



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

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

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

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

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η επίδραση ενός προπονητικού προγράμματος δύναμης με
μεταβλητή αντίσταση στη δύναμη και την ισχύ**

Κωνσταντίνος Τσουρβάκας [Α.Ε.Μ. 13056]

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

2ο Μέλος: Απόστολος Σπάσης, Ε.Ε.Π. Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Α.Π.Θ.

3ο Μέλος: Στυλιανή Καρακύριου, Ε.Ε.Π. Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2026



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

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

DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM

“EXERCISE PHYSIOLOGY & SPORTS TRAINING SCIENCE”

MASTER DISSERTATION

**Effects of a variable resistance strength training program
on strength and power**

Konstantinos Tsourvakas [R.N. 13056]

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

Member 2: Apostolos Spassis, Specialized Teaching Staff D.P.E.S.S. - DUTH

Member 3: Stilianí Karakyriou, Specialized Teaching Staff D.P.E.S.S. - DUTH

Komotini, 2026

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τσουρβάκας Κωνσταντίνος: Η επίδραση ενός προπονητικού προγράμματος δύναμης με μεταβλητή αντίσταση στη δύναμη και την ισχύ

(Με την επίβλεψη του Καθηγητή Ηλία Σμήλιου)

Σκοπός της μελέτης ήταν η σύγκριση προπόνησης με μεταβαλλόμενη αντίσταση (ΠΜΑ) έναντι προπόνησης με σταθερό φορτίο (ΠΣΑ) στη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος των κάτω άκρων σε προπονημένους ενήλικες. Συμμετείχαν 28 υγιή άτομα (16 άνδρες, 12 γυναίκες) με ≥ 3 έτη εμπειρίας στην προπόνηση αντιστάσεων, καταναμεημένα σε ΠΜΑ ($n=9$), ΠΣΑ ($n=9$) και ομάδα ελέγχου ($n=10$). Η παρέμβαση διήρκεσε 4 εβδομάδες με 3 φορές προπόνηση την εβδομάδα, χρησιμοποιώντας δύο μονοποδικές ασκήσεις των κάτω άκρων (βουλγαρικό κάθισμα και μονοποδική ρουμάνικη άρση θανάτου). Το συνολικό φορτίο ορίστηκε στο 75% της 1ΜΕ. Στην ΠΜΑ εφαρμόστηκε συνδυασμός 55% φορτίου από αλτήρα και ~20% από ελαστική αντίσταση στην τελική θέση της κίνησης. Πριν και μετά την παρέμβαση αξιολογήθηκαν η 1ΜΕ στο μονοποδικό κάθισμα, το κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση με δύο πόδια και με ένα πόδι, και η μονοποδική μέγιστη ισομετρική δύναμη σε πρέσα ποδιών. Η ΠΜΑ και η ΠΣΑ είχαν υψηλότερες ($p<0,05$) τιμές 1ΜΕ και ύψους κατακόρυφου άλματος με δύο πόδια σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου στο τέλος του προγράμματος. Το μονοποδικό άλμα και η ισομετρική δύναμη βελτιώθηκαν σε όλες τις ομάδες, αλλά οι προπονητικές ομάδες παρουσίασαν υψηλότερες τελικές τιμές ($p<0,05$) έναντι της ομάδας ελέγχου. Η ΠΜΑ εμφάνισε υψηλότερη ($p<0,05$) βελτίωση στην ισομετρική δύναμη έναντι της ΠΣΑ. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η ΠΜΑ αποτελεί αποτελεσματική, εναλλακτική ή συμπληρωματική μέθοδο προπόνησης για την ενίσχυση δύναμης και ισχύος των κάτω άκρων. Απαιτείται μελλοντική έρευνα μεγαλύτερης παρεμβατικής διάρκειας για την πλήρη διερεύνηση των πιθανών διαφορών μεταξύ των δύο μορφών αντίστασης.

Λέξεις κλειδιά: μεταβαλλόμενη αντίσταση, ελαστικά, μονόπλευρη προπόνηση, δύναμη, άλμα

ABSTRACT

Konstantinos Tsourvakas: The effect of a strength training program with variable resistance on strength and power

(Under the supervision of Professor Ilias Smilios)

The purpose of this study was to compare variable resistance training (VRT) with constant resistance training (CRT) on lower-limb strength and power adaptations in trained adults. Twenty-eight healthy individuals (16 men, 12 women) with ≥ 3 years of resistance training experience participated and were allocated to a VRT group ($n = 9$), a CRT group ($n = 9$), and a control group ($n = 10$). The intervention lasted four weeks, with three training sessions per week, and included two unilateral lower-body exercises (Bulgarian split squat and single-leg Romanian deadlift). Total training load was set at 75% of one-repetition maximum (1RM). In the VRT group, resistance consisted of a combination of 55% external load from a dumbbell and approximately 20% elastic resistance at the terminal range of motion. Before and after the intervention, participants were assessed for unilateral squat 1RM, countermovement jump height with two legs and one leg, and unilateral maximal isometric force during a leg press task. Both the VRT and CRT groups demonstrated higher ($p < 0.05$) 1RM values and bilateral countermovement jump height compared with the control group at post-intervention. Single-leg jump performance and isometric force improved in all groups; however, the training groups exhibited higher post-intervention values ($p < 0.05$) compared with the control group. The VRT group showed a greater ($p < 0.05$) improvement in isometric force compared with the CRT group. These findings suggest that variable resistance training represents an effective alternative or complementary training method for enhancing lower-limb strength and power. Further research of longer duration is required to fully elucidate the potential differences between variable and constant resistance training modalities.

Key words: Variable resistance, elastic bands, unilateral training, strength, jump performance

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. Προπόνηση μεταβαλλόμενης έναντι σταθερής αντίστασης.....	9
1.2. Μονόποδη έναντι δίποδης προπόνησης.....	14
1.3. Προπόνηση με αλτήρες.....	16
1.4. Σημασία της μελέτης.....	17
1.5. Σκοπός της έρευνας.....	18
1.6. Ερευνητικές υποθέσεις	18
1.7. Οριοθετήσεις και περιορισμοί.....	18
1.8. Ορισμοί και συντομογραφίες.....	19
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	20
2.1. Δείγμα.....	20
2.2. Πειραματικός σχεδιασμός.....	20
2.3. Μετρήσεις και όργανα μέτρησης.....	21
2.3.1. Μέγιστη ισομετρική αξιολόγηση.....	21
2.3.2. Μέγιστη δυναμική αξιολόγηση (1ΜΕ)	22
2.3.3. Κατακόρυφο άλμα με δύο πόδια.....	23
2.3.4. Μονόποδο κατακόρυφο άλμα.....	24
2.4. Στατιστική ανάλυση.....	24
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	25
3.1. Μέγιστη δύναμη δεξιού ποδιού (1ΜΕ)	25
3.2. Μέγιστη δύναμη αριστερού ποδιού (1ΜΕ)	25
3.3. Άλμα με ταλάντευση με δύο πόδια.....	26
3.4. Άλμα με ταλάντευση με δεξί πόδι.....	27
3.5. Άλμα με ταλάντευση με αριστερό πόδι.....	28
3.6. Μέγιστη ισομετρική δύναμη δεξιού ποδιού.....	29

3.7. Μέγιστη ισομετρική δύναμη αριστερού ποδιού.....	30
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	33
4.1. Μέγιστη δυναμική δύναμη (1ΜΕ)	33
4.2. Αλτική ικανότητα.....	35
4.3. Μέγιστη ισομετρική δύναμη.....	36
4.4. Περιορισμοί της μελέτης.....	38
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	41
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	42

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Προσαρμοσμένες τιμές της μέγιστης δύναμης του δεξιού ποδιού, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου.	25
Σχήμα 2. Προσαρμοσμένες τιμές της μέγιστης δύναμης του αριστερού ποδιού, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου..	26
Σχήμα 3. Προσαρμοσμένες τιμές του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου.	27
Σχήμα 4. Προσαρμοσμένες τιμές του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση με το δεξί πόδι, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου.	28
Σχήμα 5. Προσαρμοσμένες τιμές του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση με το αριστερό πόδι, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου.	29
Σχήμα 6. Προσαρμοσμένες τιμές της μέγιστης ισομετρικής δύναμης του δεξιού ποδιού, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου.	30
Σχήμα 6. Προσαρμοσμένες τιμές της μέγιστης ισομετρικής δύναμης του αριστερού ποδιού, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου.	31

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Επιδόσεις στις ομάδες προπόνησης μεταβαλλόμενης αντίστασης, σταθερής αντίστασης και ελέγχου πριν και μετά από την εφαρμογή του προπονητικού προγράμματος.	32
--	----

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Προπόνηση μεταβαλλόμενης έναντι σταθερής αντίστασης

Η προπόνηση μεταβαλλόμενης ή προσαρμοζόμενης αντίστασης (ΠΜΑ), μπορεί να αναγνωριστεί ως η προπόνηση όπου η αντίσταση μεταβάλλεται σε όλο το εύρος κίνησης της άρθρωσης ώστε να ταιριάζει με το εξωτερικό φορτίο και τη μεταβολή της παραγόμενης μυϊκής δύναμης (Andersen et al., 2022; Ataee et al., 2014). Ως ακολούθως, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης μεταβάλλεται η εξωτερική αντίσταση με σκοπό οι μύες να αποκομίσουν τα μέγιστα δυνατά οφέλη με την ολοκλήρωση μιας άσκησης. Η ΠΜΑ αποτελεί μια εξειδικευμένη μέθοδο προπόνησης που περιλαμβάνει στοχευμένα τη δυναμική προσαρμογή των επιπέδων αντίστασης σε όλο το εύρος της κίνησης, ώστε να ταιριάζει με την καμπύλη δύναμης μιας συγκεκριμένης μυϊκής ομάδας (McMaster et al., 2009). Αυτή η καινοτόμος προσέγγιση έρχεται σε αντίθεση με την παραδοσιακή προπόνηση σταθερής αντίστασης (ΠΣΑ), όπου η αντίσταση παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της άσκησης. Προσαρμόζοντας την αντίσταση στα εμβιομηχανικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μυών, η ΠΜΑ αποσκοπεί στην παροχή ενός πιο έντονου ερεθίσματος, που ενδεχομένως οδηγεί σε μεγαλύτερη αύξηση της δύναμης και της ισχύος (Ataee et al., 2014).

Στην προπόνηση μεταβαλλόμενης αντίστασης, για να επιτευχθούν τα οφέλη, χρησιμοποιούνται εργαλεία όπως αλυσίδες ή ελαστική αντίσταση (λάστιχα) ώστε να μεταβάλλονται τα επίπεδα αντίστασης κατά τη διάρκεια των ασκήσεων. Τοιουτοτρόπως, προσφέρει σε αθλητές και ασκούμενους φυσικής κατάστασης μια ευέλικτη στρατηγική για τη βελτιστοποίηση των νευρομυϊκών αποκρίσεων και της απόδοσης. Η προπόνηση μεταβαλλόμενης αντίστασης θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματική καθώς ακολουθεί τη φυσική ανοδική καμπύλη δύναμης του ανθρώπινου σώματος, επιτρέποντας μεγαλύτερη ενεργοποίηση των μυών στα ισχυρότερα τμήματα της κίνησης. Συγκεκριμένα, ο συνδυασμός ελαστικής αντίστασης με ελεύθερα βάρη όπου μπορεί να μειώσει την αντίσταση στους σκελετικούς μύες στην πιο αδύναμη περιοχή της κίνησης, να παρέχει μεγαλύτερη αντίσταση σε περιοχές με περισσότερη δύναμη και να πλησιάζει περισσότερο τις ανθρώπινες καμπύλες δύναμης (Lin et al., 2022). Η καμπύλη δύναμης περιγράφει πώς μεταβάλλεται η παραγόμενη δύναμη κατά την διάρκεια μιας άσκησης, ανάλογα με την γωνία της άρθρωσης ή τη θέση του σώματος στην διάρκεια της κίνησης.

Ο παραπάνω συνδυασμός λοιπόν είναι ευεργετικός σε ασκήσεις όπως οι άρσεις θανάτου, τα καθίσματα και οι πιέσεις πάγκου, στις οποίες η ικανότητα παραγωγής δύναμης αυξάνεται όσο προχωράει η κίνηση (ανοδική καμπύλη δύναμης). Αυτή η δυναμική προσέγγιση της ΠΜΑ ενισχύει τη σύνδεση μεταξύ της μυϊκής ροπής και της εξωτερικής ροπής, μιας και η δεύτερη αυξάνεται στα σημεία όπου και η μυϊκή ικανότητα αυξάνεται, οδηγώντας ενδεχομένως σε μεγαλύτερες νευρομυϊκές προσαρμογές και βελτιώσεις της απόδοσης (Andersen et al., 2020).

Η χρήση της ΠΜΑ, η οποία προσφέρει διαφοροποιημένη αντίσταση προσαρμοσμένη στην καμπύλη δύναμης συγκεκριμένων κινήσεων, παίζει καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της μυϊκής ενεργοποίησης και στην αύξηση της παραγωγής δύναμης σε όλο το εύρος της κίνησης. Αυτή η δυναμική διαμόρφωση της αντίστασης, δεν περιορίζεται μόνο στο να προκαλεί τους μύες σε διαφορετικά σημεία της κίνησης, αλλά ενισχύει επιπλέον και τον συντονισμό μεταξύ των μυϊκών ομάδων. Ο συντονισμός ανάμεσα σε διαφορετικές μυϊκές ομάδες οδηγεί σε βελτιωμένη παραγωγή δύναμης και αποτελεσματικότητα της κίνησης (Lin et al., 2022). Τα αποτελέσματα της μελέτης των Wallace et al. (2018) και Kubo et al. (2018), αποδεικνύουν η ΠΜΑ, χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως οι αλυσίδες ή η ελαστική αντίσταση, βελτιώνει αποδοτικά τη δύναμη και την ισχύ στους αθλητές. Ευθυγραμμισμένη με τις καμπύλες δύναμης των ασκήσεων πολλαπλών αρθρώσεων, η ΠΜΑ βελτιστοποιεί την παραγωγή ροπής, οδηγώντας σε βελτιωμένη παραγωγή ισχύος. Επιπλέον η προπόνηση με μεταβαλλόμενη αντίσταση ενισχύει την έκκεντρη φόρτιση, προκαλώντας μεγαλύτερη ενεργοποίηση κινητικών μονάδων υψηλού κατωφλίου και αυξημένη στρατολόγηση ινών τύπου II, οι οποίες είναι καθοριστικές για την παραγωγή δύναμης και εκρηκτικότητας (Wallace et al., 2018; Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009). Οι παρατηρούμενες προσαρμογές συνοδεύονται με ενίσχυση της δύναμης στη σύγκεντρη φάση και αύξηση του ρυθμού ανάπτυξης δύναμης, στοιχείο που καταδεικνύει ότι η έκκεντρη υπερφόρτωση αποτελεί θεμελιώδη μηχανισμό που ερμηνεύει την αποτελεσματικότητα της ΠΜΑ (Hostler et al., 2001; Campos et al., 2002; Lin et al., 2022; Beato et al., 2020). Συνολικά, τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι η ΠΜΑ αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τους αθλητές που επιδιώκουν να αναπτύξουν τη δύναμή τους και την ισχύ σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους προπόνησης με αντιστάσεις. Αν και οι περισσότερες μελέτες δεν έχουν εξετάσει άμεσα τη δραστηριότητα των κινητικών μονάδων, υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι η

προπόνηση με μεταβαλλόμενη αντίσταση μπορεί να προκαλέσει αυξημένη νευρομυϊκή ενεργοποίηση και να λειτουργήσει ως ισχυρό προπονητικό ερέθισμα. Έρευνες έχουν δείξει αυξημένα επίπεδα ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας, βελτιωμένο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης και προσαρμογές που συνδέονται με μεγαλύτερη ενεργοποίηση των μυϊκών ινών τύπου II, στοιχεία που συμβάλλουν στη βελτίωση του συντονισμού και της παραγωγής δύναμης (Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009; Wallace et al., 2018; McMaster et al., 2009; Lin et al., 2022).

