



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗΣ & ΧΟΡΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ
ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΤΗ ΜΕΤΑΔΙΕΓΕΡΤΙΚΗ
ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ ΒΑΘΟΥΣ
ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΟΥ ΑΣΧΟΛΟΥΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΟΡΓΑΝΗ
ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗ»**

Δοσαρά Σταυρούλα (Α.Μ. 29215)

Κέκελου Μιχαλία (Α.Μ. 1100336)

Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Ντάλλας

AOHNA 2016

© Copyright

Δοσαρά Σταυρούλα & Κέκελου Μιχαλία
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε πρωτίστως να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Γιώργο Ντάλλα για το σημαντικό χρόνο που μας αφιέρωσε, τις πολύτιμες πληροφορίες που μας μετέδωσε αλλά και τη φυσική του παρουσία τόσο στο θεωρητικό όσο και στο ερευνητικό μέρος.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους εκείνους που συνέβαλλαν στην εργασία αυτή και ιδιαίτερα τους αθλητές που αφιέρωσαν χρόνο από την προπόνηση τους για να υλοποιηθούν οι μετρήσεις μας, αλλά και τον Γ.Α.Σ Αχιλλέα Γλυφάδας που μας επέτρεψε τη διεξαγωγή των μετρήσεων της έρευνάς μας.

Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΔΙΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΑΛΜΑΤΟΣ ΒΑΘΟΥΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΟΥ ΑΣΧΟΛΟΥΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΟΡΓΑΝΗ ΓΥΜΝΑΣΤΙΚΗ

Περίληψη

Η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση/ διευκόλυνση - Post-activation potentiation (PAP) είναι ένα φαινόμενο που έχει οριστεί ως η αύξηση της μυϊκής λειτουργίας μετά από ένα ερέθισμα που προέρχεται από συγκεκριμένη μορφή επιβάρυνσης. Πιο αναλυτικά, αποτελεί ένα νεύρο-μυϊκό φαινόμενο, στο οποίο η δύναμη και η ισχύς που παράγεται από έναν μυ αυξάνεται αμέσως μετά από υψηλής αντοχής άσκηση). Ο μηχανισμός αυτός χαιρεί ξεχωριστής προσοχής στη διεθνή βιβλιογραφία, ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία. Ο κύριος λόγος αυτού του ενδιαφέροντος είναι η δυσκολία να κατανοήσουμε τον ακριβή μηχανισμό λειτουργίας της και των συνθηκών που ευνοούν την εμφάνισή της. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ως ΜΔΔ ορίζεται η εμφάνιση αυξημένης βουλητικής ή προκλητής δύναμης μετά από μία μέγιστης έντασης βουλητική σύσπαση ή τετανική διέγερση. Η ύπαρξή της αποδίδεται ως επί το πλείστον στην αυξημένη κινητικότητα των Ca^{2+} και τη φωσφορυλίωση των λεπτών αλυσίδων της μυοσίνης. Συνήθως οι έρευνες για τη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση εξετάζουν μια πρακτική στην οποία υψηλής αντοχής προπόνηση εκτελείται πρότερα μιας ισχυρής κίνησης σωματικού βάρους με κοινά βιομηχανικά χαρακτηριστικά. Ενώ η πλειοψηφία των ερευνών έχει ασχοληθεί με υποκείμενα άντρες, ελάχιστη είναι η σχετιζόμενη με γυναίκες έρευνα. Συνεπώς, σκοπός αυτής της έρευνας είναι να εξετάσει την PAP των πίσω καθισμάτων στα στατικά καθίσματα αναπήδησης (SSI). Στην έρευνα συμμετείχαν 29 αθλήτριες που ήταν μέλη αθλητικών ομάδων του εν λόγω πανεπιστημίου, οι οποίες πληρούσαν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ενώ τα αποτελέσματα της έρευνας αναλύθηκαν στατιστικά με SPSS. Πιο συγκεκριμένα με έλεγχο ANOVA καθορίστηκαν τα κύρια αποτελέσματα σχετικά με τον χρόνο, την ομάδα αλλά και τα αποτελέσματα αλληλεπίδρασης. Οι

αθλήτριες αρχικά έκαναν 3 SSJ και εν συνεχεία 3 επαναλήψεις πίσω καθισμάτων σε 90% RM. Μετά από 5 λεπτά ξεκούρασης, οι αθλήτριες επαναλάμβαναν 3 SSJ για μέγιστο ύψος, με την υψηλότερη δύναμη να υπολογίζεται με την εξίσωση Sayers. Γενικά παρατηρήθηκε σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ χρόνου και ομάδας. Επί τούτω αναφέρεται ότι η ομάδα της πετοσφαίρισης είχε ουσιαστική μείωση στην δύναμη, το κύριο αποτέλεσμα σχετιζόμενο με τον χρόνο δεν ήταν σημαντικό, υποδηλώνοντας για την ομάδα σαν σύνολο, δεν υπήρχε ένδειξη για PAP αντίδραση, όπως και οι αλλαγές στην εξωτερική δύναμη. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας έδειξαν ότι ένα PAP σετ, που περιλάμβανε 90% 1RM ακολουθούμενο από 5 λεπτά ξεκούρασης, απέτυχε να ενισχύσει τα στατικά καθίσματα με αναπήδηση στις αθλήτριες.

Τέλος οι προπονητές που εργάζονται με γυναίκες, πρέπει να γνωρίζουν ότι η επιτυχημένη εκτέλεση PAP εμφανίζεται να είναι πολύ προσωποποιημένη, με συνέπεια η χρήση τους να θεωρείται σχετική με την δύναμη της εκάστοτε αθλήτριας, συνδεδεμένη και με την περίοδο ανάπαυσης - όταν επιθυμούμε να τη βελτιώσουμε.

Λέξεις κλειδιά: μεταδιεγερτική διευκόλυνση, προενεργοποίηση

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	iii
Πίνακας Περιεχομένων.....	v
Κατάλογος Πινάκων.....	vi
Κατάλογος Εικόνων.....	vii
Κατάλογος Γραφημάτων.....	vii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 8
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	σελ.8
1.2. Ο σκοπός της εργασίας.....	σελ.9
1.3. Οι υποθέσεις.....	σελ.9
1.4. Αιτιολόγηση της έρευνας.....	σελ.9
1.5. Διευκρίνιση όρων.....	σελ.10
1.5.1 Μεταδιεγερτική διευκόλυνση.....	σελ.10
1.5.2 Προενεργοποίηση.....	σελ.10
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	σελ.11
2.1 Μυϊκή ισχύς και κατακόρυφη αλτική ικανότητα.....	σελ.11
2.2 Προενεργοποίηση του μυός μέσω της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης.....	σελ. 12
2.3 Η κόπωση και η αλληλεπίδρασή της με την μεταδιεγερτική διευκόλυνση.....	σελ.14
2.4 Μηχανισμοί της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης.....	σελ.15
2.4.1 Μυογενής μηχανισμός.....	σελ.15
2.4.2 Νευρογενής μηχανισμός.....	σελ.17
2.4.3 Αλλαγές στη μυϊκή αρχιτεκτονική-γωνία πρόσφυσης των μυϊκών ινών.....	σελ.20
2.5. Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση μετά την προενεργοποίηση.....	σελ.21
2.5.1 Διάλειμμα μεταξύ της προενεργοποίησης και της δραστηριότητας που ακολουθεί.....	σελ.22

2.5.2	Είδη μυικής συστολής και προενεργοποίηση.....	σελ.22
2.5.3	Τύποι μυικής συστολής.....	σελ.23
2.6	Οι άμεσες επιδράσεις της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης στο κατακόρυφο άλμα	σελ.23

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑσελ.28

3.1	Δείγμα	σελ.28
3.2	Πειραματική διαδικασία	σελ.28
3.3	Στατιστική ανάλυση.....	σελ.29

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....σελ.30

4.1	Αξιολόγηση άλματος βάθους μετά την τροχοστροφή	σελ.30
4.2	Αξιολόγηση άλματος με κάμψη ισχίων και γονάτων	σελ.31

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.33

5.1	Συζήτηση.....	σελ.33
5.2	Συμπεράσματα.....	σελ.33

VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ..... σελ.34

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.35

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1 Αξιολόγηση του άλματος βάθους μετά από τροχοστροφή.....σελ.30

Πίνακας 4.2 Αξιολόγηση του άλματος βάθους μετά από tuck jumps.....σελ.31

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Εκτέλεση επιτόπιου κατακόρυφου άλματος από θέση ημικαθίσματος (SJ).....σελ.24
Εικόνα 2.2 Εκτέλεση επιτόπιου κατακόρυφου άλματος (CMJ).....σελ.25
Εικόνα 2.3 Εκτέλεση άλματος βάθους (DJ).....σελ.25

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 4.1 Ποσοστό βελτίωσης του άλματος βάθους μετά από τροχοστροφή (Rondat).....σελ.31
Γράφημα 4.2 Ποσοστό βελτίωσης του άλματος βάθους μετά από άλματα κάμψης ισχίων και γονάτων (tuck jumps).....σελ.32

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Η ενόργανη γυμναστική αποτελεί ένα άθλημα στο οποίο οι αθλητές και οι αθλήτριες πρέπει να εκτελούν μεγάλο αριθμό ασκήσεων εφαρμόζοντας τη δύναμή τους σε σύντομο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, τα άλματα αποτελούν μία βασική κινητική δεξιότητα σε αρκετά αθλήματα μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η ενόργανη γυμναστική.

Το χαρακτηριστικό των αλμάτων είναι η μυϊκή ισχύς, δηλαδή η παραγωγή της μυϊκής δύναμης στο συντομότερο χρονικό διάστημα (McBride et al., 1999). Η παραγωγή δύναμης και ισχύος από ένα σκελετικό μυ εξαρτάται όχι μόνο από τα φυσιολογικά του χαρακτηριστικά αλλά και από την προηγηθείσα δραστηριότητά του (Μαδεμλή, 2008).

Μία μέθοδος που έχει εφαρμοστεί στις αρχές του 1970 για τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος είναι η συνδυαστική μέθοδος (Verkhoshansky, 1967) που περιλαμβάνει την εναλλαγή μεγάλων και μικρών επιβαρύνσεων κατά τη διάρκεια της προπόνησης αντίστασης.

