ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

«Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΙΕΓΕΡΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΑ ΑΛΜΑΤΑ, ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ».

Κροκίδας Αναστάσιος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΠΕΔΙΟ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΠΡΟΠΟΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΙΔΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΚΛΑΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2015

© Copyright
Κροκίδας Αναστάσιος
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής

Γεώργιος Παραδείσης
Επίκουρος Καθηγητής Κλασικού Αθλητισμού – Αθλητικών Δρόμων
(Επιβλέπων)

Χαρίλαος Τσολάκης
Αναπληρωτής Καθηγητής Ξιφασκίας

Ζαχαρόγιαννης Ηλίας
Επίκουρος Καθηγητής Κλασικού Αθλητισμού – Αθλητικών Δρόμων

Πρακτικό της Εξεταστικής Επιτροπής

Έκφραση Ευχαριστιών

Ολοκληρώνοντας αυτή τη «χρήσιμη περιπέτεια» δε μπορώ να μην αναφερθώ στη δημιουργική και ουσιαστική συμβολή ορισμένων ανθρώπων στην ολοκλήρωση αυτού του κύκλου και να ευχαριστήσω…

Τον κ. Γιώργου Παραδείση η συνεργασία με τον οποίο ήταν καθοριστική και με δίδαξε πολλά. Ήταν πάντα εκεί, συνοδοιπόρος, για να με καθοδηγήσει με νηφαλιότητα και γνήσιο ενδιαφέρον.

Τον κ. Χάρη Τσολάκη, την κα. Αθανασία Σμυρνιώτου τον κ. Ηλία Ζαχαρόγιαννη για την εποικοδομητική κριτική τους.

Όλους τους διδάσκοντες στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών που διεύρυναν τους επιστημονικούς μου ορίζοντες.

Τους Σάκη Σουγλή, Σπύρο Ζαννιά, Θανάση Τσούκο, Λύσανδρο Βαρταλά, και σε όλους τους συμμετέχοντες όπου ο καθένας με τον τρόπο του συνέβαλλε στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στη οικογένειά μου, τη Σίσσυ, τη Φαίδρα και την Κωνσταντίνα για την υποστήριξη.

Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΙΕΓΕΡΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΑ ΑΛΜΑΤΑ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ

Περίληψη

Η απόδοση στο χρόνο αντίδρασης και τα πρώτα μέτρα επιτάχυνσης των δρόμων ταχύτητας, συνδέεται άμεσα με την ικανότητα παραγωγής ισχύος. Ικανότητα που μπορεί να βελτιωθεί άμεσα ως αποτέλεσμα του φαινομένου της Μετα-Διεγερτικής Ενεργοποίησης που είναι η παροδική βελτίωση της μυϊκής απόδοσης μετά από εκούσια ή ακούσια μυϊκή σύσπαση. Παρότι η ευεργετική εφαρμογή του φαινομένου έχει εμφανιστεί σε ποικίλες δραστηριότητες ισχύος, ωστόσο δεν έχει μελετηθεί κατά τη φάση της εκκίνησης από βατήρα και της αρχικής επιτάχυνσης. Σκοπός της μελέτης ήταν να διερευνήσει την άμεση επίδραση δυο διαφορετικών συνθηκών πλειομετρικών αλμάτων, σε παραμέτρους της εκκίνηση και αρχικής επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας, σε αθλητές κλασικού αθλητισμού που είναι εξοικειωμένοι με την εκκίνηση από βατήρα. Οι 12 συμμετέχοντες, κλήθηκαν σε τρεις διαφορετικές συναντήσεις που έγιναν σε τρεις διαφορετικές ημέρες να ακολουθήσουν με τυχαία σειρά μια από τις συνθήκες Ελέγχου (Control), Αλμάτων Βάθους (DJ) και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση στις 90˚ (MDJ) κάθε φορά. Στην αρχή κάθε μιας από τις τρεις συναντήσεις, ακολουθήθηκε προκαθορισμένο πρωτόκολλο προθέρμανσης. Η συνθήκη ελέγχου περιελάμβανε δυο σειρές των τριών εκκινήσεων από βατήρα με 6-λεπτη ενδιάμεση αποκατάσταση μεταξύ του αρχικού και του τελικού σετ εκκινήσεων χωρίς καμία παρέμβαση. Στις δυο άλλες πειραματικές συνθήκες, ανάμεσα στα δυο σετ των εκκινήσεων και στο τέλος της 6-λεπτης αποκατάστασης εκτελέστηκε 1 σειρά των 5 πλειομετρικών αλμάτων DJ ή MDJ από ύψος 50εκ. και διερευνήθηκε η επίδραση στις εκκινήσεις 1’, 3’ και 5’ μετά την προ-ενεργοποίηση. Αναφορικά με το Χρόνο Αντίδρασης (ΧΑ) από βατήρα δεν υπήρξε αξιοπιστία (επαναληψιμότητα) ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες παρά τα αντίθετα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων κατέδειξε πως, σε καμία από τις τρεις πειραματικές συνθήκες δε σημειώθηκε σημαντική μεταβολή τόσο στο ΧΑ, όσο και στην επίδοση στα πρώτα 3 (t3) και 5

μέτρα (t5) κατά την επιτάχυνση, παρά την εμφάνιση τάσης βελτίωσης (2,3%) στην επίδοση στα 5 μέτρα, 5’ μετά την προ-ενεργοποίηση. Καμία σημαντική βελτίωση επίσης δεν σημειώθηκε στα κινηματικά χαρακτηριστικά όπως ο χρόνος επαφής, και πτήσης, και το μήκος διασκελισμού κατά τους πρώτους διασκελισμούς στην αρχική φάση της επιτάχυνσης για καμία από τις πειραματικές συνθήκες.

Λέξεις κλειδιά: Μετα-διεγερτική ενεργοποίηση, μυϊκή ισχύς, πλειομετρικά άλματα, κλασικός αθλητισμός, δρόμοι ταχύτητας, εκκίνηση βατήρα, χρόνος αντίδρασης, φάση επιτάχυνσης

ACUTE EFFECT OF POSTACTIVATION POTENTIATION WITH PLYOMETRIC JUMPS TO THE REACTION TIME AND ACCELERATION

Anastasios Krokidas

National and Kapodistrian Univercity of Athens, School of Physical Education and Sport Science

Abstract

Performance on reaction time and the first meters of acceleration on sprint events is directly linked to the ability of power production. Ability that can be improved directly as a result of the phenomenon called Post-Activation Potentiation (PAP) which has been defined as the transient enhancement of muscle performance after a voluntary or involuntary muscle contraction. Although the beneficial application of the phenomenon has appeared in a variety of force activities, however it has not been studied in the block-start and the initial acceleration phase. Purpose of this study was to examine the direct impact of plyometric jumps under two different conditions, on block-start Reaction Time (RT) and initial acceleration in sprints, on track and field athletes who are familiar with the block-start. The twelve (12) participants have been invited to three different meetings that took place on three different days in order to participate in random order in each of the conditions of Control, Depth Jumps (DJ) and Depth Jumps with pause at 90^{o} (MDJ) each time. At the beginning of each of the three meetings, a predetermined standard warming up took place. The condition of Control comprised two sets of three block- starts with an intermediate six- minute rest between the initial and the final set of block- starts, without any intervention. During the other two experimental conditions, between the two sets of block-starts and at the end of the 6 minute rest, five (5) plyometric jumps DJ or MDJ from a 50 cm box were performed and has been examined whether affected the performance of the starts in 1, 3 and 5 minute after the pro-activation. With respect to the block - start reaction time, no reliability (reproducibility) has emerged between the repeated

attempts, despite the contrary results of the pilot study. As a result, no significant change has occurred in none of the tree experimental conditions in both the reaction time and the performance in the first three (t3) and five meters (t5) during acceleration, despite the improvement tendency (2,3%) that showed the performance at 5 meters, 5' after the pro-activation. Furthermore, no significant improvement has occurred regarding the kinematic characteristics such as contact time, flight time and the stride length during the first strides in the initial phase of acceleration under none of the experimental conditions.

Key words: post-activation potentiation, muscle power, plyometric jumps, track & field, sprint events, block start, reaction time, acceleration phase.

Περιεχόμενα

Περίληψη vi

ACUTE EFFECT OF POSTACTIVATION POTENTIATION WITH PLYOMETRIC JUMPS TO THE REACTION TIME AND ACCELERATION viii

Abstract viii

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ xiii

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ xiv

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ xiv

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ xiv

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1

1.1 Ορισμός του προβλήματος 2

1.2 Ερευνητικές υποθέσεις 4

1.3 Διερευνητικά ερωτήματα 4

1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί 4

1.5 Σημαντικότητα έρευνας 5

1.6 Διευκρίνιση όρων 5

1.7 Συντομογραφίες 5

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ 6

2.1 Εκκινήσεις δρόμων ταχύτητας 6

2.2 Μετα-διεγερτική ενεργοποίηση μέσω μυϊκής προ-ενεργοποίησης. 12

2.3 Κόπωση και Μετα-διεγερτική Ενεργοποίηση 16

2.4 Βασικοί μηχανισμοί μετα-διεγερτικής ενεργοποίησης 19

2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της μετα-διεγερτικής ενεργοποίησης 25

2.5.1 Χαρακτηριστικά της προ-ενεργοποίησης 25

2.5.1.1 Όγκος της προ-ενεργοποίησης 25

2.5.1.2 Ένταση της προ-ενεργοποίησης. 27

2.5.1.3 Είδη μυϊκής συστολής κατά την προ-ενεργοποίηση 30

2.5.2 Παρεμβαλλόμενος χρόνος αποκατάστασης 34

2.5.3 Ενδοατομικά χαρακτηριστικά 39

2.5.3.1 Κατανομή τύπου μυϊκών ινών 39

2.5.3.2 Μυϊκή δύναμη 42

2.5.3.3 Προπονητικό επίπεδο 43

2.5.3.4 Φύλο 45

2.5.4 Χαρακτηριστικά της επακόλουθης κύριας δραστηριότητας 45

2.6 Επίδραση της Μετα-διεγερτικής Ενεργοποίησης στις παραμέτρους που σχετίζονται με την εκκίνηση. 47

2.7 Αξιοπιστία στην απόδοση του χρόνου αντίδρασης από βατήρα εκκινήσεων. 48

ΙΙΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ 51

3.1 Πιλοτική μελέτη ελέγχου αξιοπιστίας εκκινήσεων 51

3.1.1 Πειραματική προσέγγιση πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας 51

3.1.2 Δείγμα πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας 51

3.1.3 Πειραματική διαδικασία πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας 52

3.1.4 Όργανα μέτρησης πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας 52

3.1.5 Διαδικασία μέτρησης πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας. 53

3.1.6 Στατιστική ανάλυση πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας. 54

3.1.7 Αποτελέσματα πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας 54

3.1.8 Συμπεράσματα 55

3.2 Δείγμα 57

3.3 Όργανα μέτρησης 57

3.4 Πειραματική διαδικασία 59

3.4.1. Γενική προθέρμανση 60

3.4.2 Αρχικές μετρήσεις και εξοικείωση 61

3.4.3. Ερευνητικός σχεδιασμός 61

3.4.4 Παρέμβαση αλμάτων βάθους 63

3.4.5 Μέτρηση χρόνου αντίδρασης και της επίδοσης στα πρώτα μέτρα της επιτάχυνσης 65

3.5 Στατιστική ανάλυση 66

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 67

4.1 Αξιολόγηση του Χρόνου Αντίδρασης 67

4.2 Αξιολόγηση της επίδοσης στα πρώτα 3 και 5 μέτρα της επιτάχυνσης. 68

4.3 Αξιολόγηση των κινηματικών χαρακτηριστικών 70

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ 73

VI. ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 80

VII. ΑΝΑΚΑΙΦΑΛΑΙΩΣΗ –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 81

7.1 Συμπεράσματα 81

7.2 Αναπάντητα ερευνητικά ερωτήματα 82

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 83

Παράρτημα 101

Ενημέρωση και δήλωση συγκατάθεσης συμμετεχόντων 102

Πρωτόκολλο Προθέρμανσης 103

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ενδεικτική σχετική συμμετοχή των κύριων μυϊκών ομάδων στη δρομική ταχύτητα…….....7

Πίνακας 2. Μέγεθος επίδρασης (Effect size) της μυϊκής ισχύος……...28

Πίνακας 3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δεικτών ελέγχου αξιοπιστίας του χρόνου αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα ……..54

Πίνακας 4. Συντελεστής συσχέτισης του χρόνου αντίδρασης ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες ….…….55

Πίνακας 5. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά Δοκιμαζόμενων……..57

Πίνακας 6. Δείκτες αξιοπιστίας στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες στο χρόνο αντίδρασης για τις τρεις πειραματικές συνθήκες: Ελέγχου, Αλμάτων Βάθους και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση…….....67

Πίνακας 7. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις στο χρόνο αντίδρασης για τις τρεις πειραματικές συνθήκες: Ελέγχου, Αλμάτων Βάθους και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση…….…….68

Πίνακας 8. Δείκτες αξιοπιστίας στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες στο χρόνο επίδοσης στα πρώτα 3 και 5 μέτρα για τις τρεις πειραματικές συνθήκες: Ελέγχου, Αλμάτων Βάθους και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση……..68

Πίνακας 9. Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις στο χρόνο αντίδρασης για τις τρεις πειραματικές συνθήκες: Ελέγχου, Αλμάτων Βάθους και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση……..…….....68

Πίνακας 10. Δείκτες αξιοπιστίας στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες στα κινηματικά χαρακτηριστικά……...…..71

Πίνακας 11. Μέγεθος Επίδρασης και επίπεδα σημαντικότητας για τις κινηματικές παραμέτρους Χρόνου Επαφής, Πτήσης και Μήκους Διασκελισμού κατά τους 3 πρώτους διασκελισμούς κατά τη φάση επιτάχυνσης……....72

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Άλμα βάθους...……..64

Εικόνα 2. Άλμα βάθους με ακινητοποίηση στις 90˚ κατά την προσγείωση…….….64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Ένα σχηματικό παράδειγμα Μετα-Διεγερτικής Ενεργοποίησης ……13

Σχήμα 2. Υποθετική επίδραση της ΜΔΕ στην ταχο-δυναμική καμπύλη απόδοσης μέσω της βελτίωση στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης, άρα της μηχανικής ισχύος ……...15

Σχήμα 3. Υποθετικό σχηματικό μοντέλο της σχέσης ανάμεσα στην ΜΔΕ και την κόπωση μετά από ερέθισμα προ-ενεργοποίησης ……..……..18

Σχήμα 4. Το μόριο μυοσίνης αποτελούμενο από δυο βαριές αλυσίδες (Myosin Heavy Chain) που στο άκρο τους καταλήγουν σε δυο ελαφριές αλυσίδες, την απαραίτητη ελαφριά αλυσίδα και την ρυθμιστική ελαφριά αλυσίδα……20

Σχήμα 5 . Σχηματική απεικόνιση του αντανακλαστικού Hoffman (H-Reflex) και του κυματισμού Μ……..22

Σχήμα 6. Σχηματική απεικόνιση της γωνίας διάταξης των μυϊκών ινών (α)…….24

Σχήμα 7. Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού σχεδιασμού …….60

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ

Γραφική παράσταση 1. Η επίδραση στην απόδοση ισχύος, από την εφαρμογή πρωτοκόλλου ενός ή πολλαπλών σετ προ-ενεργοποίησης σε δείγματα διαφορετικού προπονητικού επιπέδου (απροπόνητοι, καλά προπονημένοι και αθλητές υψηλού επιπέδου) ……..……...……..27

Γραφική παράσταση 2. Η παραγόμενη ισχύς (A), ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης (B) και το ύψος κάθετου άλματος (C) κατά τη διάρκεια κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση (CMJ) πριν και μετά από προ-ενεργοποίηση με αντιστάσεις …….……37

Γραφική παράσταση 3. Μεταβολή από την αρχική στην αμέσως πρώτη (5") καταγραφή στη σύσπαση και στο κύμα-Μ στην υποομάδα με χαμηλά ποσοστά τύπου ΙΙ και με υψηλά …….39

Γραφική παράσταση 4. Εκατοστιαία μεταβολή στην μέγιστη ροπής και το κύμα Μ μετά από μέγιστη εκούσια συστολή 10 δευτερολέπτων ……..…..40

Γραφική παράσταση 5. Μεταβολή στην επίδοση στα 3 μέτρα για τις τρεις συνθήκες ελέγχου: 1, 3, και 5 λεπτά μετά την παρέμβαση……..……69

Γραφική παράσταση 6. Μεταβολή στην επίδοση στα 5 μέτρα για τις τρεις συνθήκες ελέγχου: 1, 3, και 5 λεπτά μετά την παρέμβαση……..……70

Ι. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε πολλά αγωνίσματα του κλασικού αθλητισμού όπως τα άλματα, οι ρίψεις και οι δρόμοι ταχύτητας όπου απαιτείται παραγωγή μυϊκής δύναμης σε σύντομο χρονικό διάστημα, η ικανότητα μεγιστοποίησης της μυϊκής ισχύος αποτελεί βασικό παράγοντα απόδοσης (McBride et al., 1999). Δεδομένου ότι το ιστορικό μυϊκής δραστηριότητας ακριβώς πριν την συμμετοχή σε τέτοιου είδους αγωνίσματα μπορεί να επηρεάσει την τελική απόδοση (Esformes et al., 2011; Chen et al., 2013), πολλοί αθλητές εφαρμόζουν πρακτικές μυϊκής προ-ενεργοποίησης ακριβώς πριν το αγώνισμα, με σκοπό να βελτιώσουν άμεσα την απόδοσή τους (Chiu et al., 2003). Βελτίωση που έρχεται μέσα από την αύξηση στην ικανότητα παραγωγής δύναμης (Kilduff et al., 2007). Το φαινόμενο κατά το οποίο η προηγηθείσα μυϊκή δραστηριότητα «διευκολύνει» ή συντελεί στη βελτίωση της παραγωγής ισχύος άρα και της απόδοσης κατά την κύρια επακόλουθη δοκιμασία, ονομάζεται μετα-διεγερτική διευκόλυνση ή ενεργοποίηση (ΜΔΕ) (Sale, 2004) και έχει παρατηρηθεί τόσο σε ζώα όσο και ανθρώπους (Moore & Stull, 1984; Hamada et al., 2000).

Οι περισσότεροι ερευνητές μελέτησαν την επίδραση της ΜΔΕ σε δοκιμασίες δύναμης και ισχύος χρησιμοποιώντας διαφορετικού είδους, όγκου και έντασης ερεθίσματα προ-ενεργοποίησης (Tillin & Bishop, 2009). Τα αποτελέσματα εμφανίζουν μια γενική τάση βελτίωσης της απόδοσης των αθλητών που χρησιμοποίησαν δραστηριότητες προ-ενεργοποίησης με αντιστάσεις ή δυναμικού τύπου (πλειομετρικές, μειομετρικές, ισομετρικές) (Young et al., 1998; Rixon et al., 2007; Bullock et al., 2011; Terzis et al., 2009, 2012; Fletcher et al., 2013; Chen 2013), χωρίς να λείπουν εργασίες που δεν εμφανίζουν καμία μεταβολή ή και μείωση στην απόδοση (Gossen & Sale, 2000; Hilfiker et al., 2007; Esformes et al., 2010; Jo et al., 2010). Αυτή ή ανομοιογένεια στα αποτελέσματα μπορεί να αποδοθεί στις διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις καθώς και στο γεγονός ότι στις έως σήμερα μελέτες δεν έχουν εξισωθεί οι παράμετροι που περιβάλουν το φαινόμενο της ΜΔΕ. Έτσι, για παράδειγμα η διαφορετική δοσολογία του ερεθίσματος προ-ενεργοποίησης, το διαφορετικό παρεμβαλλόμενο χρονικό διάστημα αποκατάστασης, ή το διαφορετικό προπονητικό επίπεδο των συμμετεχόντων μπορεί να επιφέρει αντικρουόμενα αποτελέσματα και να τα καταστήσει πολλές φορές μη συγκρίσιμα.

Ωστόσο η εμφανιζόμενη τάση βελτίωσης της απόδοσης σε δοκιμασίες ισχύος, κυρίως μετά από δυναμική προ-ενεργοποίηση (πολύ συχνά με πλειομετρικά άλματα βάθους) εμφανίζει μεγάλο πρακτικό και ερευνητικό ενδιαφέρον και έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον της αθλητικής κοινότητας.

Στα πλαίσια αναζήτησης απαντήσεων γύρω από την επίδραση της ΜΔΕ στους δρόμους ταχύτητας, η πλειοψηφία των μελετών εστίασε στη δρομική ταχύτητα σε αποστάσεις έως 40 μέτρα μετά από προ-ενεργοποίηση υψηλής έντασης 80-90% της 1ΜΕ. Σε ορισμένες μελέτες εμφανίστηκε σαφής βελτίωση της απόδοσης 0.9% - 3% (McBride et al., 2005; Chatzopoulos et al., 2007; Rahimi et al., 2007; Yetter & Moir, 2008; Bevan et al., 2010), ενώ σε άλλες δεν καταγράφηκε σημαντική μεταβολή (Till& Cooke, 2009). Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί πως στις μελέτες αυτές το συμμετέχον δείγμα ήταν αθλητές αθλοπαιδιών ή χαμηλού - ερασιτεχνικού προπονητικού επιπέδου και πάντως όχι αθλητές κλασικού αθλητισμού. Επίσης, από όσο γνωρίζουμε δεν έχει παρουσιαστεί μελέτη που να εξετάζει τη σχέση της ΜΔΕ μέσω υψηλής έντασης πλειομετρική προ-ενεργοποίηση, με το χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα.

1.1 Ορισμός του προβλήματος

Από την αξιολόγηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας προκύπτει ότι μπορεί να υπάρξει άμεση θετική επίδραση της ΜΔΕ σε επακόλουθες δραστηριότητες ισχύος, κυρίως μέσα από τη βελτίωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης και ισχύος. Αυτές οι ικανότητες εμπλέκονται μεταξύ άλλων και στη φάση της εκκίνησης και της επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας στον κλασικό αθλητισμό. Εντούτοις, παρότι έχει μελετηθεί η επίδραση της ΜΔΕ στο συνολικό χρόνο επίδοσης στα πρώτα 40 μέτρα, δεν έχει εξεταστεί επαρκώς η επίδραση της αφενός μεν στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από το βατήρα, αφετέρου δε στις κινηματικές παραμέτρους των πρώτων διασκελισμών, ώστε να διερευνήσουμε πως καθεμία συμβάλει στην τελική απόδοση. Στην παρούσα μελέτη εξετάζεται αν το φαινόμενο της ΜΔΕ επιδρά στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα, στην επίδοση στα 3 και 5 μέτρα επιτάχυνσης καθώς στα χαρακτηριστικά των διασκελισμών. Επιπλέον διερευνάται η επίδραση διαφορετικών χρόνων αποκατάστασης στο φαινόμενο.

Η παρούσα μελέτη εμφανίζει οικολογική εγκυρότητα και πρακτικό ενδιαφέρον, μέσα από την οποία θα μπορούμε να λάβουμε χρήσιμα συμπεράσματα.

Ως γενικός σκοπός ορίζεται η διερεύνηση της άμεσης επίδρασης της ΜΔΕ με δυο διαφορετικού τύπου πλειομετρικά άλματα βάθους αφενός μεν στο χρόνο αντίδρασης από βατήρα, αφετέρου δε στην επίδοση και τα χαρακτηριστικά των διασκελισμών στα πρώτα 3 και 5 μέτρα της επιτάχυνσης.

Ως ανεξάρτητες μεταβλητές ορίζονται το είδος της προ-ενεργοποίηση και ο χρόνος αποκατάστασης. Η πρώτη ανεξάρτητη μεταβλητή διακρίνεται σε τρία επίπεδα: (i) πρόκληση προ-ενεργοποίησης με πλειομετρικά αλμάτων βάθους (Drop Jumps), (ii) πρόκληση προ-ενεργοποίησης με πλειομετρικά αλμάτων βάθους με ακινητοποίηση στην απόσβεση (Modified Drop Jumps), και (iii) χωρίς κανενός είδους προ-ενεργοποίηση (συνθήκη ελέγχου). Η δεύτερη μεταβλητή διακρίνεται σε τρία επίπεδα. Την εκτέλεση της δοκιμασίας (i) 1 λεπτό, (ii) 3 λεπτά και (iii) 5 λεπτά μετά από το ερέθισμα της προ-ενεργοποίησης.

Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίζεται η επίδοση σε δοκιμασία σύντομης δρομικής ταχύτητας μετά από εκκίνηση από βατήρα. Οι παράμετροι που θα αξιολογηθούν είναι: (i) ο συνολικός χρόνος αντίδρασης (Total React Time) δηλαδή ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στο ηχητικό ερέθισμα της εκκίνησης έως τη στιγμή που εκδηλώνεται η αρχική προωθητική ώθηση από τον αθλητή στο βατήρα (RT), (ii) ο χρόνος επαφής στους διασκελισμούς στα πρώτα 5 μέτρα της φάσης επιτάχυνσης σε εκατοστά του δευτερολέπτου (CT), (iii) ο χρόνος πτήσης στους διασκελισμούς στα 5 πρώτα μέτρα της φάσης επιτάχυνσης σε εκατοστά του δευτερολέπτου (FT), (ix) το μήκος διασκελισμού στα 5 πρώτα μέτρα της φάσης επιτάχυνσης σε εκατοστά του μέτρου (SL), και (x) η συνολική επίδοση στα 3 και 5 μέτρα στα 5 πρώτα μέτρα της φάσης επιτάχυνσης σε εκατοστά του δευτερολέπτου.

Μέσα από τη μελέτη επιδιώκουμε να καταδείξουμε την επίδραση των δυο ανεξάρτητων μεταβλητών στις εξεταζόμενες παραμέτρους της εκκίνησης από βατήρα και της αρχικής επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας στον κλασικό αθλητισμό.

1.2 Ερευνητικές υποθέσεις

Για το σκοπό της συγκεκριμένης εργασίας θα διερευνηθούν οι εξής υποθέσεις:

1) Η επίδοση στην εκκίνηση μετά από διαφορετικές συνθήκες προ-ενεργοποίησης:
   i. με πλειομετρικά αλμάτων βάθους (Drop Jumps)
   ii. με πλειομετρικά αλμάτων βάθους με ακινητοποίηση στην απόσβεση (Modified Drop Jumps), και
   iii. χωρίς κανενός είδους προ-ενεργοποίηση (συνθήκη ελέγχου)

θα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στις επιμέρους μετρούμενες παραμέτρους για τις δυο πρώτες παρεμβατικές συνθήκες των πλειομετρικών αλμάτων βάθους, και καμία διαφοροποίηση για τη συνθήκη ελέγχου.

2) Η επίδοση στην εκκίνηση από βατήρα μετά από διαφορετικές χρονικές περιόδους αποκατάστασης:
   i) 1 λεπτού
   ii) 3 λεπτών
   iii) 5 λεπτών

θα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με την αρχική μέτρηση στις επιμέρους μετρούμενες παραμέτρους.

1.3 Διερευνητικά ερωτήματα

Τα διερευνητικά ερωτήματα που τίθενται είναι:

Α) Ποιο είδος μυϊκής προ-ενεργοποίησης προκαλεί μεγαλύτερη άμεση βελτίωση (ΜΔΕ) στην επίδοση στις εκκινήσεις και την πρώτη φάση της επιτάχυνσης;

Β) Ποιος είναι ο ιδανικός παρεμβαλλόμενος χρόνος αποκατάστασης μεταξύ της προ-ενεργοποίησης και της επίδοσης στις εκκινήσεις και την πρώτη φάση της επιτάχυνσης;

1.4 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Στην προτεινόμενη μελέτη το δείγμα θα αποτελείται από νεαρούς άνδρες αθλητές του κλασικού αθλητισμού με τριετή τουλάχιστον εμπειρία στις εκκινήσεις από βατήρα και στους δρόμους ταχύτητας. Αυτό σημαίνει πως τα αποτελέσματα που θα

αντληθούν δε θα μπορούν να γενικευτούν σε πληθυσμούς με άλλα χαρακτηριστικά όπως σε αρχάριους ή αθλητές που συμμετέχουν σε αγωνίσματα με χαμηλή απαίτηση για μυϊκή ισχύ, σε γυναίκες, ή σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, ή σε άτομα που δεν έχουν εξοικείωση με την εκκίνηση.

