόδοση σε αυτό (Baker, 2001; Haff & Nimphius, 2012).

Ανάλογα με τον επιθυμητό στόχο, η προπόνηση μυϊκής ισχύος χρησιμοποιεί διάφορες μεθόδους. Μερικές από αυτές περιλαμβάνουν πλειομετρικές ασκήσεις όπως τα άλματα και προπόνηση με αντιστάσεις μέσω εξοπλισμού όπως έλκηθρα και αλεξίπτωτα. Επίσης, χρησιμοποιείται προπόνηση με βάρη, με ασκήσεις στις οποίες οι αθλητές προπονούνται με αντίσταση σε ποσοστά της μέγιστης επίδοσής τους. Μια άλλη μέθοδος είναι η αντιθετική

προπόνηση, όπου σερ με υψηλή ένταση ακολουθούνται από ασκήσεις με μικρό φορτίο και υψηλή ταχύτητα μετατόπισης (Baker & Newton, 2005). Από όλες αυτές τις μεθόδους, οι ολυμπιακές άρσεις θεωρούνται συχνά ως οι πλέον αποδοτικές για την αύξηση της μυϊκής ισχύος και της αθλητικής επίδοσης, καθώς ενεργοποιούν πολλές μυϊκές ομάδες και παράγουν υψηλά επίπεδα μυϊκής ισχύος, προσομοιάζοντας πολλές αθλητικές κινήσεις (Kawamori & Haff, 2004).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα προπόνησης δύναμης αποτελούν οι τροποποιημένες άρσεις θανάτου (Romanian deadlift, RDL), το οποίο ενεργοποιεί κυρίως την οπίσθια αλυσίδα και συμβάλλει στην ανάπτυξη δύναμης και ισχύος, καθώς και στην πρόληψη τραυματισμών (Schoenfeld, 2020). Οι τροποποιημένες άρσεις θανάτου διαφοροποιούνται από τις συμβατικές άρσεις θανάτου (Deadlift) λόγω του αυξημένου εύρους κίνησης στη φάση της κάμψης – έκτασης του ισχίου, οδηγώντας σε μεγαλύτερη διάταση και ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων και των γλουτιαίων. Μελέτες ηλεκτρομυογραφίας (EMG) δείχνουν υψηλότερη ενεργοποίηση των οπίσθιων μηριαίων σε σχέση με άλλες παραλλαγές του deadlift (Martín-Fuentes et al., 2020). Παράλληλα, οι τροποποιημένες άρσεις θανάτου ενισχύουν τη σταθερότητα του κορμού, μέσω της ενεργοποίησης των εκτεινόντων μυών της σπονδυλικής στήλης (Krol & Golas, 2017).

Οι τροποποιημένες άρσεις θανάτου στοχεύουν κυρίως στους οπίσθιους μηριαίους, τους γλουτιαίους, το μέγα προσαγωγό και τους ραχιαίους εκτείνοντες της ράχης (Contreras & Schoenfeld, 2011). Οι δικέφαλοι μηριαίοι, ο ημιτενοντώδης και ο ημιμυενώδης συμμετέχουν ενεργά κυρίως στην έκκεντρη φάση (McAllister et al., 2014). Το εύρος ενεργοποίησης εξαρτάται από τη γωνία κάμψης του γονάτου, καθώς οι τροποποιημένες άρσεις θανάτου εκτελούνται με σχεδόν σταθερό γόνατο, οδηγώντας σε μεγαλύτερη έμφαση στην έκκεντρη επιμήκυνση των οπίσθιων μηριαίων (Schoenfeld, 2020). Οι ραχιαίοι εκτείνοντες συμβάλλουν στη διατήρηση της σταθερότητας της σπονδυλικής στήλης και στην αντίσταση στις δυνάμεις κάμψης που δέχεται η οσφυϊκή μοίρα κατά την κίνηση (McGill, 2015).

Συμπερασματικά, η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η προοδευτική αύξηση του φορτίου επηρεάζει τη μυϊκή ενεργοποίηση στις τροποποιημένες άρσεις μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την εξατομίκευση των προπονητικών προγραμμάτων. Για

παράδειγμα, η αυξημένη επιβάρυνση οδηγεί σε μεγαλύτερη συνολική μυϊκή δραστηριότητα, αλλά ενδέχεται να μειώνει το εύρος κίνησης λόγω της αυξημένης μηχανικής δυσκολίας. Αντίθετα, η χρήση ελαφρύτερων φορτίων μπορεί να επιτρέπει μεγαλύτερη έμφαση στη νευρομυϊκό έλεγχο και στην τεχνική της άσκησης, που είναι απαραίτητο για αρχάριους αθλητές και άτομα που βρίσκονται σε φάση αποκατάστασης (McBride et al., 2002). Η βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση των διαφορετικών φορτίων στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου μέσω μετρήσεων EMG είναι περιορισμένη, αλλά οι υπάρχουσες μελέτες καταδεικνύουν ότι η ενεργοποίηση των μυών μπορεί να μεταβληθεί σημαντικά ανάλογα με το βάρος που χρησιμοποιείται και τον τρόπο εκτέλεσης της άσκησης. Για παράδειγμα, η μεταβολή του φορτίου κατά $\pm 10\%$ μπορεί να επηρεάσει παράγοντες όπως η μυϊκή ενεργοποίηση, η κινηματική της άσκησης και η συνολική απόδοση. Η αύξηση του φορτίου κατά $+10\%$ μπορεί να επιφέρει αυξημένη μυϊκή ενεργοποίηση, ειδικά στους οπίσθιους μηριαίους και τους εκτείνοντες της σπονδυλικής στήλης, λόγω της αυξημένης μηχανικής επιβάρυνσης. Παράλληλα, μειώνεται η ταχύτητα εκτέλεσης, καθώς το αυξημένο φορτίο απαιτεί μεγαλύτερη προσπάθεια για την επιτάχυνση της μπάρας (Cormie et al., 2011). Επιπλέον, το μεγαλύτερο φορτίο στη σπονδυλική στήλη αυξάνει την ανάγκη για σταθεροποίηση της οσφυϊκής μοίρας (McGill, 2015).

Αντίθετα, η μείωση του φορτίου κατά -10% μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της ταχύτητας εκτέλεσης, επιτρέποντας μεγαλύτερη έμφαση στη βελτιστοποίηση της ισχύος (Suchomel et al., 2016). Παράλληλα, μειώνεται η μηχανική επιβάρυνση στις αρθρώσεις, γεγονός που μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της τεχνικής και στην πρόληψη τραυματισμών (Martín-Fuentes et al., 2020). Η χαμηλότερη μυϊκή ενεργοποίηση που προκύπτει από το μειωμένο φορτίο δεν απαιτεί μέγιστη προσπάθεια από το νευρομυϊκό σύστημα (Del Balso & Cafarelli, 2007).

Συγκριτικά με άλλες ασκήσεις οπίσθιας αλυσίδας, η άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου παράγει υψηλή μυϊκή δραστηριότητα στους οπίσθιους μηριαίους και τους γλουτούς, συγκριτικά με άλλες δημοφιλείς ασκήσεις, όπως οι παραδοσιακές άρσεις θανάτου (Deadlift) και το good morning (Camara et al., 2016). Η υψηλή ενεργοποίηση της οπίσθιας αλυσίδας την καθιστά αποτελεσματική για τη βελτίωση της ισχύος, της ταχυδύναμης και της πρόληψης

τραυματισμών (Schoenfeld, 2020). Η προσαρμογή των φορτίων στην προπόνηση των τροποποιημένων άρσεις θανάτου μπορεί να επηρεάσει την ταχυδυναμική καμπύλη.

Η ταχυδυναμική καμπύλη αναφέρεται σε ένα γράφημα που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ της δύναμης που ασκείται από ένα μυ και του χρόνου που απαιτείται για να εκτελεστεί αυτή η κίνηση. Η καμπύλη παρουσιάζει την ικανότητα του μυ να αναπτύξει δύναμη σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια και αποτυπώνει την απόκρισή του σε εκρηκτικές κινήσεις.