Η φυσιολογική αιτία της συνδυαστικής μεθόδου έχει αποδοθεί στο φαινόμενο της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης (Docherty & Hodgson, 2007). Ως μεταδιεγερτική ενεργοποίηση ορίζεται η βραχυπρόθεσμη βελτίωση της μυϊκής απόδοσης η οποία επέρχεται μετά από έντονη εθελούσια ή ηλεκτρικά προκλητή μυϊκή σύσπαση. Η άσκηση που προκαλεί μεταδιεγερτική ενεργοποίηση είναι συνήθως μια δυναμική ή ισομετρική σύσπαση που ονομάζεται άσκηση ενεργοποίησης (Τσούκος και συν., 2013).

Παρότι είναι γνωστό ότι η επίδραση της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης έχει θετική επίδραση στη μυϊκή ισχύ, εντούτοις δεν έχει εξεταστεί η άμεση επίδραση της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης με δεξιότητες ενόργανης γυμναστικής που

χαρακτηρίζονται από την πλειομετρική συστολή των μυών με σκοπό τη βελτίωση της αλτικής ικανότητας.

1.2. Ο σκοπός της εργασίας

Σκοπός της μελέτης ήταν: α) να εξεταστεί η επίδραση δύο διαφορετικών πλειομετρικών ασκήσεων στην εκτέλεση του άλματος βάθους και β) να προσδιοριστεί ο χρόνος αποκατάστασης μεταξύ της προενεργοποίησης και της αλτικής ικανότητας για την κάθε μία πλειομετρική άσκηση ξεχωριστά.

1.3. Οι υποθέσεις

Με βάση το σκοπό της μελέτης οι υποθέσεις της έρευνάς μας είναι οι εξής:

1. Η εφαρμογή της πλειομετρικής άσκησης ronald θα επιφέρει αύξηση στην ικανότητα εκτέλεσης του άλματος σε βάθος.
2. Η εφαρμογή της πλειομετρικής άσκησης tuck jumps θα επιφέρει αύξηση στην ικανότητα εκτέλεσης του άλματος σε βάθος.
3. Οι διαφορετικοί χρόνοι αποκατάστασης εκτέλεσης του άλματος σε βάθος, α) αμέσως μετά (15sec), β) μετά από 3 λεπτά, γ) μετά από 6 λεπτά και δ) μετά από 9 λεπτά, παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με την μέτρηση που έγινε πριν την εφαρμογή του ερεθίσματος.

1.4. Αιτιολόγηση της έρευνας

Η έρευνα αυτή αιτιολογείται από την υφιστάμενη έλλειψη ερευνητικών ευρημάτων σχετικά με την επίδραση πλειομετρικών ασκήσεων στην ικανότητα εκτέλεσης του άλματος σε βάθος σε αθλήτριες ενόργανης γυμναστικής. Οι συμμετέχουσες ήταν αθλήτριες μη αγωνιστικού επιπέδου και ως εκ τούτου τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν στον ευρύτερο πληθυσμό ή σε αθλητές διαφορετικού φύλου και διαφορετικού επιπέδου.

1.5. Διευκρίνηση όρων

1.5.1.Μεταδιεγερτική διευκόλυνση

Το φαινόμενο με το οποίο επιτυγχάνεται αύξηση της επίδοσης από το γεγονός ότι διευκολύνεται η παραγωγή μυϊκής δύναμης – ισχύος των μυών που έχουν συσπαστεί.

1.5.2.Προενεργοποίηση

Αφορά την άσκηση η οποία ενεργοποιεί το νευρομυϊκό σύστημα του ασκούμενου

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Μυϊκή ισχύς και κατακόρυφη αλτική ικανότητα

Η μυϊκή δύναμη ορίζεται συνεπώς ως "το φυσικό μέγεθος το οποίο προκαλεί την παραμόρφωση ή την κίνηση σε ένα σώμα" (Baechle & Earle, 2000). Στη φυσική, η ισχύς ορίζεται ως «ο ρυθμός παραγωγής έργου», όπου το έργο είναι το γινόμενο της εφαρμοζόμενης δύναμης σε ένα σώμα επί την απόσταση που αυτό μετακινείται εξαιτίας της εφαρμοζόμενης δύναμης. (Baechle & Earle, 2000).

Η μυϊκή δύναμη εξαρτάται κυρίως από: α) το μήκος του μυ, β) τη ταχύτητα συστολής του μυ, γ) την ενεργοποίηση του μυ (συγκέντρωση ελευθέρων Ca^{2+} στη μυϊκή ίνα) και δ) την ιστορία του μυ (Μαδεμλή, 2008).

Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν ποιοτικά την δύναμη, όσον αφορά αθλητικές κινήσεις οι οποίες περιλαμβάνουν μερικές μόνο συνεχόμενες μέγιστες προσπάθειες, είναι:

1. Η μέγιστη δύναμη, η οποία παράγεται από το νευρομυϊκό σύστημα κατά τη διάρκεια στατικών ή δυναμικών συσπάσεων χαμηλής ταχύτητας.
2. Η ταχυδύναμη (ισχύς) υψηλού φορτίου, η οποία αναφέρεται στην υψηλότερη ανάπτυξη δύναμης από το νευρομυϊκό σύστημα κατά τη διάρκεια έκκεντρης ή μειομετρικής σύσπασης με υψηλό σχετικά φορτίο (>30% του μέγιστου) , με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ταχύτητα.
3. Η ταχυδύναμη (ισχύς) χαμηλού φορτίου, η οποία αναφέρεται στην υψηλότερη ανάπτυξη δύναμης από το νευρομυϊκό σύστημα κατά τη διάρκεια έκκεντρης ή μειομετρικής σύσπασης με χαμηλό σχετικά φορτίο (<30% του μέγιστου), με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ταχύτητα.
4. Η αντιδραστική δύναμη, η ικανότητα δηλαδή του νευρομυϊκού συστήματος να αντιδράσει σε μία ισχυρή διάταση και να αλλάξει την κατεύθυνση της κίνησης από ταχεία έκκεντρη σε ταχεία μειομετρική.
5. Ο ρυθμός ανάπτυξης δύναμης.

6. Η τεχνική ικανότητα, η ικανότητα δηλαδή του κινητικού συστήματος να συντονίσει τις σειρές μυϊκών συσπάσεων ώστε να εκμεταλλευτεί τις υπόλοιπες 5 ποιοτικές παραμέτρους της δύναμης με στόχο τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης (Φατούρος, 2010).

Παράλληλα, η κατακόρυφη αλτική ικανότητα είναι πολύ σημαντικός δείκτης για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης και ισχύς (ταχυδύναμης) των κάτω άκρων καθώς και μεγάλης σημασίας παράγοντας για την απόδοση σε ταχυδυναμικά αθλήματα και ιδιαίτερα σε αυτά που περιέχουν άλματα, απότομες αλλαγές κατεύθυνσης, επιταχύνσεις (π.χ. καλαθοσφαίριση, πετοσφαίριση, άλμα σε μήκος και ύψος).

Τέλος, οι αλτικές δοκιμασίες περιλαμβάνουν: κατακόρυφο άλμα από ημικάθισμα (Squat jump), κατακόρυφο άλμα με αντίθετη κίνηση (Countermovement jump), κατακόρυφο άλμα με αντίθετη κίνηση με χέρια (Countermovement jump arm swing), άλμα βάθους ή πλειομετρικό άλμα (Drop jump). Οι αλτικές δοκιμασίες πραγματοποιούνται σε δυναμοδάπεδο (Chatzinikolaou et al., 2010).

2.2 Προενεργοποίηση του μυός

Η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση/διευκόλυνση (Post-Activation Potentiation: PAP) έχει οριστεί ως η άμεση αύξηση της μυϊκής λειτουργίας μετά από ένα ερέθισμα που προέρχεται από συγκεκριμένη μορφή επιβάρυνσης (Τσούκος και συν., 2013). Πιο αναλυτικά, αποτελεί ένα νεύρο-μυϊκό φαινόμενο, στο οποίο η δύναμη και η ισχύς που παράγεται από έναν μυ αυξάνεται αμέσως μετά από υψηλής αντοχής άσκηση (Sygulla et al., 2014).

Ο μηχανισμός της ΜΔΔ χαίρει ξεχωριστής προσοχής στη διεθνή βιβλιογραφία, ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία. Ο κύριος λόγος αυτού του ενδιαφέροντος είναι η δυσκολία η κατανόηση του ακριβή μηχανισμού λειτουργίας της και των συνθηκών που ευνοούν την εμφάνισή της. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ως ΜΔΔ ορίζεται η εμφάνιση αυξημένης βουλητικής ή προκλητής δύναμης μετά από μία μέγιστης έντασης βουλητική σύσπαση ή τετανική διέγερση. Η ύπαρξή της αποδίδεται ως επι

το πλείστον στην αυξημένη κινητικότητα των Ca^{2+} και τη φωσφορυλίωση των λεπτών αλυσίδων της μυοσίνης. Ωστόσο, επειδή η ΜΔΔ δρα ανταγωνιστικά στην κόπωση που μπορεί να εμφανιστεί μετά από μία μέγιστη σύσπαση, είναι πιθανό η εμφάνισή της να εξαρτάται και από παράγοντες που εδρεύουν τόσο στο μυϊκό όσο και στο νευρικό σύστημα. Το μέγιστο αυτό ερέθισμα προκαλεί αύξηση της παραγόμενης ισχύος των σταυρωτών γεφυρών, που με την σειρά τους βελτιώνουν την απόδοση των εκρηκτικών κινήσεων (Hodgson et al., 2005).

Η διάρκεια και το μέγεθος της επίδρασης της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης, εξαρτάται από το επίπεδο απόδοσης των ατόμων και μπορεί σε αθλητές εκρηκτικών αθλημάτων να διατηρηθεί μέχρι 20 λεπτά (Gulich & Schmidtbleicher, 1996). Το θέμα αυτό, όμως, έχει μελετηθεί κυρίως για την αλτικότητα (Gourgoulis et al., 2003) και λιγότερο για τη δρομική ταχύτητα.