1.5 Σημαντικότητα έρευνας

Από την προτεινόμενη μελέτη ευελπιστούμε να αντλήσουμε χρήσιμες πληροφορίες για την επίδραση της ΜΔΕ στην έναρξη των δρόμων ταχύτητας όπως στην εκκίνηση και στα πρώτα μέτρα της επιτάχυνσης. Πληροφορίες που θα μπορούσαν να διευρύνουν τη θεωρητική γνώση και να συμπληρώσουν την προπονητική πρακτική.

1.6 Διευκρίνιση όρων

Μετα-Διεγερτική Ενεργοποίηση: το φαινόμενο κατά το οποίο η εφαρμογή μιας ή περισσότερων χειρισμών μυϊκής σύσπασης διευκολύνουν άμεσα την ικανότητα παραγωγής ισχύος, συμβάλλοντας στην βελτίωση της επίδοσης.

Προ-ενεργοποίηση: αναφέρεται στους εφαρμοζόμενους χειρισμούς μυϊκής σύσπασης οι οποίοι πυροδοτούν τους μηχανισμούς της ΜΔΕ.

Χρόνος Αντίδρασης: είναι ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στο ηχητικό ερέθισμα της εκκίνησης έως τη στιγμή που εκδηλώνεται η αρχική προωθητική ώθηση από τον αθλητή στο βατήρα.

1.7 Συντομογραφίες

ΜΔΕ: Μετα-Διεγερτική Ενεργοποίηση

ΕΑΜ: Ελαφριές Αλυσίδες Μυοσίνης

ΜΕ: Μέγιστη Επανάληψη

DJ: Πλειομετρικά αλμάτων βάθους

MDJ: Παραλλαγμένα πλειομετρικά άλματα βάθους με ακινητοποίηση στην προσγείωση

CMJ: Κατακόρυφο άλμα με ταλάντευση

p: Επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας

kg, m, cm msec: Μονάδες μέτρησης βάρους, μήκους και χρόνου.

ΙΙ. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Εκκινήσεις δρόμων ταχύτητας

Η δρομική ταχύτητα αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο σε μια μεγάλη γκάμα αθλητικών δραστηριοτήτων, όπου στόχος είναι η επίτευξη της μεγαλύτερης δυνατής οριζόντιας ταχύτητας. Πρόκειται για αναερόβια δραστηριότητα έντονης νευρομυϊκής ενεργοποίησης και χαρακτηρίζεται ως δραστηριότητα ταχυδύναμης ή ισχύος, όπου εφαρμόζονται μέγιστες προωθητικές δυνάμεις με συσπάσεις υψηλής συχνότητας και ταχύτητας (Tidow, 1990). Η επίδοση είναι αποτέλεσμα του μήκους και της συχνότητας διασκελισμού του αθλητή ή του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης απόστασης (Cronin *et al.* 2007). Ανάμεσα στις άλλες φυσικές ικανότητες που απαιτούνται, η δύναμη και η ικανότητα παραγωγής μυϊκής ισχύος έχουν βασική θέση (Baker *et al.* 1999). Ως μυϊκή ισχύς έχει οριστεί το έργο ή ο ρυθμός ανάπτυξης μιας δύναμης προς τη μονάδα του χρόνου (P=W/t ή P=FxD/t) (Knuttgen & Kraemer, 1987, Garhammer et al., 1993, Cormie et al., 2007). Αν δηλαδή κρατήσουμε σταθερή την ταχύτητα και αυξήσουμε την παραγόμενη μυϊκή δύναμη ή σταθεροποιήσουμε την μυϊκή δύναμη αλλά καταφέρουμε να την εφαρμόσουμε σε συντομότερο χρονικό διάστημα, τότε και στις δυο περιπτώσεις οδηγούμαστε σε βελτίωση της μυϊκής ισχύος. Έχοντας υπόψη αυτή την παραδοχή, ένα μεγάλο μέρος του προπονητικού σχεδιασμού και πράξης των ανθρώπων που ασχολούνται με τους δρόμους ταχύτητας ή με αθλήματα όπου πρωταγωνιστεί η δρομική ταχύτητα στοχεύουν στη βελτίωση κυρίως αυτών των δύο φυσικών ικανοτήτων (Delecluse 1995).

Τα αγωνίσματα ταχύτητας στον κλασικό αθλητισμό έχουν πολυπαραγοντική διάσταση (Delecluse 1997; Moir *et al.* 2007) και αποτελείται από τρεις βασικές διακριτές φάσεις: (1) τη φάση της επιτάχυνσης (στα πρώτα 30 μέτρα), (2) τη φάση απόκτησης της μέγιστης ταχύτητας (μεταξύ 30 και 60 μέτρων) και (3) τη φάση της διατήρησης ή κατά άλλους της αντοχής στην ταχύτητα (Delecluse *et al.* 1995; Young *et al.* 2001). Κάθε φάση απαιτεί διαφορετική προσέγγιση από το μελετητή,

δεδομένου ότι η απόδοση αλλά και οι απαιτήσεις εμφανίζουν διαφορές τόσο σε επίπεδο νευρο-μυϊκής συναρμογής όσο και σε επίπεδο μυϊκών ομάδων που πρωταγωνιστούν λειτουργικά σε καθεμία από αυτές, με αποτέλεσμα διαφορετικές προπονητικές προσεγγίσεις να επηρεάζουν με διαφορετικό τρόπο καθεμία από τις φάσεις (Delecluse 1997; Moir *et al.* 2007). Κατά την προωθητική φάση των πρώτων διασκελισμών και της φάσης της επιτάχυνσης, κατά την οποία το σώμα του αθλητή παρουσιάζει μεγάλη κλίση προς τα εμπρός, σημαντικότερο ρόλο φαίνεται να παίζουν οι εκτείνοντες την άρθρωση του γόνατος, οι καμπτήρες και οι εκτείνοντες του ισχίου και οι εκτείνοντες την ποδοκνημική άρθρωση (Simonsen *et al.* 1985; Young *et al.* 2001).

Σε άλλες μελέτες αναφέρεται ότι οι εκτείνοντες της άρθρωσης του ισχίου είναι σημαντικότεροι για την οριζόντια προώθηση κατά τη φάση της μέγιστης ταχύτητας (Dowson *et al.* 1998), ενώ οι καμπτήρες της ποδοκνημικής είναι εξίσου σημαντικοί τόσο κατά τη φάση της επιτάχυνσης όσο και της μέγιστης ταχύτητας (Nummela *et al.* 1989). Στον *Πίνακα 1* παρουσιάζεται η σχετική σημασία κάθε μυϊκής ομάδας σε κάθε ξεχωριστή φάση των δρόμων ταχύτητας (Young & Pryor, 2001) .

	Short sprint (e.g., 10 m)	**Maximum speed**
Quadriceps	****	**
Gluteals	****	***
Hamstrings	**	****
Calves	***	***
Hip flexors	**?	***?
Upper body	***?	**?
Postural/stabilizing muscles	**?	**?

**** = Very important; *** = quite important; ** = important; * = minor importance; ? = unclear.

Πίνακας 1. Ενδεικτική σχετική συμμετοχή των κύριων μυϊκών ομάδων στη δρομική ταχύτητα (Young & Prior, 2001)

Εύλογα, λοιπόν, συμπεραίνουμε ότι σε κάθε φάση των δρόμων ταχύτητας υπάρχουν διαφορετικές λειτουργικές ανάγκες, στην κάλυψη των οποίων πρωταγωνιστούν διαφορετικές ομάδες μυών. Για να βελτιωθεί η δρομική ταχύτητα, ο προπονητής πρέπει να παρέμβει με το κατάλληλο πρόγραμμα, ένα μεγάλο μέρος

του οποίου θα στοχεύει στη βελτίωση της ικανότητας παραγωγής δύναμης στη μικρότερη δυνατή μονάδα χρόνου.

Στους δρόμους ταχύτητας η εκκίνηση από βατήρα και τα πρώτα μέτρα της φάσης επιτάχυνσης συνεισφέρουν σημαντικά στην τελική επίδοση. Προσδιορίζονται τόσο από τον χρόνο αντίδρασης στο ακουστικό ερέθισμα του αφέτη, όσο και στην ικανότητα παραγωγής μυϊκής ισχύος, δηλαδή μέγιστης δύναμης στο μικρότερο δυνατό χρονικό διάστημα (Mero & Komi, 1990).

Σήμερα γνωρίζουμε ότι οι ταχύτητες στον κλασικό αθλητισμό ορίζονται τόσο από την ικανότητα επίτευξης γρήγορου χρόνου αντίδρασης κατά την έναρξη, όσο και υψηλής δρομικής ταχύτητας, μέσω ενεργοποίησης του νευρομυϊκού συστήματος καθώς και του μηχανισμού κινητικού ελέγχου (Dintiman et al., 1997). Ο χρόνος αντίδρασης (Reaction Time) είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση (Dick, 1987; Bruggemann & Glad, 1990). Αναφέρεται στην ικανότητα να αντιδρούμε γρήγορα σε ένα ερέθισμα και ορίζεται από το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ της εμφάνιση ενός ερεθίσματος και της έναρξης της απάντησης (Rose 1998, Schmidt & Weisberg 2009). Εξειδικεύοντας περισσότερο, στην εκκίνηση από βατήρα, ο συνολικός χρόνος αντίδρασης είναι ο χρόνος που παρεμβάλλεται ανάμεσα στον ήχο του πιστολιού εκκίνησης έως τη στιγμή που η οριζόντια δύναμη ώθησης από τον αθλητή στο βατήρα φτάσει στο ποσοστό 10% της τιμής βάσης και μπορεί να διαχωριστεί σε προ-κινητικό (Pre Motor Time) και κινητικό (Motor Time) επίπεδο (Mero & Komi, 1990). Το πρώτο μπορεί να οριστεί ως ο χρόνος που μεσολαβεί από το ηχητικό ερέθισμα ως την έναρξη της έντονης ηλεκτρομυογραφικής καταγραφής (Weiss, 1965), ενώ το δεύτερο αφορά στο χρονικό διάστημα ανάμεσα στην έναρξη της έντονης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριοποίησης και την έναρξη παραγωγής μυϊκής ισχύος (Mero & Komi, 1990).

Γενικά, η γρηγορότερη απόκριση σε ένα ερέθισμα οδηγεί σε μικρότερο χρόνο αντίδρασης. Ανάλογα με τις συνθήκες περιβάλλοντος απαιτούνται περίπου 3ms ανά μέτρο για να «ταξιδέψει» το ηχητικό ερέθισμα από την πηγή στον αθλητή (Dapena, 2005). Αν σε αυτό το χρόνο συνυπολογιστούν άλλα 50ms έως την αρχική εμφάνιση ηλεκτρομυογραφικού δυναμικού (Winter & Brooks, 1992; Corcos et al., 1992), καθώς και άλλα 15-20ms από την ηλεκτρομηχανική υστέρηση απόκρισης των σε σειρά ελαστικών στοιχείων του μυοτενόντιου συστήματος (Perry, 1999;

Muroaka et al., 2004), τότε μπορούμε να συμπεράνουμε λογικά ότι ο ελάχιστος δυνητικά συνολικός χρόνος αντίδρασης μπορεί να κατέβει σε επίπεδα μεταξύ 78 και 83ms (Pain & Hibbs, 2007).

Ποιοι παράγοντες όμως μπορούν να επηρεάσουν το χρόνο αντίδρασης; Οι βασικότεροι είναι:

- *Το είδος του εξωτερικού ερεθίσματος:* με τον μέσο χρόνο αντίδρασης για ακουστικό ερέθισμα να είναι μικρότερος (140-160ms) από εκείνον για οπτικό (180-200ms), πιθανότατα λόγο του ότι το μεν ακουστικό χρειάζεται περίπου 8-10ms για να φτάσει στον εγκέφαλο, ενώ το οπτικό 20-40ms (Welford, 1980; Brebner & Welford, 1980).Ο χρόνος αντίδρασης για ερέθισμα αφής κυμαίνεται στα 155ms.
- *Η ένταση του εξωτερικού ερεθίσματος:* όσο ασθενέστερο ερέθισμα έχουμε, τόσο μεγαλώνει ο χρόνος αντίδρασης. Ωστόσο από ένα επίπεδο έντασης και μετά έχουμε σχετική σταθεροποίηση στο χρόνο αντίδρασης (Kosinski, 2008).
- *Ποικιλία ερεθισμάτων:* η απόκριση σε απλό ερέθισμα συνοδεύεται από βραχύτερο χρόνο αντίδρασης από ότι όταν απαιτείται αναγνώριση ή επιλογή από πολλά (Brebner & Welford, 1980; Luce, 1986). Φυσικά, όσο μεγαλώνει ο αριθμός των προς επιλογή ερεθισμάτων, έχουμε αναλογική επιδείνωση στο χρόνο αντίδρασης μέχρι κάποιο σημείο όπου ανεξάρτητα του αριθμού των ερεθισμάτων, σταθεροποιείται.
- *Ηλικία:* ο απλός χρόνος αντίδρασης βρίσκεται στα υψηλότερά του επίπεδα από την εφηβική ηλικία έως τα 26 περίπου χρόνια. Στη συνέχεια βαίνει μειούμενη έως τα 50-60 έτη της ζωής ενώ μετά μειώνεται σε εντονότερους ρυθμούς (Jevas & Yan, 2001; Luchies et al., 2002; Rose et al., 2002; Der & Deary, 2006).
- *Φύλο:* οι άνδρες φαίνεται να υπερέχουν στο χρόνο αντίδρασης έναντι των γυναικών γεγονός που δεν μεταβάλλεται με την προπόνηση (Adam et al., 1999; Der & Deany, 2006). Ωστόσο, σε πρόσφατη μελέτη, αυτή η διαφορά φαίνεται να είναι μικρότερη στην αντίδραση σε οπτικά ερεθίσματα (Silverman, 2006)

- *Εξοικείωση και προπόνηση:* με την προπόνηση και την εξοικείωση βελτιώνεται ο χρόνος αντίδρασης (Ando et al., 2002; Fontani et al., 2006). Έχει σημειωθεί ότι η σύνθετη προπόνηση (complex task training) βελτιώνει τόσο το χρόνο αντίδρασης όσο και την ακρίβεια (Visser et al., 2007). Επίσης, σε αρχάριους αθλητές ο χρόνος αντίδρασης παρουσιάζει μεγαλύτερη μεταβλητότητα (Sanders, 1998).
- *Κόπωση:* τόσο η κεντρική όσο και η περιφερειακή κόπωση, οδηγούν σε μείωση του χρόνου αντίδρασης ειδικότερα όταν πρόκειται για επιλογή ερεθίσματος ή απόκρισης (Welford, 1980)
- *Μετά από προειδοποίηση ή χωρίς:* ο χρόνος αντίδρασης παρουσιάζει βελτίωση όταν προηγείται προειδοποίηση, όχι πάντως περισσότερα από 3 δευτερόλεπτα πριν το κύριο γεγονός. Εύλογα μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η προειδοποίηση προκαλεί αύξηση του επιπέδου προσοχής, διέγερσης και νευρομυϊκής προ-ενεργοποίησης (Brebner & Welford, 1980).
- *Ατομικά μορφολογικά χαρακτηριστικά:* όπως η ακουστική ή οπτική οξύτητα, ο σωματότυπος, το είδος των μυϊκών ινών, οι τραυματισμοί, η πλευρίωση, οι βιορυθμοί, η νοημοσύνη, ή η προσωπικότητα, μπορούν να επηρεάσουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό (Kosinski, 2008).
- *Περιβάλλον:* το κοινό, ο θόρυβος, οι κλιματολογικές συνθήκες, το υψόμετρο αποτελούν επίσης παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο αντίδρασης (Kosinski, 2008).

Στους δρόμους ταχύτητας ο χρόνος αντίδρασης αποτελεί το χρονικό διάστημα (σε ms) ανάμεσα στο ηχητικό σήμα από το πιστόλι εκκίνησης του αφέτη, έως την αρχική αντίδραση του αθλητή κατά την οποία υπερβαίνει κάποιο συγκεκριμένο επίπεδο πίεσης της τάξης του 10% στο βατήρα εκκινήσεων (Mero & Komi 1990).
Παρότι οι κανονισμοί θέτουν ως ελάχιστα αποδεκτό χρόνου αντίδρασης τα 100ms μελέτες έχουν αναφέρει ότι με βάση νευρο-φυσιολογικές παραμέτρους, ο χρόνος αντίδρασης μπορεί να φτάσει ακόμα και στα 85ms (Matthew & Hibbs, 2007). Πάντως αθλητές ταχύτητας υψηλού επιπέδου παρουσιάζουν υψηλότερη και πιο σταθερή απόδοση στον τομέα του χρόνου αντίδρασης σε σύγκριση με αρχάριους ή χαμηλότερου επιπέδου αθλητές (Steinbach & Tholl, 1969). Επίσης σε περιπτώσεις

υπερπροπόνησης όπου εμφανίζεται κόπωση (η χρόνια ή παροδική), παρουσιάζεται επιδείνωση στο χρόνο αντίδρασης, γεγονός όμως που είναι σημαντικά αναστρέψιμο όταν ο αθλητής περάσει σε πλήρη αποκατάσταση (Doherty, 1985). Ποια είναι όμως η σχέση ανάμεσα στο συνολικό χρόνο αντίδρασης από βατήρα και στην επίδοση στους δρόμους ταχύτητας;

Σε παρόμοιες μελέτες η σχετική συνεισφορά του χρόνου αντίδρασης αναφέρεται περίπου στο 1-2% για τη συνολική επίδοση στους δρόμους 100 μέτρων (Bauman, 1980; Helmick, 2003). Οι Komi & Mero (1990) σε μελέτη όπου συμμετείχαν 8 άνδρες αθλητές ταχύτητας, ανέφεραν πως ο συνολικός χρόνος αντίδρασης δεν παρουσιάζει σημαντική συσχέτιση με την ταχύτητα εξόδου από το βατήρα. Ωστόσο, σε άλλη μελέτη όπου συμπεριλήφθηκαν σπρίντερ υψηλού επιπέδου, αναφέρθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στο χρόνο αντίδρασης και την τελική επίδοση στα 100 μέτρα (Paradisis et al., 2006). Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε πρόσφατη μελέτη που συμπεριέλαβε τις επιδόσεις ανδρών και γυναικών στους δρόμους ταχύτητας 100, 200, και 100 & 110 μετ' εμποδίων κατά τους ολυμπιακούς αγώνες του Σύδνεϋ, της Αθήνας και του Πεκίνου. Αναφέρθηκε μέτρια αλλά στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($r=.490$ $p<.05$) ανάμεσα στο χρόνο αντίδρασης (RT) κατά την εκκίνηση από βατήρα, και την τελική επίδοση στα 100 μέτρα, κάτι που δεν καταγράφηκε για τους δρόμους ταχύτητας μεγαλύτερης απόστασης (Pilianidis et al., 2012). Επιπλέον, με βάση τις επιδόσεις αθλητών ταχύτητας παγκόσμιου επιπέδου, όσο μεγαλώνει η απόσταση στο δρόμο ταχύτητας, η μέση τιμή του χρόνου αντίδρασης κατά την εκκίνηση αυξάνεται γραμμικά (Baumann, 1980; Babic & Delalija, 2009[a]; Pilianidis et al., 2012). Συνεπώς στους δρόμους ταχύτητας 200 μέτρων και παρατεταμένης ταχύτητας 400 μέτρων η επίδοση στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα δε μπορεί να συσχετιστεί άμεσα με το συνολικό τελικό χρόνο τερματισμού. Ο λόγος είναι ότι στους δρόμους ταχύτητας 200 και 400 μέτρων έχουμε, συγκριτικά με τους δρόμους 100 μέτρων, χαμηλότερη οριζόντια ταχύτητα ($m \cdot s^{-1}$) και μεγαλύτερη συνολική διάρκεια με αποτέλεσμα μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις επίδοσης στη γραμμή τερματισμού (Collet, 2000; Komi et al., 2009).

Ωστόσο, αθλητές ταχύτητας με καλύτερο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση μπορούν να αποκτήσουν ένα σημαντικό ψυχολογικό πλεονέκτημα έναντι

των αντιπάλων τους, γεγονός που πολλές φορές μπορεί να αποδειχτεί σημαντικό στη γραμμή τερματισμού (Stevenson, 1997; Michel & Javier, 2002; Henson et al., 2002). Επιπλέον, παρότι ο χρόνος αντίδρασης δεν καθορίζει το τελικό αποτέλεσμα, ωστόσο αποτελεί συνθετικό κομμάτι ενός συνόλου παραγόντων που μπορεί να συμβάλει στην βελτίωση της απόδοσης αν και εφόσον συνδυαστεί παράλληλη βελτίωση και στους υπόλοιπους τομείς.

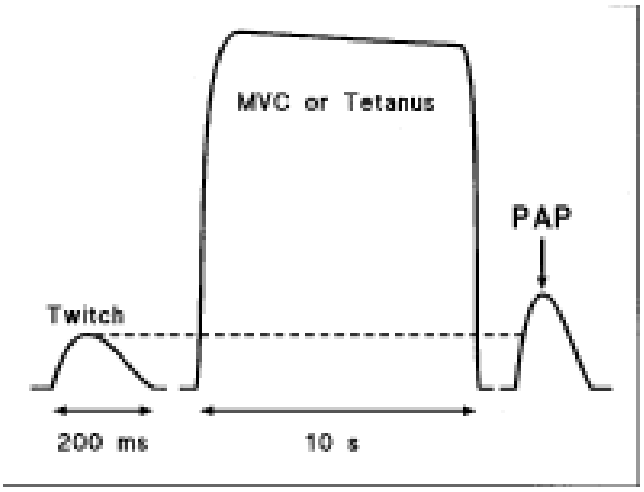
Κατά τη φάση της εκκίνησης και της επιτάχυνσης σημαντικό δείκτη για την απόδοση αποτελεί η οριζόντια ταχύτητα η οποία εμφανίζει σημαντική συσχέτιση τόσο με τις παραμέτρους παραγόμενης ισχύος, όσο και με το χρόνο αντίδρασης του τοποθετημένου στο βατήρα εμπρός ποδιού (Coppenolle, 1998; Delecluse, 1996). Συγκεκριμένα σε μελέτη του 1998 του Coh και συνεργατών, η επίδοση στα 20 και 30 μέτρα εμφανίζει αξιόλογη συσχέτιση με τη μέγιστη (r=-.83) και τη σχετική ισχύ (r=-.85) κατά την ώθηση, τη καμπύλη μέγιστης ισχύος (maximal force gradient r=.85), την ισχύ ώθησης (Force impulse r=-.71) και το χρόνο για την παραγωγή μέγιστης ισχύος (r=.69).

Συνοψίζοντας, σε σπρίντερ υψηλού επιπέδου ο συνολικός χρόνος αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα μπορεί να επηρεάσει αλλά όχι να καθορίσει την τελική επίδοση κυρίως στους «σύντομους» δρόμους ταχύτητας. Αποτελεί δηλαδή αναγκαία αλλά όχι ικανή συνθήκη για βελτίωση της απόδοσης. Συνεπώς κάθε θεμιτή παρέμβαση που μπορεί να βελτιώσει το χρόνο αντίδρασης σε συνδυασμό με τη βελτίωση των παραμέτρων που σχετίζονται με την ικανότητα παραγωγής ισχύος κατά την εκκίνηση, μπορούν να οδηγήσουν σε καλύτερες επιδόσεις στους δρόμους ταχύτητας. Μία από αυτές τις παρεμβάσεις είναι και η μετα-διεγερτική ενεργοποίηση.

2.2 Μετα-διεγερτική ενεργοποίηση μέσω μυϊκής προ-ενεργοποίησης.

Η απόδοση του σκελετικού μυός μπορεί να επηρεαστεί από την προηγηθείσα δραστηριότητα του (Tillin & Bishop, 2009; Lorenz, 2011). Μπορεί συνεπώς, εφαρμόζοντας καθορισμένο σε είδος, ένταση, ή διάρκεια χειρισμό μυϊκής προ-διέγερσης ή προ-ενεργοποίησης όπως καλείται, να οδηγηθούμε σε μεταβολή ή μη στην επακόλουθη μυϊκή απόδοση (Paasuke et al., 2007).

Στη σχετική βιβλιογραφία, αυτός ο χειρισμός καλείται Μετα-Διεγερτική Ενεργοποίηση (Post Activation Potentiation) (ΜΔΕ) ή σε κάποιες άλλες περιπτώσεις Μετα-Τετανική Ενεργοποίηση (Post Tetanic Activation) (ΜΤΕ). Η διαφορά έγκειται στο ότι στην πρώτη περίπτωση το ερέθισμα πρόκλησης του φαινομένου είναι εκούσιο με εθελούσια μυϊκή ενεργοποίηση μέγιστης ή υπο-μέγιστης έντασης, ενώ στη δεύτερη ακούσιο προκαλούμενο από εξωτερικό παράγοντα (Sale, 2002; 2004). Με τον όρο περιγράφεται το φαινόμενο κατά το οποίο τα χαρακτηριστικά της μυϊκής απόδοσης βελτιώνονται άμεσα, ως αποτέλεσμα της προηγηθείσας δραστηριότητας (Robbins, 2005). Είναι δηλαδή ένα θεωρητικό μοντέλο που υποστηρίζει ότι το ιστορικό της μυϊκής ενεργοποίησης επηρεάζει άμεσα την επακόλουθη μυϊκή απόδοση (Hodgson et al., 2005; Robbins, 2005). Ένα παράδειγμα του μοντέλου αποτελεί εκείνο που παραστατικά παρουσιάζει ο Sale στην ανασκόπησή του το 2002: την αρχική μυϊκή συστολή διάρκειας 200ms ακολουθεί η παρέμβαση της μέγιστης εκούσιας ή ηλεκτρικής εξωτερικά προκαλούμενης τετανικής συστολής διάρκειας 10 δευτερολέπτων που ονομάζεται προ-ενεργοποίηση. Η επακόλουθη μυϊκή συστολή εμφανίζεται αυξημένη συγκριτικά με την αρχική, τόσο στο πεδίο της δύναμης όσο και σε εκείνο του χρόνου σύσπασης, βελτιώνοντας τις παραμέτρους που συνθέτουν την ισχύ, συνεπεία της ΜΔΕ (σχήμα 1).