Σύμφωνα με έρευνες (Baker & Newton, 2005), η ταχυδυναμική καμπύλη αποτελεί κρίσιμο εργαλείο στην αξιολόγηση της αθλητικής επίδοσης και την καθοριστική στιγμή εκείνη που η μυϊκή ομάδα είναι σε θέση να παράξει τη μέγιστη δύναμή του με τη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα. Επίσης, σύμφωνα με άλλες μελέτες (Kawamori & Haff, 2004), η καλή κατανόηση και διαχείριση της ταχυδυναμικής καμπύλης είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της εκρηκτικής δύναμης και της αθλητικής απόδοσης σε αγωνίσματα που απαιτούν γρήγορες και εκρηκτικές κινήσεις. Η ταχυδυναμική καμπύλη παρουσιάζει ποικίλες μορφές και μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από τις απαιτήσεις και τις ανάγκες των διαφορετικών αθλημάτων. Οι αθλητές που συμμετέχουν σε διαφορετικά αθλήματα χρειάζονται διαφορετικά επίπεδα ταχυδυναμικής ανταπόκρισης ανάλογα με τις κινητικές απαιτήσεις του αθλήματός τους. Για παράδειγμα, σε αθλήματα που απαιτούν γρήγορη και εκρηκτική δύναμη όπως η στίβος ή τα άλματα, η ταχυδυναμική καμπύλη είναι συχνά πιο απότομη και κατακόρυφη, καθώς οι αθλητές πρέπει να είναι σε θέση να παράγουν υψηλές τιμές δύναμης σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα για να επιτύχουν την επιθυμητή εκρηκτική κίνηση (Kawamori & Haff, 2004). Αντίθετα, σε αθλήματα όπως η αντοχή ή οι αερόβιες δραστηριότητες, οι οποίες απαιτούν μακροχρόνια και συνεχή δραστηριότητα, η ταχυδυναμική καμπύλη μπορεί να είναι πιο επίπεδη και να εκτείνεται σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, καθώς η δύναμη πρέπει να διατηρείται σε υψηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια μιας παρατεταμένης προσπάθειας (Baker & Newton, 2005). Επιπλέον, η τεχνική εκτέλεση των κινήσεων παίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της ταχυδυναμικής καμπύλης. Σύμφωνα με τον Morin και τον Samozino (2016), η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ δύναμης και ταχύτητας επιτυγχάνεται μέσω εξατομικευμένων προπονητικών προγραμμάτων που λαμβάνουν υπόψη την απόδοση και τις ανάγκες κάθε αθλητή. Οι αθλητές με καλύτερη τεχνική και κινητικό συντονισμό μπορούν να εφαρμόσουν

πιο αποδοτικά τη μυϊκή τους δύναμη, εμφανίζοντας πιο έντονες και αποτελεσματικές αποκρίσεις στις απαιτήσεις του αθλήματός τους.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας προσδίδουν περαιτέρω ενδείξεις με σκοπό την κατανόηση του πώς τα διάφορα επίπεδα φορτίου στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου επηρεάζουν την απόδοση. Ο προσδιορισμός της επίδραση των φορτίων στην επίτευξη της επιθυμητής ταχύτητας και ισχύος, και η συνεπακόλουθη επίδρασή τους στην καμπύλη, θα επιτρέψει στους προπονητές να δημιουργήσουν πιο αποτελεσματικά προγράμματα προπόνησης δύναμης και πιο συγκεκριμένα μυϊκής ισχύος.

1.1.1. Σκοπός της έρευνας

Ο σκοπός της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι να εξετάσει την επίδραση της έντασης (φορτίου) στην παραγόμενη ισχύ στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου τόσο σε επίπεδο προπονητικής μονάδας όσο και στο επίπεδο των σετ προπόνησης.

1.2. Ερευνητικές υποθέσεις

Από τον σχεδιασμό της μελέτης αναμένεται να υπάρξει επίδραση του φορτίου στη συνολική παραγόμενη ισχύ. Ακόμη αναμένεται αλληλεπίδραση των παραγόντων φορτίο, σετ και φορτίο επαναλήψεις ανά σετ.

1.3. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί

Ο στόχος της ερευνητικής μας εργασίας επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της μυϊκής ισχύος σε σχέση με την προπόνηση. Για να διασφαλίσουμε την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, τηρήσαμε τις ακόλουθες περιοριστικές παραμέτρους:

- Το δείγμα μας περιλάμβανε μόνο αθλητές που ασχολούνταν με ταχυδυναμικά αθλήματα, όπως το στίβο, τη κολύμβηση και το MuayThai.
- Όλοι οι συμμετέχοντες είχαν τουλάχιστον δύο χρόνια εμπειρίας στην προπόνηση με βάρη.
- Οι συμμετέχοντες κατείχαν καλή τεχνική στην εκτέλεση της άσκησης τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

- Κανένας από τους συμμετέχοντες δεν είχε υποστεί τραυματισμό τον τελευταίο χρόνο.
- Δεν υπήρχε καμία γνωστή πάθηση που θα μπορούσε να επηρεάσει τα αποτελέσματα της μελέτης.

1.4. Ορισμοί και Συντομογραφίες

Άλιπη σωματική μάζα: αντιπροσωπεύει το βάρος των μυών, των οστών, των συνδέσμων, των τενόντων και των εσωτερικών οργάνων των ανθρώπων.

Βέλτιστο φορτίο: το φορτίο στο οποίο μεγιστοποιείται η παραγωγή μυϊκής ισχύος.

Δύναμη: η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να υπερνικά ή να αντιστέκεται σε εξωτερικές δυνάμεις.

Ισχύς: το έργο που παράγεται από έναν μυ ή μία ομάδα μυών στην μονάδα του χρόνου.

Μέγιστη ισχύς: είναι το υψηλότερο επίπεδο ισχύος που επιτυγχάνεται σε μυϊκές συσπάσεις.

Μία μέγιστη επανάληψη (1ME): το μέγιστο βάρος που μπορεί να σηκώσει κάποιος μία μόνο φορά, με σωστή τεχνική σε μία συγκεκριμένη άσκηση.

Ποσοστό σωματικού λίπους: είναι το σύνολο των λιπιδίων στους ιστούς του ανθρώπινου σώματος.

Σωματικό βάρος: είναι το σύνολο της μάζας των διαφορετικών τμημάτων του σώματος, δηλαδή της λιπώδους μάζας και της άλιπης μάζας.

Ταχύτητα κίνησης: η μετατόπιση της μπάρας στη μονάδα του χρόνου κατά τη σύγκεντρη συστολή των μυών στην εκτέλεση της κίνησης.

Δ: Δύναμη

I: Ισχύς

T: Ταχύτητα

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1.1. Δείγμα

Το δείγμα της μελέτης αποτελούνταν από 19 υγιείς άνδρες αθλητές, με μέση ηλικία $23,4 \pm 2,9$ έτη, ύψος $181 \pm 8,7$ cm και σωματικό βάρος $80,2 \pm 9,8$ kg. Για την συμμετοχή στη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία οι αθλητές πληρούσαν τα ακόλουθα κριτήρια συμπερίληψης α) αθλητές αθλημάτων με κύριο χαρακτηριστικό τη μυϊκή ισχύ, β) τουλάχιστον δύο χρόνια εμπειρίας στην προπόνηση με αντιστάσεις, γ) άρτια εκτέλεση της άσκησης τροποποιημένες άρσεις θανάτου και δ) απουσία τραυματισμών τον τελευταίο χρόνο ή οποιασδήποτε γνωστής πάθησης που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα ή την υγεία τους.