Το φαινόμενο της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης, βρίσκει άμεση εφαρμογή στο σχεδιασμό της προπόνησης Δρομικής Ταχύτητας (Κοτζαμανίδης, 2007). Πιο συγκεκριμένα, έρευνες έδειξαν ότι ένα ΜΔΔ σετ τριών επαναλήψεων στο 90% μίας επανάληψης μέγιστου, ακολουθούμενη από μια περίοδο ξεκούρασης πέντε λεπτών δεν ενίσχυε το ύψος αναπήδησης ομάδας αθλητριών (Finkbeiner et al., 2016). Ωστόσο έχει αποδειχθεί ότι η ΜΔΔ αυξάνει την απόδοση και μόνο βελτιώνοντας τη μυϊκή ισχύ και την παραγωγή ενέργειας περισσότερο από τις παραδοσιακές τεχνικές εξάσκησης (Bullock & Comfort, 2011). Σύμφωνα λοιπόν με την έρευνα των Bullock et al, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι βαθιά καθίσματα 2, 4 ή 6 , τέσσερα λεπτά πριν από μίας επανάληψης κάθισμα πλάτης, αυξάνει θεαματικά την επίδοση, επιπλέον οι αθλητές δείχνουν να ωφελούνται μυϊκώς από υψηλότερα κουτιά για τα καθίσματα , εξαιτίας της υψηλότερης δύναμης που απαιτείται όταν φτάνει ο αθλητής το έδαφος.

Οι συσταλτικές κινήσεις σε επίπεδο κυττάρων δημιουργούν τη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση και κούραση, και εν τέλει η ισορροπία τους είναι αυτή που επηρεάζει την επακόλουθη συσταλτική απόκριση στο εάν η απόδοση αυξηθεί, μειωθεί ή παραμείνει η ίδια (Bullock & Comfort, 2011). Πιο συγκεκριμένα, , σε έρευνα οι Duthie et al. (2003) ανέλυσαν και κατηγοριοποίησαν τα δεδομένα τους σε ομάδες με

δυνατότερους και ασθενέστερους αθλητές, και βρήκαν ότι στους ισχυρότερους προκλήθηκε αύξηση στην απόδοσή τους, γεγονός που το απέδωσαν στο ότι οι ισχυροί έχουν μεγαλύτερο ποσοστό μυϊκών ιστών τύπου II.

Παράλληλα, η έρευνα των Buttifant & Hrysomallis (2015), έδειξε ότι υψηλής έντασης πίσω καθίσματα και μέσης ισχύος καθίσματα με λάστιχα αποτελούν αποτελεσματικής μορφής ζέσταμα για χρονικό περιθώριο πέντε ή δέκα λεπτών ωρύτερα από το επιδιωκόμενο άλμα.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι, σύμφωνα με έρευνα των Comyns, Harrison & Hennessy (2011), η κούραση που εμφανιζόταν οδηγούσε σε μείωση της απόδοσης, ωστόσο ακολουθούσαν με βελτίωση εν συνεχεία λόγω βιομηχανικών παραγόντων.

2.3. Η κόπωση και η αλληλεπίδρασή της με την μεταδιεγερτική διευκόλυνση

Ως κόπωση ορίζεται η ασκησιογενής μείωση της μέγιστης ικανότητας για παραγωγή ή διατήρηση δύναμης ή ισχύος (Μαδεμλή, 2008). Η κόπωση μπορεί να είναι κεντρική και περιφερική (Μαδεμλή, 2008). Κατά την κεντρική κόπωση εκδηλώνεται αδυναμία στη μεταφορά του διεγερτικού σήματος από τον εγκέφαλο προς το μυ. Η κεντρική κόπωση οφείλεται στη μείωση των νευρικών ώσεων και της διεγερσιμότητας των κινητικών νευρώνων από τους μυϊκούς αισθητήρες λόγω αύξησης της σεροτονίνης και αμμωνίας και μείωσης της γλυκόζης. Αντίθετα, η περιφερική, εκδηλώνεται ως αδυναμία ενεργοποίησης του μυός αυτού καθαυτού και οφείλεται στη μείωση διεγερσιμότητας της μεμβράνης, της λειτουργίας των T-σοληνίσκων και της εκροής των ιόντων του Ca^{+2} λόγω της μείωσης του Na^{+} , K^{+} και pH και της αύξησης στη συγκέντρωση των ιόντων του H^{+} και ανόργανου φωσφόρου (Pi).

Ως μεταδιεγερτική διευκόλυνση θεωρείται η πρόσκαιρη αύξηση της ικανότητας συστολής των μυών μετά από προηγηθείσες δραστηριότητες εκούσιας μυϊκής συστολής μέτριας – υψηλής έντασης (Sale, 2002). Όμως, η επιβάρυνση υψηλής έντασης οδηγεί σε κόπωση (Faigenbaum et al., 2006). Κόπωση και μεταδιεγερτική διευκόλυνση συνυπάρχουν στους μυς (Docherty & Hodgson, 2007). Η ισορροπία

μεταξύ αυτών των δύο παραγόντων στη φάση της αποκατάστασης, καθορίζει το επίπεδο της απόδοσης (Turki et al., 2012). Το επίπεδο της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης εξαρτάται από την ένταση και την ποσότητα της προηγηθείσας επιβάρυνσης και του χρόνου ανάληψης μετά από αυτήν μέχρι την έναρξη της δοκιμασίας (Faigenbaum et al., 2006, Turki et al., 2012). Στην έρευνα των Turki et al. (2012), ο χρόνος που μεσολάβησε μεταξύ του τέλους της εξειδικευμένης προθέρμανσης και της έναρξης της δοκιμασίας του σπριντ ήταν 5 λεπτά. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τις 3 σειρές των δυναμικών διατάσεων που εφάρμοσαν, οδήγησε σε πτώση της απόδοσης του σπριντ. Πιθανόν το διάλειμμα των 5 λεπτών να μην ήταν αρκετό, ώστε να μειωθεί ή εξαφανιστεί η κόπωση και να ωφεληθεί η μεταδιεγερτική διευκόλυνση.

2.4. Μηχανισμοί της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης

Οι φυσιολογικοί μηχανισμοί που ευθύνονται για την πρόκληση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης φαίνεται να είναι η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης (Smith & Fry, 2007) ή αύξηση της επιστράτευσης των κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης ή επίπεδο διεγερσιμότητας (Gullich & Schmidtbleicher, 1996), και οι αλλαγές που προκύπτουν στην γωνία πρόσφυσης (Tillin & Bishop, 2009), η οποία σχηματίζεται από την απονεύρωση του μυ και την μυϊκή ίνα και αντικατοπτρίζει τον προσανατολισμό των μυϊκών ινών σε σχέση με τον τένοντα (Folland & Williams, 2007).

2.4.1 Μυογενής μηχανισμός

Ο επικρατέστερος φυσιολογικός μηχανισμός της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης φαίνεται να είναι η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης (Hodgson & Docherty, 2007). "Το μόριο της μυοσίνης αποτελείται από δύο «βαριές αλυσίδες», όπου στο άκρο τους βρίσκονται δύο «ελαφριές αλυσίδες» (Myosin Light Chains ή MLC): η «απαραίτητη ελαφριά αλυσίδα» (MLC-1) και η «ρυθμιστική ελαφριά αλυσίδα» (MLC-2), η οποία μπορεί να φωσφοριωλυθεί (Τσούκος και συν.,

2013). Όταν ένας μυς ενεργοποιηθεί μέσω μιας άσκησης υψηλής έντασης με αντιστάσεις, τότε αυξάνεται η απελευθέρωση των ιόντων ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, τα οποία συνδέονται με μια πρωτεΐνη, την καλμοδουλίνη. Αυτό το σύμπλοκο ενεργοποιεί ένα ένζυμο, την κινάση των ελαφριών αλυσίδων της μυοσίνης, η οποία προσθέτει φωσφορικά ιόντα στις ελαφριές αλυσίδες της μυοσίνης. Η φωσφορυλίωση των MLC-2 αυξάνει τη μυϊκή απόδοση στις συσπάσεις που ακολουθούν μέσω δύο μηχανισμών: (α) της μεταβολής της δομής της κεφαλής της μυοσίνης και (β) της αύξησης της ευαισθησίας του συμπλέγματος ακτίνης-μυοσίνης στο ασβέστιο (Grange et al., 1993, Vandenboom et al., 1995).

Η μέγιστη ισομετρική δύναμη και η μέγιστη ταχύτητα βράχυνσης χωρίς εξωτερική αντίσταση του μυός δεν φαίνεται να βελτιώνονται σημαντικά μετά από ενεργοποίηση του μυός η οποία προκαλεί το φαινόμενο της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης (Gossen & Sale, 2000, Vandenboom et al., 1995). Αντίθετα, η μεγαλύτερη επίδραση παρατηρείται στο κεντρικό μέρος της ταχοδυναμικής καμπύλης λόγω της αύξησης στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (Sale, 2002).

Ένας μικρός αριθμός ερευνών ασχολήθηκαν με τη σχέση μεταξύ της αυξημένης φωσφορυλίωσης των MLC-2 και της μυϊκής απόδοσης σε ανθρώπινους σκελετικούς μυς. Οι Stuart et al. (1988) και οι Smith και Fry (2007) μέτρησαν το βαθμό φωσφορυλίωσης των MLC-2 σε σχέση με τη μυϊκή απόδοση μετά από μέγιστη ισομετρική σύσπαση διάρκειας 10 δευτερολέπτων. Στην πρώτη έρευνα, η ανάλυση των βιοψιών του τετρακεφάλου μηριαίου μυός έδειξε σημαντική αύξηση της περιεκτικότητας των MLC-2 σε φώσφορο, η οποία συνοδεύονταν από αύξηση της μυϊκής τάσης κατά τη διάρκεια ηλεκτρικά προκλητής σύσπασης των εκτεινόντων μυών του γόνατος (Stuart et al., 1988). Αντίθετα, οι Smith και Fry (2007) δε βρήκαν σημαντική μεταβολή της φωσφορυλίωσης των MLC-2 ή της μυϊκής ισχύος μετά από παρόμοιο πρωτόκολλο ενεργοποίησης. Εξετάζοντας τις μεταβολές σε κάθε δοκιμαζόμενο βρέθηκε ότι υπήρξε σημαντική αύξηση στη φωσφορυλίωση των MLC-2 στους επτά από τους έντεκα δοκιμαζομένους, ενώ οι υπόλοιποι τέσσερις παρουσίασαν μείωση, με το μέσο όρο να παραμένει αμετάβλητος. Φαίνεται λοιπόν

ότι δεν ανταποκρίνονται όλοι οι δοκιμαζόμενοι με τον ίδιο τρόπο στην ενεργοποίηση μέσω της φωσφορυλίωσης της MLC-2, κάτι που υποδηλώνει ότι η ενεργοποίηση του μυός μπορεί να σχετίζεται με το ποσοστό μυϊκών ινών ταχείας σύσπασης.

