



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΚΛΑΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΠΟΔΙΚΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ»**

**Ζωή Παπαδοπούλου
Δήμητρα Οικονόμου**

Επιβλέπων Καθηγητής: Γρηγόρης Μπογδάνης

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

© Copyright
Ζωή Παπαδοπούλου
Δήμητρα Οικονόμου
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

(Έγκριση της εργασίας)

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΠΟΔΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η ανάλυση της μυϊκής ενεργοποίησης κατά την εκτέλεση μονοποδικών και διποδικών ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης και η επίδραση τους στην ισορροπία. Με βάση την εξέταση αρκετών ερευνών προέκυψε το συμπέρασμα ότι υπήρξε βελτίωση στην μυϊκή απόδοση των κάτω άκρων μετά από την εκτέλεση προγράμματος ενδυνάμωσης και των δύο τύπων ασκήσεων (μονοποδικών και διποδικών). Ωστόσο μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση, βελτίωση ως προς την ταχύτητα και την ισορροπία εμφανίστηκε μετά από την εκτέλεση προγράμματος προπόνησης μονοποδικών ασκήσεων. Αποτελεσματικότερη μέθοδος προπόνησης ως προς την ισορροπία φάνηκε να είναι η μονοποδική προπόνηση. Στις μονοποδικές ασκήσεις παρουσιάστηκε μεγαλύτερη ενεργοποίηση των κυρίαρχων μυών οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την διατήρηση της ισορροπίας. Για την εύρεση επιστημονικών άρθρων χρησιμοποιήθηκε η μηχανή αναζήτησης «Pubmed». Τα αποτελέσματα τα οποία βρέθηκαν στην παρούσα έρευνα είναι αρκετά σημαντικά για την αποτελεσματικότερη ενδυνάμωση των κάτω άκρων και κυρίως της ποδοκνημικής άρθρωσης, με σκοπό την βελτίωση της ισορροπίας, την μεγιστοποίηση της μυϊκής αντοχής και της ταχύτητας και την αποφυγή τραυματισμών.

Λέξεις κλειδιά: muscle strengthening, bilateral strengthening, unilateral strengthening, one-leg exercise, two-leg exercise, two-leg training, unilateral exercises, unilateral training, bilateral exercises, bilateral training, strength training, resistance training, balance, one-leg balance, unilateral balance, postural control.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	10
1.2. ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	10
1.3. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΩΤΗΜΑ.....	10
1.4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	10
1.4.1. ΔΙΕΥΚΡΙΝΗΣΗ ΟΡΩΝ.....	11
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	11
2.1. ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ.....	11
2.2. ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΕΣ – ΔΙΠΟΔΙΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ.....	13
2.2.1. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ..	15
2.2.2. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΗ.....	18
2.2.3. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΜΥΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ, ΣΤΗΝ ΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ, ΣΤΗΝ ΔΡΟΜΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΗ.....	19
2.2.4. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ, ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΡΥΘΜΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ.....	23
2.2.5. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΔΡΟΜΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΗ..	26
2.2.6. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	27
2.3. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ.....	30
2.3.1. ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΚΑΙ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	31
2.3.2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ	

ΣΤΟΥΣ ΜΥΣ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ.....	32
2.3.3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΥΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΠΟΔΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗ ΣΤΗΡΙΞΗ.....	35
2.3.4. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ.....	36
2.3.5. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.....	39
III. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
IV. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1.α. ΜΥΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΡΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ – ΣΥΓΚΕΝΤΡΗ (RMS mV).....	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1.β. ΜΥΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΕ ΤΡΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ – ΕΚΚΕΝΤΡΗ (RMS mV).....	17
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΥΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ, ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΕ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΕΣ (UG) ΚΑΙ ΔΙΠΟΔΙΚΕΣ (BG) ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ..	19
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.3.α. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ (ΚΥΡΙΑΡΧΟ ΠΟΔΙ).....	21
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.3.β. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ ΔΙΠΟΔΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ.....	22

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.4. ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ (RDF) ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΔΙΠΟΔΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΩΝ (ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΤΟΥ ΔΕΞΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΡΙΣΤΕΡΟΥ ΠΟΔΙΟΥ) ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΙΣΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΠΟΔΙΟΥ, ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΟΜΑΔΩΝ (ΜΟΝΟΜΕΡΗ=Μ ΚΑΙ ΔΙΜΕΡΗ=Δ ΟΜΑΔΑ).....	25
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.5. ΟΙ ΑΛΛΑΓΕΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗΣ ΠΕΝΤΕ ΕΒΔΟΜΑΔΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΠΡΙΝΤ 10 ΚΑΙ 40 ΜΕΤΡΩΝ, ΤΟ PRO-AGILITY ΚΑΙ ΤΗΝ 1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ RLESS...27	27
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.6. ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΟ ΚΑΘΕΤΟ ΑΛΜΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΩΝ ΟΚΤΩ ΕΒΔΟΜΑΔΩΝ.....	29
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ.....	34
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΜΥΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ.....	38
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.5.α. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΣΗΣ ΔΕΝΤΡΟΥ.....	42
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.5.β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΤΡΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ ΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.....	43

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.5.γ. ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ (ΣΕ %) ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ.....	45
--	-----------

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 2.3.5.α. ΜΥΙΚΗ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΡΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΤΗΣ ΣΤΑΣΗΣ ΔΕΝΤΡΟΥ.....	43
---	-----------

ΣΧΗΜΑ 2.3.5.β. ΜΥΙΚΗ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΡΙΩΝ ΜΟΡΦΩΝ ΤΗΣ ΣΤΑΣΗΣ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ.....	44
--	-----------

ΣΧΗΜΑ 2.3.5.γ. ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΥΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ (ΣΕ %) ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ.....	45
--	-----------

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Άσκηση είναι μία μορφή φυσικής δραστηριότητας προσχεδιασμένη, δομημένη και επαναλαμβανόμενη που στοχεύει στην βελτίωση ή στην διατήρηση της υγείας και της ευρωστίας.[1] Μέσω της σωματικής άσκησης επιτυγχάνεται η μυϊκή ενδυνάμωση. Η προπόνηση ενδυνάμωσης είναι πολύτιμο εργαλείο για την πρόληψη τραυματισμών[2], παράλληλα είναι μία σύνθετη και πολύ απαιτητική διαδικασία. Στηρίζεται σε αρχές και μεθοδολογικές προσεγγίσεις, που σχεδιάζονται για να βοηθήσουν τους αθλητές να φτάσουν στην μεγαλύτερη δυνατή βελτίωση των χαρακτηριστικών της νευρομυϊκής λειτουργίας (μέγιστη δύναμη, μυϊκή αντοχή, ειδική, ελαστική, εκρηκτική δύναμη, επιδεξιότητα), συμβάλλοντας στην βελτίωση της απόδοσης στο άθλημα ή αγώνισμα στο οποίο δραστηριοποιούνται. [3] Η μυϊκή δύναμη και η κατάλληλη ενεργοποίηση των μυϊκών ομάδων των κάτω άκρων, μπορεί να συμβάλει στην ενίσχυση της σταθερότητας της άρθρωσης, ώστε να μειωθεί η πίεση στις αρθρώσεις. Επιπλέον, η μυϊκή δύναμη μπορεί να επηρεάσει τον έλεγχο και τον συντονισμό των κάτω άκρων. Αυτό είναι εφικτό να συμβεί, μέσω της συνενεργοποίησης των μυών της άρθρωσης του γόνατος, του ισχίου και της ποδοκνημικής άρθρωσης.[4] Τέλος, η ισορροπία είναι η κίνηση κατά την οποία το σώμα ισορροπεί σε μία περιορισμένη βάση στήριξης, το κέντρο βάρους του σώματος περνά απ' το σημείο στήριξης και η συνισταμένη των δυνάμεων που επιδρούν είναι ίση με το μηδέν. Απαραίτητα στοιχεία για την καλή εκτέλεση των ισορροπιών είναι η μυϊκή συνέργεια, ο συντονισμός και η σταθερότητα.[5]

1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης είναι να εξεταστεί ποια από τις δύο μεθόδους ενδυνάμωσης των κάτω άκρων, η μονοποδική ή η διποδική, επιδρά αποτελεσματικότερα στην ισορροπία.

1.2. Σημαντικότητα της μελέτης

Λαμβάνοντας υπόψη τις υψηλές απαιτήσεις του πρωταθλητισμού την περίοδο που διανύουμε, κύριος στόχος του προπονητή και του αθλητή είναι η επίτευξη, όσο το δυνατόν, καλύτερων επιδόσεων. Οι προπονητές είναι σημαντικό να εντάξουν στο προπονητικό πρόγραμμα μονοποδικές ασκήσεις ενδυνάμωσης, ώστε με αυτό τον τρόπο να επιτευχθεί το μέγιστο επιθυμητό αποτέλεσμα. Στόχος είναι η αύξηση της μυϊκής μάζας με επακόλουθο την μεγιστοποίηση της δύναμης και της ταχύτητας. Τέλος, η αποτελεσματική ενδυνάμωση των κάτω άκρων επιφέρει σημαντικό όφελος ως προς την αποφυγή τραυματισμών και την βελτίωση της ισορροπίας.

1.3. Ερευνητικό ερώτημα

Ποια είναι η επίδραση των μονοποδικών και διποδικών ασκήσεων στη δύναμη και πώς η προπόνηση ενδυνάμωσης με τις δύο αυτές μεθόδους επιδρά στην ισορροπία;

1.4. Μεθοδολογία

Για την παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η μηχανή αναζήτησης Pubmed με λέξεις κλειδιά: muscle strengthening, bilateral strengthening, unilateral

strengthening, one-leg exercise, two-leg exercise, two-leg training, unilateral exercises, unilateral training, bilateral exercises, bilateral training, strength training, resistance training, balance, one-leg balance, unilateral balance, postural control. Έγινε αναζήτηση με σκοπό την επιλογή, όσο το δυνατόν περισσότερων πειραματικών ερευνών.

