



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ & ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Πρόβλεψη της μιας μέγιστης επανάληψης από την ταχύτητα μετακίνησης
της μπάρας σε υπομέγιστα φορτία σε ασκήσεις των κάτω ακρών**

Μοναστηριώτη Χρήστου [Α.Ε.Μ. 13094]

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
“Προπονητική”

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, 2024



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE
SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE
DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM
"EXERCISE PHYSIOLOGY & SPORTS TRAINING SCIENCE"

MASTER DISSERTATION

Prediction of one repetition maximum using bar velocity at submaximal loads in deadlifts

Monastiriotis Christos [R.N. 13094]

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 Sports Training

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, 2024

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 τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Μπαλαμπάνο Δημήτριο και τους μεταπτυχιακούς φοιτητές του εργαστηρίου προπονητικής για την άψογη συνεργασία κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που ήταν δίπλα μου καθ' όλη τη διάρκεια των σποδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μοναστηριώτης Χρήστος: Πρόβλεψη της μιας μέγιστης επανάληψης από την ταχύτητα μετακίνησης της μπάρας σε υπομέγιστα φορτία σε ασκήσεις των κάτω άκρων

(Με την επίβλεψη του Καθηγητή Χατζηνικολάου Αθανάσιου)

Η προπόνηση δύναμης και η αξιολόγηση της 1 Μέγιστης Επανάληψης (ΜΕ) μέσω της ταχύτητας μετακίνησης του φορτίου αποτελεί σχετικά νέο πεδίο στην Αθλητική Επιστήμη. Ωστόσο, τα ερευνητικά διαθέσιμα δεδομένα είναι ακόμη περιορισμένα. Σκοπός της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας ήταν να διερευνήσει την πιθανότητα εύρεσης του φορτίου που αντιστοιχεί στη 1 ΜΕ από την ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία. Δεκαοχτώ φοιτητές του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, συμμετείχαν στην έρευνα. Στην πρώτη συνεδρία αξιολογήθηκαν τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των αθλητών. Στις επόμενες δυο πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για την εύρεση της 1 μέγιστης επανάληψης στις ασκήσεις άρσεις θανάτου και τροποποιημένες άρσεις θανάτου. Έπειτα, μετά από τουλάχιστον μία εβδομάδα και σε διαδοχικές ημέρες (δυο ημέρες με διάστημα τουλάχιστον 48 ώρες μεταξύ των ημερών) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ισχύος στο 20, 35, 50, 65 και 80 % της ατομικής τους 1 ΜΕ με την ταυτόχρονη χρήση γραμμικού κωδικοποιητή. Για την ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης για την εκτίμηση της 1ΜΕ με την αξιολόγηση της ταχύτητας κίνησης της μπάρας κατά τη διάρκεια άρσης των υπομέγιστων φορτίων. Με βάση τις εξισώσεις που προέκυψαν εκτιμήθηκε η ΜΕ στις δύο ασκήσεις και στη συνέχεια, μέσω της ανάλυσης t-test, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση μεταξύ της εκτιμώμενης και πραγματικής επίδοσης στη 1 ΜΕ. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας της μπάρας και της 1 ΜΕ και στη συνέχεια δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης και της πραγματικής 1 ΜΕ. Ωστόσο, στην εξατομικευμένη παρουσίαση των δεδομένων διαπιστώθηκαν ατομικές αποκλίσεις μεταξύ της εκτιμώμενης και πραγματικής ΜΕ που ξεπερνούσαν ακόμη και τα 20 κιλά. Η συνολική εκτίμηση των αποτελεσμάτων επιβάλλει την εξατομικευμένη χρήση των δεδομένων και όχι τη γενίκευση των αποτελεσμάτων.

Λέξεις κλειδιά: ταχύτητα μπάρας, προπόνηση δύναμης, πρόβλεψη

ABSTRACT

Monastiriotis Christos: Prediction of one repetition maximum using bar velocity at submaximal loads in deadlifts

(Under the supervision of Professor Chatzinikolaou Athanasios)

The purpose of the Master Thesis was to compare the estimated velocity from sub-maximal loads with the actual velocity at 100% of 1 RM. Comparisons were then made between the estimated load (based on the velocity at sub-maximal loads) and the actual load at 1 RM. Eighteen students at the Democritus University of Thrace participated in the study. In the first session, the anthropometric characteristics of the athletes were evaluated. In the next two sessions, measurements were performed to find the 1 maximum repetition in the Deadlift and Romanian Deadlift exercise. Then, after at least one week and on consecutive days (two days with at least 48 h between days), power measurements were performed at 20, 35, 50, 65, and 80 % of their individual 1 maximum repetition (RM) using a linear encoder. For data analysis, linear regression analysis was performed to estimate 1RM by evaluating the bar movement speed during the lifting of submaximal loads. Based on the equations, the 1RM of the exercises were calculated which were compared with the actual ones through t-test analysis for independent samples. No statistically significant differences were found from the analysis. Although the correlation is very high, it is worth noting that the difference between predicted and actual values exceeded 20 kg in cases which makes the use of individual equations and velocity profiles a safer option.

Keywords: strength training, prediction, bar velocity

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1. Σκοπός της έρευνας	15
1.2. Ερευνητικές υποθέσεις.....	15
1.2.1 Μηδενικές υποθέσεις.....	15
1.2.2 Εναλλακτικές υποθέσεις.....	16
1.3. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί	17
1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	18
2.1. Δείγμα	18
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός	18
2.4.Στατιστική ανάλυση	21
2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	23
3.1 Άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέση ταχύτητα).....	24
3.2 Άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέγιστη ταχύτητα)	25
3.3 Πρόβλεψη της ταχύτητας 1 ΜΕ στην άσκηση άρσεις θανάτου από τη μέση ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία	26
3.4 Πρόβλεψη της ταχύτητας 1 ΜΕ στην άσκηση άρσεις θανάτου από τη μέγιστη ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία	27
3.5 Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέση ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου	28

3.6 Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέγιστη ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου	29
3.7 Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου	30
3.8 Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου.....	32
3.9 Τροποποιημένες άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέση ταχύτητα)....	34
3.10 Τροποποιημένες άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέγιστη ταχύτητα)	35
3.11 Πρόβλεψη της ταχύτητας 1 ME στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου από τη μέση ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία.....	36
3.12 Πρόβλεψη της ταχύτητας 1 ME στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου από τη μέγιστη ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία.....	37
3.13 Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέση ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου	38
3.14 Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέγιστη ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου	39
3.15 Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου	40
3.16 Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου	42
3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	44
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	46
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	47

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου.....	31
Πίνακας 2. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου.....	33
Πίνακας 3. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.	41
Πίνακας 4. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.	43

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.	Καμπύλη ισχύος φορτίου στην άσκηση άρσεις θανάτου (μέση ταχύτητα).....	24
Σχήμα 2.	Άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέγιστη ταχύτητα).....	25
Σχήμα 3.	Γραμμική παλινδρόμηση μέσης ταχύτητας και ποσοστού 1 ME στην άσκηση άρσεις θανάτου.....	26
Σχήμα 4.	Γραμμική παλινδρόμηση μέγιστης ταχύτητας και ποσοστού 1 ME στην άσκηση άρσεις θανάτου.....	27
Σχήμα 5.	Σύγκριση εκτιμώμενης από την μέση ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου.....	28
Σχήμα 6.	Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέγιστη ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου.....	29
Σχήμα 7.	Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου	30
Σχήμα 8.	Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου.....	32
Σχήμα 9.	Τροποποιημένες άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέση ταχύτητα).....	34
Σχήμα 10.	Τροποποιημένες άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέγιστη ταχύτητα).....	35
Σχήμα 11.	Γραμμική παλινδρόμηση μέσης ταχύτητας και ποσοστού 1 ME στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.....	36
Σχήμα 12.	Γραμμική παλινδρόμηση μέγιστης ταχύτητας και ποσοστού 1 ME στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.....	37

Σχήμα 13.	Σύγκριση εκτιμώμενης από την μέση ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.....	38
Σχήμα 14.	Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέγιστη ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου	39
Σχήμα 15.	Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.....	40
Σχήμα 16.	Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.....	42

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι επιστήμονες και οι επαγγελματίες του αθλητισμού μπορούν να επηρεάσουν παράγοντες όπως την απόλυτη και τη σχετική μυϊκή δύναμη του αθλητή μέσω τακτικής προπόνησης δύναμης για να μεγιστοποιήσουν την απόδοσή τους (Suchomel et al., 2021). Η μυϊκή δύναμη έχει οριστεί ως η ικανότητα άσκησης δύναμης σε ένα εξωτερικό αντικείμενο ή αντίσταση. Δεδομένων των απαιτήσεων του αθλήματος, ο αθλητής μπορεί να χρειαστεί να ασκήσει μεγάλες δυνάμεις ενάντια στη βαρύτητα για να χειριστεί τη μάζα του σώματός του (π.χ. αμερικάνικο ποδόσφαιρο, ράγκμπι, πάλη, κ.λπ.), ή να χειριστεί ένα αντικείμενο - φορτίο (π.χ. μπίτζμπολ, άρση βαρών, σφαιροβολία κ.λπ.) (Suchomel et al., 2018). Έτσι με βάση όλα τα προηγούμενα παραδείγματα μπορεί να θεωρηθεί ότι ένας από τους περιοριστικούς παράγοντες για την απόδοση του αθλητή είναι η μυϊκή δύναμή του.

Έρευνες έχουν δείξει ότι η μυϊκή δύναμη είναι εξίσου σημαντική με την αναερόβια ικανότητα για την απόδοση καθώς και την πρόληψη τραυματισμών στους αθλητές (Lehance et al., 2009). Το ποσοστό των τραυματισμών στον αθλητισμό και την προπόνηση είναι ένα από τα κύρια μελήματα των αθλητών και των προπονητών. Έρευνα έδειξε ότι υπήρξε μείωση στο ποσοστό τραυματισμών ανά 1.000 ώρες έκθεσης σε ποδοσφαιριστές μετά την προσθήκη ενός προγράμματος προπόνησης δύναμης (Suchomel et al., 2018). Μια μετα-ανάλυση έδειξε ότι τα εξεταζόμενα πρωτόκολλα προπόνησης ενδυνάμωσης μείωσαν τους αθλητικούς τραυματισμούς σε λιγότερο από το ένα τρίτο και ότι οι τραυματισμοί από υπερβολική χρήση θα μπορούσαν να μειωθούν σχεδόν στο μισό (Lauersen et al., 2014). Η προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να μειώσει τον αριθμό των τραυματισμών λόγω της αύξησης της δομικής αντοχής των συνδέσμων, των τενόντων, του χόνδρου της άρθρωσης και των περιβλημάτων του συνδετικού ιστού εντός των μυών (Suchomel et al., 2018).