Οι Stevenson et al. (2010) παρατήρησαν ότι η ενσωμάτωση ελαστικής αντίστασης στο κάθισμα με μπάρα, σε σύγκριση με την παραδοσιακή εκτέλεση της ίδιας άσκησης με σταθερό φορτίο, οδήγησε σε σημαντικά υψηλότερη μέγιστη ταχύτητα κατά την έκκεντρη φάση και σε ενισχυμένο ρυθμό ανάπτυξης δύναμης στη σύγκεντρη φάση. Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ένα δυνητικό όφελος της ελαστικής αντίστασης στη βελτίωση του ρυθμού ανάπτυξης δύναμης. Ωστόσο, δεν διαπιστώθηκαν διαφορές στην παραγωγή μέγιστης ισχύος μεταξύ των δύο συνθηκών, γεγονός που δείχνει ότι η προσθήκη ελαστικής φόρτισης δεν προσφέρει επιπλέον πλεονεκτήματα ως προς την ενίσχυση της ισχύος σε σχέση με το παραδοσιακό προπονητικό μοντέλο. Σε τέσσερις παρεμβατικές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε ήδη προπονημένους αθλητές (Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009; Ataee et al., 2014; Katushabe & Kramer, 2020), η προπόνηση με μεταβαλλόμενη αντίσταση — δηλαδή με τη χρήση ελαστικών μάντων ή/και αλυσίδων — φάνηκε να είναι τουλάχιστον εξίσου αποτελεσματική, αν όχι ανώτερη, από την παραδοσιακή προπόνηση με σταθερό φορτίο. Οι συμμετέχοντες που προπονήθηκαν με μεταβαλλόμενο φορτίο παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες αυξήσεις στη μέγιστη δύναμη, τόσο σε ασκήσεις κάτω σώματος όπως τα καθίσματα (Anderson et al., 2008; Katushabe & Kramer, 2020; Ataee et al., 2014), όσο και σε ασκήσεις άνω σώματος όπως οι πιέσεις στήθους (Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009).

Πέρα της μέγιστης δύναμης, η μεταβαλλόμενη αντίσταση φαίνεται να προσφέρει πλεονεκτήματα και στην ανάπτυξη μυϊκής ισχύος και ταχυδύναμης. Συγκεκριμένα, η χρήση ελαστικών αντιστάσεων ή αλυσίδων έχει συσχετιστεί με αύξηση της παραγόμενης ισχύος στις πιέσεις στήθους (Ghigiarelli et al., 2009), της μέσης ισχύος στα κάτω άκρα (Anderson et al., 2008) καθώς και του ύψους του κατακόρυφου άλματος σε ποδοσφαιριστές (Katushabe & Kramer, 2020).

Οι παραπάνω μελέτες δείχνουν ότι για αθλητές υψηλού επιπέδου, η προπόνηση με μεταβαλλόμενη αντίσταση όχι μόνο δεν υστερεί έναντι της κλασικής προπόνησης με σταθερό φορτίο, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις υπερτερεί — ιδιαίτερα όσον αφορά τη μέγιστη δύναμη των κάτω άκρων και την ταχυδύναμη ισχύος του άνω και κάτω σώματος. Τα ευρήματα αυτά ενισχύονται και από πιο πρόσφατες συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις, οι οποίες επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα της μεταβαλλόμενης αντίστασης σε διαφορετικούς πληθυσμούς και πρωτόκολλα προπόνησης. Οι Shi et al. (2022) ανέλυσαν συγκριτικά την επίδραση της μεταβαλλόμενης και της σταθερής αντίστασης σε δείκτες δύναμης, ταχύτητας και ισχύος, δείχνοντας σαφές πλεονέκτημα υπέρ της ΠΜΑ, ειδικά σε ασκήσεις του κάτω μέρους του σώματος. Αντίστοιχα, οι Lin et al. (2022) σε μια μετα-ανάλυση κατέληξαν ότι η ΠΜΑ προκαλεί σημαντικά μεγαλύτερες αυξήσεις στη μέγιστη δύναμη. Οι συγγραφείς σημείωσαν, επίσης, πως σε προπονημένους ασκούμενους, τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν η συνολική ένταση υπερβαίνει το 80% της 1ΜΕ, ενώ σε λιγότερο προπονημένα άτομα όταν το ποσοστό αυτό κυμαίνεται, σε ποσοστά της 1ΜΕ, κάτω από το 80%. Συνολικά, τόσο οι μεμονωμένες πειραματικές μελέτες όσο και τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μετα-αναλύσεων καταδεικνύουν με συνέπεια ότι η μεταβαλλόμενη αντίσταση αποτελεί μια αποτελεσματική και επιστημονικά τεκμηριωμένη μέθοδο για τη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος, ιδιαίτερα σε πληθυσμούς με προπονητική εμπειρία.

Η παραγωγή μυϊκής δύναμης και ισχύος αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα της ανθρώπινης απόδοσης, τόσο σε αθλητικές όσο και σε καθημερινές δραστηριότητες. Η προπόνηση με μεταβαλλόμενη αντίσταση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική για τη βελτίωση αυτών των ικανοτήτων, όταν εφαρμόζεται με κατάλληλες παραμέτρους φόρτισης. Σε αρκετές περιπτώσεις, μάλιστα, έχει επιφέρει αποτελέσματα ισάξια ή και ανώτερα από την παραδοσιακή προπόνηση με σταθερό φορτίο. Ωστόσο, η μετα-ανάλυση των Andersen et al. (2022) έδειξε ότι οι δύο μορφές προπόνησης μπορούν να οδηγήσουν σε παρόμοιες προσαρμογές στη μέγιστη δύναμη και την ισχύ. Οι διαφορές που παρατηρούνται φαίνεται να σχετίζονται περισσότερο με τον τρόπο εφαρμογής της ελαστικής φόρτισης και το ποσοστό συμμετοχής της στο συνολικό προπονητικό φορτίο. Στο σημείο αυτό, οι Wallace et al. (2018) επισημαίνουν ότι όταν η συνεισφορά των λάστιχων ή των αλυσίδων είναι υπερβολικά μικρή ή, αντίθετα, υπερβολικά μεγάλη, μειώνονται τα μηχανικά και νευρομυϊκά οφέλη της μεθόδου. Ως βέλτιστη αναλογία

προτείνεται ένα ποσοστό 20–40% της συνολικής φόρτισης, το οποίο ευνοεί την ιδανική κατανομή τάσης και ενεργοποίησης καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης. Αντίστοιχα, οι Shi et al. (2022), εξετάζοντας 16 μελέτες, διαπίστωσαν ότι η μέση συνεισφορά της ελαστικής φόρτισης ήταν περίπου 36% του συνολικού φορτίου (εύρος 5–48%), υπογραμμίζοντας πως η διαφοροποίηση αυτού του ποσοστού μπορεί να επηρεάσει το μηχανικό στρες και τη νευρομυϊκή ενεργοποίηση, μεταβάλλοντας τελικά το εύρος των προσαρμογών στη δύναμη και την ισχύ.

Η σημασία της σωστής επιλογής φορτίου στη μεταβαλλόμενη αντίσταση έχει επιβεβαιωθεί μέσα από πειραματικές μελέτες σε προπονημένους αθλητές. Συνολικά, προπονητικά προγράμματα διάρκειας έξι έως οκτώ εβδομάδων που συνδύασαν ελαστικά μέσα με ελεύθερα βάρη οδήγησαν σε ουσιαστικές βελτιώσεις στη μέγιστη δύναμη και στην ισχύ, συγκριτικά με την προπόνηση σταθερού φορτίου. Οι περισσότερες έρευνες συμφωνούν ότι η αποτελεσματικότερη αναλογία ελαστικής φόρτισης κυμαίνεται περίπου στο 20–35% του συνολικού φορτίου, καθώς αυτό το εύρος φαίνεται να ενισχύει τη μηχανική επιβάρυνση στο τελικό στάδιο της κίνησης, διατηρώντας παράλληλα την τεχνική ακρίβεια. Ειδικότερα, οι Anderson et al. (2008) διαπίστωσαν σημαντικές αυξήσεις στη μέγιστη δύναμη στο κάθισμα και τις πιέσεις στήθους όταν η ελαστική αντίσταση αντιστοιχούσε περίπου στο 20% του συνολικού φορτίου. Οι Ghigiarelli et al. (2009) βρήκαν ότι μια υψηλότερη αναλογία, κοντά στο 35%, αύξησε τη μέση και τη μέγιστη ισχύ, καθώς και τον ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης. Στη μελέτη των Joy et al. (2016), η προοδευτική αύξηση της φόρτισης από το 70 έως το 85% της 1ΜΕ, με περίπου 25% συμμετοχή ελαστικής αντίστασης, οδήγησε σε αξιοσημείωτη βελτίωση στη μέγιστη δύναμη και στο ύψος του κατακόρυφου άλματος. Παρόμοια, οι Katushabe & Kramer (2020), ανέφεραν ότι η αναλογία 20–30% ελαστικής φόρτισης βελτίωσε σημαντικά την απόδοση στο κάθισμα, την ταχύτητα και την εκρηκτικότητα των κάτω άκρων σε ποδοσφαιριστές. Τα ευρήματα αυτά καταδεικνύουν ότι η μέτρια συμμετοχή της ελαστικής αντίστασης συμβάλλει σε πιο βέλτιστες νευρομυϊκές προσαρμογές, οδηγώντας σε μεγαλύτερη ανάπτυξη δύναμης και ισχύος σε σχέση με τη χρήση σταθερών φορτίων.

Η προπόνηση με μεταβαλλόμενη αντίσταση έχει αποδειχθεί από πλήθος ερευνών (McMaster et al., 2009; Lin et al., 2022; Wallace et al., 2018; Kubo et al., 2018; Cormier et al., 2020) ως μια αποτελεσματική προσέγγιση για την ανάπτυξη δύναμης, κυρίως όταν εφαρμόζεται με μπάρες, λάστιχα ή αλυσίδες. Οι περισσότερες μελέτες δείχνουν ότι αυτή

η μορφή φόρτισης βελτιώνει τη μυϊκή ενεργοποίηση και την παραγωγή δύναμης σε όλο το εύρος της κίνησης, προσφέροντας μια πιο προσαρμοσμένη μηχανική πρόκληση σε σχέση με τη σταθερή αντίσταση. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος της υπάρχουσας βιβλιογραφίας επικεντρώνεται σε προπονητικά πρωτόκολλα που εφαρμόζονται με μπάρες ή εξειδικευμένο εξοπλισμό, αφήνοντας ουσιαστικά ανεξερεύνητη την χρήση της μεταβαλλόμενης αντίστασης με αλτήρες. Η παρούσα μελέτη επιχειρεί να καλύψει το συγκεκριμένο ερευνητικό κενό, διερευνώντας πειραματικά την αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος που συνδυάζει ελαστική αντίσταση με χρήση αλτήρα στην προπόνηση των κάτω άκρων, προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο μπορεί να επιφέρει συγκρίσιμες ή και ανώτερες προσαρμογές στη δύναμη και την ισχύ.

1.2. Μονόποδη έναντι δίποδης προπόνησης

Ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι η μονόποδη προπόνηση συμβάλλει σε πιο εξειδικευμένες νευρομυϊκές προσαρμογές σε σύγκριση με τη δίποδη εκτέλεση. Η παρατηρούμενη αυτή βελτίωση αποδίδεται στην αυξημένη ενεργοποίηση των σταθεροποιητικών μυών, καθώς και στον ενισχυμένο νευρομυϊκό συντονισμό που απαιτείται κατά την εκτέλεση μονόποδων κινήσεων. Σε μια μελέτη των Gonzalo-Skok et al. (2019), διαπιστώθηκε ότι οι μονοποδικές ασκήσεις, όπως τα καθίσματα με ένα πόδι και οι προβολές βελτίωσαν σημαντικά περισσότερο την ισορροπία σε σύγκριση με τις αμφίπλευρες ασκήσεις. Οι Saeterbakken et al. (2017) παρατήρησαν ότι οι μονόπλευρες κινήσεις ενεργοποιούν σε μεγαλύτερο βαθμό τους σταθεροποιητές του κορμού, βελτιώνοντας τον νευρομυϊκό συντονισμό και την ικανότητα ελέγχου του σώματος. Παρόμοια ευρήματα αναφέρθηκαν από τους Krol et al. (2020), όπου η ασύμμετρη φόρτιση κατά τις προβολές αύξησε τη δραστηριότητα των μυών του κορμού και των κάτω άκρων, υποδεικνύοντας ότι η μονόποδη εκτέλεση μπορεί να ενισχύσει τη σταθερότητα και τη μυϊκή συμμετρία. Ενδεικτικά, οι Kobayashi et al. (2018) κατέγραψαν σημαντικότερες βελτιώσεις σε μονοποδικές δοκιμασίες δύναμης μετά από προγράμματα 10 εβδομάδων μονοποδικής προπόνησης σε σύγκριση με τη δίποδη, επιβεβαιώνοντας την αρχή της εξειδίκευσης στις προσαρμογές. Συνολικά, τα δεδομένα υποδεικνύουν ότι η εφαρμογή μονόπλευρων ασκήσεων μπορεί να προσφέρει ουσιαστικά οφέλη στη βελτίωση της ισορροπίας, της σταθεροποίησης και της παραγωγής δύναμης.