1.4.1. Διευκρίνιση όρων

- ΜΠ: μονοποδικές ασκήσεις. Είναι ασκήσεις ενδυνάμωσης οι οποίες εκτελούνται με το ένα πόδι.
- ΔΠ: διποδικές ασκήσεις. Είναι ασκήσεις ενδυνάμωσης οι οποίες εκτελούνται με τα δύο πόδια.
- UG: μονοποδική ομάδα
- BG: διποδική ομάδα
- RLESS: βαθύ μονοποδικό κάθισμα με πόδι στήριξης ανυψωμένο σε πάγκο.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Ενδυνάμωση

Η μυϊκή ενδυνάμωση βοηθά στη διατήρηση της καλής φυσικής κατάστασης. Συγκεκριμένα είναι μια μορφή εξάσκησης με βάρη κατά την οποία αυξάνεται η μυϊκή μάζα, η μυϊκή αντοχή και η δύναμη ισορροπημένα. Παράλληλα, με τη σωστή προπόνηση, βελτιώνεται η αεροβική ικανότητα (αντοχή), η ευκαμψία, το πνεύμα και γενικά επωφελείται όλος ο οργανισμός . Επομένως είναι μια υγιής και απαραίτητη δραστηριότητα για τον άνθρωπο. [6]

Η προπόνηση για την αύξηση της μυϊκής δύναμης αποτελεί βασικό μεθοδολογικό εργαλείο τόσο για την προετοιμασία των αθλητών όσο και για τον ασκούμενο άνθρωπο που στοχεύει στην βελτίωση της ευεξίας και ευρωστίας του.[8] Στόχος της μυϊκής ενδυνάμωσης είναι η ενίσχυση της προσπάθειας των αθλητών, ώστε να μεγιστοποιήσουν την απόδοσή τους αποφεύγοντας τους τραυματισμούς.[8]

Ο πιο γνωστός εξοπλισμός ή μέθοδος που παρέχει ποσοτικές μετρήσεις της δύναμης, όπως είναι τα ισοκινητικά και τα φορητά δυναμόμετρα, έχουν αποδειχθεί ότι παρέχουν έμπιστα και έγκυρα αποτελέσματα. Τα ισοκινητικά δυναμόμετρα παρέχουν ισοκινητικές (ομόκεντρες και έκκεντρες) και ισομετρικές μετρήσεις ενώ τα φορητά δυναμόμετρα παρέχουν μόνο ισομετρικές μετρήσεις.[7]

Οφέλη μυϊκής ενδυνάμωσης:

Ο καθένας που ξεκινά προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης έχει τον δικό του στόχο. Ο κυριότερος στόχος, πέρα από την υγεία, είναι η αρμονική σωματική διάπλαση. Άλλοι συνηθισμένοι στόχοι επίσης είναι: η μείωση σωματικού λίπους, η αύξηση της μυϊκής μάζας κτλ. Έχει πολλά οφέλη να προσφέρει στους ασκούμενους και σίγουρα αποτελεί μια σημαντική διέξοδο του σύγχρονου ανθρώπου. Μερικά από τα οφέλη είναι:

- Προάγει την υγεία και την ευεξία.
- Δυναμώνει τον οργανισμό, υποστηρίζει αποτελεσματικότερα τις κινητικές απαιτήσεις της ζωής (π.χ. στη δουλειά, στον αθλητισμό).
- Μειώνει τους κινδύνους τραυματισμού.
- Γυμνάζει το σώμα και δυναμώνει τα οστά (πιο πλούσια σε ανόργανα άλατα), οπότε αποφεύγεται η οστεοπόρωση.

- Προλαμβάνει την πρόωρη φθορά του μυϊκού και του ερειστικού συστήματος.

[6]

Σχετικά με την προπόνηση ενδυνάμωσης των κάτω άκρων, αναλύονται δύο είδη προπόνησης. Το πρώτο είδος περιλαμβάνει μονοποδικές ασκήσεις ενδυνάμωσης και το δεύτερο είδος περιλαμβάνει διποδικές ασκήσεις.

2.2. Μονοποδικές – Διποδικές ασκήσεις

Οι ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης συχνά εκτελούνται με δύο διαφορετικούς τρόπους, με την χρήση ενός άκρου (μονομερείς) ή με την χρήση και των δύο άκρων (διμερείς). [11] Η αποτελεσματική ενδυνάμωση των ποδιών, των γλουτών και της πλάτης μέσω μιας συστηματικής προπόνησης καθισμάτων με αντίσταση, βελτιώνει την απόδοση του αθλητή όταν εμπεριέχεται στο αθλητικό πρόγραμμα. [9]

Μία θεμελιώδης άσκηση η οποία εκτελείται με την χρήση και των δύο ποδιών είναι το κάθισμα με μπάρα στους ώμους, η οποία προβλέπεται για τους αθλητές αλλά και για τους απλούς ασκούμενους, με σκοπό την ενδυνάμωση του κάτω μέρους του σώματος. [12] Παράλληλα, η μονόπλευρη μυϊκή συστολή, όχι μόνο παράγει δραστηριότητα στην στοχευμένη μυϊκή ομάδα αλλά επίσης επιδρά στους αντίπλευρους, ομόλογους μύες. [10] Όσον αφορά τις ασκήσεις ενδυνάμωσης με ένα πόδι, τον τελευταίο καιρό έχει προταθεί ότι το βαθύ μονοποδικό κάθισμα με πόδι στήριξης ανυψωμένο σε πάγκο (rear leg elevated split squat -RLESS) τοποθετεί λιγότερη συμπιεστική δύναμη στην πλάτη ενώ τοποθετεί περισσότερη πίεση στα πόδια, στους γλουτούς και τους σταθεροποιητές μύες. [9]

Θέση σώματος και εκτέλεση του RLESS: Ο ασκούμενος τοποθετεί το αριστερό πόδι στο έδαφος κάτω από το ισχίο, με το δεξί πόδι ανυψωμένο πίσω του

τοποθετημένο με τον ταρσό σε πάγκο ύψους 40cm, σχεδιασμένο για μονοποδικά καθίσματα. Ο ασκούμενος, κατεβαίνει σε θέση στην οποία το γόνατο του δεξιού ποδιού (πόδι αιώρησης) να ακουμπήσει το έδαφος και έπειτα να επανέρχεται στην αρχική του θέση.[9]

Αρκετά σημαντική είναι η αναφορά στο φαινόμενο bilateral deficit (διμερές έλλειμμα), δηλαδή το άθροισμα των δυνάμεων που παράγεται από το κάθε άκρο στις μονομερείς ασκήσεις (για παράδειγμα κατακόρυφο άλμα) είναι μεγαλύτερο από αυτό που παράγεται στις διμερείς ασκήσεις. [14] Το φαινόμενο αυτό έχει αποδοθεί σε μειωμένη νευρική κίνηση και σε αποτυχία να ενεργοποιηθούν στο μέγιστο οι μυς των 2 άκρων όταν συστέλλονται ταυτόχρονα [17]

Συνεπώς φαίνεται ότι η εκτέλεση μονομερών ασκήσεων ενδυνάμωσης μπορεί να αποφέρει καλύτερα αποτελέσματα σε δύναμη, νευρομυϊκή προσαρμογή και ισορροπία απ' ότι η εκτέλεση διμερών ασκήσεων.

Στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση, σε δύο έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν, οι μετρήσεις έγιναν μέσω ηλεκτρομυογραφήματος. Οι ηλεκτρομυογραφικές αναλύσεις συνήθως διεξάγονται για να ποσοτικοποιήσουν την ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών κατά την διάρκεια της προπόνησης με βάρη. [9]

Στην συνέχεια γίνεται η ανάλυση επτά ερευνών οι οποίες αφορά κυρίως την σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ μονοποδικών και διποδικών προπονητικών προγραμμάτων καθώς και λίγα λόγια για την μεθοδολογία τους.

2.2.1. Επιδράσεις στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα

Έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ελίτ αθλήτριες με ηλεκτρομυογράφημα το οποίο μέτρησε τα επίπεδα μυϊκής δραστηριότητας των δικέφαλων μηριαίων, των ορθών μηριαίων και των μέσων γλουτιαίων ενώ οι αθλήτριες εκτελούσαν δύο ασκήσεις ενδυνάμωσης με βάρη (κλασικά καθίσματα και βαθύ μονοποδικό κάθισμα με πόδι στήριξης ανυψωμένο σε πάγκο). Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας έδειξαν ότι τα RLESS με βάρη παρήγαγαν μεγαλύτερη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα στους δικέφαλους μηριαίους και στους μέσους γλουτιαίους σε σύγκριση με τα κλασικά καθίσματα. [12]

Σε άλλη μία έρευνα στην οποία έλαβαν μέρος εννέα υγιείς άντρες ο σκοπός ήταν η εύρεση της ενεργοποίησης των μυών του κάτω άκρου κατά την εκτέλεση τριών διαφορετικών ασκήσεων ενδυνάμωσης κάτω άκρων. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε στον μέγα γλουτιαίο, τον δικέφαλο μηριαίο, τον ημιτενοντώδη, τον ορθό μηριαίο, τον έξω πλατύ, τον έσω πλατύ, τον πρόσθιο μηριαίο και τον μέσο γαστροκνήμιο. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τρεις ασκήσεις: διποδικά καθίσματα, βαθύ μονοποδικό κάθισμα με πόδι στήριξης ανυψωμένο σε πάγκο και προβολές.[9] Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας (βλ. Πίνακα 2.2.1.β. και Πίνακα 2.2.1.γ.) έδειξαν μεγαλύτερη ενεργοποίηση στην άσκηση RLESS σε αρκετούς μυς του κάτω άκρου σε σχέση με τις άλλες δύο ασκήσεις. Συγκεκριμένα βλέπουμε αξιοσημείωτη αύξηση στον γαστροκνήμιο μυ.

Πίνακας 2.2.1.α. Μυϊκή δραστηριότητα σε τρεις ασκήσεις ενδυνάμωσης κάτω άκρων.
Σύγκεντρη (RMS mV)

(Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Bradley A DeFORES et al., 2014)

	<u>Διποδικά</u> <u>Καθίσματα</u>	<u>RLESS</u>	<u>Προβολές</u>
Μέγας γλουτιαίος	361.1 ± 228.6	287.8 ± 166.4	258.9 ± 144.7
Δικέφαλος μηριαίος	392.2 ± 220.4	396.7 ± 186.6	235.6 ± 155.6†*
Ημιτενοντώδης	272.2 ± 176.3	313.3 ± 177.1	247.8 ± 216.4
Ορθός μηριαίος	1526.7 ± 410.0	1374.4 ± 432.9	1230.0 ± 605.7
Έξω πλατύς	660.0 ± 363.3	637.8 ± 422.9	512.2 ± 206.6
Έσω πλατύς	718.9 ± 424.6	668.9 ± 332.0	602.2 ± 259.1
Πρόσθιος κνημιαίος	500.0 ± 340.0	562.2 ± 415.0	390.0 ± 125.1
Μέσος γαστροκνήμιος	277.8 ± 156.4	380.0 ± 305.0	281.1 ± 283.1

RLESS: βαθύ μονοποδικό κάθισμα με πόδι στήριξης ανυψωμένο σε πάγκο.

Πίνακας 2.2.1.β. Μυϊκή δραστηριότητα σε τρεις ασκήσεις ενδυνάμωσης κάτω άκρων.
Εκκεντρη (RMS mV)

(Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Bradley A DeFORES et al., 2014)

	<u>Διποδικά</u> <u>Καθίσματα</u>	<u>RLESS</u>	<u>Προβολές</u>
Μέγας γλουτιαίος	134.4 ± 66.2	158.9 ± 52.1	166.7 ± 92.3
Δικέφαλος μηριαίος	161.1 ± 106.6	228.9 ± 134.7	143.3 ± 101.9*
Ημιτενοντώδης	223.3 ± 197.4	204.4 ± 198.8	230.0 ± 228.1
Ορθός μηριαίος	1182.2 ± 364.9	1228.9 ± 1007.0	886.7 ± 476.7
Έξω πλατύς	566.7 ± 313.6	582.2 ± 442.4	465.6 ± 235.8
Έσω πλατύς	547.8 ± 291.6	563.3 ± 274.0	553.3 ± 287.8
Πρόσθιος κνημιαίος	567.8 ± 313.0	618.9 ± 300.9	463.3 ± 125.7
Μέσος γαστροκνήμιος	251.1 ± 153.3	240.0 ± 200.9	236.7 ± 301.6

RLESS: βαθύ μονοποδικό κάθισμα με πόδι στήριξης ανυψωμένο σε πάγκο.