Η μυϊκή δύναμη είναι μια κρίσιμη φυσική ικανότητα που στηρίζει τις κινητικές επιδόσεις (π.χ. κατακόρυφο άλμα, σπριντ, αλλαγή κατεύθυνσης, αναερόβια προετοιμασία, κ.λπ.) (Suchomel et al., 2018). Λόγω του αριθμού των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν το πρόγραμμα προπόνησης ενός αθλητή, είναι απαραίτητο να αξιολογείται και να παρακολουθείται τακτικά η δύναμη ενός αθλητή, έτσι ώστε οι προπονητές να μπορούν να προσδιορίζουν πώς ανταποκρίνεται στην προπόνηση ο αθλητής τους. Η παρακολούθηση των αθλητών περιλαμβάνει δύο σημαντικούς αλλά

αλληλεπικαλυπτόμενους σκοπούς: τη διαχείριση της κόπωσης και την αποτελεσματικότητα του προγράμματος. Για τη διαχείριση της κόπωσης, οι επιστήμονες και οι επαγγελματίες του αθλητισμού επιδιώκουν να ανιχνεύσουν την οξεία και συσσωρευτική κόπωση που υπερβαίνει το αναμενόμενο μέγεθος και, ως εκ τούτου, επηρεάζει αρνητικά τη διαδικασία προσαρμογής ανάκτησης ερεθίσματος. Έτσι, η διαχείριση της κόπωσης περιλαμβάνει καθημερινή διαχείριση της ποσότητας και της έντασης για να διασφαλιστεί ότι το ερέθισμα παραμένει αποτελεσματικό με την πάροδο του χρόνου και ότι αποφεύγεται οποιαδήποτε παρατεταμένη μείωση της απόδοσης. Η αποτελεσματικότητα του προπονητικού προγράμματος περιλαμβάνει τον βαθμό στον οποίο τα προπονητικά ερεθίσματα παράγουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Συλλογικά, η διαχείριση της κόπωσης και η αποτελεσματικότητα του προγράμματος χρησιμεύουν ως μέρος της διαδικασίας παρακολούθησης του αθλητή, όπου τα χαρακτηριστικά φυσικής κατάστασης και οι υποκείμενοι μηχανισμοί τους παρακολουθούνται σε όλο το πρόγραμμα προπόνησης ενός αθλητή. Η παρακολούθηση των υποστηρικτικών κινητικών ικανοτήτων (δηλαδή της δύναμης) και των αλλαγών στον συντονισμό ή πιο συγκεκριμένα, της απόδοσης του αθλητή επιτρέπει στους προπονητές να προσδιορίσουν τις κατάλληλες μεθόδους και εντάσεις προπόνησης (δηλαδή τα φορτία) για συνεχή πρόοδο (Suchomel et al., 2018). Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να συζητηθούν οι τρέχουσες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των χαρακτηριστικών δύναμης και πώς να χρησιμοποιηθούν αυτές οι μέθοδοι για την τροποποίηση των προπονητικών ερεθισμάτων ώστε να ωφελήσουν τη συνολική κινητική απόδοση ενός αθλητή (Suchomel et al., 2021).

Ένα από τα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι προπονητές δύναμης είναι το ζήτημα του τρόπου με τον οποίο αντικειμενικά ποσοτικοποιούν και παρακολουθούν την πραγματική προπονητική επιβάρυνση που αναλαμβάνουν οι αθλητές προκειμένου να μεγιστοποιήσουν την απόδοσή τους. Έχουν εντοπιστεί αρκετές μεταβλητές προπόνησης για τον σχεδιασμό του προγράμματος με προπόνηση αντιστάσεων (τύπος και σειρά άσκησης, ένταση, αριθμός επαναλήψεων και σετ και διάλειμμα μεταξύ των σετ) (Kraemer & Ratamess, 2004). Ο χειρισμός αυτών των μεταβλητών διαμορφώνει το μέγεθος και τον τύπο των φυσιολογικών αποκρίσεων και, τελικά, τις προσαρμογές στην προπόνηση δύναμης (Spiering et al., 2008). Η ένταση της άσκησης αναγνωρίζεται γενικά ως το πιο σημαντικό στοιχείο επιβάρυνσης που σχετίζεται με αλλαγές στα επίπεδα δύναμης (Fry, 2004; González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Ο κλασικότερος τρόπος για να

προσδιοριστεί η ένταση στην προπόνηση με αντιστάσεις είναι το ποσοστό της μιας μέγιστης επανάληψης (%1ME) (Benavides-Ubric et al., 2020). Ωστόσο αυτή η μέθοδος έχει μερικά σημαντικά μειονεκτήματα, όπως το ότι απαιτεί σημαντικό χρόνο και αυξημένο κίνδυνο τραυματισμού λόγω της πολύ υψηλής έντασης (Morán-Navarro et al., 2021). Ένα ακόμα μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι πολλές φορές η τιμή της 1ME μπορεί να αυξομειώνεται, από μέρα σε μέρα, ή να αλλάξει κατά την διάρκεια ενός προπονητικού προγράμματος. Συνεπώς, αυτό σημαίνει ότι οι σχετικές εντάσεις (%1ME) που εκτελούνται δεν αντιστοιχούν στο πραγματικό %1ME (Sanchez-Medina et al., 2010).

Ένας άλλος τρόπος προσδιορισμού έντασης της προπόνησης με αντιστάσεις είναι η μέθοδος πρόβλεψης, η οποία εκτιμά τη 1ME από την εκτέλεση πολλών υπομέγιστων επαναλήψεων χρησιμοποιώντας συντελεστές μετατροπής (Conceição et al., 2016). Η μέθοδος πρόβλεψης έχει διερευνηθεί ευρέως, με την παραδοχή ότι η ακρίβεια αυτών των εκτιμήσεων εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως ο αριθμός των επαναλήψεων, ο τύπος άσκησης, το υπόβαθρο προπόνησης και ο πληθυσμός που χρησιμοποιείται (Jidovtseff et al., 2011). Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη απόκλιση από τη πραγματική 1ME, ιδιαίτερα αν η πρόβλεψη πραγματοποιείται από μέτρια ή ελαφριά φορτία (Benavides-Ubric et al., 2020)

Επιπλέον, ένας ακόμα τρόπος προσδιορισμού της έντασης είναι η σχέση φορτίου - ταχύτητας. Έχει αποδειχθεί ότι οι ατομικές σχέσεις φορτίου-ταχύτητας θα μπορούσαν να παρέχουν ακριβέστερες προβλέψεις του %1ME από την ταχύτητα μετακίνησης της μπάρας σε σχέση με τις γενικές εξισώσεις (García-Ramos et al., 2018). Γεγονός που υποδηλώνει ότι ο ατομικός προσδιορισμός της σχέσης φορτίου-ταχύτητας είναι μια αποδεκτή μέθοδος για τη συνταγογράφηση της έντασης με μεγάλη ακρίβεια στην προπόνηση με αντιστάσεις (Benavides-Ubric et al., 2020). Αυτή η δήλωση βασίζεται στο γεγονός ότι κάθε %1ME έχει τη δική του ταχύτητα για κάθε άσκηση, καθώς έχει παρατηρηθεί μια εξαιρετικά στενή σχέση μεταξύ %1ME και ταχύτητας μετακίνησης της μπάρας ($R^2 = 0,98$) στην άσκηση πιέσεις πάγκου (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Επιπλέον, αυτή η σχέση είναι πολύ σταθερή ανεξάρτητα από το επίπεδο απόδοσης δύναμης (González-(González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Στη μελέτη του (García-Ramos et al., 2018), αποδείχθηκε ότι οι μεμονωμένες σχέσεις φορτίου-ταχύτητας θα μπορούσαν να παρέχουν πιο ακριβείς προβλέψεις %1ME από την ταχύτητα μετακίνησης της μπάρας από τις γενικές εξισώσεις, υποδηλώνοντας ότι ο ατομικός προσδιορισμός της

σχέσης φορτίου-ταχύτητας θα μπορούσε να προταθεί για να συνταγογραφηθεί η ένταση στην προπόνηση αντιστάσεων σε μεμονωμένη βάση με την κατάλληλη ακρίβεια.

Η προπόνηση με βάση την ταχύτητα (VBT) απαιτεί τη χρήση εξοπλισμού (π.χ. γραμμικός μετατροπέας θέσης, μονάδα μέτρησης αδράνειας κ.λπ.) που μετρά και υπολογίζει μετρήσεις, όπως η μετατόπιση και η ταχύτητα της μπάρας. Υπάρχουν πολλά οφέλη του VBT που περιλαμβάνουν την στιγμιαία ανατροφοδότηση, τη δυνατότητα πρόβλεψης της 1ME συγκεκριμένων ασκήσεων και τη χρήση ταχύτητας για την παρακολούθηση και προσαρμογή της έντασης της προπόνησης (Weakley et al., 2021). Η χρήση του VBT ως μεθόδου ανατροφοδότησης μπορεί να συμπληρώσει άλλες μεθόδους συνταγογράφησης και προσαρμογής, όπως η %1ME (Suchomel et al., 2018). Οι ερευνητές έχουν δείξει ότι η χρήση του VBT ως ανατροφοδότηση στους αθλητές οδήγησε σε αυξήσεις στην ταχύτητα και την ισχύ έως και 10%, κάτι που μπορεί να οφειλόταν σε εγγενείς ή εξωγενείς παράγοντες κινήτρων (Weakley et al., 2021) Ενώ η VBT μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την ανατροφοδότηση με πιο παραδοσιακές ασκήσεις αντιστάσεων (π.χ. κάθισμα, πάγκος, κλπ.). Θα πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω εάν η βραχυπρόθεσμη εστίαση στην ταχύτητα ως μέτρο απόδοσης έχει επίδραση στην απόκτηση δεξιοτήτων και στις αλλαγές συντονισμού. Ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια πιο σύνθετων ασκήσεων (π.χ. ασκήσεις άρσης βαρών), οι οποίες έχουν αποδειχθεί ότι βελτιώνουν την ταχύτητα μέσω της τεχνικής και έχουν θεμελιωδώς πιο σύνθετες στρατηγικές συντονισμού (MacKenzie et al., 2014; Suchomel et al., 2021).

Επιπλέον, οι προπονητές μπορεί να είναι σε θέση να προβλέψουν ένα ημερήσιο 1ME ορισμένων ασκήσεων μέσω VBT αφού η ταχύτητα ανύψωσης έχει αποδειχθεί ότι μειώνεται καθώς αυξάνεται το εξωτερικό φορτίο και συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί η τελική ταχύτητα κατά τη διάρκεια ενός 1ME (Izquierdo et al., 2006). Το VBT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της 1ME μιας άσκησης χρησιμοποιώντας γενικές ή εξατομικευμένες εξισώσεις σχέσης φορτίου-ταχύτητας (Hughes et al., 2019). Εν συντομία, γενικές και εξατομικευμένες εξισώσεις πρόβλεψης φορτίου-ταχύτητας μπορούν να δημιουργηθούν χρησιμοποιώντας τη μέση ταχύτητα μπάρας κατά τη διάρκεια απλών επαναλήψεων μιας άσκησης ή τη μέση ταχύτητα μπάρας που παράγεται με πολλά υπομέγιστα φορτία, αντίστοιχα (Suchomel et al., 2021).