Οι Behm et al. (2003), Anderson και Behm (2005) και Marshall & Murphy (2006a, 2006b) έδειξαν ότι η μονοποδική προπόνηση, ειδικά σε ασταθείς επιφάνειες, αύξησε την ενεργοποίηση των μυών του κορμού. Αντιθέτως, οι Hamlyn et al., (2007) τόνισαν ότι οι μονόποδες ασκήσεις στο έδαφος, όπως τα καθίσματα και οι άρσεις θανάτου, προκάλεσαν υψηλότερη ενεργοποίηση των μυών του πυρήνα σε σύγκριση με τις ασκήσεις σε ασταθείς επιφάνειες. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνουν τον σημαντικό ρόλο και τη σημασία της επιλογής ασκήσεων με βάση συγκεκριμένους προπονητικούς στόχους.

Πρόσφατες μελέτες από τους Taniguchi et al. (2013), Ramirez-Campillo et al. (2014), Stern et al. (2015), Krajewski et al. (2017), Javier Nunez et al. (2018) και Gonzalo-Skok et al. (2019), παρείχαν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με τις επιδράσεις της μονοποδικής και δίποδης προπόνησης στις παραμέτρους της δύναμης, της ισχύος και της ταχύτητας. Οι εν λόγω μελέτες υποστηρίζουν σταθερά την άποψη ότι οι μονόποδες ασκήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη βελτίωση της μονοποδικής απόδοσης, ενώ οι δίποδες ασκήσεις μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικές για την ενίσχυση της δίποδης απόδοσης. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τη σημασία της εξειδίκευσης της άσκησης για τη βελτιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης.

Οι εμβιομηχανικές αναλύσεις των Zhao et al. (2023) και Diamant et al. (2021) ανέδειξαν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ μονόποδης και δίποδης προπόνησης, υποδεικνύοντας ξεχωριστά πλεονεκτήματα για καθεμία. Οι πρώτοι, παρατήρησαν ότι η μονοποδική εκτέλεση αυξάνει τη ροπή στο ισχίο και στο γόνατο, μειώνει τις πλευρικές ταλαντώσεις και ενισχύει τη σταθεροποίηση του κορμού, γεγονός που βελτιώνει τον νευρομυϊκό έλεγχο και μειώνει την επιβάρυνση στη μέση. Από την άλλη, οι δεύτεροι, έδειξαν ότι παρότι οι δίποδες κινήσεις επιτρέπουν την ανάπτυξη υψηλότερης απόλυτης δύναμης, οι μονοποδικές ασκήσεις συμβάλλουν περισσότερο στη βελτίωση της ισορροπίας, της συμμετρίας και της κατανομής των φορτίων μεταξύ των άκρων, περιορίζοντας τις ασυμμετρίες και τον κίνδυνο τραυματισμού. Συνολικά, τα δεδομένα αυτά αναδεικνύουν τη σημασία της εμβιομηχανικής διαφοροποίησης στην επιλογή ασκήσεων, ανάλογα με τον στόχο της προπόνησης.

Συνοψίζοντας, τα ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν με συνέπεια ότι οι μονόποδες ασκήσεις, όπως τα καθίσματα στο ένα πόδι και τα βουλγαρικά καθίσματα, επιφέρουν μεγαλύτερες βελτιώσεις στη μονοποδική δύναμη, την ισορροπία και την απόδοση στο άλμα, σε σύγκριση με δίποδες ασκήσεις, όπως τα καθίσματα και τις άρσεις

θανάτου. Καθώς οι δίποδες ασκήσεις μπορούν να προσφέρουν πλεονεκτήματα στην δίποδη ανάπτυξη της δύναμης και της ισχύος, η μονοποδική προπόνηση φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική στη στόχευση συγκεκριμένων μυϊκών ομάδων και στην ενίσχυση της απόδοσης σε συγκεκριμένες αθλητικές κινήσεις, όπως άλμα με ένα πόδι. Οι μελέτες έχουν τονίσει την αυξημένη ενεργοποίηση των σταθεροποιητικών μυών, των μυών του κορμού και του νευρομυϊκού συντονισμού κατά τη διάρκεια της μονοποδικής άσκησης, ιδιαίτερα σε ασταθείς επιφάνειες. Με την κατανόηση των διακριτών επιδράσεων της μονοποδικής και της δίποδης προπόνησης στις παραμέτρους της δύναμης, της ισχύος και ταχύτητας, οι ασκούμενοι μπορούν να ενισχύσουν και να βελτιώσουν τα προγράμματα προπόνησης για να αυξήσουν την αθλητική απόδοση, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τον κίνδυνο τραυματισμών.

1.3. Προπόνηση με αλτήρες

Η ενσωμάτωση των αλτήρων στην προπόνηση με αντιστάσεις έχει αποδειχθεί ότι έχει σημαντικά αποτελέσματα σε διάφορες πτυχές της σωματικής απόδοσης. Μελέτες έχουν αναδείξει τα οφέλη της χρήσης αλτήρων σε ασκήσεις όπως οι πιέσεις ώμων και τα καθίσματα, με σημαντική βελτίωση στην ενεργοποίηση των μυών, την αύξηση της δύναμης και τις νευρομυϊκές προσαρμογές (Saeterbakken & Fimland, 2013; Welsch et al., 2013; Saeterbakken et al., 2013).

Επίσης, η χρήση αλτήρων φαίνεται να επιφέρει σημαντικά οφέλη και στο πλαίσιο της αποκατάστασης. Πέραν του ρόλου τους ως αποτελεσματικό μέσο προπόνησης οι αλτήρες μπορούν να αξιοποιηθούν και ως κατάλληλη μέθοδος αποκατάστασης για άτομα που αδυνατούν να ακολουθήσουν προγράμματα ενδυνάμωσης με υψηλά φορτία. Ως μορφή ελεύθερων βαρών, η χρήση αλτήρων έχει συσχετιστεί με βελτιώσεις στη δύναμη, την ισχύ και τη λειτουργική ικανότητα, τόσο σε αρχάριους ασκούμενους όσο και σε γυναίκες (Aerenhouits & D'Hondt, 2013; Saeterbakken et al., 2013). Επιπλέον, η προπόνηση με αλτήρες έχει βρεθεί ότι συμβάλλει στην αντιμετώπιση των μυϊκών ανισορροπιών, στη βελτιστοποίηση της μυϊκής ενεργοποίησης και στην αποκατάσταση (Saeterbakken & Fimland, 2013; Saeterbakken et al., 2013).

1.4. Σημασία της μελέτης

Στην παρούσα έρευνα προέκυψε η ανάγκη για μια πιο λεπτομερή εξέταση της προπόνησης μεταβλητής αντίστασης. Παρατηρήθηκε ότι υπάρχει ένα αξιοσημείωτο κενό στην επιστημονική βιβλιογραφία σχετικά με την προπόνηση μεταβλητής αντίστασης με αλτήρες ή τη χρήση προπόνησης μεταβλητής αντίστασης με έναν μόνο αλτήρα. Ενώ πολυάριθμες μελέτες έχουν διερευνήσει τα οφέλη της παραδοσιακής προπόνησης με αντιστάσεις με αλτήρες σε διάφορες ασκήσεις, όπως τα καθίσματα, οι πιέσεις ώμων και οι άρσεις θανάτου, υπάρχει περιορισμένη έρευνα σχετικά με την εφαρμογή των αρχών της μεταβλητής αντίστασης στην προπόνηση με αλτήρες. Η προπόνηση με μεταβλητή αντίσταση, η οποία περιλαμβάνει την προσαρμογή της αντίστασης σε όλο το εύρος της κίνησης ώστε να ταιριάζει με την καμπύλη δύναμης του μυός, έχει μελετηθεί εκτενώς στο πλαίσιο άλλων τρόπων αντίστασης, όπως οι μπάρες και τα μηχανήματα. Ωστόσο, η συγκεκριμένη εφαρμογή και η αποτελεσματικότητα της προπόνησης μεταβλητής αντίστασης με αλτήρες ή με έναν μόνο αλτήρα παραμένουν σχετικά ανεξερεύνητες στην τρέχουσα επιστημονική βιβλιογραφία, καθιστώντας την έρευνα αυτή ιδιαίτερα σημαντική.

Θα ήταν χρήσιμο να δημιουργηθούν πρωτόκολλα προπόνησης αντιστάσεων με δύο ή έναν αλτήρα τόσο με σταθερά φορτία όσο και με μεταβαλλόμενα φορτία με τη βοήθεια ελαστικής αντίστασης, μιας και οι αλτήρες κατέχουν σημαντική θέση ως προπονητικά μέσα βελτίωσης της φυσικής κατάστασης και ειδικότερα της δύναμης. Η περαιτέρω έρευνα για τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητάς τους είναι σημαντική λόγω της πρακτικότητας (μεταφορά εξοπλισμού, διαστάσεις, ποικιλία ασκήσεων) και των φυσιολογικών πλεονεκτημάτων (μεγαλύτερη ενεργοποίηση συνεργών μυών) των αλτήρων ως προπονητικών μέσων έναντι των μηχανημάτων και των μπαρών ιδιαίτερα και σε συνδυασμό με την εφαρμογή μεταβλητής αντίστασης. Είναι σημαντικό, επίσης, να τονιστεί η σπουδαιότητα μελλοντικών παρεμβάσεων με εργαλείο τους αλτήρες, μιας και η προπόνηση δύναμης με αυτούς δείχνει να αποτελεί πιο ολιστικό τρόπο εκγύμνασης και να ανταποκρίνεται ενδεχομένως πιο λειτουργικά στην καθημερινότητα του ανθρώπινου σώματος (Grigoletto et al. 2019).

1.5. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η σύγκριση της επίδρασης της μεταβαλλόμενης έναντι της σταθερής αντίστασης σε πρόγραμμα προπόνησης δύναμης διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων, το οποίο περιλαμβάνει μονοποδικές ασκήσεις κάτω άκρων με χρήση ενός αλτήρα ως εξωτερική επιβάρυνση, στη δύναμη και την ισχύ των κάτω άκρων υγιών ατόμων. Οι συμμετέχοντες στις δύο πειραματικές ομάδες προπονήθηκαν για το ίδιο διάστημα με την ίδια προπονητική συχνότητα, εκτελώντας το ίδιο προπονητικό πλάνο και πρόγραμμα, αλλά η μια ομάδα χωρίς την προσθήκη ελαστικής αντίστασης στις ασκήσεις των ποδιών (ομάδα σταθερής αντίστασης) και η άλλη με την προσθήκη ελαστικής αντίστασης (ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης). Συνεπώς, η μοναδική μεταβλητή διαφοροποίησης μεταξύ των ομάδων ήταν η παρουσία ή μη ελαστικής αντίστασης στις δύο μονοποδικές ασκήσεις.

1.6. Ερευνητικές υποθέσεις

Η προπονητική παρέμβαση των 4 εβδομάδων με την μεταβαλλόμενη αντίσταση (λάστιχο και αλτήρας), θα επιφέρει βελτίωση στη μέγιστη δύναμη και την ισχύ των κάτω άκρων, στις ομάδες της μεταβαλλόμενης αντίστασης και της σταθερής αντίστασης, αυξάνοντας την απόδοση τους στο α) κατακόρυφο άλμα με ένα πόδι, β) κατακόρυφο άλμα με δύο πόδια, γ) μέγιστη ισομετρική σύσπαση από καθιστή θέση, καθώς και την τιμή της 1ME στο μονοποδικό κάθισμα (βουλγάρικη παραλλαγή). Η πειραματική ομάδα με τη μεταβαλλόμενη αντίσταση θα επιφέρει μεγαλύτερη αύξηση στα παραπάνω έναντι της ομάδας ελέγχου.

1.7. Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Οι οριοθετήσεις της παρούσας έρευνας αναφέρονται παρακάτω:

- Το δείγμα αποτελούν άτομα ηλικίας 24-40 ετών.
- Το δείγμα γυμνάζεται με προπόνηση αντιστάσεων τα τελευταία 3, τουλάχιστον, χρόνια.
- Το φορτίο της ελαστικής αντίστασης στην πειραματική ομάδα θα προσδιοριστεί στο 0% στην αρχική θέση των ασκήσεων.
- Το φορτίο της ελαστικής αντίστασης στην ΠΟ θα προσδιοριστεί περίπου στο 20% της 1ME στην τελική θέση των ασκήσεων.

- Η 1ΜΕ προσδιορίστηκε με βάση τη μέγιστη ικανότητα συγκράτησης του φορτίου με ένα χέρι, καθώς στη συγκεκριμένη άσκηση ενδεχομένως ο περιοριστικός παράγοντας δεν είναι η δύναμη των κάτω άκρων, αλλά η δύναμη του πήχη και του χεριού στο κράτημα του αλτήρα.
- Τα σετ στις ασκήσεις των κάτω άκρων είναι τρία (3)
- Το διάλειμμα μεταξύ των σετ είναι δύο λεπτά.

1.8. Ορισμοί και συντομογραφίες

- Προπόνηση μεταβαλλόμενης αντίστασης: Η προπόνηση μεταβλητής ή προσαρμοζόμενης αντίστασης μπορεί να οριστεί ως η προπόνηση αντίστασης όπου το φορτίο μεταβάλλεται σε όλο το εύρος κίνησης της άρθρωσης
- Προπόνηση σταθερής αντίστασης: Η προπόνηση σταθερής αντίστασης μπορεί να οριστεί ως η προπόνηση αντίστασης όπου το φορτίο παραμένει σταθερό σε όλο το εύρος της κίνησης της άρθρωσης
- Μονόπλευρες ασκήσεις: Οι ασκήσεις οι οποίες εκτελούνται σε μία πλευρά (αριστερά – δεξιά)
- Αμφίπλευρες ασκήσεις: Οι ασκήσεις οι οποίες εκτελούνται ταυτόχρονα και στις δύο πλευρές

Συντομογραφίες:

ΠΜΑ: Προπόνηση μεταβαλλόμενης αντίστασης

ΠΣΑ: Προπόνηση σταθερής αντίστασης

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Δείγμα

Το δείγμα αποτέλεσαν 28 άτομα (16 άνδρες και 12 γυναίκες), ηλικίας 26 έως 47 ετών, με εμπειρία στην προπόνηση με αντιστάσεις άνω των τριών ετών, χωρίς μυοσκελετικά προβλήματα ή τραυματισμούς. Οι συμμετέχοντες κατανεμήθηκαν τυχαία είτε στην ομάδα προπόνησης μεταβαλλόμενης αντίστασης (ΠΜΑ), είτε στην ομάδα προπόνησης σταθερής αντίστασης (ΠΣΑ), είτε στην ομάδα ελέγχου (ΟΕ).