2.2.2. Επιδράσεις στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα και στην δύναμη

Στην παρακάτω έρευνα οι συμμετέχουσες χωρίστηκαν σε τρία γκρουπ: unilateral group (UG), bilateral group (BG) και control group (CG). Το προπονητικό πρόγραμμα, που εκτέλεσαν τα δύο γκρουπ, πραγματοποιήθηκε στο εκτατικό μηχάνημα ποδιών με την ίδια ένταση. Οι συμμετέχουσες του UG εκτέλεσαν την άσκηση με ένα πόδι τη φορά ενώ οι συμμετέχουσες του BG εκτέλεσαν την άσκηση χρησιμοποιώντας και τα δύο πόδια. Οι συμμετέχουσες των τριών γκρουπ υποβλήθηκαν σε μέτρηση μέγιστης επανάληψης στο εκτατικό μηχάνημα ποδιών. Η μέτρηση έγινε με την εκτέλεση μίας διποδικής μέγιστης επανάληψης και δύο μονοποδικών (δεξί και αριστερό πόδι) πριν και μετά το προπονητικό πρόγραμμα. Με βάση τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα (βλ. Πίνακα 2.2.2.) φαίνεται ότι υπάρχει αύξηση της μέγιστης επανάληψης και στα δυο γκρουπ, μετά την ανάλογη προπόνηση. Ωστόσο, αυτό που αξίζει να σημειωθεί είναι ότι η αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας στο γκρουπ με την μονοποδική προπόνηση είναι μεγαλύτερη από ότι στο γκρουπ με την διποδική προπόνηση. [11]

Πίνακας 2.2.2. Αποτελέσματα ηλεκτρομυογραφήματος μυϊκής ενεργοποίησης, πριν και μετά το προπονητικό πρόγραμμα σε μονοποδικές (UG) και διποδικές (BG) ασκήσεις ενδυνάμωσης. (Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Cintia E Botton et al., 2016)

	<u>(UG)</u>		<u>(BG)</u>		<u>(CG)</u>	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
EMGt (μV)	476.0 ±	591.4 ±	565.8 ±	610.9 ±	576.7 ±	596.69 ±
BIL	110.5	136.4	264.8	208.6	380.6	357.3
EMGt (μV)	523.9 ±	731.2 ±	680.9 ±	748.0 ±	715.8 ±	693.9 ±
UNI	99.0	152.7†	265.2	288.0	401.7	256.5

*EMGt = συνολική ηλεκτρομυογραφική ενεργοποίηση, άθροισμα του έξω πλατύ και του ορθού μηριαίου του δεξιού και του αριστερού ποδιού. †= σημαντικά μεγαλύτερο αποτέλεσμα από το προηγούμενο ($p \leq 0.05$).

2.2.3. Επιδράσεις στην μυϊκή απόδοση, στην αλτικότητα, στην δρομική ταχύτητα και στην δύναμη

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε είκοσι επτά νέους αθλητές (παίκτες ομαδικών αθλημάτων), παρατηρήθηκε διαφορά μυϊκής απόδοσης στα αποτελέσματα μεταξύ μονοποδικής και διποδικής έκκεντρης προπόνησης με βάρη. Συγκεκριμένα, μυϊκές μετρήσεις μέσω μαγνητικής τομογραφίας και τεστ μυϊκής απόδοσης έγιναν σε δύο γκρουπ πριν και μετά την εκτέλεση συγκεκριμένου προπονητικού προγράμματος. Αναλυτικά, ένα γκρουπ (UG) εκτέλεσε μονοποδικές έκκεντρες ασκήσεις με βάρη (μονοποδικές προβολές) και το δεύτερο γκρουπ (BG) εκτέλεσε διποδικές έκκεντρες ασκήσεις με βάρη (μεσαία καθίσματα). Το UG σημείωσε μεγαλύτερη αύξηση στον μέγα προσαγωγό και στον έσω πλατύ απ' ότι το BG. Το BG σημείωσε μεγαλύτερη αύξηση στον έξω πλατύ και στον πλάγιο γαστροκνήμιο απ' ότι το UG. [16]

Μετρήσεις επίσης πραγματοποιήθηκαν στο κατακόρυφο άλμα (counter movement jump), στην ισχύ, στην ισχύ του κυρίαρχου ποδιού, στην ισχύ του μη κυρίαρχου ποδιού και στα 10m σπριντ. Και στα δύο γκρουπ βελτιώθηκε το κατακόρυφο άλμα (countermovement jump), η ισχύς, η ισχύς του κυρίαρχου και του μη κυρίαρχου ποδιού και η αλλαγή κατεύθυνσης (στροφή 90°) χωρίς αλλαγές στα 10m σπριντ (βλ. Πίνακα 2.2.3.α. και Πίνακα 2.2.3.β.). Το συμπέρασμα της παραπάνω έρευνας είναι ότι εκτελώντας έξι εβδομάδες μονοποδικής και διποδικής έκκεντρης προπόνησης με βάρη προκαλούνται σημαντικές βελτιώσεις στον όγκο των μυών των κάτω άκρων και στην λειτουργική απόδοση. Αν και η μονοποδική προπόνηση φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική στην βελτίωση της απόδοσης αλλαγής κατεύθυνσης με στροφή 90°. [16]

Πίνακας 2.2.3.α. Μαγνητική Τομογραφία πριν και μετά το μονοποδικό πρόγραμμα προπόνησης.
(κυρίαρχο πόδι)
(Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Francisco Javier Núñez et al., 2018)

Μύες	Πριν	Μετά
Ορθός μηριαίος (rectus femoris) (RF)	7,24 ± 1,86	7,20 ± 2,19
Έξω πλατύς (vastus lateralis) (VL) + Μέσος πλατύς (vastus intermedius) (VI)	42,16 ± 10,46	43,71 ± 9,75
Έσω πλατύς (vastus medialis) (VM)	17,14 ± 4,09	19,31 ± 5,14
Μέγας προσαγωγός (adductor major) (AM)	18,06 ± 3,02	20,08 ± 3,23
Πλάγιος γαστροκνήμιος (lateral gastrocnemius) (LG)	10,35 ± 2,43	10,43 ± 2,47
Μέσος γαστροκνήμιος (medial gastrocnemius) (MG)	15,48 ± 4,17	16,70 ± 4,25
Πελματικός (soleus) (S)	28,12 ± 3,84	29,22 ± 4,07

Πίνακας 2.2.3.β. Μαγνητική Τομογραφία πριν και μετά το διποδικό πρόγραμμα προπόνησης.
(Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Francisco Javier Núñez et al., 2018)

Μύες	Πριν	Μετά
Ορθός μηριαίος (rectus femoris) (RF)	8.17 ± 2.27	8.63 ± 2.14
Έξω πλατύς (vastus lateralis) (VL) + μέσος πλατύς (vastus intermedius) (VI)	43.88 ± 5.67	48.62 ± 8.84
Έσω πλατύς (vastus medialis) (VM)	18.90 ± 4.40	21.03 ± 4.01
Μέγας προσαγωγός (adductor major) (AM)	19.84 ± 3.14	20.56 ± 3.83
Πλάγιος γαστροκνήμιος (lateral gastrocnemius) (LG)	9.26 ± 2.06	10.17 ± 2.78
Μέσος γαστροκνήμιος (medial gastrocnemius) (MG)	16.59 ± 2.92	17.69 ± 2.85
Πελματικός soleus (S)	34.11 ± 5.72	33.47 ± 6.10

2.2.4. Επιδράσεις στην αλτικότητα, στη δύναμη και στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης

Μία ακόμα έρευνα που πραγματοποιήθηκε συγκρίνοντας μονομερής και διμερής πλειομετρική προπόνηση ενδυνάμωσης κάτω άκρων, εξέτασε τα αποτελέσματα των δύο αυτών προπονήσεων σε: α) Απόδοση άλματος, η οποία μετρήθηκε με κατακόρυφα επιτόπια άλματα (countermovement jump) και άλματα πτώσης (drop jump).β) Μέγιστη ισομετρική δύναμη πίεσης ποδιών και γ) Ρυθμό ανάπτυξης δύναμης (RFD). Οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά την προπόνηση για κάθε πόδι ξεχωριστά και έπειτα έγινε μέτρηση και με τα δύο πόδια μαζί.

Οι συμμετέχοντες (μέτριας κατάρτισης) της έρευνας αυτής χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Μία ομάδα για την μονομερή προπόνηση και μία για την διμερή. Και οι δύο ομάδες πραγματοποίησαν μέγιστη προσπάθεια πλειομετρικών ασκήσεων ενδυνάμωσης κάτω άκρων δύο φορές την εβδομάδα για έξι εβδομάδες. Η ομάδα με την διμερή προπόνηση εκτέλεσε τις ασκήσεις με τα δύο πόδια ενώ η ομάδα με την μονομερή προπόνηση εκτέλεσε τις μισές επαναλήψεις με το κάθε πόδι έτσι ώστε ο συνολικός όγκος της προπόνησης να ήταν ο ίδιος και στις δύο ομάδες.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων (βλ. Πίνακα 2.2.4.) έδειξαν ότι η βελτίωση κατακόρυφου επιτόπιου άλματος (countermovement jump) με τα δύο πόδια δεν παρουσίασε ιδιαίτερη διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων ($12.1 \pm 7.2\%$ και $11.0 \pm 5.5\%$ αντίστοιχα). Ωστόσο, το άθροισμα του δεξιού και του αριστερού ποδιού στο κατακόρυφο επιτόπιο άλμα (countermovement jump) βελτιώθηκε μόνο στην μονομερή ομάδα ($19.0 \pm 7.1\%$, $p < 0.001$) και έμεινε αμετάβλητο στην διμερή ομάδα

($3.4 \pm 8.4\%$ $p=0.80$). Η μέγιστη ισομετρική δύναμη πίεσης ποδιών με τα δύο πόδια αυξήθηκε παρόμοια και στις δύο ομάδες ($19.9 \pm 6.2\%$ και $20.1 \pm 6.5\%$ αντίστοιχα). Ωστόσο το άθροισμα του δεξιού και του αριστερού ποδιού της μέγιστης δύναμης αυξήθηκε περισσότερο στην μονομερή ομάδα σε σύγκριση με την διμερή ομάδα ($23.8 \pm 9.1\%$ vs $11.9 \pm 6.2\%$, $p=0.009$ αντίστοιχα). Παρομοίως το άθροισμα του δεξιού και του αριστερού ποδιού του ρυθμού ανάπτυξης δύναμης αυξήθηκε μόνο στη διμερή ομάδα ($34-36\%$, $p<0.01$).

Πίνακας 2.2.4. Μέγιστη δύναμη και Ρυθμός ανάπτυξης δύναμης (RDF) σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια κατά την διάρκεια διποδικών και μονοποδικών (άθροισμα του δεξιού και του αριστερού ποδιού) μετρήσεων ισομετρικής πίεσης ποδιού, πριν και μετά την προπόνηση των δύο ομάδων (μονομερή=M και διμερή=Δ ομάδα).

(Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Gregory C Bogdanis et al., 2019)

	Διμερής Προπονητική Ομάδα			Μονομερής Προπονητική Ομάδα		
	Πριν την προπόνηση	Μετά την προπόνηση	Πριν vs. Μετά %	Πριν την προπόνηση	Μετά την προπόνηση	Πριν vs. Μετά %
<u>Διποδική Μέτρηση</u>						
Μέγιστη Δύναμη (N)	1,766 ± 583	2,093 ± 611	18.5†	1,724 ± 329	2,070 ± 415	20.0†
RFD 0–50(N*s ⁻¹)	6,265 ± 3,392	7,142 ± 3,369	14.0	8,555 ± 3,032	9,918 ± 2,379	15.9
RFD 0–50(N*s ⁻¹)	6,310 ± 2,514	8,002 ± 3,010	26.8‡	7,591 ± 2,308	9,674 ± 1,905	27.4†
RFD 0–50(N*s ⁻¹)	5,195 ± 1,944	6,280 ± 2,078	20.9	5,452 ± 1,406	6,821 ± 1,222	25.1
RFD 0–50(N*s ⁻¹)	3,948 ± 1,509	4,765 ± 1,528	20.7	3,894 ± 974	4,964 ± 804	27.5
<u>Άθροισμα δεξιού + αριστερού ποδιού</u>						
Μέγιστη Δύναμη (N)	2,003 ± 593	2,241 ± 573	11.9†	2,019 ± 375	2,499 ± 470	23.8†
RFD 0–50(N*s ⁻¹)	7,327 ± 3,593	7,233 ± 2,577	-1.3	7,971 ± 4,098	10,677 ± 3,303	33.9†
RFD 0–50(N*s ⁻¹)	7,343 ± 2,873	8,330 ± 2,863	13.4	7,794 ± 3,160	10,620 ± 2,890	36.3†
RFD 0–50(N*s ⁻¹)	5,896 ± 2,028	6,755 ± 2,076	14.6	6,097 ± 1,783	7,710 ± 1,642	26.5
RFD 0–50(N*s ⁻¹)	4,327 ± 1,386	5,045 ± 1,485	16.6	4,549 ± 1,235	5,607 ± 1,113	23.2

†p < 0.01.

‡p < 0.05.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας, η μονομερής πλειομετρική προπόνηση ήταν αποτελεσματικότερη στη αύξηση απόδοσης μονοποδικών και διποδικών αλμάτων, στην μέγιστη ισομετρική δύναμη πίεσης ποδιού και στον ρυθμό ανάπτυξης δύναμης σε σύγκριση με την διμερή πλειομετρική προπόνηση. [17]

2.2.5. Επιδράσεις στη δρομική ταχύτητα και στη δύναμη

Σκοπός της παρακάτω έρευνας είναι η ανάλυση της επίδρασης ενός προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης κάτω άκρων, μέσω μονοποδικών και διποδικών ασκήσεων με διάρκεια πέντε εβδομάδες. Στην παρούσα έρευνα, έλαβαν μέρος δεκαοκτώ αθλητές του ράγκμπι, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο γκρουπ (UG και BG). Το UG προπονήθηκε αποκλειστικά με τα RLESS (βαθύ μονοποδικό κάθισμα με πόδι στήριξης ανυψωμένο σε πάγκο) ενώ το BG προπονήθηκε με τα διποδικά καθίσματα. Πριν την εφαρμογή του προγράμματος πραγματοποιήθηκε μία μέγιστη επανάληψη στις ακόλουθες μετρήσεις: σπριντ 10 μέτρων, σπριντ 40 μέτρων, pro-agility test (τεστ το οποίο μετράει το χρόνο αλλαγής κατεύθυνσης) και μία μέγιστη επανάληψη RLESS.

Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν παρατηρήθηκε μικρή διαφορά ανάμεσα στα δύο γκρουπ (βλ. Πίνακα 2.2.5.). Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί πως υπήρξε μεγαλύτερη βελτίωση στο γκρουπ με τις μονοποδικές ασκήσεις.

Πίνακας 2.2.5. Οι αλλαγές πριν και μετά το πρόγραμμα προπόνησης πέντε εβδομάδων ως προς το σπριντ 10 και 40 μέτρων, το pro-agility και την 1 μέγιστη επανάληψη RLESS. (Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Derrick E Speirs et al., 2016)

	Μεταβλητή	Πριν	Μετά
10 μέτρα (s)	UG	1.73 (0.09)	1.70 (0.05)
40 μέτρα (s)	UG	5.35 (0.15)	5.26 (0.16) †
	BG	5.40 (0.26)	5.34 (0.23) †
Pro-agility (s)	UG	4.61 (0.11)	4.53 (0.07) †
	BG	4.71 (0.15)	4.64 (0.14) †
1RM RLESS (Kg)	UG	76 (6.1)	83 (5.1) †
	BG	75 (4.5)	81(4.3) †

UG= γκρουπ ενδυνάμωσης με μονοποδικές ασκήσεις, BG= γκρουπ ενδυνάμωσης με διποδικές ασκήσεις, 1RM= 1 μέγιστη επανάληψη

†= σημαντικά μεγαλύτερο αποτέλεσμα από το προηγούμενο

Συμπερασματικά η έρευνα έδειξε ότι η εκτέλεση μονοποδικών ασκήσεων θα μπορούσε να παράγει ευνοϊκές προσαρμογές στη δύναμη, καθώς περισσότερη δύναμη μπορεί να παραχθεί μέσω μονοποδικών ασκήσεων ενδυνάμωσης κάτω άκρων. [18]

2.2.6. Επιδράσεις στη δύναμη και στην αλτικότητα

Στην ακόλουθη έρευνα έλαβαν μέρος τριάντα οκτώ άτομα (είκοσι τρεις άνδρες και δεκαπέντε γυναίκες) τα οποία διεκπεραίωσαν ένα πρόγραμμα προπόνησης ενδυνάμωσης των κάτω άκρων με ελεύθερα βάρη, διάρκειας οκτώ εβδομάδων. Τα άτομα χωρίστηκαν σε δύο γκρουπ, εκ των οποίων το πρώτο γκρουπ (UG) εκτέλεσε το πρόγραμμα προπόνησης με μονοποδικές ασκήσεις, ενώ το δεύτερο γκρουπ (BG) εκτέλεσε το πρόγραμμα προπόνησης με διποδικές ασκήσεις. Ο όγκος και η ένταση της προπόνησης ήταν η ίδια σε κάθε γκρουπ. Η ισχύς μετρήθηκε με το Magaria-

Kalamen stair-climb test (τεστ το οποίο αξιολογεί το χρόνο ανάβασης σκαλοπατιών) και με κάθετο άλμα το οποίο εκτελέστηκε μονοποδικά και διποδικά. Τα άτομα πραγματοποίησαν μία μέτρηση πριν το προπονητικό πρόγραμμα και μία μέτρηση αφού το ολοκλήρωσαν.

Τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα (βλ. Πίνακα 2.2.6.) έδειξαν ότι το UG γκρουπ βελτιώθηκε περισσότερο από το BG γκρουπ στο μονοποδικό κάθετο άλμα (2,70 cm) και στην σχετική ισχύ (0,7 W·kg). Στο UG των ανδρών υπήρξε μεγαλύτερη βελτίωση σε σχέση με το BG των ανδρών ως προς το ύψος άλματος (3,10 cm) και τη σχετική ισχύ (0,60W·kg). Οι γυναίκες στην ομάδα UG βελτιώθηκαν περισσότερο σε σχέση με τις γυναίκες της ομάδα BG ως προς το ύψος άλματος (2,20 cm), την απόλυτη ισχύ (46,7 W) και τη σχετική ισχύ (0,70W·kg)

Πίνακας 2.2.6. Μονοποδικό κάθετο άλμα- Ανάλυση μετρήσεων μετά το προπονητικό πρόγραμμα των οκτώ εβδομάδων.

(Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Kevin W McCurdy et al., 2005)

	Άλμα ύψους (cm)	Απόλυτη ισχύς (W)	Σχετική ισχύς(W·kg)
Εκπαιδευτική ομάδα			
UG	18.9 ±0.5	771.7± 43.3	9.5 ± 0.2
BG	16.2 ±0.5	751.7 ± 52.3	8.8 ± 0.2
Φύλο			
Άνδρες	17.6±0.6	743.1 ± 52.3	9.4 ± 0.2
Γυναίκες	17.5±0.7	780.3 ± 57.4	9.0 ± 0.2
Φύλο και Ομάδα			
Άνδρες UG	19.1±0.6	739.8 ± 62.4	9.7 ± 0.2
Άνδρες BG	16.0±0.9	746.3 ± 66.5	9.1 ± 0.3
Γυναίκες UG	18.6±0.8	803.7 ± 69.3	9.3 ± 0.3
Γυναίκες BG	16.4±0.9	757.0 ± 83.2	8.6 ± 0.4

Συνεπώς, με βάση τα αποτελέσματα του πίνακα, η μονοποδική προπόνηση ενδυνάμωσης βελτιώνει την απόδοση στο κατακόρυφο άλμα και την αντίστοιχη απόλυτη και σχετική ισχύ. [19]

2.3. Ισορροπία

Η ισορροπία είναι η ικανότητα να διατηρείται το σώμα σταθερό σε όρθια θέση.[4] Περιλαμβάνει τον συγχρονισμό μεταξύ ιδιοδεκτικών, σωματοαισθητηριακών, αιθουσαίων, οπτικών και νευρομυϊκών συστημάτων. [24] Η ιδιοδεκτικότητα είναι μέρος του αισθητήριου συστήματος που παρέχει πληροφορίες για την κοινή θέση ή την ανίχνευση της κίνησης των αρθρώσεων και είναι ένα βασικό συστατικό του συστήματος της ισορροπίας. [26]

Η στατική ισορροπία είναι η ικανότητα διατήρησης μιας βάσης στήριξης με ελάχιστη κίνηση. [26] Από την άλλη η δυναμική ισορροπία μπορεί να θεωρηθεί ως η ικανότητα εκτέλεσης μιας στήριξης, διατηρώντας ή ανακτώντας μια σταθερή θέση ή η δυνατότητα διατήρησης ή ανάκτησης της ισορροπίας σε μια ασταθή επιφάνεια με ελάχιστη εξωτερική κίνηση. [26] Σχετικά με τα δύο είδη της ισορροπίας, δύο ερευνητές ανέφεραν ότι άτομα με αδύναμους απαγωγείς ισχίου εμφάνισαν αυξημένη ενεργοποίηση του μακριού περνιαίου (επιφανειακός μυς στο πλευρικό τμήμα του ποδιού ο οποίος ενεργεί για να αναστρέψει τον αστράγαλο) κατά την διάρκεια τόσο της στατικής όσο και της δυναμικής εκτέλεσης τη ισορροπίας. [24]

Στις αθλητικές δραστηριότητες, η ισορροπία παίζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της στάσης του σώματος και στην διεξαγωγή συγκεκριμένων ενεργειών, όπως για παράδειγμα τη βάρδια, την στάση στο ένα πόδι, την εκτέλεση κινήσεων χωρίς πτώση κ.α.. [23] Μέσα από πολλές έρευνες παρουσιάζεται ένα μεγάλο εύρος τραυματισμών λόγω έλλειψης μυϊκής ενδυνάμωσης κυρίως σε θέματα ισορροπίας. Θετικά αποτελέσματα έχουν προκύψει μετά την εκτέλεση προπονητικών προγραμμάτων με στόχο την βελτίωση της ισορροπίας. [21] [22]