Μια επιπλέον χρήση του VBT είναι τα κατώφλια ταχύτητας κατά την παρακολούθηση της προπόνησης με αντιστάσεις. Τα παραδοσιακά σετ ασκήσεων

απαιτούν από τους αθλητές να εκτελούν διαδοχικές επαναλήψεις με δεδομένο φορτίο μέχρι να επιτευχθεί ο προβλεπόμενος αριθμός επαναλήψεων. Ωστόσο, μπορεί να προκύψουν μεγάλες μειώσεις στην ταχύτητα κατά τη χρήση αυτής της μεθόδου (Tufano et al., 2016). Οι ερευνητές έχουν δείξει ότι η μείωση της ταχύτητας στην σύγκεντρη φάση συνδέονται με την κόπωση που προκαλείται από την άσκηση (Pareja-Blanco et al., 2017; Sanchez-Medina et al., 2010). Έτσι, η απώλεια ταχύτητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης επιβάρυνσης και της συνταγογράφησης της σχετικής έντασης (Suchomel et al., 2021). Πρακτικά, τα κατώφλια ταχύτητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της κόπωσης κατά τη διάρκεια ενός ή πολλαπλών σετ ασκήσεων (Weakley et al., 2021). Αυτό μπορεί, επίσης, να επιτρέψει τη χρήση «ευέλικτων» σχημάτων επανάληψης που χρησιμοποιούν την ταχύτητα της μπάρας ως αντικειμενικό μέτρο της έντασης της άσκησης αντί για ένα τυπικό σχήμα επανάληψης σετ (Suchomel et al., 2021). Ένας αυξανόμενος όγκος βιβλιογραφίας έχει διερευνήσει τις διαφορετικές σχέσεις φορτίου-ταχύτητας σε διάφορες ασκήσεις. Ωστόσο, η σχέση φορτίου-ταχύτητας στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου και άρσεις θανάτου δεν έχουν μελετηθεί εκτενώς.

1.1. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνήσει την ταχύτητα μετακίνησης της μπάρας σε υπομέγιστα φορτία στις ασκήσεις: άρσεις θανάτου και τροποποιημένες άρσεις θανάτου ώστε να γίνει πρόβλεψη της μιας μέγιστης επανάληψης.

1.2. Ερευνητικές υποθέσεις

1.2.1 Μηδενικές υποθέσεις

- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης ταχύτητας (από τη μέση ταχύτητα) και της πραγματικής ταχύτητας στις άρσεις θανάτου.
- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης ταχύτητας (από τη μέγιστη ταχύτητα) και της πραγματικής ταχύτητας στις άρσεις θανάτου.
- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση τη μέση ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1ΜΕ στις άρσεις θανάτου.

- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση τη μέγιστη ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1ME στις άρσεις θανάτου.
- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης ταχύτητας (από τη μέση ταχύτητα) και της πραγματικής ταχύτητας στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου.
- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης ταχύτητας (από τη μέγιστη ταχύτητα) και της πραγματικής ταχύτητας στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου.
- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση τη μέση ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1ME στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου.
- Δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση τη μέγιστη ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1ME στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

1.2.2 Εναλλακτικές υποθέσεις

- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης ταχύτητας (από τη μέση ταχύτητα) και της πραγματικής ταχύτητας στις άρσεις θανάτου.
- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης ταχύτητας (από τη μέγιστη ταχύτητα) και της πραγματικής ταχύτητας στις άρσεις θανάτου.
- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση τη μέση ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1ME στις άρσεις θανάτου.
- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση τη μέγιστη ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1ME στις άρσεις θανάτου.
- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης ταχύτητας (από τη μέση ταχύτητα) και της πραγματικής ταχύτητας στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης ταχύτητας (από τη μέγιστη ταχύτητα) και της πραγματικής ταχύτητας στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου.
- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση τη μέση ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1ΜΕ στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου.
- Υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση τη μέγιστη ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1ΜΕ στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

1.3. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί

Ο σκοπός της μελέτης αφορά στην προπόνηση μυϊκής ισχύος και δύναμης, επομένως για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων τηρήθηκαν οι παρακάτω περιορισμοί και οριοθετήσεις:

- Όλοι τους είχαν τουλάχιστον 2 χρόνια εμπειρία στην προπόνηση με βάρη.
- Ήξεραν να εκτελούν με καλή τεχνική και τις 2 ασκήσεις.
- Δεν είχαν υποστεί κάποιο τραυματισμό τον τελευταίο χρόνο.
- Δεν είχαν κάποια γνωστή πάθηση που θα επηρέαζε τα αποτελέσματα.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν 18 φοιτητές του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης (ηλικία: $26,5 \pm 6,5$ έτη, ύψος: $1,82 \pm 0,19$ m, σωματικό βάρος: $82,5 \pm 17,5$ kg, ποσοστό λίπους: $16,96 \pm 5,9\%$). Τα κριτήρια ένταξης στη μελέτη ήταν: α) το δείγμα ήταν αθλητές με κύριο χαρακτηριστικό τη μυϊκή ισχύ (ποδόσφαιρο, στίβος, κολύμβηση), β) είχαν τουλάχιστον δύο χρόνια ενασχόλησης με τη προπόνηση αντιστάσεων, γ) ήξεραν να εκτελούν τις ασκήσεις με 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

Πριν υποβληθούν στις μετρήσεις, οι συμμετέχοντες έλαβαν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους και τα οφέλη που συνδέονται με την ερευνητική διαδικασία. Αυτό περιλάμβανε επεξήγηση του σκοπού της μελέτης, της φύσης των μετρήσεων και των πιθανών κινδύνων ή δυσφορίας που θα μπορούσαν να προκύψουν από τη συμμετοχή. Οι μετρήσεις ύψους και βάρους πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Αμερικανικού Κολλεγίου Αθλητιατρικής (ACSM, 2002) με τη χρήση αναστημόμετρου Seca 700. Για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος, συμπεριλαμβανομένου του ποσοστού σωματικού λίπους, της άλιπης μάζας σώματος και της σκελετικής μυϊκής μάζας, χρησιμοποιήθηκε απορροφησιομετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA).

Μετά τις μετρήσεις, διεξήχθη δομημένη συνέντευξη για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τα προπονητικά πρωτόκολλα των συμμετεχόντων τα τελευταία δύο χρόνια. Αυτό το βήμα αποσκοπούσε στην απόκτηση πληροφοριών σχετικά με το προπονητικό ιστορικό και τις εμπειρίες τους και να εξασφαλιστούν τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη. Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες συμμετείχαν σε τρεις συνεδρίες για τον προσδιορισμό της 1 ΜΕ στις ασκήσεις άρσεις θανάτου και τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

Έπειτα μετά από τουλάχιστον μία εβδομάδα και σε διαδοχικές ημέρες (δύο ημέρες με διάστημα τουλάχιστον 48 ώρες μεταξύ των ημερών) οι συμμετέχοντες επέστρεψαν για την αξιολόγηση της ταχύτητας κίνησης και της παραγόμενης ισχύος σε υπομέγιστα

φορτία, συγκεκριμένα στο 20%, 35%, 50%, 65% και 80% της ατομικής τους 1 μέγιστης επανάληψης (1ME). Για τη μέτρηση της ταχύτητας μετατόπισης, ένας γραμμικός κωδικοποιητής (Chronojump, Βαρκελώνη, Ισπανία) τοποθετήθηκε στη μπάρα. Για την ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης για την εκτίμηση της 1ME με την αξιολόγηση της ταχύτητας κίνησης της μπάρας κατά τη διάρκεια άρσης των υπομέγιστων φορτίων.

1.4. Περιγραφή μετρήσεων και όργανα μέτρησης

2.3.1. Αξιολόγηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών

Κατά τη διεξαγωγή της μελέτης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών. Η αξιολόγηση που έγινε αφορούσε τη μέτρηση του σωματικού βάρους, του ύψους, του σωματικού λίπους, της άλιπης σωματικής μάζας, και της σκελετικής μυϊκής μάζας. Το σωματικό ύψος αξιολογήθηκε από όρθια θέση με αναστημόμετρο (Seca, Germany). Κατά τη καταγραφή του ύψους οι αθλητές δεν φορούσαν υποδήματα και στέκονταν όρθιοι στο αναστημόμετρο. Για την αξιολόγηση της σύστασης του σώματος, συμπεριλαμβανομένου του ποσοστού σωματικού λίπους, της άλιπης μάζας σώματος και της σκελετικής μυϊκής μάζας, χρησιμοποιήθηκε απορροφησιμετρία ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (Dual Energy Xray Absorptiometry). Η αξιολόγηση της σύστασης σώματος με τη μέθοδο DXA πραγματοποιήθηκαν είτε πρωινές ώρες έπειτα από ολονύκτια νηστεία, είτε οποιαδήποτε άλλη ώρα εντός της ημέρας, αφού ωστόσο είχαν παρέλθει 3-4 ώρες από την κατανάλωση του τελευταίου γεύματος. Ο κάθε δοκιμαζόμενος προσέρχονταν με ελαφρύ ρουχισμό (σορτσάκι και κοντομάνικη μπλούζα) και χωρίς να φέρει μεταλλικά αντικείμενα. Στην συνέχεια τοποθετούνταν σε ύπτια θέση στο μηχάνημα χωρίς υποδήματα, ώστε να εφάπτονται οι γλουτοί στη έδρα του μηχανήματος και τα πόδια ενώνονταν ώστε να εφάπτονται οι αστράγαλοι. Στην πορεία τοποθετούνταν ζώνες περιίδεσης γύρω από τα γόνατα και στους αστραγάλους για τη σταθεροποίηση των κάτω άκρων και τοποθετούσε τα χέρια τεντωμένα δίπλα στον κορμό. Αφού βρισκόταν σε ύπτια οριζόντια θέση, όπως προτείνει ο κατασκευαστής, ξεκινούσε η σάρωση του συνόλου του σώματος.

2.3.2. Αξιολόγηση της 1 μέγιστης επανάληψης

Η αξιολόγηση της 1 μέγιστης επανάληψης πραγματοποιήθηκε με την άμεση μέθοδο στις ασκήσεις άρσεις θανάτου και τροποποιημένες άρσεις θανάτου. Οι συμμετέχοντες αρχικά πραγματοποιούσαν δεκάλεπτη προθέρμανση, πριν από την αξιολόγηση της 1ΜΕ για κάθε ημέρα μέτρησης. Πριν την έναρξη της δοκιμασίας αξιολόγησης οι συμμετέχοντες ερωτούνταν για τη μία μέγιστη επανάληψη που χρησιμοποιούσαν στην προπόνησή τους στην εκάστοτε άσκηση. Στη συνέχεια εκτελούσαν σετ προθέρμανσης με αντίσταση που αντιστοιχούσε στο 50% της εκτιμωμένης από αυτούς 1ΜΕ. Στα σετ αξιολόγησης στην μπάρα τοποθετούνταν φορτίο στο 80% της εκτιμωμένης μέγιστης επανάληψης στο οποίο πραγματοποιούσαν 5-6 επαναλήψεις. Στη συνέχεια το φορτίο αυξανόταν κατά 5-10% και πραγματοποιούνταν διαδοχικά σετ έως την εύρεση της 1ΜΕ. Όλοι οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν τη διαδικασία της αξιολόγησης σε 3-4 σετ στα οποία το διάλειμμα ήταν 3-4 λεπτά μεταξύ των προσπαθειών. Για τις ανάγκες της αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκε εξοπλισμός όπως ζώνη, γάντια και straps, μπάρες ολυμπιακού τύπου και δίσκοι βαρών με δυνατότητα αύξησης του βάρους έως και 1 κιλό. Κατά την ειδική προθέρμανση καθορίστηκε και η σωστή τεχνική της άσκησης. Στις ασκήσεις άρσεις θανάτου και τροποποιημένες άρσεις θανάτου η μπάρα ήταν στο έδαφος και πραγματοποιούνταν έκταση των αρθρώσεων του γόνατος και του ισχίου έως την όρθια θέση. Για την ορθή τεχνική εκτέλεση των ασκήσεων, επέβλεπαν 2 απόφοιτοι Τ.Ε.Φ.Α.Α. μεταπτυχιακοί φοιτητές και θεωρούσαν μια προσπάθεια έγκυρη ή άκυρη με βάση τις οδηγίες.