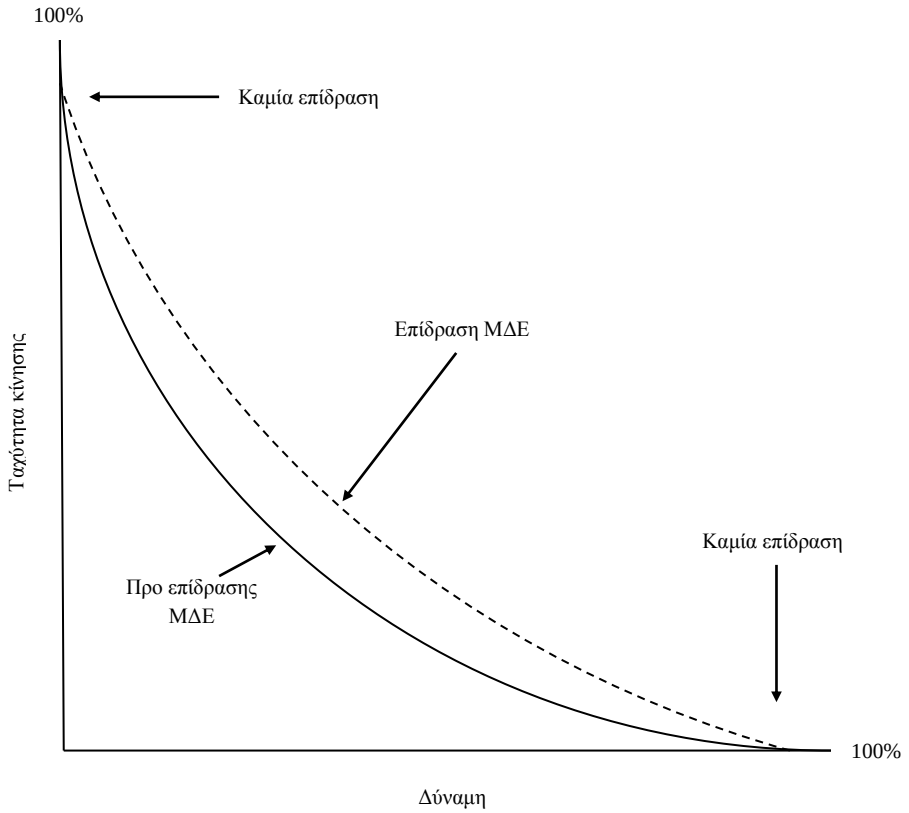


Σχήμα 1. *Ένα σχηματικό παράδειγμα Μετα-Διεγερτικής Ενεργοποίησης (Sale, 2002).*

Η ΜΔΕ μπορεί να έχει άμεση πρακτική εφαρμογή κατά την προθέρμανση ή και λίγο πριν το κύριο αθλητικό γεγονός τόσο κατά την προπόνηση όσο και κατά τον αγώνα, για τη βελτίωση της μυϊκής ισχύος και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης σε αθλήματα

ή αγωνίσματα ισχύος όπως τα άλματα, οι ρίψεις ή οι δρόμοι ταχύτητας (Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Lorenz, 2011; Turki et al., 2011). Μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και για χρόνιες προπονητικές προσαρμογές (Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Young et al., 1998; Guillich & Duthie et al., 2002), ιδιαίτερα μέσω της συνδυαστικής προπόνησης όπου συνδυάζεται η κλασική προπόνηση δύναμης με αντιστάσεις με την πλειομετρική προπόνηση, με στόχο την βελτίωση της ικανότητας παραγωγής ισχύος μέσα από την αύξηση της δύναμης (Ebben & Watts, 1998). Σχετική μελέτη του 2010 των Comyns και συνεργατών αναφέρει βελτίωση στη δρομική ταχύτητα αθλητών του ράγκμπι, μετά από παρατεταμένη εφαρμογή συνδυαστικής προπόνησης. Αποτελέσματα που βρίσκονται σε συμφωνία τόσο με εκείνα των Matthews και συνεργατών το 2009, όσο και των Santos & Janiera το 2008, που κατέγραψαν βελτίωση σε δοκιμασίες ισχύος στα κάτω και στα άνω άκρα σε αθλητές της καλαθοσφαίρισης, μετά από συνδυαστική προπόνηση.

Η ΜΔΕ παρουσιάζει μέτρια ισχυρή συσχέτιση τόσο με την ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμη (r=0.66-0.77) όσο και με το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (r=0.65-0.75) (Vandenboom et al., 1993; Haff et al., 1997; Blazevich at al., 2002; Chiu et al., 2003). Όπως φαίνεται και στο *σχήμα 2*, η προ-ενεργοποίηση επιφέρει βελτίωση στα κεντρικά τμήματα της ταχο-δυναμικής καμπύλης, με αποτέλεσμα να έχουμε υψηλότερη ταχύτητα για συγκεκριμένη τιμή δύναμης και το αντίστροφο. Γι αυτό το λόγο η ΜΔΕ έχει εφαρμογή κυρίως σε δραστηριότητες ισχύος που απαιτούν μέγιστη παραγωγή δύναμης και ταχύτητας, όπως οι δρόμοι ταχύτητας τα άλματα και οι ρίψεις (Sale, 2002; Docherty et al., 2007). Συνήθως οι απαιτήσεις απόδοσης για αυτού του είδους τους αθλητές βρίσκεται κάπου στη μέση της ταχο-δυναμικής καμπύλης καθώς η δραστηριότητα δε μπορεί να παραχθεί - σε απόλυτες τιμές - ούτε με μέγιστη δύναμη αφού η μάζα που καλούνται να μετακινήσουν είναι συγκεκριμένη και περιορισμένη (πχ. σωματικό βάρος), αλλά ούτε και με μέγιστη ταχύτητα αφού δεν εκτελούν ελεύθερη χωρίς αντίσταση κίνηση, αλλά καλούνται να υπερνικήσουν αυτή την περιορισμένη έστω μάζα (Newton & Kraemer, 1994). Συνεπώς σε αγωνίσματα ισχύος, ο μηχανισμός της ΜΔΕ μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της απόδοσης μέσω της βελτίωση στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης, άρα της μηχανικής ισχύος (Gossen & Sale, 2000; Sale, 2004.)



Σχήμα 2. *Υποθετική επίδραση της ΜΔΕ στην ταχυ-δυναμική καμπύλη (Sale, 2002)*

Η ευαισθησία στην αλληλεπίδραση των νηματίων ακτίνης με τη μυοσίνη στα ιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}) είναι μεγαλύτερη όταν τα επίπεδα συγκέντρωσης ασβεστίου είναι χαμηλά, όπως συμβαίνει σε χαμηλής συχνότητας τετανικές συστολές. Αντίθετα σε συστολές υψηλής συχνότητας (>20Hz για τετανική ή 200Hz για εκούσια) όπου έχουμε υψηλή συγκέντρωση ιόντων ασβεστίου ή κορεσμό, δεν έχουμε αύξηση ευαισθησίας στην αλληλεπίδραση ακτίνης και μυοσίνης (Vandenboom et al., 1993; Abbate et al., 2000).

Με τη μυϊκή προ-ενεργοποίηση, εκτός από το φαινόμενο της ΜΔΕ εμφανίζεται επίσης και η κόπωση, μηχανισμοί που μπορούν να συνυπάρξουν. Η επικράτηση του ενός ή του άλλου θα καθορίσει την επακόλουθη κύρια αθλητική απόδοση (Tillin & Bishop, 2009) και σε αυτή τη διαδικασία εμπλέκονται πολλοί παράγοντες:

- Τα χαρακτηριστικά της προ-ενεργοποίησης όπως ο όγκος της, η ένταση και το είδος της μυϊκής συστολής (Rixon et al., 2007; Khamoui et al., 2009;

Comyns et al., 2010; Bullock et al., 2011; Esformes et al. 2011; Stieg et al., 2011; Chen et al., 2013).

- Ο μεσολαβών χρόνος αποκατάστασης από την προ-ενεργοποίηση έως την κύρια δραστηριότητα (Kilduff et al., 2007; Kilduff et al., 2008; Jo et al., 2010; Chen et al., 2013).
- Το είδος της επακόλουθης κύριας δραστηριότητας (Till & Cooke, 2009).
- Τα χαρακτηριστικά των δοκιμαζόμενων όπως το προπονητικό επίπεδο, η ηλικία, το φίλο, η κατανομή του είδους των μυϊκών ινών, η απόλυτη ή σχετική δύναμη (Hamada et al., 2000; Gourgoulis et al., 2003; Rixon et al., 2007; Terzis et al., 2009; Tillin & Bishop, 2009).

Το φαινόμενο της ΜΔΕ έχει κεντρίσει το ενδιαφέρον όσων εμπλέκονται με την αθλητική επιστήμη και πράξη και τα τελευταία χρόνια έχει πραγματοποιηθεί πληθώρα μελετών γύρω από το θέμα. Σήμερα φαίνεται πως παρότι υπάρχει ομοφωνία σε ορισμένους τομείς, παρόλα αυτά σε κάποιους άλλους τα συμπεράσματα είναι συγκεχυμένα ή ακόμα και αντιφατικά, λόγω του μεγάλου όγκου των παραμέτρων που εμπλέκεται και τις διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις των μελετητών με αποτέλεσμα ορισμένα ερωτήματα να παραμένουν ακόμα αναπάντητα.

2.3 Κόπωση και Μετα-διεγερτική Ενεργοποίηση

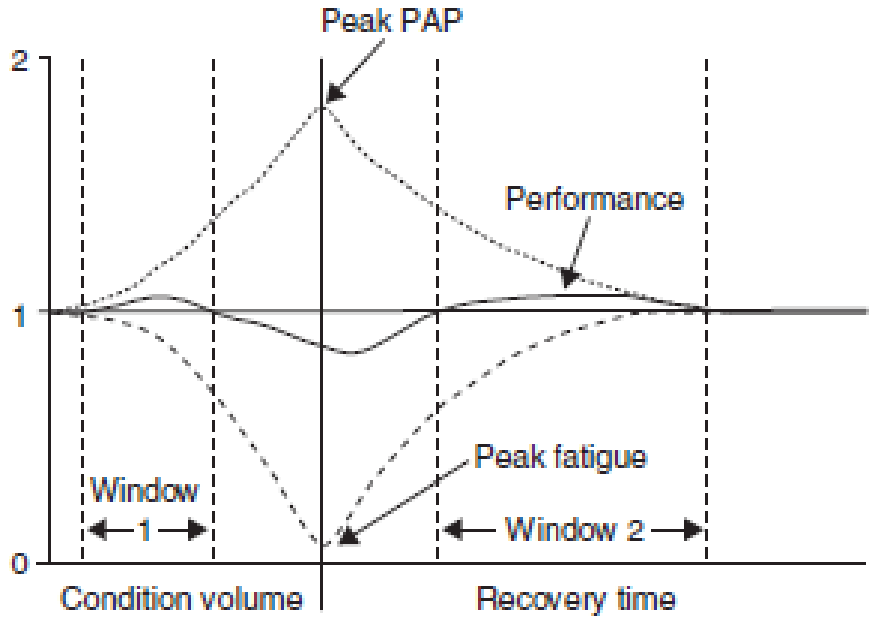
Η κόπωση που αποτελεί προϊόν κάθε φυσικής δραστηριότητας, στη βιο-φυσιολογική της παράμετρο αναφέρεται στη μείωση της ικανότητας απόδοσης λόγω της μειωμένης ευαισθησίας ή της ελάττωσης στη μέγιστη συγκέντρωση ασβεστίου στο μυοπλασματικό περιβάλλον και ειδικότερα στις συσταλτές πρωτεΐνες ακτίνης – μυοσίνης (Enoka & Stuart, 1992). Προκαλείται έτσι δυσχέρεια στη μυϊκή συσταλτικότητα και ειδικότερα το ρυθμό ανάπτυξης δύναμης ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια (Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Chiu et al., 2004). Διακρίνεται σε χαμηλής και υψηλής συχνότητας κόπωση, που προκαλείται από υψηλού όγκου ή έντασης επιβάρυνση αντίστοιχα (Chiu & Barnes, 2003).

Η ΜΔΕ προκαλείται από εκούσια μυϊκή ενεργοποίηση σε μέγιστη ή υπο-μέγιστη συνήθως ένταση, που καλείται προ-ενεργοποίηση, και οδηγεί σε αύξηση της

ικανότητας παραγωγής ισχύος. Αμέσως μετά την προ-ενεργοποίηση όμως, εκτός από το φαινόμενο της ΜΔΕ παρουσιάζεται και εκείνο της κόπωσης που συνυπάρχει και αλληλεπιδρά. Η ισορροπία ανάμεσα στις δυο αυτές καταστάσεις καθορίζει την απόδοση στην επερχόμενη κύρια κινητική δραστηριότητα οδηγώντας τη σε μείωση, αύξηση ή αφήνοντας τη αμετάβλητη (MacIntosh & Rassier 2002; Brandenburg, 2005; Kilduff et al., 2008; Tillin & Biishop, 2009). Με δεδομένο ότι το ζητούμενο είναι η βελτίωση της απόδοσης και προκειμένου να επωφεληθεί ο αθλητής από την παρέμβαση, θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να αναζητείται το χρονικό πλαίσιο όπου η ΜΔΕ κυριαρχεί έναντι της κόπωσης, το αποκαλούμενο «παράθυρο ή ευκαιρία απόδοσης» (Tillin & Bishop, 2009).

Όπως παρουσιάζεται και στο *σχήμα 3*, ανάλογα με τα κατά περίπτωση προαναφερόμενα χαρακτηριστικά της προ-ενεργοποίησης όπως για παράδειγμα ο όγκος της, η έντασή της, ή ο χρόνος αποκατάστασης που μεσολαβεί, αυτό το ευνοϊκό για βελτίωση της απόδοσης «παράθυρο απόδοσης» μπορεί, υπό προϋποθέσεις, να παρουσιαστεί αμέσως μετά το ερέθισμα προ-ενεργοποίησης, δίχως να απαιτείται ιδιαίτερος χρόνος αποκατάστασης, εξαιτίας του ότι τα επίπεδα της κόπωσης δεν φτάνουν σε υψηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα η ΜΔΕ να κυριαρχεί έναντι της κόπωσης. Σε αυτή την κατεύθυνση ο French και συνεργάτες το 2003, κατέγραψε σημαντική βελτίωση στην επίδοση τόσο στο άλμα βάθους, όσο και στην ισοκινητική δύναμη στην άρθρωση του γόνατος (+5% και +6.1% αντίστοιχα, $p<.05$) μετά από 9 δευτερόλεπτα ισομετρικής συστολής, χωρίς να απαιτείται περίοδος αποκατάστασης. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και η μελέτη των Τερζή και συνεργατών το 2009, όπου σημειώθηκε σημαντική βελτίωση στη ριπτική ικανότητα μέτρια προπονημένων συμμετεχόντων, αμέσως μετά από το ερέθισμα προ-ενεργοποίησης πέντε αλμάτων βάθους. Αντίθετα, σε άλλες περιπτώσεις όπου το ερέθισμα προ-ενεργοποίησης είναι πιο έντονο, η κόπωση κυριαρχεί επιδρώντας αρνητικά στην απόδοση αμέσως μετά.

Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου η επίδραση της κόπωσης μειώνεται σε γρηγορότερο ρυθμό από ότι εκείνη της ΜΔΕ, με αποτέλεσμα η ευεργετική επίδραση της δεύτερης να κυριαρχεί αρκετά λεπτά της ώρας μετά, κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης («παράθυρο απόδοσης 2»).



Σχήμα 3. *Υποθετικό σχηματικό μοντέλο της σχέσης ανάμεσα στην ΜΔΕ και την κόπωση μετά από ερέθισμα προ-ενεργοποίησης (Tillin & Bishop, 2009).*

Μελέτη των Bullock και συνεργατών (2011) αναφέρει βελτίωση περίπου 6% σε δοκιμασία μέγιστης δύναμης των κάτω άκρων μετά από προ-διέγερση με άλματα βάθους αφού μεσολάβησε αποκατάσταση τεσσάρων λεπτών. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μελετητές αναφέρουν ότι δεδομένης της διαφοροποίησης που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές παράμετροι όπως ο συνολικός όγκος προ-ενεργοποίησης σε συνδυασμό με το χρόνο αποκατάστασης, το ακριβές χρονικό πλαίσιο που εμφανίζεται η ΜΔΕ παραμένει ακόμα αδιευκρίνιστο. Απάντηση στο θέμα της βέλτιστης δοσολογίας όγκου προ-ενεργοποίησης και χρόνου αποκατάστασης αναζήτησαν και οι Chen και συνεργάτες σε πρόσφατη μελέτη του 2013. Αφού προκάλεσαν προ-ενεργοποίηση με άλματα βάθους με 1 ή 2 σετ των 5 επαναλήψεων και ακολούθησαν αποκατάσταση 2, 6 ή 12 λεπτών της ώρας, ανέφεραν σημαντική βελτίωση σε δοκιμασία κάθετου άλματος (CMJs) στα 2 λεπτά, ανεξάρτητα από τον όγκο της προ-ενεργοποίησης.

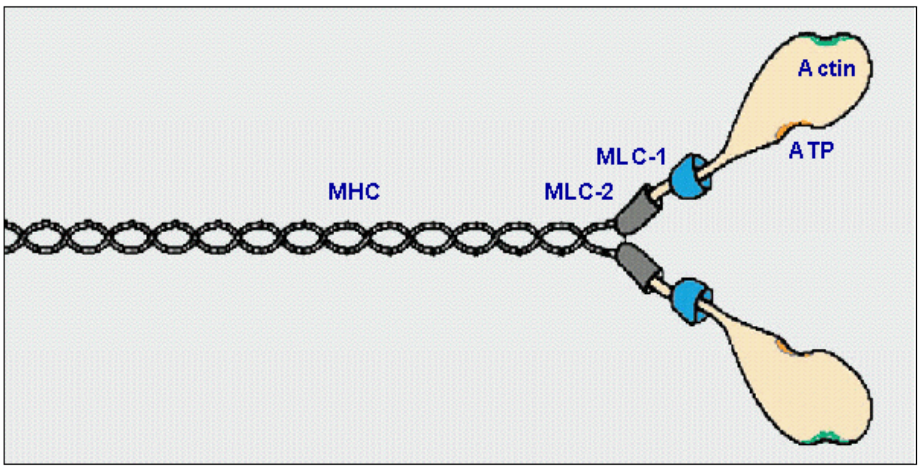
Παρότι ο όγκος της προ-ενεργοποίησης και ο χρόνος αποκατάστασης που μεσολαβεί αποτελούν βασικούς παράγοντες, πρέπει να τονιστεί ότι δεν είναι οι μόνοι που καθορίζουν το αποτέλεσμα αλλά σε συνέργεια και αλληλεπίδραση με άλλους, καθορίζουν αν θα επικρατήσει η ευεργετική επίδραση της ΜΔΕ, ή της κόπωσης

(Tillin & Bishop, 2009). Απαιτείται λοιπόν μια αναλυτικότερη προσέγγιση στο μηχανισμό και τους παράγοντες που σχετίζονται με το φαινόμενο.

2.4 Βασικοί μηχανισμοί μετα-διεγερτικής ενεργοποίησης

Το 1996 οι Tubman και συνεργάτες είχαν διαχωρίσει τους μηχανισμούς της ΜΔΕ τόσο σε επίπεδο μυός όσο και σε επίπεδο νευρικού συστήματος. Σήμερα, τρείς είναι οι επικρατέστεροι μηχανισμοί με τους οποίους ερμηνεύεται θεωρητικά αυτό το φαινόμενο.

Ο πρώτος μηχανισμός είναι ο μυογενής μηχανισμός φωσφορυλίωσης των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης (Hamada et al., 2000; Sale, 2002; Chiu et al., 2003; Sale 2004; Baudry & Duchateau, 2007). Η άμεση αύξηση της φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης μετά από ερέθισμα προ-διέγερσης και η συνεπακόλουθη βελτίωση στη μυϊκή συσταλτικότητα έχει μελετηθεί τόσο σε ζωικούς όσο και σε ανθρώπινους σκελετικούς μύες (Vandenboom et al., 1993; Szczesna et al., 2002; Smith & Fry, 2007). Αναφέρεται σε ενζυμικές διεργασίες που πραγματοποιούνται στο κυτταρικό μυϊκό περιβάλλον. Κατά την ΜΔΕ, όταν ένας μυς προ-ενεργοποιηθεί μέσω δραστηριότητας υψηλής έντασης, αυξάνεται η απελευθέρωση μορίων ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) στο σαρκοπλασματικό δίκτυο, και συνδέονται με την πρωτεΐνη καλδοδουλίνη (Szczesna et al., 2002; Hodgson et al., 2005). Από αυτή τη ζεύξη ενεργοποιείται ένα ένζυμο των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης, η κινάση, η οποία προσφέρει φωσφορικά ιόντα στις ελαφριές αλυσίδες μυοσίνης, με αποτέλεσμα αύξηση της φωσφορυλίωσης (Chiu et al., 2003). Καθίσταται έτσι πιο ευαίσθητη η αλληλεπίδραση των νηματίων ακτίνης - μυοσίνης στα ιόντα ασβεστίου κατά τη διάρκεια των επακόλουθων συστολών (Szczesna et al., 2002), κυρίως όταν η συγκέντρωση του μυοπλασματικού ασβεστίου είναι χαμηλή, όπως σε περιπτώσεις συστολών χαμηλής συχνότητας (Sale, 2002; Sale, 2004; Baudry et al., 2008). Αντίθετα, σε συσπάσεις υψηλής συχνότητας όπου τα ιόντα ασβεστίου βρίσκονται ήδη σε υψηλά επίπεδα, η βελτίωση από το μηχανισμό καθίσταται δυσχερής (Gossen et al., 2000).



Σχήμα 4. *Το μόριο μυοσίνης αποτελούμενο από δυο βαριές αλυσίδες (Myosin Heavy Chain) που στο άκρο τους καταλήγουν σε δυο ελαφριές αλυσίδες, την απαραίτητη ελαφριά αλυσίδα (MLC-1) και την ρυθμιστική ελαφριά αλυσίδα (MLC-2) που μπορεί να φωσφορυλιωθεί.*

Σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου μηχανισμού φαίνεται να παίζει και ο τύπος των μυϊκών ινών. Οι γρήγορες μυϊκές ίνες τύπου ΙΙ εμφανίζουν μεγαλύτερη ικανότητα στη φωσφορυλίωσης των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης λόγω της υψηλής συχνότητας ενεργοποίησής τους από ότι οι τύπου Ι (Grange et al., 1993).

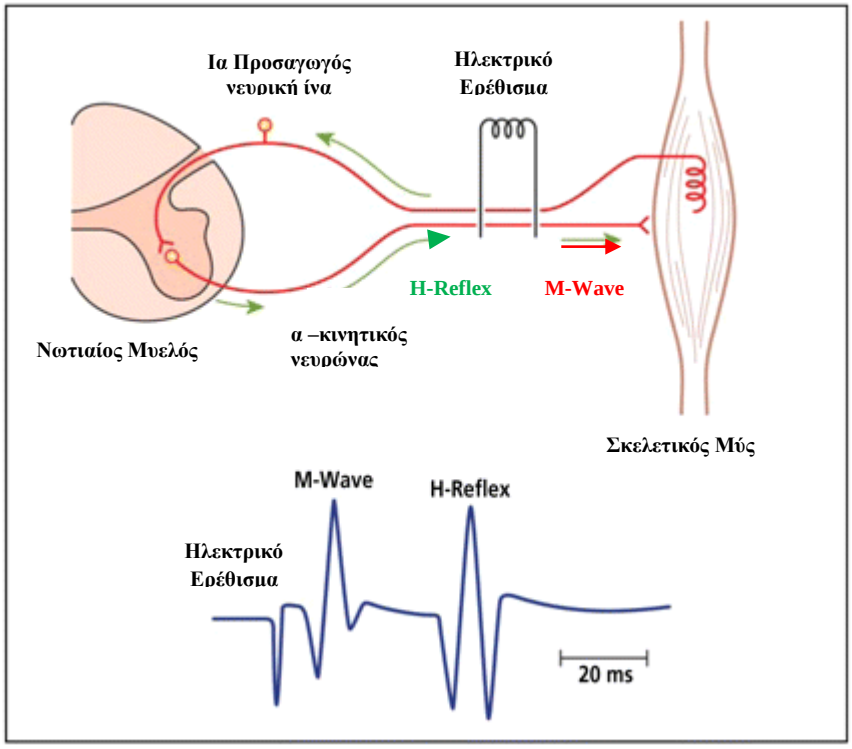
Έχει καταγραφεί σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση φωσφόρου των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης στον τετρακέφαλο μυ ($p<.01$), και σημαντική αύξηση στην ένταση μονής εξωτερικά περικλειόμενης σύσπασης των εκτεινόντων το γόνατο μυών, μετά από μέγιστη ισομετρική εκούσια σύσπαση (μέγιστη εκούσια συστολή) διάρκειας 10 δευτερολέπτων ($p<.05$), (Stuart et al., 1988). Σε άλλη μελέτη των Smith & Fry (2007) αναλύθηκε η απόδοση στη δυναμική έκταση του τετρακέφαλου μυός κινητικά δραστήριων ανδρών, πριν και επτά λεπτά μετά από μέγιστη ισομετρική συστολή διάρκειας 10 δευτερολέπτων. Αφού λήφθηκε με βιοψία μυϊκό δείγμα, δεν αναφέρθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στη φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης ή στην απόδοση για ολόκληρο το δείγμα ($p>.05$). Η μεθοδολογική προσέγγιση και η διαφορετική αναλογία στο είδος των μυϊκών ινών των συμμετεχόντων, ίσως εξηγούν γιατί η επίδραση της ΜΔΕ δεν εμφανίζει στους ανθρώπους εξίσου σταθερά αποτελέσματα όπως και στα ζώα. Επιπλέον αναφέρεται πως το προπονητικό προφίλ και η μυϊκή δύναμη πιθανόν να οδηγούν σε διαφορετική απόκριση, αφού ενδεχομένως να υφίσταται κάποιο ελάχιστο κατώφλι φωσφορυλίωσης των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης πάνω από το οποίο μπορεί να

βελτιωθεί η απόδοση. Αντίθετα, το 2000 οι Hamada και συνεργάτες ανέφεραν σημαντικά υψηλότερη επίδραση της ΜΔΕ σε προπονημένους στην αντοχή συμμετέχοντες, συγκριτικά με αγύμναστους. Βελτίωση που αποδόθηκε στην μεγαλύτερη ανοχή στην κόπωση λόγω μακροχρόνιων προπονητικών προσαρμογών. Συμπεράσματα που βρίσκονται σε συμφωνία με εκείνα των Chiu και συνεργατών το 2003 όπου συγκρίνοντας καλά προπονημένους με απροπόνητους συμμετέχοντες, κατέγραψαν βελτίωση 1-3% σε αλματικές δοκιμασίες για τους πρώτους και 1-4% μείωση για τους δεύτερους. Διαφορά που κατά τους μελετητές αποδίδεται στην μεγαλύτερη αντοχή στην κόπωση.

Ο δεύτερος μηχανισμός ερμηνείας της ΜΔΕ είναι ο νευρογενής μηχανισμός που αναφέρεται στην αύξηση της ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων υψηλής διεγερσιμότητας (Rassier & Herzog, 2002; Hodgson et al., 2005; Tillin & Bishop, 2009; Lorenz, 2011). Η ενεργοποίηση των α-κινητικών νευρώνων μέσω των οποίων ενεργοποιούνται οι μυϊκές μονάδες διέπονται από το νόμο «όλον ή ουδέν» κατά τον οποίο κάθε απελευθέρωση προ-συναπτικού δυναμικού θα πρέπει να επιφέρει μετα-συναπτική ενεργοποίηση στον υποδοχέα. Η δε επιστράτευση ακολουθεί την «αρχή του μεγέθους» όπου οι κινητικές μονάδες ανάλογα με την απαίτηση, ενεργοποιούνται ιεραρχικά ανάλογα με το μέγεθος, πρώτα οι μικρές και μετά οι μεγαλύτερες (Henneman et al., 1965). Οι Hodgson και συνεργάτες (2005) αναφέρουν πως η ΜΔΕ μπορεί να προκληθεί από τροποποίηση των συναπτικών δεσμών στο κεντρικό νευρικό σύστημα εξαιτίας της αύξησης στη νευρική διεγερσιμότητα. Μελέτες έχουν δείξει πως μετά από πρόκληση τετανικής ισομετρικής σύσπασης, ενεργοποιούνται οι κινητικοί νευρώνες τύπου α και αυξάνει η διαβιβαστότητα των διεγερτικών δυναμικών κατά μήκος των συναπτικών συνδέσμων στη σπονδυλική στήλη. Αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει αρκετά λεπτά μετά την τετανική σύσπαση (Gullich & Schmidtbleicher, 1996), με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση στο μετα-συναπτικό δυναμικό κατά τη διάρκεια της επακόλουθης κύριας δοκιμασίας (Luscher et al., 1983; Gossard et al., 1994). Αυτό το φαινόμενο μπορεί να αποδοθεί σε έναν ή συνδυασμό διεργασιών όπως η αυξημένη απελευθέρωση ή αποτελεσματικότητα των νευροδιαβιβαστών όπως η

ακετυλοχολίνη, καθώς και η μείωση της αποτυχίας στη μονο-συναπτική μετάδοση δυναμικού κατά το μήκος των κεντρομόλων νευρικών ινών (Enoka, 2002).