2.3.1. Ισορροπία και τραυματισμοί

Ο συντονισμός του κορμού και των ισχίων είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή δυναμική ισορροπία. [30] Ο άριστος έλεγχος της ισορροπίας σε όρθια στάση είναι μία βασική απαίτηση για τον αθλητισμό, τις καθημερινές δραστηριότητες και την αποφυγή τραυματισμών. Για παράδειγμα ο εξασθενημένος ορθοστατικός έλεγχος σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο διαστρέμματος στην ποδοκνημική άρθρωση.[25] Η διατήρηση της στήριξης στο ένα πόδι βασίζεται στο συντονισμό των μυών του κορμού, του ισχίου, του γόνατος, της ποδοκνημικής άρθρωσης και του άκρου ποδιού. [24]

Με τα παραπάνω δεδομένα, πολλοί προπονητές έχουν εντάξει στο προπονητικό τους πρόγραμμα την εκπαίδευση ισορροπίας και συντονισμού.[25] Προηγούμενες μελέτες έχουν αναφέρει ότι η σχέση μεταξύ άσκησης δύναμης και ισορροπίας είναι ένας καλός δείκτης δυναμικής σταθερότητας σε υγιή και ηλικιωμένα άτομα. [31]

Το εξασθενημένο σύστημα ισορροπίας του σώματος οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο πτώσης που είναι η κύρια αιτία θνησιμότητας και νοσηρότητας σε ηλικιωμένους πληθυσμούς. Οι πτώσεις έχουν ως αποτέλεσμα σημαντικά μειωμένη κινητικότητα, αναπηρία, λειτουργική εξάρτηση και αυξημένο κίνδυνο πρόωρου θανάτου. Σύμφωνα με μια μελέτη, παγκοσμίως το 30-50% του πληθυσμού ηλικίας 65 ετών και άνω έχει προβλήματα με την ισορροπία του. [20] Παράλληλα και στις νεότερες ηλικίες έχει αποδειχθεί από έρευνες ότι οι αθλητές οι οποίοι δεν έχουν καλή ισορροπία στην στήριξη με το ένα πόδι, είναι περισσότερο επιρρεπείς στους τραυματισμούς στον αστράγαλο. Επομένως, η αξιολόγηση της στήριξης στο ένα

πόδι μπορεί να παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τον κίνδυνο τραυματισμού.[24]

Έρευνες οι οποίες μελέτησαν την ισορροπία κατά τη διάρκεια της ήρεμης και της διαταραγμένης στάσης σώματος έχουν εντοπίσει την ενεργοποίηση των μυών της ποδοκνημικής άρθρωσης (πελματιαίοι καμπτήρες /ραχιαίοι καμπτήρες) στην πρόσθια κατεύθυνση (εγκάρσιο επίπεδο) και την ενέργεια των μυών του ισχίου (απαγωγείς/ προσαγωγοί) στην πλάγια κατεύθυνση (μετωπιαίο επίπεδο). [27] Η σημαντικότητα των μυών του ισχίου (απαγωγείς / προσαγωγοί) κατά την ισορροπία, είναι εμφανής σε όλες τις φάσεις της στάσης και του βαδίσματος.[27] Επιπλέον, η ποδοκνημική είναι η άρθρωση η οποία είναι πιο κοντά στη βάση στήριξης του σώματος, επομένως, παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της ισορροπίας[28] κι έτσι τα άτομα με αστάθεια στην άρθρωση της ποδοκνημικής έχουν συνήθως ελλείμματα ισορροπίας.[24]

Με αφορμή τα παραπάνω αποτελέσματα, πολλά προγράμματα μυϊκής ενδυνάμωσης έχουν διαμορφωθεί με στόχο την ενδυνάμωση των μυών κυρίως των κάτω άκρων αλλά και του κορμού, προκειμένου να βελτιωθεί η ισορροπία και παράλληλα να μειωθεί ο κίνδυνος τραυματισμού.

2.3.2. Επίδραση προπονητικού προγράμματος ισορροπίας στους μυς των κάτω άκρων

Έρευνα πραγματοποιήθηκε σε είκοσι οκτώ άτομα (δώδεκα άντρες και δεκαέξι γυναίκες) οι οποίοι εκτέλεσαν το παρακάτω προπονητικό πρόγραμμα ισορροπίας διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων. Το πρόγραμμα περιελάμβανε τις εξής ασκήσεις: πρώτη άσκηση: μεταπηδήσεις με σταθεροποίηση πάνω και έξω από μια μπάλα

BOSU σε τέσσερις κατευθύνσεις, δεύτερη άσκηση: μονοποδικά μικρά καθίσματα πάνω σε BOSU μπάλα, τρίτη άσκηση: μονοποδική ισορροπία στην μπάλα BOSU και απρόοπτη ακολουθία αλλαγής κατεύθυνσης και τέταρτη άσκηση: στατική μονοποδική ισορροπία πάνω σε BOSU μπάλα. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν πριν και μετά το προπονητικό πρόγραμμα στην αξιολόγηση στατικού και δυναμικού ορθοστατικού έλεγχου και στην παραγωγή δύναμης του αστραγάλου. Οι ερευνητές της παραπάνω έρευνας διαπίστωσαν ότι τέσσερις εβδομάδες προπόνησης ισορροπίας χρησιμοποιώντας μία μπάλα BOSU βελτίωσαν την δύναμη της ποδοκνημικής άρθρωσης προς όλες τις κατευθύνσεις. [25]

Αντίθετα, ο Son και οι συνεργάτες του[24] διαπίστωσαν ότι τέσσερις εβδομάδες ισοκινητικής ενδυνάμωσης της ποδοκνημικής άρθρωσης βελτίωσαν την ισορροπία στο ένα πόδι. Επιπλέον, ο Smith κ.α. διαπίστωσαν ότι τέσσερις εβδομάδες ελεγχόμενης άσκησης αντίστασης με λάστιχα, που στοχεύει στην απαγωγή του ισχίου και την εξωτερική δύναμη περιστροφής του ισχίου, βελτίωσαν τόσο τη στατική όσο και τη δυναμική ισορροπία σε άτομα με χρόνια αστάθεια αστραγάλου (CAI). Από τις παραπάνω έρευνες φαίνεται ότι τόσο η ενδυνάμωση του αστραγάλου όσο και η ενδυνάμωση των μυών του ισχίου φέρουν θετικά αποτελέσματα στην ισορροπία.

Μία ακόμα έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τριάντα υγιείς ενήλικες εθελοντές στους οποίους δόθηκε προπονητικό πρόγραμμα ισοκινητικών μονοποδικών ασκήσεων μυϊκής ενδυνάμωσης με σκοπό τη μελέτη των αλλαγών στην μονοποδική ισορροπία. Το προπονητικό πρόγραμμα είχε διάρκεια τέσσερις εβδομάδες και οι μετρήσεις της μονοποδικής ισορροπίας έγιναν πριν και μετά το προπονητικό

πρόγραμμα μέσω τριών δεικτών ισορροπίας (στο προσθιοπίσθιο επίπεδο, στο μετωπιαίο επίπεδο και ως σύνολο των δύο). Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας έδειξαν ότι υπήρξαν σημαντικές βελτιώσεις στην μυϊκή δύναμη της ποδοκνημικής άρθρωσης (ραχιαία κάμψη, πελματιαία κάμψη, έσω κλίση και έξω κλίση). Η ενδυνάμωση της ποδοκνημικής άρθρωσης μπορεί να θεωρηθεί ως μία μορφή άσκησης η οποία επιφέρει βελτίωση στην ισορροπία. [31]

Πίνακας 2.3.2. Αποτελέσματα μετρήσεων πριν και μετά την προπόνηση.
(Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Sung Min Son et al., 2013)

Παράμετροι (Nm)	Εκπαιδευτική ομάδα (n=15)		Ομάδα ελέγχου (n=15)	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ραχιαία κάμψη	8.21 ± 3.34	10.64 ± 4.85*†	8.66 ± 3.47	8.51 ± 3.42
Πελματιαία κάμψη	18.50 ± 6.72	31.43 ± 11.39*†	21.2 ± 7.28	20.27 ± 5.38
Έσω κλίση	5.80 ± 2.80	9.61 ± 3.25*†	4.32 ± 2.47	4.51 ± 2.37
Έξω κλίση	6.45 ± 2.37	11.03 ± 5.22*†	6.19 ± 3.17	5.28 ± 2.70
APSI	0.52 ± 0.33	0.36 ± 0.16*†	0.51 ± 0.21	0.50 ± 0.20
MLSI	0.47 ± 0.21	0.26 ± 0.09*†	0.47 ± 0.22	0.47 ± 0.24
OSI	0.76 ± 0.39	0.57 ± 0.25*†	0.75 ± 0.34	0.75 ± 0.28

*: Σημαντική αλλαγή μεταξύ πριν και μετά την προπόνηση (*p<0.05)

†: Σημαντική αλλαγή συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (p<0.05)

APSI (Πρόσθιος - Οπίσθιος δείκτης σταθερότητας)

MLSI (Μέσος - Πλευρικός δείκτης σταθερότητας)

OSI (Συνολικός δείκτης σταθερότητας)

Nm: Newton μέτρο[31]

Με σκοπό την στήριξη ολόκληρου του σώματος, σημαντική είναι η μυϊκή ενεργοποίηση γύρω από την ποδοκνημική άρθρωση επειδή είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο της άρθρωσης της ποδοκνημικής. Η ενδυνάμωση η οποία στοχεύει τους μύες των κάτω άκρων βελτιώνει την ικανότητα ισορροπίας. [31]

Με βάση τα ευρήματα της παραπάνω έρευνας η προπόνηση ενδυνάμωσης των μυών της ποδοκνημικής άρθρωσης μπορεί να θεωρηθεί ως μία μορφή προπόνησης η οποία στοχεύει στην βελτίωση της ισορροπίας. [31] Ακόμα, σε γενικές γραμμές, η ενδυνάμωση της άρθρωσης του ισχίου και του γόνατος μέσω της προπόνησης με αντίσταση είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για την αύξηση της ικανότητας της ισορροπίας. [31]

2.3.3. Αξιολόγηση της μυϊκής δραστηριότητας κατά τη διποδική και τη μονοποδική στήριξη

Σε μία άλλη έρευνα συμμετείχαν είκοσι άτομα τα οποία χωρίστηκαν σε δύο ομάδες (1η ομάδα: φυσιολογικό βάρος σώματος και 2η ομάδα: βάρος άνω του φυσιολογικού). Αξιολογήθηκε η μυϊκή ενεργοποίηση και οι μυϊκές δυνάμεις χρησιμοποιώντας την τεχνική βελτιστοποίησης του OpenSim. Στο OpenSim το μοντέλο ενεργοποίησης μυών επιτρέπεται να κυμαίνεται συνεχώς μεταξύ 0 (χωρίς διέγερση) και 1 (πλήρης διέγερση, συστολή). Το OpenSim είναι ένα λογισμικό το οποίο χρησιμοποιεί ένα μυοσκελετικό μοντέλο μέσω του οποίου προβάλλεται η ενεργοποίηση των μυών και των αρθρώσεων σε κάθε κίνηση. [29] Οι συμμετέχοντες εκτελούν μία διποδική στάση η οποία ακολουθείται από μία μονοποδική (το δεξί πόδι ανυψώνεται) και στη συνέχεια επανέρχονται πάλι στη διπλή στάση. Η διάρκεια της μονοποδικής στάσης ήταν επιλογή του κάθε συμμετέχοντα. Πρώτα αναλύθηκαν

