



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ – ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΤΜΗΜΑ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις σε δείκτες απόδοσης
και δυναμικής ισορροπίας σε ερασιτέχνες δρομείς»**

Αγγελίδης Κωνσταντίνος
Καθηγητής Φυσικής Αγωγής

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δελή Χαρίκλεια, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΤΕΦΑΑ-ΠΘ, Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Τσιόκανος Αθανάσιος, Καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Δραγανίδης Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Τρίκαλα, 2024



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ – ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΤΜΗΜΑ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»

**«The effect of resistance training on performance and dynamic
balance indices in amateur runners»**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	11
1.1. Συστηματική άσκηση και υγεία	11
1.2. Προπόνηση αντοχής.....	11
1.2.1. Μέθοδοι προπόνησης	11
1.2.2. Συνδυαστική προπόνηση αντοχής και προπόνηση με αντιστάσεις	13
1.3. Τρέξιμο και κίνδυνος εμφάνισης τραυματισμού.....	13
1.3.1. Τρέξιμο και κίνδυνος τραυματισμού σε αθλητές αντοχής	13
1.3.2. Τρέξιμο και κίνδυνος τραυματισμού σε ερασιτέχνες δρομείς.....	18
1.4. Λειτουργική ικανότητα, αθλητική απόδοση και κίνδυνος τραυματισμού	25
1.5. Δυναμική ισορροπία, αθλητική απόδοση και κίνδυνος τραυματισμού.....	25
1.5.1. Ο ρόλος της δυναμικής ισορροπίας στις αθλητικές δραστηριότητες	25
1.5.2. Ο ρόλος της δυναμικής ισορροπίας στο τρέξιμο.....	27
2. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	28
2.1. Σκοπός	28
2.2. Υλικό και Μέθοδος	28
2.2.1. Σχεδιασμός μελέτης.....	28
2.3. Συμμετέχοντες.....	29
2.4. Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και σύστασης σώματος.....	30
2.5. Αξιολόγηση δεικτών απόδοσης.....	30
2.5.1. Αξιολόγηση αερόβιας ικανότητας.....	30
2.5.2. Αξιολόγηση μυϊκής δύναμης.....	31

2.5.3.	Αξιολόγηση ισχύος.....	31
2.5.4.	Αξιολόγηση λειτουργικής ικανότητας.....	32
2.5.5.	Αξιολόγηση δυναμικής ισορροπίας.....	33
2.5.6.	Αξιολόγηση κινδύνου τραυματισμού.....	33
2.6.	Πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις	34
2.7.	Στατιστική Ανάλυση	35
2.8.	Αποτελέσματα	35
2.9.	Ανάλυση συσχέτισης.....	35
2.9.1.	Περιγραφικά χαρακτηριστικά	39
2.9.2.	Αερόβια ικανότητα.....	40
2.9.3.	Μυϊκή δύναμη	41
2.9.4.	Ισχύς	45
2.9.5.	Λειτουργική ικανότητα	46
2.9.6.	Δυναμική ισορροπία.....	47
2.9.7.	Κίνδυνος τραυματισμού	49
2.10.	Συζήτηση.....	50
	Βιβλιογραφικές αναφορές.....	54

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κύρια επιβλέπουσα της διατριβής μου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα. Δελή Χαρά, για την ουσιαστική βοήθεια, την καθοδήγηση και την υπομονή της σε όλα τα στάδια εκπόνησης της διατριβής. Η παρακίνησή της ήταν καταλυτική για την ολοκλήρωση της διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Τσιόκανο Αθανάσιο και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Δραγανίδη Δημήτριο για τις παρατηρήσεις τους, ως μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα μέλη του Εργαστηρίου Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab), του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Γατσά Θανάση, Λιάκου Χριστίνα, Καμπέρη Άννα, Ρούλια Ηλιάννα, Παπάζογλου Παρασκευή, Αυγουστάτο Νίκο και Βλάση Βασιλική για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αγγελίδης Κωνσταντίνος: Επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις σε δείκτες απόδοσης και δυναμικής ισορροπίας σε ερασιτέχνες δρομείς

Σκοπός: Να εξεταστεί η επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις σε δείκτες απόδοσης και δυναμικής ισορροπίας σε ερασιτέχνες δρομείς.

Μέθοδος: Σε μια παράλληλη, τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη μελέτη, 18 υγιείς άνδρες και γυναίκες ερασιτέχνες δρομείς (43.8 ± 5.19 ετών) συμμετείχαν για έξι εβδομάδες: α) σε συνδυαστική προπόνηση αντοχής και αντιστάσεων (ομάδα ΟΠΑ), ή β) σε προπόνηση αντοχής (Ομάδα ελέγχου, ΟΕ). Πριν και μετά την παρέμβαση, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση σωματομετρικών χαρακτηριστικών, σύστασης σώματος, αερόβιας ικανότητας, μυϊκής ισχύος, λειτουργικής ικανότητας και δυναμικής ισορροπίας.

Αποτελέσματα: Η μυϊκή ισχύς και η μυϊκή δύναμη παρουσίασαν χαμηλή προς μέτρια συσχέτιση με τη λειτουργική ικανότητα και χαμηλή προς μέτρια συσχέτιση με τη δυναμική ισορροπία. Η λειτουργική ικανότητα παρουσίασε χαμηλή προς μέτρια συσχέτιση με τη δυναμική ισορροπία. Η μυϊκή δύναμη αυξήθηκε μόνο στην ΟΠΑ σε όλες τις ασκήσεις: Squat ($p < 0.001$), Flat bench press ($p < 0.001$), Barbell row ($p < 0.001$), Quad extensions ($p < 0.001$), Leg curls ($p < 0.001$), Front pull-down ($p < 0.05$), Leg press ($p < 0.001$), Bicep cable curls ($p < 0.001$), Triceps cable pushdown ($p < 0.05$), Abductor machine ($p < 0.05$), Adductor machine ($p < 0.05$). Η μυϊκή ισχύς αυξήθηκε παρόμοια και για τις δύο ομάδες ($p < 0.05$). Η αερόβια ικανότητα διατηρήθηκε στην ΟΠΑ και μειώθηκε στην ΟΕ ($p < 0.01$). Η λειτουργική ικανότητα βελτιώθηκε μόνο στην ΟΠΑ στις μεταβλητές Hurdle step ($p < 0.05$), Inline lunge ($p < 0.05$), Trunk stability push up ($p < 0.05$) και Total score ($p < 0.01$). Η δυναμική ισορροπία βελτιώθηκε και στις δύο ομάδες στις μεταβλητές posterolateral right ($p < 0.05$), anterior left ($p < 0.05$), posteromedial left ($p < 0.01$), posterolateral left ($p < 0.001$), composite score right ($p < 0.01$), composite score left ($p < 0.001$) ενώ η posteromedial right βελτιώθηκε μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.05$).

Συμπεράσματα. Η συνδυαστική προπόνηση αντοχής και αντιστάσεων βελτιώνει τη δύναμη και τη λειτουργική ικανότητα σε ερασιτέχνες δρομείς και διατηρεί την αερόβια ικανότητα, ενώ δεν φαίνεται να επιφέρει επιπλέον ευεργετικές επιδράσεις στη δυναμική ισορροπία έναντι της προπόνησης αντοχής μόνο.

Λέξεις κλειδιά: τρέξιμο, συνδυαστική προπόνηση, απόδοση, λειτουργική ικανότητα, δυναμική ισορροπία

ABSTRACT

Angelidis Konstantinos: The effect of resistance training on performance and dynamic balance indices in amateur runners

Purpose: To examine the effect of resistance training on performance and dynamic balance indices in amateur runners.

Methods: In a parallel, randomized, controlled study, 18 healthy male and female amateur runners (43.8 ± 5.19 years) participated for six weeks in: a) combined endurance and strength training (resistance training group, RTG), or b) endurance training group (control group, CG). Before and after six weeks, assessment of the participants' somatometric characteristics, body composition, aerobic capacity, muscle power, functional movement, and dynamic balance was performed.

Results: Low to moderate correlation existed for muscle power and muscle strength with functional movement and dynamic balance. Low to moderate correlation existed for functional movement with dynamic balance. Following strength training, aerobic capacity was maintained in RTG, while decreased in OE ($p < 0.01$). Muscle strength increased only in RTG in all exercises: Squat ($p < 0.001$), Flat bench press ($p < 0.001$), Barbell row ($p < 0.001$), Quad extensions ($p < 0.001$), Leg curls ($p < 0.001$), Front pull-down ($p < 0.05$), Leg press ($p < 0.001$), Bicep cable curls ($p < 0.001$), Triceps cable pushdown ($p < 0.05$), Abductor machine ($p < 0.05$), Adductor machine ($p < 0.05$). Muscle power increased similarly for both groups ($p < 0.05$). Functional capacity improved only in RTG through the indices Hurdle step ($p < 0.05$), Inline lunge ($p < 0.05$), Trunk stability push up ($p < 0.05$), and Total score ($p < 0.01$). Dynamic balance improved in both groups through the indices posterolateral right ($p < 0.05$), anterior left ($p < 0.05$), posteromedial left ($p < 0.01$), posterolateral left ($p < 0.001$), composite score right ($p < 0.01$), composite score left ($p < 0.001$), while posteromedial right ($p < 0.05$) improved only in RTG.

Conclusions: Combined endurance and resistance training improves muscle strength and functional capacity of amateur runners and retains aerobic capacity, while does not seem to confer extra benefits in dynamic stability compared to endurance training alone.

Keywords: running, combined training, performance, functional capacity, dynamic balance

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Τρέξιμο και κίνδυνος τραυματισμού σε αθλητές αντοχής	15
Πίνακας 2. Τρέξιμο και κίνδυνος τραυματισμού σε ερασιτέχνες δρομείς	20
Πίνακας 3. Πρωτόκολλο αξιολόγησης μυϊκής δύναμης	32
Πίνακας 4. Πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις	34
Πίνακας 5. Συσχέτιση των μεταβλητών ισχύος και δύναμης με τις μεταβλητές λειτουργικής ικανότητας	36
Πίνακας 6. Συσχέτιση των μεταβλητών ισχύος και δύναμης με τις μεταβλητές της δυναμικής ισορροπίας	37
Πίνακας 7. Συσχέτιση των μεταβλητών λειτουργικής ικανότητας με τις μεταβλητές της δυναμικής ισορροπίας	38
Πίνακας 8. Περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων	39
Πίνακας 9. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος	40
Πίνακας 10. Μυϊκή δύναμη	44
Πίνακας 11. Λειτουργική ικανότητα	47
Πίνακας 12. Δυναμική ισορροπία	48
Πίνακας 13. Διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών στο Y-Balance Test	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης	29
Εικόνα 2. Μεταβολές στη VO_{2max}	41
Εικόνα 3. Μεταβολές στο κατακόρυφο άλμα με αντιμετάθεση	45

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τρέξιμο αποτελεί ίσως την πιο διαδεδομένη μορφή άσκησης και υιοθετείται όλο και περισσότερο από άτομα όλων των ηλικιών λόγω της ευκολίας στην εφαρμογή του, καθώς δεν απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό ή αθλητικές υποδομές (1). Επιπλέον, το τρέξιμο βελτιώνει τη σωματική σύσταση, την καρδιοαναπνευστική κατάσταση και μειώνει τον κίνδυνο θνησιμότητας από όλες τις αιτίες, καθώς και από καρδιαγγειακές ασθένειες και καρκίνο (2).

Ωστόσο υπό συνθήκες, το τρέξιμο μπορεί να οδηγήσει σε τραυματισμούς, κυρίως στα κάτω άκρα (3), κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή ενός προγράμματος άσκησης και αυτό με τη σειρά του σε δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία. Οι πιο συνηθισμένοι τραυματισμοί εμφανίζονται στο γόνατο, στην ποδοκνημική άρθρωση και το κάτω μέρος του ποδιού (3). Μεταξύ άλλων, η υπέρχρηση, η μυϊκή αδυναμία, η μειωμένη ευλυγισία (4, 5), αλλά και η μειωμένη δυναμική ισορροπία αποτελούν πιθανές αιτίες εμφάνισης τραυματισμών (6-8).

Η δυναμική ισορροπία αποτελεί μία σημαντική ικανότητα τόσο για τις καθημερινές ασχολίες, όσο και τις αθλητικές δραστηριότητες. Ιδιαίτερα στις αθλητικές δραστηριότητες, συμβάλλει στη διατήρηση της κατάλληλης στάσης του σώματος, χρησιμοποιώντας τις εσωτερικές και εξωτερικές πληροφορίες του σώματος και αναλύει τους παράγοντες που επηρεάζουν τη σταθερότητα της κίνησης έτσι ώστε να διατηρήσει τον έλεγχο της στάσης σώματος κατά την διάρκεια της δραστηριότητας (9). Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις για το ρόλο της δυναμικής ισορροπίας στον κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμών. Για παράδειγμα, σε αθλητές κολλεγίου διαφόρων αθλημάτων βρέθηκε πως υπάρχει συσχέτιση της δυναμικής ισορροπίας με εκδήλωση μελλοντικού τραυματισμού στα κάτω άκρα (8). Παρόμοια ευρήματα αναφέρουν έρευνες σε παίκτες καλαθοσφαίρισης (6) και σε αθλητές αμερικάνικου ποδοσφαίρου (7). Ωστόσο ο ρόλος της δυναμικής ισορροπίας στον κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού, δεν έχει μελετηθεί σε ερασιτέχνες δρομείς. Επίσης, δεν έχει μελετηθεί αν η εφαρμογή ενός προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις για τη βελτίωση της μυϊκής δύναμης θα οδηγούσε σε βελτίωση της δυναμικής ισορροπίας και κατ' επέκταση σε μείωση του κινδύνου τραυματισμού σε αυτούς τους αθλητές.

1. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1. Συστηματική άσκηση και υγεία

Η φυσική δραστηριότητα παίζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της καλής σωματικής και ψυχικής υγείας. Η έλλειψη αυτής αυξάνει τον κίνδυνο για την εμφάνιση μη μεταδιδόμενων ασθενειών όπως είναι τα καρδιαγγειακά νοσήματα, ο διαβήτης τύπου 2 και ο καρκίνος (10). Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας η φυσική δραστηριότητα ορίζεται ως οποιαδήποτε κίνηση των σκελετικών μυών που απαιτεί δαπάνη ενέργειας (10). Επίσης κατηγοριοποιείται ανάλογα με τους τομείς που λαμβάνει χώρα (εργασία, οικία, αναψυχή, εκπαίδευση), την ένταση (ήπια, μέτρια, έντονη), το είδος (αερόβια, με αντιστάσεις, ισορροπίας) (11).

Στο πλαίσιο της φυσικής δραστηριότητας εντάσσεται και η άσκηση. Η άσκηση αποτελεί μια μορφή φυσικής δραστηριότητας, η οποία είναι οργανωμένη, δομημένη και επαναλαμβανόμενη με στόχο την βελτίωση ή διατήρηση της φυσικής κατάστασης του ατόμου (12). Είναι γνωστό ότι η συστηματική άσκηση επιφέρει πολλαπλά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία. Ενδεικτικά, η συστηματική άσκηση έχει θετική επίδραση στο καρδιοαναπνευστικό και μυοσκελετικό σύστημα, στην σύσταση σώματος, στην ευλυγισία, στην ψυχική υγεία, στην γνωστική λειτουργία (13-15).

1.2. Προπόνηση αντοχής

Ως αντοχή μπορεί να οριστεί η ικανότητα διατήρησης μιας δεδομένης ταχύτητας ή ισχύος για το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα (16). Μέσω της προπόνησης αντοχής προκαλούνται προσαρμογές στο πνευμονικό, καρδιαγγειακό και νευρομυϊκό σύστημα οι οποίες βελτιώνουν την παροχή οξυγόνου από τον ατμοσφαιρικό αέρα στα μιτοχόνδρια και ενισχύουν τον έλεγχο του μεταβολισμού στα μυϊκά κύτταρα. Οι παραπάνω προσαρμογές, είναι αυτές που βελτιώνουν την απόδοση του οργανισμού στην άσκηση αντοχής (16).

1.2.1. Μέθοδοι προπόνησης

Δύο ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι προπόνησης για την βελτίωση της αντοχής είναι η προπόνηση συνεχόμενης διάρκειας και η διαλειμματική προπόνηση. Στην βιβλιογραφία συνήθως απαντώνται ως συνεχόμενη άσκηση μέτριας έντασης (medium intensity continuous training, MICT) και υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση (high intensity interval training, HIIT). Η MICT είναι η συνεχόμενη σταθερής έντασης αερόβια άσκηση που γίνεται συνήθως για χρονικό διάστημα 45-60 λεπτών (17). Κατά την εφαρμογή της MICT έχει βρεθεί πως βελτιώνεται η αερόβια ικανότητα όπως

αυτή απεικονίζεται από την αύξηση της κορυφαίας πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2peak}) (18), αλλάζει θετικά η σύσταση σώματος καθώς μειώνεται το σωματικό βάρος και λίπος με παράλληλη αύξηση της άπαχης μάζας σώματος (19), βελτιώνεται η λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος όπως απεικονίζεται σε μετρήσεις αιματολογικών δεικτών (20), επηρεάζεται θετικά η λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος μέσω της βελτίωσης της μεταβλητότητας του καρδιακού ρυθμού (HRV) (21). Η ΗΙΠΤ περιλαμβάνει μικρά ή μέτρια διαστήματα υψηλής έντασης άσκηση μεταξύ των οποίων παρεμβάλλονται διαστήματα παθητικής ή ενεργητικής αποκατάστασης (22). Η εφαρμογή της ΗΙΠΤ έχει βρεθεί πως προκαλεί βελτίωση της αερόβιας ικανότητας όπως φαίνεται από την αύξηση της VO_{2peak} (18), έχει θετική επίδραση στην σύσταση σώματος όπως φαίνεται από αλλαγές στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (βάρος, ΔΣΜ, ποσοστό λίπους, περίμετρος μέσης) (23) και δεν απαιτεί πολύ χρόνο για την υλοποίησή της (24). Και οι δύο μέθοδοι προπόνησης χρησιμοποιούνται από τον γενικό πληθυσμό (25), από κλινικούς πληθυσμούς (26, 27) και αθλητές (28, 29). Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει ερευνητικές προσπάθειες για να διερευνηθεί εάν κάποια από τις δύο μεθόδους υπερτερεί της άλλης.