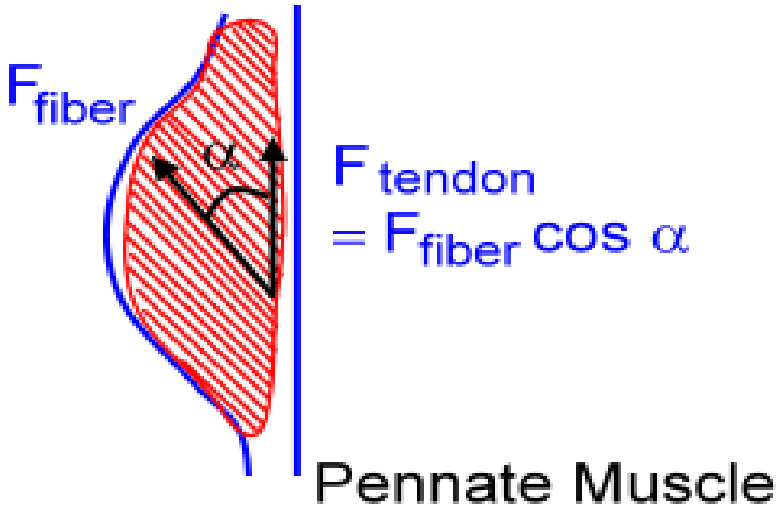
Η εξωτερική ηλεκτρική διέγερση ενός νεύρου, επιφέρει δυο ηλεκτρομυογραφικές καταγραφές στον ανθρώπινο μυ. Η πρώτη απάντηση σε αυτό το εξωτερικά προκλητό ηλεκτρικό δυναμικό τάσης, είναι το κύμα M (M-wave) που είναι η άμεση μυϊκή απόκριση του δυναμικού που «ταξιδεύει» κατευθείαν με τις απαγωγικές (κινητικές) νευρικές οδούς (α-κινητικοί νευρώνες) στο μυ. Η δεύτερη απάντηση που έπεται του κύματος M είναι το κύμα H ή αντανακλαστικό Hoffmann (H-wave) που είναι η δευτερεύουσα απόκριση του ίδιου δυναμικού που όμως παρουσιάζει αυτή την χρονο-καθυστέρηση γιατί «ταξιδεύει» μέσω των προσαγωγών (αισθητηριακών) νευρικών οδών στη σπονδυλική στήλη όπου στη συνέχεια διαβιβάζεται μέσω των απαγωγικών (κινητικών) νευρικών οδών στο μυ (σχήμα 5).
Σε αρκετές περιπτώσεις το αντανακλαστικό Hoffmann (H-reflex) χρησιμοποιείται ως μετρήσιμος δείκτης προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση της προηγηθείσας σύσπασης προ-ενεργοποίησης στην επιστράτευση των κινητικών μονάδων (Gullich & Schmidtbleicher, 1996; Trimble et al., 1998). Οι Gullich & Schmidtbleicher το



Σχήμα 5 . *Σχηματική απεικόνιση του αντανακλαστικού Hoffman (H-Reflex) και του κυματισμού M.*

1996, κατέγραψαν μια σημαντική μείωση στο αντανακλαστικό Hoffmann (-24%, $p<.05$) 1 λεπτό μετά τη προ-ενεργοποίηση, και μια αύξηση (+20%, $p<.01$) 5-13 λεπτά μετά, γεγονός που το απέδωσαν στη αυξημένη επιστράτευση κινητικών μονάδων υψηλής διεγερσιμότητας, χωρίς να αποκλείονται άλλοι παράγοντες όπως η αύξηση στη απελευθέρωση νατρίου (Na^+) και καλίου (K^+) έξω από την κυτταρική μεμβράνη, με αποτέλεσμα την επιστράτευση περισσότερων κινητικών μονάδων (DeRuiter et al., 2005). Αντίθετα, οι Trimble & Harp (1998) αφού εφάρμοσαν 8 σειρές των 10 μέγιστων εκούσιων συσπάσεων των καμπτήρων και εκτεινόντων του πέλματος, δεν κατέγραψαν στατιστικά σημαντική μεταβολή στο H-reflex στον γαστροκνήμιο και στον πελματικό μυ συγκριτικά με την αρχική μέτρηση. Επίσης οι Hodgson και συνεργάτες (2008) εξέτασαν την συμπεριφορά του νευρογενούς μηχανισμού της ΜΔΕ σε 13 προπονημένα άτομα. Το ερέθισμα προ-ενεργοποίησης με 3 μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις των καμπτήρων του πέλματος, δεν επέφερε στατιστικά σημαντικές μεταβολές στις μετρήσεις του H-reflex πριν και μετά την παρέμβαση. Και στις δυο τελευταίες εργασίες οι μελετητές έφτασαν στο συμπέρασμα πως στο φαινόμενο της ΜΔΕ φαίνεται να κυριαρχεί ο μυογενής μηχανισμός της φωσφορυλίωσης των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης, παρά ο νευρογενής. Σε παρόμοιο συμπέρασμα έφτασαν και οι Iglesias–Soler και συνεργάτες (2011) που αναφέρουν πως στη μελέτη τους, η ενίσχυση της μηχανικής ισχύος ως αποτέλεσμα της ΜΔΕ δεν σχετίζεται με νευρογενείς διεργασίες.

Ο τρίτος μηχανισμός στον οποίο μπορεί να αποδοθεί το φαινόμενο της ΜΔΕ είναι η αλλαγή στην γωνία διάταξης των μυϊκών ινών στο εσωτερικό του μυός που προ-ενεργοποιήθηκε. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 6, η γωνία αυτή (α) σχηματίζεται αφενός από τη νοητή γραμμή που ενώνει την έκφυση με την κατάφυση του μυός, αφετέρου δε από τη γραμμή που τα μυϊκά δεμάτια την τέμνουν, και καθορίζει την αποδοτική μεταφορά της δύναμης στους τένοντες και τα οστά (Fukunaga et al., 1997; Folland et al., 2007). Το άθροισμα των δυνάμεων όλων των μεμονωμένων μυϊκών ινών που καταλήγουν να εφαρμόζονται στον τένοντα κατά τη συστολή, υπολογίζεται από το συνημίτονο της γωνίας πρόσφυσης, όπου όπως είναι φυσικό οι μικρότερες γωνίες εμφανίζουν μηχανικό πλεονέκτημα αναφορικά με τη



Σχήμα 6. *Σχηματική απεικόνιση της γωνίας διάταξης των μυϊκών ινών (α). Η μείωση αυτής της γωνίας μπορεί να επιφέρει βελτίωση της μεταφερόμενης δύναμης στους τένοντες.*

μεταφορά δύναμης στον τένοντα. Οι Mahlfeld και συνεργάτες το 2004, χρησιμοποιώντας υπερηχογράφο, μέτρησαν την γωνία πρόσφυσης στον έξω πλατύ μηριαίο (vastus lateralis) πριν και μετά από μέγιστη εθελούσια ισομετρική σύσπαση διάρκειας 3 δευτερολέπτων. Από 16,2 μοίρες που καταγράφηκε πριν την προ-ενεργοποίηση, μειώθηκε ελάχιστα αμέσως μετά (-0,5 μοίρες), ενώ σημείωσε σημαντική μείωση φτάνοντας τις 14,4 μοίρες ($p<.05$) 3-6 λεπτά αργότερα. Αυτή η μεταβολή μπορεί να επιφέρει από μόνη της αύξηση κατά 0,9% στη μεταφορά δύναμης προς τους τένοντες και να συνεισφέρει στη ΜΔΕ.

2.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία της μετα-διεγερτικής ενεργοποίησης

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η ισορροπία ανάμεσα στις ευεργετικές συνέπειες ΜΔΕ και εκείνες της κόπωσης μπορεί να καθορίσει την επακόλουθη κύρια δοκιμασία καθώς ανάλογα με το ποια θα κυριαρχήσει, θα οδηγηθούμε σε βελτίωση ή επιδείνωση της απόδοσης. Αυτή η ισορροπία επηρεάζεται από ένα συνδυασμό παραγόντων που μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρία επίπεδα:

- Τα χαρακτηριστικά της προ-ενεργοποίησης όπως το είδος, ο όγκος ή η ένταση,
- Το ενδιάμεσο διάλειμμα αποκατάστασης ανάμεσα στην προ-ενεργοποίηση και την κύρια δραστηριότητα,
- Και το είδος της μετρούμενης κύριας δραστηριότητας.

2.5.1 Χαρακτηριστικά της προ-ενεργοποίησης

Τα χαρακτηριστικά της προ-ενεργοποίησης αποτελούν βασικό παράγοντα που μπορούν να καθορίσουν την μετέπειτα απόδοση. Αναλυτικά αναφερόμαστε στον όγκο, την ένταση και το είδος αυτής της ενεργοποίησης.

2.5.1.1 Όγκος της προ-ενεργοποίησης

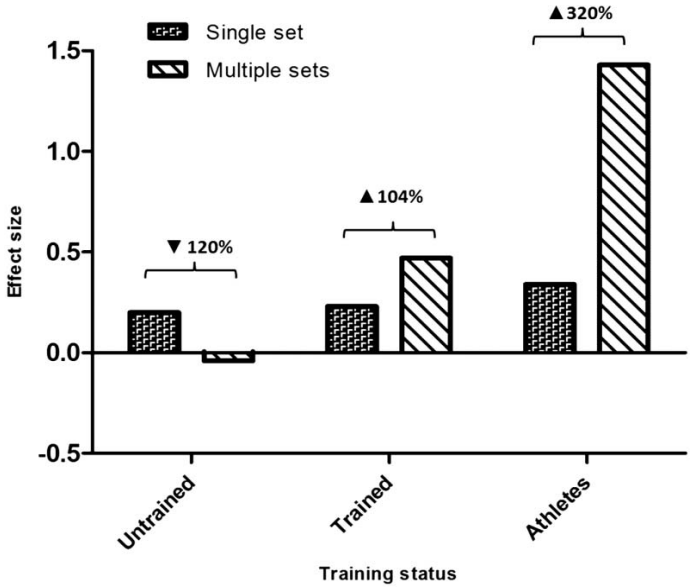
Σύμφωνα με τους Tillin & Bishop (2009), όταν ο όγκος προ-ενεργοποίησης είναι μικρός τότε η κόπωση δεν φτάνει σε υψηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα να υπερισχύουν αμέσως οι ευεργετικές επιδράσεις της ΜΔΕ και να παρουσιάζεται νωρίς το πρώτο λεγόμενο «παράθυρο βελτίωσης». Ωστόσο, όσο ο όγκος της προ-ενεργοποίησης συνεχίζει να αυξάνεται σε διάρκεια ή επαναλήψεις, το άμεσο αποτέλεσμα θα είναι η κυριαρχία της κόπωσης έναντι της ΜΔΕ και συνεπώς η απόδοση να μην εμφανίζει βελτίωση. Μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα αποκατάστασης όπου παροδικά η κόπωση μειώνεται με γρηγορότερους ρυθμούς και κυριαρχεί η ΜΔΕ, εμφανίζεται ένα δεύτερο «παράθυρο βελτίωσης» (*σχήμα 3*). Αρκετές είναι οι μελέτες που ασχολήθηκαν με το ζήτημα. Οι Hamada και συνεργάτες (2003) χρησιμοποίησαν ένα πρωτόκολλο κόπωσης που περιελάμβανε 16 μέγιστες εκούσιες ισομετρικές συστολές των 5 δευτερολέπτων καθεμιά με ενδιάμεσο

μεταξύ τους διάλειμμα 3 δευτερολέπτων. Κατέγραψαν σημαντική βελτίωση στην απόδοση (+127%, p<.05) μετά από τις πρώτες τρείς συστολές προ-ενεργοποίησης, ή οποία όμως στη συνέχεια μειωνόταν προοδευτικά με αποτέλεσμα να σημειώσει πτώση 32% κάτω από τις αρχικές τιμές αναφοράς (p<.05). Στη συνέχεια, μετά από αποκατάσταση 30-120 δευτερολέπτων η απόδοση βελτιώθηκε εκ νέου (+32%, p<.05). Σε παρόμοια αποτελέσματα οδηγήθηκαν και οι Bullock και Comfort (2011) που εξέτασαν την επίδραση που είχαν άλματα βάθους διαφορετικού όγκου (2, 4 ή 6 επαναλήψεις) σε επακόλουθη δοκιμασία δύναμης υψηλής επιβάρυνσης και χαμηλής ταχύτητας. Οι ερευνητές κατέγραψαν βελτίωση στην επίδοση και για τις τρείς συνθήκες 6.25%, 6.09% και 6.80% αντίστοιχα με τάση για μεγαλύτερη βελτίωση μετά από τις 6 επαναλήψεις. Οι Chen και συνεργάτες (2013) εφαρμόζοντας συνδυαστικό πρωτόκολλο με διαφορετικούς όγκους προ-ενεργοποίησης (1 ή 2 σετ των 5 επαναλήψεων άλματα βάθους) και διαφορετικές περιόδους αποκατάστασης (2, 6 ή 12 λεπτών) σε κολεγιακούς αθλητές της πετοσφαίρισης, κατέγραψαν σημαντική βελτίωση στην επίδοση στη δοκιμασία των τριών CMJs. Η βελτίωση ήταν παρόμοια και για τις δυο συνθήκες προ-ενεργοποίησης μετά από 2 λεπτά αποκατάστασης ενώ μετά από αποκατάσταση 6 λεπτών δεν καταγράφηκε μεταβολή στην απόδοση. Συνεπώς κατά τους μελετητές προ-ενεργοποίηση με άλματα βάθους και όγκο 3-5 επαναλήψεις μπορούν να βελτιώσουν την ισχύ των κάτω άκρων. Συμπέρασμα που βρίσκεται σε συμφωνία και με ευρήματα άλλων σχετικών ερευνών (Masamoto et al., 2003; Hilfiker et al., 2007). Τέλος οι Sotiropoulos και συνεργάτες (2010) που χρησιμοποίησαν προ-ενεργοποίηση με δυο διαφορετικές συνθήκες έντασης 25%-35% και 35%-45% της 1 μέγιστης επανάληψης σε 2 σετ των 5 επαναλήψεων σε κάθε ένταση, αναφέρουν αύξηση στο ύψος στο κατακόρυφο άλμα μετά από 3 λεπτά αποκατάστασης 3.95% και 3% αντίστοιχα.

Αντίθετα οι Khanoui και συνεργάτες (2009) που μελέτησαν την επίδραση διαφορετικού όγκου προ-ενεργοποίηση (1 σετ των 2, 3, 4 ή 5 επαναλήψεων στο 85% της 1 μέγιστης), στην επίδοση στο κάθετο άλμα σε μέτρια προπονημένους άνδρες, κατέγραψαν μείωση στην απόδοση τόσο στο ύψος του άλματος όσο και στη δύναμη αντίδρασης του εδάφους (Ground Reaction Force). Μείωση που κατά τους συγγραφείς αποδίδεται σε άλλους παράγοντες όπως το προπονητικό επίπεδο, την ένταση της προ-ενεργοποίησης, ή το χρόνο αποκατάστασης. Παρόμοια μείωση στην

απόδοση κατέγραψαν επίσης και οι Stieg και συνεργάτες (2011) που μελέτησαν την επίδραση διαφορετικού όγκου προ-ενεργοποίησης (0, 3, 6, 9 ή 12 άλματα βάθους) σε επακόλουθη δοκιμασία ισχύος (κάθετο άλμα).

Σε πρόσφατη μελέτη μετα-ανάλυσης των Wilson και συνεργατών (2013) όπου περιελήφθησαν όλες οι σημαντικές εργασίες γύρο από το θέμα, αναδείχτηκε ότι είναι προτιμότερη η προ-ενεργοποίηση με περισσότερα του ενός σετ για να έχουμε βελτίωση της ισχύος στην επακόλουθη κύρια δραστηριότητα σε καλά προπονημένους συμμετέχοντες και έμπειρους αθλητές. Είχαμε δηλαδή αύξηση 104% και 320% αντίστοιχα στην μυϊκή ισχύ, συγκρίνοντας την πολλαπλών σετ προ-ενεργοποίηση με εκείνη του μονού σετ (*Γραφική παράσταση 1*). Όμως αυτό δεν



Γραφική παράσταση 1. *Η επίδραση στην απόδοση ισχύος, από την εφαρμογή πρωτοκόλλου ενός ή πολλαπλών σετ προ-ενεργοποίησης σε δείγματα διαφορετικού προπονητικού επιπέδου (απροπόνητοι, καλά προπονημένοι και αθλητές υψηλού επιπέδου) (Wilson et al., 2013).*

φαίνεται να ισχύει για μέτρια προπονημένα άτομα που φαίνεται να ωφελούνται περισσότερο από ένα, παρά από περισσότερα σετ προ-ενεργοποίησης.

Συμπερασματικά, όταν ο όγκος της προ-ενεργοποίησης είναι μικρός, δεν προκαλείται κόπωση με αποτέλεσμα η ΜΔΕ να εμφανίζεται σχετικά γρήγορα, ενώ όταν ο όγκος είναι υψηλός τότε η κόπωση κυριαρχεί αρχικά, αλλά απαλείφεται με γρηγορότερο ρυθμό με αποτέλεσμα να κυριαρχεί η ΜΔΕ μετά από ένα εύλογο διάστημα αποκατάστασης 3-8 λεπτών. Στις περισσότερες μελέτες ένα ή δυο σετ των 5-8 επαναλήψεων με έντονες υπο-μέγιστες συστολές προ-ενεργοποίησης φαίνεται

πως είναι ικανές να προκαλέσουν ΜΔΕ. Παρόλα αυτά αν η ένταση είναι μικρή ή μεσαία, ίσως απαιτηθεί μεγαλύτερος όγκος. Σε κάθε περίπτωση πάντως, την παράμετρο του όγκου προ-ενεργοποίησης θα πρέπει να την λαμβάνουμε υπόψη μας όχι μεμονωμένα αλλά σε συνάρτηση και με τις υπόλοιπες παραμέτρους που θα αναλυθούν στη συνέχεια.

2.5.1.2 Ένταση της προ-ενεργοποίησης.

Η ένταση της προ-ενεργοποίησης είναι μια εξίσου σημαντική παράμετρος που σε αλληλεπίδραση με τον όγκο μπορεί να καθορίσει την εξέλιξη του φαινομένου. Στην πλειονότητα των σχετικών μελετών, η ένταση προσδιορίζεται ως ποσοστιαία έκφραση της μια μέγιστης επανάληψης (1RM).

Στην εργασία μετα-ανάλυσης των σημαντικότερων μελετών γύρω από το θέμα των Wilson και συνεργατών (2013), αποτελεσματικότερη φαίνεται να είναι η μέτρια προς υψηλή ένταση προ-ενεργοποίησης 60%-84% συγκρινόμενη με την πολύ υψηλή ένταση >85% 1RM (*Πίνακας 2*). Η μυϊκή απόκριση φαίνεται να είναι ανάλογη της προηγούμενης έντασης σύσπασης και ακλουθώντας το μοντέλο του Banister και συνεργατών (1999) με μια μεσαίας έντασης προ-ενεργοποίηση κυριαρχεί η ΜΔΕ ενώ με μια υψηλή, η κόπωση.

	Mean (95% CI)	*N*		
Overall	0.38 (0.21, 0.55)	141		
Moderators				
Gender				
Male	0.42 (0.23, 0.61)	113	$p > 0.05$	
Female	0.20 (−0.31, 0.71)	16		
Male and female	0.21 (−0.38, 0.79)	12		
Age				
<25 y	0.38 (0.21, 0.55)	141		
Training status				
Untrained	0.14 (−0.27, 0.57)	25		$p < 0.05$
Trained	0.29 (0.03, 0.55)	68	$p < 0.05$	
Athletes	0.81 (0.44, 1.19)	32		
Conditioning activity				
Dynamic low body	0.42 (0.22, 0.61)	107	$p > 0.05$	
Static lower body	0.35 (−0.19, 0.89)	14		
Dynamic upper body	0.17 (−0.28, 0.63)	20		
Intensity (%1RM)				
Moderate (60–84%)	1.06 (0.54, 1.57)	15	$p < 0.05$	
Heavy (85–100%)	0.31 (0.13, 0.49)	121		
Volume				
Single	0.24 (0.37 0.44)	95	$p < 0.05$	
Multiple	0.66 (0.36, 0.95)	46		
Rest periods (min)				
<2:00	0.17 (−0.23, 0.58)	24		
3–7	0.54 (0.31, 0.77)	75	$p < 0.05$	
7–10	0.70 (0.10, 1.30)	11		
>10	0.02 (−0.33, 0.38)	31		

Πίνακας 2. *Μέγεθος επίδρασης (Effect size) της μυϊκής ισχύος (Wilson et al., 2013).*

Ειδικότερα οι Masamoto και συνεργάτες (2003) αφού εφάρμοσαν υψηλής έντασης αλλά χαμηλού όγκου προ-ενεργοποίηση με 2 άλματα βάθους, κατέγραψαν σημαντική βελτίωση στην επίδοση στη 1 ΜΕ ημι-κάθισμα με αντίσταση κατά 4.9 κιλά (+3.5%) συγκρινόμενη με την ομάδα ελέγχου. Οι ερευνητές σημειώνουν στα συμπεράσματα πως μόνο η υψηλής έντασης πλειομετρική άσκηση μπορεί να προκαλέσει αυξημένη νευρο-μυϊκή διέγερση σε τέτοια επίπεδα που να οδηγήσει σε βελτίωση της μέγιστης μυϊκής δύναμης. Επίσης σε μελέτη των Gourgoulis και συνεργατών (2003) συμμετείχαν 11 μέτρια προπονημένα και 9 απροπόνητα άτομα, στα οποία εφαρμόστηκε προ-ενεργοποίηση 2 CMJs με ένταση 20%, 40%, 60%, 80% και 90% της 1 μέγιστης επανάληψης. Κατέγραψαν βελτίωση 4.0% για τους πρώτους και 0.4% για τους δεύτερους. Σε συμφωνία βρίσκεται και η αναφορά του McBride και συνεργατών (2005) που εφάρμοσαν και συνέκριναν δυο συνθήκες προ ενεργοποίησης υψηλής και χαμηλής έντασης. Συγκεκριμένα, υψηλής έντασης προ-ενεργοποίηση σε 1×3 ημι-καθίσματα με αντίσταση στο 90% της 1 ΜΕ, βελτίωσε σημαντικά το χρόνο στο δρόμο ταχύτητας τόσο στα 10 (-1.39%, $p<.081$) όσο και στα 40 μέτρα (-0.87%, $p<.018$). Αντίθετα με τη μικρής έντασης προ-ενεργοποίηση με 1×3 ημικάθισμα – άλμα στο 30% της 1 ΜΕ δεν επήλθε βελτίωση στατιστικά σημαντική. Αλλά και οι Rahimi και συνεργάτες (2007), αναφέρουν πως εφαρμόζοντας τρία διαφορετικής έντασης πρωτόκολλα προ-ενεργοποίησης με 2 σετ των 4 επαναλήψεων σε ένταση 60%, 70% και 80% της 1 ΜΕ, κατέγραψαν βελτίωση -1.9%, -1.77% και -2.98% αντίστοιχα στην επίδοση στο δρόμο ταχύτητας 40 μέτρων. Οι Matthews και συνεργάτες (2009) συγκρίνοντας την επίδραση που είχαν μέτριας έντασης προ-ενεργοποίηση των άνω άκρων (5 ρίψεις ιατρικής μπάλας 2 και 3 κιλών) και υψηλής έντασης προ-ενεργοποίηση των άνω άκρων (πιέσεις πάγκου στο 85% της 1ΜΕ) κατέληξαν ότι η δεύτερη οδήγησε σε βελτίωση στο χρόνο εκτέλεσης μεταβιβάσεων στην καλαθόσφαιρα. Βελτίωση και στις τρείς δοκιμασίες ισχύος που χρησιμοποίησε κατέγραψε και ο Fletcher (2013) μετά από προ-ενεργοποίηση με ημι-καθίσματα με αντιστάσεις και ένταση που έφτανε στο 90% της 1ΜΕ. Αντίθετα οι Comyns και συνεργάτες (2007) αφού συνέκριναν 3 διαφορετικής έντασης πρωτόκολλα με 65%, 80% και 93% της 1 ΜΕ, δεν κατέγραψαν βελτίωση της απόδοσης στο άλμα βάθους με ένα πόδι. Παρόλα αυτά στην τρίτη συνθήκη παρατήρησαν βελτίωση στην κατακόρυφη σκληρότητα και το χρόνο επαφής με το

έδαφος, που σχετίζονται ευθέως με τη γρήγορη συχνότητα διασκελισμών και κατά συνέπεια με τη δρομική ταχύτητα. Οι Esformes και συνεργάτες (2010) επίσης κατέγραψαν μια μη στατιστικά σημαντική βελτίωση στο κατακόρυφο άλμα μετά από υψηλής έντασης προ-ενεργοποίηση με βάρη. Αντίθετα η υψηλής έντασης προ-ενεργοποίηση με πλειομετρικές ασκήσεις δεν επέφερε κάποια μεταβολή.

Τέλος οι Villareal και συνεργάτες (2007) αφού εφάρμοσαν 7 διαφορετικά πρωτόκολλα διαφορετικής έντασης προ-ενεργοποίηση σε 12 αθλητές της πετοσφαίρισης, κατέληξαν ότι για τη βελτίωση του κατακόρυφου άλματος απαιτείται ένταση της τάξης του 80-95% τις 1 ΜΕ. Αξίζει να σημειωθεί πως η επίδραση της ΜΔΕ παρέμεινε εμφανής για 6 ώρες μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου, γεγονός που έχει πρακτικό ενδιαφέρον. Συνοψίζοντας, με υψηλής έντασης προ-ενεργοποίηση στο 60%-90% της 1 ΜΕ με 3 – 12 επαναλήψεις, είναι δυνατόν να προκληθεί ΜΔΕ και να έχουμε βελτίωση στην επακόλουθη κύριας δραστηριότητα ισχύος. Επιπλέον μπορεί να οδηγήσει και σε αύξηση της δρομικής ταχύτητας αφού έχει παρατηρηθεί βελτίωση στη μυϊκή σκληρότητα στα κάτω άκρα, και στο χρόνο επαφής με το έδαφος.

2.5.1.3 Είδη μυϊκής συστολής κατά την προ-ενεργοποίηση

Παρότι όλα τα διαφορετικά είδη μυϊκής συστολής που χρησιμοποιούνται ως ερέθισμα προ-ενεργοποίησης μπορούν να ενεργοποιήσουν το μηχανισμό της ΜΔΕ, ωστόσο ο βαθμός αυτής της διευκόλυνσης εξαρτάται από τον τύπο της μυϊκής συστολής. Δύο είναι τα βασικότερα είδη μυϊκής συστολής που χρησιμοποιούνται ως ερέθισμα προ-ενεργοποίησης. Η ισομετρική συστολή κατά την οποία το συνολικό μήκος του μυός δεν μεταβάλλεται και η δυναμική όπου μεταβάλλεται και αποτελείται από την μειομετρική ή σύγκεντρη όπου το συνολικό μήκος του μυός μειώνεται και τη πλειομετρική ή έκκεντρη όπου αυξάνεται (Tillin & Bishop, 2009; Turki et al., 2011). Οι μελέτες που συνέκριναν διαφορετικά είδη μυϊκής συστολής για προ-ενεργοποίηση έχουν οδηγήσει σε αντικρουόμενα συμπεράσματα και η σχέση ανάμεσα στα δυο βασικά είδη συστολής και την ΜΔΕ δεν έχει αποσαφηνιστεί πλήρως.