οι περισσότεροι ενεργοποιημένοι μυς κατά την μονοποδική στάση και στις δύο ομάδες. Φάνηκε πως οι πέντε πιο ενεργοί μυς ήταν οι ίδιοι και στις δύο ομάδες και ανήκαν στο δεξί πόδι. [29]

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, οι μυς που ενεργοποιήθηκαν περισσότερο ήταν ο δικέφαλος μηριαίος (βραχεία κεφαλή) ο οποίος ήταν ο πιο ενεργοποιημένος μυς ακολουθούμενος απ τον μείζονα ψοίτη, ο λαγόνιος, ο δικέφαλος μηριαίος (μακρά κεφαλή) και ο ραπτικός. Όλοι αυτοί οι μυς βοηθούν στην εκτέλεση κάμψης του γόνατος κατά τη διάρκεια της μονοποδικής στάσης και ιδιαίτερα ο μείζων ψοίτης ενεργεί ως καμπτήρας ισχίου.[29]

Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδηλώνουν ότι οι μύες του κάτω άκρου, όπως ο δικέφαλος μηριαίος, ο μείζων ψοίτης, ο ραπτικός και ο λαγόνιος παίζουν τον κύριο ρόλο τόσο στη διατήρηση της ισορροπίας, χρησιμοποιώντας το ένα άκρο, όσο και στη διατήρηση της κάμψης του άλλου άκρου κατά τη διάρκεια της μονοποδικής στάσης. [29]

2.3.4. Επιδράσεις στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα κατά την εκτέλεση μονοποδικών ασκήσεων

Σε έρευνα που έλαβαν μέρος είκοσι τέσσερις συμμετέχοντες (δώδεκα γυναίκες και δώδεκα άνδρες) πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις που αξιολογούσαν την ικανότητα της ισορροπίας. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τις εξής τέσσερις ασκήσεις:

forward lunge= προβολή προς τα εμπρός

side lunge= προβολή προς το πλάι

single leg stance= μονοποδική στάση

single leg squat= μονοποδικό κάθισμα

Οι παραπάνω ασκήσεις εκτελέστηκαν σε δύο ξεχωριστές πλατφόρμες ισορροπίας [the compliant platform= συμβατή πλατφόρμα(BOSU), the rigid platform= άκαμπτη πλατφόρμα (Thera band Wobble board)]. Για την αξιολόγηση συγκεκριμένων μυών των κάτω άκρων (fibularis longus= μακρύς περωναίος, tibialis anterior= πρόσθιος κνημιαίος, medial gastrocnemius= μέσος γαστροκνήμιος) χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρομυογράφημα.

Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν τρεις δοκιμές των 15 δευτερολέπτων για κάθε άσκηση με δύο λεπτά ξεκούρασης μεταξύ των δοκιμών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα ο μακρύς περωναίος ήταν περισσότερο ενεργοποιημένος κατά την μέτρηση της μονοποδικής στάσης απ' ότι στις άλλες μετρήσεις. Επίσης, ενεργοποιήθηκε περισσότερο κατά το μονοποδικό κάθισμα σε σχέση με την προβολή προς τα εμπρός και την προβολή προς το πλάι. Ο πρόσθιος κνημιαίος μυς ενεργοποιήθηκε περισσότερο κατά το μονοποδικό κάθισμα απ' ότι στην μονοποδική στάση. Ακόμα, υπήρξε μεγαλύτερη ενεργοποίηση του πρόσθιου κνημιαίου μυός κατά την προβολή προς το πλάι σε σχέση με την προβολή προς τα εμπρός. Ο μέσος γαστροκνήμιος υπέδειξε την μεγαλύτερη ενεργοποίηση κατά την μονοποδική στάση συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις. Τέλος, ο γαστροκνήμιος ενεργοποιήθηκε περισσότερο κατά το μονοποδικό κάθισμα σε σχέση με την προβολή προς τα εμπρός και την προβολή προς το πλάι.[36]

Πίνακας 2.3.4. Στατιστική ανάλυση των ενεργοποιημένων μυών κατά την διάρκεια των τεσσάρων ασκήσεων στις δύο πλατφόρμες
(Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Gulcan et al., 2013)

Μυς / Άσκηση	Συμβατή επιφάνεια	Ασταθή επιφάνεια
Μακρύς Περονιαίος		
Forward lunge	8.2 ± 1.1 (5.9, 10.5)	10.6 ± 1.2 (8.1, 13.1)
Side lunge	10.0 ± 1.4 (7.0,12.9)	10.2 ± 1.0 (8.0, 13.1)
Single-leg stance	50.5 ± 4.4 (41.4, 59.6)	47.3 ± 3.6 (39.7, 54.8)
Single-leg squat	33.6 ± 3.0 (27.3, 39.9)	30.2 ± 2.5 (25.0, 35.4)
Πρόσθιος κνημιαίος		
Forward lunge	14.9 ± 3.4 (7.9, 21.8)	12.8 ± 12 (8.0, 16.1)
Side lunge	21.7 ± 3.3 (14.9, 28.5)	25.1 ± 3.6 (17.6, 32.7)
Single-leg stance	17.6 ± 2.1 (13.3, 21.8)	14.2 ± 1.7 (10.6, 17.7)
Single-leg squat	28.1 ± 3.8 (20.3, 36.0)	26.1 ± 3.6 (18.5, 33.7)
Μέσος Γαστροκνήμιος		
Forward lunge	5.3 ± 0.8 (3.6, 6.9)	6.3 ± 0.8 (4.6, 7.9)
Side lunge	4.1 ± 0.5 (3.1, 5.1)	4.5 ± 0.6 (3.1, 5.8)
Single-leg stance	38.1 ± 5.0 (27.7, 48.5)	35.3 ± 3.9 (27.2, 43.4)
Single-leg squat	17.7 ± 1.9 (13.1, 21.2)	13.7 ± 1.9 (9.7, 17.7)

*Forward lunge= προβολή προς τα εμπρός, Side lunge= προβολή προς το πλάι, Single-leg stance= Μονοποδική στάση, Single-leg squat= Μονοποδικό κάθισμα.

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα, ότι κατά την εκτέλεση της μονοποδικής στάσης, τόσο στην συμβατή όσο και στην ασταθή επιφάνεια, οι περισσότεροι ενεργοποιημένοι μυς ήταν ο μακρύς περνιαίος και ο μέσος γαστροκνήμιος.[36]

2.3.5. Μεταβολές στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα σε διάφορες μορφές ισορροπίας

Από μηχανικής άποψης, η ανθρώπινη κάθετη στάση είναι ένα ασταθές σύστημα που χρειάζεται μηχανισμούς ελέγχου για τη διατήρηση του κέντρου βάρους μέσα στην βάση στήριξης. [32] Μέσα από έρευνες βρέθηκαν τρεις βασικές ομάδες μυών οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη διατήρηση του σώματος σε όρθια στάση. Η πρώτη ομάδα μυών αποτελείται από τους μυς της οπίσθιας περιοχής (π.χ. τους γαστροκνήμιους και τους δικέφαλους μηριαίους), η δεύτερη ομάδα μυών αποτελείται από τους μυς της πρόσθιας περιοχής (π.χ. πρόσθιους κνημιαίους και ορθούς μηριαίους) και η τελευταία ομάδα αποτελείται από τον ορθό κοιλιακό.[32] Αυτή η ομαδοποίηση πραγματοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις των μυών αυτών στην μετατόπιση του κέντρου βάρους του σώματος (ΚΒΣ): οι πρόσθιοι μυς χρησιμοποιούνται για την κίνηση του ΚΒΣ προς τα εμπρός ενώ οι οπίσθιοι μυς χρησιμοποιούνται για την κίνηση του ΚΒΣ προς τα πίσω. [32]

Στην παρακάτω έρευνα συμμετείχαν είκοσι άτομα τα οποία εκτέλεσαν από δύο δοκιμές: πρώτη δοκιμή: διποδική στάση και δεύτερη δοκιμή: μονοποδική στάση.

- Χαρακτηριστικά διποδικής στάσης: χωρίς παπούτσια, χέρια στο πλάι, φτέρνες στο πλάτος των ώμων και δάχτυλα των ποδιών με κατεύθυνση προς τα εμπρός.

- Χαρακτηριστικά μονοποδικής στάσης: χωρίς παπούτσια, πόδι στήριξης=> κυρίαρχο και γόνατο ποδιού αιώρησης 90°.

Η εκτέλεση και των δύο δοκιμών έγινε με ανοιχτά μάτια. Κάθε δοκιμή είχε διάρκεια 50 δευτερόλεπτα με περίοδο ανάπαυσης 60 δευτερόλεπτα μεταξύ των δοκιμών. Κατά την διάρκεια της εκτέλεσης των δύο παραπάνω στάσεων οι συμμετέχοντες είχαν τοποθετημένα ηλεκτρόδια σε συγκεκριμένες μυϊκές ομάδες με σκοπό την εύρεση της μυϊκής ενεργοποίησης σε κάθε μία από τις στάσεις αυτές. Ηλεκτρόδια τοποθετήθηκαν στις παρακάτω μυϊκές ομάδες:

- Έσω γαστροκνήμιος (GM)
- Πρόσθιος κνημιαίος (TA)
- Έσω πλατύς (VM)
- Δικέφαλος μηριαίος (BF)
- Ορθός κοιλιακός (RA)
- Έξω λοξός (EO)
- Ιερονωτιαίος – εκτείνων τη ράχη (ES)

Τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας έδειξαν ότι στην μονοποδική στάση υπήρξε μεγαλύτερη ενεργοποίηση του έσω γαστροκνήμιου, του έσω πλατύ, του έξω λοξού και του ιερονωτιαίου απ' ότι στην διποδική στάση. [32] Διαπιστώθηκε επιπλέον ότι στην μονοποδική στάση μεγαλύτερη ενεργοποίηση είχαν οι οπίσθιες μυϊκές ομάδες, ο πυρήνας και οι ανταγωνιστές μυς απ' ότι οι πρόσθιες μυϊκές ομάδες. Επιπλέον, οι παράμετροι σταθερότητας και ελέγχου ήταν σημαντικά υψηλότεροι κατά την μονοποδική στάση. [32]

Μία δεύτερη έρευνα πραγματοποιήθηκε σε είκοσι υγιείς ηλικιωμένους οι οποίοι καλέστηκαν να εκτελέσουν δύο διαφορετικές στάσεις στήριξης Yoga με τρεις παραλλαγές στην κάθε μία. Κατά την εκτέλεση των στηρίξεων αυτών, οι συμμετέχοντες είχαν τοποθετημένα ηλεκτρόδια σε τέσσερις μυϊκές ομάδες: στον μέσο γλουτιαίο, στους οπίσθιους μηριαίους, στον έξω πλατύ και στον γαστροκνήμιο, με σκοπό την εκτίμηση της μυϊκής ενεργοποίησης σε κάθε μία από τις στηρίξεις αυτές.

Χαρακτηριστικά και παραλλαγές στηρίξεων:

Πρώτη στήριξη: Στάση του δέντρου

Παραλλαγές:

α) χέρια στον τοίχο, ένα πόδι τοποθετημένο στο έδαφος και δεύτερο πόδι βοηθάει στην στήριξη (δάχτυλα στο έδαφος και φτέρνα στο εσωτερικό του αστραγάλου του ποδιού στήριξης).