2.1.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Το κύριο πειραματικό μέρος της μελέτης έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις του Τ.Ε.Φ.Α.Α. Κομοτηνής. Πριν τη διεξαγωγή της μελέτης οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν προφορικά και γραπτά για το σκοπό της μελέτης, τις διαδικασίες των μετρήσεων, τα οφέλη και για τους πιθανούς κινδύνους από τη συμμετοχή τους. Στη συνέχεια δήλωσαν ενυπόγραφα τη συμμετοχή τους στη μελέτη. Πραγματοποιήθηκε δομημένη συνέντευξη που αφορούσε στην ανάλυση του προπονητικού πρωτοκόλλου που ακολουθούσαν τα προηγούμενα χρόνια. Στις πειραματικές διαδικασίες αξιολογήθηκαν παράμετροι σύστασης σώματος. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μέτρηση για την εύρεση της 1 μέγιστης επανάληψης στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου. Έπειτα μετά από τουλάχιστον μία εβδομάδα πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της μυϊκής ισχύος σε υπομέγιστα φορτία της 1ΜΕ (20%, 35%, 50%, 65% και 80%) στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου και σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα ισχύος – φορτίου για την εύρεση του βέλτιστου φορτίου. Στη συνέχεια οι αθλητές πραγματοποίησαν τις τρεις προπονητικές μονάδες με τυχαία σειρά και καταγράφονταν ανά επανάληψη, σετ και προπονητική μονάδα η ισχύς και η ταχύτητα μετατόπισης της μπάρας.

2.2. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

2.2.1. Αξιολόγηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών

Οι εθελοντές ενημερώθηκαν προφορικά και γραπτά για τις συνθήκες μέτρησης και τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με τη συμμετοχή τους στη μελέτη και έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεσή τους. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ) του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης. Η αξιολόγηση περιλάμβανε τη μέτρηση του σωματικού βάρους, του ύψους, του σωματικού λίπους, της άλιπης σωματικής μάζας και της σκελετικής μυϊκής μάζας. Το ύψος καταγράφηκε κατά τη θέση του ατόμου σε όρθια θέση, χρησιμοποιώντας ένα αναστημόμετρο (Seca, Germany). Κατά την καταγραφή του ύψους οι αθλητές δεν φορούσαν υποδήματα και η πλάτη με τις πτέρνες των ποδιών ακουμπούσαν στον τοίχο, τα γόνατα τεντωμένα και ο αυχένας σε ουδέτερη θέση. Το βάρος, το ποσοστό σωματικού λίπους, η άλιπη μάζα σώματος και η σκελετική μυϊκή μάζα αξιολογήθηκαν με την μέθοδο βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA), αναλυτής MA801 (Charder Medical, Taiwan). Οι προϋποθέσεις της μέτρησης ήταν ο εξεταζόμενος: α) να μην είχε φάει ή πιει καφέ το προηγούμενο 3ωρο πριν τη μέτρηση και β) να μην είχε κάνει έντονη προπόνηση την προηγούμενη μέρα. Πριν από τις μετρήσεις, κάθε αθλητής κλήθηκε να συμπληρώσει ένα έντυπο προσωπικών πληροφοριών, το οποίο περιλάμβανε το άθλημά του, καθώς και την προπονητική του εμπειρία.

2.2.2. Αξιολόγηση της 1 μέγιστης επανάληψης και εύρεση φορτίου μέγιστης παραγωγής ισχύος

Οι συμμετέχοντες στη μελέτης πραγματοποίησαν προκαθορισμένη προθέρμανση διάρκειας 10-15 λεπτών και ακολούθησε η διαδικασία μέτρησης της 1 μέγιστης επανάληψης (1RM) στην άσκηση των τροποποιημένων άρσεων θανάτου. Οι αθλητές ξεκίνησαν με χαμηλά φορτία, αυξάνοντας σταδιακά το βάρος σε κάθε σετ μέχρι να φτάσουν σε 1-3 μέγιστες επαναλήψεις εκτελεσμένες με σωστή τεχνική. Αφού προσδιορίστηκε η 1RM, οι αθλητές επέστρεψαν μετά από 48-72 ώρες για τον υπολογισμό του φορτίου που αντιστοιχούσε στην παραγωγή της μέγιστης δύναμης. Η συσκευή μέτρησης της ισχύος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένας γραμμικός κωδικοποιητής (Chronojump, Βαρκελώνη, Ισπανία) που μετρούσε την

ταχύτητα και τη μετατόπιση της μπάρας η οποία τοποθετούνταν πάνω στην μπάρα. Ο γραμμικός κωδικοποιητής (linear encoder) είναι μια συσκευή που μετρά τη γραμμική μετατόπιση ή κίνηση της μπάρας. Αποτελείται από έναν αισθητήρα που ανιχνεύει τη θέση ενός αντικειμένου, το οποίο είναι προσαρτημένο στο κινούμενο μέρος της συσκευής. Ο αισθητήρας παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα που είναι ανάλογο με την απόσταση ή την ταχύτητα του κινούμενου μέρους. Το λογισμικό Chronojump χρησιμοποιεί τη μέτρηση της κάθετης μετατόπισης από τον γραμμικό κωδικοποιητή για να καθορίσει διάφορες παραμέτρους απόδοσης, όπως η δύναμη, η ταχύτητα και η ισχύς σε κάθε επανάληψη. Η συσκευή και η καταγραφή της ισχύος στο λογισμικό chronojump ελέγχθηκαν ως προς την ορθή λειτουργία τους πριν από τις μετρήσεις. Μετά την προθέρμανση, οι αθλητές εκτέλεσαν συνολικά πέντε σετ των έξι επαναλήψεων, με κάθε σετ να αντιστοιχεί στο 20%, 35%, 50%, 65% και 80% της 1RM τους, εκτελεσμένα με μέγιστη ταχύτητα, για τη δημιουργία της καμπύλης δύναμης-ταχύτητας. Σε ότι αφορά το ρυθμό στην έκκεντρη φάση δόθηκε η οδηγία να είναι ελεγχόμενος και ανάλογα με την άσκηση να διαρκεί από δύο έως τρία δευτερόλεπτα. Αφού λήφθηκε η μέση ισχύς σε κάθε σετ, υπολογίστηκε το φορτίο που αντιστοιχεί στην παραγωγή μέγιστης ισχύος. Με αυτό το φορτίο εκτελέστηκε μία προπονητική μονάδα, αποτελούμενη από τρία σετ των έξι επαναλήψεων με τρία λεπτά ανάπαυσης μεταξύ των σετ. Προφορική ενθάρρυνση δόθηκε σε όλους τους ασκούμενους. Στο τέλος της μελέτης, οι επαναλήψεις μεταξύ των σετ συγκρίθηκαν ως προς την ταχύτητα και τη δύναμη. Για την αξιολόγηση, χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός που περιλάμβανε straps, μπάρες ολυμπιακού τύπου και δίσκους βαρών με δυνατότητα αύξησης του βάρους από 1 έως 25 κιλά. Κατά την ειδική προθέρμανση, καθορίστηκε επίσης η σωστή τεχνική της άσκησης. Στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου, η μπάρα τοποθετείται στους στυλοβάτες σε ύψος τέτοιο ώστε ο αθλητής να πιάνει τη μπάρα όρθιος σε θέση να εκτελέσει απευθείας την έκκεντρη φάση της κίνησης και η άσκηση εκτελείται με έκταση των αρθρώσεων του γόνατος και του ισχίου έως την όρθια θέση. Τρεις απόφοιτοι Τ.Ε.Φ.Α.Α. μεταπτυχιακοί φοιτητές παρακολούθησαν τη διαδικασία και επέβλεπαν τη σωστή τεχνική εκτέλεσης των ασκήσεων, βασιζόμενοι στις δοσμένες οδηγίες και αξιολογώντας την προσπάθεια ως έγκυρη ή άκυρη.

Η κάθε συνεδρία για την αξιολόγηση της ισχύος απείχε από την άλλη τουλάχιστον 48-72 ώρες. Επίσης οι ασκήσεις αξιολογήθηκαν με τυχαία σειρά. Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων καταγράφηκαν η μετατόπιση της μπάρας, η μέση ταχύτητα (m/s) και η μέση ισχύς (watts). Οι επαναλήψεις που απείχαν 10% από τη μέση μετατόπιση της μπάρας αφαιρέθηκαν από την ανάλυση. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι μέσοι όροι των σετ.