2.3.3. Αξιολόγηση ταχύτητας κίνησης σε υπομέγιστα φορτία

Η αξιολόγηση της ταχύτητας κίνησης σε υπομέγιστα φορτία πραγματοποιήθηκε με έμμεσο τρόπο μέσω της συσκευής linear encoder (chronojump, Barcelona, Spain) 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. Επίσης επεξεργάζεται τα σήματα από τον γραμμικό κωδικοποιητή και παρουσιάζει τα αποτελέσματα σε μια φιλική προς το χρήστη μορφή.

Η συσκευή και η καταγραφή της ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο λογισμικό chronojump ελέγχθηκαν ως προς την ορθή λειτουργία τους πριν από τις μετρήσεις. Πριν από την αξιολόγηση της ισχύος, οι αθλητές πραγματοποιούσαν μια επιβλεπόμενη προθέρμανση διάρκειας 15 λεπτών, για κάθε μέρα μέτρησης. Έπειτα μετρήθηκε η ταχύτητα μετατόπισης της μπάρας, στη σύγκεντρη φάση της κίνησης, για κάθε σετ των ασκήσεων. Οι συμμετέχοντες, μετά από 1 εβδομάδα τουλάχιστον διαφορά από την μέτρηση της 1 μέγιστης επανάληψης σε κάθε άσκηση, τους ζητήθηκε να εκτελέσουν 5 σετ των 6 επαναλήψεων σε υπομέγιστα φορτία της 1ME (20%, 35%, 50%, 65% και 80%) σε κάθε άσκηση, με 3 λεπτά παθητικό διάλειμμα ανάμεσα στα σετ. Στην μπάρα με την οποία εκτελέστηκαν οι ασκήσεις, προσαρμόστηκε κωδικοποιητής γραμμικής μετακίνησης (linear encoder) στην άκρη της μπάρας και ήταν συνδεδεμένος με υπολογιστή με ειδικό λογισμικό (Chronojump). Στο λογισμικό αναγράφονταν το φορτίο με το οποίο εκτελούνταν οι επαναλήψεις και υπολογίζονταν η παραγόμενη δύναμη, η ταχύτητα κίνησης της μπάρας και η παραγόμενη ισχύς σε κάθε επανάληψη. Για την ανάλυση των δεδομένων υπολογίστηκε η μέση τιμή ταχύτητας και η μέγιστη ταχύτητα μετακίνησης της μπάρας από τις έξι επαναλήψεις που εκτελέστηκαν στο κάθε φορτίο, στην κάθε άσκηση. Στους εξεταζόμενους ζητήθηκε να εκτελέσουν τις ασκήσεις στη σύγκεντρη φάση τους, όσο το δυνατόν πιο γρήγορα. 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. Σε κάθε συνεδρία για την αξιολόγηση ταχύτητας, οι αθλητές αξιολογήθηκαν σε μία έως δύο ασκήσεις και η κάθε συνεδρία απείχε από την άλλη τουλάχιστον 48 ώρες. 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.

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 ME στην οποία διαπιστώθηκε η μέγιστη μυϊκή ισχύς και των τιμών μέγιστης δύναμης και μέγιστης σχετικής δύναμης.

Για την εύρεση της εκτιμώμενης ταχύτητας στο 100% της 1 Μέγιστης Επανάληψης (1ME) πραγματοποιήθηκε γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ της ταχύτητας (μέσης και κορυφαίας ξεχωριστά) στα υπομέγιστα φορτία και του ποσοστού της 1 ME. Από τη γραμμική εξίσωση που προέκυψε εκτιμήθηκε η ταχύτητα στο 100% της 1 ME. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση δεδομένων με την μέθοδο t -test για εξαρτημένα δείγματα, ώστε να διερευνηθούν διαφορές μεταξύ της εκτιμώμενης και της πραγματικής ταχύτητας στο 100% της 1 ME.

Για την απάντηση του ερωτήματος εάν από την ταχύτητα εκτέλεσης σε υπομέγιστα φορτία μπορεί να προβλεφθεί το φορτίο στο 100% της 1 ME πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις παλινδρόμησης μεταξύ φορτίου και ταχύτητας για υπομέγιστα φορτία σε κάθε δοκιμαζόμενο και το εκτιμώμενο φορτίο στη 1 ME εκτιμήθηκε με βάση τον μέσο όρο της εκτιμώμενης ταχύτητας στη 1 ME. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση δεδομένων με την μέθοδο t -test για εξαρτημένα δείγματα, ώστε να διερευνηθούν διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου και πραγματικού φορτίου στη 1 ME. Το επίπεδο σημαντικότητας για όλες τις αναλύσεις ορίστηκε στο 0,05.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

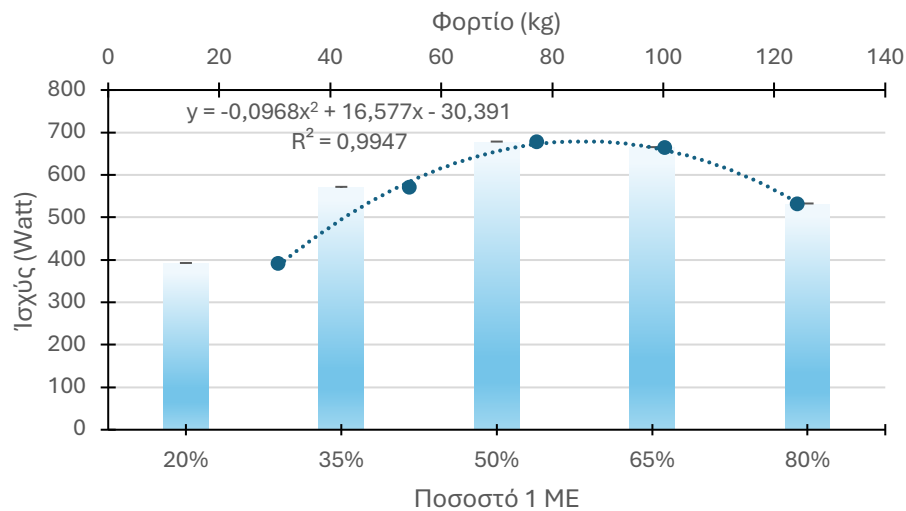
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας. Σκοπός της ΜΔΕ είναι να διερευνήσει τη σχέση φορτίου ταχύτητας στις ασκήσεις Άρσεις Θανάτου και Τροποποιημένες Άρσεις Θανάτου και να πραγματοποιήσει α) συγκρίσεις μεταξύ εκτιμώμενης, από υπομέγιστα φορτία, και πραγματικής ταχύτητας στο 100% της 1 ΜΕ και β) συγκρίσεις μεταξύ εκτιμώμενου, από την ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία, και πραγματικού φορτίου που αντιστοιχεί στη 1 ΜΕ.

Αναφορικά με τα ερωτήματα της ταχύτητας αρχικά παρουσιάζεται η σχέση ισχύος φορτίου και υποδεικνύεται το φορτίο στο οποίο παρουσιάζεται η μέγιστη ισχύς. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης που αφορά στη σχέση ποσοστού της 1 ΜΕ και της ταχύτητας εκτέλεσης μέσω της οποίας υπολογίζεται η εκτιμώμενη ταχύτητα στο μέγιστο φορτίο και ακολουθεί η σύγκριση της εκτιμώμενης και της πραγματικής ταχύτητας εκτέλεσης στο μέγιστο φορτίο. Τέλος με τη μορφή πίνακα παρουσιάζονται οι εξατομικευμένες διαφορές μεταξύ εκτιμώμενης και πραγματικής ταχύτητας.

Σχετικά με την εκτίμηση του φορτίου που αντιστοιχεί στη 1 ΜΕ παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης μεταξύ εκτιμώμενου και πραγματικού φορτίου που αντιστοιχεί στη 1 ΜΕ και στη συνέχεια παρουσιάζεται πίνακας με τις εξατομικευμένες διαφορές.

3.1. Άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέση ταχύτητα)

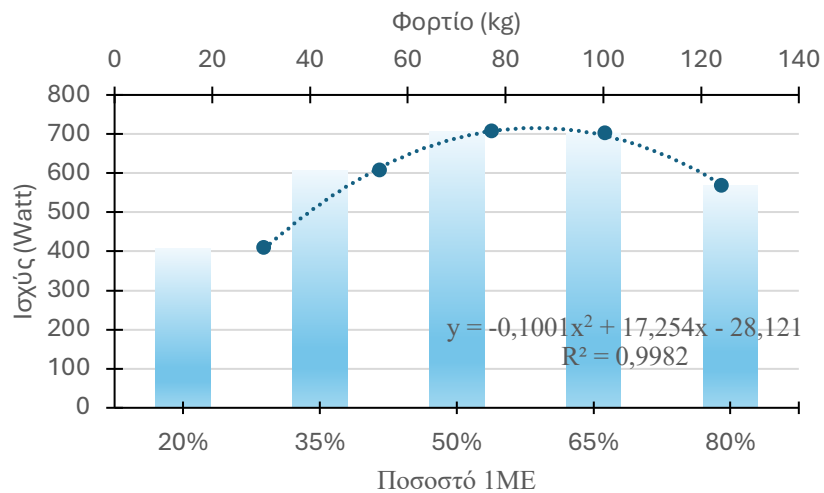
Στην άσκηση άρσεις θανάτου διαπιστώθηκε πως η πρόβλεψη της καμπύλης ισχύος φορτίου εξηγούσε το 99,47% της συνολικής διακύμανσης. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε πως το φορτίο που αντιστοιχούσε στη μέγιστη ισχύ ήταν στο $55,87 \pm 5,62$ % της 1 ΜΕ (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Καμπύλη ισχύος φορτίου στην άσκηση άρσεις θανάτου

3.2. Άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέγιστη ταχύτητα)

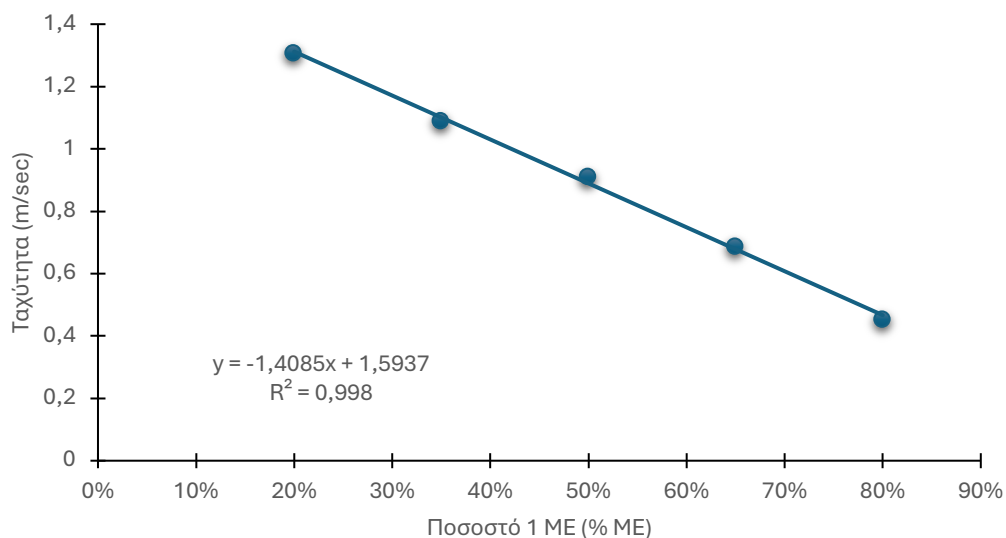
Στην άσκηση άρσεις θανάτου διαπιστώθηκε πως η πρόβλεψη της καμπύλης ισχύος φορτίου εξηγούσε το 99,82% της συνολικής διακύμανσης. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε πως το φορτίο που αντιστοιχούσε στη μέγιστη ισχύ ήταν στο $55,87 \pm 5,62$ % της 1 ΜΕ (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Καμπύλη ισχύος φορτίου στην άσκηση άρσεις θανάτου.