Οι Rixon et al., (2007) συνέκριναν ευθέως την ισομετρικού τύπου με την δυναμικού τύπου προ-ενεργοποίηση σε 30 γυναίκες και άνδρες δοκιμαζόμενους, όπου αφού πρώτα εφαρμόστηκαν δυο διαφορετικά πρωτόκολλα προ-ενεργοποίησης, στη συνέχεια αξιολογήθηκε η επίδοση στο CMJ μετά από 3 λεπτά αποκατάστασης. Στο πρώτο πρωτόκολλο περιλαμβάνονταν τρείς ισομετρικές συσπάσεις σε θέση ημι-καθίσματος διάρκειας 3 δευτερολέπτων έκαστο με διαφορά 2 λεπτών μεταξύ τους και στο δεύτερο 3 μέγιστες δυναμικές συσπάσεις με ημι-καθίσματα. Στα αποτελέσματα σημειώθηκε αύξηση τόσο στο ύψος των αξιολογούμενων αλμάτων (2.9%, $p<.01$) όσο και στην μέγιστη ισχύ (8.7%, $p<.001$) για τη συνθήκη μέγιστης εκούσιας ισομετρικής σύσπασης, ενώ για τη συνθήκη δυναμικής σύσπασης αναφέρθηκε σημαντική αύξηση (8.0%, $p<.001$) μόνο για τη μέγιστη ισχύ ενώ το ύψος των αλμάτων παρέμεινε αμετάβλητο. Στα συμπεράσματα αναφέρουν πως η ισομετρική συνθήκη προκάλεσε μεγαλύτερη ΜΔΕ από ότι η δυναμική λόγο του ότι τα μεγάλα διαλείμματα που παρεμβλήθηκαν προκάλεσαν μειωμένη κόπωση χαμηλής συχνότητας. Επιπλέον αναφέρουν ότι η ισομετρική συστολή έχει χαμηλότερο ενεργειακό κόστος και συντελεί αποτελεσματικότερα στην επιστράτευση των κινητικών μονάδων και στο ρυθμό επιστράτευσής τους. Πρέπει όμως να σημειωθεί πως καθίσταται προβληματική η άμεση σύγκριση ανάμεσα στα αποτελέσματα των δυο συνθηκών, γιατί οι συνθήκες δεν είχαν εξισωθεί μεταξύ τους ως προς τον όγκο και την ένταση.

Σε συμφωνία με τα παραπάνω βρίσκεται και η μελέτη των Esformes και συνεργατών (2011). Εφάρμοσαν σε 10 παίκτες του ράγκμπι 4 διαφορετικές συνθήκες προ-ενεργοποίησης και αξιολόγησαν την ΜΔΕ στα άνω άκρα μετρώντας την μέγιστη ισχύ, τη μέγιστη δύναμη, το ρυθμό ανάπτυξης δύναμης και την επίδοση στις ρίψεις πιέσεων στήθους. Οι συνθήκες περιελάμβαναν 1 σετ των 3 επαναλήψεων σε ένταση που αντιστοιχούσε σε επιβάρυνση 3 ΜΕ με μειομετρική, πλειομετρική και δυναμική συστολή προ-ενεργοποίηση, καθώς και μια μέγιστη ισομετρική εκούσια συστολή διάρκειας 7 δευτερολέπτων. Στα αποτελέσματα αναφέρεται πως μόνο η μέγιστη εκούσια ισομετρική συστολή 7 δευτερολέπτων προκάλεσε ΜΔΕ και βελτίωσε την μέγιστη ισχύ στα άνω άκρα κατά 2.8% ($p<.05$). Και εδώ όμως όπως και στην προηγούμενη μελέτη δεν εξισώθηκαν ο όγκος και η ένταση των παρεμβατικών συνθηκών με αποτέλεσμα η σύγκριση των αποτελεσμάτων να

καθίσταται ανίσχυρη. Αντίθετα, οι Tsolakis και συνεργάτες (2011), αναφέρουν πως η ισομετρική συστολή κατά την προ-ενεργοποίηση επέφερε σημαντική μείωση στη μέγιστη ισχύ των κάτω άκρων στο CMJ σε αθλητές ξιφασκίας. Μείωση που ήταν 7.5% ($p<.001$) μετά από 8 λεπτά αποκατάστασης και 8.7% ($p<.001$) μετά από 12.

Τέλος στην πρόσφατη μελέτη μετα-ανάλυσης των Wilson και συνεργατών (2013), αναφέρεται πως από την ανάλυση 32 σύγχρονων μελετών γύρω από το θέμα, δεν καταγράφηκαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε δυναμικού και στατικού τύπου συστολές προ-ενεργοποίησης (*πίνακας 2*).

Θεωρητικά, τα διαφορετικά είδη μυϊκής συστολής κατά την προ-ενεργοποίηση μπορούν να προκαλέσουν διαφορετικές επιδράσεις στη νευρομυϊκή κόπωση (Kay et al., 2000; Babault et al., 2006). Συγκεκριμένα σε μελέτη των Babault και συνεργατών (2006) αναφέρεται πως κατά τη διάρκεια εφαρμογής ενός δυναμικού πρωτοκόλλου συστολής αρχικά εμφανίζεται η περιφερειακή κόπωση και στη συνέχεια με την πάροδο του χρόνου η κεντρική. Αντίθετα κατά τη διάρκεια εφαρμογής ενός πρωτοκόλλου ισομετρικής συστολής αρχικά έχουμε περιφερειακή και στη συνέχεια κεντρική κόπωση. Η κεντρική κόπωση που προκαλείται από την ισομετρική συστολή, ίσως να συνδέεται με τη συγκέντρωση μεταβολικών υλικών που αναχαιτίζει την δράση του α-κινητικού νευρώνα και μειώνει το κατώφλι ενεργοποίησης των κινητικών νευρώνων (Taylor et al., 2000). Κατά τους ίδιους ερευνητές, εφόσον η ισομετρική και η δυναμική συστολή προ-ενεργοποίησης μπορούν να προκαλέσουν διαφορετικού τύπου κόπωση, υποθέτουν πως μπορούν να επιδράσουν και με διαφορετικό τρόπο στο μηχανισμό της ΜΔΕ. Με την πλειομετρική συστολή αυξάνεται η πυροδότηση των μυϊκών ατράκτων, που ενεργοποιούν τις νευρικές ίνες τύπου Ia με συνέπεια να αυξάνεται η αγωγιμότητα από το κεντρικό νευρικό σύστημα προς της περιφέρεια και έτσι να έχουμε ενεργοποίηση κινητικών μονάδων υψηλής διεγερσιμότητας. (Taylor et al., 2000). Από την άλλη οι ισομετρικές συστολές ενεργοποιούν περισσότερες μυϊκές ίνες με αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερο ποσοστό φωσφορυλίωσης των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης και μεγαλύτερες αλλαγές στην αρχιτεκτονική δομή των μυϊκών ινών.

Οι πλειομετρικές ασκήσεις χρησιμοποιούνται συχνά σε προγράμματα φυσικής κατάστασης και δύναμης (Luebbers et al., 2003). Τα άλματα βάθους σε

ποικίλες παραλλαγές είναι πλειομετρικές ασκήσεις που περιλαμβάνουν πτώση του αθλητή από ένα προκαθορισμένο κάθε φορά ύψος, προσγείωση και αμέσως μέγιστο κάθετο άλμα (Ball et al., 2010). Βασικός σκοπός, η αύξηση της λειτουργικής ικανότητας των μυών τόσο σε αλματικές δραστηριότητες όσο και σε δρομικής ταχύτητας, μέσω της αποθήκευσης ελαστικής ενέργειας κατά την προσγείωση και την έκλυσή της κατά τη φάση της ώθησης (Bobbet et al., 1987; Markovic et al., 2004). Τα άλματα βάθους έχουν χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές προκειμένου να μελετήσουν την επίδραση της ΜΔΕ στις επακόλουθες δοκιμασίες ισχύος γιατί είναι δραστηριότητα υψηλής έντασης και ισχύος (Chen et al., 2013; Taube et al., 2011; Bullock & Comfort, 2011; Terzis et al., 2009; Hilfiker et al., 2007; Walsh et al., 2004; Massamoto et al., 2003). Σύμφωνα με τους Hilfker και συνεργάτες (2007) μπορούν ευκολότερα να προκαλέσουν ΜΔΕ σε αθλητές υψηλού επιπέδου με υψηλή ποσοστιαία αναλογία σε γρήγορες μυϊκές ίνες τύπου ΙΙ, λόγω του ότι η ένταση και το είδος αυτής της προ-ενεργοποίησης κινητοποιούν άμεσα αυτού του τύπου τις μυϊκές ομάδες. Στη μελέτη τους παρατήρησαν βελτίωση σε δοκιμασία ισχύος 1 λεπτό μετά από την προ-ενεργοποίηση με 5 πλειομετρικά άλματα βάθους με ακινητοποίηση στις 90˚ από ύψος 60 εκατοστών. Αλλά και σε αρκετές άλλες μελέτες έχει καταγραφεί η θετική επίδραση των αλμάτων βάθους σε δοκιμασίες ισχύος από ποικίλα ύψη πτώσης (Chen et al., 2013; Bullock & Comfort, 2011; Terzis et al., 2007). Οι Massamoto και συνεργάτες (2007) ανέφεραν βελτίωση σε δοκιμασία ισχύος 30 δευτερόλεπτα μετά από μικρό όγκο αλμάτων βάθους από 43 εκατοστά. Παρομοίως οι Terzis και συνεργάτες (2009) κατέγραψαν σημαντική βελτίωση 4,9% σε ριπτική δοκιμασία ισχύος, σχεδόν αμέσως μετά από 5 άλματα βάθους από ύψος 40 εκατοστών. Αναφορικά με το ύψος από το οποίο εκτελούνται τα άλματα βάθους, όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος πτώσης τόσο περισσότερες είναι οι μυϊκές μονάδες που επιστρατεύονται λόγω της υψηλότερης μέγιστης ισχύος που αναγκάζεται να επιστρατεύσει κατά την επαφή του με το έδαφος (Ebben et al., 2010; Walsh et al., 2004).

Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε πως δεν υπάρχει σταθερότητα και συμφωνία γύρω από το θέμα. Φαίνεται πως οι ισομετρικού τύπου συστολές προ-ενεργοποίησης ενεργοποιούν περισσότερες κινητικές μονάδες η αρχικά εμφανιζόμενη κεντρική κόπωση απαλείφεται με γρήγορους ρυθμούς με συνέπεια να

κυριαρχεί η ευεργετική επίδραση της ΜΔΕ. Ωστόσο σε πολλές μελέτες εφαρμόζεται πλειομετρικού τύπου προ-ενεργοποίηση γιατί φαίνεται πως αυτού του τύπου η μυϊκή σύσπαση μπορεί ευκολότερα να προκαλέσει ΜΔΕ σε αθλητές υψηλού επιπέδου με υψηλή ποσοστιαία αναλογία σε γρήγορες μυϊκές ίνες τύπου ΙΙ. Επιπλέον στις σχετικές μελέτες, η πολυδιάστατη φύση του φαινομένου και η δυσκολία εξίσωσης στον όγκο και την ένταση των διαφορετικών συνθηκών έχουν καταστήσει δύσκολη την αξιόπιστη σύγκριση ανάμεσα στα είδη μυϊκής συστολής. Παρόλα αυτά, φαίνεται πως η ισομετρική συστολή προ-ενεργοποίησης μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη κεντρική κόπωση αλλά και να ενεργοποιήσει τον περιφερειακό μηχανισμό της ΜΔΕ, ενώ αντίθετα η δυναμική συστολή συνδέεται περισσότερο με την περιφερειακή κόπωση και τον κεντρικό μηχανισμό της ΜΔΕ.

2.5.2 Παρεμβαλλόμενος χρόνος αποκατάστασης

Ο χρόνος αποκατάστασης που παρεμβάλλεται μεταξύ προ-ενεργοποίησης και κύριας δοκιμασίας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για το μηχανισμό της ΜΔΕ και έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των περισσότερων ερευνητών που ασχολούνται με το συγκεκριμένο θέμα. Σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο του Sale (2002) που επαναδιατύπωσαν οι Tillin & Bishop (2009), τα προϊόντα της δραστηριότητας προ-ενεργοποίησης είναι αφενός μεν η κόπωση, αφετέρου δε η ΜΔΕ που βρίσκονται μεταξύ τους σε μια υποθετική ισορροπία. Στο χρονικό διάστημα που ακολουθεί, η κυριαρχία της μιας ή της άλλης μπορεί να οδηγήσει σε μείωση ή σε βελτίωση της επακόλουθης κύριας δοκιμασίας. Είναι συνεπώς σημαντικό να γνωρίζουμε πότε αυτή η ισορροπία κλείνει προς την πλευρά της ΜΔΕ και πότε υπέρ της κόπωσης. Σύμφωνα με τους συγκεκριμένους ερευνητές, αν η προ-ενεργοποίηση έχει μικρό όγκο τότε η επίδραση της ΜΔΕ επικαλύπτει εκείνη της κόπωσης με αποτέλεσμα οι ευεργετικές της συνέπειες στην απόδοση μπορούν να εμφανιστούν αμέσως (*σχήμα 3,* παράθυρο 1). Αντίθετα όσο ο όγκος μεγαλώνει, τόσο κυριαρχούν οι συνέπειες της κόπωσης, οι οποίες όμως με την πάροδο του χρόνου μειώνονται σε γρηγορότερο ρυθμό από την ΜΔΕ. Συνεπώς, σε αυτή την περίπτωση, απαιτείται κάποιος εύλογος χρόνος αποκατάστασης ώστε να υπάρξει θετική επίδραση στην απόδοση (*σχήμα 3,* παράθυρο βελτίωσης 2). Εξακολουθεί βέβαια να παραμένει το ερώτημα του

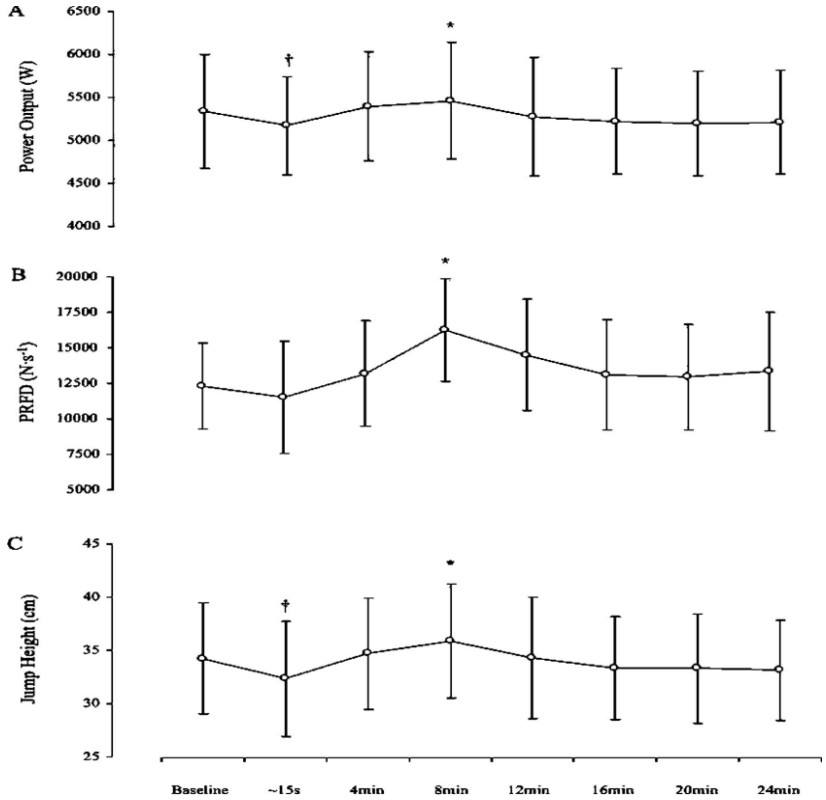
προσδιορισμού του βέλτιστου χρόνου αποκατάστασης που σε αλληλεπίδραση και με τους υπόλοιπους παράγοντες η κόπωση θα έχει υποχωρήσει και η ΜΔΕ θα είναι ακόμα υψηλή, άρα μπορεί να βελτιωθεί η απόδοση (Parry et al., 2008).

Στις περισσότερες μελέτες, το ερώτημα προσεγγίζεται μεθοδολογικά με αξιολόγηση της απόδοσης πριν και μετά την προ-ενεργοποίηση σε χρονική απόσταση λίγων δευτερολέπτων, έως και 30 λεπτών. Άλλωστε, σύμφωνα με τους Rixon και συνεργάτες (2007) η δυνατότητα να βελτιώσουμε την απόδοση 30 λεπτά μετά την προ-ενεργοποίηση είναι μάλλον απίθανη. Τα έως σήμερα αποτελέσματα των ερευνών γύρω από το θέμα του βέλτιστου χρόνου αποκατάστασης ποικίλουν και συχνά εμφανίζουν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Σε γενικές γραμμές στις σύγχρονες μελέτες έχει καταγραφεί ΜΔΕ και βελτίωση της απόδοσης τόσο αμέσως μετά την εφαρμογή της προ-ενεργοποίησης, όσο και μετά από αποκατάσταση σύντομης (έως 5 λεπτά), μέτριας (8-12 λεπτά) και εκτεταμένης (έως 18.5 λεπτά) διάρκειας. Στην πρόσφατη μελέτη μετα-ανάλυσης των Wilson και συνεργατών (2013), αναφέρεται πως από τη συνθετική στατιστική ανάλυση της σύγχρονης βιβλιογραφίας προκύπτει ότι ο βέλτιστος χρόνος αποκατάστασης μετά από την προ-ενεργοποίηση θεωρείται ο μέτριος εντός της ζώνης 7-10 λεπτών (*πίνακας 2*). Οι μελετητές υποστηρίζουν πως αυτά τα ευρήματα διέφεραν ανάλογα με το προπονητικό επίπεδο των συμμετεχόντων, γεγονός που πολλές φορές οδηγεί σε αντικρουόμενα αποτελέσματα. Οι μελέτες που χρησιμοποίησαν δείγμα με χαμηλό προπονητικό επίπεδο εμφάνισαν στατιστικά χαμηλότερο μέγεθος επίδρασης (Effect Size) στη βελτίωση της απόδοσης ισχύος από ότι εκείνες με υψηλό, σε όλες τις χρονικές ζώνες αποκατάστασης. Επιπλέον, από την ανάλυση προκύπτει πως οι καλά προπονημένοι και οι έμπειροι αθλητές εμφάνισαν μέγιστη βελτίωση στην ισχύ μετά από μέτριες (7-10 λεπτά) και μικρές (3-7 λεπτά) περιόδους αποκατάστασης αντίστοιχα. Παρατήρηση που επιβεβαιώθηκε και από τους Jo και συνεργάτες (2010) που αναφέρουν ότι άτομα με συστηματική αθλητική εμπειρία στην προπόνηση αντιστάσεων πάνω από ένα έτος, εμφάνισαν αρνητική συσχέτιση (r=-.77) ανάμεσα στη βέλτιστη διάρκεια αποκατάστασης και την μέγιστη απόλυτη ισχύ στο ημι-κάθισμα 1 ΜΕ.

Βελτίωση στην κύρια δοκιμασία ισχύος μετά από πολύ μικρό χρόνο αποκατάστασης κατέγραψαν αρκετές μελέτες. Συγκεκριμένα οι French και

συνεργάτες (2003) και Gourgoulis και συνεργάτες (2003), κατέγραψαν βελτίωση 5% και 4% αντίστοιχα, σχεδόν αμέσως (5 δευτερόλεπτα) μετά την προ-ενεργοποίηση. Οι Terzis και συνεργάτες (2009) επίσης αναφέρουν βελτίωση σε ριπτική δοκιμασία ισχύος σχεδόν αμέσως (20 δευτερόλεπτα) μετά την προ-ενεργοποίηση με 5 άλματα βάθους. Βελτίωση σημειώθηκε και στη μελέτη των Jo και συνεργατών (2010) και Chen και συνεργατών (2013) εφαρμόζοντας μικρούς χρόνους αποκατάστασης (1 και 2 λεπτά αντίστοιχα), ενώ στη δεύτερη μελέτη η επίδοση παρέμεινε αμετάβλητη 6 λεπτά και 12 λεπτά μετά την προ-ενεργοποίηση. Κοινό σημείο στις προηγούμενες μελέτες ήταν η μικρή σε όγκο αλλά υψηλή σε ένταση προ-ενεργοποίηση. Επίσης σε έρευνα των Rixon και συνεργών (2007) σημειώθηκε βελτίωση τόσο στο ύψος στο κάθετο άλμα (2.9%) όσο και στη μέγιστη δύναμη (8.7%) σε 30 μέτρια προπονημένους άνδρες και γυναίκες, 3' μετά την προ-ενεργοποίηση.

Παρεμβάλλοντας μεσαία ή μεγαλύτερα διαστήματα αποκατάστασης, έχει επίσης καταγραφεί βελτίωση στην απόδοση. Οι Young και συνεργάτες (1998), Chiu και συνεργάτες (2003), Kilduff και συνεργάτες (2007, 2008), και Bevant και συνεργάτες (2009, 2010), αναφέρουν μείωση στην απόδοση αμέσως μετά την προ-ενεργοποίηση, αλλά βελτίωση μετά από αποκατάσταση 4-12 λεπτών. Αναλυτικότερα οι Esformes και συνεργάτες (2011) κατέγραψαν βελτίωση στην απόδοση 12 λεπτά μετά την ισομετρική σύσπαση προ-ενεργοποίησης διάρκειας 7 δευτερολέπτων σε δοκιμασία ισχύος. Σημαντικό έργο γύρω από το ζήτημα του βέλτιστου χρόνου αποκατάστασης έχει παρουσιάσει και ο Kilduff με τους συνεργάτες του σε σειρά μελετών (2007, 2008, 2011). Το 2008 εφαρμόστηκε σε 20 επαγγελματίες αθλητές ράγκμπι όπου συμμετείχαν 20 αθλητές του ράγκμπι, ένα πρωτόκολλο όπου καταγραφόταν παράμετροι επίδοσης σε 8 CMJs τόσο πριν όσο και 15 δευτερόλεπτα, 4, 8, 12, 16, 20 και 24 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση που ήταν 3 σετ των 3 επαναλήψεων ημι-καθίσματα με ένταση στο 87% της 1 ΜΕ. Στα αποτελέσματα καταγράφηκε μείωση τόσο στην παραγόμενη ισχύ όσο και στο μέγιστο ρυθμό ανάπτυξης ισχύος, και στο ύψος του άλματος 15 δευτερόλεπτα μετά την προ-ενεργοποίηση, ενώ η επίδοση βελτιώθηκε σημαντικά μετά από μεσολάβηση αποκατάστασης κατά μέσο όρο 8 λεπτών (*γραφική παράσταση 2*).



Γραφική παράσταση 2. *Η παραγόμενη ισχύς (A), ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης (B) και το ύψος κάθετου άλματος (C) κατά τη διάρκεια κατακόρυφου άλματος με ταλάντευση (CMJ) πριν και μετά από προ-ενεργοποίηση με αντιστάσεις (Kilduff et al., 2008).*
†Σημαντική βελτίωση συγκριτικά με την αρχική επίδοση
**Σημαντική βελτίωση συγκριτικά με όλες τις τιμές*

Στη μελέτη αναφέρεται πως η μέγιστη βελτίωση επιτεύχθηκε μετά από 8 λεπτά αποκατάστασης για το 70% των συμμετεχόντων, μετά από 4 λεπτά για το 15% και μετά από 12 λεπτά για το υπόλοιπο 15%. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται και από άλλες μελέτες τόσο από την ίδια ερευνητική ομάδα το 2007 με αθλητές ράγκμπι και το 2011 με αθλητές κολύμβησης, όσο και από τους Bevan και συνεργάτες (2009). Υποστηρίζονται μάλιστα και από τα ευρήματα των Gullich & Schmidtbleicher (1996) όπου κατέγραψαν την μεγαλύτερη αύξηση στο εύρος του αντανακλαστικού Hoffman στα 8,7 ±3,6 λεπτά μετά την προ-ενεργοποίηση, γεγονός που σημαίνει πως σε αυτό το χρονικό διάστημα συντελείται αυξημένη νευρομυϊκή διεγερσιμότητα. Αντίθετα, σημαντική μείωση της τάξης του 4%-13% στο κάθετο άλμα κατέγραψαν οι Jensen & Ebben (2003) 10 δευτερόλεπτα μετά προ-ενεργοποίηση, ενώ η απόδοση εμφανίστηκε αμετάβλητη μετά από 1, 2, 3, και 4 λεπτά. Επιπλέον, μειωμένη απόδοση στο κάθετο άλμα κατέγραψαν οι Comyns και συνεργάτες (2006) μετά από 1 σετ των 5 επαναλήψεων στο 87% της ΜΕ σε κάθε

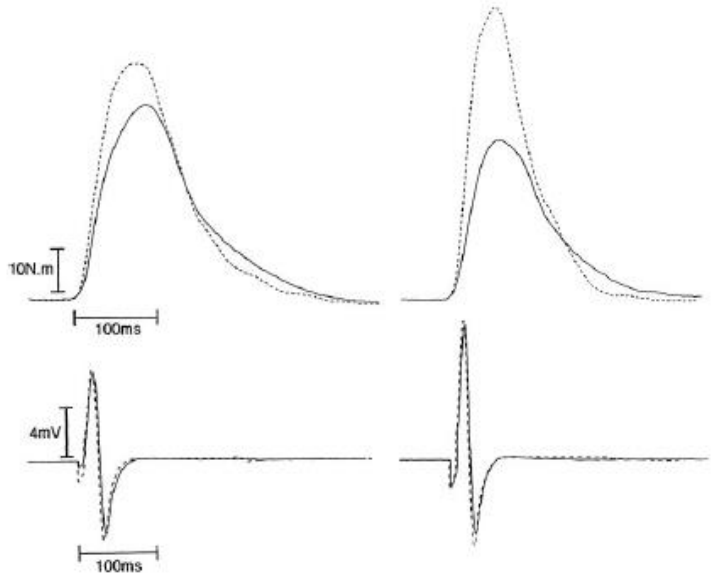
χρονικό διάστημα αποκατάστασης 30 δευτερολέπτων, 2, 4 και 6 λεπτών. Αναφορικά με την επίδραση του χρόνου αποκατάστασης στους δρόμους ταχύτητας, οι Chatzopoulos και συνεργάτες (2007) κατέγραψαν μειωμένη απόδοση 2% στο δρόμο 30 μέτρων, 5 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση. Την απόδοση στην δρομική ταχύτητα 4, 8, 12 και 16 λεπτά μετά από 1 σετ των 3 επαναλήψεων ημικαθίσματα στο 91% της 1 ΜΕ εξέτασαν οι Bevan και συνεργάτες (2010), χωρίς να σημειωθεί στατιστικά σημαντική μεταβολή. Παρόλα αυτά όταν η ανάλυση έγινε σε ατομικό επίπεδο παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στην επίδοση τόσο στα 5 όσο και στα 10 μέτρα. Αξίζει να τονιστεί πως το ζήτημα του βέλτιστου χρόνου αποκατάστασης θα πρέπει να το προσεγγίσουμε σε συνδυασμό με τον όγκο και την ένταση της προ-ενεργοποίησης. Με χαμηλό όγκο προ-ενεργοποίησης, και λαμβάνοντας υπόψη τα ατομικά χαρακτηριστικά όπως το προπονητικό επίπεδο, το είδος των μυϊκών ινών ή το επίπεδο της μέγιστης δύναμης, φαίνεται πως τα επίπεδα της προκαλούμενης κόπωσης δεν εκτείνονται σε υψηλά επίπεδα ώστε να κυριαρχήσουν έναντι της ΜΔΕ , με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται η δυνατότητα για βελτιωμένη απόδοση τα αμέσως επόμενα δευτερόλεπτα ή λεπτά μετά την προ-ενεργοποίηση. Αντίθετα, όταν ο όγκος της προ-ενεργοποίησης είναι μεγάλος αυτή η δυνατότητα εμφανίζεται μετά από μεσολάβηση μέτριας περιόδου αποκατάστασης διάρκειας 4-8 λεπτών (Tillin & Bishop, 2009).