2.3. Στατιστική ανάλυση

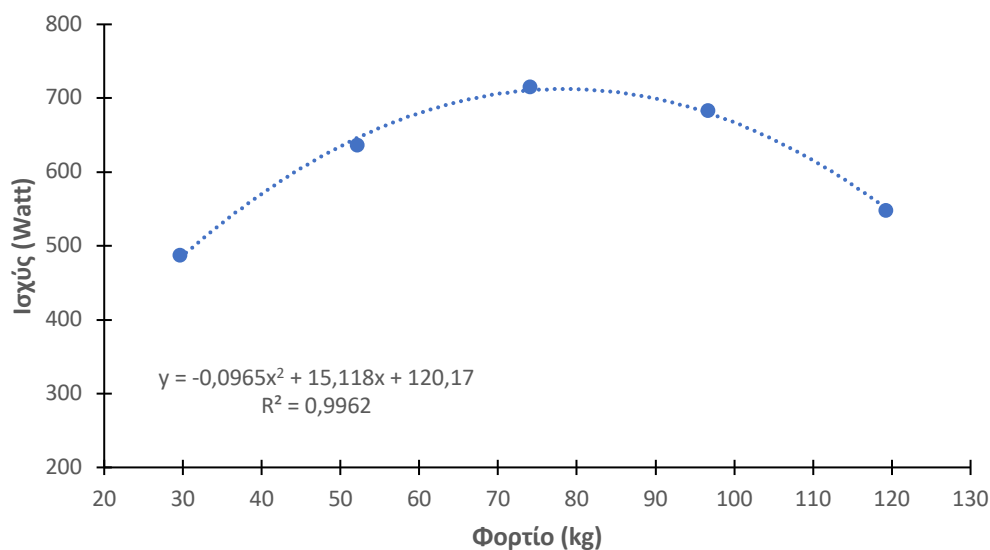
Για την ανάλυση των δεδομένων οι τιμές απεικονίστηκαν σε καρτεσιανό σύστημα αξόνων. Με το λογισμικό Microsoft Excel, εξήχθησαν η γραμμή τάσης και η δευτεροβάθμια εξίσωση ($F(x)=ax^2+bx+c$) που εξηγεί το μεγαλύτερο ποσοστό διακύμανσης. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η μέγιστη τιμή της καμπύλης που αντιπροσωπεύει 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 ME στην οποία διαπιστώθηκε η μέγιστη μυϊκή ισχύς και των τιμών μέγιστης δύναμης και μέγιστης σχετικής δύναμης. Για τους σκοπούς της στατιστικής ανάλυσης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), λαμβάνοντας υπόψη δύο επαναλαμβανόμενους παράγοντες: φορτίο και σετ. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0,05.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σκοπός της μελέτης αποτέλεσε η διερεύνηση της ιδανικής έντασης προπόνησης στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου για τη βελτιστοποίηση της ισχύος. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ΜΔΕ. Ως πρώτο αποτελέσματα εμφανίζεται η καμπύλη δύναμης φορτίου από την οποία υπολογίστηκε το φορτίο στο οποίο αντιστοιχείται η μέγιστη ισχύς (P_{max}), στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν την παραγόμενη ισχύ στα σετ και τέλος ως προς τις επαναλήψεις ανά σετ ξεχωριστά.

3.1 Καμπύλη Ισχύος-Φορτίου στις Τροποποιημένες Άρσεις Θανάτου

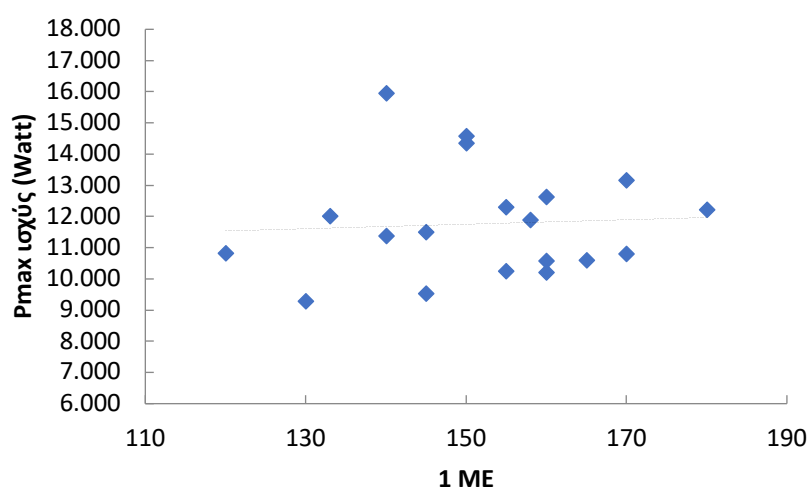
Στην άσκηση Τροποποιημένες Άρσεις Θανάτου διαπιστώθηκε πως η πρόβλεψη της καμπύλης ισχύος φορτίου εξηγούσε το 99,63% της συνολικής διακύμανσης. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε πως το φορτίο που αντιστοιχούσε στη μέγιστη ισχύ ήταν στο $57,47 \pm 5,44$ % της 1 ΜΕ. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Σχέση ισχύος φορτίου στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου

3.2. Συσχέτιση Συνολικής Ισχύος με 1 Μέγιστη Επανάληψη (1ΜΕ)

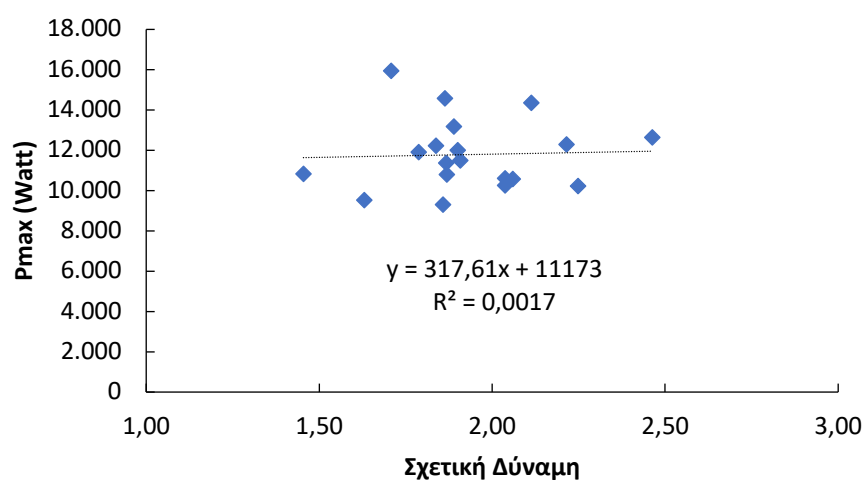
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, δεν εντοπίστηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών. Η εξίσωση της ευθείας διαμορφώθηκε ως $y = 7,1913x + 10695$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0038, υποδηλώνοντας ότι το 0,38% της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος και της 1 μέγιστης επανάληψης

3.3. Συσχέτιση Συνολικής Ισχύος με τον Δείκτη 1ΜΕ/Σωματικό Βάρος

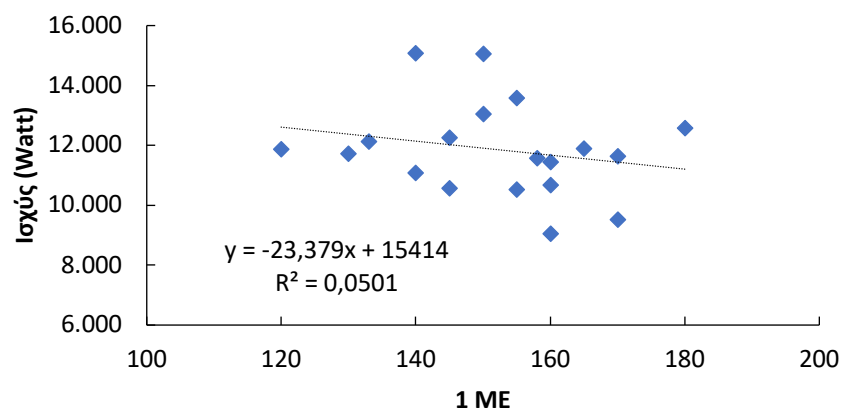
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε μέτρια θετική συσχέτιση (Pearson $r = 0,0412$) μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών. Η εξίσωση της ευθείας διαμορφώθηκε ως $y = 317,61x + 11173$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0017, ερμηνεύοντας το 0,17% της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.