Σε φυσικά αδρανή υγιή άτομα έχει βρεθεί πως σε νευρομυϊκές προσαρμογές και σε δείκτες απόδοσης όπως η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}), δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων (30, 31). Ωστόσο έχουν αναφερθεί διαφορές σε παραμέτρους υγείας όπως η συστολική αρτηριακή πίεση (30), ο μηχανισμός λειτουργίας της αριστερής κοιλίας (32) και δείκτες φλεγμονής (33). Πιο συγκεκριμένα, προπόνηση MICT για 8 εβδομάδες οδήγησε σε μεγαλύτερη μείωση της συστολικής αρτηριακής πίεσης σε άντρες ηλικίας 18-44 ετών (30). Επιπλέον, η εφαρμογή MICT για 6 εβδομάδες οδήγησε σε μεγαλύτερη μείωση της προφλεγμονώδους κυτοκίνης IL-8 σε άντρες και γυναίκες, πιθανώς λόγω των μικρότερων μυϊκών καταστροφών (33). Από την άλλη, η προπόνηση ΗΙΠΤ για 6 εβδομάδες οδήγησε σε μεγαλύτερη βελτίωση της λειτουργίας του μυοκαρδίου και της συστολικής λειτουργίας της αριστερής κοιλίας σε νεαρούς άντρες ηλικίας 20 – 22 ετών (32).

Σε καλά προπονημένα άτομα, η προπόνηση ΗΙΠΤ φαίνεται να επιφέρει επιπλέον προσαρμογές σε δείκτες απόδοσης, έναντι της μεθόδου MICT. Έρευνα (34) στην οποία πήραν μέρος άντρες τριαθλητές (ηλικία 33 ± 5 ετών) και εφάρμοσαν την ΗΙΠΤ μόνο στην προπόνηση τρεξίματος, έδειξε πως βελτιώθηκε η μυϊκή τους απόδοση (βελτίωση του CMJ) και η αθλητική τους απόδοση στην sprint απόσταση τριάθλου (βελτίωση 2.9% στον χρόνο κολύμβησης, 0.47% στον χρόνο ποδηλάτου, 3.93% στον χρόνο τρεξίματος) σε σχέση με τους συναθλητές τους που συνέχισαν να προπονούνται με την MICT. Σε άλλη έρευνα (29) που περιλάμβανε καλά προπονημένους νεαρούς κωπηλάτες (ηλικία 15 ± 1.3 έτη), ο συνδυασμός των δύο μεθόδων προπόνησης, οδήγησε σε σημαντική βελτίωση της VO_{2peak} και της επίδοσης στα 2000m.

Σε κλινικούς πληθυσμούς, οι δύο μέθοδοι φαίνεται να είναι εξίσου αποτελεσματικές στην βελτίωση παραμέτρων υγείας. Σε άτομα με παχυσαρκία οι δύο μέθοδοι οδήγησαν σε παρόμοια βραχυπρόθεσμη

βελτίωση στην ευαισθησία της ινσουλίνης και παρόμοιες μακροπρόθεσμες μεταβολικές διαφορές στους μύες, αφιερώνοντας όμως λιγότερο χρόνο για άσκηση μέσω της HIIT (18). Παρόμοια αποτελέσματα μεταξύ των δύο μεθόδων στην βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας έχουν παρατηρηθεί και σε άλλους κλινικούς πληθυσμούς όπως γυναίκες με σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών (35), άτομα με καρδιακή ανεπάρκεια (26), άτομα με διαβήτη τύπου 2 (36).

1.2.2. Συνδυαστική προπόνηση αντοχής και προπόνηση με αντιστάσεις

Ο συνδυασμός της προπόνησης αντοχής και της προπόνησης με αντιστάσεις φαίνεται πως δρα θετικά στην αθλητική απόδοση. Πιο συγκεκριμένα, η συνδυαστική μέθοδος φαίνεται να έχει καλύτερα αποτελέσματα από την εφαρμογή μεμονωμένα είτε της προπόνησης αντοχής είτε της προπόνησης με αντιστάσεις, σε δείκτες απόδοσης όπως είναι το κατακόρυφο άλμα (Countermovement jump, CMJ), η μέγιστη δύναμη, η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, η ταχύτητα στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, το αναερόβιο κατώφλι και η δρομική οικονομία (37, 38). Η βελτίωση σε δείκτες απόδοσης έχει παρατηρηθεί τόσο στο τρέξιμο όσο και στην ποδηλασία και το τρίαθλο (37-41).

Η συνδυαστική μέθοδος, εκτός από την αθλητική απόδοση, έχει θετικά αποτελέσματα και σε κλινικούς πληθυσμούς όπως για παράδειγμα σε άτομα με μεταβολικό σύνδρομο και άτομα με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, καθώς φαίνεται πως βελτιώνει την λειτουργική ικανότητα των ατόμων αυτών και επομένως την ποιότητα ζωής τους (42-44). Πιο συγκεκριμένα, σε άτομα από τους παραπάνω πληθυσμούς που ακολούθησαν την συνδυαστική μέθοδο αυξήθηκε η μυϊκή δύναμη των άνω και κάτω άκρων, αυξήθηκε η απόσταση που κάλυψαν στην δοκιμασία βάρδιας 6 λεπτών (6MWT), μειώθηκε η κατανάλωση φαρμάκων όπως οι διγουανίδες (42), μειώθηκε το οξειδωτικό στρες μέσω της βελτίωσης της μυϊκής λειτουργίας (43), βελτιώθηκε η μέση ταχύτητα προώθησης για υψηλά φορτία που σχετίζεται με την βελτίωση της λειτουργικότητας σε δραστηριότητες της καθημερινότητας όπως το ανέβασμα σκαλοπατιών και την έγερση από καρέκλα (44).

1.3. Τρέξιμο και κίνδυνος εμφάνισης τραυματισμού

1.3.1. Τρέξιμο και κίνδυνος τραυματισμού σε αθλητές αντοχής

Οι δρομείς αντοχής φαίνεται να αντιμετωπίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο τραυματισμών σε σχέση με τους αθλητές άλλων αθλημάτων όπως είναι το ποδόσφαιρο, η κολύμβηση και το σκι αντοχής (45). Σε έρευνα που έγινε μεταξύ εφήβων αθλητών που λαμβάνουν μέρος στα αθλήματα των δρόμων αντοχής,

σκι αντοχής και αγωνιστικού προσανατολισμού φάνηκε πως οι δρομείς αντοχής ήταν αυτοί που είχαν την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης τραυματισμού σε εβδομαδιαία κλίμακα (46). Οι συχνότεροι τραυματισμοί στους αθλητές αντοχής είναι αυτοί των κάτω άκρων (45, 47-50) με το μεγαλύτερο μέρος αυτών να είναι υπέρχρησης πιθανά λόγω των επαναλαμβανόμενων δυνάμεων κρούσης σε συνδυασμό με τον όγκο προπόνησης που απαιτείται ώστε οι αθλητές αυτοί να είναι ανταγωνιστικοί (5).

Η ηλικία αλλά και το φύλο, φαίνεται να διαφοροποιούν τη συχνότητα εμφάνισης τραυματισμών. Αναδρομική έρευνα ενός έτους σε δρομείς αντοχής από τις κατηγορίες νέων και ενηλίκων έδειξε ότι ο επιπολασμός των τραυματισμών ήταν μεγάλος και πιο συγκεκριμένα για τους ενήλικες, οι άντρες είχαν μεγαλύτερη συχνότητα (50%) από τις γυναίκες (47%) ενώ για την κατηγορία των νέων το ποσοστό ήταν μεγαλύτερο για τα κορίτσια (44%) σε σχέση με τα αγόρια (29%) (47). Επίσης οι περισσότεροι τραυματισμοί που καταγράφηκαν δεν ήταν οξείς αλλά προέκυψαν σταδιακά, οπότε η εμφάνισή τους πιθανώς να σχετίζεται με υπέρχρηση (47). Στους παραπάνω αθλητές οι τραυματισμοί που εμφανίστηκαν ήταν κυρίως του γόνατος και της κνήμης, ενώ ακολουθούσαν του αχίλλειου τένοντα, του αστραγάλου και του πέλματος.

Ο ελλιπής νευρομυϊκός έλεγχος, η σχετική αδυναμία σε διάφορες μυϊκές ομάδες, αλλά και η μειωμένη δυναμική ισορροπία, μπορούν επίσης να αυξήσουν τον κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμών. Επιδημιολογική έρευνα (51) έδειξε πως ο ελλιπής νευρομυϊκός έλεγχος του κορμού μπορεί να επηρεάσει την δυναμική σταθερότητα της άρθρωσης του γόνατος και να αυξηθεί κατά αυτόν τον τρόπο η πιθανότητα για τραυματισμό στην περιοχή αυτή. Σε άλλη έρευνα (52) που εξέτασε τραυματισμούς των κάτω άκρων φάνηκε πως οι αθλητές που αντιμετώπισαν τραυματισμό είχαν μεγαλύτερη αδυναμία στην απαγωγή και στην έξω στροφή του ισχίου, σε σχέση με τους υγιείς. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα μελετών σχετικά με τον κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού σε αθλητές αντοχής.

Πίνακας 1. Τρέξιμο και κίνδυνος τραυματισμού σε αθλητές αντοχής.

Έρευνα	Παρέμβαση	Συμμετέχοντες	Αποτελέσματα
Ristolainen et al. 2010	Αναδρομική μελέτη 12 μηνών. Σύγκριση της εμφάνισης τραυματισμών μεταξύ αθλητών από διάφορα σπορ.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 15 – 35 ετών (n = 574) Σκιέρ cross country (n = 149) Κολυμβητές (n = 154) Δρομείς μεγάλων αποστάσεων (n = 143) Ποδοσφαιριστές (n = 128)	) Οι περισσότεροι τραυματισμοί σημειώθηκαν στο ποδόσφαιρο) Οι δρομείς παρουσίασαν περισσότερους τραυματισμούς υπέρχρησης συγκριτικά με τους ποδοσφαιριστές) Σημείο τραυματισμού: κάτω πόδι στους δρομείς, ποδοσφαιριστές και σκιέρ και ώμος στους κολυμβητές
von Rosen et al. 2017	Προοπτική μελέτη 12 μηνών. Σύγκριση της εμφάνισης τραυματισμών μεταξύ αθλητών από διάφορα σπορ.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 16 – 19 ετών (n = 150) Τρέξιμο (n = 31) Σκιέρ cross country (n = 74)	) Ο εβδομαδιαίος επιπολασμός τραυματισμών ήταν μεγαλύτερος στην φάση προετοιμασίας σε σχέση με την αγωνιστική περίοδο) Οι δρομείς παρουσίασαν τον υψηλότερο μέσο εβδομαδιαίο επιπολασμό τραυματισμών) Οι πιο σοβαροί τραυματισμοί ήταν του πέλματος και του γόνατος) Κύριοι παράγοντες κινδύνου για τραυματισμό: προηγούμενος σοβαρός

			τραυματισμός και τραυματισμός στην αρχή της μελέτης
			) Οι αθλητές 16 και 17 ετών είχαν μεγαλύτερο κίνδυνο για τραυματισμό σε σχέση με τους αθλητές 18 -19 ετών
Jacobsson et al. 2012	Αναδρομική μελέτη 12 μηνών. Επιπολασμός μυοσκελετικών τραυματισμών σε ελίτ αθλητές στίβου.	Άνδρες ηλικίας 24,5±5,0 ετών (n = 25) και γυναίκες ηλικίας 23,4 ± 4,6 ετών (n = 30) αθλητές και αθλήτριες μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων Νέοι ηλικίας 17 ± 0,0 ετών (n = 10) και νέες ηλικίας 17 ± 0,17 ετών (n = 14) αθλητές και αθλήτριες μεσαίων και μεγάλων αποστάσεων ηλικίας	) Μεγαλύτερος επιπολασμός τραυματισμών παρατηρήθηκε στις γυναίκες) Σημείο τραυματισμού: γόνατο, κάτω πόδι, αχίλλειος τένοντας, αστράγαλος, δάχτυλα ποδιού
Koech et al. 2021	Συγχρονική μελέτη. Επιπολασμός μυοσκελετικών τραυματισμών σε επαγγελματίες δρομείς αντοχής.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 16 – 50 ετών (n = 167)	) Μεγαλύτερος επιπολασμός τραυματισμών παρατηρήθηκε στους άνδρες) Ο πιο κοινός τύπος τραυματισμού ήταν της αυτός της υπέρχρησης) Σημείο τραυματισμού: οπίσθιοι μηριαίοι, πόνος στην οσφυϊκή μοίρα, αστράγαλος
Kornaat et al. 2014	Case study. Επιπολασμός οστικών οίδημάτων σε επαγγελματίες δρομείς αντοχής.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 22,9 ± 2,7 ετών (n = 16)	) Τα οστικά οιδήματα υπάρχουν και σε δρομείς χωρίς συμπτώματα

Leetun et al. 2004	Προοπτική μελέτη 24 μηνών. Σχέση μεταξύ σταθερότητας κορμού και τραυματισμών σε διάφορα αθλήματα.	Άνδρες ηλικίας $19,0 \pm 0,9$ ετών ($n = 60$) και γυναίκες $19,1 \pm 1,37$ ($n = 80$) αθλητές και αθλήτριες του Μπάσκετ ($n = 104$) και δρομείς ανώμαλου δρόμου ($n = 36$)	) Αθλητές και αθλήτριες με αδυναμία στους απαγωγούς και έξω στροφείς του ισχίου και χαμηλότερη απόδοση των κοιλιακών μυών παρουσίασαν τραυματισμούς) Η αδυναμία των έξω στροφών του ισχίου ήταν σημαντικός παράγοντας κινδύνου για τραυματισμούς
Becker et al. 2018	Προοπτική μελέτη 24 μηνών. Παράγοντες κινδύνου για περιοστίτιδα σε δρομείς ανώμαλου δρόμου.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 19.5 ± 1.68 ετών ($n = 24$)	) Παράγοντες κινδύνου: μικρότερη δύναμη απαγωγών ισχίου, πιο σφιχτή λαγονοκνημιαία ταινία, πλατυποδία

1.3.2. Τρέξιμο και κίνδυνος τραυματισμού σε ερασιτέχνες δρομείς

Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί και ο αριθμός των ανθρώπων που ασχολούνται ερασιτεχνικά με το τρέξιμο, κυρίως για την εδραίωση καλής υγείας. Ωστόσο και οι ερασιτέχνες δρομείς παρουσιάζουν τραυματισμούς που σχετίζονται με το τρέξιμο. Στην βιβλιογραφία η συχνότητα εμφάνισης τραυματισμών συνήθως αποτυπώνεται είτε ως ποσοστό τραυματισμών ανά 100 άτομα είτε ως αριθμός τραυματισμών ανά 1000 ώρες έκθεσης στο τρέξιμο. Σε έρευνα (53) στην οποία πήραν μέρος 629 αρχάριοι και ερασιτέχνες δρομείς βρέθηκαν 30,1 τραυματισμοί σχετιζόμενοι με το τρέξιμο ανά 1000 ώρες τρεξίματος. Ενώ σε άλλη (54) στην οποία πήραν μέρος 191 ερασιτέχνες δρομείς ο αριθμός των τραυματισμών ήταν 10 ανά 1000 ώρες. Τα σημεία του σώματος στα οποία εντοπίζονται οι τραυματισμοί είναι κατά κύριο λόγο τα κάτω άκρα και πιο συγκεκριμένα στο γόνατο, στην κνήμη, στον αστράγαλο, στο πέλμα, στον γαστροκνήμιο μυ, στον αχίλλειο τένοντα αλλά και στην βουβωνική χώρα και στο ισχίο (53-58).

Διάφοροι παράγοντες μπορεί να επηρεάσουν την εμφάνιση τραυματισμού σε ερασιτέχνες δρομείς. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα μελετών σχετικά με τον κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού σε ερασιτέχνες δρομείς.

Το φύλο δεν φαίνεται να είναι ξεκάθαρο αν αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση τραυματισμού. Έρευνες έδειξαν πως για τους άντρες ο κίνδυνος εμφάνισης τραυματισμού είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τις γυναίκες, χωρίς όμως αυτή η διαφορά μεταξύ των δύο φύλων να είναι στατιστικά σημαντική (1, 53). Ωστόσο οι αιτίες πρόκλησης τραυματισμών ήταν διαφορετικές για τα δύο φύλα. Πιο συγκεκριμένα, στους άντρες εντοπίστηκαν ως παράγοντες η νεαρότερη χρονολογική ηλικία και η μικρότερη προπονητική ηλικία, ενώ στις γυναίκες ο υψηλός ΔΣΜ, προηγούμενη ενασχόληση με αθλήματα χωρίς επιβάρυνση της σπονδυλικής στήλης και η έλλειψη δρομικής εμπειρίας (53). Αντίθετα με τα παραπάνω, φάνηκε πως οι γυναίκες αντιμετώπιζαν μυοσκελετικούς πόνους σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τους άντρες (55). Επίσης, άλλες έρευνες αναφέρουν ότι το φύλο δεν παίζει ρόλο στην εμφάνιση τραυματισμού (56, 59).

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η ηλικία των δρομέων φαίνεται να έχει σχέση με την εμφάνιση τραυματισμού. Συγκεκριμένα όσο αυξάνεται η ηλικία αυξάνονται και οι πιθανότητες τραυματισμού (59-61). Ωστόσο σε μία έρευνα βρέθηκε πως η ηλικία είναι προστατευτικός παράγοντας (53), πιθανώς γιατί μεγαλύτεροι σε ηλικία αθλητές έχουν και μεγαλύτερη προπονητική εμπειρία.

Ο Δείκτης Σωματικής Μάζας (ΔΣΜ) δεν είναι ξεκάθαρο αν επηρεάζει τη συχνότητα εμφάνισης τραυματισμών σε ερασιτέχνες δρομείς. Σε κάποιες έρευνες φαίνεται πως ο υψηλός ΔΣΜ αποτελεί παράγοντα κινδύνου για εμφάνιση τραυματισμού (1, 57, 58), ενώ σε άλλες δεν φαίνεται να υπάρχει συσχετισμός του με εμφάνιση τραυματισμού (62, 63).