1.5. Πρόβλεψη της ταχύτητας 1 ME στην άσκηση άρσεις θανάτου από τη μέση ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία

Από την γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των παραμέτρων ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία (20, 35, 50, 65, 80%) και ποσοστού της 1 ME διαπιστώθηκε πως η εξίσωση εξηγούσε το 99,8% της συνολική διακύμανσης. Η εξίσωση γραμμικής παλινδρόμηση είναι $y = -1,4085x + 1,5937$ (Σχήμα 3). Από την επίλυση της ταχύτητας διαπιστώνεται πως η ταχύτητα στο μέγιστο φορτίο (100% 1ME) εκτιμάται σε 0,185 m/sec. Από την επίλυση της εξίσωσης για τον κάθε συμμετέχοντα διαπιστώνεται πως η τυπική απόκλιση είναι 0,14 m/sec.

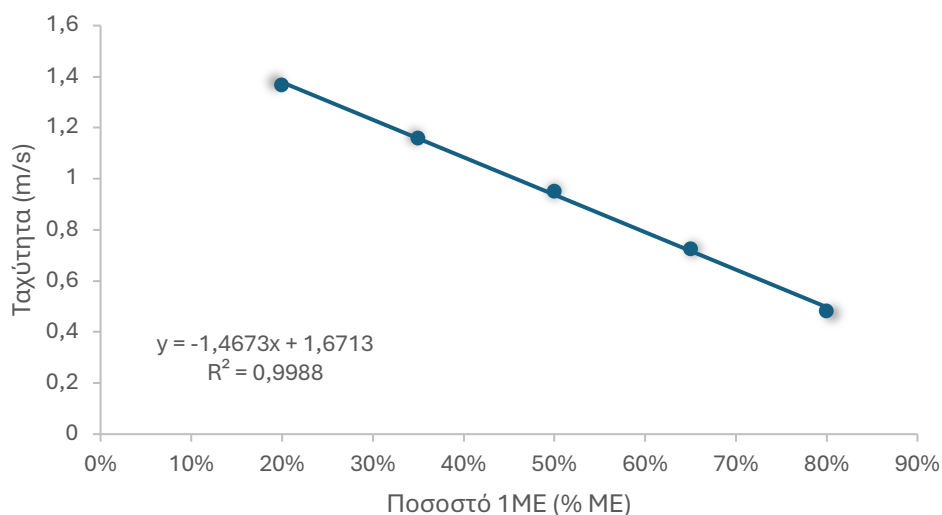


Σχήμα 3. Γραμμική παλινδρόμηση μέσης ταχύτητας και ποσοστού 1 ME στην άσκηση άρσεις θανάτου.

1.6. Πρόβλεψη της ταχύτητας 1 ME στην άσκηση άρσεις θανάτου από τη μέγιστη ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία

Από την γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των παραμέτρων ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία (20,35,50,65,80%) και ποσοστού της 1 ME διαπιστώθηκε πως η εξίσωση εξηγούσε το 99,9% της συνολικής διακύμανσης. Η εξίσωση γραμμικής παλινδρόμηση είναι $y = -1,4673x + 1,6713$ (Σχήμα 4). Από την επίλυση της ταχύτητας διαπιστώνεται πως η ταχύτητα στο μέγιστο φορτίο (100% 1 ME) εκτιμάται σε 0,181 m/sec.

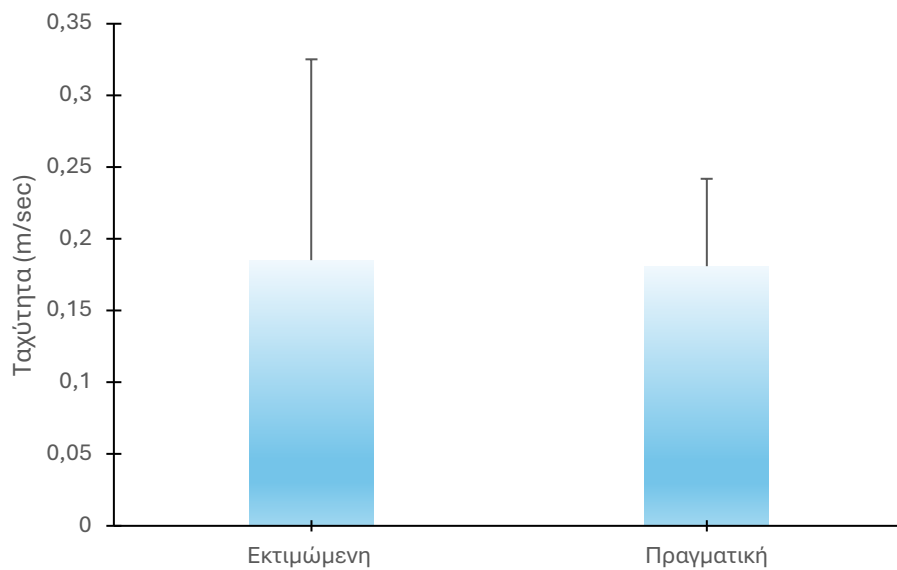
Από την επίλυση της εξίσωσης για τον κάθε συμμετέχοντα διαπιστώνεται πως η τυπική απόκλιση είναι 0,06 m/sec.



Σχήμα 4. Γραμμική παλινδρόμηση μέγιστης ταχύτητας και ποσοστού 1 ME στην άσκηση άρσεις θανάτου.

1.7. Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέση ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου

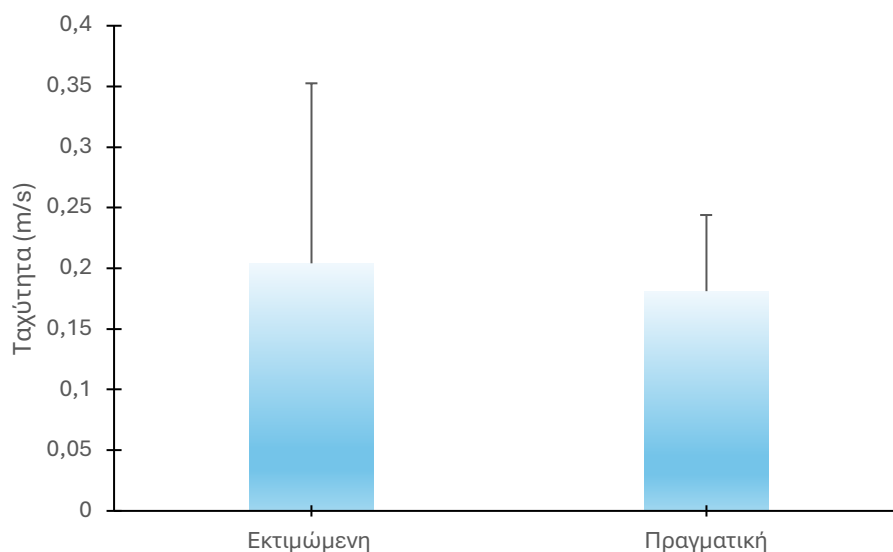
Από την εφαρμογή της δοκιμασίας t-test για εξαρτημένα δείγματα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της εκτιμώμενης και της πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου [$t(1,17)$, $p=0,346$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Σύγκριση εκτιμώμενης από την μέση ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου.

1.8. Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέγιστη ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου

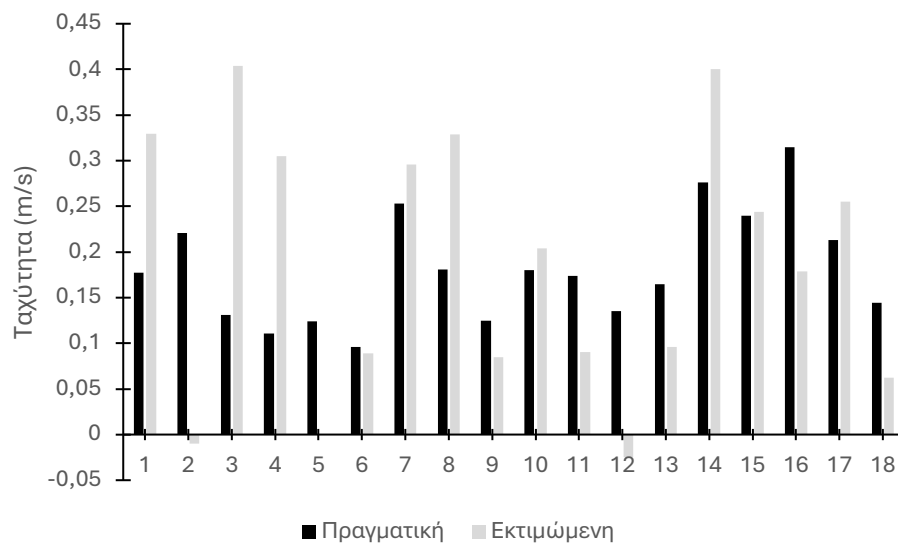
Από την εφαρμογή της δοκιμασίας t-test για εξαρτημένα δείγματα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της εκτιμώμενης και της πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου [$t(1,17)$, $p=0,413$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέγιστη ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση άρσεις θανάτου.

3.7. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου

Οι εξατομικευμένες συγκρίσεις δείχνουν σημαντικές διαφορές μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας. Η μέση ποσοστιαία διαφορά είναι -5,3% με μεγάλη διακύμανση (84,5%). Τα αποτελέσματα δείχνουν μεγάλες αποκλίσεις, με ποσοστιαίες διαφορές που κυμαίνονται από -208,4% έως 118,51%..