Το δείγμα αποτέλεσαν 28 άτομα (16 άνδρες και 12 γυναίκες), ηλικίας 26 έως 47 ετών, με εμπειρία στην προπόνηση με αντιστάσεις άνω των τριών ετών, χωρίς μυοσκελετικά προβλήματα ή τραυματισμούς. Οι συμμετέχοντες κατανεμήθηκαν τυχαία είτε στην ομάδα προπόνησης μεταβαλλόμενης αντίστασης (ΠΜΑ) είτε στην ομάδα προπόνησης σταθερής αντίστασης (ΠΣΑ) είτε στην ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Στην ομάδα ΠΜΑ συμμετείχαν 9 άτομα (7 άνδρες, 2 γυναίκες) με μέση ηλικία $36,67 \pm 6,38$ έτη, και μέσο βάρος $70,2 \pm 9,3$ kg. Στην ομάδα ΠΣΑ συμμετείχαν 9 άτομα (5 άνδρες, 4 γυναίκες) με μέση ηλικία $34,1 \pm 5,9$ έτη και μέσο βάρος $68,8 \pm 10,0$ kg. Στην ΟΕ συμμετείχαν 10 άτομα (4 άνδρες, 6 γυναίκες) με μέση ηλικία $32,1 \pm 4,9$ έτη και μέσο βάρος $65,9 \pm 9,0$ kg.

2.2. Πειραματικός σχεδιασμός

Οι συμμετέχοντες των δύο πειραματικών ομάδων προπονήθηκαν με συχνότητα τριών συνεδριών ανά εβδομάδα, εκτελώντας δύο ασκήσεις για τα κάτω άκρα με τη χρήση ενός αλτήρα: α) μονόποδη άρση θανάτου (ρουμάνικη παραλλαγή) με το πίσω πόδι να στηρίζεται στα δάχτυλα και β) μονόποδο κάθισμα (βουλγάρικη παραλλαγή). Σε κάθε άσκηση εκτελέστηκαν τρία σετ των οκτώ επαναλήψεων ανά πόδι, με εναλλαγή των πλευρών, και διάλειμμα δύο λεπτών μεταξύ των σετ. Η συνολική διάρκεια του προγράμματος ήταν τέσσερις εβδομάδες.

Το φορτίο προπόνησης στις δύο ομάδες ορίστηκε στο 75% της μιας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ). Στην ομάδα ΠΣΑ το φορτίο αποτελούσε αποκλειστικά η αντίσταση του αλτήρα, η οποία ορίστηκε στο 75% της 1ΜΕ. Στην ομάδα ΠΜΑ, το σταθερό φορτίο του αλτήρα αντιστοιχούσε στο 55% της 1ΜΕ, ενώ το υπόλοιπο 20% του συνολικού φορτίου προσεγγιζόταν με την προσθήκη ελαστικής αντίστασης. Για τον προσδιορισμό της ελαστικής φόρτισης χρησιμοποιήθηκε λάστιχο γνωστής ονομαστικής σκληρότητας από

την κατασκευάστρια εταιρεία Gear Up. Ο τύπος του ήταν κόκκινο : 15 - 25 lbs στα 208cm x 4,5mm x 12,7mm «λάστιχο για μονόζυγο». Το λάστιχο διπλώθηκε στα δύο και στερεώθηκε στον αλτήρα, με τρόπο ώστε στην τελική φάση της κίνησης (μέγιστη επιμήκυνση) η παραγόμενη αντίσταση να προσεγγίζει το 20% της 1ΜΕ, ενώ στην αρχική θέση η συμβολή της ελαστικής αντίστασης ήταν πρακτικά μηδενική (φυσικό μήκος του λάστιχου). Παρότι η συνεισφορά της ελαστικής αντίστασης δεν μετρήθηκε άμεσα με αισθητήρα δύναμης, η επιλογή του συγκεκριμένου λάστιχου βασίστηκε στα τεχνικά χαρακτηριστικά του και στη γεωμετρία της άσκησης, με στόχο η συνολική επιβάρυνση στην τελική θέση να ανέρχεται περίπου στο 75% της 1ΜΕ.

Και οι δύο ομάδες πραγματοποίησαν ίδια προπόνηση για το άνω μέρος και τον κορμό με τον ίδιο αριθμό σετ σε κάθε μυϊκή ομάδα, ως συμπλήρωμα της προπόνησης τους, διάρκειας 35' - 45'. Οι ασκήσεις συνολικά σε κάθε προπόνηση ήταν τέσσερις. Οι δύο προαναφερθέντες ασκήσεις για τα κάτω άκρα, μία δυναμική σανίδα με στήριξη στις παλάμες (γόνατα εναλλάξ στο στήθος) και πιέσεις στήθους από όρθια θέση σε τροχαλία. Κάθε άσκηση εκτελέστηκε ξεχωριστά με κάθε άκρο εναλλάσσοντας τα χωρίς διάλειμμα. Όλες οι ασκήσεις εκτελέστηκαν σε σταθμούς, όπου σε κάθε άσκηση ολοκληρώνονταν τα 3 σετ και μετά ακολουθούσε η επόμενη. Το διάλειμμα ανάμεσα στα σετ ορίστηκε στα 2'.

Στην αρχή και στο τέλος του προπονητικού προγράμματος αξιολογήθηκαν οι επιδόσεις των συμμετεχόντων στις εξής δοκιμασίες: (α) κατακόρυφο άλμα με κάθε πόδι ξεχωριστά, (β) κατακόρυφο άλμα με τα δύο πόδια μαζί, (γ) μέγιστη ισομετρική δύναμη από καθιστή στατική θέση (πρέσα), με τη γωνία της άρθρωσης του γόνατος στις 120°, και (δ) μία μέγιστη επανάληψη (1ΜΕ) στο μονοποδικό κάθισμα (βουλγαρική παραλλαγή).

Στην αρχή και στο τέλος του προπονητικού προγράμματος αξιολογήθηκαν οι επιδόσεις των συμμετεχόντων στις εξής δοκιμασίες: α) κατακόρυφο άλμα με κάθε πόδι ξεχωριστά, β) κατακόρυφο άλμα με δύο πόδια μαζί, γ) μέγιστη ισομετρική δύναμη από καθιστή στατική θέση (πρέσα) με τη γωνία της άρθρωσης του γόνατος στις 120°, και δ) μία μέγιστη επανάληψη (1ΜΕ) στο μονοποδικό κάθισμα (βουλγαρική παραλλαγή).

2.3. Μετρήσεις και όργανα μέτρησης

2.3.1. Μέγιστη ισομετρική αξιολόγηση

Η μέγιστη ισομετρική δύναμη αξιολογήθηκε σε καθιστή θέση, με τη χρήση πρέσας ποδιών εξοπλισμένης με ενσωματωμένο αισθητήρα δύναμης (load cell), συνδεδεμένο με

την πλατφόρμα μέτρησης. Το όργανο μέτρησης ήταν της βέλγικης εταιρίας Microforce, με συχνότητα δειγματοληψίας 1000 Hz και ακρίβεια 1 Newton. Οι μετρήσεις καταγράφηκαν με το λογισμικό Microforce isometric press. Κάθε συμμετέχων/ουσα εκτέλεσε τέσσερις μέγιστες προσπάθειες, διάρκειας 3–4 δευτερολέπτων η κάθε μία, με διάλειμμα 2 λεπτών μεταξύ τους ώστε να αποφευχθεί η κόπωση. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των δύο υψηλότερων προσπαθειών. Κατά τη δοκιμασία, ο/η συμμετέχων κάθισε στο κάθισμα της πρέσας, με την πλάτη και τη λεκάνη σε πλήρη επαφή με την πλάτη της κατασκευής.

Η απόσταση καθίσματος–πλατφόρμας ρυθμίστηκε έτσι ώστε η γωνία κάμψης των γονάτων να είναι 120°, επιλογή που καθορίστηκε προκειμένου να αντανakλά τη θέση στην οποία ενσωματωνόταν η ελαστική αντίσταση στο προπονητικό πρωτόκολλο της πειραματικής ομάδας. Οι συμμετέχοντες διατήρησαν τα αθλητικά τους υποδήματα, ώστε να μπορούν να ασκήσουν τη μέγιστη δυνατή ώθηση κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας. Αφού πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες ρυθμίσεις της πλατφόρμας, κάθε συμμετέχων κρατούσε σταθερά τις πλάγιες λαβές του καθίσματος και, με το σήμα του αξιολογητή, ασκούσε μέγιστη πίεση για 3–4 δευτερόλεπτα. Μετά την ολοκλήρωση των τεσσάρων προσπαθειών ενός συμμετέχοντα, η θέση ρυθμιζόταν εκ νέου για τον επόμενο.

2.3.2. Μέγιστη δυναμική αξιολόγηση (1ME)

Η αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης πραγματοποιήθηκε μέσω της δοκιμασίας της μιας μέγιστης επανάληψης (1ME) στο μονόποδο κάθισμα με αλτήρα (βουλγαρική παραλλαγή) και στη μονόποδη άρση θανάτου. Κάθε συμμετέχων/ουσα εκτέλεσε αρχικά ειδική προθέρμανση στη συγκεκριμένη κίνηση, χρησιμοποιώντας φορτίο που αντιστοιχούσε περίπου στο 40–50% της εκτιμώμενης 1ME, με σκοπό τη νευρομυϊκή προετοιμασία και την εξοικείωση με το εύρος κίνησης. Μετά από διάλειμμα 2–3 λεπτών, το φορτίο αυξανόταν σταδιακά κατά 20–30% σε σχέση με το αρχικό, ώστε να προσεγγιστεί η περιοχή της μέγιστης προσπάθειας. Στη συνέχεια, ο/η συμμετέχων εκτελούσε μία επανάληψη ανά προσπάθεια, με σταδιακές αυξήσεις του φορτίου κατά 5–10%, έως ότου αδυνατούσε να ολοκληρώσει με σωστή τεχνική ολόκληρο το εύρος της κίνησης. Ως 1ME του κάθε συμμετέχοντα σε κάθε άσκηση ορίστηκε το φορτίο με το οποίο μπορούσε να εκτελεστεί μία μόνο πλήρης και τεχνικά ορθή επανάληψη στο πλήρες εύρος κίνησης (κάμψη πρόσθιου γονάτου= 90°). Όλες οι μετρήσεις για τον προσδιορισμό της 1ME

πραγματοποιήθηκαν με εναλλαγή των δύο κάτω άκρων, έως ότου προσδιοριστεί η τελική τιμή της 1ΜΕ για κάθε άκρο ξεχωριστά. Η τελευταία επιτυχής επανάληψη θεωρήθηκε ως η μέγιστη έγκυρη προσπάθεια. Καθ' όλη τη διαδικασία, δινόταν έμφαση στη σωστή τεχνική εκτέλεση, στη σταθερότητα του κορμού και στην επαρκή ανάπαυση μεταξύ των προσπαθειών, ώστε να διασφαλιστεί η αξιοπιστία της μέτρησης.

Η 1ΜΕ στη μονόποδη άρση θανάτου αξιολογήθηκε μόνο πριν από την έναρξη του πρωτοκόλλου με σκοπό τον προσδιορισμό της μιας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ) και την εκτίμηση της σχετικής έντασης προπόνησης τόσο για την ομάδα ΠΜΑ όσο και για την ομάδα ΠΣΑ. Κατά τη δοκιμασία της μονόποδης άρσης θανάτου, ο/η συμμετέχων/-ουσα τοποθετούσε το πίσω πόδι στη στήριξη των δακτύλων, ώστε να μην συμμετέχει ενεργά στην ώθηση, αλλά να προσφέρει ελαφρά υποστήριξη και ισορροπία. Το στηριζόμενο πόδι παρέμενε ελαφρώς λυγισμένο στο γόνατο, ενώ η κίνηση εκτελούνταν με κάμψη ισχίου περίπου στις 90°, διατηρώντας ουδέτερη θέση σπονδυλικής θέσης καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης. Η επαναφορά πραγματοποιούνταν ελεγχόμενα, έως την πλήρη έκταση του ισχίου. Η διαδικασία αξιολόγησης και για τις δύο ασκήσεις ακολούθησε το ίδιο πρωτόκολλο: αρχική προθέρμανση με φορτίο 40–50% της εκτιμώμενης 1ΜΕ, και στη συνέχεια προοδευτική αύξηση του φορτίου κατά 5–10% ανά προσπάθεια, έως ότου εκτελεστεί μία πλήρης και τεχνικά ορθή επανάληψη, η οποία ορίστηκε ως η 1ΜΕ. Μεταξύ των προσπαθειών πραγματοποιήθηκε διάλειμμα 2–3 λεπτών για επαρκή ανάκαμψη, ενώ οι μετρήσεις εκτελέστηκαν εναλλάσσοντας τα δύο κάτω άκρα μέχρι τον προσδιορισμό της τελικής τιμής για κάθε πόδι ξεχωριστά.

2.3.3. Κατακόρυφο άλμα με δύο πόδια

Η αξιολόγηση της ταχυδύναμης των κάτω άκρων πραγματοποιήθηκε μέσω του κατακόρυφου άλματος με την χρήση του ηλεκτρονικού τάπητα αλμάτων Optojump next (Microgate, It.). και η καταγραφή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω του συνοδευτικού λογισμικού Optojump next. Τα αποτελέσματα εξήχθησαν σε αρχείο excel για την μεταφορά στους πίνακες. Κάθε συμμετέχων/-ουσα εκτέλεσε συνολικά τέσσερις προσπάθειες, με διάλειμμα περίπου 20 δευτερολέπτων μεταξύ τους, και για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε ο μέσος όρος των δύο καλύτερων αλμάτων. Η αρχική θέση του σώματος καθορίστηκε με τα πόδια στο άνοιγμα της λεκάνης και τις μύτες στραμμένες προς τα εμπρός, ενώ τα χέρια παρέμεναν σταθερά στη μέση καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας,

ώστε η απόδοση να εξαρτάται αποκλειστικά από την ταχοδυναμική ικανότητα των κάτω άκρων. Με το οπτικό ή ηχητικό σήμα από το λογισμικό μέτρησης, ο/η συμμετέχων/-ουσα εκτελούσε ένα κάθισμα έως περίπου 90° στο γόνατο, ακολουθούμενη από μια εκρηκτική άνοδο με πλήρη έκταση στα γόνατα και στους αστραγάλους. Μετά την απογείωση, τα πόδια διατηρούνταν τεντωμένα μέχρι την προσγείωση, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ομοιομορφία και η αξιοπιστία των μετρήσεων.