Προηγούμενος τραυματισμός πιθανώς να αποτελέσει παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση ενός νέου, όμως και αυτό δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο. Κάποιες έρευνες δείχνουν πως προηγούμενος τραυματισμός, είτε σχετιζόμενος με το τρέξιμο είτε όχι, μπορεί να αποτελέσει παράγοντα κινδύνου για την εμφάνιση ενός νέου (54, 57, 60, 64). Αντίθετα, σε άλλες έρευνες δεν προκύπτει ο παραπάνω συσχετισμός (53, 61).

Πίνακας 2. Τρέξιμο και κίνδυνος τραυματισμού σε ερασιτέχνες δρομείς.

Έρευνα	Παρέμβαση	Συμμετέχοντες	Αποτελέσματα
Buist et al. 2010	Προοπτική μελέτη 8 εβδομάδων. Συχνότητα τραυματισμών που σχετίζονται με το τρέξιμο και παράγοντες πρόβλεψης αυτών των τραυματισμών ανάλογα με το φύλο	Άνδρες 46.5 ± 9.4 (n = 207) Γυναίκες 42.3 ± 9.2 (n = 422)	) Οι άνδρες είχαν τους περισσότερους τραυματισμούς) Σημείο τραυματισμού: κνήμη και γαστροκνήμιος για τις γυναίκες, γόνατο για τους άνδρες) Άνδρες: υψηλότερος κίνδυνος τραυματισμού στους νεαρότερους αθλητές με μικρότερη προπονητική εμπειρία) Γυναίκες: υψηλότερος κίνδυνος τραυματισμού σε αθλήτριες με υψηλότερο ΔΣΜ και μικρότερη προπονητική εμπειρία
Buist et al. 2010	Προοπτική μελέτη 13 εβδομάδων. Προγνωστικοί παράγοντες τραυματισμών που σχετίζονται με το τρέξιμο σε αρχάριους δρομείς που συμμετείχαν σε συστηματικό πρόγραμμα προπόνησης.	Άνδρες 42.3 ± 9.9 (n = 226) Γυναίκες 37.9 ± 9.9 (n = 306)	) Στους άνδρες παράγοντες ήταν: ΔΣΜ, προηγούμενος τραυματισμός, προηγούμενη ενασχόληση με αθλήματα που δεν έχουν φόρτιση στην σπονδυλική στήλη) Στις γυναίκες παράγοντας ήταν η πτώση σκαφοειδούς οστού στο πόδι
Lopes et al. 2011	Συγχρονική μελέτη 5 μηνών.	Άνδρες 40 ± 12 (n = 796) Γυναίκες 37 ± 11 (n = 253)	) Η αναφορά πόνου από τις γυναίκες ήταν στατιστικά σημαντικότερη από των ανδρών

	Επιπολασμός και είδος μυοσκελετικών πόνων σε ερασιτέχνες δρομείς πριν από αγώνα.		) Είχαν πόνο όσοι έτρεχαν περισσότερα χρόνια και μεγαλύτερη απόσταση εβδομαδιαίως) Σημείο πόνου: γόνατο
Hirschmüller et al. 2012	Προοπτική κλινική μελέτη 13 μηνών. Προγνωστική αξία υπερηχογραφήματος στον αχίλλειο τένοντα ασυμπτωματικών δρομέων μεγάλων αποστάσεων.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 41 ± 11.2 ετών (n = 634)	) Η ηλικία, το φύλο, το ύψος, το βάρος, ο ΔΣΜ, ο όγκος προπόνησης δεν βρέθηκαν ότι μπορούν να αποτελέσουν προγνωστικούς παράγοντες για τραυματισμό του αχίλλειου τένοντα) Παλαιότερος τραυματισμός του αχίλλειου τένοντα αποτελεί προγνωστικό παράγοντα εμφάνισης τενοντίτιδας
Stenerson et al. 2023	Συγχρονική μελέτη Σχέση τραυματισμών υπέρχρησης με το τρέξιμο και την προπόνηση αντιστάσεων σε ερασιτέχνες δρομείς,	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 42.3 ± 10.5 ετών (n = 616)	) Σημείο τραυματισμού: πόδι, αστράγαλος, γόνατο) Εβδομαδιαίος όγκος >19 μίλια έδειξε πως αυξάνει την πιθανότητα για τραυματισμό) Όσοι εστίαζαν στην επίδοση είχαν περισσότερους τραυματισμούς σε σχέση με όσους έτρεχαν για γενική υγεία) Δεν βρέθηκε διαφορά στην εμφάνιση τραυματισμών είτε έκαναν προπόνηση με αντιστάσεις είτε όχι

Kluitenberg et al. 2015	Προοπτική μελέτη 6 εβδομάδων. Συχνότητα και παράγοντες κινδύνου για τραυματισμούς σχετιζόμενους με το τρέξιμο σε αρχάριους δρομείς	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 43.3 ± 10 ετών (n = 1696)	) Παράγοντες εμφάνισης τραυματισμών: μεγαλύτερη ηλικία, υψηλός ΔΣΜ, προηγούμενοι μυοσκελετικοί πόνοι που δεν έχουν προκληθεί από το τρέξιμο, έλλειψη δρομικής εμπειρίας
Nielsen et al. 2013	Προοπτική μελέτη 12 μηνών. Προγνωστικοί παράγοντες τραυματισμών στο τρέξιμο.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 18 - 65 ετών (n = 930)	) Παράγοντες εμφάνισης τραυματισμών: άτομα με $\Delta\Sigma > 30 \text{ kg/m}^2$ διέτρεχαν μεγαλύτερο κίνδυνο από αυτούς με $\Delta\Sigma = 20\text{-}25 \text{ kg/m}^2$, άτομα ηλικίας 45 -65 ετών είχαν μεγαλύτερο κίνδυνο από τους 30 – 45, προηγούμενοι τραυματισμοί που δεν έχουν προκληθεί από το τρέξιμο
van der Worp et al. 2016	Προοπτική μελέτη 12 εβδομάδων. Αιτιολογία των σχετιζόμενων με το τρέξιμο τραυματισμών στις γυναίκες.	Γυναίκες 28 ± 11.5 ετών (n = 417)	) Παράγοντες εμφάνισης τραυματισμών: υψηλότερος ΔΣΜ, εβδομαδιαίος όγκος προπόνησης > 30 χλμ., προηγούμενος τραυματισμός σχετιζόμενος με τρέξιμο) Σημείο τραυματισμού: ισχίο, βουβωνική χώρα, γόνατο
Vitez et al. 2017	Αναδρομική μελέτη Τραυματισμοί σχετιζόμενοι με το τρέξιμο σε συμμετέχοντες σε αγώνα μαραθωνίου.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 42 ± 11 ετών (n = 697)	) Παράγοντες εμφάνισης τραυματισμών: φύλο (οι άνδρες είχαν περισσότερους τραυματισμούς), μικρή δρομική εμπειρία (1-3 έτη), προηγούμενος τραυματισμός σχετιζόμενος ή όχι με το τρέξιμο, ηλικία

			(αύξηση κινδύνου τραυματισμού κάτω ποδιού όσο αυξάνεται η ηλικία), εβδομαδιαίος όγκος προπόνησης 21 – 50 χλμ. J Σημείο τραυματισμού κατά συχνότητα: γόνατο, αστράγαλος και αχίλλειος τένοντας, πέλμα, γαστροκνήμιος
Bredeweg et al. 2013	Προοπτική μελέτη 9 εβδομάδων. Διαφορές στην κινητική ασυμμετρία μεταξύ τραυματισμένων και μη δρομέων.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 37.2 ± 11.2 ετών (n = 210)	J Δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σχετικά με τον ΔΣΜ, την ηλικία, το φύλο, το μήκος ποδιού μεταξύ τραυματισμένων και μη δρομέων
Dillon et al. 2023	Προοπτική μελέτη 12 μηνών. Διερεύνηση παραγόντων που σχετίζονται με τους τραυματισμούς στο τρέξιμο.	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 18 - 65 ετών (n = 225)	J Παράγοντες εμφάνισης τραυματισμών: προηγούμενος τραυματισμός τον προηγούμενο 1 χρόνο, η μικρή πτώση σκαφοειδούς στο πέλμα, η μικρή περιστροφή της πυέλου στον εγκάρσιο άξονα, η μικρότερη προσαγωγή του ισχίου κατά της φάση στήριξης, η μεγαλύτερη έσω-έξω κίνηση του γόνατος
Hespanhol et al. 2013	Προοπτική μελέτη 12 εβδομάδων. Προηγούμενοι τραυματισμοί και χαρακτηριστικά προπόνησης ως παράγοντες πρόγνωσης νέων	Άνδρες και γυναίκες ηλικίας 42.8 ± 10.5 ετών (n = 191)	J Ο πιο κοινός τύπος τραυματισμού ήταν ο μυϊκός J Συχνότερο σημείο τραυματισμού το γόνατο

τραυματισμών σε ερασιτέχνες
δρομείς.

) Παράγοντες εμφάνισης τραυματισμών:
προηγούμενος τραυματισμός, η διάρκεια
της προπόνησης, η προπόνηση ταχύτητας
) Η προπόνηση ΗΠΤ αποτέλεσε
προστατευτικό παράγοντα για εμφάνιση
τραυματισμού

1.4. Λειτουργική ικανότητα, αθλητική απόδοση και κίνδυνος τραυματισμού

Ο όρος «λειτουργική ικανότητα» περιλαμβάνει όλες εκείνες τις κινητικές δεξιότητες ενός ατόμου που είναι απαραίτητες ώστε να ανταπεξέλθει στις δραστηριότητες της καθημερινότητας με αυτονομία.

Η λειτουργική ικανότητα σχετίζεται επίσης με την αθλητική απόδοση και με τον κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού (65). Για την εκτίμηση της λειτουργικής ικανότητας χρησιμοποιούνται δοκιμασίες όπως το Functional Movement Screening (FMS), το Star excursion balance test (SEBT) και το Y-Balance Test (YBT). Ειδικότερα για τη δοκιμασία FMS, αυτή αξιολογεί βασικά πρότυπα κίνησης και μπορεί να εντοπίσει ελλείψεις στην ισορροπία, τη σταθερότητα του πυρήνα, την ευλυγισία και την κινητικότητα (66). Έχει σχεδιαστεί για τον εντοπισμό ασυμμετριών και δυσκολιών στην κίνηση που πιθανόν μετέπειτα να οδηγήσουν σε μυοσκελετικά προβλήματα (65). Για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιείται πολύ συχνά για την εκτίμηση της κατάστασης αθλητών κατά την φάση προετοιμασίας πριν την αγωνιστική περίοδο ώστε να εντοπιστούν πιο στοχευμένα, κινητικά ελλείμματα που πιθανώς να οδηγήσουν σε τραυματισμούς (65, 66). Από την βιβλιογραφία προκύπτει ότι για τιμές ≤ 14 στο τελικό σκορ του FMS αυξάνεται πάνω από το διπλάσιο η πιθανότητα για μυοσκελετικό τραυματισμό σε σχέση με τιμές > 14 (67). Ωστόσο κάποιες φορές δεν μπορεί να προβλέψει τον κίνδυνο για τραυματισμό για κάποιους πληθυσμούς αθλητών όπως για παράδειγμα αθλητών καλαθοσφαίρισης λυκείου, πιθανώς επειδή αξιολογεί πιο βασικές κινητικές δυσλειτουργίες ενώ οι τραυματισμοί σε αυτούς τους πληθυσμούς προκύπτουν από πιο συγκεκριμένους μηχανισμούς (68).

1.5. Δυναμική ισορροπία, αθλητική απόδοση και κίνδυνος τραυματισμού

1.5.1. Ο ρόλος της δυναμικής ισορροπίας στις αθλητικές δραστηριότητες

Για την ισορροπία και τον έλεγχο της στάσης του ανθρώπινου σώματος είναι υπεύθυνα δύο συστήματα, το σύστημα της δυναμικής και το σύστημα της στατικής ισορροπίας (9). Η δυναμική ισορροπία χρησιμοποιεί εσωτερικές και εξωτερικές πληροφορίες του σώματος ανάλογα με τα ερεθίσματα που δέχεται (69) για να αναλύσει παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την σταθερότητά του και με απώτερο σκοπό να διατηρηθεί η στάση σώματος (9). Έτσι, συντελεί στην διατήρηση της στάσης αλλά και της γενικότερης ισορροπίας του σώματος και οδηγεί σε μείωση του κινδύνου για πτώση, το οποίο με την σειρά του έχει βρεθεί πως έχει θετική επίδραση στην ποιότητα ζωής ειδικότερα των ανθρώπων μεγαλύτερης ηλικίας (70, 71).

Δεδομένου ότι η δυναμική ισορροπία παίζει ρόλο στις απλές καθημερινές δραστηριότητες γίνεται αντιληπτό πως παίζει σημαντικό ρόλο στις αθλητικές δραστηριότητες όπου οι απαιτήσεις για κίνηση του σώματος αυξάνονται. Από έρευνες που έχουν γίνει σε αθλητές διαφόρων αθλημάτων όπως αθλητές ποδοσφαίρου (72), αμερικάνικου ποδοσφαίρου (7), γκολφ (73) και καλαθοσφαίρισης (74) φαίνεται πως

η δυναμική ισορροπία αποτελεί βασική αθλητική δεξιότητα. Είναι απαραίτητη όπου απαιτούνται επαναλαμβανόμενες εκρηκτικές μονοποδικές κινήσεις όπως η απότομη επιτάχυνση και επιβράδυνση, οι αλλαγές κατεύθυνσης, το λάκτισμα, το άλμα, η προσγείωση (72) και έχει στενή σχέση με την ομαλότητα στην εκτέλεση μιας κίνησης σαν αποτέλεσμα του καλού μυϊκού συντονισμού (73). Επιπρόσθετα έχει παρατηρηθεί πως η έλλειψή της αποτελεί παράγοντα κινδύνου για τραυματισμούς κυρίως των κάτω άκρων όπως είναι το διάστρεμμα της ποδοκνημικής και η θλάση οπίσθιου μηριαίου (7, 75, 76).

Για την αξιολόγηση της δυναμικής ισορροπίας χρησιμοποιούνται διάφορες δοκιμασίες. Μπορεί να είναι εργαστηριακές δοκιμασίες που πραγματοποιούνται σε σταθερομετρικές πλατφόρμες (77), ή δοκιμασίες πεδίου όπως το YTB (78). Ειδικότερα για τη δοκιμασία YBT, αυτή αποτελεί μια απλουστευμένη μορφή της δοκιμασίας SEBT. Λόγω της ευκολίας υλοποίησής της στο πεδίο, έχει χρησιμοποιηθεί σε έρευνες (Huang et al., 2023; O'Connor et al., 2020; Tao et al., 2021) και ως δείκτης αξιολόγησης του κινδύνου για τραυματισμό. Σε φοιτητές κολλεγίου φυσικής αγωγής και οι οποίοι ανήκαν σε διάφορα επίπεδα αθλητικής απόδοσης, βρέθηκε ισχυρή συσχέτιση του σύνθετου σκορ που προκύπτει από την δοκιμασία YBT τόσο με το επίπεδο αθλητικής απόδοσης των φοιτητών όσο και με την εμφάνιση τραυματισμών (79). Με τη δοκιμασία YBT, εντοπίζονται και ασυμμετρίες στις κινήσεις μεταξύ δεξιάς και αριστερής πλευράς (8), οι οποίες επίσης έχουν συσχετιστεί με κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμών. Σε αθλητές διαφόρων αγωνισμάτων, μεταξύ αυτών και δρομέων cross country, ασυμμετρία μεταξύ δεξιού – αριστερού σκέλους στην anterior κατεύθυνση $\geq 4\text{cm}$ υποδηλώνει μεγαλύτερο κίνδυνο για τραυματισμό (6, 8). Αντίστοιχα, composite score $< 94\%$ σε παίκτες καλαθοσφαίρισης λυκείου (6) και $< 89.6\%$ σε ποδοσφαιριστές κολλεγίου (7) αυξάνει τον κίνδυνο τραυματισμού χωρίς επαφή. Ωστόσο, το επίπεδο φυσικής κατάστασης και αθλητικής απόδοσης των ατόμων, μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης της δυναμικής ισορροπίας με τη δοκιμασία YBT και προτείνεται να λαμβάνεται υπόψη (79). Συγκεκριμένα, ενώ το συνηθισμένο όριο στο composite score της YBT για κίνδυνο τραυματισμού είναι 95%, σε αθλητές υψηλού επιπέδου βρέθηκε να είναι πάνω από 106% (79). Επίσης, σε κάποιους αθλητικούς πληθυσμούς όταν οι δοκιμασίες FMS και YBT χρησιμοποιούνται μεμονωμένα, πιθανώς να μην προβλέπουν εξίσου αποτελεσματικά τον κίνδυνο τραυματισμού (80) και ο συνδυασμός των δύο μεθόδων πιθανώς να είναι πιο αποτελεσματικός στην πρόβλεψη του κινδύνου τραυματισμού. Μελέτη σε αθλητές κολλεγίου διαφόρων αθλημάτων (81) αναφέρει πως ο συνδυασμός των χαμηλών βαθμολογιών (FMS: ≤ 14 , YBT: ασυμμετρίες $\geq 4\text{cm}$) στις δύο δοκιμασίες αξιολόγησης συνδυαστικά μπορεί να αποτελέσει καλύτερο προγνωστικό δείκτη για τραυματισμό σε σχέση με το κάθε τεστ μεμονωμένα. Οι μέχρι τώρα έρευνες αναφέρονται σε μικρότερες ηλικιακές κατηγορίες όπως έφηβοι, αθλητές λυκείου και αθλητές κολλεγίου, ενώ σε ερασιτέχνες δρομείς μεγαλύτερης ηλικίας δεν έχουν μελετηθεί αντίστοιχα τα τεστ αξιολόγησης. Σε άλλη έρευνα (Tao et al., 2021) κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε το YBT ως εργαλείο αξιολόγησης χρησιμοποιήθηκε

μία επιπλέον κατεύθυνση ως παράμετρος, η πίσω κίνηση του ποδιού (posterior). Σε αυτήν πήραν μέρος καλά προπονημένοι αθλητές ανώμαλου δρόμου έδειξε ότι λαμβάνοντας υπόψη κάποιες από τις παραμέτρους του YBT, όταν το τεστ γίνεται στην φάση προετοιμασίας είναι ικανό να προβλέψει τον κίνδυνο για τραυματισμό υπέρχρησης κατά την διάρκεια της αγωνιστικής σεζόν. Οι παράμετροι αυτές που βρέθηκαν να είναι σημαντικές για την πρόγνωση τραυματισμού είναι οι ασυμμετρίες στην anterior και posteromedial κατεύθυνση και το normalized σκορ προσέγγισης (reach score) στην posterior κατεύθυνση.