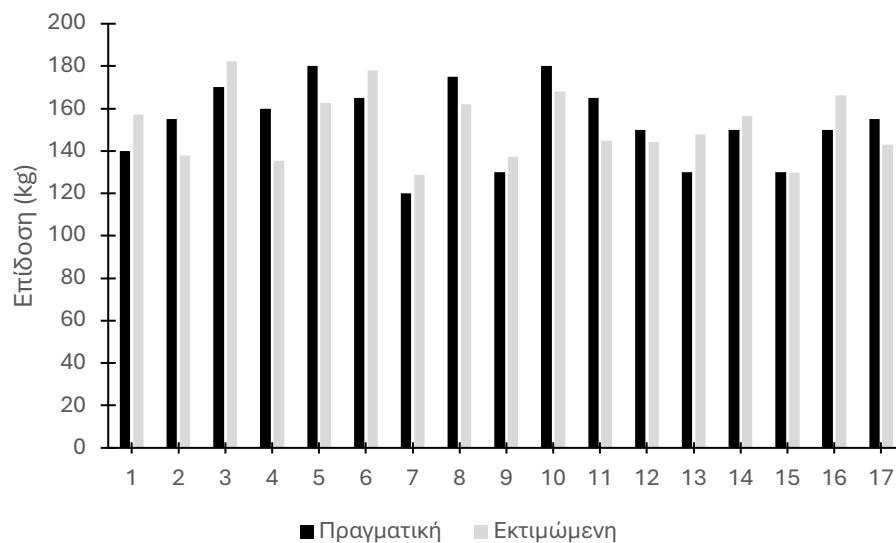
Σχήμα 7. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου

Πίνακας 1 Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου

Πραγματική	Εκτιμώμενη	Ποσοστιαία διαφορά
0,177	0,330	-86,22
0,221	-0,010	104,43
0,131	0,404	-208,4
0,111	0,305	-174,78
0,124	0,000	100
0,096	0,089	7,29
0,253	0,296	-16,99
0,181	0,329	-81,76
0,125	0,085	32
0,18	0,204	-13,33
0,174	0,090	48,27
0,135	-0,025	118,51
0,165	0,096	41,82
0,276	0,400	-44,92
0,24	0,244	-1,67
0,315	0,179	43,17
0,213	0,255	-19,71
0,144	0,062	56,94
0,181	0,185	-5,29
Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση		
0,181±0,058	0,185±0,134	-5,297±84,505

3.8. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου

Οι συγκρίσεις δείχνουν μικρές διαφορές μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών φορτίου, με μέση ποσοστιαία διαφορά -0,3%. Η διακύμανση είναι χαμηλή, με τυπική απόκλιση 9,51%. Οι ποσοστιαίες διαφορές κυμαίνονται από -15,38% έως 13,81%, δείχνοντας γενικά μικρές αποκλίσεις.



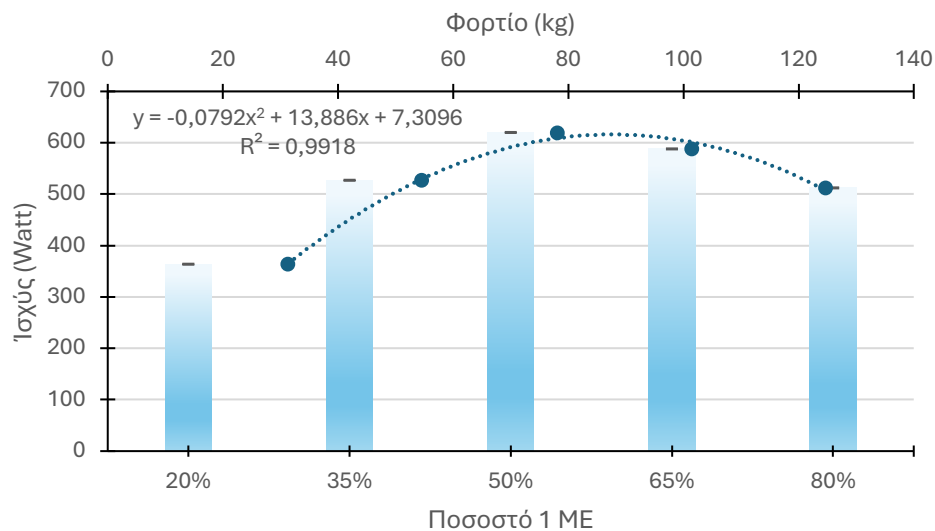
Σχήμα 8. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου.

Πίνακας 2. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση άρσεις θανάτου

Πραγματική	Εκτιμώμενη	Ποσοστιαία διαφορά
140	157,05	12,18
155	137,83	-11,08
170	182,32	7,25
160	135,38	-15,38
180	162,61	-9,66
165	178,13	7,96
120	128,79	7,33
175	161,93	-7,47
130	137,10	5,46
180	168,10	-6,61
165	144,91	-12,18
150	144,22	-3,85
130	147,95	13,81
150	156,46	4,31
130	129,60	-0,30
150	166,19	10,79
155	143,05	-7,71
Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση		
153,23 ± 18,45	151,86 ± 16,33	-0,30 ± 9,51

3.9. Τροποποιημένες άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέση ταχύτητα)

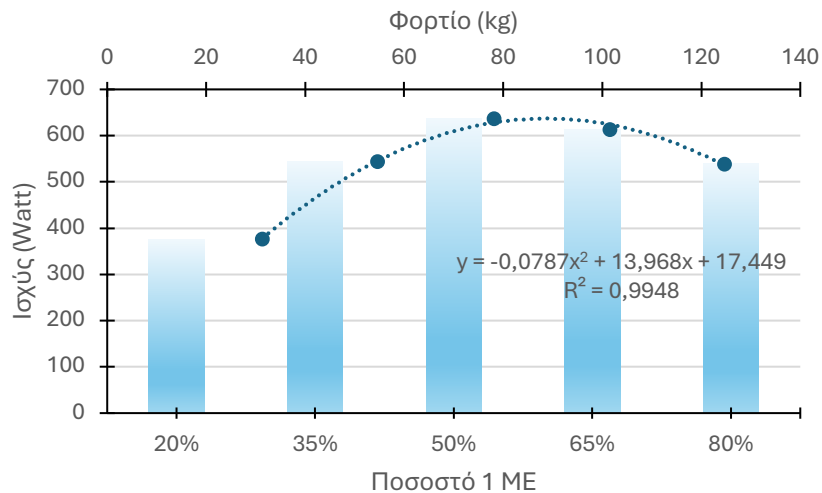
Στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου διαπιστώθηκε πως η πρόβλεψη της καμπύλης ισχύος φορτίου εξηγούσε το 99,18% της συνολικής διακύμανσης. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε πως το φορτίο που αντιστοιχούσε στη μέγιστη ισχύ ήταν στο $55,87 \pm 5,62$ % της 1 ΜΕ (Σχήμα 9).



Σχήμα 9. Καμπύλη ισχύος φορτίου στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

3.10. Τροποποιημένες άρσεις θανάτου καμπύλη ισχύος φορτίου (μέγιστη ταχύτητα)

Στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου διαπιστώθηκε πως η πρόβλεψη της καμπύλης ισχύος φορτίου εξηγούσε το 99,48% της συνολικής διακύμανσης. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε πως το φορτίο που αντιστοιχούσε στη μέγιστη ισχύ ήταν στο $55,87 \pm 5,62$ % της 1 ME (Σχήμα 10).

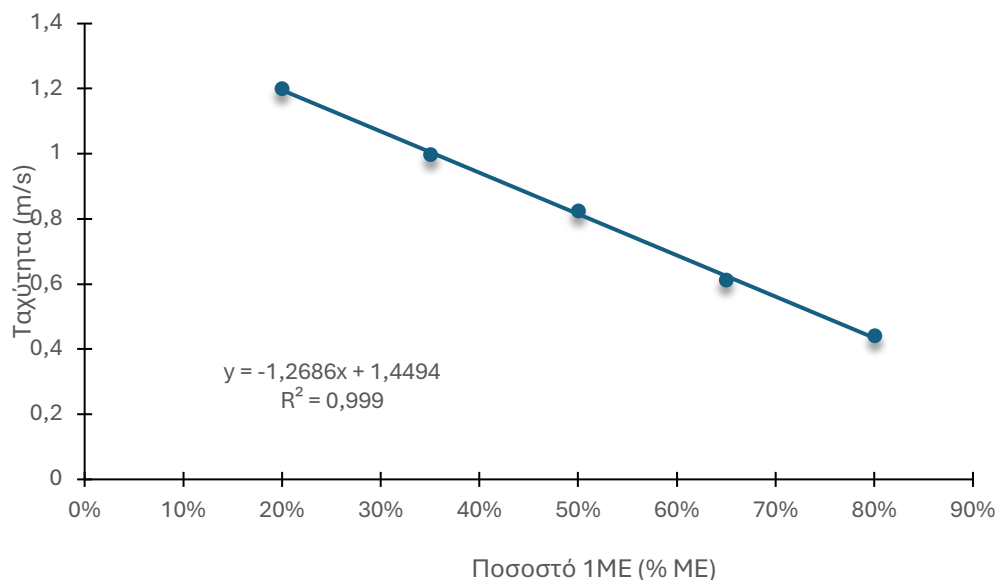


Σχήμα 10. Καμπύλη ισχύος φορτίου στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

3.11. Πρόβλεψη της ταχύτητας 1 ME στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου από τη μέση ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία

Από την γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των παραμέτρων ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία (20, 35, 50, 65, 80%) και ποσοστού της 1 ME διαπιστώθηκε πως η εξίσωση εξηγούσε το 99,8% της συνολική διακύμανσης. Η εξίσωση γραμμικής παλινδρόμηση είναι $y = -1,2686x + 1,4494$ (Σχήμα 11). Από την επίλυση της ταχύτητας διαπιστώνεται πως η ταχύτητα στο μέγιστο φορτίο (100% 1 ME) εκτιμάται σε 0,179 m/sec.

Από την επίλυση της εξίσωσης για τον κάθε συμμετέχοντα διαπιστώνεται πως η τυπική απόκλιση είναι 0,13 m/sec

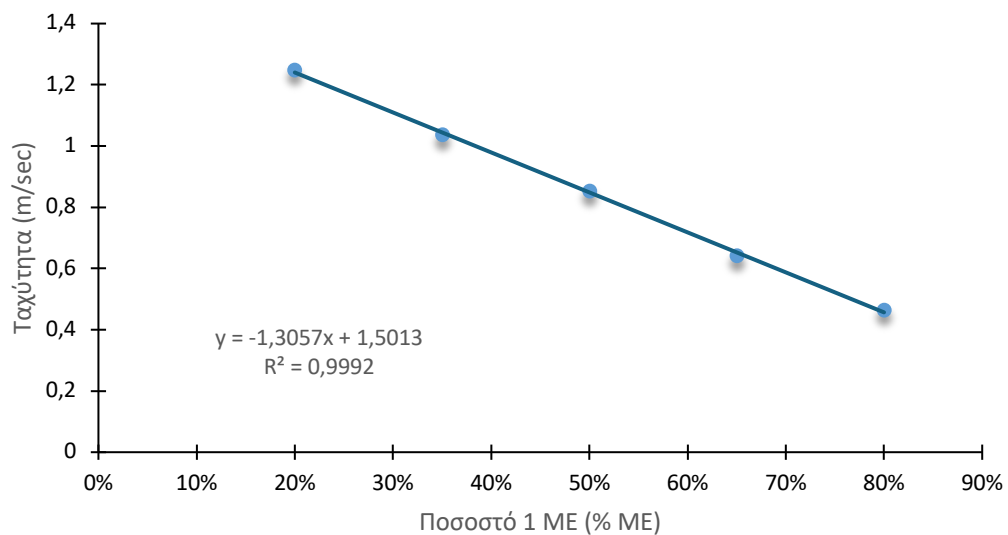


Σχήμα 11. Γραμμική παλινδρόμηση μέσης ταχύτητας και ποσοστού 1 ME στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

3.12. Πρόβλεψη της ταχύτητας 1 ME στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου από τη μέγιστη ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία

Από την γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ των παραμέτρων ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία (20,35,50,65,80%) και ποσοστού της 1 ME διαπιστώθηκε πως η εξίσωση εξηγούσε το 99,9% της συνολική διακύμανσης. Η εξίσωση γραμμικής παλινδρόμηση είναι $y = -1,3057x + 1,5013$ (Σχήμα 12). Από την επίλυση της ταχύτητας διαπιστώνεται πως η ταχύτητα στο μέγιστο φορτίο (100% 1 ME) εκτιμάται σε 0,217 m/sec.