2.3.4. Μονόποδο κατακόρυφο άλμα

Η αξιολόγηση της ταχοδυναμικής ικανότητας του κάθε κάτω άκρου ξεχωριστά, πραγματοποιήθηκε μέσω του άλματος με ένα πόδι, με την χρήση του ηλεκτρονικού τάπητα αλμάτων optojump next. Κάθε συμμετέχων/-ουσα εκτέλεσε τέσσερις προσπάθειες ανά πόδι, με διάλειμμα περίπου 15-20'' δευτερολέπτων μεταξύ των αλμάτων, και ο μέσος όρος των δύο καλύτερων προσπαθειών χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση. Η δοκιμασία εκτελέστηκε με τα χέρια στη μέση σε όλες τις επαναλήψεις, ώστε να περιοριστεί η συμβολή των άνω άκρων στην απόδοση. Πριν από κάθε άλμα, ο/η συμμετέχων/-ουσα ανύψωσε το πόδι αιώρησης, διατηρώντας το σταθερά εκτός εδάφους καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης. Με το σήμα από το λογισμικό μέτρησης, πραγματοποιούσε ελεγχόμενη κάθοδο έως περίπου 90° κάμψης στο γόνατο του στηριζόμενου ποδιού, ακολουθούμενη από εκρηκτική άνοδο με πλήρη έκταση του γόνατος και του ισχίου. Κατά την πτήση και έως την προσγείωση, το γόνατο του ποδιού ώθησης παρέμενε τεντωμένο, ώστε να διασφαλιστεί η τεχνική συνέπεια και παράλληλα η αξιοπιστία της μέτρησης.

2.4. Στατιστική ανάλυση

Για τον έλεγχο των διαφορών μεταξύ των δύο χρονικών στιγμών μέτρησης στις εξαρτημένες μεταβλητές, σε κάθε πειραματική ομάδα ξεχωριστά, χρησιμοποιήθηκε t-test για ζευγαρωτές παρατηρήσεις. Για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των ομάδων άσκησης και της ομάδας ελέγχου στην τελική μέτρηση των εξαρτημένων μεταβλητών, εφαρμόστηκε ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA), με την αρχική μέτρηση να εισάγεται ως συνδιακυμαντή. Οι επιμέρους διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εντοπίστηκαν με το κριτήριο πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey. Το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.

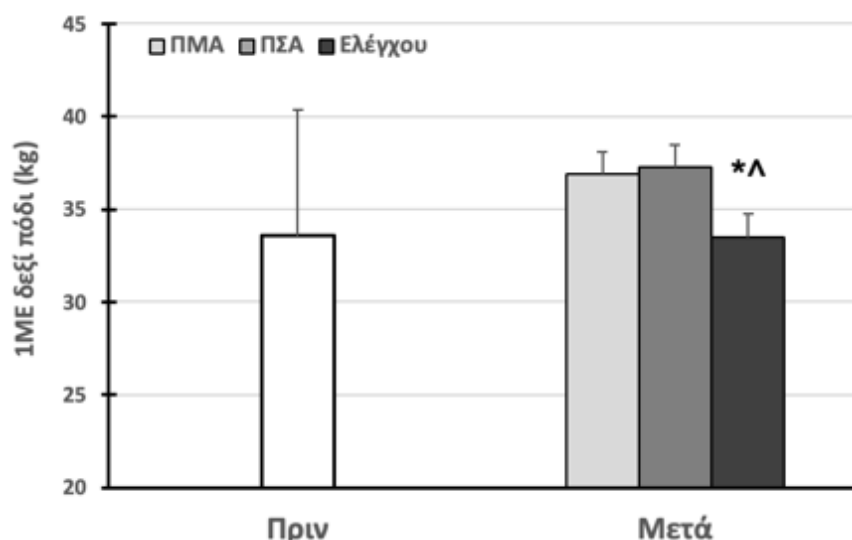
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Μέγιστη δύναμη δεξιού ποδιού (1ΜΕ)

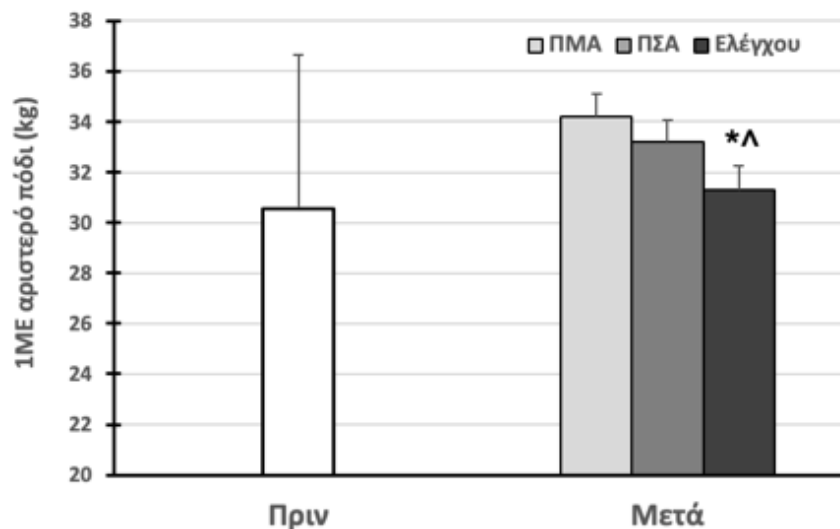
Η 1ΜΕ του δεξιού ποδιού αυξήθηκε σημαντικά στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης [$t(8) = 11,94$; $p = 0,01$] και στην ομάδα σταθερής αντίστασης [$t(8) = 6,2$; $p = 0,01$] ενώ δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στην ομάδα ελέγχου [$t(9) = 1,41$; $p = 0,19$] (Πίνακας 1). Η ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA) έδειξε ότι η μέγιστη δύναμη του δεξιού ποδιού στο τέλος του προπονητικού προγράμματος ήταν υψηλότερη [$F(2,23) = 28,4$; $p = 0,01$] στις ομάδες μεταβαλλόμενης αντίστασης και σταθερής αντίστασης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (Σχήμα 1).

3.2. Μέγιστη δύναμη αριστερού ποδιού (1ΜΕ)

Η 1ΜΕ του αριστερού ποδιού αυξήθηκε σημαντικά στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης [$t(8) = 11,72$; $p = 0,01$] και στην ομάδα σταθερής αντίστασης [$t(8) = 6,26$; $p = 0,01$] καθώς και στην ομάδα ελέγχου [$t(9) = 2,23$; $p = 0,05$] (Πίνακας 1). Η ανάλυση συνδιακύμανσης έδειξε ότι η μέγιστη δύναμη του αριστερού ποδιού στο τέλος του προπονητικού προγράμματος ήταν υψηλότερη [$F(1,23) = 1286,4$; $p = 0,01$] στις ομάδες μεταβαλλόμενης αντίστασης και σταθερής αντίστασης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (Σχήμα 2).



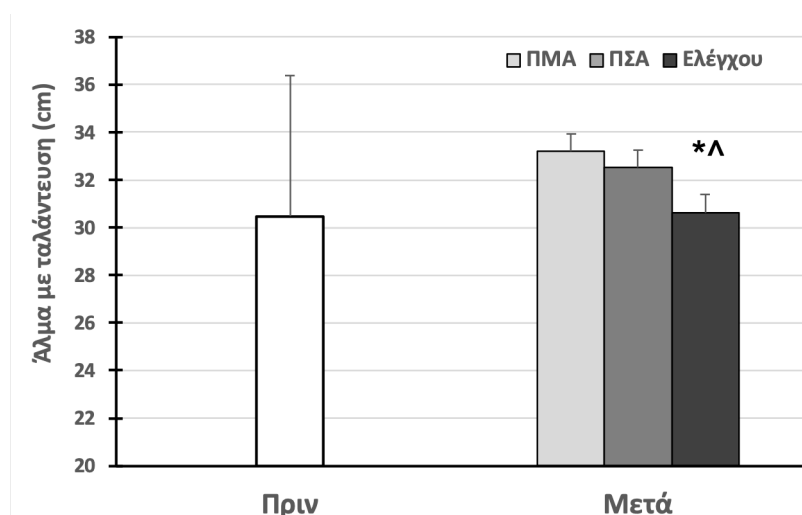
Σχήμα 1. Προσαρμοσμένες τιμές της μέγιστης δύναμης του δεξιού ποδιού, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου. * $p < 0,05$ από την ΠΜΑ, ^ $p < 0,05$ από την ΠΣΑ



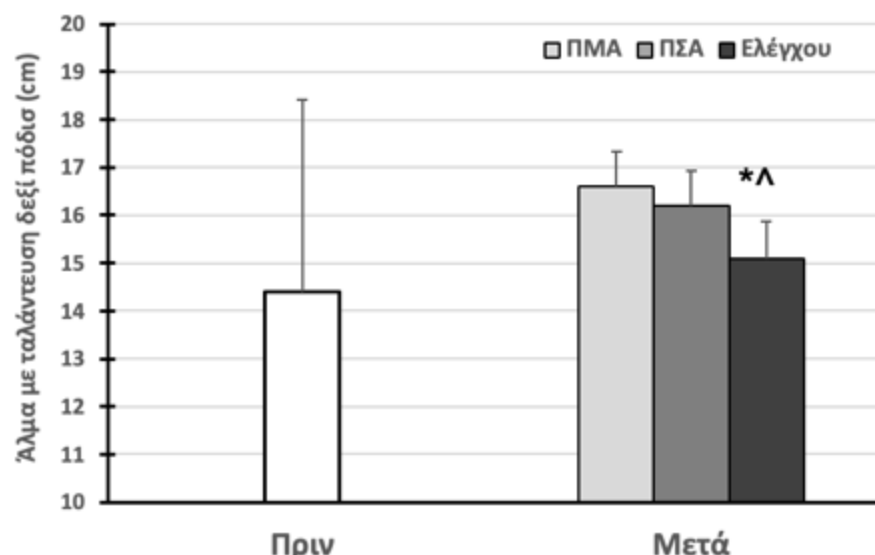
Σχήμα 2. Προσαρμοσμένες τιμές της μέγιστης δύναμης του αριστερού ποδιού, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου. * $p < 0,05$ από την ΠΜΑ, ^ $p < 0,05$ από την ΠΣΑ

3.3. Άλμα με ταλάντευση με δύο πόδια

Το άλμα με ταλάντευση με δύο πόδια αυξήθηκε στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης [$t(8) = 7,06$; $p = 0,01$] και στην ομάδα σταθερής αντίστασης [$t(8) = 10,25$; $p = 0,01$], ενώ δεν μεταβλήθηκε στην ομάδα ελέγχου [$t(9) = 0,0641$; $p = 0,95$] (Πίνακας 1). Η ανάλυση συνδιακύμανσης έδειξε ότι το άλμα με ταλάντευση με δύο πόδια ήταν υψηλότερο στο τέλος του προπονητικού προγράμματος [$F(1,23) = 1823$; $p = 0,01$] στις ομάδες μεταβαλλόμενης αντίστασης και σταθερής αντίστασης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Προσαρμοσμένες τιμές του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου. * $p < 0,05$ από την ΠΜΑ, ^ $p < 0,05$ από την ΠΣΑ



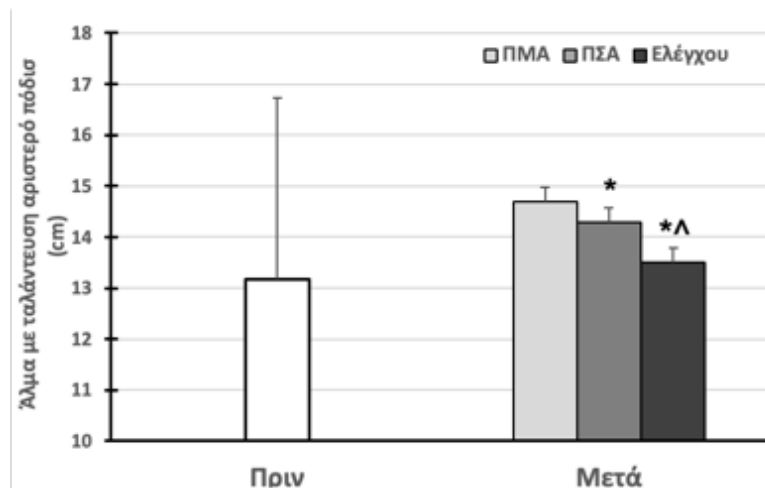
Σχήμα 4. Προσαρμοσμένες τιμές του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση με το δεξί πόδι, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου. * $p < 0,05$ από την ΠΜΑ, ^ $p < 0,05$ από την ΠΣΑ

3.4. Άλμα με ταλάντευση με δεξί πόδι

Το άλμα με ταλάντευση με το δεξί πόδι αυξήθηκε σημαντικά στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης [$t(8) = 7.21$; $p = 0,01$], στην ομάδα σταθερής αντίστασης [$t(8) = 6,20$; $p = 0,01$], καθώς και στην ομάδα ελέγχου [$t(9) = 6,65$; $p = 0,01$] (Πίνακας 1). Η ανάλυση συνδιακύμανσης έδειξε ότι το άλμα με ταλάντευση με το δεξί πόδι ήταν υψηλότερο στο τέλος του προπονητικού προγράμματος [$F(1,23) = 802$; $p = 0,01$] στις ομάδες μεταβαλλόμενης αντίστασης και σταθερής αντίστασης συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (Σχήμα 4).