1.5.2.Ο ρόλος της δυναμικής ισορροπίας στο τρέξιμο

Όπως στα υπόλοιπα αθλήματα έτσι και στο τρέξιμο εφόσον υπάρχει κίνηση του σώματος στον χώρο η δυναμική ισορροπία παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση (82). Ειδικότερα στον ανώμαλο δρόμο όπου υπάρχουν εναλλαγές στην υφή και στην κλίση του εδάφους με ανηφόρες και κατηφόρες, οι απαιτήσεις για την δυναμική ισορροπία είναι αυξημένες (83). Έρευνα σε παίκτριες ποδοσφαίρου έδειξε πως μετά από την αερόβια άσκηση (τρέξιμο σε δαπεδοεργόμετρο σύμφωνα με το πρωτόκολλο Bruce) προκαλείται μεγαλύτερη απώλεια της δυναμικής ισορροπίας σε σχέση με την αναερόβια άσκηση (εργομετρικό ποδήλατο σύμφωνα με το πρωτόκολλο Wingate) (84). Έχει βρεθεί πως η κόπωση που επέρχεται στα κάτω άκρα γενικότερα μετά από εφαρμογή πρωτοκόλλου επιβάρυνσης (85) αλλά και ειδικότερα μετά από δραστηριότητα όπως το τρέξιμο επηρεάζει την δυναμική ισορροπία (86). Οι αλλαγές στην δυναμική ισορροπία παρατηρήθηκε πως μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένη πιθανότητα για τραυματισμούς όπως αυτός του αστραγάλου (86). Ωστόσο σε δρομείς που πήραν μέρος σε ορεινό υπερμαραθώνιο απόστασης 80 χιλιομέτρων και μεγάλης θετικής υψομετρικής διαφοράς (5500m), έγιναν μετρήσεις στατικής και δυναμικής ισορροπίας πριν τον αγώνα (μέσα σε χρονικό διάστημα δύο ωρών) και μετά τον αγώνα (12 ± 3 λεπτά) όπου διαπιστώθηκε ότι η κόπωση επηρέασε περισσότερο την στατική από την δυναμική ισορροπία (83).

2. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί, αν η εφαρμογή προπόνησης με αντιστάσεις επηρεάζει την απόδοση και τη δυναμική ισορροπία ερασιτεχνών δρομέων.

Ερευνητικές υποθέσεις:

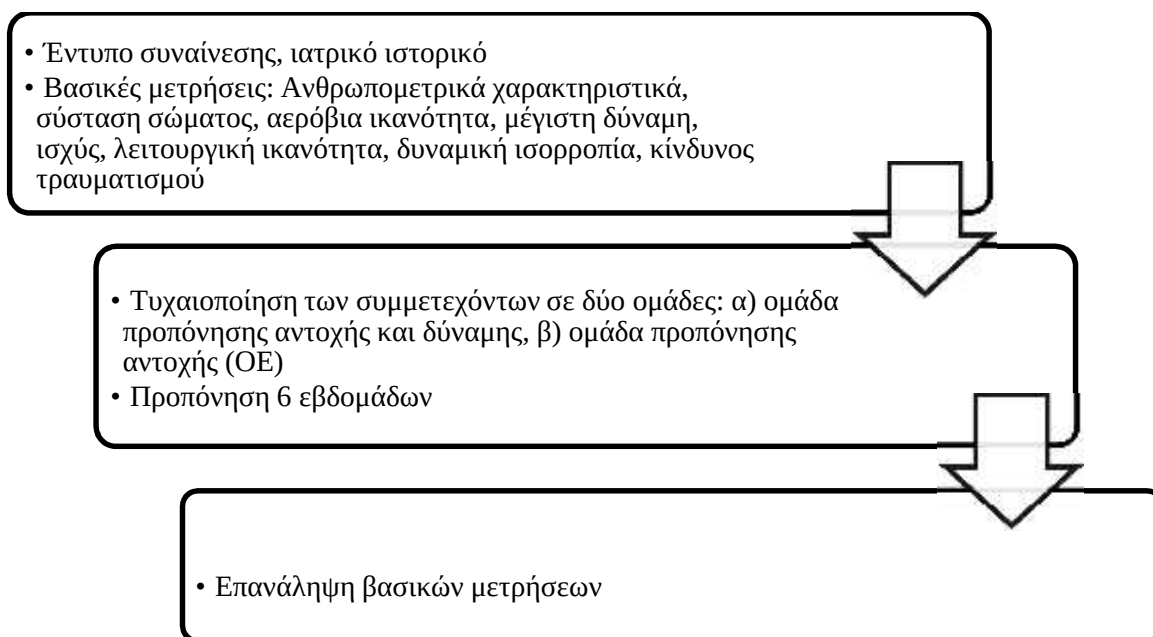
- i. Η προπόνηση με αντιστάσεις θα βελτιώσει τη σύσταση σώματος ενηλίκων ερασιτεχνών δρομέων.
- ii. Η προπόνηση με αντιστάσεις θα βελτιώσει τη μυϊκή δύναμη ενηλίκων ερασιτεχνών δρομέων.
- iii. Η προπόνηση με αντιστάσεις θα βελτιώσει την αερόβια απόδοση ενηλίκων ερασιτεχνών δρομέων.
- iv. Η προπόνηση με αντιστάσεις θα βελτιώσει τη λειτουργική ικανότητα ενηλίκων ερασιτεχνών δρομέων.
- v. Η προπόνηση με αντιστάσεις θα βελτιώσει τη δυναμική ισορροπία ενηλίκων ερασιτεχνών δρομέων.
- vi. Θα υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της δύναμης, της ισχύος και της λειτουργικής ικανότητας με τη δυναμική ισορροπία σε ερασιτέχνες δρομείς.

2.2. Υλικό και Μέθοδος

2.2.1. Σχεδιασμός μελέτης

Ο σχεδιασμός της μελέτης παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Η μελέτη ήταν παράλληλη, τυχαιοποιημένη, ελεγχόμενη και συμπεριελάμβανε υγιείς άνδρες και γυναίκες ερασιτέχνες δρομείς. Οι συμμετέχοντες επισκέφθηκαν το Εργαστήριο Βιοχημείας, Φυσιολογίας και Διατροφής της Άσκησης (SmArT Lab), του Κέντρου Έρευνας και Αξιολόγησης της Φυσικής Απόδοσης (ΚΕΑΦΑ), του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (ΤΕΦΑΑ), του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας (ΠΘ), συνολικά δύο φορές. Στην πρώτη επίσκεψή τους οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για όλες τις διαδικασίες, τα οφέλη και τους πιθανούς κινδύνους, υπέγραψαν το έντυπο συναίνεσης και συμπλήρωσαν τα έντυπα ιατρικού ιστορικού, και φυσικής δραστηριότητας (IPAQ). Στη συνέχεια αξιολογήθηκαν τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά (σωματική μάζα, σωματικό ύψος, δείκτης σωματικής μάζας), η σύσταση σώματος (ποσοστό σωματικού λίπους, λιπώδης μάζα, άλιπη σωματική μάζα), η αερόβια ικανότητα (VO_{2max}), η ισχύς (κατακόρυφο άλμα, Optojump), η λειτουργική ικανότητα (FMS), η δυναμική ισορροπία (YBT) και ο κίνδυνος τραυματισμού (FMS και YBT). Στη συνέχεια οι συμμετέχοντες ανατέθηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο ομάδες: i) ομάδα προπόνησης αντοχής και

προπόνησης αντιστάσεων (ΟΠΑ) και ii) ομάδα ελέγχου που θα πραγματοποιούσε μόνο τη συνηθισμένη προπόνησης αντοχής (ΟΕ). Η πειραματική παρέμβαση είχε διάρκεια 6 εβδομάδες, με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα και ο σχεδιασμός του προπονητικού προγράμματος έγινε σύμφωνα με τις συστάσεις του Αμερικάνικου Κολεγίου Αθλητιατρικής (15) και περιλάμβανε ασκήσεις για τις κύριες μυϊκές ομάδες. Η ΟΕ συνέχισε το πρόγραμμα αερόβιας προπόνησης που ακολουθούσε μέχρι τώρα. Πριν από την παρέμβαση προηγήθηκε μια εβδομάδα εξοικείωσης και αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης των συμμετεχόντων στις ασκήσεις που επρόκειτο να χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα αντιστάσεων προκειμένου να υπολογιστεί η εξατομικευμένη επιβάρυνση για κάθε συμμετέχοντα. Οι συνεδρίες της προπόνησης με αντιστάσεις στην ΟΠΑ πραγματοποιούνταν την ίδια ημέρα με την προπόνηση αντοχής. Μετά τέλος της παρέμβασης οι συμμετέχοντες επισκέφθηκαν ξανά το ΚΕΑΦΑ του ΤΕΦΑΑ του ΠΘ, και επανέλαβαν όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν πριν την παρέμβαση.



Εικόνα 1. Πειραματικός σχεδιασμός της μελέτης.

2.3. Συμμετέχοντες

Σύμφωνα με αρχική ανάλυση ισχύος που πραγματοποιήθηκε (probability error: 0.05, power: 0.80), ένας συνολικός αριθμός 16 ατόμων απαιτείται προκειμένου να εντοπιστούν στατιστικά σημαντικές

διαφορές για τις κύριες εξαρτημένες μεταβλητές, σε ένα πειραματικό σχεδιασμό με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις σε 2 χρονικές στιγμές μεταξύ 2 πειραματικών συνθηκών.

Επομένως, στην μελέτη πήραν μέρος συνολικά 19 υγιείς, ερασιτέχνες δρομείς, 12 άνδρες και 7 γυναίκες ηλικίας 32 – 52 ετών. Τα κριτήρια συμμετοχής στη μελέτη ήταν: (i) ηλικία 18 – 55 ετών, (ii) προπονητική εμπειρία ≥ 1 έτος, (iii) απουσία μυοσκελετικού τραυματισμού (≥ 6 μήνες), (iv) μη καπνιστές, (v) αποχή από λήψη αντιφλεγμονωδών φαρμάκων (≥ 1 μήνα), (vi) συχνότητα προπόνησης τουλάχιστον 3 φορές/εβδομάδα. Τα κριτήρια αποκλεισμού ήταν: (i) ηλικία > 55 ετών, (ii) προπονητική εμπειρία < 1 έτος, (iii) παρουσία μυοσκελετικού τραυματισμού (< 6 μήνες), (iv) καπνιστές, (v) λήψη αντιφλεγμονωδών φαρμάκων (< 1 μήνα), (vi) συχνότητα προπόνησης < 3 φορές/εβδομάδα.

2.4. Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών και σύστασης σώματος

Η σωματική μάζα μετρήθηκε με ακρίβεια 0.05 kg (Beam Balance 710; Seca, Birmingham, United Kingdom), ενώ οι συμμετέχοντες ήταν ελαφρά ντυμένοι και χωρίς υποδήματα, και το ύψος στάσης μετρήθηκε με ακρίβεια 0.1 cm (Stadiometer 208; Seca, Birmingham, United Kingdom), όπως περιγράφηκε προηγουμένως (87). Ο δείκτης σωματικής μάζας (ΔΣΜ) υπολογίστηκε ως η μάζα προς το ύψος στο τετράγωνο. Η σύνθεση του σώματος (ποσοστό λίπους, λιπώδης μάζα, άλιπη μάζα, άπαχη μάζα σώματος, οστική πυκνότητα (BMD), περιεκτικότητα σε οστικά άλατα (BMC)) εκτιμήθηκε με απορροφησιομετρία ακτίνων X διπλής ενέργειας (DXA, GE-Healthcare, Lunar DPX NT, Belgium) όπως περιγράφηκε προηγουμένως (88).

2.5. Αξιολόγηση δεικτών απόδοσης

2.5.1. Αξιολόγηση αερόβιας ικανότητας

Η μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου (VO_{2max}) εκτιμήθηκε μέσω ενός αυτοματοποιημένου ηλεκτρονικού αναλυτή πνευμονικών αερίων (Vmax Encore 29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA) κατά τη διάρκεια ενός πρωτοκόλλου διαβαθμισμένης άσκησης σε διάδρομο (Stex 8025T, Korea). Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν προθέρμανση ~8 λεπτών στο διάδρομο (~60% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας) και ~5 λεπτά ασκήσεων διάτασης. Η αρχική ταχύτητα για το πρωτόκολλο δοκιμών κυμαινόταν από 8 έως 10 $km \cdot h^{-1}$, στη συνέχεια αυξήθηκε κατά 1 $km \cdot h^{-1}$ για το δεύτερο λεπτό και στη συνέχεια αυξήθηκε κατά 0.5 $km \cdot h^{-1}$ για κάθε ένα λεπτό μέχρι την εξάντληση. Τα ποσοστά O_2 και CO_2 στον εκπνεόμενο αέρα μετρήθηκαν μέσω ενός αναλυτή αερίων (Vmax Encore29, BEBJO296, Yorba Linda, CA, USA), στον οποίο γινόταν βαθμονόμηση πριν από κάθε δοκιμασία με τη χρήση εμπορικά διαθέσιμων αερίων ακριβείας (16% O_2 , 4% CO_2 , 80% N_2), ενώ η καρδιακή συχνότητα

καταγραφόταν συνεχώς με τη χρήση ενός μετρητή καρδιακών παλμών (Polar Tester S610TM, Electro Oy, Finland). Η VO_{2max} προσδιοριζόταν εάν πληρούνταν τουλάχιστον τρία από τα ακόλουθα κριτήρια: (i) αύξηση της VO_{2max} κατά $< 2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ με αύξηση του ρυθμού έργου, (ii) αναπνευστικό πηλίκο > 1.10 , (iii) καρδιακή συχνότητα εντός 10 bpm από τη θεωρητική μέγιστη καρδιακή συχνότητα (89), (iv) εξάντληση του συμμετέχοντα.

2.5.2.Αξιολόγηση μυϊκής δύναμης

Η αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της μίας μέγιστης επανάληψης (1ME) για όλες τις ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην ομάδα παρέμβασης: κάθισμα 90° με μπάρα (squat), πιέσεις στήθους σε πάγκο με μπάρα (flat bench press), κωπηλατική με μπάρα (barbell row), εκτάσεις τετρακέφαλων σε μηχανήμα (quad extensions), κάμψεις δικέφαλων μηριαίων σε μηχανήμα (leg curls), εμπροσθολαίμιες έλξεις τροχαλίας (front pull-down), πρέσα ποδιών (leg press), κάμψεις δικέφαλου βραχιόνιου σε τροχαλία (bicep cable curls), εκτάσεις τρικέφαλου βραχιόνιου σε τροχαλία (triceps cable pushdown), απαγωγές ισχίου σε μηχανήμα (abductor machine), προσαγωγές ισχίου σε μηχανήμα (adductor machine). Πριν την αξιολόγηση οι συμμετέχοντες έκαναν προθέρμανση ~8 λεπτών τρέξιμο και ~5 λεπτά ασκήσεων διάτασης. Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται στον Πίνακα 3.

2.5.3.Αξιολόγηση ισχύος

Η ισχύς αξιολογήθηκε μέσω του άλματος με αντιμετάθεση (countermovement jump, CMJ) με τη χρήση οπτικού συστήματος μέτρησης (Optojump Next, Microgate, USA). Οι συμμετέχοντες αφού εξοικειώθηκαν με τον τρόπο εκτέλεσης του άλματος, πραγματοποίησαν 3 επαναλήψεις με διάλειμα 1 λεπτού μεταξύ των επαναλήψεων και καταγράφηκε η καλύτερη προσπάθεια.

Πίνακας 3. Πρωτόκολλο αξιολόγησης μυϊκής δύναμης.

Σετ	Επανάληψεις	Επιβάρυνση
1 ^ο σετ προθέρμανσης	5-10	40-60% της υποκειμενικής 1ΜΕ
Διάλλειμα 1 λεπτό		
2 ^ο σετ προθέρμανσης	3-6	60-80% της υποκειμενικής 1ΜΕ
Διάλλειμα 3 λεπτά		
3 ^ο σετ προθέρμανσης	1	90% της υποκειμενικής 1ΜΕ
Διάλλειμα 3 λεπτά		
4 ^ο σετ, προσπάθεια για 1ΜΕ	1	
Διάλλειμα 3 λεπτά		
5 ^ο σετ, προσπάθεια για 1ΜΕ	1	
Στόχος μέχρι το 5ο σετ να έχει επιτευχθεί η 1ΜΕ. Συνέχιση της διαδικασίας έως την επίτευξη της 1ΜΕ.		