2.4.2 Νευρογενής μηχανισμός

Οι κινητικές μονάδες διεγείρονται σύμφωνα με το νόμο «όλον ή ουδέν». Η επιστράτευσή τους ακολουθεί την «αρχή του μεγέθους» κατά την οποία, οι μικρές κινητικές μονάδες διεγείρονται πρώτα και στη συνέχεια οι μεγαλύτερες (Henneman et al., 1974). Οι μεγαλύτερες κινητικές μονάδες συμμετέχουν στην παραγωγή δύναμης, όταν απαιτείται να αναπτυχθεί μεγάλη τάση στο μυ. Κατά Hirst & Edwards (1989) οι «γρήγορες» κινητικές μονάδες απαιτούν μεγαλύτερη εκπόλωση της κυτταροπλασματικής μεμβράνης για να διεγερθούν με συνέπεια να έχουν περισσότερες πιθανότητες να μη μεταφερθεί το δυναμικό δράσης ώστε να επιστρατευθούν. Η αύξηση της μυϊκής δύναμης και ισχύος μετά από μια άσκηση ενεργοποίησης μπορεί να οφείλεται και στην αύξηση της επιστράτευσης των κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης ή επίπεδο διεγερσιμότητας (Tillin & Bishop, 2009). Η αυξημένη επιστράτευση των κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης μπορεί να αξιολογηθεί με το ηλεκτρικά προκλητό αντανακλαστικό Hoffmann (αντανακλαστικό-H). Το αντανακλαστικό-H καταγράφεται με ηλεκτρομυογράφημα μετά από ηλεκτρική διέγερση των κεντρομόλων νευρικών ινών (Ia) που ξεκινούν από τη μυϊκή άτρακτο. Το δυναμικό δράσης που προκαλείται από την ηλεκτρική διέγερση μεταφέρεται στο νωτιαίο μυελό μέσω των κεντρομόλων νευρικών ινών Ia και από εκεί μεταδίδεται μέσω συνάψεων στους άλφα-κινητικούς νευρώνες που καταλήγει στον μυ και καταγράφεται ως ηλεκτρική δραστηριότητα (αντανακλαστικό-H). Επειδή το αντανακλαστικό-H παρακάμπτει τη μυϊκή άτρακτο, (προκαλείται δηλαδή μεταξύ αυτής και της σπονδυλικής στήλης), αποτελεί χρήσιμο τρόπο αξιολόγησης της μονοσυναπτικής αντανακλαστικής δράσης στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού και ειδικότερα της διέγερσης των α -κινητικών νευρώνων (Palmeri & Gauthier, 2004). Η αύξηση του

αντανακλαστικού-Η μετά από μια μυϊκή σύσπαση ενεργοποίησης υποδηλώνει βελτιωμένη μετάδοση του δυναμικού δράσης στις συνάψεις στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού και έχει ως αποτέλεσμα την ενεργοποίηση κινητικών μονάδων με υψηλό επίπεδο διεγερσιμότητας (δηλαδή μυϊκές ίνες ταχείας σύσπασης).

Η βελτιωμένη μετάδοση του δυναμικού δράσης στις συνάψεις στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού οφείλεται στο ότι κάποιες συνάψεις δεν είναι λειτουργικές σε φυσιολογικές συνθήκες (δηλαδή πριν την άσκηση ενεργοποίησης). Αυτό που επιτυγχάνεται με την άσκηση ενεργοποίησης στο επίπεδο των συνάψεων στο νωτιαίο μυελό είναι η αυξημένη λειτουργικότητα των συνάψεων μέσω αυξημένης απελευθέρωσης νευροδιαβιβαστών ή αύξησης της αποτελεσματικότητας των νευροδιαβιβαστών ή αυξημένης μετάδοσης του δυναμικού δράσης στις διακλαδώσεις των κεντρομόλων νευρικών ιών (Enoka, 2002). Σε κυτταρικό επίπεδο, έχει επίσης αποδειχθεί ότι η αυξημένη επιστράτευση των κινητικών μονάδων μπορεί να προκληθεί μέσω υπερπόλωσης των μυϊκών και νευρικών μεμβρανών κατά τη διάρκεια της ανερέθιστης περιόδου όταν τα ιόντα νατρίου αντλούνται έξω από την μεμβράνη. Η διαδικασία αυτή αυξάνει το δυναμικό ηρεμίας της κυτταροπλασματικής μεμβράνης και αυτή η αύξηση επιστρατεύει περισσότερες κινητικές μονάδες στη δραστηριότητα που θα ακολουθήσει καθώς η υπερπόλωση θεωρείται ότι διαρκεί περισσότερο από 20 λεπτά (Saez de Villarreal et al., 2007). Το αντανακλαστικό-Η έχει χρησιμοποιηθεί από τους ερευνητές για την εκτίμηση της νευρικής ενεργοποίησης, η οποία εκδηλώνεται ως αυξημένη επιστράτευση κινητικών μονάδων (Guillich & Schmidtbleicher, 1996). Η αλλαγή στο εύρος του αντανακλαστικού, δείχνει ότι έχει μειωθεί η προσυναπτική αναστολή των κεντρομόλων νευρώνων Ια με συνέπεια να υπάρχει αυξημένη μετάδοση του διεγερτικού δυναμικού στις συνάψεις στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού (Tillin & Bishop, 2009). Αυτή η αυξημένη μετάδοση του διεγερτικού δυναμικού έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του μετασυναπτικού δυναμικού για το ίδιο προσυναπτικό δυναμικό, η οποία διαρκεί αρκετά λεπτά μετά τη δραστηριότητα που προκαλεί ενεργοποίηση (Luscher et al., 1983). Οι Gullich & Schmidtbleicher (1996) διαπίστωσαν μια σημαντική μείωση στο

εύρος του αντανακλαστικού-H ένα λεπτό μετά την άσκηση ενεργοποίησης (-24%) και μια βελτίωση (+20%) 4-11 λεπτά μετά. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αύξηση στην μυϊκή ισχύ των δοκιμαζόμενων μετά από άσκηση ενεργοποίησης οφείλεται σε μεγαλύτερη επιστράτευση των κινητικών μονάδων.

Ένα άλλο στοιχείο που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι η αύξηση του εύρους του αντανακλαστικού-H ήταν σημαντικά μεγαλύτερη και διήρκησε περισσότερο στους αθλητές (+42% και $8,1 \pm 3,6$ λεπτά) απ' ό τι στους φοιτητές δοκιμαζομένους (+11% και $5,9 \pm 3,8$ λεπτά). Σε αντίθεση όμως οι Hodgson et al. (2005) παρατήρησαν αύξηση της μυϊκής απόδοσης μετά από 3 σειρές των 5 μέγιστων εκούσιων συσπάσεων, χωρίς όμως να μεγαλώσει ταυτόχρονα το εύρος του αντανακλαστικού. Οι μελετητές οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση στην περίπτωση αυτή δεν προκλήθηκε από νευρογενείς αλλά από μυογενείς μηχανισμούς. Ο κυματισμός-M έχει χρησιμοποιηθεί είτε ξεχωριστά είτε σε συνδυασμό με το αντανακλαστικό-H για την αξιολόγηση της διεγερσιμότητας των κινητικών μονάδων. Ο κυματισμός-M είναι η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα που καταγράφεται αμέσως μετά την ηλεκτρική διέγερση του μυός (μέσα σε 3-6 ms).

Σε κάποιες μελέτες, ο λόγος του αντανακλαστικού-H προς τον κυματισμό-M έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της διεγερσιμότητας των κινητικών μονάδων (Folland & Williams, 2007). Επίσης, οι Folland & Williams (2007) διέκριναν μια αύξηση του λόγου του αντανακλαστικού-H προς τον κυματισμό-M (+42%), 5 λεπτά μετά από μια μέγιστη ισομετρική σύσπαση διάρκειας 10 δευτερολέπτων ενώ σημαντική βελτίωση υπήρξε και στην σχετική δύναμη της ηλεκτρικά προκλητής μονής σύσπασης (+16%). Στην έρευνα των Morana και Perrey (2009) χρησιμοποιήθηκε ένα πιο ήπιο πρωτόκολλο ενεργοποίησης, που περιελάμβανε υπομέγιστες ισομετρικές συσπάσεις που εκτελούνταν με διαλειμματικό τρόπο (5 s σύσπαση-5 s ανάπαυση) για 10 λεπτά. Το πρωτόκολλο αυτό προκάλεσε άμεση (σε 1 λεπτό) μεγάλη αύξηση της ηλεκτρικά προκλητής μονής σύσπασης (+52%), η οποία όμως δεν σχετιζόταν με την αύξηση του κυματισμού-M, ο οποίος αυξήθηκε αρκετά αργότερα (περίπου στα 7 λεπτά). Σε συμφωνία με αυτά τα δεδομένα, και άλλες

έρευνες βρήκαν μεταδιεγερτική ενεργοποίηση η οποία δεν σχετίζονταν με μεταβολές του κυματισμού-M (Mettler & Griffin, 2012), ή το λόγο του αντανακλαστικού-H προς τον κυματισμό-M (Iglesias-Soler et al., 2012). Έτσι, κατέληξαν πως η βελτίωση της μυϊκής ισχύος που προκλήθηκε από ισομετρική σύσπαση διάρκειας επτά δευτερολέπτων πιθανότατα οφείλονταν σε μυϊκούς και όχι σε νευρικούς παράγοντες. Συμπερασματικά, φαίνεται ότι νευρικοί παράγοντες, όπως αυξημένη μετάδοση του δυναμικού στις συνάψεις στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού και υπερπόλωση των νευρικών και μυϊκών μεμβρανών, πιθανόν να συμβάλλουν στο φαινόμενο της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης, αν και τα αποτελέσματα των μελετών είναι αντικρουόμενα. Το μέγεθος της συμμετοχής των νευρογενών και των μυογενών μηχανισμών στην πρόκληση μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης πιθανόν να εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της άσκησης ενεργοποίησης (π.χ. είδος μυϊκής σύσπασης, ένταση, διάρκεια, ταχύτητα κίνησης, κλπ.), αλλά αυτό δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς μέχρι σήμερα.