3.5. Άλμα με ταλάντευση με αριστερό πόδι

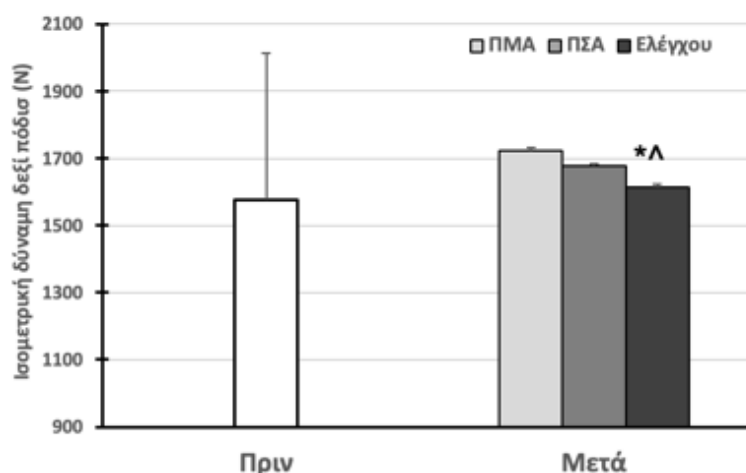
Το άλμα με ταλάντευση με το αριστερό πόδι αυξήθηκε σημαντικά στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης [$t(8) = 16,8$; $p = 0,01$], στην ομάδα σταθερής αντίστασης [$t(8) = 9,72$; $p = 0,01$], καθώς και στην ομάδα ελέγχου [$t(9) = 3,3$; $p = 0,01$] (Πίνακας 1). Η ανάλυση συνδιακύμανσης έδειξε ότι το άλμα με ταλάντευση με το αριστερό πόδι ήταν υψηλότερο στο τέλος του προπονητικού προγράμματος [$F(1,23) = 802$; $p = 0,01$] στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης συγκριτικά με την ομάδα σταθερής αντίστασης και την ομάδα ελέγχου, ενώ και η ομάδα σταθερής αντίστασης υπερείχε σημαντικά έναντι της ομάδας ελέγχου (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Προσαρμοσμένες τιμές του κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση με το αριστερό πόδι, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου. * $p < 0,05$ από την ΠΜΑ, ^ $p < 0,05$ από την ΠΣΑ

3.6. Μέγιστη ισομετρική δύναμη δεξιού ποδιού

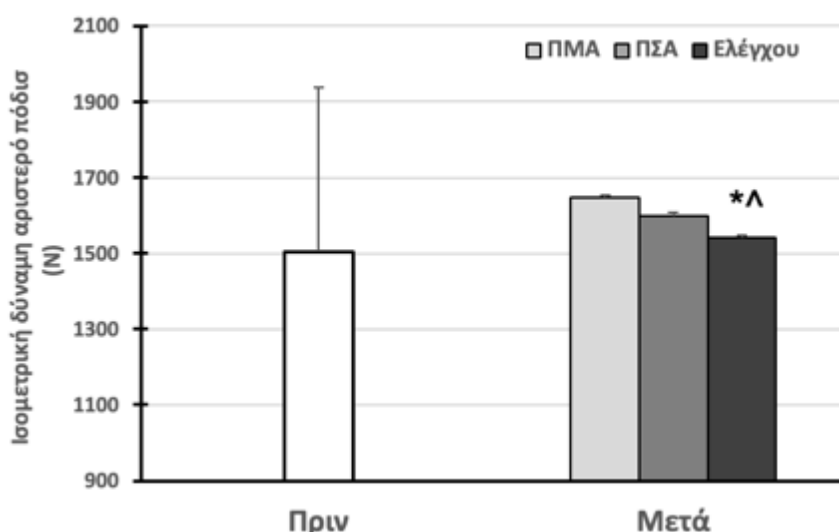
Η μέγιστη ισομετρική δύναμη του δεξιού ποδιού αυξήθηκε στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης [$t(8) = 3,09$; $p = 0,015$], στην ομάδα σταθερής αντίστασης [$t(8) = 23,08$; $p = 0,01$] καθώς και στην ομάδα ελέγχου [$t(9) = 11,39$; $p = 0,01$] (Πίνακας 1). Η ανάλυση συνδιακύμανσης έδειξε ότι η μέγιστη ισομετρική δύναμη του δεξιού ποδιού ήταν υψηλότερη στο τέλος του προγράμματος [$F(1,23) = 75065$; $p = 0,01$] στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης συγκριτικά με την ομάδα σταθερής αντίστασης και την ομάδα ελέγχου, ενώ και η ομάδα σταθερής αντίστασης υπερείχε σημαντικά έναντι της ομάδας ελέγχου (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Προσαρμοσμένες τιμές της μέγιστης ισομετρικής δύναμης του δεξιού ποδιού, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου. * $p < 0,05$ από την ΠΜΑ, ^ $p < 0,05$ από την ΠΣΑ

3.7. Μέγιστη ισομετρική δύναμη αριστερού ποδιού

Η μέγιστη ισομετρική δύναμη του αριστερού ποδιού στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης αυξήθηκε σημαντικά [$t(8)= 25,52$; $p= 0,01$], όπως και στην ομάδα σταθερής αντίστασης [$t(8)= 35,00$; $p= 0,01$] και στην ομάδα ελέγχου [$t(9)= 11,13$; $p= 0,01$] (Πίνακας 1). Η ανάλυση συνδιακύμανσης έδειξε ότι η μέγιστη ισομετρική δύναμη του δεξιού ποδιού ήταν υψηλότερη στο τέλος του προπονητικού προγράμματος [$F(1,23)= 70421$; $p= 0,01$] στην ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης συγκριτικά με την ομάδα σταθερής αντίστασης και την ομάδα ελέγχου, ενώ και η ομάδα σταθερής αντίστασης υπερείχε σημαντικά έναντι της ομάδας ελέγχου (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. Προσαρμοσμένες τιμές της μέγιστης ισομετρικής δύναμης του αριστερού ποδιού, με την αρχική μέτρηση ως συνδιακυμαντή, μετά από προπόνηση 4 εβδομάδων στις ομάδες προπόνησης με μεταβλητή (ΠΜΑ) και σταθερή (ΠΣΑ) αντίσταση και στην ομάδα ελέγχου. * $p < 0,05$ από την ΠΜΑ, ^ $p < 0,05$ από την ΠΣΑ

Πίνακας 1. Επιδόσεις στις ομάδες προπόνησης μεταβαλλόμενης αντίστασης, σταθερής αντίστασης και ελέγχου πριν και μετά από την εφαρμογή του προπονητικού προγράμματος.

	Πριν	Μετά
1ΜΕ στο κάθισμα (kg) με δεξί πόδι		
Ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης	35,78 ± 6,59	38,89 ± 6,72*
Ομάδα σταθερής αντίστασης	33,33 ± 6,86	36,78 ± 7,64*
Ομάδα ελέγχου	31,80 ± 7,08	31,50 ± 6,62
1ΜΕ στο κάθισμα (kg) με αριστερό πόδι		
Ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης	32,67 ± 6,00	36,11 ± 6,09*
Ομάδα σταθερής αντίστασης	30,22 ± 6,12	32,56 ± 6,82*
Ομάδα ελέγχου	29,00 ± 6,13	29,50 ± 6,40
Κατακόρυφο άλμα (cm) με ταλάντευση		
Ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης	31,07 ± 6,86	33,64 ± 7,42*
Ομάδα σταθερής αντίστασης	30,59 ± 5,91	32,39 ± 6,05*
Ομάδα ελέγχου	29,80 ± 5,59	29,79 ± 5,67
Κατακόρυφο άλμα (cm) με ταλάντευση με το δεξί πόδι		
Ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης	13,78 ± 4,00	15,91 ± 4,25*
Ομάδα σταθερής αντίστασης	14,84 ± 4,33	16,52 ± 4,20*
Ομάδα ελέγχου	14,54 ± 4,17	15,11 ± 4,25*
Κατακόρυφο άλμα (cm) με ταλάντευση με το αριστερό πόδι		
Ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης	12,93 ± 3,69	14,36 ± 3,76*
Ομάδα σταθερής αντίστασης	13,21 ± 3,81	14,23 ± 3,86*
Ομάδα ελέγχου	13,37 ± 3,54	13,59 ± 3,65*
Μέγιστη ισομετρική δύναμη (N) σε πρέσα ποδιών με το δεξί πόδι		
Ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης	1727,78 ± 384,15	1857,78 ± 391,34*
Ομάδα σταθερής αντίστασης	1584,44 ± 457,33	1665,56 ± 460,65*
Ομάδα ελέγχου	1435,00 ± 459,50	1452,50 ± 459,93*
Μέγιστη ισομετρική δύναμη (N) σε πρέσα ποδιών με το αριστερό πόδι		
Ομάδα μεταβαλλόμενης αντίστασης	1653,33 ± 383,93	1778,89 ± 396,91*
Ομάδα σταθερής αντίστασης	1508,89 ± 460,77	1586,67 ± 464,38*
Ομάδα ελέγχου	1365,00 ± 462,56	1382,00 ± 462,50*

1ΜΕ: 1 μέγιστη επανάληψη, *p< 0,05: από το Πριν

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη συγκρίθηκαν η προπόνηση με μεταβαλλόμενη αντίσταση και η προπόνησης με σταθερή αντίσταση, μέσω μονοποδικών ασκήσεων για τα κάτω άκρα, ως προς τις προσαρμογές στη δύναμη και την ισχύ σε προπονημένους ενήλικες. Τα βασικά ευρήματα έδειξαν ότι και οι δύο μορφές προπόνησης οδήγησαν σε σημαντικές βελτιώσεις τόσο στη μέγιστη δυναμική δύναμη όσο και στην αλτική ικανότητα σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Επιπλέον, η προπόνηση με μεταβαλλόμενη αντίσταση παρουσίασε μεγαλύτερη βελτίωση στη μέγιστη ισομετρική δύναμη, υποδηλώνοντας ότι η προσθήκη ελαστικής αντίστασης μπορεί να παρέχει ένα επιπλέον ερέθισμα για την ανάπτυξη της δύναμης υπό συγκεκριμένες συνθήκες φόρτισης.

4.1. Μέγιστη δυναμική δύναμη (1ΜΕ)

Η μέγιστη δύναμη, όπως αξιολογήθηκε μέσω της δοκιμασίας της μιας μέγιστης επανάληψης στο μονόποδο κάθισμα, βελτιώθηκε σημαντικά και στις δύο προπονητικές ομάδες, δηλαδή τόσο στην ομάδα προπόνησης με μεταβλητή αντίσταση, όσο και στην ομάδα προπόνησης με σταθερή αντίσταση. Στον αντίποδα, η ομάδα ελέγχου δεν παρουσίασε αντίστοιχες μεταβολές. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι και οι δύο μορφές προπόνησης οδήγησαν σε ουσιαστικές αυξήσεις στη δυναμική δύναμη, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ΠΜΑ και της ΠΣΑ στην τελική μέτρηση. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι, τουλάχιστον στο πλαίσιο ενός προγράμματος διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων με μονόπλευρες ασκήσεις και έναν αλτήρα, οι δύο μορφές φόρτισης είναι εξίσου αποτελεσματικές στη βελτίωση της μέγιστης δυναμικής ικανότητας των κάτω άκρων.

Το αποτέλεσμα αυτό εναρμονίζεται σε μεγάλο βαθμό με μέρος της βιβλιογραφίας που αναφέρει ότι η προπόνηση με μεταβλητή αντίσταση μπορεί να επιφέρει βελτιώσεις στη μέγιστη δύναμη παρόμοιες με εκείνες της προπόνησης σταθερής αντίστασης (Andersen et al., 2022; Stevenson et al., 2010). Παράλληλα, όμως, υπάρχουν και μελέτες που καταγράφουν υπεροχή της ΠΜΑ σε ασκήσεις όπως το κάθισμα και οι πιέσεις στήθους, ιδίως όταν η συμβολή της ελαστικής φόρτισης κυμαίνεται μεταξύ 20–35% του συνολικού φορτίου (Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009; Joy et al., 2016; Katushabe & Kramer, 2020). Η μη εμφάνιση υπεροχής της ΠΜΑ στην παρούσα μελέτη πιθανόν να συνδέεται με τον συνδυασμό παραγόντων όπως η σχετικά μικρή διάρκεια της

προπονητικής παρέμβασης, η χρήση μονόπλευρων ασκήσεων, καθώς και η ιδιαιτερότητα της επιβάρυνσης με έναν μόνο αλτήρα.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διερεύνηση της μεταβλητής αντίστασης στη βιβλιογραφία επικεντρώνεται κυρίως σε ασκήσεις με μπάρα και δίποδα μοτίβα κίνησης. Η παρούσα εργασία διαφοροποιείται, καθώς εξετάζει την ΠΜΑ σε μονόπλευρες ασκήσεις των κάτω άκρων με αλτήρα, κάτι που πιθανώς τροποποιεί τη μηχανική της φόρτισης και τον τρόπο κατανομής της εξωτερικής ροπής κατά την εκτέλεση της άσκησης. Όπως αναφέρθηκε, οι μονόπλευρες ασκήσεις ενεργοποιούν σε μεγαλύτερο βαθμό τους σταθεροποιητές μύες και απαιτούν υψηλότερη νευρομυϊκή συναρμογή συγκριτικά με τις αμφίπλευρες ασκήσεις (Saeterbakken et al., 2017; Gonzalo-Skok et al., 2019). Έτσι, είναι πιθανό μέρος των προσαρμογών στη μέγιστη δύναμη να οφείλεται σε νευρικές προσαρμογές ελέγχου της κίνησης που εμφανίζονται ανεξάρτητα από το αν η αντίσταση είναι σταθερή ή μεταβλητή, τουλάχιστον σε ένα πρώτο στάδιο προπόνησης.

Ένα ακόμη στοιχείο που μπορεί να ερμηνεύσει την απουσία διαφορών μεταξύ των δύο προπονητικών συνθηκών είναι η διάρκεια του προγράμματος. Όπως έχει προταθεί από προηγούμενες μελέτες, σε μικρής διάρκειας παρεμβάσεις (4–6 εβδομάδων) οι νευρομυϊκές προσαρμογές τείνουν να είναι παρόμοιες μεταξύ διαφορετικών μορφών προπόνησης δύναμης, ενώ οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των προγραμμάτων συχνά γίνονται πιο εμφανείς σε μεγαλύτερες χρονικές περιόδους (Lin et al., 2022; Wallace et al., 2018). Συνεπώς, δεν μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο ότι ένα πρόγραμμα μεγαλύτερης διάρκειας ή με υψηλότερη σχετική ένταση θα οδηγούσε σε διαφοροποιήσεις υπέρ της ΠΜΑ. Κατά συνέπεια, η διάρκεια της προπονητικής παρέμβασης θα μπορούσε να επεκταθεί πέραν των τεσσάρων εβδομάδων, προκειμένου να διερευνηθεί αν η μακροχρόνια εφαρμογή της μεταβλητής αντίστασης οδηγεί σε διαφοροποιήσεις στη μέγιστη δύναμη και την παραγωγή ισχύος σε σχέση με τη σταθερή αντίσταση. Δεδομένου ότι οι βραχυπρόθεσμες προσαρμογές στη δύναμη αποδίδονται κυρίως σε νευρομυϊκούς μηχανισμούς, είναι πιθανό ότι παρεμβάσεις μεγαλύτερης διάρκειας θα επέτρεπαν την εκδήλωση επιπλέον μορφολογικών και λειτουργικών προσαρμογών, οι οποίες δεν ήταν δυνατόν να αποτυπωθούν στο περιορισμένο χρονικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

Παρά τα παραπάνω, η σημαντική αύξηση της 1ΜΕ και στις δύο προπονητικές ομάδες επιβεβαιώνει ότι τόσο η μεταβλητή όσο και η σταθερή αντίσταση αποτελούν αποτελεσματικά μέσα για τη βελτίωση της μέγιστης δυναμικής δύναμης σε ασκούμενους

με προπονητική εμπειρία. Το εύρημα αυτό έχει πρακτική σημασία, καθώς υποδεικνύει ότι η εφαρμογή ΠΜΑ με αλτήρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική προσέγγιση όταν δεν υπάρχει πρόσβαση σε εξειδικευμένο εξοπλισμό, χωρίς να υστερεί σε σχέση με την παραδοσιακή προπόνηση σταθερού φορτίου ως προς τη βελτίωση της μέγιστης δυναμικής δύναμης.