Τα αποτελέσματα των ερευνών δεν οδηγούν σε ξεκάθαρη απάντηση στο ζήτημα. Παρότι η τάση δείχνει ότι η βελτίωση της απόδοσης εμφανίζεται μετά από μέτριας διάρκειας χρόνο αποκατάστασης 4-12 λεπτών, ωστόσο υπάρχουν καταγραφές άμεσης επίδρασης της ΜΔΕ λίγα δευτερόλεπτα μετά την προ-ενεργοποίηση. Αυτή η δυσαρμονία σχετίζεται με την διαφορετική μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθεί κάθε ερευνητής και σε πολλές περιπτώσεις έχει να κάνει με τους λοιπούς παράγοντες που συνδιαμορφώνουν το φαινόμενο όπως για παράδειγμα το προπονητικό επίπεδο ή τα ατομικά χαρακτηριστικά που θα αναλυθούν στη συνέχεια. Θα πρέπει κατά συνέπεια να γίνεται κάθε φορά εξατομικευμένος καθορισμός του ιδανικού χρόνου αποκατάστασης μέσα από τη μέθοδο δοκιμής και σφάλματος (Sale, 2002).

2.5.3 Ενδοατομικά χαρακτηριστικά

2.5.3.1 Κατανομή τύπου μυϊκών ινών

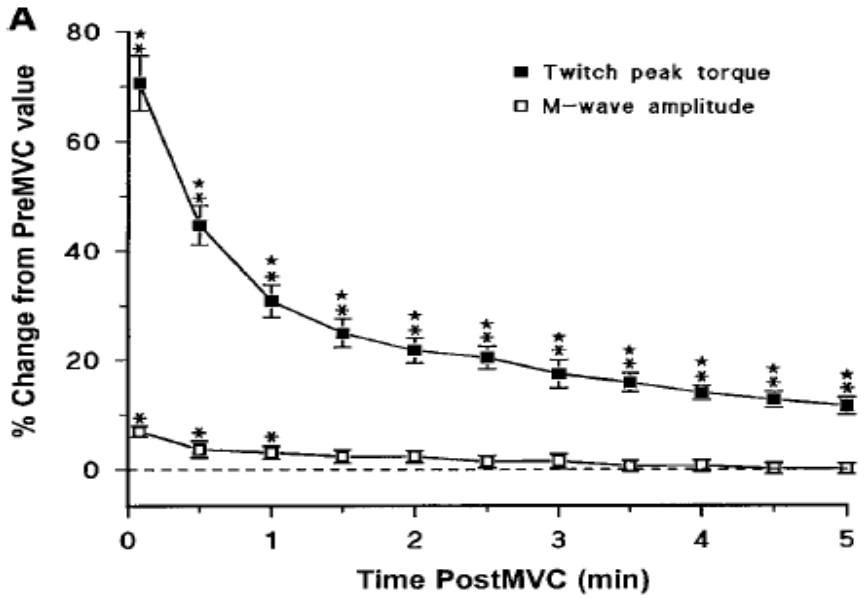
Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες οι οποίοι εμπλέκονται στη ΜΔΕ, είναι η κατανομή του τύπου μυϊκών ινών των δοκιμαζόμενων. Σε έρευνα των Hamada και συνεργατών (2000) αναφέρεται πως όταν υπάρχει μεγαλύτερη ποσοστιαία κατανομή μυϊκών ινών τύπου ΙΙ εμφανίζεται μεγαλύτερη ΜΔΕ αλλά ταυτόχρονα και κόπωση. Ακολουθήθηκε ένα πρωτόκολλο όπου αξιολογήθηκαν στοιχεία απόδοσης σε εξωτερικά προκλειόμενη σύσπαση στον τετρακέφαλο μηριαίο μέσω ηλεκτροδίων, πριν και μετά το ερέθισμα προ-ενεργοποίησης, σε τακτικά διαστήματα των 30 δευτερολέπτων. Οι συμμετέχοντες που κατέγραψαν την μεγαλύτερη και την μικρότερη ΜΔΕ υποβλήθηκαν σε μυο-βιοψία για να προσδιοριστεί η ποσοστιαία κατανομή του τύπου των μυϊκών ινών. Έτσι αφού στην ανάλυση της απόδοσης ελήφθη υπόψη η ποσοστιαία αναλογία του τύπου των μυϊκών ινών, οι ερευνητές κατέληξαν σε δυο βασικά ευρήματα. Η ομάδα που κατέγραψε την υψηλότερη ΜΔΕ, δηλαδή την



Γραφική παράσταση 3. *Μεταβολή από την αρχική (ενιαία γραμμή) στην αμέσως πρώτη (5") καταγραφή (διακεκομμένη γραμμή) στη σύσπαση και στο κύμα-Μ στην υποομάδα με χαμηλά ποσοστά τύπου ΙΙ (αριστερά) και με υψηλά (δεξιά) (Hamada et al., 2000).*

μεγαλύτερη βελτίωση στην απόδοση μετά την προ-ενεργοποίηση, είχε υψηλότερη ποσοστιαία αναλογία μυϊκών ινών τύπου ΙΙ συγκριτικά με την ομάδα που είχε τη

μικρότερη απόδοση. Συγκεκριμένα η ομάδα με το μεγαλύτερο ποσοστό σε γρήγορες τύπου ΙΙ μυϊκές ίνες εμφάνισε σημαντικά μεγαλύτερη μέγιστη ροπή (250 vs. 171 N·m; P<.01) κυρίως αμέσως μετά την προ-ενεργοποίηση, και μεγαλύτερο εύρος στην ηλεκτρομυογραφική καταγραφή του κυματισμού Μ *(γραφική παράσταση 3)*. Αυτό συνδέεται με την αύξηση της παρουσίας ιόντων νατρίου και καλίου με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση κινητικών μονάδων υψηλής διεγερσιμότητας (Rixon et al., 2007; Crewther et al., 2011). Το δεύτερο εύρημα που αξιολογήθηκε ως σημαντικό ήταν η αρνητική συσχέτιση που βρέθηκε ανάμεσα στην ΜΔΕ και το χρόνο επίτευξης μέγιστης ροπής (r=-.73, p<.001) (*Γραφική παράσταση 4*).



Γραφική παράσταση 4. *Εκατοστιαία μεταβολή στη μέγιστη ροπή και το κύμα Μ μετά από μέγιστη εκούσια συστολή 10 δευτερολέπτων (Hamada et al., 2000).*

Οι Terzis και συνεργάτες (2009) κατέγραψαν συγκριτικά μεγαλύτερη συσχέτιση ανάμεσα στην εγκάρσια διατομή των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ και τη ΜΔΕ (r=.76, p<.01), από ότι ανάμεσα στην ποσοστιαία αναλογία του αριθμού των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ και τη ΜΔΕ (r=.69, p<.01). Οδηγήθηκαν λοιπόν στο συμπέρασμα πως ο αριθμός των μορίων μυοσίνης είναι ίσως πιο σημαντικός από τον αριθμό των μυϊκών κυττάρων τύπου ΙΙ. Αυτό εξηγείται θεωρητικά από τα μηχανισμό αυξημένης φωσφορυλίωσης των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης που προκαλεί η προ-ενεργοποίηση, καθώς περισσότερα μόρια μυοσίνης θα υποστούν αυτή την αύξηση με συνέπεια να έχουμε προσθετική επίδραση στην κατεύθυνση της βελτίωσης της

απόδοσης. Επιπλέον, όταν τα αποτελέσματα αξιολογήθηκαν ομαδοποιημένα σε 2 ομάδες ανάλογα με την ποσοστιαία κατανομή μυϊκών ινών τύπου ΙΙ (> ή <55% τύπου ΙΙ) των συμμετεχόντων, η ομάδα με το μεγαλύτερο ποσοστό «γρήγορων» μυϊκών ινών εμφάνισε μεγαλύτερη βελτίωση στην απόδοση (8.7±4%, $p<.01$) συγκριτικά με εκείνη με το μικρότερο ποσοστό (0.6±5%, $p<.01$). Αντίθετα, μέτριος βρέθηκε ο συντελεστής συσχέτισης ($r=.50$, $p<.05$) ανάμεσα στη ΜΔΕ και στη μυϊκή δύναμη (6 ΜΕ). Συνεπώς, πιο σημαντική φαίνεται να είναι η ποσοστιαία κατανομή και η εγκάρσια διατομή των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ, παρά η μυϊκή δύναμη.

Η αύξηση λοιπόν της νευρομυϊκής διεγερσιμότητας και η φωσφορυλίωσης των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης είναι μεγαλύτερη στις μυϊκές ίνες τύπου ΙΙ, με αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερη ΜΔΕ. Η εγκάρσια διατομή και η ποσοστιαία αναλογία των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ φαίνεται να αποτελούν ισχυρότερο παράγοντα από ότι η μυϊκή δύναμη που θα αναλυθεί στη συνέχεια.

2.5.3.2 Μυϊκή δύναμη

Εξίσου σημαντικό παράγοντα αποτελεί το επίπεδο μυϊκής δύναμης των δοκιμαζόμενων, που μπορεί μερικώς να καθορίσει την απόκριση στην ΜΔΕ μετά από προ-ενεργοποίηση. Στις έως σήμερα μελέτες έχουν χρησιμοποιηθεί δείγματα με ποικίλα επίπεδα αρχικής δύναμης. Σε κάποιες από αυτές, δεν φαινόταν κάποια σημαντική βελτίωση στην απόδοση μετά από την προ-ενεργοποίηση, παρά μόνο όταν γινόταν διαχωρισμός του δείγματος ανάλογα με την αρχική μυϊκή δύναμη σε «δυνατούς» και «αδύναμους» (Hamada et al., 2000; Chiu et al., 2003). Συγκεκριμένα οι Chiu και συνεργάτες (2003) αρχικά ανέφεραν πως δεν υπήρχε καμία μεταβολή στην απόδοση όταν το δείγμα αναλύθηκε στο σύνολό του αδιαίρετο. Ωστόσο όταν αναλύθηκε χωρισμένο σε 2 ομάδες με βάση την δύναμη, καταγράφηκε σημαντική μεταβολή στην επίδοση. Επιπλέον σε μελέτη των Young και συνεργατών (1998) και των Duthie και συνεργατών (2002) αναφέρθηκαν υψηλές συσχετίσεις ανάμεσα σε μετρήσεις δύναμης και την βελτίωση στην απόδοση μετά από προ-ενεργοποίηση ($r=.73$ και $r=.66$ αντίστοιχα). Επίσης οι Gourgoulis και συνεργάτες (2003) ανέφεραν βελτίωση της τάξης του 4% ($p<.05$) στο CMJ μόνο σε όσους μπορούσαν να σηκώσουν 160 κιλά σε ημι-κάθισμα, ενώ οι υπόλοιποι σημείωσαν αμελητέα βελτίωση 0.4% ($p<.05$). Επιβεβαίωση υπήρξε και από την μελέτη των Kilduff και συνεργατών (2007), στην οποία η καταγεγραμμένη μυϊκή δύναμη (απόλυτη και σχετική) φαίνεται να επηρέασε την ΜΔΕ, αφού σημειώθηκε μέτρια θετική συσχέτιση ανάμεσα στην απόλυτη και τη σχετική δύναμη τόσο των κάτω άκρων ($r=.63$; $p<.009$) όσο και των άνω ($r=.59$; $p<.004$), με την επίδοση σε δοκιμασίες ισχύος 12 λεπτά μετά από προ-ενεργοποίηση μεγάλης έντασης. Τα ευρήματα αποδόθηκαν στη μεγαλύτερη αντοχή στην κόπωση αφού με την υψηλής έντασης προ-ενεργοποίηση αύξησαν την νευρομυϊκή ενεργοποίηση, που επέδρασε τόσο στο αντανακλαστικό Hoffman όσο και στην αύξηση της φωσφορυλίωσης των ρυθμιστικών ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης. Άλλωστε η μυϊκή δύναμη διατηρεί ευθεία σχέση με την ποσοστιαία κατανομή των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ ΜΔΕ (Aagaard & Andersen, 1998) που όπως είδαμε συνδέεται με την ΜΔΕ αφού αυτού του τύπου οι μυϊκές ίνες εμφανίζουν μεγαλύτερη φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης (Moore & Stull, 1984). Υπέθεσαν λοιπόν οι μελετητές πως τα δυνατότερα άτομα έχουν υψηλότερο ποσοστό γρήγορων μυϊκών ινών τύπου ΙΙ και έτσι

εμφανίζουν μεγαλύτερη ΜΔΕ. Οι Yetter και συνεργάτες (2008) ανέφεραν μεγαλύτερη βελτίωση 5.4% στο χρόνο του δρόμου ταχύτητας 40 μέτρων για τους πιο δυνατούς συμμετέχοντες ενώ οι λιγότερο δυνατοί βελτίωσαν την επίδοσή τους κατά 1.4%. Τέλος στη μελέτη των Jo και συνεργατών (2010) αναφέρθηκε συσχέτιση (r=-.77) ανάμεσα στη σχετική δύναμη 1 ΜΕ με το χρόνο αποκατάστασης που απαιτήθηκε για βελτίωση της απόδοσης. Οι δυνατότεροι δοκιμαζόμενοι με σχετική δύναμη μεγαλύτερη από 1,5 φορά το σωματικό τους βάρος, είχαν την μεγαλύτερη βελτίωση 5 – 10 λεπτά μετά την προ-ενεργοποίηση, ενώ οι λιγότερο δυνατοί μετά από 15-20 λεπτά. Σύμφωνα με τους ερευνητές η ισορροπία ανάμεσα στην ΜΔΕ και την κόπωση μεταβάλλεται ανάλογα με την σχετική δύναμη.

Συνεπώς, οι δοκιμαζόμενοι με υψηλή μυϊκή δύναμη (σχετική 1 ΜΕ>1.5 × σωματική μάζα) μπορούν να εμφανίσουν μεγαλύτερη ΜΔΕ μετά από αποκατάσταση 4-10 λεπτών. Γεγονός που αποδίδεται στην ύπαρξη μεγαλύτερου ποσοστού μυϊκών ινών τύπου ΙΙ, που οφείλεται τόσο σε γενετικούς παράγοντες όσο και σε χρόνιες προπονητικές προσαρμογές. Μπορούμε λοιπόν να πούμε πως η δύναμη σχετίζεται με την ΜΔΕ με έμμεσο τρόπο μέσω της ποσοστιαίας αναλογίας των μυϊκών ινών.

2.5.3.3 Προπονητικό επίπεδο

Το προπονητικό επίπεδο των δοκιμαζόμενων αποτελεί ακόμα ένα παράγοντα που μπορεί να επηρεάσει την απόδοση μετά από το ερέθισμα προ-ενεργοποίησης, κυρίως μέσω των προπονητικών προσαρμογών που συντελούνται από την προπόνηση. Αποτελεί δε την άλλη όψη του ίδιου νομίσματος αφού ένας υψηλού επιπέδου αθλητής εμφανίζει υψηλά ποσοστά μυϊκών ινών τύπου ΙΙ και κατά συνέπεια υψηλά επίπεδα δύναμης.

Σε μελέτη των Chiu και συνεργατών (2003) αφού διαχώρισαν το δείγμα τους σε αθλητές υψηλού (εθνικού ή διεθνούς) επιπέδου και σε μέτρια γυμνασμένους, κατέγραψαν βελτίωση (1-3%) για τους πρώτους σε αλματικές δοκιμασίες ισχύος με επιβάρυνση (CMJ και DJ), 5-7 λεπτά μετά από προ-ενεργοποίηση με 5 σετ του ενός ημι-καθίσματος με ένταση στο 90% της 1 ΜΕ. Αντίθετα η ομάδα με το χαμηλότερο προπονητικό επίπεδο παρουσίασε μειωμένη απόδοση 1-4%. Οι ερευνητές υπέθεσαν πως η συστηματική υψηλού επιπέδου προπόνηση ισχύος μπορεί να βελτιώσει την

αντοχή στην κόπωση και να οδηγηθούμε έτσι σε βελτίωση της απόδοσης. Τα ευρήματα επιβεβαίωσαν προγενέστερα ευρήματα των Hamada και συνεργατών (2000) που ανέφεραν αυξημένη ΜΔΕ στον τρικέφαλο κνημιαίο σε αθλητές τριάθλου και μεγάλων αποστάσεων σε σύγκριση με μέτρια προπονημένους δοκιμαζόμενους. Μάλιστα οι τριαθλητές παρουσίασαν μεγαλύτερη ΜΔΕ τόσο από τους δρομείς μεγάλων αποστάσεων όσο και από τους μέτρια γυμνασμένους στο δελτοειδή, μυϊκή ομάδα που οι συγκεκριμένοι αθλητές γυμνάζουν συστηματικά. Εύλογα λοιπόν κατέληξαν στο συμπέρασμα πως η ΜΔΕ είναι μεγαλύτερη στους καλά προπονημένους αθλητές και μάλιστα στους εξειδικευμένους μύες που συμμετέχουν στο άθλημα.

Η μελέτη μετα-ανάλυσης των αποτελεσμάτων από 32 έρευνες των Wilson και συνεργατών (2013) αναφέρει ασήμαντο, μικρό και μέτριο μέγεθος επίδρασης στη βελτίωση της απόδοσης μετά από προ-ενεργοποίηση σε απροπόνητους, μέτρια γυμνασμένους και υψηλού προπονητικού επιπέδου δοκιμαζόμενους αντίστοιχα (*πίνακας 2*). Επιπλέον αθλητές με προπονητική εμπειρία στην προπόνηση αντιστάσεων μεγαλύτερη των 3 ετών, εμφανίζουν βέλτιστη ανταπόκριση στη ΜΔΕ. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι με την προπονητική προσαρμογή ευνοείται η κυριαρχία της ΜΔΕ έναντι της κόπωσης αφού παρουσιάζεται αυξημένη φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης και μεγαλύτερη αντίσταση στην κόπωση.

Συνοψίζοντας, οι αθλητές υψηλού επιπέδου και δη οι αθλητές ισχύος μπορούν να εμφανίσουν μεγαλύτερη ΜΔΕ από τους αγύμναστους αφού παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα διεγερσιμότητας, και αντίστασης στην κόπωση. Η ΜΔΕ λοιπόν στο συγκεκριμένο πεδίο σχετίζεται περισσότερο με την προπόνηση και τις χρόνιες προσαρμογές που προκαλεί παρά με τα γενετικά γνωρίσματα τα οποία άλλωστε μπορούν να μεταβληθούν από την προπόνηση.

2.5.3.4 Φύλο

Οι σχετικές έρευνες εμφανίζουν αντικρουόμενα αποτελέσματα γύρω από την επίδραση του φύλου στην ΜΔΕ. Στη μελέτη των Rixon και συνεργατών (2007), οι άνδρες παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά από τις γυναίκες (+2.9% και +1.2% αντίστοιχα) στη βελτίωση στο ύψος στο κάθετο άλμα 3 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση. Θα πρέπει όμως να σημειώσουμε ότι στη μελέτη αυτή δεν έχει διερευνηθεί αν υπάρχει κάποια διαφορά στην ποσοστιαία αναλογία του τύπου μυϊκών ινών ανάμεσα στα δυο φύλα, που ίσως να εξηγεί τη διαφορά στην ΜΔΕ. Αντίθετα σε σχετική μελέτη των Cochrane και συνεργατών (2009) η παράμετρος του φύλου δεν φάνηκε να παίζει κάποιο καθοριστικό ρόλο. Επίσης οι Terzis και συνεργάτες (2009) όπου αξιολόγησαν μια απλή ριπτική δοκιμασία στη σφαιροβολία μετά από προ-ενεργοποίηση με άλματα βάθους, κατέγραψαν μόνο μια τάση μεγαλύτερης βελτίωσης των ανδρών έναντι των γυναικών, που όμως αποδόθηκε στην σημαντική διαφορά που εξαρχής υπήρχε ανάμεσα στα 2 φύλα τόσο στην ποσοστιαία αναλογία όσο και στην εγκάρσια διατομή των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ. Τέλος στην μετα-ανάλυση των Wislson και συνεργατών (2013) αναφέρεται ότι η παράμετρος του φύλου δεν επηρεάζει την ΜΔΕ, αφού η μέση συνολική τιμή μεγέθους επίδρασης είναι χαμηλή τόσο όταν αναλύονται τα δεδομένα για τους άνδρες (ES=.42) όσο για τις γυναίκες (ES=.20) αλλά και συνολικά (ES=.21).

Συμπερασματικά, δεν υπάρχουν ξεκάθαρα στοιχεία ώστε να στοιχειοθετηθεί ότι το φύλλο από μόνο του μπορεί να επηρεάζει ευθέως την ΜΔΕ, παρά μόνο έμμεσα μέσα από τις διαφορές που πιθανά να υπάρχουν σε άλλους παράγοντες όπως για παράδειγμα η ποσοστιαία αναλογία ή η εγκάρσια διατομή των μυϊκών ινών τύπου ΙΙ.

2.5.4 Χαρακτηριστικά της επακόλουθης κύριας δραστηριότητας

Μία επιπλέον παράμετρος που καθορίζει τη βελτίωση της απόδοσης, είναι ο τύπος της κύριας δραστηριότητας που ακολουθεί την προ-ενεργοποίηση. Υπάρχουν πολλές μελέτες γύρω από την ΜΔΕ που χρησιμοποίησαν διαφορετικού τύπου δοκιμασίες όπως μέγιστες εκούσιες ισομετρικές συσπάσεις, ισοκινητικές, ή σύνθετες δυναμικές.

Ένα συγκεκριμένο είδος ερεθίσματος μπορεί να εμφανίσει διαφορετική επίδραση σε διαφορετικού είδους επακόλουθες δυναμικές δοκιμασίες. Σημαντική είναι η συσχέτιση (r=0.65 - 0.75) ανάμεσα στην ισομετρική και την δυναμική σύσπαση ως προς τον ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης, αλλά και ανάμεσα στην ισομετρικού και δυναμικού τύπου μέγιστη δύναμη (r=.66 - 0.77) (Haff et al., 1997; Blazevic et al., 2002). Φαίνεται να υπάρχει λοιπόν ξεκάθαρη σχέση ανάμεσα στα τεστ που μετράνε ισομετρικά ή δυναμικά παραμέτρους της δύναμης ή της ισχύος. Ωστόσο, στις ισομετρικού τύπου συσπάσεις η ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων ακολουθούν το ιεραρχικό μοντέλο της προοδευτικής κατά μέγεθος επιστράτευσης, ενώ στις δυναμικού τύπου συσπάσεις η νευρομυϊκή ενεργοποίηση επηρεάζεται από τη σχετική θέση και γωνία της άρθρωσης μέσα στο εύρος κίνησης. Αλλά και η δυνατότητα αξιοποίησης της ελαστικής ενέργειας που παράγεται από τα ελαστικά στοιχεία του μυοτενόντιου συνόλου κατά τον κύκλο σύσπασης – χαλάρωσης που υπάρχει στις δυναμικού τύπου συσπάσεις, είναι ένα στοιχείο που δεν υφίσταται στις ισομετρικές (Newton et al., 1997; Wilson et al., 1991). Στις ισομετρικού τύπου δοκιμασίες η απουσία του κύκλου σύσπασης χαλάρωσης δεν βοηθάει στην αξιοποίηση των μυϊκών ελαστικών στοιχείων σε δυναμικές δραστηριότητες (Baker et al., 1994). Οδηγούμαστε λοιπόν στην υπόθεση πως η βελτίωση στην απόδοση μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από την ομοιότητα του κινητικού και βιο-μηχανικού προτύπου της προ-ενεργοποίησης με την κύρια επακόλουθη δοκιμασία (Ebben & Watts, 1998; Ebben, 2002). Σε μελέτη των French και συνεργατών (2003) μέτρησαν την επίδοση στην ισοκινητική έκταση γόνατος, CMJ, άλματα βάθους, και 5-λεπτο ποδηλατικό σπριντ, πριν και 3 δευτερόλεπτα μετά από την προ-ενεργοποίηση μέγιστων εκούσιων εκτάσεων του γόνατος. Ανέφεραν σημαντική βελτίωση στο ύψος και το ρυθμό ανάπτυξης δύναμης στα άλματα βάθους καθώς και στην έκταση του γόνατος (+5%, +9.5% και +6.1% αντίστοιχα, p<.05), χωρίς αξιόλογη μεταβολή στα υπόλοιπα. Οι ερευνητές απέδωσαν τη μεταβολή στα συγκεκριμένα μεγέθη στην ομοιότητα ως προς το χρόνο μυϊκής ενεργοποίησης (<0.25 δευτερόλεπτα) ανάμεσα στη σύσπαση προ-ενεργοποίησης και τα άλματα βάθους. Στα συμπεράσματα ανέφεραν ότι η ΜΔΕ είναι περισσότερο πιθανό να εμφανιστεί σε δραστηριότητες που απαιτούν εκρηκτική μυϊκή ενεργοποίηση. Επιπλέον, γνωρίζουμε πως η δυνατότητα βελτίωσης σε δοκιμασία ισχύος μετά από προ-ενεργοποίηση είναι

ελάχιστη όσο πλησιάζουμε στα άκρα της ταχο-δυναμικής καμπύλης (σχήμα C). Αυτό σημαίνει ότι με την ΜΔΕ δεν αναμένεται να παρουσιαστεί βελτίωση στην απόδοση σε δραστηριότητες που απαιτούν ακραίες τάσεις μέγιστης ισομετρικής δύναμης ή μέγιστης ταχύτητας μυϊκής συστολής, παρά μόνο σε υπομέγιστες επιβαρύνσεις και ταχύτητες μυϊκής συστολής. Βελτίωση που καταγράφεται κυρίως στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (Vandenboom et al., 1993; Sale, 2002). Οι Gilbert και συνεργάτες (2005) αφού εφάρμοσαν 5 σετ της 1 επανάληψης στο 100% της 1 ΜΕ, κατέγραψαν βελτίωση στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης στην μέγιστη εκούσια ισομετρική σύσπαση μετά από 15-λεπτη (+10%) και 20-λεπτη (+13%), ενώ η απόδοση στη μέγιστη δύναμη παρέμεινε αμετάβλητη.

Συνοψίζοντας, για να ευνοηθεί η ΜΔΕ θα πρέπει ο χειρισμός προ-ενεργοποίηση να έχει κοινά βιο-μηχανικά και κινητικά στοιχεία με την επακόλουθη κύρια δραστηριότητα. Η βελτίωση αυτή φαίνεται πως μπορεί να προκληθεί όταν η επακόλουθη δραστηριότητα εμφανίζει όχι ακραίες αλλά υπο-μέγιστες απαιτήσεις σε δύναμη και ταχύτητα σύσπασης, είναι δηλαδή εκρηκτικής ενεργοποίησης δοκιμασίες ισχύος.

2.6 Επίδραση της Μετα-διεγερτικής Ενεργοποίησης στις παραμέτρους που σχετίζονται με την εκκίνηση.

Οι περισσότερες μελέτες εξετάζουν την επίδραση της ΜΔΕ σε δοκιμασίες επίδοσης στα άλματα ή σε μετρήσεις έκτασης του γόνατος. Σε σχέση με τους δρόμους ταχύτητας, οι λιγοστές έρευνες έχουν ασχοληθεί κυρίως με την επίδραση της ΜΔΕ σε δοκιμασίες που αφορούν στην επίδοση σε σύντομους δρόμους ταχύτητας. Αναλυτικότερα οι McBride και συνεργάτες (2005) ανέφεραν σημαντική βελτίωση (0.87%, p=.018) στην επίδοση στο δρόμο ταχύτητας 40 μέτρων μετά από 3 ημι-καθίσματα στο 90% της 1ΜΕ. Βελτίωση 2.6% και 1.77% στην επίδοση στο δρόμο ταχύτητας στα 10 και 30 μέτρα αντίστοιχα κατέγραψαν και οι Chatzopoulos και συνεργάτες (2007), 5 λεπτά μετά από προ-ενεργοποίηση 1 σειράς των 10 επαναλήψεων ημι-καθισμάτων με αντίσταση σε ένταση 90% της 1ΜΕ. Επιπλέον οι Rahimi και συνεργάτες (2007) κατέγραψαν βελτίωση 3% στην επίδοση στο δρόμο ταχύτητας 40 μέτρων, 4 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση με 2 σειρές των 4

επαναλήψεων ημι-καθίσματα στο 80% της1 ΜΕ. Βελτίωση στη μέση ταχύτητα βρήκαν και οι Yetter και Moir (2008) στο δρόμο ταχύτητας 40 μέτρων μετά από μεσαίας έντασης ημι-καθίσματα.