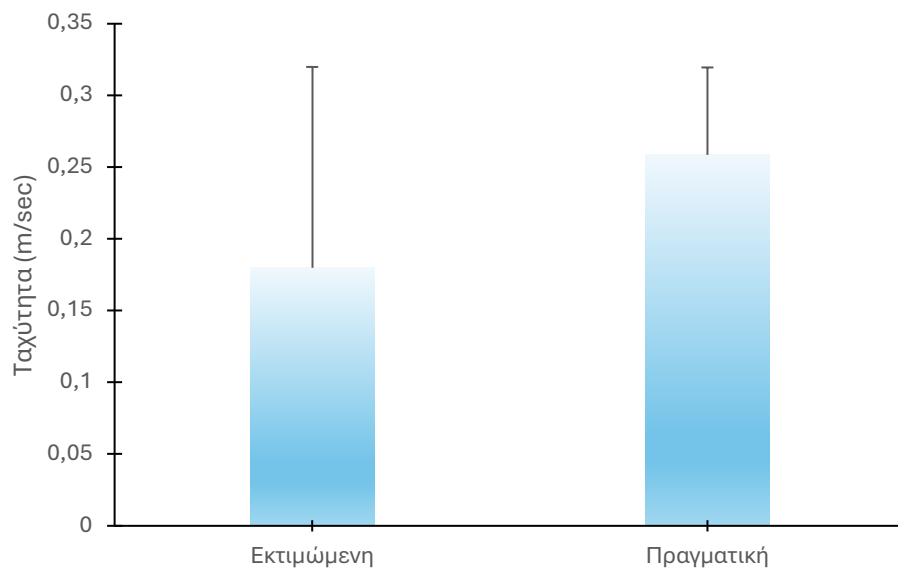
Από την επίλυση της εξίσωσης για τον κάθε συμμετέχοντα διαπιστώνεται πως η τυπική απόκλιση είναι 0,139 m/sec.



Σχήμα 12. Γραμμική παλινδρόμηση μέγιστης ταχύτητας και ποσοστού 1 ME στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

3.13. Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέση ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου

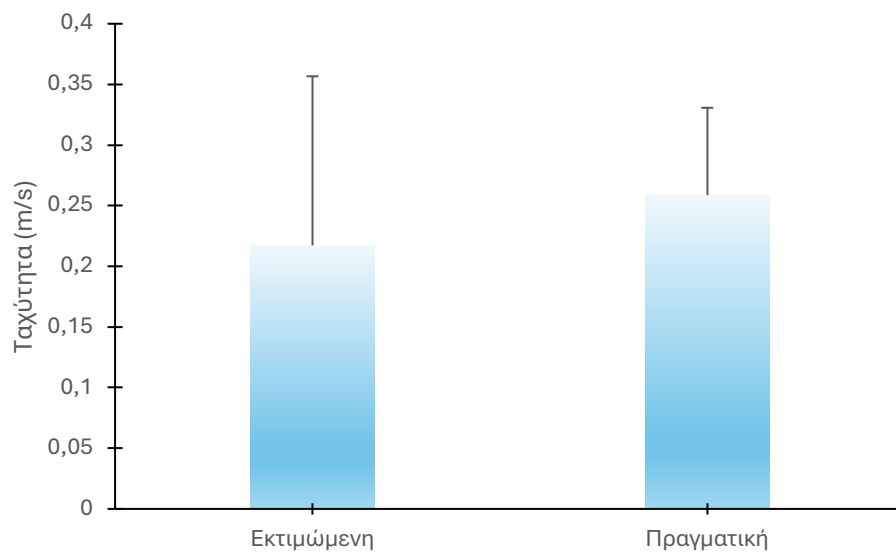
Από την εφαρμογή της δοκιμασίας t-test για εξαρτημένα δείγματα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της εκτιμώμενης και της πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου $t[1,17], p < 0,001$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 13.



Σχήμα 13. Σύγκριση εκτιμώμενης από την μέση ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

3.14. Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέγιστη ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου

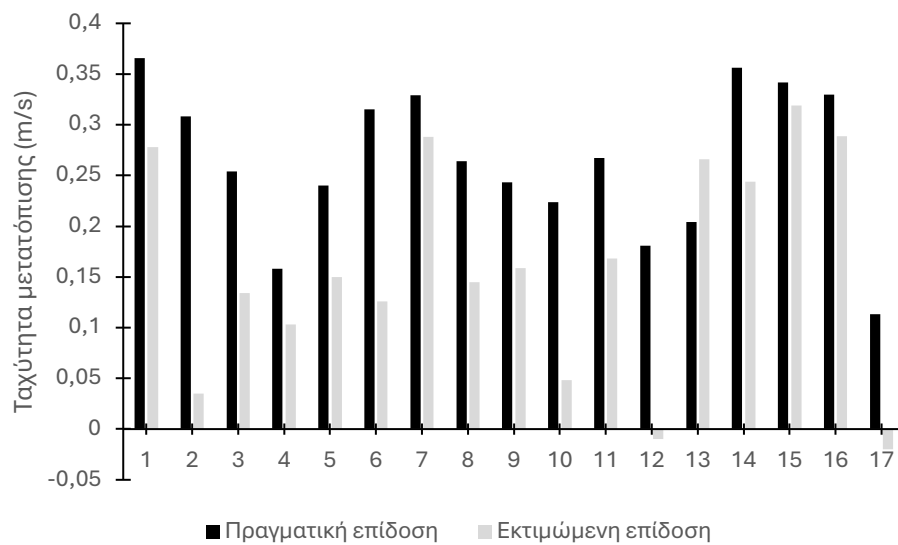
Από την εφαρμογή της δοκιμασίας t-test για εξαρτημένα δείγματα δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της εκτιμώμενης και της πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου [$t(1,17)$, $p < 0,001$]. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 14.



Σχήμα 14. Σύγκριση εκτιμώμενης από τη μέγιστη ταχύτητα και πραγματικής ταχύτητας στο μέγιστο φορτίο στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

3.15. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου

Οι συγκρίσεις παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις στις ποσοστιαίες διαφορές, με μέγιστη θετική διαφορά 1910% και μέγιστη αρνητική -780%. Η μέση ποσοστιαία διαφορά είναι 47,8% με μεγάλη διακύμανση 550,43%. Οι διαφορές κυμαίνονται από -780% έως 1910%, με αρκετές αρνητικές αποκλίσεις που υποδεικνύουν υποεκτίμηση της ταχύτητας.



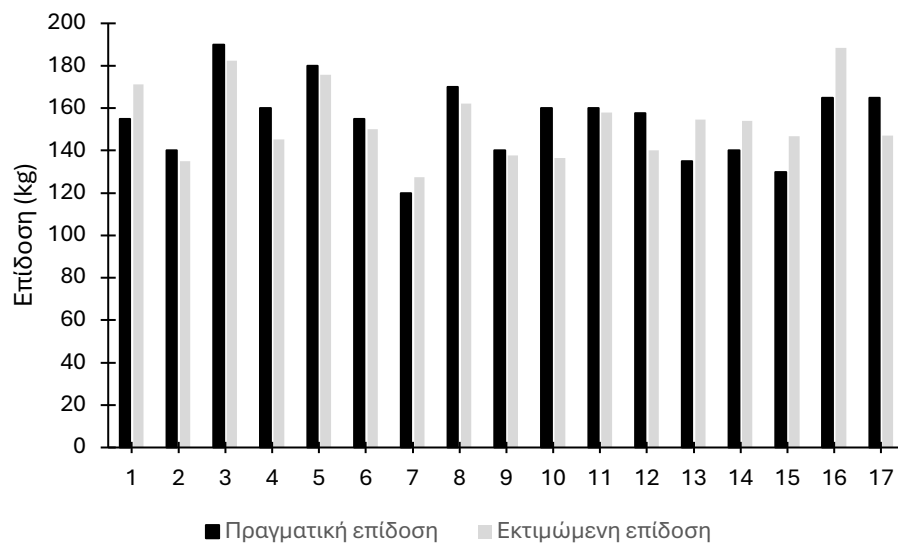
Σχήμα 15. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου

Πίνακας 3. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς την ταχύτητας μετατόπισης της μπάρας στο μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

Πραγματική	Εκτιμώμενη	Ποσοστιαία διαφορά
0,366	0,278	-31,65
0,308	0,035	-780,00
0,254	0,134	-89,55
0,158	0,103	-53,40
0,24	0,15	-60,00
0,315	0,126	-150,00
0,329	0,288	-14,24
0,264	0,145	-82,07
0,243	0,159	-52,83
0,224	0,048	-366,67
0,267	0,168	-58,93
0,181	-0,01	1910,00
0,204	0,266	23,31
0,356	0,244	-45,90
0,342	0,319	-7,21
0,33	0,289	-14,19
0,113	-0,02	665,00
Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση		
0,179 ± 0,1357	0,258 ± 0,07	47,8 ± 550,23

3.16. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου

Οι συγκρίσεις δείχνουν μικρές διαφορές μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών φορτίου, με μέση ποσοστιαία διαφορά -0,1%. Η διακύμανση είναι σχετικά χαμηλή, με τυπική απόκλιση 9,47%. Οι ποσοστιαίες διαφορές κυμαίνονται από -14,75% έως 14,44%, υποδεικνύοντας μικρές αποκλίσεις.



Σχήμα 16. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

Πίνακας 4. Εξατομικευμένες συγκρίσεις ως προς το μέγιστο φορτίο μεταξύ πραγματικής και εκτιμώμενης τιμής στην άσκηση τροποποιημένες άρσεις θανάτου.

Πραγματική	Εκτιμώμενη	Ποσοστιαία διαφορά
155	171,35	10,55
140	134,85	-3,68
190	182,52	-3,94
160	145,18	-9,26
180	175,8	-2,33
155	150,22	-3,08
120	127,42	6,18
170	162,07	-4,66
140	137,63	-1,69
160	136,4	-14,75
160	157,98	-1,26
157	140,11	-11,04
135	154,5	14,44
140	153,97	9,98
130	146,75	12,88
165	188,29	14,12
165	147,16	-10,81
Μέσος όρος ± τυπική απόκλιση		
154,26 ± 18,15	153,66 ± 17,46	-0,1 ± 9,47

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η προπόνηση με βάση την ταχύτητα (Velocity-Based Training, VBT) έχει αναδειχθεί ως μια αξιόπιστη και ακριβής μέθοδος στην προπόνηση αντιστάσεων, επιτρέποντας την προσαρμογή των προπονητικών φορτίων βάσει αντικειμενικών μετρήσεων και βελτιώνοντας τη συνολική απόδοση των αθλητών. Παραδοσιακά, η ένταση στην προπόνηση αντιστάσεων προσδιορίζεται μέσω της μέγιστης επανάληψης (1ME), ωστόσο η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και απαιτητική, γεγονός που έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών μεθόδων εκτίμησης της μέγιστης δύναμης (Fry, 2004). Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, η χρήση αναλύσεων παλινδρόμησης και εξισώσεων πρόβλεψης μπορεί να προσφέρει μια αποτελεσματική προσέγγιση στην εκτίμηση της 1ME, μειώνοντας την ανάγκη για δοκιμές μέγιστης προσπάθειας (Benavides-Ubric et al., 2020).