4.2. Αλτική ικανότητα

Η ταχυδύναμη των κάτω άκρων, όπως αξιολογήθηκε μέσω του κατακόρυφου άλματος με δύο πόδια αλλά και μέσω των μονόποδων αλμάτων, παρουσίασε σημαντική βελτίωση τόσο στην ομάδα προπόνησης με μεταβλητή αντίσταση όσο και στην ομάδα προπόνησης με σταθερή αντίσταση. Αντίθετα, η ομάδα ελέγχου είτε δεν εμφάνισε σημαντικές μεταβολές είτε οι βελτιώσεις που καταγράφηκαν ήταν σαφώς μικρότερου μεγέθους. Παρά το γεγονός ότι οι δύο προπονητικές ομάδες βελτίωσαν σημαντικά την αλτική τους απόδοση, δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ της ΠΜΑ και της ΠΣΑ στις τελικές μετρήσεις. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι, στο πλαίσιο ενός προγράμματος τεσσάρων εβδομάδων μονόπλευρης προπόνησης κάτω άκρων με αλτήρα, και οι δύο μορφές αντίστασης μπορούν να επιφέρουν συγκρίσιμες προσαρμογές στην παραγωγή ισχύος.

Η παραπάνω διαπίστωση συμφωνεί με μελέτες που έχουν αναφέρει ότι η ΠΜΑ μπορεί να οδηγήσει σε βελτιώσεις στην ταχυδύναμη αντίστοιχες ή ελαφρώς καλύτερες από αυτές της προπόνησης σταθερής αντίστασης, ανάλογα με το πρωτόκολλο και τον πληθυσμό που εξετάζεται (Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009; Shi et al., 2022). Η μεταβαλλόμενη αντίσταση ευθυγραμμίζεται καλύτερα με την ανοδική καμπύλη δύναμης, επιτρέποντας υψηλότερη παραγωγή δύναμης στα τελικά τμήματα της κίνησης (Ataee et al., 2014; Lin et al., 2022). Θεωρητικά, αυτό θα μπορούσε να ευνοήσει την ανάπτυξη ισχύος. Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη, η υπεροχή αυτή δεν κατέστη σταθερά εμφανής στα άλματα, καθώς υπήρξε διαφοροποίηση μόνον στο άλμα με το αριστερό πόδι, πιθανώς λόγω του ότι και οι δύο μορφές προπόνησης εφαρμόστηκαν με επαρκή έντασης και όγκου ώστε να προκαλέσουν παρόμοιες νευρομυϊκές προσαρμογές.

Ένας παράγοντας που πιθανόν συνέβαλε στη βελτίωση της αλτικής ικανότητας και στις δύο προπονητικές ομάδες είναι η φύση των ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκαν. Οι μονόπλευρες κινήσεις, όπως τα μονοποδικά καθίσματα και οι μονοποδικές άρσεις

θανάτου, απαιτούν υψηλό επίπεδο νευρομυϊκού συντονισμού, σταθεροποίησης του κορμού και ελέγχου της κίνησης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στη βιβλιογραφία, η μονόπλευρη προπόνηση μπορεί να ενισχύσει τη σταθερότητα, την ισορροπία και τη συμμετοχή των σταθεροποιητών μυών σε μεγαλύτερο βαθμό σε σύγκριση με τη δίποδη άσκηση (Saeterbakken et al., 2017; Gonzalo-Skok et al., 2019). Οι προσαρμογές αυτές πιθανώς μεταφέρθηκαν στην απόδοση ταχυδύναμης, οδηγώντας σε βελτίωση τόσο των μονόποδων όσο και των δίποδων αλμάτων.

Επιπλέον, οι βελτιώσεις που καταγράφηκαν στα μονόποδα άλματα σε όλες τις ομάδες — ακόμη και στην ομάδα ελέγχου — μπορεί εν μέρει να αποδοθούν σε ένα μικρό «μαθησιακό» αποτέλεσμα και στη βελτίωση της τεχνικής εκτέλεσης της δοκιμασίας. Ωστόσο, η μεγαλύτερη βελτίωση που παρατηρήθηκε στις δύο προπονητικές ομάδες υποδηλώνει ότι η προπόνηση με αντιστάσεις διαδραμάτισε καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση της νευρομυϊκής λειτουργίας των κάτω άκρων, επιβεβαιώνοντας την ισχυρή σχέση ανάμεσα στη μέγιστη δύναμη και την παραγωγή ισχύος, όπως περιγράφεται και στη σχετική βιβλιογραφία (Lin et al., 2022; Wallace et al., 2018).

Το γεγονός ότι η ΠΜΑ δεν υπερείχε σαφώς έναντι της ΠΣΑ στις δοκιμασίες αλμάτων, ίσως σχετίζεται με τη διάρκεια της παρέμβασης και το επίπεδο προπονητικής εμπειρίας των συμμετεχόντων. Σε άτομα με αρκετά χρόνια εμπειρίας στην προπόνηση με αντιστάσεις, οι προσαρμογές στην ισχύ ενδέχεται να απαιτούν μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα ή πιο εξειδικευμένα πρωτόκολλα, προκειμένου να γίνουν εμφανείς διαφορές μεταξύ διαφορετικών μορφών φόρτισης. Παράλληλα, η προπόνηση με αλτήρα εισάγει έναν επιπλέον βαθμό αστάθειας, ο οποίος μπορεί να κατευθύνει μέρος της προσαρμογής προς τη βελτίωση του νευρομυϊκού ελέγχου και της σταθεροποίησης, αντί για τη μέγιστη παραγωγής ισχύος.

4.3. Μέγιστη ισομετρική δύναμη

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η προπόνηση με μεταβλητή αντίσταση οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης και στα δύο κάτω άκρα, σε σύγκριση τόσο με την προπόνηση σταθερής αντίστασης, όσο και με την ομάδα ελέγχου. Αν και όλες οι ομάδες παρουσίασαν αύξηση στη μέγιστη ισομετρική σύσπαση — πιθανότατα ως αποτέλεσμα της επαναλαμβανόμενης

έκθεσης στη δοκιμασία, της νευρομυϊκής προσαρμογής και ενός ελάχιστου «μαθησιακού» αποτελέσματος — η υπεροχή της ΠΜΑ ήταν ξεκάθαρη.

Το εύρημα αυτό συμφωνεί με προηγούμενες μελέτες που υποστηρίζουν ότι η μεταβλητή αντίσταση μπορεί να ενισχύσει τη μυϊκή ενεργοποίηση και τον ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης, κυρίως λόγω της προοδευτικά αυξανόμενης μηχανικής επιβάρυνσης στα ισχυρότερα σημεία της κίνησης (Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009; Wallace et al., 2018; Lin et al., 2022). Η ΠΜΑ επιτρέπει την καλύτερη αντιστοίχιση της εξωτερικής αντίστασης με την καμπύλη παραγωγής δύναμης, αυξάνοντας το φορτίο στα τελικά στάδια της σύγκεντρης φάσης, εκεί δηλαδή όπου το μυοσκελετικό σύστημα βρίσκεται σε πιο ευνοϊκή μηχανική θέση (Ataee et al., 2014; Andersen et al., 2022). Η αυξημένη αυτή επιβάρυνση ενδέχεται να προάγει μεγαλύτερη ενεργοποίηση κινητικών μονάδων υψηλού κατωφλίου ενεργοποίησης και συνεπώς ισχυρότερες νευρομυϊκές προσαρμογές, κάτι που πιθανόν εξηγεί τη βελτίωση που παρατηρήθηκε στη μέγιστη ισομετρική ικανότητα.

Επιπλέον, η ένταξη της ελαστικής αντίστασης στο πρόγραμμα της ΠΜΑ φαίνεται να ενισχύει τη νευρομυϊκή ικανότητα παραγωγής δύναμης σε σταθεροποιημένο περιβάλλον, όπως η ισομετρική πρέσα ποδιών. Το γεγονός αυτό μπορεί να ερμηνευτεί μέσα από τον ρόλο της έκκεντρης - σύγκεντρης φόρτισης και της αυξημένης τάσης στα τελικά σημεία της κίνησης, όπως έχει καταγραφεί και σε προηγούμενες παρεμβατικές μελέτες (Katushabe & Kramer, 2020; McMaster et al., 2009). Το φαινόμενο αυτό ενδέχεται να μεταφέρεται σε ισομετρικές συνθήκες, οδηγώντας έτσι σε υψηλότερες τιμές μέγιστης παραγόμενης δύναμης.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε σε μονόπλευρες ασκήσεις με έναν αλτήρα, κάτι που αποτελεί διαφοροποίηση από τη συντριπτική πλειονότητα της βιβλιογραφίας, η οποία έχει εξετάσει τη μεταβλητή αντίσταση κυρίως σε ασκήσεις με μπάρα (π.χ. κάθισμα και πιέσεις πάγκου). Παρά το γεγονός αυτό, τα ευρήματα συμφωνούν με μεταanalύσεις ότι η ΠΜΑ μπορεί να οδηγήσει σε ίσες ή και μεγαλύτερες προσαρμογές στη δύναμη σε σύγκριση με τη σταθερή αντίσταση (Shi et al., 2022; Lin et al., 2022). Αυτό ενισχύει την άποψη ότι οι μηχανισμοί της ΠΜΑ — όπως η σταδιακά αυξανόμενη εξωτερική ροπή και η ενισχυμένη μυϊκή ενεργοποίηση — δεν περιορίζονται αποκλειστικά στις ασκήσεις με μπάρα, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά και σε πιο πρακτικά, προπονητικά πλαίσια, όπως η χρήση αλτήρων.

Τέλος, η υπεροχή της ΠΜΑ στην ισομετρική δύναμη αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον, δεδομένης της σύντομης διάρκειας της παρέμβασης (4 εβδομάδες). Σε τόσο περιορισμένα χρονικά διαστήματα, οι νευρικές προσαρμογές θεωρούνται κυρίαρχες σε σχέση με τις μορφολογικές αλλαγές. Επομένως, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης πιθανότατα αντανακλούν βελτιωμένο νευρομυϊκό συντονισμό, ταχύτερη στρατολόγηση κινητικών μονάδων και αποτελεσματικότερη παραγωγή δύναμης, στοιχεία που έχουν συσχετιστεί στη βιβλιογραφία με προγράμματα μεταβλητής αντίστασης (Lin et al., 2022; Wallace et al., 2018).

4.4. Περιορισμοί της μελέτης

Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει ορισμένους μεθοδολογικούς περιορισμούς, οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των ευρημάτων. Ένας βασικός περιορισμός αφορά στον προσδιορισμό της ελαστικής αντίστασης στο προπονητικό πρωτόκολλο. Η συνεισφορά της ελαστικής φόρτισης στο συνολικό φορτίο δεν μετρήθηκε άμεσα με εξειδικευμένο εξοπλισμό, αλλά εκτιμήθηκε έμμεσα βάσει των ονομαστικών χαρακτηριστικών του λάστιχου και του τρόπου εφαρμογής του κατά την άσκηση. Παρότι ο στόχος ήταν η συνεισφορά της ελαστικής αντίστασης στην τελική φάση της κίνησης να προσεγγίζει το 20% της 1ME, είναι πιθανό το πραγματικό ποσοστό συμμετοχής της να διαφοροποιήθηκε μεταξύ των συμμετεχόντων, επηρεαζόμενο από παράγοντες όπως το εύρος κίνησης, το μήκος του άκρου και η ακριβής τοποθέτηση του λάστιχου. Το γεγονός αυτό περιορίζει την ακρίβεια με την οποία μπορεί να εκτιμηθεί το πραγματικό ελαστικό φορτίο και δυσχεραίνει την άμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων με μελέτες στις οποίες η μεταβλητή αντίσταση έχει μετρηθεί εργαστηριακά. Ωστόσο, το πρωτόκολλο αντικατοπτρίζει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται η προπόνηση με ελαστική αντίσταση σε πραγματικές συνθήκες άσκησης. Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν άμεση μέτρηση της ελαστικής φόρτισης μέσω αισθητήρων δύναμης ή άλλων συστημάτων καταγραφής, ώστε να ποσοτικοποιηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια το ποσοστό συμμετοχής της μεταβλητής αντίστασης στο συνολικό φορτίο. Η ακριβής αυτή καταγραφή θα επέτρεπε επίσης τη διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα σε διαφορετικά επίπεδα ελαστικής συνεισφοράς και στις νευρομυϊκές προσαρμογές, οδηγώντας σε πιο στοχευμένες οδηγίες εφαρμογής στην προπονητική πράξη.

Ένας δεύτερος περιορισμός αφορά στη διαδικασία αξιολόγησης της μέγιστης δυναμικής δύναμης μέσω της 1ΜΕ στο μονοποδικό κάθισμα με χρήση αλτήρα στο ένα χέρι. Σε ορισμένους συμμετέχοντες παρατηρήθηκε ότι η ικανότητα συγκράτησης του αλτήρα με το άνω άκρο αποτέλεσε περιοριστικό παράγοντα, πιθανώς μικρότερο σε σχέση με τη μέγιστη ικανότητα παραγωγής δύναμης του κάτω άκρου. Ως αποτέλεσμα, σε κάποιες περιπτώσεις το φορτίο που χρησιμοποιήθηκε ενδέχεται να ήταν χαμηλότερο από το πραγματικά μέγιστο που θα μπορούσε να παραχθεί από τα κάτω άκρα, οδηγώντας πιθανώς σε υποεκτίμηση της 1ΜΕ. Μία πιθανή λύση σε μελλοντικές μελέτες θα ήταν η χρήση ιμάντων καρπού, ώστε να μειώνεται ο περιοριστικός ρόλος της δύναμης λαβής και να αξιολογείται με μεγαλύτερη ακρίβεια η μέγιστη δυναμική ικανότητα των κάτω άκρων.