β) χέρια στον τοίχο και στήριξη στο ένα πόδι.

γ) Ελεύθερη στήριξη στο ένα πόδι.

Δεύτερη στήριξη: Μονοποδική ισορροπία

Παραλλαγές:

α) Ισορροπία στο ένα πόδι με το άλλο πόδι τοποθετημένο σε δύο τουβλάκια yoga με το γόνατο λυγισμένο.

β) Ισορροπία στο ένα πόδι με το άλλο πόδι τοποθετημένο σε καρέκλα με γόνατο τεντωμένο.

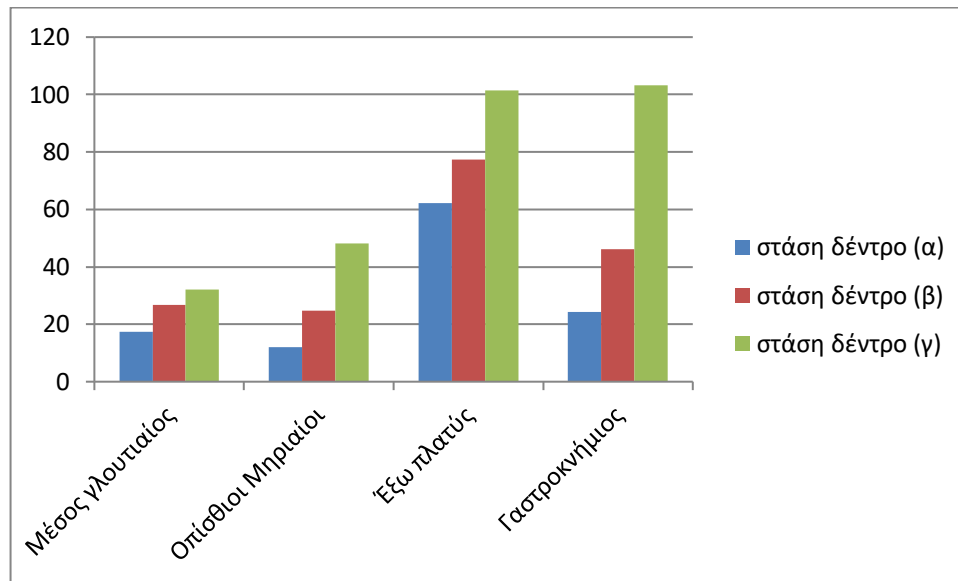
γ) Ελεύθερη μονοποδική ισορροπία.

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι υπήρξε μεγαλύτερη ενεργοποίηση των μυών στις ελεύθερες μονοποδικές στηρίξεις απ' ότι στις στηρίξεις με την βοήθεια του άλλου ποδιού ή των χεριών. Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων του ηλεκτρομυογραφήματος. [34]

Πίνακας 2.3.5.α. Αποτελέσματα ηλεκτρομυογραφήματος στις τρεις παραλλαγές της στάσης δέντρου.

EMG (mV)	Στάση Δέντρο(α)	Στάση Δέντρο(β)	Στάση Δέντρο(γ)
Μέσος Γλουτιαίος	17.35 ± 3.26	26.64 ± 4.46	32.15 ± 7.13
Οπίσθιοι Μηριαίοι	11.96 ± 2.63	24.70 ± 7.36	48.05 ± 10.60
Έξω Πλατύς	62.22 ± 15.02	77.37 ± 20.46	101.47 ± 23.71
Γαστροκνήμιος	24.33 ± 3.75	46.21 ± 6.63	103.12 ± 12.31

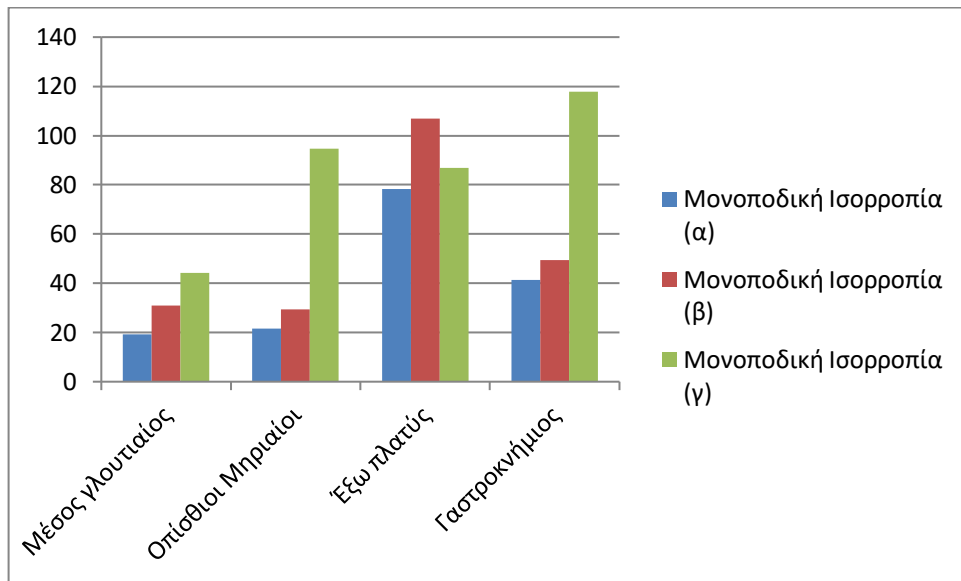
(Πίνακας προσαρμοσμένος με βάση το άρθρο Sean S.-Y. Yu et al., 2012)



Σχήμα 2.3.5.α. Μυϊκή ενεργοποίηση κατά την εκτέλεση τριών μορφών της στάσης δέντρου. (Γράφημα προσαρμοσμένο με βάση το άρθρο Sean S.-Y. Yu et al., 2012)

Πίνακας 2.3.5.β. Αποτελέσματα ηλεκτρομυογραφήματος στις τρεις παραλλαγές της στάσης μονοποδικής ισορροπίας. (Πίνακας προσαρμοσμένος με βάση το άρθρο Sean S.-Y. Yu et al., 2012)

EMG (mV)	Μονοποδική Ισορροπία (α)	Μονοποδική Ισορροπία (β)	Μονοποδική Ισορροπία (γ)
Μέσος Γλουτιαίος	19.34 ± 2.95	30.95 ± 4.67	44.28 ± 6.38
Οπίσθιοι Μηριαίοι	21.49 ± 8.29	29.47 ± 6.95	94.78 ± 13.55
Έξω Πλατύς	78.20 ± 15.03	106.89 ± 20.40	86.92 ± 12.50
Γαστροκνήμιος	41.37 ± 6.32	49.48 ± 5.16	117.72 ± 12.33



Σχήμα 2.3.5.β. Μυϊκή ενεργοποίηση κατά την εκτέλεση τριών μορφών της στάσης μονοποδικής ισορροπίας. (Γράφημα προσαρμοσμένο με βάση το άρθρο Sean S.-Y. Yu et al., 2012)

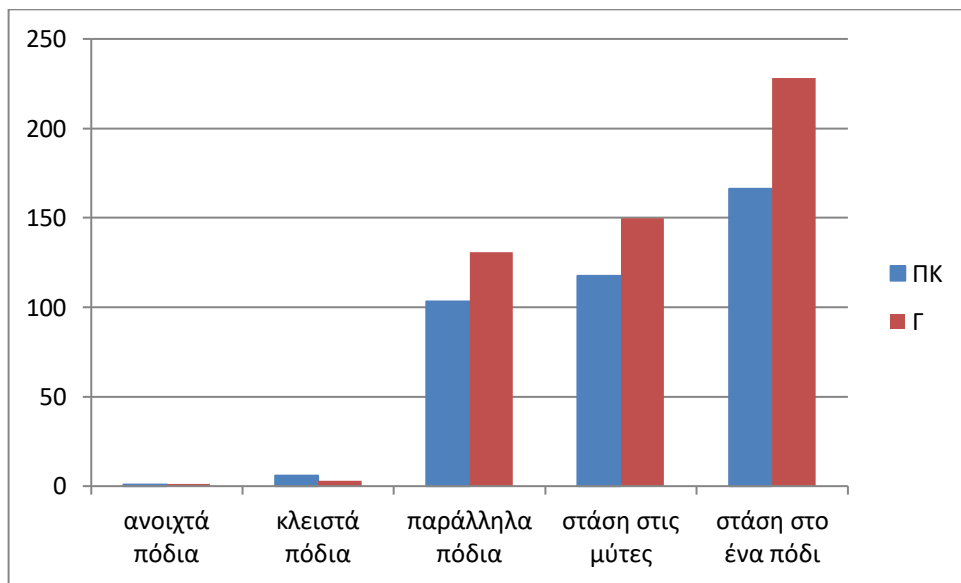
Σε μία άλλη έρευνα συμμετείχαν δεκαπέντε άνδρες για να εκτελέσουν τις εξής μετρήσεις: στάση με τα πόδια ανοιχτά (με απόσταση 10 εκατοστά μεταξύ τους), στάση με τα πόδια κλειστά, στάση με παράλληλα πόδια (δάχτυλα του ενός ποδιού ακουμπούν στην φτέρνα του άλλου), στάση στις μύτες των ποδιών και στάση με το ένα πόδι. Χρησιμοποιήθηκε το ηλεκτρομυογράφημα για να καταγράψει την ενεργοποίηση του πρόσθιου κνημιαίου μυός και του γαστροκνημίου μυός για 30 δευτερόλεπτα.[35]

Με βάση τα αποτελέσματα του παρακάτω πίνακα ο πρόσθιος κνημιαίος μυς και ο γαστροκνήμιος μυς ενεργοποιήθηκαν περισσότερο κατά την στάση με το ένα πόδι απ' ότι στις υπόλοιπες στάσεις. [35]

Πίνακας 2.3.5.γ. Τιμές του ηλεκτρομυογραφήματος (σε %) για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. (Πίνακας προσαρμοσμένος από το άρθρο Shu Marioka et al., 2000)

Μεταβλητή	Ανοιχτά πόδια		Κλειστά πόδια		Παράλληλα πόδια		Στάση στις μύτες		Στάση στο ένα πόδι	
	MO	SD	MO	SD	MO	SD	MO	SD	MO	SD
	ΠΚ	1.0	1.8	6.0	5.9	103.4	35.8	117.6	61.2	166.2
Γ	1.4	1.4	3.1	2.8	130.8	50.6	149.6	47.3	228.2	98.3

*ΠΚ= Πρόσθιος κνημιαίος, Γ= Γαστροκνήμιος, SD= StandardDeviation (Τυπική απόκλιση), MO=Μέσος όρος



Σχήμα 2.3.5.γ. Τιμές του ηλεκτρομυογραφήματος (σε %) για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. (Γράφημα προσαρμοσμένο από το άρθρο Shu Marioka et al., 2000)

Τέλος, έχει αποδειχθεί ότι η σκληρότητα της άρθρωσης του αστραγάλου είναι ένας από τους μηχανισμούς που ενεργοποιείται για τη διατήρηση της ισορροπίας. [32]. Επίσης, η συστολή γύρω από την άρθρωση του αστραγάλου πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια εργασιών εξισορρόπησης όπως η στάση στο ένα πόδι, η εξισορρόπηση σε μία ασταθή πλατφόρμα ή το περπάτημα σε μία στενή επιφάνεια. [33]

III. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την παρούσα ανασκόπηση τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης μέσω μονοποδικών ασκήσεων επιφέρει μεγαλύτερη βελτίωση σε αρκετούς τομείς συγκριτικά με την προπόνηση μέσω διποδικών ασκήσεων. Συγκεκριμένα μετά την προπόνηση μονοποδικών ασκήσεων υπήρξε μεγαλύτερη αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας, της ταχύτητας και της αλλαγής κατεύθυνσης σε σχέση με την προπόνηση διποδικών ασκήσεων. Επιπλέον υπήρξε βελτίωση στο ύψος του μονοποδικού κατακόρυφου άλματος και του διποδικού κατακόρυφου άλματος μετά από προπόνηση μονοποδικών ασκήσεων. Τέλος, σημειώθηκε αύξηση της μέγιστης δύναμης των δύο ποδιών αλλά και του κάθε ποδιού ξεχωριστά σε ομάδα που εκτέλεσε πρόγραμμα προπόνησης με μονοποδικές ασκήσεις συγκριτικά με την ομάδα που εκτέλεσε πρόγραμμα με διποδικές ασκήσεις.