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

3.4. Συσχέτιση Ισχύος στο -10% Pmax με την Απόλυτη Δύναμη (1ME)

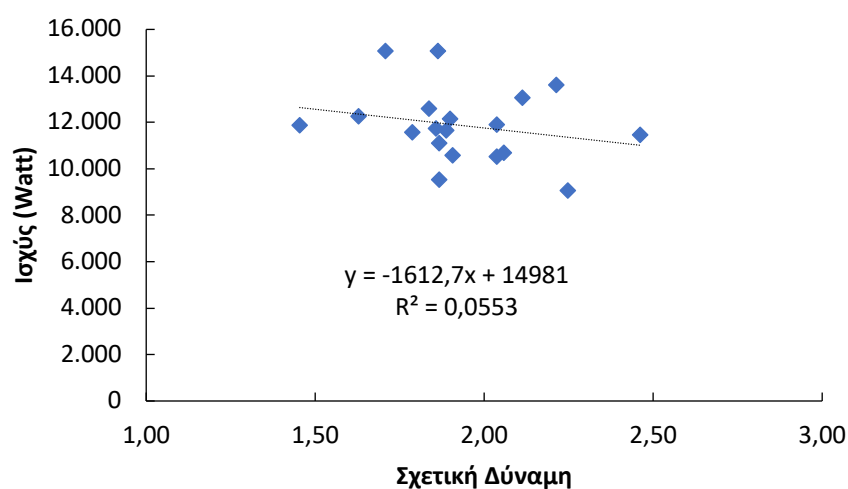
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε ασθενής αρνητική συσχέτιση (Pearson $r = -0,2239$) μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών. Η εξίσωση της ευθείας διαμορφώθηκε ως $y = -23,379x + 15414$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0501, ερμηνεύοντας το 5,01% 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. Συσχέτιση Ισχύος στο -10% Pmax με τον Δείκτη 1ΜΕ/ΣΒ

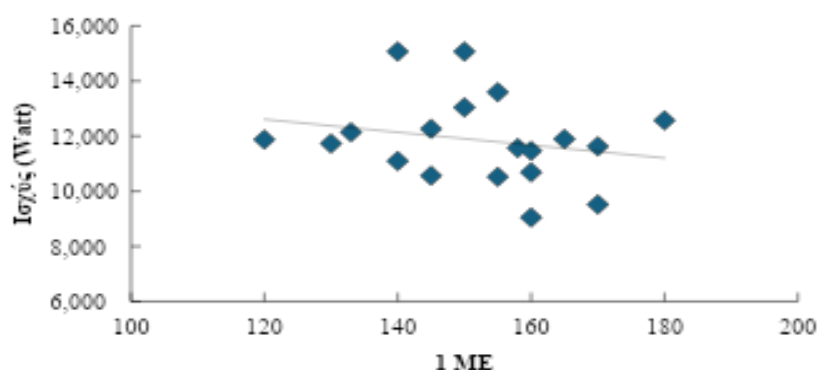
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε ασθενής αρνητική συσχέτιση (Pearson $r = -0,2352$) μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών. Η εξίσωση της ευθείας διαμορφώθηκε ως $y = -1612,7x + 14981$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0553, ερμηνεύοντας το 5,53% 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. Συσχέτιση Ισχύος στο +10% Pmax με την Απόλυτη Δύναμη (1ME)

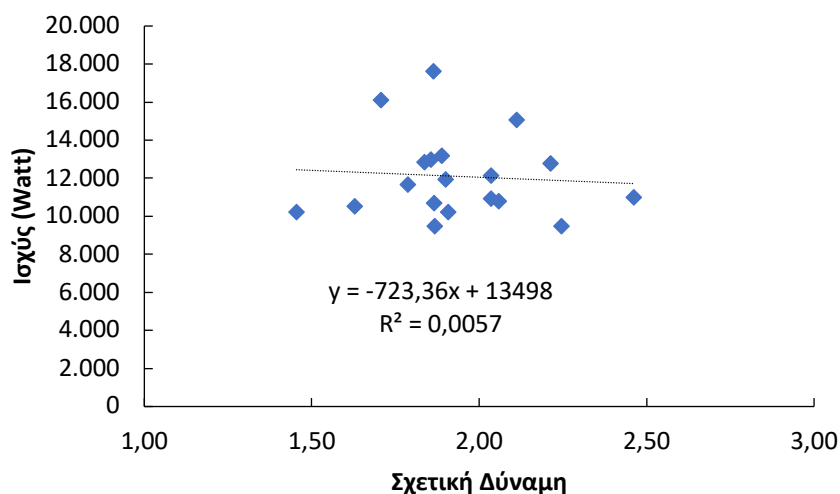
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε ασθενής αρνητική συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών. Η εξίσωση της ευθείας διαμορφώθηκε ως $y = -23,379x + 15414$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0501, υποδηλώνοντας ότι το 5,01% της συνολικής διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής ερμηνεύεται από την ανεξάρτητη μεταβλητή. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Εξίσωση παλινδρόμησης μεταξύ της συνολικής παραγόμενης ισχύος στο +10% Pmax και της 1ME.

3.7. Συσχέτιση Ισχύος στο +10% Pmax με τον Δείκτη 1ΜΕ/ΣΒ

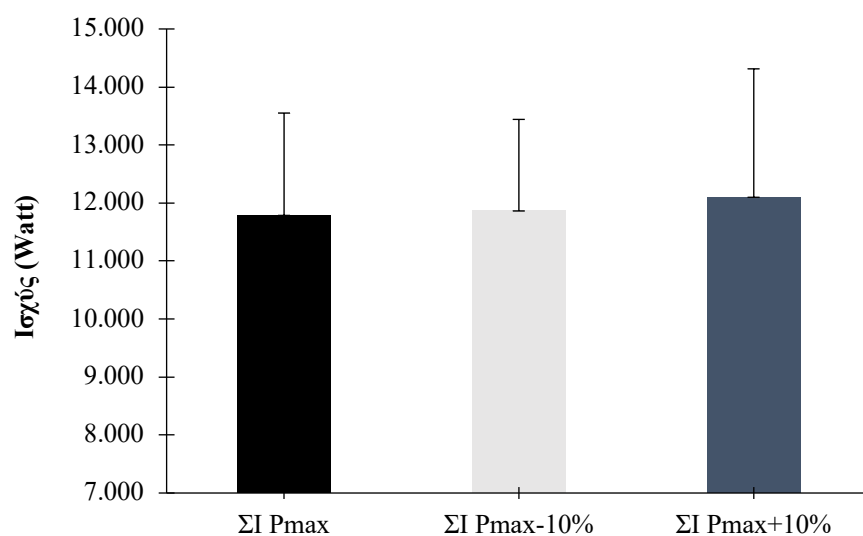
Από την ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε ασθενής αρνητική συσχέτιση (Pearson $r = -0,0755$) μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών. Η εξίσωση της ευθείας διαμορφώθηκε ως $y = -723,36x + 13498$. Ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) υπολογίστηκε σε 0,0057, ερμηνεύοντας το 0,57% 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. Σύγκριση της συνολικής ισχύος μεταξύ των τριών διαφορετικών φορτίων

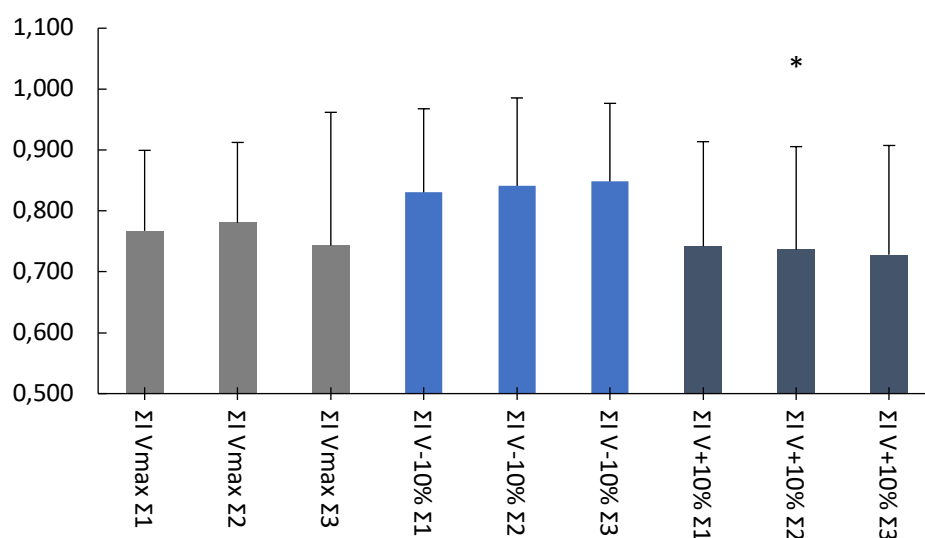
Από την ανάλυση διακύμανσης ως προς έναν παράγοντα (φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών συνθηκών μέτρησης της συνολικής παραγόμενης ισχύος $F(2, 36) = 0,644$; $p = 0,531$). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 8.