2.4.3 Αλλαγές στη μυϊκή αρχιτεκτονική-γωνία πρόσφυσης των μυϊκών ινών

Το χαρακτηριστικό των περοειδών μυών είναι ότι οι μυϊκές τους ίνες εκφύονται και καταφύονται στους αντίστοιχους τένοντες υπό γωνία. Η γωνία πρόσφυσης των μυϊκών ινών σχηματίζεται από την ευθεία έκφυσης-κατάφυσης του μυός σε σχέση με τον προσανατολισμό των μυϊκών δεματίων (Folland & Williams, 2007) και καθορίζει την αποτελεσματική μεταφορά της δύναμης από τους μύες, στους τένοντες και στα οστά. Το άθροισμα των δυνάμεων όλων των μυϊκών ινών που αναπτύσσονται στον τένοντα κατά τη σύσπαση υπολογίζεται από τη δύναμη που ασκούν επί το συνημίτονο της γωνίας πρόσφυσης (Fukunaga et al., 1997). Συνεπώς οι μικρότερες γωνίες πρόσφυσης παρουσιάζουν μηχανικό πλεονέκτημα, αφού όσο μικραίνει η γωνία πρόσφυσης, το συνημίτονό της μεγαλώνει, δηλ. πλησιάζει τη μονάδα. Η γωνία πρόσφυσης μπορεί να μετρηθεί μέσω υπερηχογραφήματος. Ένα πλεονέκτημα των περοειδών μυών είναι ότι περιέχουν περισσότερες μυϊκές ίνες ανά μονάδα όγκου σε σχέση με έναν μυ που έχει τις ίνες του παράλληλα με τον τένοντα.

Το μειονέκτημα είναι ότι λόγω της λοξής κατεύθυνσης των ιών σε σχέση με τον τένοντα, μόνο ένα μέρος της δύναμης είναι ωφέλιμο, δηλ. μεταφέρεται στον τένοντα στην επιθυμητή κατεύθυνση.

2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση μετά την προενεργοποίηση

Οι βασικοί παράμετροι που καθορίζουν την απόδοση που θα ακολουθήσει είναι οι εξής: α) ο όγκος και β) η ένταση της προενεργοποίησης (Τσούκος και συν., 2013).

Αν ο όγκος είναι μικρός τότε η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση θα εμφανιστεί αμέσως, ενώ αν είναι μεγαλύτερος τότε θα πρέπει να υπάρξει μια επαρκής περίοδος αποκατάστασης για να υπερισχύσει η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση της κόπωσης.

Η ισομετρική άσκηση έχει χρησιμοποιηθεί πολύ συχνά για την πρόκληση του φαινομένου της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο κόπωσης παρατήρησαν ότι μετά τις πρώτες 3 συσπάσεις η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση ήταν εμφανής. Η απόδοση στη συνέχεια μειωνόταν ώσπου έφτανε κάτω από την αρχική τιμή. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αν η συνολική διάρκεια σύσπασης είναι ίση ή μεγαλύτερη των 15 δευτερολέπτων τότε προκαλείται μυϊκή κόπωση και αντισταθμίζεται πλήρως η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση (French et al., 2003). Συμπερασματικά, φαίνεται ότι η βέλτιστη διάρκεια μέγιστης ισομετρικής σύσπασης για τη βελτίωση της επίδοσης μετά από άσκηση ενεργοποίησης είναι περίπου 10 δευτερόλεπτα. Η βελτίωση της απόδοσης είναι περίπου 4-5% (Τσούκος και συν., 2013).

Όσον αφορά την ένταση της προενεργοποίησης, έχει χρησιμοποιηθεί η δυναμική άσκηση για την βελτίωση της απόδοσης μέσω της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης (Τσούκος και συν., 2013). Οι Τσούκος και συν. (2013) εφάρμοσαν τέσσερεις σειρές της μιας επανάληψης στο 90% της μέγιστης δύναμης των δοκιμαζόμενων στην άσκηση ημικάθισμα. Το κατακόρυφο άλμα δεν βελτιώθηκε παρότι υπήρξε μια τάση για βελτίωση ($p=0.07$). Αντιθέτως, σε ένα αντίστοιχο διαλειμματικό πρωτόκολλο οι Chatzopoulos και συν. (2005) με 10 μονές επαναλήψεις στο 90% της μέγιστης δύναμης και 3 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των

επαναλήψεων, βρήκαν σημαντική βελτίωση σε δρόμο ταχύτητας 30 μέτρων (2%) και ιδιαίτερα στα 10 πρώτα μέτρα (3%).

2.5.1 Διάλειμμα μεταξύ της προενεργοποίησης και της δραστηριότητας που ακολουθεί

Το διάλειμμα μεταξύ των τύπων μυϊκής δραστηριότητας, και μελών που αξιολογούνται είναι απαραίτητο για την αξιοπιστία του πρωτοκόλλου. Ένα διάλειμμα μεταξύ 30'' και 90'' είναι απαραίτητο και αρκετό για την αποκατάσταση και την επαναξιολόγηση μιας μυϊκής ομάδας (De Ste Croix et al., 2003).

2.5.2 Είδη μυϊκής συστολής και προενεργοποίηση

Κατά τη συστολή ενός μύος συστέλλονται όλα σχεδόν τα κύτταρα που τον αποτελούν (άλλα λιγότερο κι άλλα περισσότερο). Η συντονισμένη συστολή ορισμένων μυών με την ταυτόχρονη χαλάρωση κάποιων άλλων, δίνουν τη δυνατότητα στον οργανισμό να διαθέτει ένα μεγάλο ρεπερτόριο λειτουργιών και συμπεριφορών. Η στήριξη του σώματος έναντι της βαρύτητας και η κίνηση επάνω στη γη, η μάσηση και η πέψη, αλλά ακόμη και η επικοινωνία (π.χ. με την παραγωγή της φωνής από τους μύες της φώνησης, την έκφραση συναισθημάτων από τους μιμητικούς μύες του προσώπου ή τη χρήση του χεριού για την γραφή)) είναι λειτουργίες που επιτελούνται με τη συστολή των μυών. Καθώς κάνουμε διάφορες καθημερινές κινήσεις δεν έχουμε στο μυαλό μας, ούτε το ποιό μύες συστέλλονται, ούτε το πόσο θα συσταλούν ή πότε. Αρκεί όμως κι ένας ελαφρύς τραυματισμός σε κάποιον μυ και τότε "βιώνουμε" στην κυριολεξία το πλήθος των κινήσεων στις οποίες συμμετέχει (Sale 2002).

2.5.3 Τύποι μυϊκής συστολής

Οι τύποι μυϊκής συστολής κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- 1) Μήκος ηρεμίας: Δεν υπάρχει εξωτερική επιβάρυνση, δεν υπάρχει εσωτερική συστολή (Τζιωρτζής, 1992).
- 2) Ισομετρική: Ίδιο μήκος, χωρίς κανένα εύρος κίνησης, η δύναμη εξαρτάται από τον αριθμό των παράλληλων γεφυρών (Τζιωρτζής, 1992).
- 3) Ισοτονική ή Μειομετρική ή Σύγκεντρη: Ίδια επιβάρυνση αλλά διαφορετικό μήκος, μείωση της δύναμης με την μείωση του μήκους του μυός (Τζιωρτζής, 1992).
- 4) Έκκεντρη ή Πλειομετρική: Ο μυς αδυνατεί να συγκρατήσει την επιβάρυνση και επιμηκύνεται (Τζιωρτζής, 1992).

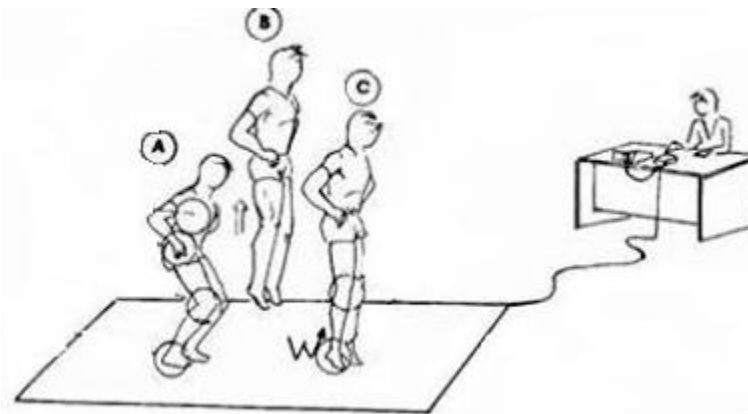
2.6 Οι άμεσες επιδράσεις της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης στο κατακόρυφο άλμα

Η μυϊκή ισχύς σχετίζεται άμεσα με τη βελτίωση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας (Moir et al., 2004).