Κατά την εκτέλεση μονοποδικών ασκήσεων οι μυς των κάτω άκρων οι οποίοι ενεργοποιήθηκαν περισσότερο ήταν ο δικέφαλος μηριαίος, ο μέσος γλουτιαίος, ο γαστροκνήμιος, ο έξω πλατύς, ο έσω πλατύς, ο μέγας προσαγωγός και ο ορθός μηριαίος.

Οι έρευνες οι οποίες εξετάστηκαν σχετικά με την ισορροπία έδειξαν ότι υπήρξε μεγαλύτερη ενεργοποίηση στην μονοποδική στήριξη σε σχέση με την διποδική ή την μονοποδική στήριξη με βοήθεια (χεριού ή του άλλου ποδιού). Επιπλέον, η μονοποδική προπόνηση βελτίωσε την δύναμη της ποδοκνημικής άρθρωσης προς όλες τις κατευθύνσεις. Με την ισοκινητική ενδυνάμωση της ποδοκνημικής άρθρωσης υπήρξε βελτίωση της ισορροπίας στο ένα πόδι.

Οι μυς οι οποίοι ενεργοποιήθηκαν κατά την μονοποδική στάση ήταν ο μακρύς περνιαίος, ο έσω γαστροκνήμιος, ο έσω πλατύς, ο έξω λοξός, ο δικέφαλος μηριαίος (μακρά και βραχεία κεφαλή), ο ραπτικός, ο μείζον ψοΐτης, ο λαγόνιος και ο ιερωνοτιαίος.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι μέσω της μονοποδικής προπόνησης οι μυς οι οποίοι ενδυναμώνονται είναι οι ίδιοι μυς οι οποίοι ενεργοποιούνται κατά την μονοποδική στάση (ισορροπία με το ένα πόδι). Επιπλέον η προπόνηση που εμπεριέχει μονοποδικές ασκήσεις ενδυνάμωσης επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα ως προς την δύναμη, την ταχύτητα και την αλτικότητα. Τέλος, σημαντικό είναι να αναφέρουμε πως η βελτίωση όλων αυτών των παραμέτρων συμβάλλει στην αποφυγή τραυματισμών.

IV. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κλεισούρας, Β. (2011). Εργοφυσιολογία. Αθήνα: εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.
- [2] Bourne, M. N., Timmins, R.G., Opar, D., Pizzari, T., Ruddy, J. D., Sims, C., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2018). An Evidence-Based Framework for Strengthening Exercises to Prevent Hamstring Injury. *Sports medicine (Auckland, N. Z.)*, 48(2), 251-267.
- [3] Γεωργιάδης, Γ. (2015). Αθλητική Προπόνηση. Αθήνα: εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ.
- [4] Κυργερίδου, Α. (2011-2012). «ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΙΣΟΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΜΙΑΣ ΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΣΕ ΑΘΛΗΤΕΣ ΚΑΛΑΘΟΣΦΑΙΡΙΣΗΣ». Θεσσαλονίκη.
- [5] Θεοδωράκου, Κ. (2010). Γυμναστική μία πολύπλευρη προσέγγιση. Αθήνα: εκδόσεις ΤΕΛΕΘΡΙΟΝ.
- [6] Αγγελόγλου, Μ. (2013). «Συστήματα προπόνησης μυϊκής ενδυνάμωσης». Θεσσαλονίκη.
- [7] Benfica, P., Aguiar, L. T., Brito, S., Bernardino, L., Teixeira-Salmela, L. F., & Faria, C. (2018). Reference values for muscle strength: a systematic review with a descriptive meta-analysis. *Brazilian journal of physical therapy*, 22(5), 355-369.
- [8] Baechle, T. R., Earle, R. W. (2009). Βασικές Αρχές της Προπόνησης με Αντίσταση. Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης, περιοχή 2009.

- [9] DeFOREST, B. A., Cantrell, G. S., & Schilling, B. K. (2014). Muscle Activity in Single- vs. Double-Leg Squats. *International journal of exercise science*, 7(4), 302–310.
- [10] Doix, A. M., Wachholz, F., Marterer, N., Immler, L., Insam, K., & Federolf, P. A. (2018). Is the cross-over effect of a unilateral high-intensity leg extension influenced by the sex of the participants?. *Biology of sex differences*, 9(1), 29.
- [11] 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.
- [12] McCurdy, K., O'Kelley, E., Kutz, M., Langford, G., Ernest, J., & Torres, M. (2010). Comparison of lower extremity EMG between the 2-leg squat and modified single-leg squat in female athletes. *Journal of sport rehabilitation*, 19(1), 57–70.
- [13] Dedinsky, R., Baker, L., Imbus, S., Bowman, M., & Murray, L. (2017). EXERCISES THAT FACILITATE OPTIMAL HAMSTRING AND QUADRICEPS CO-ACTIVATION TO HELP DECREASE ACL INJURY RISK IN HEALTHY FEMALES: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE. *International journal of sports physical therapy*, 12(1), 3–15.
- [14] Kuruganti, U., Murphy, T., & Pardy, T. (2011). Bilateral deficit phenomenon and the role of antagonist muscle activity during maximal isometric knee extensions in young, athletic men. *European journal of applied physiology*, 111(7), 1533–1539.

- [15] Makaruk, H., Winchester, J. B., Sadowski, J., Czaplicki, A., & Sacewicz, T. (2011). Effects of unilateral and bilateral plyometric training on power and jumping ability in women. *Journal of strength and conditioning research*, 25(12), 3311–3318.
- [16] Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PloSone*, 13(3), e0193841.
- [17] Bogdanis, G. C., Tsoukos, A., Kaloheri, O., Terzis, G., Veligeas, P., & Brown, L. E. (2019). Comparison Between Unilateral and Bilateral Plyometric Training on Single- and Double-Leg Jumping Performance and Strength. *Journal of strength and conditioning research*, 33(3), 633–640.
- [18] Speirs, D. E., Bennett, M. A., Finn, C. V., & Turner, A. P. (2016). Unilateral vs. Bilateral Squat Training for Strength, Sprints, and Agility in Academy Rugby Players. *Journal of strength and conditioning research*, 30(2), 386–392.
- [19] McCurdy, K. W., Langford, G. A., Doscher, M. W., Wiley, L. P., & Mallard, K. G. (2005). The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *Journal of strength and conditioning research*, 19(1), 9–15.
- [20] Siddiqi, F. A., & Masood, T. (2018). Training on Biodex balance system improves balance and mobility in the elderly. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 68(11), 1655–1659.

- [21] Lesinski, M., Hortobágyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(12), 1721–1738.
- [22] Baltich, J., Emery, C. A., Stefanyshyn, D., & Nigg, B. M. (2014). The effects of isolated ankle strengthening and functional balance training on strength, running mechanics, postural control and injury prevention in novice runners: design of a randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*, 15, 407.
- [23] Yoo, S., Park, S. K., Yoon, S., Lim, H. S., & Ryu, J. (2018). Comparison of Proprioceptive Training and Muscular Strength Training to Improve Balance Ability of Taekwondo Poomsae Athletes: A Randomized Controlled Trials. *Journal of sport science & medicine*, 17(3), 445–454.
- [24] Tao, H., Husher, A., Schneider, Z., Strand, S., & Ness, B. (2020). THE RELATIONSHIP BETWEEN SINGLE LEG BALANCE AND ISOMETRIC ANKLE AND HIP STRENGTH IN A HEALTHY POPULATION. *International journal of sports physical therapy*, 15(5), 712–721.
- [25] Cuğ, M., Duncan, A., & Wikstrom, E. (2016). Comparative Effects of Different Balance-Training-Progression Styles on Postural Control and Ankle Force Production: A Randomized Controlled Trial. *Journal of athletic training*, 51(2), 101–110.
- [26] Hrysomallis C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sportsmedicine (Auckland, N.Z.)*, 41(3), 221–232.

- [27] D A Winter PhD, Peng. (1995) Human balance and posture control during standing and walking. Department of Kinesiology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.
- [28] Lin, W. H., Liu, Y. F., Hsieh, C. C., & Lee, A. J. (2009). Ankle eversion to inversion strength ratio and static balance control in the dominant and non-dominant limbs of young adults. *Journal of science and medicine in sport*, 12(1), 42–49.
- [29] Chakravarty, K., Chatterjee, D., Das, R. K., Tripathy, S. R., & Sinha, A. (2017). Analysis of muscle activation in lower extremity for static balance. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2017*, 4118–4122.
- [30] Rowley, K. M., Engel, T., & Kulig, K. (2020). Trunk and hip muscle activity during the Balance-Dexterity task in persons with and without recurrent low back pain. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 50, 102378.
- [31] Son, S. M., Kang, K. W., Lee, N. K., Nam, S. H., Kwon, J. W., & Kim, K. (2013). Influence of Isokinetic Strength Training of Unilateral Ankle on Ipsilateral One-legged Standing Balance of Adults. *Journal of physical therapy science*, 25(10), 1313–1315.
- [32] García-Massó, X., Pellicer-Chenoll, M., Gonzalez, L. M., & Toca-Herrera, J. L. (2016). The difficulty of the postural control task affects multi-muscle control during quiet standing. *Experimental brain research*, 234(7), 1977–1986.

- [33] Geertsen, S. S., Kjær, M., Pedersen, K. K., Petersen, T. H., Perez, M. A., & Nielsen, J. B. (2013). Central common drive to antagonistic ankle muscles in relation to short-term cocontraction training in nondancers and professional ballet dancers. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 115(7), 1075–1081.
- [34] Yu, S. S., Wang, M. Y., Samarawickrame, S., Hashish, R., Kazadi, L., Greendale, G. A., & Salem, G. J. (2012). The physical demands of the tree (vriksasana) and one-leg balance (utthita hasta padangusthasana) poses performed by seniors: a biomechanical examination. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2012, 971896.
- [35] Morioka, S., Okita, M., Takata, Y., Miyamoto, S., & Itaba, H. (2000). Effects of Changes of Foot Position on Romberg's Quotient of Postural Sway and Leg Muscles Electromyographic Activities in Standing. *Journal of the Japanese Physical Therapy Association = Rigakuryoho*, 3(1), 17–20.
- [36] Harput, G., Soylu, A. R., Ertan, H., & Ergun, N. (2013). Activation of selected ankle muscles during exercises performed on rigid and compliant balance platforms. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 43(8), 555–559.