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

3.9. Επίδραση των φορτίων και των σετ στη μέγιστη ταχύτητα

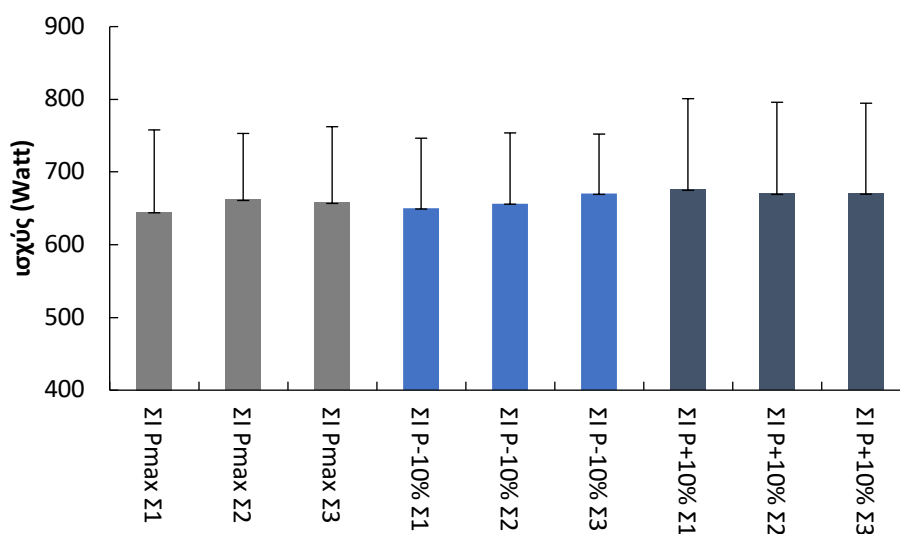
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(4,72)= 1,01$; $p < 0,05$] ως προς τη μέγιστη ταχύτητα. Από την περαιτέρω ανάλυση των κύριων παραγόντων διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών φορτίων [$F(2,36)= 9,99$; $p < 0,05$] ενώ επίσης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών σετ [$F(2, 36)= 0,534$; $p= 0,591$]. Από τον περαιτέρω έλεγχο Bonferroni που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της μεθόδου $P_{max}+10\%$ με τις υπόλοιπες 2 μεθόδους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 9.



Σχήμα 9. Σχηματική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης ταχύτητας μεταξύ των σετ και των διαφορετικών φορτίων. Με * απεικονίζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά με τις μεθόδους P_{max} και $P_{max}-10\%$.

3.10. Επίδραση των φορτίων και των σετ στη μέγιστη Ισχύ

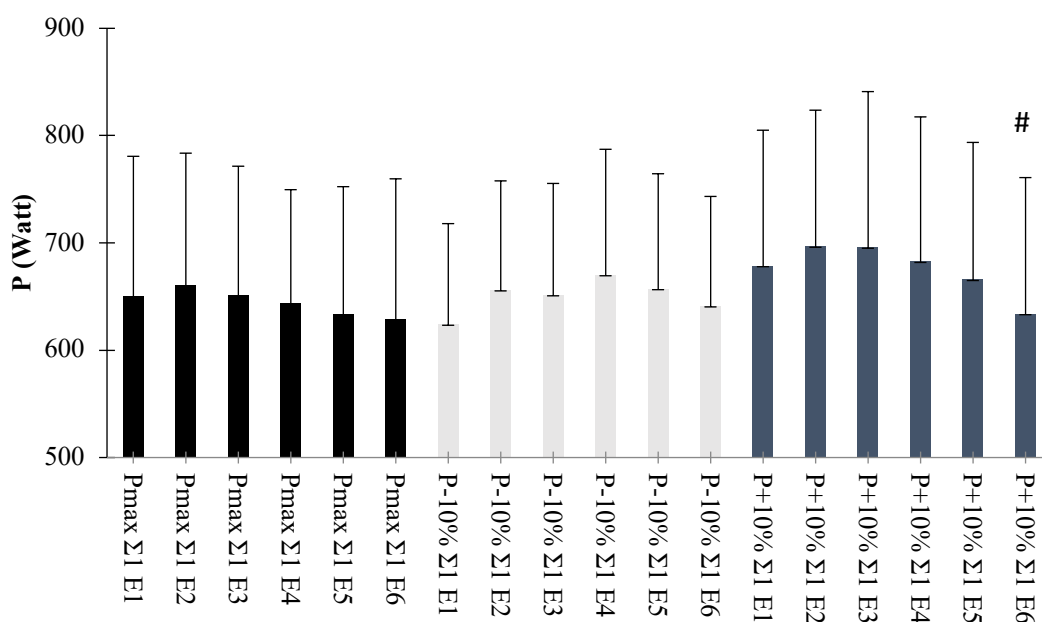
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (σετ και φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(4, 72) = 1,088$; $p = 0,369$]. Από την περαιτέρω ανάλυση των κύριων παραγόντων δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών φορτίων ως προς τη μέγιστη ισχύ [$F(2, 36) = 0,931$; $p = 0,403$] ενώ δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών σετ [$F(2, 36) = 0,644$; $p = 0,531$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στο σχήμα 10.



Σχήμα 10. Γραφική απεικόνιση της διακύμανσης της μέγιστης παραγόμενης ισχύος μεταξύ των 3 σετ στα διαφορετικά φορτία.

3.11. Μεταβολή της Ισχύος ανά επανάληψη στο πρώτο σετ

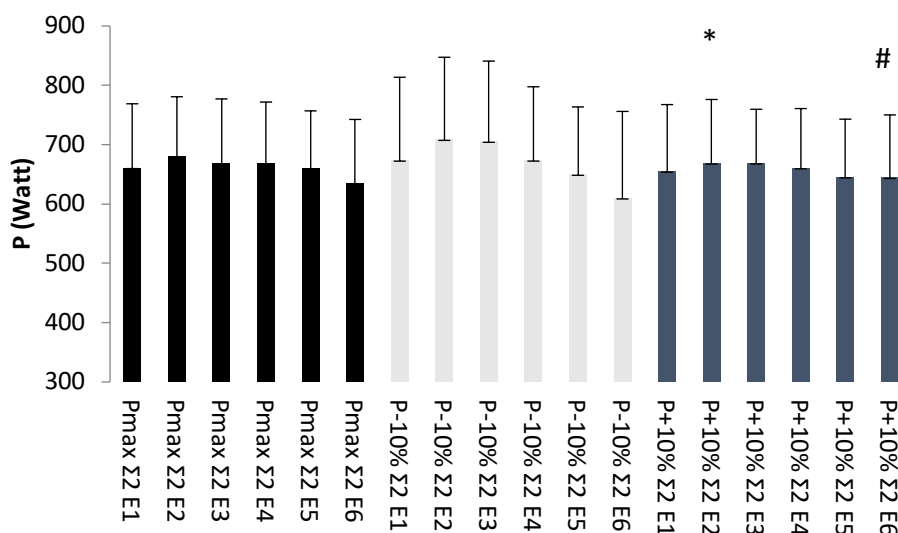
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (επανάληψεις και φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(10, 180) = 1,783$, $p < 0,066$]. Από την ανάλυση των κύριων παραγόντων διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα επανάληψη $F(5, 90) = 4,45$, $p < 0,05$]. Από τις συγκρίσεις με τη μέθοδο Bonferroni διαπιστώθηκε διαφορά στην παραγόμενη ισχύ της 6^{ης} επανάληψης σε σύγκριση με τη 2^η και την 3^η επανάληψη στο φορτίο +10% Pmax. 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 τη 2^η και 3^η επανάληψη του σετ.