Το κατακόρυφο άλμα εκτός του ότι περιλαμβάνεται σε αθλητικές δραστηριότητες που καθορίζουν το επίπεδο της απόδοσης όπως στην πετοσφαίριση (Ziv & Lidor, 2010), αποτελεί επιπλέον μια δοκιμασία ελέγχου με την οποία αξιολογείται η μυϊκή ισχύς των κάτω άκρων (Carlock et al., 2004). Το κατακόρυφο άλμα αποτελεί μια συνδυαστική κίνηση και εξαρτάται από τον κινητικό συντονισμό των μελών του σώματος (Bobbert & van Ingen Schenau, 1988), τον τύπο των μυϊκών ινών, την σκληρότητα (stiffness), η οποία δείχνει την ικανότητα των μυών να επιστρέφουν την κίνηση από έκκεντρη συστολή σε σύγκεντρη και η οποία αλληλοεπιδρά με το μυοτατικό αντανακλαστικό (Bobbert & van Soest, 2001) και από την μέγιστη δύναμη ανάλογα με το επίπεδο του αθλητή. Οι Flanagan et al. (2008) υποστήριξαν ότι το ύψος του κατακόρυφου άλματος που θα επιτευχθεί εξαρτάται από την ιδανική / ωφέλιμη σχέση ταχύτητας και δύναμης, την χρήση της ελαστικής ενέργειας που βασίζεται στην αρχή της προδιάτασης του μυός και από τον

ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης. Κατά την εκτέλεση του κατακόρυφου άλματος αρχικά παρατηρείται κίνηση προς τα κάτω, κατά την οποία οι τετρακέφαλοι μύες των μηρών συστέλλονται έκκεντρα ή πλειομετρικά ενώ παράλληλα στη φάση αυτή οι μύες ενεργοποιούνται. Στη συνέχεια ακολουθεί κίνηση προς τα πάνω, η σύγκεντρη ή μειομετρική συστολή των μυών. Η γρήγορη μετάβαση από την έκκεντρη στην σύγκεντρη συστολή ονομάζεται κύκλος διάτασης-βράχυνσης (Asmussen & Bonde-Peterson, 1974, Bosco & Komi, 1979).

Για τον προσδιορισμό της ικανότητας του κύκλου διάτασης-βράχυνσης οι αθλητικοί επιστήμονες χρησιμοποίησαν τρεις ασκήσεις με κατακόρυφο άλμα (Asmussen & Bonde-Peterson, 1974). Η πρώτη άσκηση είναι το άλμα από ημικάθισμα ή Squat jump (SJ) όπου ο εξεταζόμενος εκτελεί κατακόρυφο άλμα από ημικάθισμα με γωνία στο γόνατο 90° , χωρίς προδιάταση και με τον κορμό σχεδόν όρθιο. Η κίνηση του είναι κατευθείαν προς τα πάνω ενώ τα χέρια του βρίσκονται στη μεσολαβή (εικόνα 1).



Εικόνα 2.1 Εκτέλεση επιτόπιου κατακόρυφου άλματος από θέση ημικάθισματος (SJ)

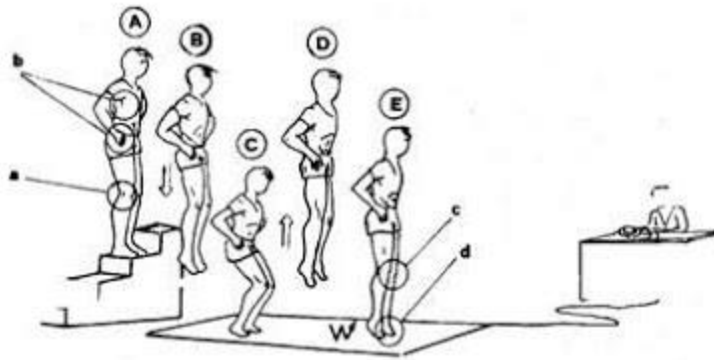
Η δεύτερη άσκηση είναι το άλμα με ταλάντευση ή Countermovement jump (CMJ) κατά την οποία ο εξεταζόμενος από την όρθια θέση με τα χέρια στη μεσολαβή και με

τον κορμό όρθιο σχεδόν εκτελεί κίνηση προς τα κάτω (υποχωρητική) μέχρι την θέση ημικάθισμα 90ο και στη συνέχεια κινείται προς τα πάνω (εικόνα 2).



Εικόνα 2.2 Εκτέλεση επιτόπιου κατακόρυφου άλματος (CMJ)

Η τρίτη άσκηση είναι το άλμα βάθους ή drop jump (DJ) όπου ο δοκιμαζόμενος με τα χέρια στη μεσολαβή πέφτει από συγκεκριμένο είδους πλινθίο και από διαφορετικά ύψη, εκτελεί άλμα μετά την προσγείωσή του στο έδαφος (εικόνα 3).



Εικόνα 2.3 Εκτέλεση άλματος βάθους (DJ)

Στα δυο τελευταία άλματα ο δοκιμαζόμενος επιδιώκει να αποδώσει βέλτιστα τον κύκλο διάτασης-βράχυνσης (Bosco & Pittera, 1982).

Το κατακόρυφο άλμα με αντίθετη κίνηση ανήκει στην κατηγορία των πλειομετρικών ασκήσεων. Σε περίπτωση που οι πλειομετρικές ασκήσεις

χρησιμοποιηθούν επαρκώς, τότε βελτιώνουν την παραγωγή μυϊκής δύναμης και ισχύος (Hewett et al., 1996). Η αύξηση της παραγωγής ισχύος μέσω των

πλειομετρικών κινήσεων μπορεί να εξηγηθεί με δυο προτεινόμενα μοντέλα: το μηχανικό και το νευροφυσιολογικό (Wilk et al., 1993).

Στο μηχανικό μοντέλο, αυξάνεται και αποθηκεύεται ελαστική ενέργεια στο μυοτενόντιο σύστημα κατά την γρήγορη έκκεντρη συστολή-προδιάταση (Asmussen & Bonde-Peterson, 1974), η οποία απελευθερώνεται κατά την σύγκεντρη συστολή λειτουργώντας σαν πρόσθετη κινητική ενέργεια (ελατήριο) με συνέπεια την αύξηση της παραγόμενης δύναμης (Cavagna et al., 1965). Στην λειτουργία της ελαστικής ενέργειας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο η μυϊκή σκληρότητα η οποία δείχνει την ικανότητα των μυϊκών ομάδων να επιστρέφουν την κίνηση από έκκεντρη σε σύγκεντρη. Η μυϊκή σκληρότητα στην προπονητική πρακτική αναφέρεται ως μυϊκή ελαστικότητα. Προϋπόθεση αποτελεί ότι η φάση της βράχυνσης ακολουθεί αμέσως την προδιάταση. Σε αντίθετη περίπτωση, αν δηλαδή η μειομετρική συστολή δεν ακολουθήσει αμέσως ή η έκκεντρη συστολή διαρκέσει πολύ τότε η αποθηκευμένη ενέργεια διασκορπίζεται ή χάνεται με την μορφή θερμότητας. Η αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση της ελαστικής ενέργειας εμφανίζεται αποδοτικότερα στις μυϊκές ίνες ταχείας συστολής (Bosco & Pittera, 1982).

Το νευροφυσιολογικό μοντέλο περιλαμβάνει την βελτίωση της μειομετρικής συστολής μέσω της χρησιμοποίησης του μυοτατικού αντανακλαστικού ή αντανακλαστικού διάτασης (Bosco & Komi, 1979). Το αντανακλαστικό αυτό είναι η ακούσια αντίδραση του ανθρώπινου σώματος που προκαλείται από την απότομη διάταση. Τα ιδιοδεκτικά όργανα, οι μυϊκές άτρακτοι, ευθύνονται για αυτήν την αντίδραση, οι οποίες όταν ανιχνεύσουν μια γρήγορη διάταση διεγείρονται ενεργοποιώντας το αντανακλαστικό στέλνοντας σήμα εισόδου στη σπονδυλική στήλη μέσω των κεντρομόλων νευρικών ινών Ia. Μετά από τη σύναψη με τους κινητικούς νευρώνες τύπου α οι νευρικές ώσεις επιστρέφουν στον αγωνιστή μυ (Bosco & Komi, 1979). Όπως και στο μηχανικό μοντέλο αν η μειομετρική συστολή δεν ακολουθηθεί άμεσα από την διάταση τότε η διευκόλυνση του μυοτατικού αντανακλαστικού

περιορίζεται. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο κύκλος διάτασης-βράχυνσης περιλαμβάνει το συνδυασμό των δυο ανωτέρω μοντέλων για την μέγιστη απόδοση του μυός στον μικρότερο δυνατό χρόνο εκτέλεσης. Η πιο σημαντική φάση του κύκλου διάτασης-βράχυνσης είναι η μεταβατική φάση, η φάση δηλαδή που τελειώνει η έκκεντρη συστολή και αρχίζει η σύγκεντρη. Στόχος του αθλητή είναι η χρονική ελαχιστοποίηση του χρόνου αυτού (Cavagna, 1977).

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. Δείγμα

Το δείγμα αποτέλεσαν 20 αθλήτριες μαζικού αθλητισμού ενόργανης γυμναστικής στο γυμναστήριο ηλικίας 9-14 (ηλικία: 11.00 ± 1.65 έτη, σωματική μάζα: 39.85 ± 12.90 Kg, σωματικό ανάστημα: 144.79 ± 12.07 cm) με προπονητική εμπειρία από ένα μέχρι 8 χρόνια. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι γνώριζαν την τεχνική των ασκήσεων που χρησιμοποιήθηκαν (τροχοστροφή, άλματα με κάμψη ισχίων-γονάτων) καθώς αποτελούν μέρος του προγράμματος της προπόνησής τους. Επιπλέον, όλοι οι δοκιμαζόμενοι ήταν υγιείς χωρίς τραυματισμό των κάτω άκρων τους τελευταίους 6 μήνες. Οι γονείς των παιδιών κατέθεσαν δήλωση συμμετοχής με την οποία επέτρεπαν τη συμμετοχή των παιδιών τους στην παρούσα μελέτη αφού πρώτα τους είχε γνωστοποιηθεί ο σκοπός της μελέτης.

3.2. Πειραματική διαδικασία

Οι δοκιμαζόμενοι επισκέφτηκαν το χώρο του γυμναστηρίου τρεις φορές συνολικά. Κατά τη διάρκεια της 1^{ης} επίσκεψης εξοικειώθηκαν με το χώρο της προπόνησης και της εξεταζόμενες ασκήσεις, ενώ έγινε και η μέτρηση των σωματομετρικών τους χαρακτηριστικών (ηλικία, σωματική μάζα και σωματικό ανάστημα). Στην 2^η και 3^η επίσκεψη η κάθε μία δοκιμαζόμενη εκτέλεσε ατομική προθέρμανση διάρκειας 5 λεπτών σε ένα δαπεδοεργόμετρο (Technogym Runrace 1200, Gambettola, Italy) με ταχύτητα $2.22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ και αμέσως μετά εκτέλεσε δύο προσπάθειες άλματος βάθους από ύψος 43.2 cm πάνω σε μια πλατφόρμα Chrono jump (Bosco et al., 1983) με σκοπό την αρχική καταγραφή και αξιολόγηση του ύψους πτήσης στη συγκεκριμένη δεξιότητα. Κατά την εκτέλεση της προσπάθειας τα χέρια ήταν σε θέση μεσολαβής και ο δοκιμαζόμενος προσπαθούσε να εκτελέσει την προσπάθεια κάνοντας άλμα κατακόρυφο προς τα επάνω όσο πιο γρήγορα μπορούσε προσπαθώντας να έχει το λιγότερο χρόνο επαφής με την πλατφόρμα. Για το λόγο αυτό η οδηγία που δόθηκε ήταν να λυγίζει όσο γίνεται λιγότερο τα κάτω άκρα στην

άρθρωση του γόνατος, ενώ κατά την προσγείωση να πατά στο ίδιο σχεδόν σημείο με αυτό της απογείωσης. Μεταξύ των προσπαθειών μεσολάβησε ανάπαυλα 30 δευτερολέπτων.