Οι Till και Cooke (2009) παρότι δεν βρήκαν στατιστικά σημαντική επίδραση της ΜΔΕ στο σπριντ στα 10 και 20 μέτρα, ωστόσο παρατήρησαν τάση βελτίωσης της μέσης επίδοσης και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η δρομική ταχύτητα δέχτηκε θετική επίδραση από την ΜΔΕ. Παρομοίως οι Bevan και συνεργάτες (2011) μελέτησαν την επίδοση σε δρόμους ταχύτητας 10 μέτρων σε 16 επαγγελματίες αθλητές ράγκμπι, 4, 8, 12, και 16 λεπτά μετά από προ-ενεργοποίηση υψηλής έντασης (1σετ των 3 επαναλήψεων στο 91% της ΜΕ). Παρότι δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση, όταν μελετήθηκαν ξεχωριστά τα ατομικά δεδομένα, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στο χρόνο τόσο στα 5 όσο και στα 10 μέτρα. Οι μελετητές κατέληξαν πως η απόδοση στους δρόμους ταχύτητας μπορεί να βελτιωθεί μετά από ερέθισμα προ-ενεργοποίησης αφού παρεμβληθεί επαρκές και προσωποποιημένο κάθε φορά διάστημα αποκατάστασης.

Η επίδραση της ΜΔΕ στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα παραμένει ωστόσο αδιευκρίνιστη αφού δεν υπάρχουν μέχρι σήμερα μελέτες που να εξετάζουν απευθείας τη σχέση.

2.7 Αξιοπιστία στην απόδοση του χρόνου αντίδρασης από βατήρα εκκινήσεων.

Η αξιοπιστία στη μέτρηση του χρόνου αντίδρασης από βατήρα εκκινήσεων αναφέρεται στην επαναληψιμότητα της μέτρησης ώστε να ελέγξουμε τη μεταβλητότητα που μπορεί να υπάρχει από μέτρηση σε μέτρηση και να εκτιμηθεί το τυπικό σφάλμα ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες του ίδιου προσώπου με χρήση του ίδιου εξοπλισμού από τον ίδιο ερευνητή μέσα στην ίδια ημέρα (intra-day reliability) ή ανάμεσα σε διαφορετικές ημέρες (inter-day reliability). Αυτή η μεταβλητότητα μπορεί να προκύπτει από ενδογενείς βιολογικούς-προσωπικούς παράγοντες ή από εξωγενείς όπως το περιβάλλον ή ο εξοπλισμός (Hopkins, 2000; Bradshaw et al., 2007). Συνεπώς η αξιοπιστία έχει να κάνει τόσο με τη μέθοδο όσο και με το όργανο μέτρησης.

Σε μελέτη των Highton και συνεργατών (2012) όπου έγινε έλεγχος αξιοπιστίας σε 12 αθλητές πανεπιστημιακού πρωταθλήματος βρέθηκε υψηλή αξιοπιστία στους δρόμους ταχύτητας 30 μέτρων στις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στην επίδοση τόσο εντός της ίδιας ημέρας (intra-day CV%: 2.8% στα 10 μέτρα, 1.7% στα 20 μέτρα και 1.8% στα 30 μέτρα), όσο και σε διαφορετικές ημέρες (inter-day CV%: 4.2% στα 10 μέτρα, 2.8% στα 20 και 2.2% στα 30). Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαίωσαν προγενέστερα σχετικά ευρήματα μελέτης των Spencer και συνεργατών (2006) που εξετάζοντας την επίδοση σε επαναλαμβανόμενους δρόμους ταχύτητας 30 μέτρων σε 10 υψηλού επιπέδου αθλητές του χόκεϊ επί χόρτου, ανέφεραν υψηλή αξιοπιστία ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες αφού καταγράφηκε πολύ μικρό τυπικό σφάλμα 0.7% (επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, 0.5-1.2%).

Οι Duthie και συνεργάτες (2006) μελέτησαν την αξιοπιστία στην επίδοση στα 10 μέτρα ταχύτητας μετά από 3 διαφορετικού τύπου αυτόβουλες εκκινήσεις σε 15 αθλητές του ράγκμπι, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται στις μετρήσεις τους ο χρόνος αντίδρασης από το ηχητικό ερέθισμα του αφέτη έως την πρώτη εκδήλωση κίνησης. Ο δείκτης ενδο-ταξικής συσχέτισης (Intra-class Coefficient Corelation) βρέθηκε 0,86, 0,92 και 0,92 αντίστοιχα για κάθε μια από τις 3 διαφορετικού τύπου εκκινήσεις. Ωστόσο, στα συμπεράσματά τους οι μελετητές αναφέρουν πως το μικρότερο τυπικό σφάλμα κατά τις τρείς συνθήκες ήταν μεγαλύτερο από κάθε μεταβολή που σημειώθηκε στην επίδοση στο δρόμο ταχύτητας 10 μέτρων, με αποτέλεσμα να καθίσταται αδύνατη η όποια σύγκριση ανάμεσα στις πειραματικές συνθήκες.

Συνεπώς όπως προκύπτει από την σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση η επίδοση στους δρόμους ταχύτητας σύντομης διάρκειας παρουσιάζεται συστηματικά σταθερή ανάμεσα σε επαναλαμβανόμενες προσπάθειες από τον ίδιο δοκιμαζόμενο. Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε πως υπάρχει υψηλή αξιοπιστία σε αυτό τον τομέα. Αντίθετα, δεν έχει προκύψει κάτι αντίστοιχο για το χρόνο αντίδρασης από βατήρα εκκινήσεων. Συνεπώς, πριν το κύριο σώμα της μελέτης, θα πρέπει να προηγηθεί της έλεγχος αξιοπιστίας στην επίδοση στο χρόνο αντίδρασης από βατήρα εκκινήσεων ώστε να διερευνηθεί το μέγεθος του τυπικού σφάλματος. Έτσι θα μπορούμε να αν το μέγεθος των ενδεχόμενων διαφορών που θα προκύψουν στην

επίδοση μπορούν να αποδοθούν στις εφαρμοζόμενες πειραματικές συνθήκες ή εμπίπτουν στο εύρος του τυπικού σφάλματος που θα καταγράψουμε στον έλεγχο αξιοπιστίας.

ΙΙΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 Πιλοτική μελέτη ελέγχου αξιοπιστίας εκκινήσεων

Στα πλαίσια της προτεινόμενης ερευνητικής αναζήτησης και προκειμένου οι απαντήσεις στις πειραματικές υποθέσεις να αποκτήσουν ισχύ, θα πρέπει να γίνει έλεγχος της αξιοπιστίας των δυο κύριων εξεταζόμενων παραμέτρων που πρόκειται να εξετάσουμε: του χρόνου αντίδρασης από βατήρα και της επίδοσης στα πρώτα μέτρα επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας. Γι αυτό το λόγο κρίθηκε απαραίτητο πριν από την πρόταση μελέτης, να προηγηθεί πιλοτική μελέτη για τον έλεγχο αξιοπιστίας των παραμέτρων εκκίνησης.

3.1.1 Πειραματική προσέγγιση πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας

Για να ελέγξουμε την αξιοπιστία στο χρόνο αντίδραση κατά τις εκκινήσεις, εξετάσαμε την επίδοση στη συγκεκριμένη μεταβλητή σε 3 επαναλαμβανόμενες εκκινήσεις από βατήρα σε μια συνάντηση. Προηγήθηκε μια συνάντηση σωματομετρήσεων και εξοικείωσης. Καταγράφηκε το τυπικό σφάλμα στις επιδόσεις ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες εντός της ίδιας ημέρας (intra-day) για να διαπιστωθεί η μεταβλητότητα στο χρόνο αντίδρασης από προσπάθεια σε προσπάθεια.

3.1.2 Δείγμα πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας

Το δείγμα ήταν 20 άνδρες ενεργοί αθλητές κλασικού αθλητισμού που ήταν εξοικειωμένοι με την εκκίνηση από βατήρα σε δρόμους ταχύτητας και προπονούνται συστηματικά σε αντίστοιχα αγωνίσματα τουλάχιστον κατά τους 12 τελευταίους μήνες, συγκέντρωνε δηλαδή παρόμοια χαρακτηριστικά με εκείνα που προβλέπει η κύρια μελέτη. Ήταν υγιείς και να απείχαν από οποιαδήποτε φαρμακευτική ή οποιαδήποτε ειδική διατροφική αγωγή. Επίσης εξασφαλίστηκε ότι πριν και κατά τις ημέρες των μετρήσεων ακολούθησαν τη συνηθισμένη διατροφική τους ρουτίνα και συνήθειες διαβίωσης καθώς και ότι 24 ώρες πριν από κάθε συνάντηση απείχαν από οποιαδήποτε μορφή έντονης στρεσογόνας προπονητικής επιβάρυνσης που θα

μπορούσε να επηρεάσει τον ερευνητικό σχεδιασμό και την εγκυρότητα της μέτρησης. Αφού έλαβαν ενημέρωση σχετικά με την έρευνα έδωσαν την έγγραφη δήλωση συγκατάθεσής τους για τη συμμετοχή σε αυτή.

3.1.3 Πειραματική διαδικασία πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας

Οι συμμετέχοντες προσήλθαν σε 3 διαφορετικές συναντήσεις με διαφορά 48 ωρών μεταξύ των συναντήσεων. Κατά την πρώτη συνάντηση αφού εξασφαλίστηκε η έγγραφη συγκατάθεση, έγιναν σωματομετρήσεις και ακολούθησαν εκκινήσεις εξοικείωσης όπου καταγράφηκαν οι προσωπικές ρυθμίσεις του βατήρα για καθέναν από τους συμμετέχοντες, που χρησιμοποιηθούν και στις επόμενες δυο συναντήσεις. Η 2η και η 3η συνάντηση που ήταν μεταξύ τους πανομοιότυπες, ξεκίνησαν με την ίδια προκαθορισμένη 20-λεπτη προθέρμανση και μετά από 5-λεπτη περίοδο ανάπαυσης ακολούθησαν 3 εκκινήσεις από βατήρα με 2-λεπτη απόσταση μεταξύ τους. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες, τα όργανα μέτρησης και διαδικασίες που χρησιμοποιήθηκαν είναι όμοιες με εκείνες που προβλέπονται για την κύρια μελέτη.

3.1.4 Όργανα μέτρησης πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας

Για τις εκκινήσεις χρησιμοποιηθεί βατήρας εκκινήσεων διεθνών προδιαγραφών (Stadium Starting Block). Όλα τα τυπικά παραγγέλματα της εκκίνησης («λάβετε θέσεις», «έτοιμοι», εκπυρσοκρότηση) δόθηκαν από την ψηφιακή συσκευή εκκίνησης – μέτρησης χρόνου αντίδρασης (Reac Time – Lynx System Developers, Inc) που προσαρμόστηκε στο πίσω τμήμα του βατήρα και συνδέθηκε ενσύρματα με κουμπί ενεργοποίησης εντολών που χειριζόταν ο μελετητής. Ο χρόνος ανάμεσα στο «λάβετε θέσεις» και το «έτοιμοι» καθοριζόταν κατά περίπτωση από τον μελετητή, ενώ ανάμεσα στο «έτοιμοι» και την εκπυρσοκρότηση ρυθμίστηκε να καθορίζεται αυτόματα από τη συσκευή σε τυχαία χρονικά διαστήματα στα 2,5 ±0,3 δευτερόλεπτα ώστε να αποφύγουμε το φαινόμενο της πρόβλεψης. Τα εξερχόμενα παραγγέλματα εκκίνησης έφταναν στον δοκιμαζόμενο μέσω του προσαρμοσμένου στη συσκευή μεγαφώνου που ρυθμίστηκε στο υψηλότερο επίπεδο έντασης της φωνής. Η συσκευή κατέγραψε το συνολικό χρόνο αντίδρασης δηλαδή το χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στο ηχητικό ερέθισμα

της εκκίνησης έως τη στιγμή που εκδηλώνεται η αρχική προωθητική ώθηση από τον αθλητή στο βατήρα με ακρίβεια 1/1000 του δευτερολέπτου.

Η επίδοση στα 3 μέτρα (t3) καταγράφηκε από ένα ζεύγος φωτοκυττάρων (Polifemo Radio Light – Migrogate, Italy) που ήταν συνδεδεμένα με τη συσκευή εκκίνησης. Η χρονομέτρηση ξεκινούσε με το ηχητικό ερέθισμα της εκκίνησης και τερματιζόταν όταν το σώμα του δοκιμαζόμενου «έκοβε» τη δέσμη ζεύξης του ζεύγους. Τα φωτοκύτταρα ήταν τοποθετημένα σε απόσταση 3 μέτρων από τη γραμμή εκκίνησης και σε ύψος 1 μέτρου από το έδαφος.

3.1.5 Διαδικασία μέτρησης πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας.

Κατά την πρώτη επίσκεψη αφού λάβαμε την έγγραφη συγκατάθεση για τη συμμετοχή στην πιλοτική μελέτη, καταγράψαμε τα σωματομετρικά στοιχεία: ηλικία, βάρος, ύψος, και στοιχεία σωματικής σύστασης με τη διαδικασία των 5 δερματοπτυχών. Στη συνέχεια έγινε η προσχεδιασμένη προθέρμανση (σχετικό παράρτημα: *Πρωτόκολλο Προθέρμανσης*) και ακολούθησαν εκκινήσεις από το βατήρα εκκινήσεων με 2λεπτο ενδιάμεσο διάλειμμα με σκοπό να εξοικειωθούν τόσο με τις διαδικασίες όσο και με τον εξοπλισμό, δηλαδή τον συγκεκριμένο τύπο βατήρα και το μηχανισμό εκκίνησης. Θα καταγραφούν επίσης οι προσωπικές ρυθμίσεις του βατήρα, όπως θα γίνουν από τον κάθε ένα συμμετέχοντα ώστε να χρησιμοποιηθούν και κατά τις επόμενες ημέρες. Κατά την πρώτη αυτή επίσκεψη θα γίνουν επίσης δοκιμαστικές λήψεις με τις κάμερες υψηλής ταχύτητας ώστε να γίνουν οι τελευταίες ρυθμίσεις. Αμέσως μετά από καθεμιά από τις πειραματικές συνθήκες, οι δοκιμαζόμενοι στέκονταν ήρεμα μπροστά από το βατήρα εκκίνησης που είχε τις προσωπικές για καθένα ρυθμίσεις. Η συσκευή μέτρησης του χρόνου αντίδρασης που θα είναι προσαρμοσμένο στο βατήρα θα δώσει όλα τα τυπικά παραγγέλματα εκκίνησης («λάβετε θέσεις», «έτοιμοι», ήχος εκπυρσοκρότησης) από το προσαρμοσμένο σε αυτή μεγάφωνο. Ο χρόνος ανάμεσα στο «λάβετε θέσεις» και το «έτοιμοι» θα καθορίζεται από τον μελετητή, ενώ ανάμεσα στο «έτοιμοι» και την εκπυρσοκρότηση θα ρυθμιστεί να καθορίζεται αυτόματα από τη συσκευή σε τυχαίο χρονικό διάστημα στα 2,5±0,3 δευτερόλεπτα ώστε να αποφύγουμε το φαινόμενο της πρόβλεψης.

3.1.6 Στατιστική ανάλυση πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας.

Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό λογισμικό πακέτο SPSS 17. Η στατιστική ανάλυση περιελάμβανε τον χρόνο αντίδρασης ανάμεσα στο ηχητικό σήμα εκκίνησης και τη στιγμή που καταγραφόταν στο βατήρα οριζόντια δύναμη ώθησης από τον αθλητή. Η αξιοπιστία (intra-subject reliability) ανάμεσα στις τρείς επαναλαμβανόμενες προσπάθειες, διερευνήθηκε εκτιμώντας το τυπικό σφάλμα. Το διάστημα εμπιστοσύνης ορίστηκε στο 95% και το επίπεδο σημαντικότητας στο 0,05%.

Η ανάλυση περιελάμβανε:

- Περιγραφική στατιστική (μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις)
- Έλεγχο ετεροσκοπικότητας (κανονικότητα και σφαιρικότητα)
- Έλεγχος δεικτών αξιοπιστίας και συγκεκριμένα του εκατοστιαίου συντελεστή μεταβλητότητας (CV%=SD/X×100), του δείκτη ενδο-ταξικής συσχέτισης (Intra-class Coefficient Correlation) και του συντελεστή αξιοπιστίας a-Cronbach's (Hopkins, 2000).

3.1.7 Αποτελέσματα πιλοτικής μελέτης αξιοπιστίας

Η ανάλυση των δεδομένων για το χρόνο αντίδρασης στις εκκινήσεις από βατήρα έδειξε πως υπάρχει υψηλή επαναληψιμότητα ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες. Τα αναλυτικά στοιχεία εμφανίζονται παρακάτω.

	Mean±SD	CV%	AVR	ICC	F	a-Cronbach
Μέτρηση Α	0.32 ± 0.22	86.2%				
Μέτρηση Β	0.29 ± 0.19	70.6%				
Μέτρηση Γ	0.31 ± 0.20	77.2%				
Σύνολο	0.31		0.938	0.976	41.6*	0.976

*n=20, p<0,05

Πίνακας 3. *Συγκεντρωτικά αποτελέσματα δεικτών ελέγχου αξιοπιστίας του χρόνου αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα.*

Αναλυτικότερα, παρατηρείται σταθερότητα στις μέσες τιμές στο χρόνο αντίδρασης από μέτρηση σε μέτρηση, παρά το μεγάλο εύρος της τυπικής απόκλισης.

Ωστόσο, τόσο ο υψηλός συντελεστής συσχέτισης ανάμεσα σε όλες τις προσπάθειες (r_{1-2}=0.92, r_{2-3}=0.953, και r_{1-3}=0.941) όσο και ο δείκτης ενδο-ταξικής συσχέτισης (ICC=0.976) φανερώνουν την ύπαρξη αξιοπιστίας (*πίνακας 4*). Το γεγονός αυτό υποστηρίζεται και από την τιμή του συντελεστή αξιοπιστίας a-Cronbach's ανάμεσα στις 3 επαναλήψεις που ήταν 0,976.

	Μέτρηση Α	Μέτρηση Β	Μέτρηση Γ
Μέτρηση Α	1	0.92	0.94
Μέτρηση Β	0.92	1	0.95
Μέτρηση Γ	0.94	0.95	1
Σύνολο			0.938

Πίνακας 4. *Συντελεστής συσχέτισης του χρόνου αντίδρασης ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες*

3.1.8 Συμπεράσματα

Η ανάλυση των δεδομένων μας οδήγησε στο κύριο συμπέρασμα πως παρότι υπάρχει υψηλή τυπική απόκλιση ανάμεσα στους δοκιμαζόμενους, ωστόσο η αξιοπιστία της μέτρησης, δηλαδή η επαναληψιμότητα, κινείται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Αξιοσημείωτοι καταγράφονται τόσο ο συντελεστής συσχέτισης ανάμεσα σε όλες τις προσπάθειες (r_{1-2}=0.92, r_{2-3}=0.953, και r_{1-3}=0.941) όσο και ο δείκτης ενδο-ταξικής συσχέτισης (ICC=0.976) που δείχνουν ότι οι επαναλαμβανόμενες προσπάθειες σε κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά εμφανίζει σχετική σταθερότητα, παρά τη διευρυμένη τυπική απόκλιση. Τα αποτελέσματα ελέγχου αξιοπιστίας στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των Chatzopoulos και συνεργατών (2014) που κατέγραψαν μέτρια προς υψηλή αξιοπιστία (ICC=0,79) σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις δοκιμασίας χρόνου αντίδρασης όπου 31 αθλήτριες καλούνταν να πατήσουν ένα κουμπί με τον δείκτη του κυρίαρχου χεριού αμέσως μόλις εμφανιστεί ένα φωτεινό οπτικό ερέθισμα (λάμπα led). Στην πιλοτική μας μελέτη, το μεγάλο εύρος της τυπικής απόκλισης που σημειώθηκε, μπορεί να αποδοθεί αφενός μεν στο γεγονός ότι το δείγμα που συμμετείχε παρουσίαζε μεγάλη ανομοιογένεια ως προς το προπονητικό επίπεδο αναφορικά με τις εκκινήσεις από βατήρα, με αποτέλεσμα οι χρόνοι αντίδρασης ανάμεσα στους συμμετέχοντες να εμφανίζουν ανομοιογένεια, αφετέρου δε στο μικρό

σχετικά δείγμα που ανίσχυρη τη απεικόνιση του συντελεστή μεταβλητότητας CV% (Vagenas, 2002; Pedhazur, 1997). Αυτή η διαπίστωση μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως για να αυξήσουμε την ισχύ της προτεινόμενης εργασίας, θα πρέπει να αυξήσουμε την ομοιογένεια του δείγματος και να συμπεριλάβουμε αθλητές κλασικού αθλητισμού με 2-ετή τουλάχιστον προπονητική εμπειρία στην εκκίνηση από βατήρα ώστε να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα που προκύπτει από αυτή.

3.2 Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 12 άνδρες ενεργοί αθλητές κλασικού αθλητισμού, εξοικειωμένοι με την εκκίνηση από βατήρα σε δρόμους ταχύτητας που προπονούνταν συστηματικά σε αντίστοιχα αγωνίσματα τουλάχιστον κατά τους 24 τελευταίους μήνες. Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων που καταγράφηκαν στη μελέτη.

Σωματομετρικά Χαρακτηριστικά

Ηλικία (έτη)	27,16 ±7,2
Σωματικό Βάρος (kg)	78,83 ±8,7
Σωματικό Ύψος (m)	1,79 ±0,3
Σωματικό Λίπος (%)	9,74 ±4,05

Πίνακας 5. *Σωματομετρικά χαρακτηριστικά δοκιμαζόμενων.*

Απαραίτητη προϋπόθεση ήταν να είναι υγιείς και να απέχουν από οποιαδήποτε φαρμακευτική ή ειδική διατροφική αγωγή. Επίσης εξασφαλίστηκε ότι πριν και κατά τις ημέρες των μετρήσεων ακολουθήθηκε η συνηθισμένη διατροφική τους ρουτίνα και συνήθειες διαβίωσης καθώς και ότι 24 ώρες πριν από κάθε συνάντηση απείχαν από οποιαδήποτε μορφή έντονης στρεσογόνας προπονητικής επιβάρυνσης που θα μπορούσε να επηρεάσει τον ερευνητικό σχεδιασμό και την εγκυρότητα της μέτρησης. Αφού έλαβαν ενημέρωση σχετικά με την έρευνα παραχώρησαν σε έγγραφη δήλωση συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους σε αυτή.

3.3 Όργανα μέτρησης

Για τις εκκινήσεις χρησιμοποιήθηκε βατήρας εκκινήσεων διεθνών προδιαγραφών (Stadium Starting Block). Όλα τα τυπικά παραγγέλματα της εκκίνησης («λάβετε θέσεις», «έτοιμοι», εκπυρσοκρότηση) δόθηκαν από την ψηφιακή συσκευή εκκίνησης – μέτρησης χρόνου αντίδρασης (Reac Time – Lynx System Developers, Inc) που είχε προσαρμοστεί στο πίσω τμήμα του βατήρα και ήταν συνδεδεμένη ενσύρματα με κουμπί ενεργοποίησης παραγγελμάτων που χειριζόταν ο μελετητής. Ο χρόνος ανάμεσα στο «λάβετε θέσεις» και το «έτοιμοι» καθοριζόταν κατά περίπτωση από τον μελετητή, ενώ ανάμεσα στο «έτοιμοι» και την εκπυρσοκρότηση ρυθμίστηκε έτσι ώστε να καθορίζεται αυτόματα από τη συσκευή σε τυχαία χρονικά διαστήματα στα 2.5 ±0.3 δευτερόλεπτα ώστε να αποφύγουμε το

φαινόμενο της πρόβλεψης. Τα εξερχόμενα παραγγέλματα εκκίνησης έφταναν στον δοκιμαζόμενο μέσω του προσαρμοσμένου στη συσκευή μεγαφώνου που ρυθμίστηκε στο υψηλότερο επίπεδο έντασης της φωνής. Η συσκευή κατάγραψε το συνολικό χρόνο αντίδρασης δηλαδή το χρόνο που μεσολάβησε ανάμεσα στο ηχητικό ερέθισμα της εκκίνησης έως τη στιγμή που εκδηλώθηκε η αρχική προωθητική ώθηση από τον αθλητή στο βατήρα με ακρίβεια 1/1000 του δευτερολέπτου.

Η επίδοση στα 3 μέτρα (t3) και στα 5 μέτρα (t5) καταγράφηκε από δυο ζεύγη φωτοκυττάρων (Polifemo Radio Light – Migrogate, Italy) που ήταν σε ασύρματη σύνδεση με τη συσκευή εκκίνησης. Το όργανο παρουσίασε υψηλά επίπεδα αξιοπιστίας (ICC=0,98) αφού σημειώθηκε υψηλή επαναληψιμότητα σε δέκα επαναλαμβανόμενες καταγραφές του χρόνου διέλευσης μιας μπάλας του τένις που αφηνόταν κάθετα σε ελεύθερη πτώση από τα 2,20 μέτρα και μετρούνταν ο χρόνος που απαιτήθηκε για να καλύψει την απόσταση από τα 2 μέτρα έως τα 0.50 μέτρα, όπου είχαν τοποθετηθεί οι δύο δέσμες φωτοκυττάρων. Αλλά και ο έλεγχος εγκυρότητας υπήρξε ικανοποιητικός, αφού οι καταγραφόμενες τιμές της συσκευής στο χρόνο διέλευσης της μπάλας, δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά από τον σταθερά υπολογιζόμενο χρόνο (Δt) πτώσης της μπάλας με βάση τους τύπους :

$$t2= \sqrt{\frac{2*(h1-h2)}{g}}$$

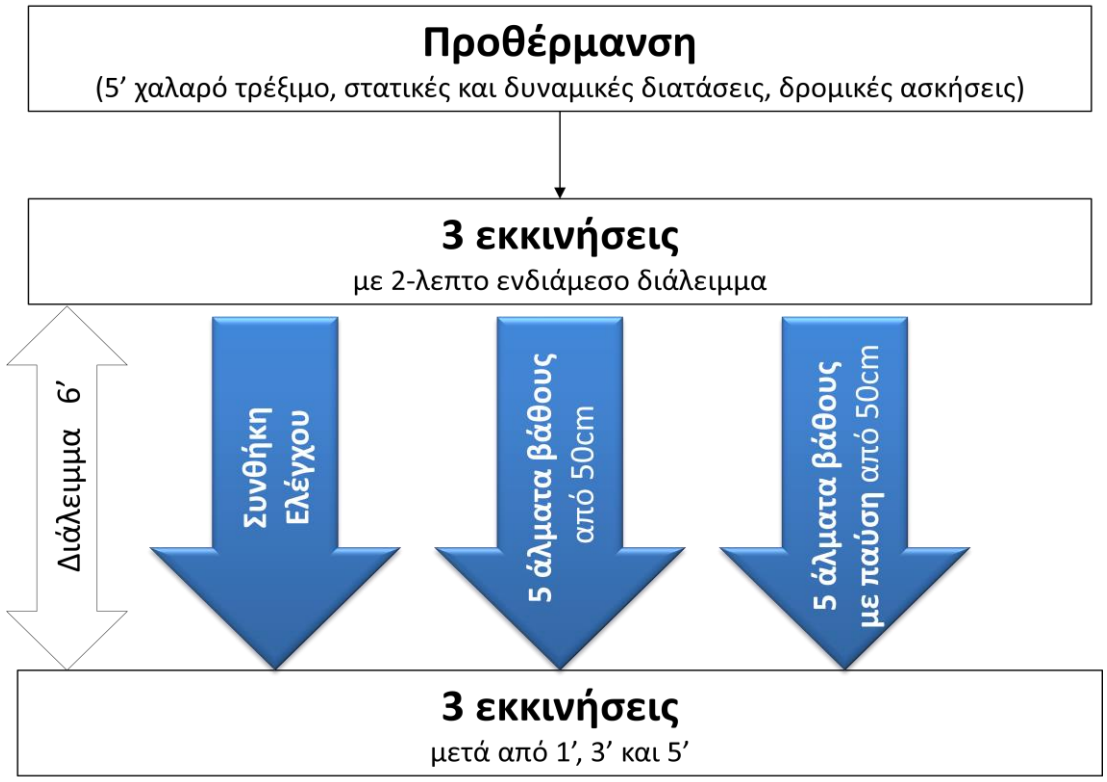
$$t3= \sqrt{\frac{2*(h2-h3)}{g}}.$$

$$\Delta t = t3 - t2$$

Το χρονόμετρο καταγραφής της επίδοση στα 3 και 5 μέτρα ενεργοποιούνταν με το ηχητικό ερέθισμα της εκκίνησης και κατέγραψε τους χρόνους όταν το σώμα του δοκιμαζόμενου «έκοβε» την δέσμη ζεύξης του αντίστοιχου ζεύγους. Τα φωτοκύτταρα τοποθετήθηκαν σε απόσταση 3 και 5 μέτρων από τη γραμμή εκκίνησης και σε ύψος 1 μέτρου από το έδαφος. Για την καταγραφή των κινηματικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δυο κάμερες υψηλής ταχύτητας (Casio, Elixim EX-F1, Tokio - Japan).