3.12. Μεταβολή της ισχύος ανά επανάληψη στο δεύτερο σετ

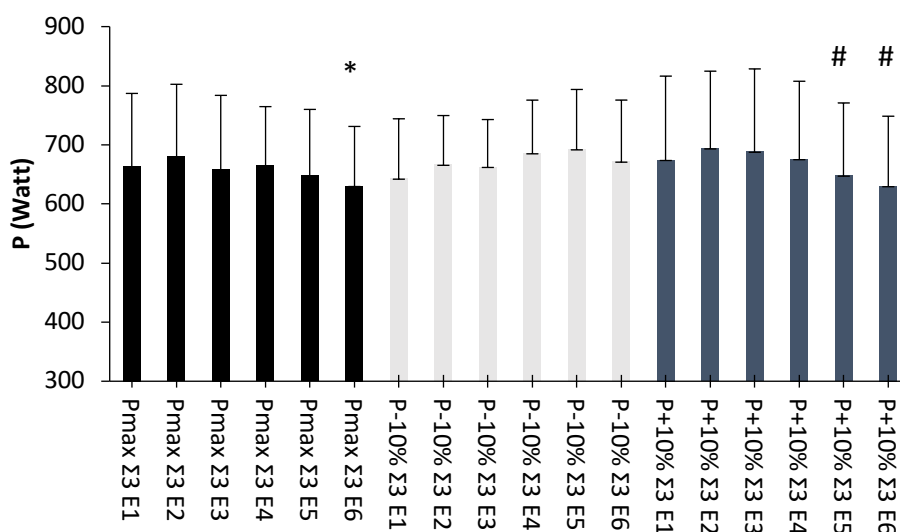
Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (επανάληψεις και φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(10, 180) = 2,043$; $p < 0,05$]. Από την ανάλυση της αλληλεπίδρασης διαπιστώθηκε πως τα πρωτόκολλα -10% P_{max} και +10% P_{max} διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους στη 2^η επανάληψη. Ακόμη διαπιστώθηκε διαφορά στην παραγόμενη ισχύ της 6^{ης} επανάληψης σε σύγκριση με τη 2^η και την 3^η επανάληψη στο φορτίο +10% P_{max} . 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 τη μέθοδο P_{max} -10% και με # η στατιστικά σημαντική διαφορά με τη 2^η και την 3^η επανάληψη του σετ.

3.13. Μεταβολή της ισχύος ανά επανάληψη στο τρίτο σετ

Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (επανάληψεις και φορτίο) που πραγματοποιήθηκε, εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων [$F(10, 180) = 1,87$; $p = 0,052$]. Από την ανάλυση της κύριας επίδρασης των παραγόντων επανάληψη και φορτίο διαπιστώθηκε σημαντική επίδραση του παράγοντα επανάληψη $F(5, 90) = 3,41$, $p < 0,05$]. Από τις συγκρίσεις με τη μέθοδο Bonferroni διαπιστώθηκε πως διέφεραν μεταξύ τους η 2^η και η 6^η επανάληψη στο φορτίο Pmax και οι επαναλήψεις 2 και 3 με τις επαναλήψεις 5 και 6 στο φορτίο +10% Pmax. 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 τη 2^η επανάληψη του σετ και με # η στατιστικά σημαντική διαφορά με τη 2^η και την 3^η επανάληψη του σετ.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη διερεύνησε την επίδραση αποκλίσεων από το βέλτιστο φορτίο παραγωγής ισχύος (P_{max}) κατά την εκτέλεση τροποποιημένης άρσης θανάτου, μιας άσκησης που χαρακτηρίζεται από σταθερό εύρος κίνησης και λειτουργική μεταφορά σε δυναμικά πρότυπα. Η παρατήρηση της μέγιστης ισχύος στο $53,71 \pm 5,08\%$ της 1ΜΕ συνάδει με τη βιβλιογραφία που τοποθετεί το P_{max} εντός του εύρους 50–70% σε ασκήσεις κάτω άκρων (Cormie et al., 2007· Hansen & Cronin, 2009). Η μικρή μεταβλητότητα των τιμών μεταξύ των συμμετεχόντων υποδηλώνει ότι η τροποποιημένη άρση θανάτου μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αξιοπιστία για τον καθορισμό κατάλληλων επιπέδων έντασης, ιδίως σε ομάδες ασκούμενων με παρόμοιο επίπεδο εμπειρίας και προπονητικής κατάστασης (McBride et al., 2002).

Πέρα από τον προσδιορισμό του P_{max} , τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραγόμενη ισχύς διατηρήθηκε σχεδόν αμετάβλητη με φορτία $\pm 10\%$ από αυτό, γεγονός που ενισχύει την έννοια της «ζώνης ισχύος». Η διατήρηση της απόδοσης εντός αυτού του εύρους προσφέρει σημαντική ευελιξία στην προπονητική πράξη, επιτρέποντας τροποποιήσεις προς την κατεύθυνση της ταχύτητας ή της δύναμης, ανάλογα με τις επιδιώξεις κάθε φάσης προπόνησης (Cormie et al., 2011). Η χρήση ελαφρώς μειωμένων φορτίων, όπως το -10% του P_{max} , φαίνεται να επιτρέπει την επίτευξη υψηλής ταχύτητας εκτέλεσης χωρίς μείωση της ισχύος, γεγονός που ενδέχεται να ευνοεί την προπόνηση χαρακτηριστικών όπως ο ρυθμός ανάπτυξης δύναμης, με περιορισμένη σωρευτική κόπωση (Nevin, 2019).

Παρότι η ισχύς διατηρήθηκε σταθερή εντός και μεταξύ των σετ, το εύρημα αυτό δεν αποκλείει την παρουσία κόπωσης. Αντιθέτως, η σταθερότητα των επιδόσεων πιθανώς οφείλεται στην κατάλληλη δομή του πρωτοκόλλου, με 3×6 επαναλήψεις και επαρκή διαλείμματα 3 λεπτών, ικανά να επιτρέψουν την αποκατάσταση βασικών νευρομυϊκών παραμέτρων. Το συγκεκριμένο πλαίσιο προπονητικής επιβάρυνσης συνάδει με προηγούμενες προτάσεις για διατήρηση υψηλών επιπέδων ισχύος μέσω χρήσης υπομέγιστων φορτίων και επαρκούς αποκατάστασης μεταξύ προσπαθειών (Hansen & Cronin, 2009). Παρ' όλα αυτά, η απουσία εργοφυσιολογικών δεικτών ή δεικτών υποκειμενικής κόπωσης περιορίζει την κατανόηση των επιδράσεων σε επίπεδο εσωτερικού φορτίου.

Συνεχίζοντας, η απουσία σημαντικής συσχέτισης μεταξύ της μέγιστης δύναμης (1ME), είτε σε απόλυτες είτε σε σχετικές τιμές, και της ισχύος αναδεικνύει τη σημασία άλλων νευρομυϊκών παραμέτρων στην παραγωγή δύναμης υπό χρονικούς περιορισμούς. Ειδικότερα, σε προπονημένα άτομα, η περαιτέρω βελτίωση της ισχύος δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την αύξηση της μέγιστης δύναμης, αλλά συνδέεται περισσότερο με την ικανότητα ταχείας ανάπτυξης δύναμης, την αποδοτική ενεργοποίηση κινητικών μονάδων και τον νευρομυϊκό συντονισμό κατά την εκτέλεση σύνθετων κινήσεων (Cormie et al., 2011· Suchomel et al., 2016).