Επιπλέον, το μέγεθος του δείγματος ήταν σχετικά μικρό, γεγονός που πιθανόν να έχει περιορίσει τη στατιστική ισχύ της μελέτης και την ικανότητα ανίχνευσης μικρών διαφορών μεταξύ των ομάδων. Η εξωτερική εγκυρότητα των αποτελεσμάτων επηρεάζεται επίσης από τα χαρακτηριστικά του δείγματος, καθώς οι συμμετέχοντες ήταν υγιείς, προπονημένοι ενήλικες. Συνεπώς, τα ευρήματα δεν μπορούν να γενικευθούν χωρίς επιφύλαξη σε μη προπονημένους πληθυσμούς, σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας ή σε άτομα με μυοσκελετικές δυσλειτουργίες. Η εφαρμογή αντίστοιχων παρεμβάσεων σε διαφορετικούς πληθυσμούς, όπως μη προπονημένα άτομα, αθλητές συγκεκριμένων αθλημάτων, άτομα μεγαλύτερης ηλικίας ή πληθυσμούς με μυοσκελετικές δυσλειτουργίες, θα μπορούσε να προσφέρει πληρέστερη εικόνα σχετικά με τη γενίκευση των ευρημάτων.

Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η παρούσα μελέτη προσφέρει ουσιαστικά δεδομένα σχετικά με την εφαρμογή της προπόνησης με μεταβλητή αντίσταση σε μονόπλευρες ασκήσεις με αλτήρα και μπορεί να αποτελέσει αφετηρία για περαιτέρω ερευνητική διερεύνηση. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να συνδυάσουν τη μεταβλητή αντίσταση με προηγμένες μεθόδους αξιολόγησης, όπως ανάλυση του ρυθμού ανάπτυξης δύναμης, κινηματική και κινητική ανάλυση της κίνησης ή ηλεκτρομυογραφική καταγραφή. Μια τέτοια προσέγγιση θα επέτρεπε την πληρέστερη κατανόηση των υποκείμενων μηχανισμών μέσω των οποίων η μεταβλητή αντίσταση επηρεάζει τη νευρομυϊκή λειτουργία.

Συνολικά, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η προπόνηση με αντιστάσεις, είτε με σταθερό είτε με μεταβαλλόμενο φορτίο, βελτιώνει σημαντικά την αλτική ικανότητα και την παραγωγή ισχύος σε ασκούμενους με εμπειρία στην προπόνηση δύναμης. Το εύρημα

αυτό έχει πρακτική σημασία, καθώς καταδεικνύει ότι η ΠΜΑ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική ή συμπληρωματική μέθοδος, χωρίς να υστερεί σε σχέση με την παραδοσιακή προπόνηση, ειδικά όταν εφαρμόζεται σε λειτουργικές, μονόπλευρες ασκήσεις με αλτήρα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη εξέτασε την επίδραση ενός προγράμματος προπόνησης τεσσάρων εβδομάδων με μεταβλητή αντίσταση, σε σύγκριση με την προπόνηση σταθερής αντίστασης, στη δύναμη και την ισχύ των κάτω άκρων υγιών, προπονημένων ατόμων, μέσω μονόπλευρων ασκήσεων με έναν αλτήρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και οι δύο μορφές προπόνησης ήταν αποτελεσματικές στη βελτίωση της μέγιστης δυναμικής δύναμης (1ΜΕ) και της αλτικής ικανότητας, χωρίς να παρατηρηθεί υπεροχή της μεταβλητής αντίστασης έναντι της σταθερής στις παραμέτρους αυτές.

Αντίθετα, η προπόνηση με μεταβλητή αντίσταση οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης και στα δύο κάτω άκρα σε σύγκριση με την προπόνηση σταθερής αντίστασης και με την ομάδα ελέγχου. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η προοδευτικά αυξανόμενη αντίσταση στα ισχυρότερα τμήματα της κίνησης μπορεί να ευνοεί νευρομυϊκές προσαρμογές που σχετίζονται ιδιαίτερα με την ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης σε ισομετρικές συνθήκες.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι η μεταβλητή αντίσταση αποτελεί μία πρακτική και αποτελεσματική προπονητική μέθοδο για τη βελτίωση της δύναμης των κάτω άκρων, ακόμη και όταν εφαρμόζεται σε λειτουργικές, μονόπλευρες ασκήσεις με αλτήρα. Παράλληλα, η μη ανώτερη επίδρασή της στη μέγιστη δυναμική δύναμη και στην παραγωγή ισχύος σε σχέση με τη σταθερή αντίσταση υπογραμμίζει ότι και οι δύο μορφές φόρτισης μπορούν να χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά, ανάλογα με τους στόχους και τα χαρακτηριστικά των ασκούμενων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Aerenhouts, D., & D'Hondt, E. (2020). Using machines or free weights for resistance training in novice males? a randomized parallel trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 7848. <https://doi.org/10.3390/ijerph17217848>
2. Andersen, V., Pedersen, H. W., Fimland, M. S., Shaw, M., Solstad, T. E. J., Stien, N., Cumming, K. T., & Sæterbakken, A. H. (2020). Acute effects of elastic bands as resistance or assistance on EMG, kinetics, and kinematics during deadlift in Resistance-Trained men. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.598284>
3. Andersen, V., Prieske, O., Stien, N., Cumming, K. T., Solstad, T. E. J., Paulsen, G., Van Den Tillaar, R., Pedersen, H. W., & Sæterbakken, A. H. (2022). Comparing the effects of variable and traditional resistance training on maximal strength and muscle power in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(12), 1023–1032. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.08.009>
4. Andersen, V., Fimland, M. S., Brennset, O., Haslestad, L. R., Lundteig, T., Skalleberg, K., & Saeterbakken, A. H. (2015). Muscle activation in asymmetric bench press among resistance-trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3366–3374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000982>
5. Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 567–574. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181634d1e>
6. Ataee, J., Koozehchian, M., Kreider, R. B., & Zuo, L. (2014). Effectiveness of accommodation and constant resistance training on maximal strength and power in trained athletes. *PeerJ*, 2, e441. <https://doi.org/10.7717/peerj.441>
7. Baechle, T. R., & Earle, R. W. (Eds.). (2016). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
8. Botton, C. E., Radaelli, R., Wilhelm, E. N., Rech, A., Brown, L. E., & Pinto, R. S. (2016). Neuromuscular Adaptations to Unilateral vs. Bilateral Strength Training in Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1924–1932. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001125>
9. Clark, D. R., Lambert, M., & Hunter, A. M. (2012). Muscle activation in the loaded free barbell squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1169–1178. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31822d533d>
10. Da Silva-Grigoletto, M. E., Mesquita, M. M. A., Aragão-Santos, J. C., Santos, M. S., De Resende-Neto, A. G., DeSantana, J. M., & Behm, D. G. (2019). Functional Training

Induces Greater Variety and Magnitude of Training Improvements than Traditional Resistance Training in Elderly Women. *PubMed*, 18(4), 789–797. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31827364>

11. Darmiento, A., Galpin, A. J., & Brown, L. E. (2012). Vertical jump and power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 34–43. <https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e3182752b25>
12. De Campos, G. C., Luecke, T., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., & Staron, R. S. (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>
13. Diamant, W. P., Geisler, S., Havers, T., & Knicker, A. (2021). Comparison of EMG Activity between Single-Leg Deadlift and Conventional Bilateral Deadlift in Trained Amateur Athletes - An Empirical Analysis. *International Journal of Exercise Science*, 14(1), 187–201. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34055137/>
14. Folland, J. P., & Morris, B. (2008). Variable-cam resistance training machines: Do they match the angle – torque relationship in humans? *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 163–169. <https://doi.org/10.1080/02640410701370663>
15. Galpin, A. J., Malyszek, K. K., Davis, K. A., Record, S. M., Brown, L. E., Coburn, J. W., Harmon, R. A., Steele, J. M., & Manolovitz, A. D. (2015). Acute effects of elastic bands on kinetic characteristics during the deadlift at moderate and heavy loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3271–3278. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000987>
16. Ghigiarelli, J. J., Nagle, E. F., Gross, F. L., Robertson, R. J., Irrgang, J. J., & Myslinski, T. (2009). The effects of a 7-Week heavy elastic band and weight chain program on Upper-Body Strength and Upper-Body Power in a sample of Division 1-AA football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 756–764. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181a2b8a2>
17. Gonzalo-Skok, Ó., Tous-Fajardo, J., Suárez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Méndez-Villanueva, A. (2017). Single-Leg power output and Between-Limbs imbalances in Team-Sport players: Unilateral versus bilateral combined resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 106–114. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0743>
18. Grgić, J., Schöenfeld, B. J., Skrepnik, M., Davies, T. B., & Mikulić, P. (2017). Effects of rest interval duration in resistance training on Measures of Muscular strength: a Systematic review. *Sports Medicine*, 48(1), 137–151. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0788-x>

19. Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2016). Essentials of strength training and conditioning. In *Human Kinetics eBooks*. <https://ro.ecu.edu.au/ecuworkspost2013/1882/>
20. Joy J. M., Lowery R. P., de Souza E. O. Wilson J. M. Elastic bands as a component of periodized resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016;30(8):2100–2106. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182986bef
21. Katushabe, E. T., & Kramer, M. R. (2020). Effects of combined power band resistance training on sprint speed, agility, vertical jump height, and strength in collegiate soccer players. *PubMed*, 13(4), 950–963. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32922637>
22. Kobayashi, Y., Kubo, K., & Kanehisa, H. (2018). Neuromuscular adaptations to unilateral versus bilateral strength training in women. *European Journal of Applied Physiology*, 118(6), 1153–1161. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3844-9>
23. Kompf, J., & Arandjelović, O. (2016). Understanding and overcoming the sticking point in resistance exercise. *Sports Medicine*, 46(6), 751–762. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0460-2>
24. Krol, H., Sobota, G., Nawrocka, M., & Nowak, M. (2020). Effect of load distribution on trunk muscle activity with lunge exercises in amateur athletes. *Journal of Human Kinetics*, 74, 15–25. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0012>
25. Kubo, T., Hirayama, K., Nakamura, N., & Higuchi, M. (2018). Effect of accommodating elastic bands on mechanical power output during back squats. *Sports*, 6(4), 151. <https://doi.org/10.3390/sports6040151>
26. Lauder, M. A., & Lake, J. P. (2008). Biomechanical comparison of unilateral and bilateral power snatch lifts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 653–660. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181660c89>
27. Lee, S., Schultz, J. G., Timgren, J., Staelgraeve, K., Miller, M. G., & Liu, Y. (2018). An electromyographic and kinetic comparison of conventional and Romanian deadlifts. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 16(3), 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2018.08.001>
28. Lin, Y. T., Xu, Y., Hong, F., Li, J., Ye, W., & Korivi, M. (2022). Effects of Variable-Resistance Training versus Constant-Resistance Training on Maximum Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8559. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148559>
29. López-De-Celis, C., Labata-Lezáun, N., Romaní-Sánchez, S., Gassó-Villarejo, S., Garcia-Ribell, E., Rodríguez-Sanz, J., & Pérez-Bellmunt, A. (2023). Effect of Load Distribution on Trunk Muscle Activity with Lunge Exercises in Amateur Athletes: Cross-Sectional Study. *Healthcare*, 11(6), 916. <https://doi.org/10.3390/healthcare11060916>

30. McMaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. R. (2009). Forms of variable resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 31(1), 50–64. <https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e318195ad32>
31. Nijem, R. M., Coburn, J. W., Brown, L. E., Lynn, S. K., & Ciccone, A. B. (2016). Electromyographic and force plate analysis of the deadlift performed with and without chains. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1177–1182. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001351>
32. Ojeda, Á. H., Zapata, C. C., Barahona-Fuentes, G., Cabrera, M. M. Y., & Chiroso, L. J. (2023). Variable Resistance—An Efficient Method to generate muscle potentiation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 4316. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054316>
33. Saeterbakken, A., Andersen, V., Brudeseth, A., Lund, H., & Fimland, M. S. (2015). The effect of performing bi- and unilateral row exercises on core muscle activation. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 900–905. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398646>
34. Sæterbakken, A. H., & Fimland, M. S. (2011). Muscle activity of the core during bilateral, unilateral, seated and standing resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1671–1678. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2141-7>
35. Sæterbakken, A. H., & Fimland, M. S. (2013). Effects of body position and loading modality on muscle activity and strength in shoulder presses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(7), 1824–1831. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318276b873>
36. Saeterbakken, A. H., Mo, D.-A., Scott, S., & Andersen, V. (2017). The effect of performing bi- and unilateral row exercises on core muscle activation. *International Journal of Sports Medicine*, 38(5), 359–364. <https://doi.org/10.1055/s-0042-123033>
37. Shi, L., Cai, Z., Chen, S., & Han, D. (2022). Acute effects of variable resistance training on force, velocity, and power measures: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 10, e13870. <https://doi.org/10.7717/peerj.13870>
38. Stevenson, M. W., Warpeha, J. M., Dietz, C. C., Giveans, R. M., & Erdman, A. G. (2010). Acute effects of elastic bands during the free-weight barbell back squat exercise on velocity, power, and force production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 2944–2954. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181db25de>
39. Swinton, P., Stewart, A. D., Keogh, J. W. L., Agouris, I., & Lloyd, R. (2011). Kinematic and kinetic analysis of maximal velocity deadlifts performed with and without the inclusion of chain resistance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3163–3174. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318212e389>

40. Wallace, B., Bergstrom, H. C., & Butterfield, T. A. (2018). Muscular bases and mechanisms of variable resistance training efficacy. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13(6), 1177–1188. <https://doi.org/10.1177/1747954118810240>
41. Welsch, E. A., Bird, M., & Mayhew, J. L. (2005). Electromyographic activity of the pectoralis major and anterior deltoid during three upper-body lifts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 449–452. <https://doi.org/10.1519/R-15853.1>
42. Wirth, K., Keiner, M., Hartmann, H., Sander, A., & Mickel, C. (2016). Effect of 8 weeks of free-weight and machine-based strength training on strength and power performance. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 201–210. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0023>
43. Zemková, E. (2022). Strength and Power-Related Measures in assessing core muscle performance in sport and rehabilitation. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.861582>
44. Zhang, W., Chen, X., Xu, K., Xie, H., Li, D., Ding, S., & Sun, J. (2023). Effect of unilateral training and bilateral training on physical performance: A meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1128250>
45. Zhao, X., Turner, A. P., Sproule, J., & Phillips, S. (2023). The effect of unilateral and bilateral leg press training on lower body strength and power and athletic performance in adolescent rugby players. *Journal of Human Kinetics*, 86(1), 235–246. <https://doi.org/10.5114/jhk/159626>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φωτογραφίες εκτέλεσης των ασκήσεων που εφαρμόστηκαν στα προγράμματα προπόνησης.

Μονόποδη άρση θανάτου (ρουμάνικη παραλλαγή) με το πίσω πόδι να στηρίζεται στα δάχτυλα



Μονόποδο κάθισμα (βουλγάρικη παραλλαγή)



Πιέσεις στήθους από όρθια θέση σε τροχαλία



Δυναμική σανίδα με στήριξη στις παλάμες (γόνατα εναλλάξ στο στήθος)