Μετά το τέλος της προθέρμανσης και την αρχική αξιολόγησης στο άλμα βάρους ο κάθε ένας δοκιμαζόμενος εκτέλεσε στην 2^η συνεδρία 10 προσπάθειες την άσκηση της τροχοστροφής με διάλειμμα 15 δευτερολέπτων μεταξύ των προσπαθειών και στην 3^η συνεδρία 2 σειρές των επαναλήψεων αλμάτων με κάμψη ισχίων και γονάτων και με διάλειμμα 15 δευτερολέπτων μεταξύ των σειρών. Μετά το τέλος του κάθε ενός παρεμβατικού προγράμματος επαναλήφθηκε η διαδικασία εκτέλεσης του άλματος σε βάθος αμέσως μετά (μέσα σε 15 δευτερόλεπτα) και στην συνέχεια μετά από 3, 6 και 9 λεπτά. Στο ενδιάμεσο χρονικό διάστημα ο κάθε δοκιμαζόμενος καθόταν σε μία καρέκλα χωρίς να εκτελεί καμία άλλη δραστηριότητα.

3.3 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία έγινε με το στατιστικό πακέτο SPSS v. 22.0 και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος 3-ANOVA (παρέμβαση, μέτρηση) με σκοπό να εξεταστούν οι διαφορές στο ύψος του εξεταζόμενου άλματος στις επιμέρους τελικές μετρήσεις σε σχέση με την αρχική μέτρηση. Επιπλέον, έγινε 2-ANOVA (είδος άσκησης * μέτρηση) Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0.05$.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αξιολόγηση άλματος βάθους μετά την τροχοστροφή

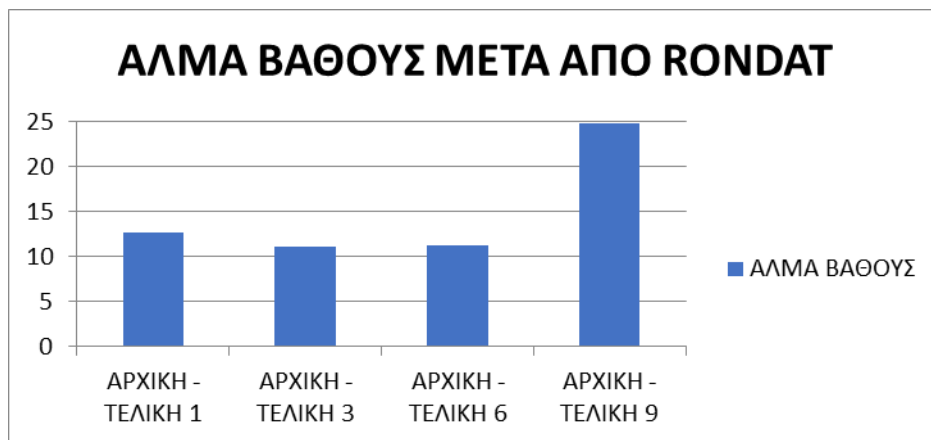
Η επίδοση του άλματος βάθους έχοντας σαν ερέθισμα την εκτέλεση της άσκησης της «τροχοστροφής» παρουσίασε σημαντικές διαφορές στο σύνολο των μετρήσεων ($F_{(4)} = 6.120$, $p = 0.003$). Στον πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των δοκιμαζόμενων στο άλμα βάθους.

Πίνακας 4.1: Αξιολόγηση του άλματος βάθους μετά από τροχοστροφή

Συνθήκη	DJ (cm)
Αρχική	9.87 ± 4.14
Τελική 1	11.12 ± 3.13
Τελική 3	10.96 ± 3.66
Τελική 6	10.98 ± 3.44
Τελική 9	12.32 ± 3.40

Σημαντική βελτίωση της απόδοσης σε σχέση με την αρχική μέτρηση παρατηρήθηκε αμέσως μετά το τέλος της εφαρμογής της προενεργοποίησης ($t = -2.159$, $p = 0.044$), τρία λεπτά αργότερα ($t = -2.159$, $p = 0.044$), έξι λεπτά αργότερα ($t = 2.212$, $p = 0.043$) και 9 λεπτά αργότερα ($t = -3.433$, $p = 0.003$). Τα επιμέρους ποσοστά βελτίωσης παρουσιάζονται στο γράφημα 4.1.

Γράφημα 4.1: Ποσοστό βελτίωση του άλματος βάθους μετά από Τροχοστροφή (Rondat)



4.2 Αξιολόγηση άλματος με κάμψη ισχίων και γονάτων

Δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο σύνολο των μετρήσεων ($F_{(4)} = 2.877$, $p = 0.057$). Εν τούτοις υπήρξε μία τάση προς τη σημαντικότητα. Οι μέσες τιμές των επιμέρους μετρήσεων εμφανίζονται στον πίνακα 4.2.

Στον πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των δοκιμαζόμενων στο άλμα βάθους.

Πίνακας 4.2: Αξιολόγηση του άλματος βάθους μετά από tuck jumps

Συνθήκη	DJ (cm)
Αρχική	12.35 ± 3.47
Τελική 1	13.38 ± 3.29
Τελική 3	13.01 ± 3.76
Τελική 6	14.12 ± 3.05
Τελική 9	13.60 ± 2.72

Παρόλα αυτά υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της αρχικής και της τελικής μέτρησης που έγινε 6 λεπτά μετά το τέλος της παρέμβασης ($t_{(19)} = -3.26$, $p = 0.004$) και εννέα λεπτά μετά το τέλος της παρέμβασης ($t_{(19)} = -2.679$, $p = 0.015$).

Αντίθετα, παρουσιάστηκε μία τάση σημαντικότητας στην τελική μέτρηση που έγινε αμέσως μετά το τέλος της παρέμβασης ($t_{(19)} = -1.985$, $p = 0.062$), ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά τρία λεπτά μετά το τέλος της παρέμβασης ($t_{(19)} = 1.063$, $p = 0.301$).

Γράφημα 4.2: Ποσοστό βελτίωση του άλματος βάθους μετά από άλματα κάμψης ισχίων και γονάτων (Tuck jumps)



V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της εργασίας συμφωνούν με το σύνολο των άλλων εργασιών που έχουν εξετάσει την επίδραση πλειομετρικών ασκήσεων σε κάποιο είδος πλειομετρικού άλματος (κατακόρυφο από την όρθια θέση ή άλματος βάθους) . Στο άλμα βάθους μετά από τροχοστροφή επήλθε σημαντική βελτίωση της απόδοσης σε σχέση με την αρχική μέτρηση αμέσως μετά το τέλος της εφαρμογής της προενεργοποίησης , σε όλες τις επιμέρους τελικές μετρήσεις σε σχέση με την αρχική μέτρηση. Σχετικά με τα άλματα με κάμψη ισχίων και γονάτων (tuck jumps), δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο σύνολο των μετρήσεων, αλλά υπήρξε μία τάση προς τη σημαντικότητα Γεγονότα, που όπως είδαμε και νωρίτερα συμφωνεί με τις βιβλιογραφικές αναφορές..

5.2 Συμπεράσματα

Συμπεραίνοντας, βλέπουμε ότι στο άλμα βάθους μετά από τροχοστροφή επήλθε σημαντική βελτίωση της απόδοσης σε σχέση με την αρχική μέτρηση αμέσως μετά το τέλος της εφαρμογής της προενεργοποίησης , σε όλες τις επιμέρους τελικές μετρήσεις σε σχέση με την αρχική μέτρηση. Δηλαδή η άσκηση της τροχοστροφής σαν προενεργοποίηση επιφέρει μεταδιεγερτική ενεργοποίηση που διαρκεί μέχρι εννέα λεπτά μετά το τέλος της παρέμβασης.

Σχετικά με τα άλματα με κάμψη ισχίων και γονάτων (tuck jumps), δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο σύνολο των μετρήσεων, αλλά υπήρξε μία τάση προς τη σημαντικότητα. Παρόλα αυτά εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της αρχικής και της τελικής μέτρησης που έγινε 6 λεπτά μετά το τέλος της παρέμβασης και εννέα λεπτά μετά το τέλος της παρέμβασης. Αντίθετα, παρουσιάστηκε μία τάση σημαντικότητας στην τελική μέτρηση που έγινε αμέσως μετά το τέλος της παρέμβασης. Τέλος δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά τρία λεπτά μετά το τέλος της παρέμβασης. Κατά συνέπεια η άσκηση της

τροχοστροφής είναι αποτελεσματικότερη σε σχέση με τα άλματα κάμψης ισχίων και γονάτων και για το λόγο αυτό σε παιδιά που ασχολούνται με την ενόργανη γυμναστική και βρίσκονται σε μεσαίο χαμηλό επίπεδο (αρχάρια) είναι προτιμότερο να εφαρμόζεται πλειομετρική άσκηση η οποία εκτελείται με διάλειμμα μεταξύ των επαναλήψεων ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χρόνος ξεκούρασης προκειμένου να εμφανιστεί το φαινόμενο της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης.

VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ανακεφαλαιώνοντας, φαίνεται πως τα πλειομετρικά άλματα είναι σημαντικά για το άθλημα της ενόργανης γυμναστικής, διότι συμβάλλουν στην αλτικότητα, στην σωστή τεχνική των ασκήσεων και στην απόσβεση δυνάμεων και κραδασμών κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης ασκήσεων που συμπεριλαμβάνονται στα προγράμματα των αθλητών.