1ΜΕ : 1 μέγιστη επανάληψη

2.5.4.Αξιολόγηση λειτουργικής ικανότητας

Για την αξιολόγηση της λειτουργικής ικανότητας χρησιμοποιήθηκε το FMS Test Kit (Functional Movement Systems, Inc.). Η μέθοδος έχει βρεθεί ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της δυναμικής ισορροπίας τόσο σε αθλητές όσο και σε άτομα του γενικού πληθυσμού (90). Κατά την δοκιμασία έλαβαν μέρος οι εξής επτά αξιολογήσεις: βαθύ κάθισμα (deep squat), πέρασμα εμποδίου (hurdle step), προβολή σε ευθεία γραμμή (inline lunge), κινητικότητα ώμου (shoulder mobility), ενεργή άρση τεντωμένου ποδιού (active straight leg raise), σταθερότητα κορμού (trunk stability push up), σταθερότητα περιστροφής (rotary stability). Η βαθμολογία για κάθε κίνηση ήταν από 0 έως 3. Αν η εκτέλεση της κίνησης γινόταν τέλεια ο βαθμός ήταν 3, αν κατά την εκτέλεση της κίνησης οι συμμετέχοντες έκαναν αντισταθμιστικές κινήσεις ο βαθμός ήταν 2, αν οι συμμετέχοντες δεν μπορούσαν να ολοκληρώσουν την κίνηση ο βαθμός ήταν 1 και αν κατά την διάρκεια της κίνησης υπήρχε πόνος ο βαθμός ήταν 0. Κάθε αξιολόγηση έγινε τρεις φορές και χρησιμοποιήθηκε ο καλύτερος βαθμός που επιτεύχθηκε ώστε να υπολογιστεί η τελική βαθμολογία (total score) του FMS. Στις αξιολογήσεις που

έγιναν ξεχωριστά για την αριστερή και δεξιά πλευρά (hurdle step, inline lunge, shoulder mobility, active straight leg raise, rotary stability) χρησιμοποιήθηκε ο χαμηλότερος βαθμός που επιτεύχθηκε.

2.5.5.Αξιολόγηση δυναμικής ισορροπίας

Για την αξιολόγηση της δυναμικής ισορροπίας χρησιμοποιήθηκε το YBT Kit (Functional Movement Systems, Inc.). Η μέθοδος έχει βρεθεί ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της δυναμικής ισορροπίας τόσο σε αθλητές όσο και σε άτομα του γενικού πληθυσμού (90). Αρχικά μετρήθηκε το μήκος του δεξιού ποδιού κάθε συμμετέχοντα από την πρόσθια άνω λαγόνια άκανθα μέχρι το μακρύτερο σημείο του έσω σφυρού. Η μέτρηση έγινε με ακρίβεια 0.5 cm. Στη συνέχεια για την δοκιμασία οι συμμετέχοντες στέκονταν χωρίς υποδήματα με το ένα πόδι επάνω στην κεντρική πλατφόρμα (πόδι αξιολόγησης) και με το άλλο προσπαθούσαν να μετακινήσουν το κουτί που αντιστοιχούσε σε κάθε μία από τις τρεις κατευθύνσεις όσο μακρύτερα μπορούσαν. Οι κατευθύνσεις ήταν η πρόσθια (anterior), η μέση οπίσθια (posteromedial) και η πλάγια οπίσθια (posterolateral). Οι συμμετέχοντες αφού πραγματοποίησαν τρεις δοκιμαστικές προσπάθειες σε κάθε κατεύθυνση προχώρησαν στην κύρια δοκιμασία εκτελώντας τρεις προσπάθειες σε κάθε πόδι και για κάθε κατεύθυνση με συγκεκριμένη σειρά η οποία ήταν η εξής: πρόσθια δεξί πόδι (anterior right leg), πρόσθια αριστερό πόδι (anterior left leg), μέση οπίσθια δεξί πόδι (posteromedial right leg), μέση οπίσθια αριστερό πόδι (posteromedial left leg), πλάγια οπίσθια δεξί πόδι (posterolateral right leg), πλάγια οπίσθια αριστερό πόδι (posterolateral left leg). Οι μετρήσεις έγιναν με ακρίβεια 0.5 cm. Από τις τρεις προσπάθειες χρησιμοποιήθηκε η μεγαλύτερη μέτρηση που επιτεύχθηκε σε κάθε κατεύθυνση ώστε να υπολογιστεί το σύνθετο σκορ (composite score). Το composite score της δοκιμασίας για την κάθε πλευρά, δεξιά (composite score right) – αριστερή (composite score left), προέκυψε από την εξίσωση:

$$\text{Composite score} = \left(\frac{\text{άθροισμα της καλύτερης προσπάθειας σε κάθε κατεύθυνση}}{3 \times \text{μήκος ποδιού}} \right) \times 100$$

2.5.6.Αξιολόγηση κινδύνου τραυματισμού

Ο κίνδυνος τραυματισμού καθορίστηκε με βάση τις επιδόσεις στις δοκιμασίες FMS και YBT σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες (67, 81). Συγκεκριμένα, για τη δοκιμασία FMS, τελικό σκορ ≤ 14 , ορίστηκε ως σκορ για κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού. Για τη δοκιμασία YBT, διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών ≥ 4 ορίστηκε ως σκορ για κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού.

2.6. Πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις

Ο σχεδιασμός της του προγράμματος των προπονήσεων με αντιστάσεις έγινε σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Αμερικάνικου Κολεγίου Αθλητιατρικής (91). Η διάρκεια της παρέμβασης ήταν συνολικά έξι εβδομάδες. Από αυτές οι τρεις πρώτες είχαν ως στόχο την αντοχή στη δύναμη και οι υπόλοιπες τρεις την μυϊκή υπερτροφία. Η συχνότητα προπόνησης ήταν μία προπονητική μονάδα, τρεις φορές την εβδομάδα, διάρκειας 50 λεπτών. Η παρέμβαση περιλάμβανε ασκήσεις για όλες τις κύριες μυϊκές ομάδες και κάθε μυϊκή ομάδα προπονούνταν δύο φορές ανά εβδομάδα. Οι ασκήσεις γίνονταν με χρήση μηχανημάτων και ελεύθερων βαρών. Η προπόνηση με αντιστάσεις γινόταν την ίδια μέρα με την προπόνηση αντοχής και προηγούνταν αυτής. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του προγράμματος προπόνησης με αντιστάσεις.

Πίνακας 4. Πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις.

	Εβδομάδες					
	1	2	3	4	5	6
Στόχος	Αντοχή στην Δύναμη			Μυϊκή Υπερτροφία		
Επιβάρυνση	55%	60%	65%	80%	85%	85%
Επαναλήψεις	15	15	15	10	10	10
Σετ	3	3	3	3	3	3
Συχνότητα (ΠΜ/εβδομάδα)	3	3	3	3	3	3

ΠΜ: Προπονητικές Μονάδες

2.7. Στατιστική Ανάλυση

Οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με το SPSS, έκδοση PASW 29.0 (SPSS Inc., Chicago, Ill.). Πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας της κατανομής με το τεστ Shapiro-Wilk. Οι μεταβλητές deep squat, hurdle step, inline lunge, shoulder mobility, active straight leg raise, trunk stability push up, rotary stability, abduction machine, adduction machine και posteromedial right leg δεν είχαν κανονική κατανομή και αναλύθηκαν με μη παραμετρικά τεστ. Χρησιμοποιήθηκαν τα τεστ Friedman και Wilcoxon Signed Rank για την εξέταση των αλλαγών στην μετά την παρέμβαση σε κάθε ομάδα (ανάλυση μεταξύ των ατόμων) και τα τεστ Kruskal-Wallis και Mann-Whitney για την ανίχνευση διαφορών μεταξύ των ομάδων (σύγκριση μεταξύ των ομάδων). Για όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές εφαρμόστηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (2-way ANOVA) (χρόνος x παρέμβαση) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα χρόνο. Εφαρμόστηκε ανάλυση συσχέτισης κατά Pearson για να εξεταστεί αν οι μεταβλητές δύναμη, ισχύς και λειτουργική ικανότητα συσχετίζονται με τη δυναμική ισορροπία. Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε σε $p < 0.05$.

2.8. Αποτελέσματα

Από τους 19 συμμετέχοντες που ξεκίνησαν, ολοκλήρωσαν τη μελέτη οι 18, καθώς ένας από τους συμμετέχοντες ο οποίος είχε ανατεθεί στην ΟΠΑ, αποχώρησε λόγω ασθένειας. Επομένως παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από 18 συμμετέχοντες.

2.8.1. Ανάλυση συσχέτισης

Η μυϊκή ισχύς και η μυϊκή δύναμη παρουσίασαν χαμηλή προς μέτρια συσχέτιση με τη λειτουργική ικανότητα. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα από την ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών ισχύος και δύναμης με τις μεταβλητές λειτουργικής ικανότητας.

Η μυϊκή ισχύς και η μυϊκή δύναμη παρουσίασαν χαμηλή προς μέτρια συσχέτιση με τη δυναμική ισορροπία. Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα από την ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών ισχύος και δύναμης με τις μεταβλητές της δυναμικής ισορροπίας.

Η λειτουργική ικανότητα παρουσίασε χαμηλή προς μέτρια συσχέτιση με τη δυναμική ισορροπία. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα από την ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών λειτουργικής ικανότητας με τις μεταβλητές της δυναμικής ισορροπίας.

Πίνακας 5. Συσχέτιση των μεταβλητών ισχύος και δύναμης με τις μεταβλητές λειτουργικής ικανότητας.

	FMS							Total score
	Deep squat	Hurdle step	Inline lunge	Shoulder mobility	Active straight leg raise	Trunk stability push up	Rotary stability	
CMJ	0.686***	0.146	0.224	0.105	0.369*	0.309	0.322	0.545***
Squat	0.174	0.192	-0.174	-0.258	0.190	0.304	0.207	0.128
Flat bench press	0.029	0.199	-0.232	-0.369*	0.143	0.353*	0.159	0.034
Barbell row	0.057	0.376*	-0.151	-0.248	0.282	0.436**	0.328	0.223
Quad extensions	-0.155	0.272	-0.397*	-0.396*	0.077	0.434**	0.190	-0.045
Leg curls	0.020	0.317	-0.372*	-0.424**	0.032	0.386*	0.067	-0.028
Front pull-down	0.068	0.249	-0.136	-0.139	0.104	0.381*	0.279	0.176
Leg press	-0.151	0.102	-0.223	-0.239	0.230	0.157	0.322	-0.008
Bicep cable curls	0.001	0.242	-0.249	-0.433**	0.156	0.522***	0.097	0.049
Triceps cable pushdown	-0.067	0.226	-0.262	-0.429**	0.148	0.586***	0.007	0.035
Abductor machine	-0.043	0.283	-0.294	-0.349*	-0.006	0.446**	-0.166	-0.033
Adductor machine	0.150	0.146	-0.275	-0.493**	0.260	0.409*	-0.091	0.005

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Πίνακας 6. Συσχέτιση των μεταβλητών ισχύος και δύναμης με τις μεταβλητές της δυναμικής ισορροπίας.

	YBT						Right composite	Left composite
	Right anterior	Left anterior	Right posteromedial	Left posteromedial	Right posterolateral	Left posterolateral		
CMJ	0.361*	0.417*	0.465**	0.492**	0.547***	0.485**	0.127	0.161
Squat	0.046	0.015	0.189	0.097	0.366*	0.274	-0.138	-0.179
Flat bench press	0.255	0.122	0.105	0.099	0.270	0.187	-0.150	-0.188
Barbell row	0.341*	0.307	0.257	0.225	0.452**	0.355*	-0.067	-0.085
Quad extensions	0.252	0.129	0.036	-0.011	0.252	0.165	-0.320	-0.361*
Leg curls	0.296	0.223	0.233	0.054	0.296	0.166	-0.079	-0.203
Front pull-down	0.217	0.067	0.292	0.182	0.366*	0.264	-0.164	-0.252
Leg press	-0.043	-0.034	-0.122	-0.080	0.126	0.034	-0.270	-0.253
Bicep cable curls	0.070	0.030	0.229	0.138	0.309	0.321	-0.095	-0.089
Triceps cable pushdown	0.102	0.045	0.206	0.164	0.283	0.326	-0.136	-0.098
Abductor machine	0.179	0.191	0.258	0.139	0.337*	0.296	-0.027	-0.059
Adductor machine	0.085	0.121	0.168	0.132	0.196	0.204	-0.107	-0.070

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Πίνακας 7. Συσχέτιση των μεταβλητών λειτουργικής ικανότητας με τις μεταβλητές της δυναμικής ισορροπίας.

	YBT							
	Right anterior	Left anterior	Right posteromedial	Left posteromedial	Right posterolateral	Left posterolateral	Right composite	Left composite
Deep squat	0.123	0.292	0.437**	0.420*	0.317	0.297	0.373*	0.395*
Hurdle step	0.413*	0.203	0.303	0.374*	0.277	0.359*	0.233	0.252
Inline lunge	0.027	0.068	0.387*	0.374*	0.203	0.395*	0.489**	0.581***
Shoulder mobility	0.085	0.032	0.143	0.026	-0.013	0.149	0.033	0.056
Active straight leg raise	0.004	0.141	0.280	0.388*	0.329	0.532***	0.240	0.445**
Trunk stability push up	0.147	-0.067	0.254	0.335*	0.308	0.367*	0.229	0.236
Rotary stability	0.247	0.279	0.152	0.207	0.218	0.178	0.009	0.041
Total score	0.251	0.201	0.509**	0.523***	0.409*	0.571***	0.439**	0.517***

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

2.8.2. Περιγραφικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται τα περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων.

Πίνακας 8. Περιγραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων*.

	Συμμετέχοντες (n = 18)
Ηλικία (έτη)	43.8 ± 5.19
Βάρος (kg)	71.1 ± 13.31
Ύψος (cm)	172.4 ± 9.58
Μήκος ποδιού (cm)	89.5 ± 6.47
ΔΣΜ (kg/m²)	23.8 ± 3.17
Ποσοστό λίπους (%)	25.6 ± 10.29
Λίπος (g)	17.5 ± 9.04
Άλιπη μάζα (g)	50.0 ± 10.41
Άπαχη μάζα (g)	52.9 ± 10.91
BMC (g)	2.9 ± 0.58
BMD (g/cm²)	1.2 ± 0.11
VO_{2max} (ml/kg/min)	49.4 ± 7.41
CMJ (cm)	25.2 ± 5.74

*** Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως Μέσοι όροι ± Τυπικές αποκλίσεις.**

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για τις μεταβλητές ΣΜ, ΔΣΜ, % ΣΛ, λιπώδη μάζα, άλιπη σωματική μάζα, άπαχη μάζα, οστική πυκνότητα και περιεχόμενο αλάτων, δεν υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ή της συνθήκης, ούτε αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης. Οι μεταβολές των ανθρωπομετρικών δεικτών και της σύστασης σώματος στις δύο συνθήκες μετά την παρέμβαση, παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και σύσταση σώματος*.

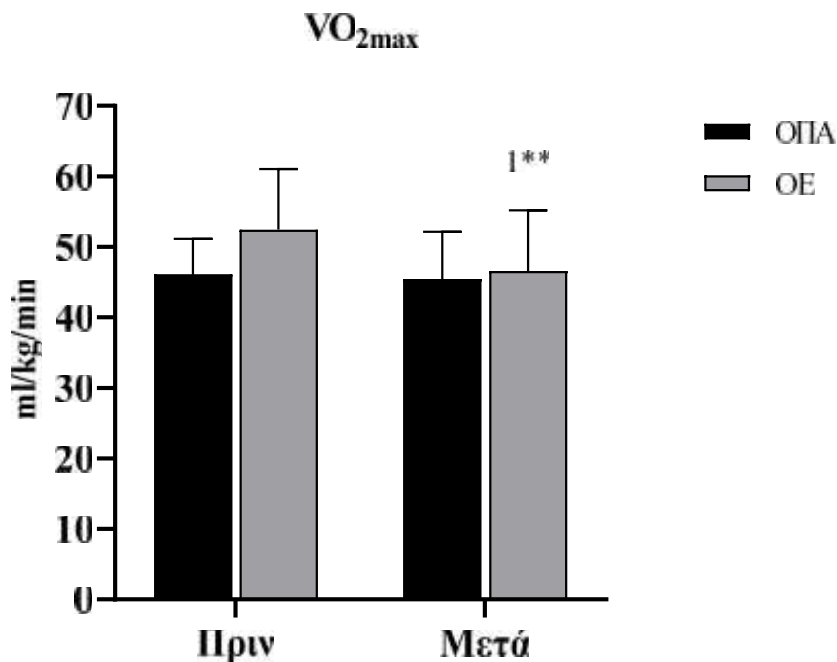
	Ομάδα προπόνησης με αντιστάσεις		Ομάδα ελέγχου	
	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση
Βάρος (kg)	74.7 ± 14.6	74.6 ± 15.1	66.7 ± 10.8	65.6 ± 8.7
ΔΣΜ (kg/m²)	24.5 ± 3.0	24.5 ± 3.2	23.0 ± 3.4	22.6 ± 2.7
Ποσοστό λίπους (%)	22.7 ± 8.8	21.9 ± 9.0	29.3 ± 11.5	28.9 ± 11.3
Λίπος (g)	16.6 ± 9.8	16.3 ± 9.8	18.5 ± 8.8	18.0 ± 7.7
Άλιπη μάζα (g)	54.4 ± 8.5	54.2 ± 7.9	44.6 ± 10.3	44.3 ± 10.4
Άπαχη μάζα (g)	57.5 ± 9.0	57.8 ± 8.4	47.1 ± 10.9	47.1 ± 10.6
BMC (g)	3.1 ± 0.6	3.1 ± 0.6	2.7 ± 0.5	2.7 ± 0.4
BMD (g/cm²)	1.3 ± 0.11	1.3 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.1

* Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως Μέσοι όροι ± Τυπικές αποκλίσεις.

ΔΣΜ: Δείκτης σωματικής μάζας. BMD: Οστική πυκνότητα. BMC: Περιεχόμενο αλάτων.

2.8.3. Αερόβια ικανότητα

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή VO_{2max} , υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1, 16)} = 9.768$, $p < 0.01$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1, 16)} = 6.221$, $p < 0.05$). Δεν υπήρξε κύρια επίδραση της συνθήκης. Συγκεκριμένα, συγκριτικά με πριν η VO_{2max} διατηρήθηκε στα αρχικά επίπεδα μετά την παρέμβαση στην ΟΠΑ, ενώ μειώθηκε στην ΟΕ ($p < 0.01$). Οι μεταβολές στη VO_{2max} , παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2. Μεταβολές στη VO_{2max} πριν και μετά την παρέμβαση στην ομάδα προπόνησης με αντιστάσεις (ΟΠΑ) και στην ομάδα ελέγχου (ΟΕ). ¹Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την παρέμβαση στην ίδια ομάδα $p < 0.01$.**

2.8.4.Μυϊκή δύναμη

Οι μεταβολές στη μυϊκή δύναμη παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 10.