Στη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, η σύγκριση μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών της 1ME στις άρσεις θανάτου δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές, επιβεβαιώνοντας ότι η VBT μπορεί να εφαρμοστεί με υψηλή ακρίβεια στην εκτίμηση των προπονητικών φορτίων. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί από τους Lopes dos Santos et al. (2023), οι οποίοι ανέδειξαν την αξιοπιστία της σχέσης φορτίου-ταχύτητας για την εκτίμηση της 1ME. Παρόλα αυτά, η παρούσα έρευνα ανέδειξε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην ταχύτητα μετατόπισης της μπάρας, με ποσοστιαίες διακυμάνσεις από -208,4% έως 118,51%, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί σε παράγοντες όπως η προπονητική εμπειρία, η νευρομυϊκή απόδοση και η εξοικείωση με υψηλά φορτία (Campos et al., 2002).

Αντίστοιχα, στις τροποποιημένες άρσεις θανάτου, αν και η ακρίβεια της εκτίμησης της 1ME ήταν υψηλή, καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ πραγματικών και εκτιμώμενων τιμών ταχύτητας. Το εύρημα αυτό συμφωνεί με προηγούμενες μελέτες, όπως αυτή των Jidovtseff et al. (2011), που ανέδειξε παρόμοιες αποκλίσεις στην άσκηση πιέσεις στήθους με μπάρα, υποδεικνύοντας ότι η αξιοπιστία των προβλέψεων της 1ME μέσω VBT μπορεί να επηρεάζεται από τη φύση της άσκησης. Παρά τις διαφοροποιήσεις στην ταχύτητα, οι συγκρίσεις των μέγιστων φορτίων έδειξαν μικρές αποκλίσεις (-0,1%), γεγονός που επιβεβαιώνει τη δυνατότητα εφαρμογής του VBT για τον προσδιορισμό των προπονητικών φορτίων.

Η σχέση φορτίου-ταχύτητας έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτενούς έρευνας. Οι Ruf et al. (2018) ανέφεραν ότι τα μοντέλα πρόβλεψης της 1ΜΕ παρουσίασαν υψηλή αξιοπιστία, αν και υπερεκτιμούσαν το πραγματικό 1ΜΕ κατά ~5–10 kg. Η ατομική μεταβλητότητα στην πρόβλεψη της 1ΜΕ αποτελεί κρίσιμο παράγοντα, καθώς διαφορές στη νευρομυϊκή ενεργοποίηση, στη μυϊκή σύνθεση και στην τεχνική εκτέλεσης μπορούν να επηρεάσουν την ταχύτητα της μπάρας και, κατ' επέκταση, την ακρίβεια των προβλέψεων. Η μελέτη των Lopes dos Santos et al. (2023) επιβεβαίωσε ότι η σχέση φορτίου-ταχύτητας στην άρση θανάτου με εξαγωνική μπάρα (Hexagonal Bar Deadlift) εμφάνισε εξαιρετική αξιοπιστία (CV = 2,53%) και χαμηλό τυπικό σφάλμα μέτρησης (TE = 5,11 kg), επιτρέποντας την ακριβή εκτίμηση των προπονητικών φορτίων.

Η εξατομίκευση των μοντέλων πρόβλεψης φαίνεται να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ακριβή εκτίμηση της 1ΜΕ. Οι (Benavides-Ubric et al., 2020) έδειξαν ότι οι εξατομικευμένες εξισώσεις παλινδρόμησης παρουσίασαν υψηλότερη ακρίβεια συγκριτικά με τις γενικές εξισώσεις, υπογραμμίζοντας τη σημασία της προσαρμογής των προβλέψεων στις ατομικές διαφοροποιήσεις των αθλητών. Παρομοίως, οι García-Ramos et al. (2018) διαπίστωσαν ότι τα εξατομικευμένα προφίλ φορτίου-ταχύτητας προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην εκτίμηση των προπονητικών φορτίων και καλύτερη προσαρμογή της προπόνησης στις ατομικές ανάγκες των αθλητών.

Συνολικά, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης επιβεβαιώνουν ότι το VBT αποτελεί μια αξιόπιστη προσέγγιση για την εκτίμηση της 1ΜΕ, αν και η εξατομικευμένη απόκριση των αθλητών παραμένει σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Οι διαφοροποιήσεις στην ταχύτητα μετατόπισης της μπάρας ενδέχεται να επηρεάζουν την ακρίβεια των προβλέψεων, καθιστώντας αναγκαία τη διερεύνηση παραγόντων όπως η νευρομυϊκή ενεργοποίηση, η προπονητική εμπειρία και η τεχνική εκτέλεσης. Μελλοντικές έρευνες θα πρέπει να επικεντρωθούν στην ανάλυση αυτών των παραμέτρων, προκειμένου να αναπτυχθούν ακριβέστερα και πιο εξατομικευμένα μοντέλα πρόβλεψης της 1ΜΕ στην προπόνηση αντιστάσεων.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Έργασίας ήταν να εξετασθεί η εγκυρότητα της ταχύτητας μετακίνησης της μπάρας σε υπομέγιστα φορτία ως παράμετρος αξιολόγησης της 1 Μέγιστης Επανάληψης στις ασκήσεις Άρσεις Θανάτου και Τροποποιημένες Άρσεις Θανάτου.

Από τα αποτελέσματα του t-test δεν φάνηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ του εκτιμώμενου φορτίου (με βάση την ταχύτητα σε υπομέγιστα φορτία) και του πραγματικού φορτίου στη 1 ΜΕ στις Άρσεις Θανάτου και στις Τροποποιημένες Άρσεις Θανάτου. Αυτό επιβεβαιώθηκε και από τις μελέτες των Lopes dos Santos et al. (2023) και των Jidovtseff et al. (2011), στις οποίες δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συσχετίσεις των τιμών της 1ΜΕ στις ασκήσεις άρσεις θανάτου με εξάγωνη μπάρα και πιέσεις στήθους με μπάρα, αντίστοιχα.

Η παρούσα έρευνα επιβεβαίωσε ότι έχει αναφερθεί στη βιβλιογραφία, ωστόσο, κατά την εξέταση των εξατομικευμένων τιμών διαπιστώθηκαν σημαντικές αποκλίσεις στην εκτιμώμενη και πραγματική 1 Μέγιστη Επανάληψη. Το εύρημα αυτό μπορεί να οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο προπονούνται οι ασκούμενοι, ότι ενδεχομένως δεν προπονούνται σε πολύ υψηλά φορτία άρα δεν είναι εξοικειωμένοι να μετακινήσουν υψηλά φορτία ή ότι τα αθλήματα από τα οποία προέρχονται δεν επιδιώκουν τη χρησιμοποίηση υψηλών φορτίων και για αυτό μπορεί να υπάρχει προκατάληψη στα αποτελέσματα. Τα διαθέσιμα δεδομένα δεν επιτρέπουν την ασφαλή αναγωγή από τον μέσο όρο σε εξατομικευμένες τιμές, παρά τα στατιστικά αποτελέσματα που ενδέχεται να υποδεικνύουν τη δυνατότητα αναγωγής.

Τέλος προτείνεται να πραγματοποιηθούν τέτοιου είδους μελέτες για κάθε κατηγορία δοκιμαζομένων, δηλαδή ταχυδυναμικούς, άτομα που ασχολούνται με τη μέγιστη δύναμη, καθώς και να γίνει περαιτέρω διαχωρισμός του δείγματος με βάση το άθλημα, τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά και την προπονητική εμπειρία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Benavides-Ubric, A., Díez-Fernández, D. M., Rodríguez-Pérez, M. A., Ortega-Becerra, M., & Pareja-Blanco, F. (2020). Analysis of the Load-Velocity Relationship in Deadlift Exercise. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19, 452–459.
2. Campos, G., Luecke, T., Wendeln, H., Toma, K., Hagerman, F., Murray, T., Ragg, K., Ratamess, N., Kraemer, W., & Staron, R. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1–2), 50–60. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
3. Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J. J., & Jimenéz-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sports Sciences*, 34(12), 1099–1106. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1090010>
4. Fry, A. C. (2004). The Role of Resistance Exercise Intensity on Muscle Fibre Adaptations. In *Sports Med* (Vol. 34, Issue 10).
5. García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Gregory Haff, G. (2018). Mean Velocity vs. Mean Propulsive Velocity vs. Peak Velocity: Which Variable Determines Bench Press Relative Load With Higher Reliability? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1273–1279. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001998>
6. González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
7. Hughes, L. J., Banyard, H. G., Dempsey, A. R., & Scott, B. R. (2019). Using a load-velocity relationship to predict one repetition maximum in free-weight exercise: A comparison of the different methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(9), 2409–2419. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002550>
8. Izquierdo, M., González-Badillo, J., Häkkinen, K., Ibáñez, J., Kraemer, W., Altadill, A., Eslava, J., & Gorostiaga, E. (2006). Effect of Loading on Unintentional Lifting Velocity Declines During Single Sets of Repetitions to Failure During Upper and Lower Extremity Muscle Actions. *International Journal of Sports Medicine*, 27(9), 718–724. <https://doi.org/10.1055/s-2005-872825>
9. Jidovtseff, B., Harris, N. K., Crielaard, J.-M., & Cronin, J. B. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 267–270. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b62c5f>
10. Kraemer, W., & Ratamess, N. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61>

11. Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 48, Issue 11, pp. 871–877). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092538>
12. Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19(2), 243–251. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00780.x>
13. Lopes dos Santos, M., Mann, J. B., Berton, R., Alvar, B. A., Lockie, R. G., & Dawes, J. J. (2023). Using the Load-Velocity Profile for Predicting the 1RM of the Hexagonal Barbell Deadlift Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(1), 220–223. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004216>
14. MacKenzie, S. J., Lavers, R. J., & Wallace, B. B. (2014). A biomechanical comparison of the vertical jump, power clean, and jump squat. *Journal of Sports Sciences*, 32(16), 1576–1585. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.908320>
15. Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., Escribano-Peñas, P., & Courel-Ibáñez, J. (2021). Load-velocity relationship of the deadlift exercise. *European Journal of Sport Science*, 21(5), 678–684. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1785017>
16. Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724–735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
17. Ruf, L., Chéry, C., & Taylor, K.-L. (2018). Validity and Reliability of the Load-Velocity Relationship to Predict the One-Repetition Maximum in Deadlift. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(3), 681–689. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002369>
18. Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(02), 123–129. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1242815>
19. Spiering, B. A., Kraemer, W. J., Anderson, J. M., Armstrong, L. E., Nindl, B. C., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2008). Resistance Exercise Biology. *Sports Medicine*, 38(7), 527–540. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838070-00001>
20. Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., Hornsby, W. G., & Stone, M. H. (2021). Training for Muscular Strength: Methods for Monitoring and Adjusting

- Training Intensity. *Sports Medicine*, 51(10), 2051–2066.
<https://doi.org/10.1007/s40279-021-01488-9>
21. Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Medicine*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
 22. Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Gregory Haff, G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 885–892. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0602>
 23. Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength & Conditioning Journal*, 43(2), 31–49.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560>