Στο πλαίσιο αυτό, η παρακολούθηση της ταχύτητας εκτέλεσης κατά την προπόνηση μπορεί να προσφέρει πρόσθετη πληροφόρηση για την πραγματική ικανότητα του αθλητή να παράγει ισχύ. Επιπλέον, η εφαρμογή αυτορρυθμιζόμενων προσεγγίσεων που βασίζονται είτε στην πραγματική ταχύτητα μετατόπισης είτε στην πρόθεση για ταχεία εκτέλεση έχει προταθεί ως μέσο βελτιστοποίησης της έντασης με βάση την καθημερινή κατάσταση απόδοσης (Nevin, 2019). Η προπονητική ευαισθησία αυτών των μοντέλων καθιστά εφικτή την πιο ακριβή στόχευση της ισχύος, μειώνοντας ταυτόχρονα τον κίνδυνο υπερπροπόνησης ή περιττής επιβάρυνσης.

Παρά τα ευρήματα, η παρούσα μελέτη φέρει ορισμένους περιορισμούς. Ο μικρός αριθμός συμμετεχόντων, η έλλειψη διαφοροποίησης φύλου και η απουσία φυσιολογικών – βιοχημικών δεικτών μειώνουν τη δυνατότητα γενίκευσης. Επιπλέον, η αξιολόγηση περιορίστηκε σε μία μόνο άσκηση και σε προπονητικό πρωτόκολλο μικρής χρονικής διάρκειας. Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να διερευνήσουν τη μεταβλητότητα του Pmax υπό συνθήκες προοδευτικής κόπωσης, σε διαφορετικούς πληθυσμούς και με χρήση πολλαπλών ασκήσεων, προκειμένου να διαμορφωθεί πληρέστερη εικόνα για τον ρόλο της ταχύτητας, της δύναμης και της πρόθεσης στην προσαρμογή της ισχύος.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε ότι η μέγιστη ισχύς κατά την εκτέλεση τροποποιημένων άρσεων θανάτου εντοπίζεται, κατά μέσο όρο, σε φορτία γύρω από το 57% της μέγιστης επανάληψης, επιβεβαιώνοντας την ύπαρξη λειτουργικού εύρους τιμών ($\pm 10\%$) όπου η ισχύς παραμένει υψηλή. Η εύρεση αυτή καθιστά εφικτό τον εξατομικευμένο προσδιορισμό της βέλτιστης έντασης για την ανάπτυξη ισχύος σε ασκούμενους με ομοιογενές προπονητικό υπόβαθρο.

Παράλληλα, η παρατήρηση ότι η ταχύτητα μετατόπισης μειώνεται αισθητά με την αύξηση του φορτίου, χωρίς αντίστοιχη αύξηση στην ισχύ, υποδεικνύει πως η χρήση ελαφρώς υπομέγιστων φορτίων ενδέχεται να είναι προτιμότερη σε φάσεις προπόνησης όπου προτεραιότητα αποτελεί η γρήγορη κινητική απόκριση και η ενίσχυση του ρυθμού ανάπτυξης δύναμης. Επιπλέον, η έλλειψη ισχυρής συσχέτισης μεταξύ μέγιστης δύναμης και ισχύος υπογραμμίζει ότι η προπόνηση ισχύος απαιτεί ανεξάρτητο σχεδιασμό, με έμφαση όχι μόνο στην επιβάρυνση, αλλά και στην ικανότητα ταχείας μετατροπής της δύναμης σε μηχανική απόδοση.

Τέλος, τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι ακόμη και μικρές μεταβολές στον όγκο ή την ένταση μπορεί να επηρεάσουν τη σταθερότητα της ισχύος κατά την επανάληψη σετ, ιδίως υπό συνθήκες υψηλότερης επιβάρυνσης. Συνεπώς, η παρακολούθηση της απόδοσης κατά τη διάρκεια της προπόνησης —μέσω μεταβλητών όπως η ταχύτητα και η ισχύς— είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της ποιότητας εκτέλεσης και την αποφυγή συσσωρευμένης κόπωσης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Baker, D. (2001). Acute and long-term power responses to power training: Observations on the training of an elite power athlete. *Strength and Conditioning Journal*, 23(1), 47–56. <https://doi.org/10.1519/00126548-200102000-00010>
2. Baker, D., & Newton, R. U. (2005). Methods to increase the effectiveness of maximal power training for the upper body. *Strength and Conditioning Journal*, 27(6), 24–32. <https://doi.org/10.1519/00126548-200512000-00008>
3. Blatnik, J. A., Goodman, C. L., Capps, C. R., Awelewa, O. O., Triplett, T. N., Erickson, T. M., & McBride, J. M. (2014). Effect of load on peak power of the bar, body and system during the deadlift. *Journal of Sports Science and Medicine*, 13(3), 511–518. PMID: 25177175 | PMCID: PMC4126285
4. Camara, K. D., Coburn, J. W., Dunnick, D. D., Brown, L. E., Galpin, A. J., & Costa, P. B. (2016). An examination of muscle activation and power characteristics while performing the deadlift exercise with straight and hexagonal barbells. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1183–1188. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001224>
5. Contreras, B., & Schoenfeld, B. (2013). Are all hip extension exercises created equal? *Strength and Conditioning Journal*, 33(2), 54–59. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318282bc03>
6. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1—Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
7. Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 340–349. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf>
8. Del Balso, C., & Cafarelli, E. (2007). Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 103(5), 1703–1708. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00477.2007>
9. Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 2–12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318279fdcb>

10. Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2016). *Essentials of strength training and conditioning* (4th ed.). Human Kinetics.
11. Hansen, K. T., & Cronin, J. B. (2009). Training loads for the development of lower-body muscular power during squatting movements. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3), 17–33. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181957065>
12. Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 675–684. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2)
13. Κέλλης, Σ. (2014). *Προπονητική: Σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος*. Θεσσαλονίκη: Υπηρεσία δημοσιευμάτων ΑΠΘ.
14. Kraemer, W. J. (1983). Exercise prescription in weight training: A needs analysis. *Strength and Conditioning Journal*, 5(1), 64–70. [https://doi.org/10.1519/0744-0049\(1983\)005<0064:EPIWTA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/0744-0049(1983)005<0064:EPIWTA>2.0.CO;2)
15. Krol, H., & Golas, A. (2017). Effect of barbell weight on the structure of the flat bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1321–1337. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001613>
16. Martín-Fuentes, I., Oliva-Lozano, J. M., & Muyor, J. M. (2020). Electromyographic activity in deadlift exercise and its variants: A systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(7), 1962–1969. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003625>
17. Martin, D., Carl, K., & Lehnertz, K. (2000). *Εγχειρίδιο προπονητικής – Η σύνδεση της θεωρίας με την πράξη* (Επιστημονική επιμέλεια: Κ. Ταξιλάρης, Β. Γούργουλης, Μετάφραση: Β. Γούργουλης).
18. McAllister, M. J., Hammond, K. G., Schilling, B. K., Ferreria, L. C., Reed, J. P., & Weiss, L. W. (2014). Muscle activation during various hamstring exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(6), 1573–1580. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000285>
19. McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75–82. <https://doi.org/10.1519/00124278-200202000-00013>
20. McGill, S. M. (2015). *Low back disorders: Evidence-based prevention and rehabilitation* (2nd ed.). Human Kinetics.

21. Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267–272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
22. Nevin, J. (2019). Autoregulated resistance training: Does velocity-based training represent the future? *Strength and Conditioning Journal*, 41(4), 34–39. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000471>
23. Schoenfeld, B. J. (2020). *Science and development of muscle hypertrophy* (2nd ed.). Human Kinetics.
24. Stone, M. H., Keith, R. E., Kearney, J. T., Fleck, S. J., Wilson, G. D., & Triplett, N. T. (1991). Overtraining: A review of the signs, symptoms and possible causes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 5(1), 35–50. <https://doi.org/10.1519/00124278-199102000-00008>
25. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>