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Squat, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 23.853$, $p < 0.001$), κύρια επίδραση της συνθήκης ($F_{(1,16)} = 9.112$, $p < 0.01$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 23.853$, $p < 0.001$). Συγκεκριμένα, η δύναμη στο Squat αυξήθηκε μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.001$). Η δύναμη στο Squat, ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ σε όλη την παρέμβαση ($F_{(1,16)} = 9.112$, $p < 0.01$).

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Flat bench press, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 25.687$, $p < 0.001$), κύρια επίδραση της συνθήκης ($F_{(1,16)} = 17.561$, $p < 0.001$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 25.687$, $p < 0.001$). Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Flat bench press αυξήθηκε μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.001$). Η δύναμη στις Flat bench press, ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ σε όλη την παρέμβαση ($F_{(1,16)} = 17.561$, $p < 0.001$).

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Barbell row, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 29.981, p < 0.001$), κύρια επίδραση της συνθήκης ($F_{(1,16)} = 19.751, p < 0.001$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 29.981, p < 0.001$). Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Barbell row αυξήθηκε μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.001$). Η δύναμη στην Barbell row, ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ σε όλη την παρέμβαση ($F_{(1,16)} = 19.751, p < 0.001$).

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Quad extensions, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 23.853, p < 0.001$), κύρια επίδραση της συνθήκης ($F_{(1,16)} = 12.829, p < 0.01$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 42.150, p < 0.001$). Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Quad extensions αυξήθηκε μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.001$). Η δύναμη στις Quad extensions, ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ σε όλη την παρέμβαση ($F_{(1,16)} = 12.829, p < 0.01$).

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Leg curls, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 36.428, p < 0.001$), κύρια επίδραση της συνθήκης ($F_{(1,16)} = 21.090, p < 0.001$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 36.428, p < 0.001$). Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Leg curls αυξήθηκε μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.001$). Η δύναμη στις Leg curls, ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ σε όλη την παρέμβαση ($F_{(1,16)} = 36.428, p < 0.001$).

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Front pull-down, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 11.633, p < 0.05$), κύρια επίδραση της συνθήκης ($F_{(1,16)} = 8.898, p < 0.01$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 12.055, p < 0.05$). Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Front pull-down αυξήθηκε μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.01$). Η δύναμη στις Front pull-down, ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ σε όλη την παρέμβαση ($F_{(1,16)} = 8.898, p < 0.01$).

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Leg press, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 19.307, p < 0.001$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 16.081, p < 0.001$). Δεν υπήρξε κύρια επίδραση της συνθήκης. Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Leg press αυξήθηκε μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.001$).

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Bicep cable curls, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 29.553, p < 0.001$), κύρια επίδραση της συνθήκης ($F_{(1,16)} = 11.555, p < 0.01$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 12.486, p < 0.01$). Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Bicep cable curls αυξήθηκε μετά

την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.001$). Η δύναμη στις Bicep cable curls, ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ σε όλη την παρέμβαση ($F_{(1,16)} = 11.555$, $p < 0.01$).

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή Triceps cable pushdown, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 4.492$, $p < 0.05$), κύρια επίδραση της συνθήκης ($F_{(1,16)} = 14.340$, $p < 0.01$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 9.771$, $p < 0.01$). Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Triceps cable pushdown αυξήθηκε μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν, μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.001$). Η δύναμη στις Triceps cable pushdown, ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ σε όλη την παρέμβαση ($F_{(1,16)} = 14.340$, $p < 0.01$).

Τα μη παραμετρικά τεστ Friedman και Wilcoxon Signed Rank έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική βελτίωση των μεταβλητών Abductor machine ($z = -2.810$, $p < 0.05$) και Adductor machine ($z = -2.232$, $p < 0.05$) στην ΟΠΑ μετά την παρέμβαση. Στην ΟΕ δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης για καμία μεταβλητή.

Επιπλέον, τα τεστ Kruskal-Wallis και Mann-Whitney έδειξαν ότι μετά την παρέμβαση, οι μεταβλητές Abductor machine ($z = -2.777$, $p < 0.05$) και Adductor machine ($z = -3.058$, $p < 0.05$) ήταν υψηλότερες στην ΟΠΑ συγκριτικά με την ΟΕ.

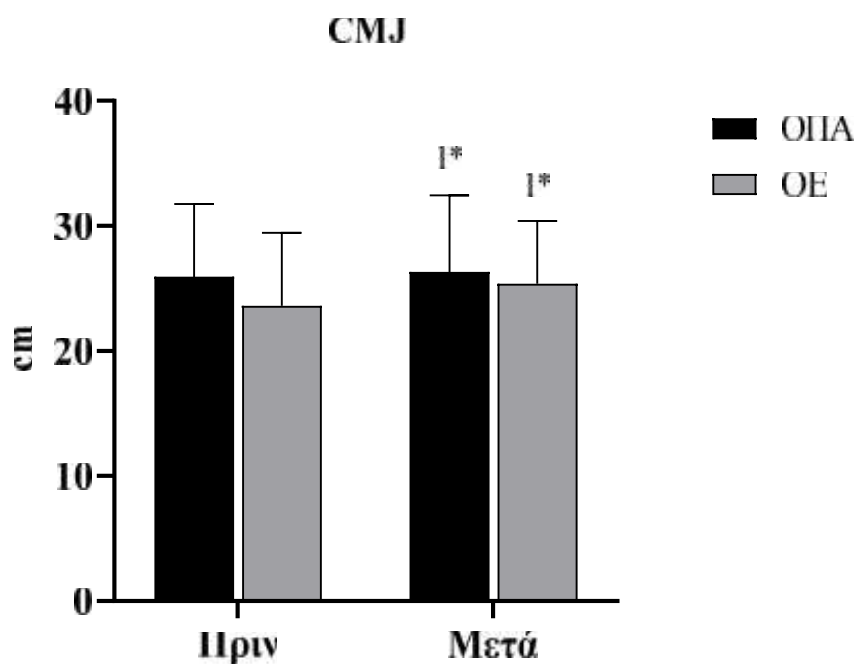
Πίνακας 10. Μυϊκή δύναμη*.

	Ομάδα προπόνησης με αντιστάσεις		Ομάδα ελέγχου	
	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση
Squat	53.0 ± 10.8 ^{2**}	66.1 ± 7.8 ^{1***, 2**}	43.8 ± 13.4	43.8 ± 13.4
Flat bench press	50.6 ± 15.4 ^{2***}	58.1 ± 14.8 ^{1***, 2***}	31.5 ± 8.1	31.5 ± 8.1
Barbell row	38.5 ± 9.8 ^{2***}	49.5 ± 7.3 ^{1***}	29.4 ± 4.8	29.4 ± 4.8
Quad extensions	45.0 ± 12.3 ^{2**}	54.0 ± 13.4 ^{1***}	33.4 ± 6.3	33.4 ± 6.3
Leg curls	36.8 ± 7.3 ^{2***}	47.1 ± 7.3 ^{1***}	26.5 ± 7.3	26.5 ± 7.3
Front pull-down	91.1 ± 10.3 ^{2**}	98.1 ± 8.6 ^{1*}	76.5 ± 15.4	76.4 ± 17.4
Leg press	159.5 ± 55.1	188.6 ± 47.0 ^{1***}	140.9 ± 21.9	142.3 ± 22.9
Bicep cable curls	39.5 ± 9.4 ^{2**}	47.8 ± 8.3 ^{1***}	29.9 ± 6.4	31.7 ± 8.0
Triceps cable pushdown	46.4 ± 10.0 ^{2**}	51.9 ± 10.5 ^{1*}	35.0 ± 6.0	34.2 ± 5.6
Abductor machine	63.1 ± 14.3	72.7 ± 12.6 ^{1*}	54.0 ± 9.2	54.0 ± 9.2
Adductor machine	77.5 ± 6.6	82.3 ± 5.0 ^{1*}	70.5 ± 9.7	67.9 ± 9.1

* Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως Μέσοι όροι ± Τυπικές αποκλίσεις. ¹Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την παρέμβαση στην ίδια ομάδα. ²Διαφορετικό από την ΟΕ στην ίδια χρονική στιγμή *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

2.8.5.Ισχύς

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι για την μεταβλητή CMJ, υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 7.599$, $p < 0.05$). Δεν υπήρξε κύρια επίδραση της συνθήκης, ούτε αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης. Συγκεκριμένα, το CMJ αυξήθηκε παρόμοια και στις δύο συνθήκες μετά την παρέμβαση συγκριτικά με πριν ($p < 0.05$). Οι μεταβολές στο CMJ, παρουσιάζονται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3. Μεταβολές στο κατακόρυφο άλμα με αντιμετάθεση (CMJ) πριν και μετά την παρέμβαση στην ομάδα προπόνησης με αντιστάσεις (OΠΑ) και στην ομάδα ελέγχου (OE). ¹Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την παρέμβαση στην ίδια ομάδα. * $p < 0.05$.

2.8.6.Λειτουργική ικανότητα

Οι μεταβολές στην λειτουργική ικανότητα παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 11.

Τα μη παραμετρικά τεστ Friedman και Wilcoxon Signed Rank έδειξαν ότι στην ΟΠΑ η προπόνηση με αντιστάσεις βελτίωσε σημαντικά τις μεταβλητές Hurdle step ($z = -2.449$, $p < 0.05$), Inline lunge ($z = -2.251$, $p < 0.05$) και Rotary stability ($z = -2.000$, $p < 0.05$). Δεν υπήρξε σημαντική μεταβολή στις μεταβλητές Deep squat, Shoulder mobility, Active straight leg raise, Trunk stability push up. Στην ΟΕ δεν υπήρξε σημαντική διαφορά μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης για καμία μεταβλητή.

Επιπλέον, τα τεστ Kruskal-Wallis και Mann-Whitney έδειξαν ότι μετά την παρέμβαση η μεταβλητή Trunk stability push up ($z = -2.426$, $p < 0.05$) ήταν υψηλότερη στην ΟΠΑ συγκριτικά με την ΟΕ.

Για την μεταβλητή Total score η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ($F_{(1,16)} = 10.240$, $p < 0.01$) και αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης ($F_{(1,16)} = 4.551$, $p < 0.05$). Δεν υπήρξε κύρια επίδραση της συνθήκης. Συγκεκριμένα, η μεταβλητή Total score αυξήθηκε μετά την παρέμβαση μόνο στην ΟΠΑ ($p < 0.01$).

Πίνακας 11. Λειτουργική ικανότητα*.

	Ομάδα προπόνησης με αντιστάσεις		Ομάδα ελέγχου	
	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση
Deep squat	2.2 ± 0.79	2.4 ± 0.70	2.3 ± 0.46	2.1 ± 0.64
Hurdle step	1.2 ± 0.42	1.8 ± 0.42 ^{1*}	1.0 ± 0.00	1.4 ± 0.52
Inline lunge	1.7 ± 0.67	2.3 ± 0.67 ^{1*}	2.1 ± 0.83	2.4 ± 0.52
Shoulder mobility	1.3 ± 0.67	1.5 ± 0.71	2.3 ± 0.71	2.3 ± 0.89
Active straight leg raise	1.5 ± 0.53	1.8 ± 0.42	1.4 ± 0.74	1.5 ± 0.53
Trunk stability push up	1.8 ± 0.92	2.0 ± 0.82 ^{1*}	1.1 ± 0.35	1.1 ± 0.35
Rotary stability	1.6 ± 0.52	2.0 ± 0.00 ^{1*}	1.9 ± 0.35	1.9 ± 0.35
Total score	11.3 ± 2.67	13.8 ± 1.40 ^{1**}	12.0 ± 2.62	12.5 ± 2.62

* Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως Μέσοι όροι ± Τυπικές αποκλίσεις. ¹Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την παρέμβαση στην ίδια ομάδα *p<0.05, **p<0.01.

2.8.7. Δυναμική ισορροπία

Τα μη παραμετρικά τεστ Friedman και Wilcoxon Signed Rank έδειξαν ότι η μεταβλητή posteromedial right leg βελτιώθηκε σημαντικά στην ΟΠΑ μετά την παρέμβαση ($z = -2.397$, $p < 0.05$), ενώ δεν μεταβλήθηκε στην ΟΕ.

Η ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, έδειξε ότι υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου για τις μεταβλητές posterolateral right leg ($F_{(1,16)} = 6.623$, $p < 0.05$), anterior left leg ($F_{(1,16)} = 5.300$, $p < 0.05$), posteromedial left leg ($F_{(1,16)} = 12.262$, $p < 0.01$), posterolateral left leg ($F_{(1,16)} = 16.011$, $p < 0.001$), composite score right ($F_{(1,16)} = 12.149$, $p < 0.01$), composite score left ($F_{(1,16)} = 17.265$, $p < 0.001$). Για τις παραπάνω μεταβλητές, δεν υπήρξε κύρια επίδραση της συνθήκης, ούτε αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης. Επίσης, για τη μεταβλητή anterior right leg, δεν υπήρξε κύρια επίδραση του χρόνου ή της συνθήκης, ούτε αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης.

Συγκεκριμένα, η επίδοση στις μεταβλητές posterolateral right leg ($p < 0.05$), anterior left leg ($p < 0.05$), posteromedial left leg ($p < 0.01$), posterolateral left leg ($p < 0.001$), composite score right ($p < 0.01$), composite score left ($p < 0.001$), βελτιώθηκε μετά από 6 εβδομάδες, ανεξάρτητα από τη συνθήκη.

Πίνακας 12. Δυναμική ισορροπία*.

	Ομάδα προπόνησης με αντιστάσεις		Ομάδα ελέγχου	
	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση
Anterior right	57.8 ± 5.68	58.8 ± 7.18	54.3 ± 3.81	55.7 ± 4.43
Anterior left	55.1 ± 6.12	57.4 ± 6.48 ^{1*}	54.4 ± 3.85	55.6 ± 5.10 ^{1*}
Posteromedial right	94.6 ± 9.85	101.2 ± 6.45 ^{1*}	93.6 ± 5.72	95.9 ± 7.07
Posteromedial left	96.2 ± 9.55	100.2 ± 6.03 ^{1**}	92.7 ± 6.93	96.5 ± 8.54 ^{1**}
Posterolateral right	94.7 ± 9.72	98.9 ± 8.30 ^{1*}	87.9 ± 7.61	93.5 ± 6.83 ^{1*}
Posterolateral left	90.4 ± 14.91	98.1 ± 7.66 ^{1***}	86.5 ± 6.91	93.4 ± 6.55 ^{1***}
Composite score right	91.6 ± 8.92	95.8 ± 5.03 ^{1*}	89.1 ± 3.23	92.7 ± 5.86 ^{1*}
Composite score left	89.5 ± 9.62	94.7 ± 5.81 ^{1*}	88.3 ± 4.14	92.9 ± 6.44 ^{1**}

* Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως Μέσοι όροι ± Τυπικές αποκλίσεις. ¹Διαφορετικό συγκριτικά με πριν την παρέμβαση στην ίδια ομάδα. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

2.8.8.Κίνδυνος τραυματισμού

Από την περιγραφική ανάλυση προέκυψε ότι πριν την παρέμβαση οι συμμετέχοντες παρουσίαζαν κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού. Συγκεκριμένα, από τη δοκιμασία FMS, προέκυψε ότι πριν την παρέμβαση, συνολικά 15 από τους 18 συμμετέχοντες (83%) παρουσίασαν Total score ≤ 14 . Η εφαρμογή της προπόνησης με αντιστάσεις για 6 εβδομάδες βελτίωσε σημαντικά το Total score στην ΟΠΑ ($p < 0.05$) το οποίο πλησίασε οριακά το όριο του 14 (Πίνακας 11). Αντίθετα, στην ΟΕ, δεν παρατηρήθηκε σημαντική μεταβολή στο Total score (Πίνακας 11).

Από τη δοκιμασία YBT, προέκυψε ότι πριν την παρέμβαση, συνολικά 8 από τους 18 συμμετέχοντες (45%) παρουσίασαν διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών ≥ 4 σε μία ή περισσότερες μεταβλητές (Πίνακας 12). Από την ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων ANOVA με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο χρόνο, δεν προέκυψε κύρια επίδραση του χρόνου ή της συνθήκης ή αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και συνθήκης για τη διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών. Η εφαρμογή της προπόνησης με αντιστάσεις για 6 εβδομάδες μείωσε τη διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών στην ΟΠΑ, όμως αυτή η μείωση δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Οι μεταβολές στη διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών στις μεταβλητές του YBT παρουσιάζονται αναλυτικά Στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13. Διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών στο Y-Balance Test*.

	Ομάδα προπόνησης με αντιστάσεις		Ομάδα ελέγχου	
	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση	Πριν την παρέμβαση	Μετά την παρέμβαση
Anterior	3.35 $\pm$ 4.05	3.20 $\pm$ 1.30	1.63 $\pm$ 1.06	3.69 $\pm$ 2.67
Posteromedial	3.40 $\pm$ 2.13	2.90 $\pm$ 1.87	2.75 $\pm$ 2.31	4.63 $\pm$ 4.74
Posterolateral	6.40 $\pm$ 7.89	2.50 $\pm$ 2.30	5.12 $\pm$ 3.73	4.69 $\pm$ 3.96

* Μέσοι όροι $\pm$ Τυπικές αποκλίσεις.

2.9. Συζήτηση

Η παρούσα έρευνα διερεύνησε την επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις χρονικής διάρκειας έξι εβδομάδων στην σύσταση σώματος, σε δείκτες απόδοσης, λειτουργικής ικανότητας και δυναμικής ισορροπίας σε ερασιτέχνες δρομείς. Τα κυριότερα ευρήματα της μελέτης ήταν τα εξής: i) η προπόνηση με αντιστάσεις βελτίωσε την δύναμη των ενηλίκων ερασιτεχνών δρομέων, ii) η προπόνηση με αντιστάσεις βελτίωσε την λειτουργική ικανότητα των ενηλίκων ερασιτεχνών δρομέων, iii) η δυναμική ισορροπία των ενηλίκων ερασιτεχνών δρομέων βελτιώθηκε ανεξάρτητα από την εφαρμογή προπόνησης με αντιστάσεις, iv) η μυϊκή ισχύς και μυϊκή δύναμη συσχετίστηκε θετικά με τη λειτουργική ικανότητα, v) η μυϊκή ισχύς και μυϊκή δύναμη συσχετίστηκε θετικά με τη δυναμική ισορροπία, vi) η λειτουργική ικανότητα συσχετίστηκε θετικά με τη δυναμική ισορροπία.