Μέσα από την έρευνα συμπεραίνουμε πως η προενεργοποίηση βοήθησε σημαντικά ώστε να υπάρξει μεγάλη βελτίωση του άλματος βάθους μετά από τροχοστροφή, ενώ δεν επέφερε καμία σημαντική αλλαγή στις μετρήσεις για το άλμα με κάμψη ισχίων και γονάτων. Περαιτέρω έρευνα μπορεί να γίνει με διαχρονική παρακολούθηση των αθλητών, εξετάζοντας πως η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της δυσκολίας των προγραμμάτων τους.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Κοτζαμανίδης, Χ. (2007). Η Άμεση Και η Μακρόχρονη Επίδραση της Προπόνησης στη Δρομική Ταχύτητα. *Εργαστήριο Προπονητικής και Αθλητικής Απόδοσης, ΤΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.*
- Μαδεμλή, Λ. (2008). Αξιολόγηση και ανάλυση της μυϊκής δύναμης και ισχύος. *Επιστημονικές σημειώσεις, ΤΕΦΑΑ Σερρών ΑΠΘ.*
- Ουντζούδη, Θ., Μάνου, Β., Βαβρίτσας, Γ., Μήτρου, Κ., Καραμπαϊρης, Κ., & Κέλλης, Σ. (2014). Η Άμεση Επίδραση δυο Πρωτοκόλλων Προενεργοποίησης στη Μέγιστη Δρομική Ταχύτητα σε Άνδρες Αθλητές Στίβου Δρόμων Ταχύτητας. *ΣΕΦΑΑ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.*
- Τερζής, Γ. (2014). Χαρακτηριστικά των σκελετικών μυών που συμβάλλουν στην παραγωγή ισχύος και δύναμης. *ΕΚΠΑ Πανεπιστημιακές σημειώσεις.*
- Τζιωρτζής, Σ. (1992). Προπονητική Δρομικών Αγωνισμάτων Κλασικού Αθλητισμού. *Αθήνα: Αυτοέκδοση.*
- Τσούκος, Α., Βεληγκέκας, Π., Μπογδάνης, Γ. (2013). Φυσιολογική βάση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στο σκελετικό μύ και πρακτικές εφαρμογές στον αθλητισμό. *Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού.*
- Φατούρος, Ι. (2010). Η αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης και η εφαρμογή της στην αθλητική προπόνηση. *Τ.Ε.Φ.Α.Α. Δ.Π.Θ*

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta physiologica Scandinavica*, 91(3), 385–392.
- Baechle, T.R. & Earle, R.W. (2000). Essentials of strength training and conditioning. *Champaign, IL: Human Kinetics.*

- Bobbert, M. F., & van Ingen Schenau, G. J. (1988). Coordination in vertical jumping. *Journal of biomechanics*, 21(3), 249–262.
- Bobbert, M. F., & van Soest, A. J. (2001). Why do people jump the way they do?. *Exercise and sport sciences reviews*, 29(3), 95–102.
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1979). Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through pre-stretching. *Acta physiologica Scandinavica*, 106(4), 467–472.
- Bosco, C., Luhtanen, P. & Komi, P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.
- Bosco, C. & Pittera., C. (1982). Zur Trainingswirkung neuentwickelter Sprungübungen auf die explosive. *Kraft.Leistungssport*, 12, 36-39.
- Bullock, N. & Comfort, P. (2011). An investigation into the acute effects of depth jumps on maximal strength performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3137-3141.
- Buttifant, D. & Hrysomallis, C. (2015). Effect of Various Practical Warm-Up Protocols on Acute Lower-Body Power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 656-660.
- Carlock, J. M., Smith, S. L., Hartman, M. J., Morris, R. T., Ciroslan, D. A., Pierce, K. C., Newton, R. U., Harman, E. A., Sands, W. A., & Stone, M. H. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 534–539.
- Cavagna, G.A., Saibene, F.P. & Margaria, R. (1965). Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Applied Physiology*, 20, 157-158.
- Cavagna G. A. (1977). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exercise and sport sciences reviews*, 5, 89–129.

- Chatzinikolaou, A., Fatouros, I. G., Gourgoulis, V., Avloniti, A., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Douroudos, I., Michailidis, Y., Beneka, A., Malliou, P., Tofas, T., Georgiadis, I., Mandalidis, D., & Taxildaris, K. (2010). Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1389–1398.
- Comyns, T.M., Harrison, A.J., & Hennessy, L.K. (2011). An investigation into the recovery process of a maximum stretch-shortening cycle fatigue protocol on drop and rebound jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8):2177-2184.
- De Ste Croix, M., Deighan, M., & Armstrong, N. (2003). Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(10), 727–743.
- Docherty, D., & Hodgson, M. J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 439–444.
- Duthie, G., Pyne, D. & Hooper, S. (2003). Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sports Medicine*, 33(13), 973.
- Enoka R. M. (2002). Activation order of motor axons in electrically evoked contractions. *Muscle & nerve*, 25(6), 763–764.
- Faigenbaum, A.D., Wilcox, J., Larson, R. & Brochu, K.M. (2006). Acute explosive-force movements enhance bench-press performance in athletic men. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(3), 261–269.
- Finkbeiner, K.M., Russell, P.N., & Helton, W.S. (2016). Rest improves performance, nature improves happiness: Assessment of break periods on the abbreviated vigilance task. *Consciousness and Cognition*, 42, 277–285.
- Flanagan, E. P., Ebben, W. P., & Jensen, R. L. (2008). Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *Journal Strength Conditioning Research*, 22, 1677–1682.

- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(2), 145–168.
- French, D.N., Kraemer, W.J. & Cooke, C.B. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of pre-conditioning isometric muscle actions. *Journal Strength and Conditioning Research*, 17(4), 678-685.
- Fukunaga, T., Ichinose, Y., Ito, M., Kawakami, Y. & Fukashiro, S. (1997). Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo. *Journal of Applied Physiology*, 82(1)m 354-358.
- Gossen, E. R., & Sale, D. G. (2000). Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *European Journal of Applied Physiology*, 83(6), 524–530.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G. & Garas, A. (2003). Effect of a Submaximal Half-Squats Warm-up Program on Vertical Jumping Ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 342-344.
- Grange, R. W., Vandenboom, R., & Houston, M. E. (1993). Physiological significance of myosin phosphorylation in skeletal muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology = Revue canadienne de physiologie appliquée*, 18(3), 229–242.
- Gullich, A. & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies of Athletics*, 11(4), 67-81.
- Henneman, E., Clamann, H.P., Gillies, J.D. & Skinner, R.D. (1974). Quantitative measures of output of a motoneuron pool during monosynaptic reflexes. *Journal of neurophysiology*, 37(6), 1328–1337.
- Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *The American journal of sports medicine*, 24(6), 765–773.
- Hirst, G. D., & Edwards, F. R. (1989). Sympathetic neuroeffector transmission in arteries and arterioles. *Physiological Reviews*, 69(2), 546–604.

- Hodgson, M.J., DePalma, R.G., Burriss, D.G. & Champion, H.R. (2005). Blast injuries. *The New England Journal of Medicine*, 352(13), 1335–1342.
- Hodgson, M.J. & Docherty, D. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 439–444.
- Iglesias-Soler, E., Paredes, X., Carballeira, E. & Marquez, G. (2012). Effect of intensity and duration of conditioning protocol on post-activation potentiation and changes in H-reflex. *European Journal of Sport Science*, 11, 33-38.
- Luscher, H., Ruenzel, P.W. & Henneman, E. (1983). Effects of impulse frequency, PTP and temperature on responses elicited in large populations of motoneurons by impulses in single Ia-fibers. *Journal of Neurophysiology*, 50(5), 1045-1058.
- Masamoto, N., Larson, R., Gates, T., & Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1):68-71.
- McBride, J.M., Triplett-Mc Bride, T., Davie, A. & Newton, R.U. (1999). A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters and sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(1), 58-66.
- Mettler, J. A., & Griffin, L. (2012). Postactivation potentiation and muscular endurance training. *Muscle & Nerve*, 45(3), 416–425.
- Moir, G., Button, C., Glaister, M., & Stone, M. H. (2004). Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 276–280.
- Morana, C. & Perrey S. (2009). Time course of postactivation potentiation during intermittent submaximal fatiguing contractions in endurance and power trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1456-1464.
- Palmeri, T. J., & Gauthier, I. (2004). Visual object understanding. *Nature reviews. Neuroscience*, 5(4), 291–303.

- Saez de Villarreal, E.S., Gonzalez-Badillo, J.J. & Izquierdo M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology*, 100, 393-401.
- Sale, D.G. (2002). Postactivation Potentiation: Role in Human Performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143.
- Seitz, L.B., de Villarreal, E.S., & Haff, G.G. (2014). The temporal profile of post activation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3):706-715.
- Smith, J. C., & Fry, A. C. (2007). Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 73–76.
- Stuart, D. S., Lingley, M. D., Grange, R. W., & Houston, M. E. (1988). Myosin light chain phosphorylation and contractile performance of human skeletal muscle. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 66(1), 49–54.
- Sygulla, K. S., & Fountaine, C. J. (2014). Acute Post-Activation Potentiation Effects in NCAA Division II Female Athletes. *International Journal of Exercise Science*, 7(3), 212–219.
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(2), 147–166.
- Turki, O., Chaouachi, A., Behm, D.G., Chtara, H., Chtara, M., Bishop, D., Chamari, K. & Amri, M. (2012). The effect of warm-up incorporating different volumes of dynamic stretching on 10 and 20m. sprint performance in highly trained male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 63-72.
- Vandenboom, R., Grange, R. W., & Houston, M. E. (1995). Myosin phosphorylation enhances rate of force development in fast-twitch skeletal muscle. *The American Journal of Physiology*, 268(3 Pt 1), 596–603.
- Verkhoshansky, Y. (1967). Are depth jumps useful?. *Track and Field*, 12(9).

- Wilk, K. E., Voight, M. L., Keirns, M. A., Gambetta, V., Andrews, J. R., & Dillman, C. J. (1993). Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *The Journal of Orthopedics and Sports Physical Therapy*, *17*(5), 225–239.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male basketball players--a review of observational and experimental studies. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *13*(3), 332–339.