Η προπόνηση με αντιστάσεις χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική προπόνηση σε διάφορα αθλήματα μεταξύ άλλων και το τρέξιμο για την βελτίωση της μυϊκής δύναμης και κατά επέκταση της φυσικής κατάστασης και αθλητικής απόδοσης (38).

Στην παρούσα μελέτη, το σωματικό βάρος των συμμετεχόντων ήταν φυσιολογικό όπως προκύπτει από το ΔΣΜ. Τόσο η συνδυαστική προπόνηση με αντιστάσεις, όσο και η προπόνηση αντοχής για έξι εβδομάδες, δεν οδήγησαν σε σημαντικές μεταβολές στα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και στη σύσταση σώματος των συμμετεχόντων. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με εκείνα σε προηγούμενη έρευνα σε ερασιτέχνες δρομείς, στην οποία επίσης δεν παρατηρήθηκε αλλαγή στην σωματική μάζα μετά από 8 εβδομάδες είτε συνδυαστικής προπόνησης αντοχής και αντιστάσεων είτε μόνο προπόνησης αντοχής (92). Παρόμοια, 40 εβδομάδες είτε συνδυαστικής προπόνησης είτε μόνο προπόνησης αντοχής σε ανταγωνιστικούς δρομείς δεν επέφεραν σημαντικές μεταβολές στην σωματική μάζα, την λιπώδη μάζα και την άλιπη μάζα (38).

Ένα ενδιαφέρον εύρημα της παρούσας έρευνας ήταν η διατήρηση της VO_{2max} σε σταθερά επίπεδα στην ΟΠΑ και η μείωσή της στην ΟΕ. Αυτό το εύρημα έρχεται σε αντίθεση με προηγούμενη έρευνα σε ερασιτέχνες δρομείς, στην οποία η VO_{2max} αυξήθηκε εξίσου μετά από 12 εβδομάδες είτε συνδυαστικής προπόνησης αντοχής και προπόνησης με αντιστάσεις είτε μόνο προπόνησης αντοχής (37). Τα διαφορετικά αποτελέσματα μεταξύ των μελετών πιθανώς να οφείλονται στο διαφορετικό διάστημα της παρέμβασης. Ωστόσο σύμφωνα με προηγούμενη έρευνα η ανοχή στην ένταση της άσκησης που απαιτείται για την διενέργεια μιας διαβαθμισμένης δοκιμασίας προσδιορισμού της VO_{2max} είναι ένα ψυχοβιολογικό φαινόμενο και συνάρτηση πολλών παραγόντων (93). Σε έρευνα όπου συμμετείχαν άνδρες που ασχολούνταν ερασιτεχνικά με τον αθλητισμό (περίπου 5,8 ώρες/εβδομάδα) μετρήθηκαν στη πρώτη φάση δείκτες αναπνευστικής λειτουργίας (FVC, FEV₁) μέσω σπυρομέτρησης και το κατακόρυφο άλμα, ως σημεία αναφοράς για την δεύτερη φάση. Στην δεύτερη φάση οι συμμετέχοντες υποβλήθηκαν

σε δοκιμασία προσδιορισμού VO_{2max} σε δαπεδοεργόμετρο και σημειώθηκαν οι παράγοντες για τους οποίους τερμάτισαν την δοκιμασία νωρίτερα από τις πραγματικές δυνατότητες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι 58 από τους 59 συμμετέχοντες εγκατέλειψαν την δοκιμασία νωρίτερα των δυνατοτήτων τους για 22 διαφορετικούς λόγους, μεταξύ των οποίων: αδυναμία διατήρησης ταχύτητας ποδιών, γενικό αίσθημα εξάντλησης, δυσφορία στην αναπνοή, πόνος στα πόδια, επίτευξη στόχου που είχαν θέσει στον εαυτό τους πριν τη δοκιμασία (χρονικό όριο, καρδιακοί παλμοί). Στην παρούσα έρευνα δεν μελετήθηκαν πιθανοί λόγοι πρόωρης εγκατάλειψης, ωστόσο επειδή η δοκιμασία στο δαπεδοεργόμετρο είναι σωματικά και ψυχολογικά απαιτητική και οι συμμετέχοντες είχαν την εμπειρία από την πρώτη μέτρηση ενδεχομένως να σταμάτησαν την διαδικασία νωρίτερα από τις πραγματικές τους δυνατότητες.

Στην παρούσα έρευνα, η συνδυαστική προπόνηση αντοχής με προπόνηση με αντιστάσεις, βελτίωσε τη δύναμη σε όλες τις ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της δύναμης στην ΟΕ. Ιδιαίτερη αξία πιθανόν να έχει η βελτίωση στην δύναμη των απαγωγών του ισχίου, καθώς η αδυναμία στην απαγωγή των ισχίων έχει βρεθεί πως σχετίζεται με τραυματισμούς στο τρέξιμο. Πιο συγκεκριμένα σε έρευνα (52) που συμμετείχαν δρομείς cross country βρέθηκε πως όσοι τραυματίστηκαν κατά την διάρκεια της αγωνιστικής περιόδου είχαν σημαντικά χαμηλότερη δύναμη στην απαγωγή ισχίου και στην έξω στροφή του κορμού από αυτούς που παρέμειναν υγιείς. Παρόμοια, σε έρευνα (94) που μελέτησε δρομείς μεγάλων αποστάσεων με σύνδρομο λαγονοκνημιαίας ταινίας, βρέθηκε πως η δύναμη απαγωγής του ισχίου παίζει ρόλο στην εμφάνιση του συγκεκριμένου τραυματισμού. Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η δύναμη απαγωγής του ισχίου ήταν μικρότερη όχι μόνο στο τραυματισμένο πόδι σε σχέση με το υγιές των τραυματισμένων δρομέων αλλά και μικρότερη από την δύναμη απαγωγής των δρομέων που δεν είχαν τραυματιστεί. Επίσης σύμφωνα με προοπτική μελέτη (50) που έγινε σε δρομείς cross country βρέθηκε πως η αδυναμία στους απαγωγούς του ισχίου αποτελούσε έναν από τους παράγοντες εμφάνισης του συνδρόμου επώδυνης κνήμης (medial tibial stress syndrome).

Το CMJ αποτελεί αξιόπιστο τρόπο μέτρησης της ισχύος των κάτω άκρων και οι επιδόσεις σε αυτό μπορούν να βελτιωθούν μέσω της προπόνησης με αντιστάσεις. Και αυτό γιατί μέσω της αύξησης της δύναμης είτε βελτιώνονται οι συστατικές ικανότητες των μυών είτε βελτιώνεται η αποτελεσματικότητα του κύκλου διάτασης-βράχυνσης (31). Στην παρούσα έρευνα παρόλο που μόνο η ΟΠΑ παρουσίασε σημαντική βελτίωση στην δύναμη, το CMJ παρουσίασε στατιστικά σημαντική βελτίωση μετά την παρέμβαση τόσο στην ΟΠΑ όσο και στην ΟΕ. Παρόμοια, σε έρευνα (31) όπου οι συμμετέχοντες είχαν χωριστεί 3 ομάδες προπόνησης (HIIT σε δαπεδοεργόμετρο, HIIT για ολόκληρο το σώμα, MICT) και το CMJ χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης απόδοσης, βρέθηκε παρόμοια βελτίωση ($p < 0.05$) και στις τρεις ομάδες μετά από παρέμβαση 16 εβδομάδων. Ωστόσο σε προηγούμενη έρευνα (37) που περιλάμβανε ερασιτέχνες δρομείς βρέθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση για το CMJ μόνο

για τις δύο από τις τρεις ομάδες, στις οποίες η παρέμβαση περιείχε προπόνηση με αντιστάσεις, ενώ για την ομάδα που ακολουθούσε μόνο προπόνηση αντοχής δεν υπήρξε αξιολογη μεταβολή.

Η λειτουργική ικανότητα αναφέρεται στην ικανότητα εκείνη του ανθρώπου να εκτελεί τις καθημερινές δραστηριότητες της ζωής με αποτελεσματικότητα και αυτονομία. Τέτοιες δραστηριότητες μπορεί να είναι απλές κινήσεις όπως το κάθισμα και η έγερση από την καρέκλα, το ανέβασμα-κατέβασμα σκαλοπατιών, το ντύσιμο, η μεταφορά ενός αντικειμένου, το περπάτημα, το τρέξιμο. Για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων αυτών χρειάζονται στοιχεία όπως η ευλυγισία, η δύναμη, η ισορροπία και η καλή κινητικότητα των αρθρώσεων. Στην παρούσα έρευνα, η ηλικία των συμμετεχόντων κυμαίνονταν από 32 – 52 έτη. Το Total score πριν την παρέμβαση ήταν 11,3 στην ΟΠΑ και 12,0 στην ΟΕ. Αυτό το score είναι χαμηλότερο από το αντίστοιχο 15,7 σε νεαρά φυσικά δραστήρια άτομα 18 – 40 ετών (95), ή το 14,8 σε νεαρούς άνδρες και το 15,4 σε νεαρές γυναίκες ηλικίας 20 – 39 ετών (96). Η συνδυαστική προπόνηση αντοχής και προπόνησης με αντιστάσεις, βελτίωσε τη λειτουργική ικανότητα, ενώ αντίθετα η προπόνηση αντοχής μόνο δεν επέφερε καμία αλλαγή. Συγκεκριμένα, στη δοκιμασία FMS παρατηρήθηκε βελτίωση στη μεταβλητή Total score, η οποία οφείλεται κυρίως στις μεταβλητές Hurdle step, Inline lunge και Rotary stability. Σχετικά με τον κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού, προηγούμενες μελέτες προτείνουν ότι το Total score είναι ≤ 14 υπάρχουν αυξημένες πιθανότητες για τραυματισμό (67). Στην παρούσα μελέτη, πριν από την παρέμβαση, 15 από τους 18 συμμετέχοντες (83%) παρουσίασαν Total score ≤ 14 . Μετά από την προπόνηση με αντιστάσεις για 6 εβδομάδες το Total score βελτιώθηκε σημαντικά μόνο στην ΟΠΑ. Πιο συγκεκριμένα το Total score στην ΟΠΑ βελτιώθηκε από 11,3 πριν την παρέμβαση σε 13,8 μετά την παρέμβαση, πλησιάζοντας οριακά το όριο του 14 και μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο τραυματισμού, σε αντίθεση με την ΟΕ στην οποία το Total score παρέμεινε σχεδόν αμετάβλητο. Ενδεχομένως να υπήρχε περαιτέρω βελτίωση αν η διάρκεια της παρέμβασης ήταν μεγαλύτερη των έξι εβδομάδων.

Η δυναμική ισορροπία αποτελεί σημαντική δεξιότητα σε πολλά αθλήματα καθώς ελέγχει την ισορροπία και σωστή στάση του σώματος (72-74), ενώ η έλλειψή της μπορεί να αποτελεί παράγοντα κινδύνου για τραυματισμούς κυρίως των κάτω άκρων (Butler et al., 2013, Cloak et al., 2013, de Noronha et al., 2013). Σε προηγούμενες μελέτες, η δύναμη του τετρακέφαλου μηριαίου έχει συσχετιστεί με την δυναμική και στατική ισορροπία (9), ενώ η δύναμη των εκτεινόντων του ισχίου έχει συσχετιστεί με την επίδοση στην anterior κατεύθυνση και η δύναμη των καμπτήρων του ισχίου με την επίδοση στις κατευθύνσεις posteromedial και posterolateral, αλλά και με το composite score (97). Στην παρούσα έρευνα, η επίδοση στην άσκηση leg extensions στην οποία εμπλέκεται ο τετρακέφαλος μηριαίος, επίσης παρουσίασε χαμηλή συσχέτιση με τη μεταβλητή Posterolateral right. Παρόλα αυτά, η προπόνηση δύναμης έξι εβδομάδων, δεν διαφοροποίησε τη μεταβολή στη δυναμική ισορροπία, η οποία βελτιώθηκε εξίσου στην ΟΠΑ και στην ΟΕ, όπως προκύπτει από τη βελτίωση σχεδόν σε όλες τις μεταβλητές της

δοκιμασίας YBT. Από όσο γνωρίζουμε, δεν υπάρχουν άλλες μελέτες που να εξετάσαν την επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις στις 3 κατευθύνσεις (anterior, posteromedial, posterolateral) και το composite score της YBT σε ερασιτέχνες δρομείς ηλικίας άνω των 38 ετών. Παρόλα αυτά, το composite score των ερασιτεχνών δρομέων της παρούσας μελέτης εμφανίζεται χαμηλότερο από αυτό αθλητών υψηλού επιπέδου και φοιτητών κολλεγίου (90) και παρόμοιο με αυτό μαθητών λυκείου (98). Το διαφορετικό προπονητικό επίπεδο των συμμετεχόντων, πιθανώς να εξηγεί τη διαφορά στα αποτελέσματα μεταξύ των μελετών. Σε σχέση με τον κίνδυνο εμφάνισης τραυματισμού, προηγούμενες μελέτες αναφέρουν ότι αν υπάρχει ασυμμετρία μεταξύ δεξιού – αριστερού σκέλους σε κάποια από τις 3 κατευθύνσεις του YBT $\geq 4\text{cm}$, τότε υπάρχει κίνδυνος για τραυματισμό. Για το composite score, έχουν αναφερθεί διαφορετικά όρια κάτω από τα οποία αυξάνεται ο κίνδυνος για τραυματισμό. Συγκεκριμένα, ως όριο κινδύνου για τραυματισμό σε αθλητές λυκείου ορίστηκε το composite score $< 94\%$, ενώ σε αθλητές κολλεγίου το composite score $< 89\%$. Πιθανώς η ανισορροπία μεταξύ των δύο πλευρών να αποτελεί πιο ευαίσθητο δείκτη κινδύνου για μυϊκό τραυματισμό από το composite score. Στην παρούσα έρευνα, πριν την παρέμβαση, συνολικά 8 από τους 18 συμμετέχοντες (45%) παρουσίασαν διαφορά μεταξύ των δύο πλευρών ≥ 4 σε μία ή περισσότερες κατευθύνσεις. Η προπόνηση με αντιστάσεις για έξι εβδομάδες, μείωσε την ανισορροπία μεταξύ των δύο πλευρών στην ΟΠΑ και στις τρεις κατευθύνσεις, ενώ αντίθετα η ανισορροπία αυξήθηκε ακόμη περισσότερο στην ΟΕ. Παρά το γεγονός ότι η βελτίωση δεν ήταν στατιστικά σημαντική, μπορεί να είναι καίριας σημασίας για τη μείωση του κινδύνου τραυματισμού.

Η παρούσα έρευνα είχε κάποιους περιορισμούς. Συγκεκριμένα, ενώ συμμετείχαν εξίσου άνδρες και γυναίκες ερασιτέχνες δρομείς, δεν εξετάστηκε η επίδραση του φύλου. Επίσης, το πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις που εφαρμόστηκε, δεν περιείχε ασκήσεις μονοποδικής στήριξης, το κινητικό πρότυπο των οποίων είναι πιο κοντά στις κινήσεις που χρησιμοποιούνται από τις δοκιμασίες FMS και YBT και πιθανώς να συνεισφέρουν περισσότερο στη βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας και δυναμικής ισορροπίας.

Συμπερασματικά, η προσθήκη ενός προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης με αντιστάσεις διάρκειας 50 λεπτών, με συχνότητα 3 φορές/εβδομάδα στο ήδη υπάρχον πρόγραμμα προπόνησης αντοχής ερασιτεχνών δρομέων, διατηρεί την αερόβια ικανότητά τους ενώ βελτιώνει τη δύναμη και τη λειτουργική τους ικανότητα. Ωστόσο δεν φαίνεται να επιφέρει επιπλέον ευεργετικές επιδράσεις στη δυναμική ισορροπία έναντι της προπόνησης αντοχής μόνο. Μελλοντικές έρευνες πρέπει να εστιάσουν στην επίδραση του φύλου, καθώς και να συμπεριλάβουν ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης σε μονοποδική στήριξη.

Βιβλιογραφικές αναφορές

1. Buist I, Bredeweg SW, Lemmink KAPM, van Mechelen W, Diercks RL. Predictors of Running-Related Injuries in Novice Runners Enrolled in a Systematic Training Program: A Prospective Cohort Study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2010;38(2):273-80.
2. Oja P, Memon AR, Titze S, Jurakic D, Chen ST, Shrestha N, et al. Health Benefits of Different Sports: a Systematic Review and Meta-Analysis of Longitudinal and Intervention Studies Including 2.6 Million Adult Participants. *Sports Med Open*. 2024;10(1):46.
3. Kakouris N, Yener N, Fong DTP. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *Journal of Sport and Health Science*. 2021;10(5):513-22.
4. Johnston CaM, Taunton JE, Lloyd-Smith DR, McKenzie DC. Preventing running injuries. Practical approach for family doctors. *Canadian Family Physician*. 2003;49(9):1101-9.
5. Hreljac A. Impact and Overuse Injuries in Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004;36(5):845.
6. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2006;36(12):911-9.
7. Butler RJ, Lehr ME, Fink ML, Kiesel KB, Plisky PJ. Dynamic Balance Performance and Noncontact Lower Extremity Injury in College Football Players: An Initial Study. *Sports Health*. 2013;5(5):417-22.
8. Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Association of Y Balance Test Reach Asymmetry and Injury in Division I Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2015;47(1):136.
9. Wang H, Ji Z, Jiang G, Liu W, Jiao X. Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(12):3468-72.
10. Global Recommendations on Physical Activity for Health. Geneva: World Health Organization; 2010 2010.
11. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*. 2020;54(24):1451-62.
12. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*. 1985;100(2):126-31.
13. Arora E, Shenoy S, Sandhu JS. Effects of resistance training on metabolic profile of adults with type 2 diabetes. *The Indian Journal of Medical Research*. 2009;129(5):515-9.
14. Otsuka Y, Yamada Y, Maeda A, Izumo T, Rogi T, Shibata H, et al. Effects of resistance training intensity on muscle quantity/quality in middle-aged and older people: a randomized controlled trial. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2022;13(2):894-908.

15. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee I-M, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(7):1334.
16. Jones AM, Carter H. The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports Medicine*. 2000;29(6):373-86.
17. Carvalho VO, Mezzani A. Aerobic exercise training intensity in patients with chronic heart failure: principles of assessment and prescription. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*. 2011;18(1):5-14.
18. Ryan BJ, Schleh MW, Ahn C, Ludzki AC, Gillen JB, Varshney P, et al. Moderate-Intensity Exercise and High-Intensity Interval Training Affect Insulin Sensitivity Similarly in Obese Adults. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2020;105(8):e2941-e59.
19. Myers A, Dalton M, Gibbons C, Finlayson G, Blundell J. Structured, aerobic exercise reduces fat mass and is partially compensated through energy intake but not energy expenditure in women. *Physiology & Behavior*. 2019;199:56-65.
20. Khammassi M, Ouerghi N, Said M, Feki M, Khammassi Y, Pereira B, et al. Continuous Moderate-Intensity but Not High-Intensity Interval Training Improves Immune Function Biomarkers in Healthy Young Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020;34(1):249-56.
21. Alansare A, Alford K, Lee S, Church T, Jung HC. The Effects of High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Heart Rate Variability in Physically Inactive Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(7):1508.
22. Billat LV. Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice. *Sports Medicine*. 2001;31(1):13-31.
23. Khammassi M, Ouerghi N, Hadj-Taieb S, Feki M, Thivel D, Bouassida A. Impact of a 12-week high-intensity interval training without caloric restriction on body composition and lipid profile in sedentary healthy overweight/obese youth. *J Exerc Rehabil*. 2018;14(1):118-25.
24. Zhang H, Tong TK, Qiu W, Zhang X, Zhou S, Liu Y, He Y. Comparable Effects of High-Intensity Interval Training and Prolonged Continuous Exercise Training on Abdominal Visceral Fat Reduction in Obese Young Women. *Journal of Diabetes Research*. 2017;2017(1):5071740.
25. Macfarlane DJ, Taylor LH, Cuddihy TF. Very short intermittent vs continuous bouts of activity in sedentary adults. *Preventive Medicine*. 2006;43(4):332-6.
26. Mueller S, Winzer EB, Duvinage A, Gevaert AB, Edelmann F, Haller B, et al. Effect of High-Intensity Interval Training, Moderate Continuous Training, or Guideline-Based Physical Activity Advice on Peak Oxygen Consumption in Patients With Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *JAMA*. 2021;325(6):542-51.

27. Dor-Haim H, Horowitz M, Yaakobi E, Katzburg S, Barak S. Intermittent aerobic-resistance interval training versus continues aerobic training: Improvement in cardiac electrophysiologic and anthropometric measures in male patients post myocadiac infarction, a randomized control trial. *PLoS ONE*. 2022;17(5):e0267888.
28. Buchheit M, Laursen PB. High-Intensity Interval Training, Solutions to the Programming Puzzle. *Sports Medicine*. 2013;43(5):313-38.
29. Kirchenberger T, Ketelhut S, Ketelhut RG. Effects of Moderate- versus Mixed-Intensity Training on VO₂peak in Young Well-Trained Rowers. *Sports*. 2021;9(7):92.
30. Arboleda-Serna VH, Feito Y, Patiño-Villada FA, Vargas-Romero AV, Arango-Vélez EF. Effects of high-intensity interval training compared to moderate-intensity continuous training on maximal oxygen consumption and blood pressure in healthy men: A randomized controlled trial. *Biomédica*. 2019;39(3):524-36.
31. Schaun GZ, Pinto SS, Brasil B, Nunes GN, Alberton CL. Neuromuscular adaptations to sixteen weeks of whole-body high-intensity interval training compared to ergometer-based interval and continuous training. *Journal of Sports Sciences*. 2019;37(14):1561-9.
32. Huang Y-C, Tsai H-H, Fu T-C, Hsu C-C, Wang J-S. High-Intensity Interval Training Improves Left Ventricular Contractile Function. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2019;51(7):1420.
33. O'Neill CD, O'Rourke N, Jeffrey M, Green-Johnson JM, Dogra S. Salivary concentrations of IL-8 and IL-1ra after HIIT and MICT in young, healthy adults: A randomized exercise study. *Cytokine*. 2022;157:155965.
34. García-Pinillos F, Cámara-Pérez JC, Soto-Hermoso VM, Latorre-Román PÁ. A High Intensity Interval Training (HIIT)-Based Running Plan Improves Athletic Performance by Improving Muscle Power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(1):146-53.
35. Philbois SV, Ribeiro VB, Tank J, dos Reis RM, Gerlach DA, Souza HCD. Cardiovascular autonomic modulation differences between moderate-intensity continuous and high-intensity interval aerobic training in women with PCOS: A randomized trial. *Frontiers in Endocrinology*. 2022;13:1024844.
36. Hwang C-L, Lim J, Yoo J-K, Kim H-K, Hwang M-H, Handberg EM, et al. Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology*. 2019;116:46-53.
37. Prieto-González P, Sedlacek J. Effects of Running-Specific Strength Training, Endurance Training, and Concurrent Training on Recreational Endurance Athletes' Performance and Selected Anthropometric Parameters. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(17):10773.

38. Beattie K, Carson BP, Lyons M, Rossiter A, Kenny IC. The Effect of Strength Training on Performance Indicators in Distance Runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(1):9.
39. Luckin-Baldwin KM, Badenhorst CE, Cripps AJ, Landers GJ, Merrells RJ, Bulsara MK, Hoyne GF. Strength Training Improves Exercise Economy in Triathletes During a Simulated Triathlon. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2021;16(5):663-73.
40. Rønnestad BR, Hansen J, Hollan I, Ellefsen S. Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2015;25(1):e89-e98.
41. Vikmoen O, Ellefsen S, Trøen Ø, Hollan I, Hanestadhaugen M, Raastad T, Rønnestad BR. Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2016;26(4):384-96.
42. Agner VFC, Garcia MC, Taffarel AA, Mourão CB, da Silva IP, da Silva SP, et al. Effects of concurrent training on muscle strength in older adults with metabolic syndrome: A randomized controlled clinical trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2018;75:158-64.
43. Alcazar J, Losa-Reyna J, Rodriguez-Lopez C, Navarro-Cruz R, Alfaro-Acha A, Ara I, et al. Effects of concurrent exercise training on muscle dysfunction and systemic oxidative stress in older people with COPD. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2019;29(10):1591-603.
44. Moreno-Cabañas A, Ortega JF, Morales-Palomo F, Ramirez-Jimenez M, Alvarez-Jimenez L, Mora-Rodriguez R. Concurrent endurance and resistance training enhances muscular adaptations in individuals with metabolic syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2021;31(7):1440-9.
45. Ristolainen L, Heinonen A, Turunen H, Mannström H, Waller B, Kettunen JA, Kujala UM. Type of sport is related to injury profile: A study on cross country skiers, swimmers, long-distance runners and soccer players. A retrospective 12-month study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2010;20(3):384-93.
46. von Rosen P, Floström F, Frohm A, Heijne A. Injury Patterns In Adolescent Elite Endurance Athletes Participating In Running, Orienteering, And Cross-Country Skiing. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2017;12(5):822-32.
47. Jacobsson J, Timpka T, Kowalski J, Nilsson S, Ekberg J, Renström P. Prevalence of Musculoskeletal Injuries in Swedish Elite Track and Field Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*. 2012;40(1):163-9.
48. Koech R, Olivier B, Tawa N. A prevalence of running-related injuries among professional endurance runners in the Rift Valley, Kenya. *South African Journal of Sports Medicine*. 2021;33(1):v33i1a10690.

49. Kornaat PR, Van de Velde SK. Bone Marrow Edema Lesions in the Professional Runner. *The American Journal of Sports Medicine*. 2014;42(5):1242-6.
50. Becker J, Nakajima M, Wu WFW. Factors Contributing to Medial Tibial Stress Syndrome in Runners: A Prospective Study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2018;50(10):2092.
51. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk: Prospective Biomechanical-Epidemiologic Study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2007;35(7):1123-30.
52. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core Stability Measures as Risk Factors for Lower Extremity Injury in Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004;36(6):926.
53. Buist I, Bredeweg SW, Bessem B, Mechelen Wv, Lemmink KaPM, Diercks RL. Incidence and risk factors of running-related injuries during preparation for a 4-mile recreational running event. *British Journal of Sports Medicine*. 2010;44(8):598-604.
54. Hespanhol Junior LC, Pena Costa LO, Lopes AD. Previous injuries and some training characteristics predict running-related injuries in recreational runners: a prospective cohort study. *Journal of Physiotherapy*. 2013;59(4):263-9.
55. Lopes AD, Costa LOP, Saragiotto BT, Yamato TP, Adami F, Verhagen E. Musculoskeletal pain is prevalent among recreational runners who are about to compete: an observational study of 1049 runners. *Journal of Physiotherapy*. 2011;57(3):179-82.
56. Stenerson LR, Melton BF, Bland HW, Ryan GA. Running-Related Overuse Injuries and Their Relationship with Run and Resistance Training Characteristics in Adult Recreational Runners: A Cross-Sectional Study. *Journal of Functional Morphology & Kinesiology*. 2023;8(3):128.
57. van der Worp MP, de Wijer A, van Cingel R, Verbeek ALM, Nijhuis-van der Sanden MWG, Staal JB. The 5- or 10-km Marikenloop Run: A Prospective Study of the Etiology of Running-Related Injuries in Women. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2016;46(6):462-70.
58. Vitez L, Zupet P, Zadnik V, Drobníč M. Running injuries in the participants of Ljubljana Marathon. *Slovenian Journal of Public Health*. 2017;56(4):196-202.
59. Hirschmüller A, Frey V, Konstantinidis L, Baur H, Dickhuth H-H, Südkamp NP, Helwig P. Prognostic Value of Achilles Tendon Doppler Sonography in Asymptomatic Runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2012;44(2):199.
60. Nielsen RO, Buist I, Parner ET, Nohr EA, Sørensen H, Lind M, Rasmussen S. Predictors of Running-Related Injuries Among 930 Novice Runners: A 1-Year Prospective Follow-up Study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2013;1(1):2325967113487316.

61. Kluitenberg B, van Middelkoop M, Smits DW, Verhagen E, Hartgens F, Diercks R, van der Worp H. The NLstart2run study: Incidence and risk factors of running-related injuries in novice runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2015;25(5):e515-e23.
62. Bennett JE, Reinking MF, Rauh MJ. The relationship between isotonic plantar flexor endurance, navicular drop, and exercise-related leg pain in a cohort of collegiate cross-country runners. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2012;7(3):267-78.
63. Bredeweg SW, Buist I, Kluitenberg B. Differences in kinetic asymmetry between injured and noninjured novice runners: A prospective cohort study. *Gait & Posture*. 2013;38(4):847-52.
64. Dillon S, Burke A, Whyte EF, O'Connor S, Gore S, Moran KA. Running towards injury? A prospective investigation of factors associated with running injuries. *PLoS ONE*. 2023;18(8):1-21.
65. Chang WD, Chou LW, Chang NJ, Chen S. Comparison of Functional Movement Screen, Star Excursion Balance Test, and Physical Fitness in Junior Athletes with Different Sports Injury Risk. *Biomed Res Int*. 2020;2020:8690540.
66. Dorrel BS, Long T, Shaffer S, Myer GD. Evaluation of the Functional Movement Screen as an Injury Prediction Tool Among Active Adult Populations: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health*. 2015;7(6):532-7.
67. Bonazza NA, Smuin D, Onks CA, Silvis ML, Dhawan A. Reliability, Validity, and Injury Predictive Value of the Functional Movement Screen: A Systematic Review and Meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*. 2017;45(3):725-32.
68. Bond CW, Dorman JC, Odney TO, Roggenbuck SJ, Young SW, Munce TA. Evaluation of the Functional Movement Screen and a Novel Basketball Mobility Test as an Injury Prediction Tool for Collegiate Basketball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2019;33(6):1589-600.
69. Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural Perturbations: New Insights for Treatment of Balance Disorders. *Physical Therapy*. 1997;77(5):517-33.
70. Chang N-T, Chi L-Y, Yang N-P, Chou P. The Impact of Falls and Fear of Falling on Health-Related Quality of Life in Taiwanese Elderly. *Journal of Community Health Nursing*. 2010;27(2):84-95.
71. Madureira MM, Bonfá E, Takayama L, Pereira RMR. A 12-month randomized controlled trial of balance training in elderly women with osteoporosis: Improvement of quality of life. *Maturitas*. 2010;66(2):206-11.
72. López-Valenciano A, Ayala F, De Ste Croix M, Barbado D, Vera-Garcia FJ. Different neuromuscular parameters influence dynamic balance in male and female football players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2019;27(3):962-70.

73. Choi A, Sim T, Mun JH. Improved determination of dynamic balance using the centre of mass and centre of pressure inclination variables in a complete golf swing cycle. *Journal of Sports Sciences*. 2016;34(10):906-14.
74. Benis R, Bonato M, Torre AL. Elite Female Basketball Players' Body-Weight Neuromuscular Training and Performance on the Y-Balance Test. *Journal of Athletic Training*. 2016;51(9):688-95.
75. Cloak R, Nevill A, Day S, Wyon M. Six-Week Combined Vibration and Wobble Board Training on Balance and Stability in Footballers With Functional Ankle Instability. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2013;23(5):384.
76. de Noronha M, França LC, Haupenthal A, Nunes GS. Intrinsic predictive factors for ankle sprain in active university students: A prospective study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2013;23(5):541-7.
77. Sikora D, Pałac M, Myśliwiec A, Wolny T, Linek P. Assessment of the Relationship between Y-Balance Test and Stabilometric Parameters in Youth Footballers. *BioMed Research International*. 2020;2020:e6968473.
78. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. 2012;47(3):339-57.
79. Huang X, Yan Z, Ma Y, Liu H. The influence of different levels of physical activity and sports performance on the accuracy of dynamic lower limbs balance assessment among Chinese physical education college students. *Frontiers in Physiology*. 2023;14.
80. Plisky P, Schwartkopf-Phifer K, Huebner B, Garner MB, Bullock G. Systematic Review and Meta-Analysis of the Y-Balance Test Lower Quarter: Reliability, Discriminant Validity, and Predictive Validity. *Int J Sports Phys Ther*. 2021;16(5):1190-209.
81. Xie M, Zhang R, Gong Y. Risk Assessment of FMS and YBT on Sports Injuries in Collegiate Athletes. *Int J Sports Med*. 2024.
82. Zemková E. Physiological Mechanisms of Exercise and Its Effects on Postural Sway: Does Sport Make a Difference? *Frontiers in Physiology*. 2022;13.
83. Marcolin G, Grainer A, Reggiani C, Bisiacchi P, Cona G, Petrone N, Paoli A. Static and Dynamic Postural Changes after a Mountain Ultra-Marathon of 80 km and 5500 D+. *PLOS ONE*. 2016;11(5):e0155085.
84. Güler Ö, Aras D, Akça F, Bianco A, Lavanco G, Paoli A, Şahin FN. Effects of Aerobic and Anaerobic Fatigue Exercises on Postural Control and Recovery Time in Female Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(17):6273.
85. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control

has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the author(s) is/are associated. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(4):589-92.

86. Steib S, Zech A, Hentschke C, Pfeifer K. Fatigue-Induced Alterations of Static and Dynamic Postural Control in Athletes With a History of Ankle Sprain. *Journal of Athletic Training*. 2013;48(2):203-8.

87. Deli CK, Fatouros IG, Paschalis V, Tsiokanos A, Georgakouli K, Zalavras A, et al. Iron Supplementation Effects on Redox Status following Aseptic Skeletal Muscle Trauma in Adults and Children. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017;2017:e4120421.

88. Liakou CA, Fatouros IG, Poullos A, Tsatalas T, Karampina E, Karanika P, et al. Recovery kinetics following sprint training: resisted versus unresisted sprints. *European Journal of Applied Physiology*. 2023.

89. Gellish RL, Goslin BR, Olson RE, McDONALD A, Russi GD, Moudgil VK. Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(5):822.

90. Engquist KD, Smith CA, Chimera NJ, Warren M. Performance Comparison of Student-Athletes and General College Students on the Functional Movement Screen and the Y Balance Test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015;29(8):2296-303.

91. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2009;41(3):687.

92. Ferrauti A, Bergermann M, Fernandez-Fernandez J. Effects of a Concurrent Strength and Endurance Training on Running Performance and Running Economy in Recreational Marathon Runners. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(10):2770.

93. Midgley AW, Earle K, McNaughton LR, Siegler JC, Clough P, Earle F. Exercise tolerance during VO₂max testing is a multifactorial psychobiological phenomenon. *Research in Sports Medicine*. 2017;25(4):480-94.

94. Fredericson M, Cookingham CL, Chaudhari AM, Dowdell BC, Oestreicher N, Sahrmann SA. Hip Abductor Weakness in Distance Runners with Iliotibial Band Syndrome. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2000;10(3):169-75.

95. Schneiders AG, Davidsson A, Hörman E, Sullivan SJ. Functional movement screen normative values in a young, active population. *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6(2):75-82.

96. Perry FT, Koehle MS. Normative data for the functional movement screen in middle-aged adults. *J Strength Cond Res*. 2013;27(2):458-62.

97. Gomes SKSP, Moreira PF, Veras PM, Catharino LL, Caetano RO, Oliveira TMD, et al. What is the influence of biomechanical variables on the Y balance test performance in recreational runners? *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2024;38:520-4.

98. Ruffe NJ, Sorce SR, Rosenthal MD, Rauh MJ. LOWER QUARTER- AND UPPER QUARTER Y BALANCE TESTS AS PREDICTORS OF RUNNING-RELATED INJURIES IN HIGH SCHOOL CROSS-COUNTRY RUNNERS. *Int J Sports Phys Ther.* 2019;14(5):695-706.