3.4 Πειραματική διαδικασία

Στην μελέτη διερευνήθηκε η επίδραση της ΜΔΕ με προ-ενεργοποίηση αλμάτων υψηλής έντασης, σε παραμέτρους κατά την εκκίνηση από βατήρα και τα πρώτα μέτρα της επιτάχυνσης σε δρόμους ταχύτητας. Ο κύριος σχεδιασμός της μελέτης ολοκληρώθηκε σε τρείς ημέρες, αφού προηγήθηκε μια σειρά προκαταρτικών συναντήσεων όπου έγινε εξοικείωση των συμμετεχόντων με τον εξοπλισμό και τις διαδικασίες καθώς και καταγραφή σωματομετρικών χαρακτηριστικών. Ο κύριος σχεδιασμός περιελάμβανε αρχικά την προθέρμανση και στη συνέχεια 2 σειρές από 3 εκκινήσεις για κάθε συμμετέχοντα με ενδιάμεσο διάλειμμα 6 λεπτών ανάμεσα στις σειρές, όπου καταγράφηκαν τόσο ο χρόνος αντίδρασης κατά την εκκίνηση, όσο και κινηματικά στοιχεία κατά τα πρώτα 5 μέτρα της επιτάχυνσης όπως ο χρόνος επαφής (ΧΕ), ο χρόνος πτήσης (ΧΠ), και το μήκος διασκελισμού (ΜΔ). Τέλος καταγράφηκε η συνολική επίδοση σε δευτερόλεπτα στα πρώτα 3 (t3) και 5 (t5) μέτρα. Κατά την ημέρα συνθήκης ελέγχου δεν πραγματοποιήθηκε καμία παρέμβαση ανάμεσα στα 2 σετ των εκκινήσεων. Κατά την ημέρα που έγινε η συνθήκη αλμάτων βάθους εφαρμόστηκε πρωτόκολλο προ-ενεργοποίησης με 1 σετ των 5 αλμάτων βάθους (DJ) από ύψος 50 εκατοστών ώστε να διερευνηθεί η επίδραση της ΜΔΕ μέσω αυτού του είδους προ-ενεργοποίησης στις επακόλουθες εκκινήσεις. Εξετάστηκε δηλαδή αν αυτό το πρωτόκολλο προ-ενεργοποίησης επέφερε κάποια μεταβολή στις μετρούμενες παραμέτρους στο συγκεκριμένο προφίλ συμμετεχόντων. Ομοίως, στη συνθήκη αλμάτων βάθους με ακινητοποίηση εφαρμόστηκε πρωτόκολλο προ-ενεργοποίησης με 1 σετ των 5 πλειομετρικών αλμάτων βάθους με ακινητοποίηση (MDJ) από το ίδιο ύψος των 50 εκατοστών πριν την έναρξη της δεύτερης σειράς των τριών εκκινήσεων (σχήμα 7). Μέσα από αυτό το σχεδιασμό σκοπός ήταν να δώσουμε απάντηση στα ερευνητικά ερωτήματα που έχουν τεθεί και να δούμε αν τα πλειομετρικά άλματα υψηλής έντασης πριν την εκκίνηση στους δρόμους ταχύτητας, μπορούν να μεταβάλουν και προς ποια κατεύθυνση το πολυσύνθετο αυτό φαινόμενο.



Σχήμα 7. *Σχηματική απεικόνιση του πειραματικού σχεδιασμού.*

3.4.1. Γενική προθέρμανση

Η γενική προθέρμανση περιελάμβανε:

- Ήπιο τρέξιμο 800 μέτρων χαμηλής έντασης με ταχύτητα περίπου 9,6 km/h ,
- Από 2 σειρές των 20 δευτερολέπτων στατικές διατάσεις των δικέφαλων μηριαίων, των τετρακέφαλων και των γαστροκνημίων στα προσωπικώς αντιλαμβανόμενα όρια του πόνου,
- 1 σειρά των 15 επαναλήψεων δυναμικές διατάσεις με προσθοπίσθιες και πλάγιες αιωρήσεις των κάτω άκρων,
- και τέλος δρομικές ασκήσεις που θα περιλαμβάνουν 2×40 μέτρα τρέξιμο με τις φτέρνες να ακουμπούν πίσω στους γλουτούς (bottom kicks), 2×40 μέτρα τρέξιμο με γόνατα ψηλά (skipping) και 2×40 μέτρα επιταχυνόμενους δρόμους (ανοίγματα) με ένταση στο 60 και 80% της μέγιστης δρομικής ταχύτητας.

Ο συνολικός χρόνος της προθέρμανσης όπως εφαρμόστηκε στη μελέτη ήταν περίπου διάρκειας 20 λεπτών. Μεταξύ των σειρών παρεμβλήθηκε επαρκής χρόνος

αποκατάστασης 10 δευτερολέπτων μεταξύ των διατάσεων και επιστροφής στην αφετηρία με βάδισμα ανάμεσα στις δρομικές ασκήσεις (παράρτημα Πρωτόκολλο Προθέρμανση).

3.4.2 Αρχικές μετρήσεις και εξοικείωση

Κατά τις προκαταρκτικές επισκέψεις αφού λάβαμε την έγγραφη συγκατάθεση για τη συμμετοχή στη μελέτη, καταγράψαμε τα σωματομετρικά στοιχεία: ηλικία, βάρος, ύψος, και στοιχεία σωματικής σύστασης με τη διαδικασία των 4 δερματοπτυχών . Η συγκεκριμένη μέθοδος σε σχετικό έλεγχο αξιοπιστίας εμφάνισε υψηλά επίπεδα επαναληψιμότητας (ICC=0,96) σε δέκα επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στο ίδιο δείγμα από τον ίδιο εξεταστή.. Επίσης εμφάνισε υψηλή αντικειμενικότητα, αφού οι 10 επαναλαμβανόμενες καταγραφές στο ίδιο δείγμα που έγιναν από δυο διαφορετικούς εξεταστές δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντική διαφορά. Στη συνέχεια έγινε η προσχεδιασμένη προθέρμανση όπως έχει ήδη περιγραφεί (παράρτημα: Πρωτόκολλο Προθέρμανσης) και ακολούθησαν εκκινήσεις από το βατήρα εκκινήσεων με 2λεπτο ενδιάμεσο διάλειμμα με σκοπό να εξοικειωθούν τόσο με τις διαδικασίες όσο και με τον εξοπλισμό, δηλαδή τον συγκεκριμένο τύπο βατήρα και το μηχανισμό εκκίνησης. Καταγράφηκαν επίσης οι προσωπικές ρυθμίσεις του βατήρα, όπως θα γίνουν από τον κάθε ένα συμμετέχοντα ώστε να χρησιμοποιηθούν και κατά τις επόμενες ημέρες. Έγιναν επίσης δοκιμαστικές λήψεις με τις κάμερες υψηλής ταχύτητας ώστε να γίνουν οι τελευταίες ρυθμίσεις. Τέλος σε όλες αυτές τις προκαταρκτικές συναντήσεις έγινε εξοικείωση των συμμετεχόντων με τα άλματα βάθους και τα άλματα βάθους με ακινητοποίηση στις 90˚ ώστε να αναληφθεί η επίδραση μάθησης της δεξιότητας.

3.4.3. Ερευνητικός σχεδιασμός

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια της ενδιάμεσης μεταβατικής περιόδου μεταξύ δυο αγωνιστικών μεσόκυκλων. Κατά τις προκαταρκτικές συναντήσεις πραγματοποιήθηκαν σωματομετρήσεις και εξοικείωση με την εκκίνηση από βατήρα καθώς και με τις διαδικασίες πειραματικής παρέμβασης. Στις τρεις ημέρες του κύριου πειραματικού σχεδιασμού, αφού αρχικά πραγματοποιήθηκε η

προκαθορισμένη 20-λεπτη προθέρμανση (παράρτημα Προ), εν συνεχεία εφαρμόστηκαν οι 3 κύριες πειραματικές συνθήκες (συνθήκη ελέγχου, συνθήκη αλμάτων βάθους και συνθήκη πλειομετρικών αλμάτων βάθους με ακινητοποίηση) με σχεδιασμό διασταυρούμενης εναλλαγής τυχαίας σειράς (random cross-over design). Έγινε μέτρηση και επαναμέτρηση μετά από κάθε πειραματική παρέμβαση ώστε να διερευνηθεί η μεταβολή στις τιμές των μεταβλητών συνεπεία της παρέμβασης. Συγκεκριμένα, κατά την ημέρα που έλαβε χώρα η συνθήκη ελέγχου (Ημέρα Συνθήκης Ελέγχου), μετά την προκαθορισμένη προθέρμανση και την επακόλουθη 5-λεπτη ανάπαυση, πραγματοποιήθηκαν οι αρχικές μετρήσεις (pre) με 3 εκκινήσεις από το βατήρα εκκινήσεων και 2-λεπτο διάλειμμα αποκατάστασης μεταξύ τους. Το σετ των 3 εκκινήσεων επαναλήφθηκε (post) μετά από 6 λεπτά αποκατάστασης με 2-λεπτο επίσης ενδιάμεσο διάλειμμα ανάμεσα στις εκκινήσεις (Σχήμα 4).

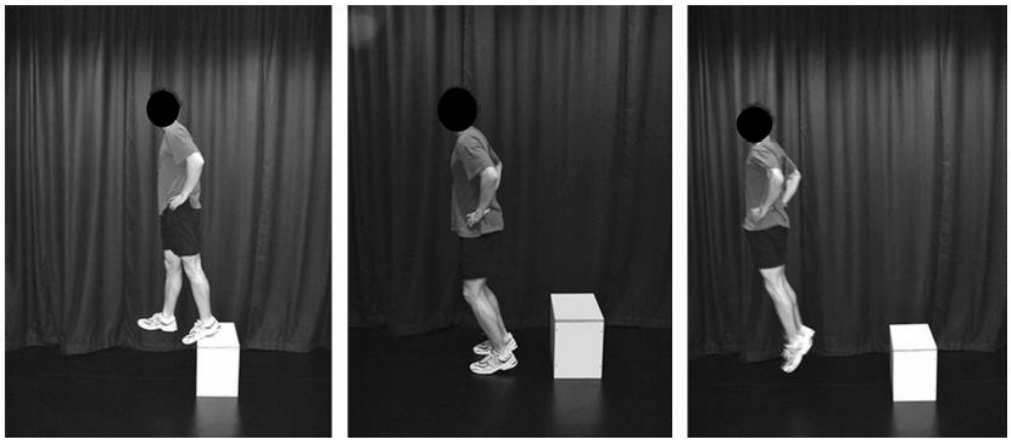
Οι δυο άλλες ημέρες περιλάμβαναν τις δυο πειραματικές παρεμβάσεις. Ο σχεδιασμός ήταν πανομοιότυπος με εκείνον της Ημέρας Συνθήκης Ελέγχου που ήδη παρουσιάστηκε, με τη διαφορά ότι πριν την εκτέλεση του 2^{ου} σετ των τριών εκκινήσεων παρεμβλήθηκαν την μια ημέρα 1 σειρά των 5 επαναλήψεων άλματα βάθους (Drop Jumps), και την άλλη 1 σειρά των 5 επαναλήψεων πλειομετρικά άλματα βάθους με ακινητοποίηση σε ημικάθισμα (Modified Drop Jumps) από ύψος 50 εκατοστών. Ο συγκεκριμένος όγκος και ύψος επιλέχθηκαν με το σκεπτικό να προκληθεί προ-ενεργοποίηση υψηλής έντασης χωρίς να οδηγηθούμε σε μεγάλα επίπεδα κόπωσης γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τη συντριπτική πλειοψηφία των σχετικών μελετών που χρησιμοποίησαν παραπλήσια δοσολογία. Σε μελέτη των Chen και συνεργατών αναφέρεται πως η απόδοση μπορεί να εμφανίσει βελτίωση 1 με 2 λεπτά μετά από προ-ενεργοποίηση με 2 έως 5 επαναλήψεις με DJ, κάτι που δεν φαίνεται να συμβαίνει με μεγαλύτερο όγκο επαναλήψεων (15 έως 24 επαναλήψεις). Αναφορικά με το ύψος πτώσης σε σχετικές μελέτες έχουν χρησιμοποιηθεί πολλά διαφορετικά ύψη. Οι Masamoto και συνεργάτες (2003) ανέφεραν βελτίωση 3,5% σε δοκιμασία ισχύος 30 δευτερόλεπτα μετά από εκτέλεση 2 αλμάτων βάθους από ύψος 43,2 εκατοστών σε αθλητές μπέιζμπολ. Οι Hilfiker και συνεργάτες (2007) κατέγραψαν βελτίωση 2,2% μετά από 1 σειρά των 5 αλμάτων βάθους από ύψος 60 εκατοστών σε αθλητές υψηλού επιπέδου. Επίσης οι Bullock και Comfort (2011) κατέγραψαν βελτίωση περίπου 6,25%, 6,09% και 6,80% στη 1 ΜΕ 4 λεπτά μετά από

2, 4, και 6 άλματα βάθους από μέσο ύψος 33 εκατοστών. Στη μελέτη τους αναφέρεται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το ύψος απελευθέρωσης στα πλειομετρικά άλματα τόσο μεγαλύτερος αριθμός των μυϊκών ινών που επιστρατεύεται, γεγονός που εξηγείται από την αρχή του μεγέθους κατά την επιστράτευση των μυϊκών ινών σύμφωνα με την οποία όσο αυξάνεται η ένταση της σύσπασης, τόσο αυξάνεται η επιστράτευση των κινητικών μονάδων από τις μικρότερες προς τις μεγαλύτερες (Henneman et al. 1965). Σε κάποιες μελέτες χρησιμοποιήθηκε προσωποποιημένο ύψος πτώσης που επιλέχτηκε με βάση βέλτιστες ατομικές παραμέτρους (Stieg et al. 2011, Chen et al. 2013).

Ο χρόνος ανάμεσα στα τελευταίο άλμα και την πρώτη εκκίνηση ήταν περίπου 1 λεπτό. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τις απογευματινές ώρες μεταξύ 16:00 και 19:00 και περιελάμβανε τέσσερις συναντήσεις σε τέσσερις ξεχωριστές ημέρες που απείχαν μεταξύ τους κατά 48 ώρες.

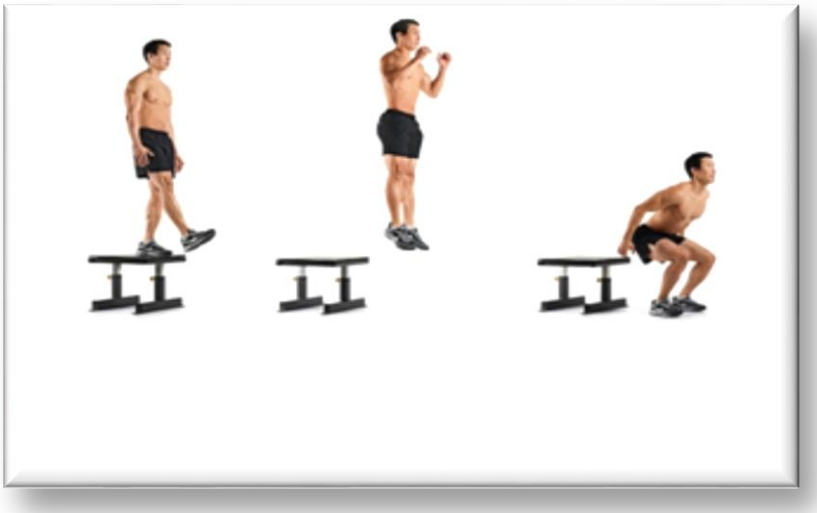
3.4.4 Παρέμβαση αλμάτων βάθους

Κατά τη συνθήκη των αλμάτων βάθους, αφού ολοκλήρωσαν οι δοκιμαζόμενοι το πρώτο σετ των 3 εκκινήσεων, ακολουθήθηκε παθητική ανάπαυση για 5 λεπτά και στη συνέχεια εκτέλεσαν 5 συνεχή άλματα βάθους από ύψος 50 εκατοστών. Οι αναλυτικές οδηγίες που έλαβαν ήταν να σταθούν με τα δυο τους πόδια και τα χέρια στη μέση επάνω στο μπλοκ και αφού κάνουν βήμα εξόδου εμπρός με ένα από τα δυο πόδια (χωρίς να κάνουν άλμα κατά την έξοδο ώστε να εξασφαλιστεί ότι το ύψος πτώσης δεν θα είναι άλλο από τα 50 εκατοστά), να προσγειωθούν με τα δυο πόδια όσο πιο άκαμπτα και αμέσως να αναπηδήσουν κάθετα όσο πιο ψηλά μπορούν (Massamoto et al., 2003; Ball et al., 2010). Οι δοκιμαζόμενοι θα ενθαρρύνονται να καταβάλουν την μέγιστη δυνατή τους προσπάθεια *(εικόνα 1)*.



Εικόνα 1. *Άλμα βάθους*

Κατά τη συνθήκη των πλειομετρικών αλμάτων βάθους με ακινητοποίηση στις 90˚ εκτελέστηκαν επίσης 5 συνεχόμενα άλματα με βήμα εξόδου εμπρός και τα χέρια στη μέση από το ίδιο ύψος των 50 εκατοστών, αλλά κατά την προσγείωση θα γινόταν απόσβεση και μικρή ακινητοποίηση στις 90˚ γωνίας κάμψης γόνατος (Holcomb et al., 1996) (εικόνα 2).



Εικόνα 2. *Άλμα βάθους με ακινητοποίηση στις 90˚ κατά την προσγείωση.*

Αμέσως μετά από καθεμιά από τις δυο ξεχωριστές συνθήκες προ-ενεργοποίησης οι δοκιμαζόμενοι πήγαιναν στο βατήρα εκκίνησης όπου περίπου 1 λεπτό αργότερα εκτελούσαν την καλύτερη δυνατή τους εκκίνηση και τα πρώτα μέτρα της επιτάχυνσης. Ακολούθησαν 2 ακόμη εκκινήσεις με παρεμβολή 2λεπτης περιόδου

αποκατάστασης μεταξύ τους. Να σημειωθεί πως η σειρά εφαρμογής της καθεμιάς από τις παρεμβάσεις ήταν εντελώς τυχαία.

3.4.5 Μέτρηση χρόνου αντίδρασης και της επίδοσης στα πρώτα μέτρα της επιτάχυνσης

Αμέσως μετά από καθεμιά από τις πειραματικές συνθήκες, οι δοκιμαζόμενοι στέκονταν ήρεμα μπροστά από το βατήρα εκκίνησης που είχε τις προσωπικές για καθέναν ρυθμίσεις. Η συσκευή μέτρησης του χρόνου αντίδρασης που ήταν προσαρμοσμένη στο βατήρα έδινε όλα τα τυπικά παραγγέλματα εκκίνησης («λάβετε θέσεις», «έτοιμοι», «μπαμ») από το προσαρμοσμένο σε αυτή μεγάφωνο. Ο χρόνος ανάμεσα στο «λάβετε θέσεις» και το «έτοιμοι» καθοριζόταν από τον μελετητή, ενώ ανάμεσα στο «έτοιμοι» και την εκπυρσοκρότηση καθοριζόταν αυτόματα από τη συσκευή σε τυχαίο χρονικό διάστημα στα 2,5±0,3 δευτερόλεπτα ώστε να αποφύγουμε το φαινόμενο της πρόβλεψης.

Για την καταγραφή των χαρακτηριστικών του διασκελισμού χρησιμοποιήθηκαν 2 κάμερες υψηλής ταχύτητας καταγραφής σε απόσταση 9 μέτρων από τον κεντρικό άξονα κίνησης, τοποθετημένες σε ύψος ενός μέτρου από το έδαφος, σε παράλληλη διάταξη και με εύρος λήψης περίπου 4,5 μέτρα για καθεμία με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουμε τμηματική εστίαση του γεγονότος με αλληλοεπικάλυψη εστίασης στο κεντρικό τμήμα. Η πρώτη κάμερα κατάγραφε το εύρος πεδίου του γεγονότος από τη γραμμή εκκίνησης έως και τα πρώτα 4,5 μέτρα με ζουμ 105 και η δεύτερη από τα 2 έως και τα 6,5 μέτρα με ζουμ 97. Για την ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα κινηματικής ανάλυσης Quintic Biomechanics v21 και καταγράφηκε για κάθε προσπάθεια ο χρόνος επαφής (Ct), ο χρόνος πτήσης (Ft) και το μήκος διασκελισμού (SL). Η διαδικασία παρουσίασε υψηλή αξιοπιστία (ICC=0,97) μετά από πολλαπλές επαναμετρήσεις από τον ίδιο εξεταστή, επί των ίδιων καταγραφόμενων προσπαθειών. Επιβεβαιώθηκε επίσης η υψηλή αντικειμενικότητα της διαδικασίας, συγκρίνοντας τις καταγραφόμενες τιμές της βιντεο-ανάλυσης όπως τις κατέγραψαν διαφορετικοί εξεταστές κατά τη συλλογή των δεδομένων, όπου εμφανίστηκε υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στις τιμές των δυο διαφορετικών εξεταστών.

Τέλος, για την καταγραφή της επίδοσης στα 3 (t3) και στα 5 μέτρα (t5) τοποθετήθηκαν 2 ζεύγη υπέρυθρων ασύρματων φωτοκύτταρων στις συγκεκριμένες αποστάσεις οι οποίες αφού συνδέθηκαν ασύρματα με τη συσκευή εκκίνησης, κατέγραψαν το χρόνο από τον ήχο της εκκίνησης έως το πέρασμα του δοκιμαζόμενου από τη δέσμη του φωτοκύτταρου. Για να εξασφαλίσουμε την γρηγορότερο δυνατό πέρασμα και από το τελευταίο φωτοκύτταρο των 5 μέτρων τοποθετήσαμε μια ακόμα κάμερα καταγραφής στα 8 μέτρα ώστε να δοθεί στους συμμετέχοντες η εντύπωση πως εκεί τελειώνει η καταγραφή και να λειτουργήσει ως κίνητρο πλήρους προσπάθειας. Οι δοκιμαζόμενοι δεν λάμβαναν γνώση των επιδόσεών τους ή των επιδόσεων των άλλων συν-δοκιμαζόμενων ανάμεσα στις προσπάθειες.

3.5 Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS (Version 17.0, SPSS Inc. Chicago, IL, USA) και περιελάμβανε:

- Περιγραφική στατιστική (μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις),
- Το συντελεστή συσχέτισης *Pearson r* και τον ενδοταξικό συντελεστή συσχέτισης (ICC) για να διερευνηθούν οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές.
- Ανάλυση διασποράς 2 κατευθύνσεων (2-way Anova) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις.
- Τεστ μετα-ανάλυσης Tukey
- Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0,05 ($p<.05$)

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αξιολόγηση του Χρόνου Αντίδρασης

Κατά τη στατιστική ανάλυση αρχικά έγινε έλεγχος αξιοπιστίας (intra-subject reliability) ανάμεσα στις τρείς αρχικές επαναλαμβανόμενες προσπάθειες και για τις τρεις πειραματικές συνθήκες. και διερευνήθηκε εκτιμώντας το δείκτη ενδο-ταξικής συσχέτισης (Intra-class Coefficient Correlation) και το συντελεστή αξιοπιστίας a-Cronbach's (Hopkins, 2000). Από τα αποτελέσματα ελέγχου αξιοπιστίας προέκυψε πως δεν υπάρχει υψηλή επαναληψιμότητα στο χρόνο αντίδρασης ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες για καμία από τις 3 πειραματικές συνθήκες (πίνακας 6) γεγονός που καθιστά αναξιόπιστη τη μέτρηση.

	ICC	a-Cronbach
Συνθήκη Ελέγχου	0,365	0,63
Συνθήκη DJ	0,72	0,887
Συνθήκη MDJ	0,502	0,75

Πίνακας 6. *Δείκτες αξιοπιστίας στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες στο χρόνο αντίδρασης για τις τρεις πειραματικές συνθήκες: Ελέγχου, Αλμάτων Βάθους (DJ) και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση (MDJ).*

Στη συνέχεια έγινε έλεγχος σφαιρικότητας και αφού διαπιστώθηκε ότι δεν παραβιάζεται η παραδοχή, προχωρήσαμε στην ανάλυση διασποράς 2 κατευθύνσεων. Όπως φαίνεται και από τον ακόλουθο πίνακα 7, η επίδοση στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις αρχικές και τις μετέπειτα μετρήσεις για καμία από τις τρείς εξεταζόμενες συνθήκες. Γεγονός που εκτός από τα περιγραφικά στοιχεία, επιβεβαιώνεται και από την στατιστική ανάλυση διασποράς δυο κατευθύνσεων $F=0.9$ $p<0.5$. Συνεπώς δεν προχωρήσαμε σε μετα-ANOVA post-hoc συγκρίσεις. Από τα αποτελέσματα λοιπόν προκύπτει πως τόσο κατά τη συνθήκη ελέγχου όσο και κατά τις παρεμβατικές συνθήκες προ-ενεργοποίησης με άλματα βάθους και άλματα βάθους με ακινητοποίηση δεν επήλθε κάποια μεταβολή στατιστικά σημαντική μεταβολή στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα.

	Pre	Post 1’	Post 3’	Post 5’
Συνθήκη Ελέγχου	0,19 ±0,05	0,18 ±0,04	0,18 ±0,03	0,19 ±0,03
Συνθήκη DJ	0,17 ±0,03	0,17 ±0,04	0,17 ±0,03	0,17 ±0,03
Συνθήκη MDJ	0,17 ±0,03	0,19 ±0,05	0,18 ±0.03	0,17 ±0,03

Πίνακας 7. *Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις στο χρόνο αντίδρασης για τις τρεις πειραματικές συνθήκες: Ελέγχου, Αλμάτων Βάθους και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση.*

4.2 Αξιολόγηση της επίδοσης στα πρώτα 3 και 5 μέτρα της επιτάχυνσης.

Από τον αρχικό έλεγχο αξιοπιστίας (intra-subject reliability) ανάμεσα στις τρείς αρχικές επαναλαμβανόμενες προσπάθειες και για τις τρεις πειραματικές συνθήκες. και διερευνήθηκε εκτιμώντας το δείκτη ενδο-ταξικής συσχέτισης (Intra-class Coefficient Correlation) και το συντελεστή αξιοπιστίας a-Cronbach’s προέκυψε πως δεν υπάρχει υψηλή επαναληψιμότητα για την επίδοση τόσο στα 3 όσο και στα 5 μέτρα της επιτάχυνσης ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες για καμία από τις 3 πειραματικές συνθήκες (Πίνακας 8).

	Συνθήκη	ICC	a-Cronbach
3 μέτρα	Ελέγχου	0,709	0,88
	DJ	0,817	0,93
	MDJ	0,723	0,887
5 μέτρα	Ελέγχου	0,765	0,903
	DJ	0,838	0,939
	MDJ	0,842	0,941

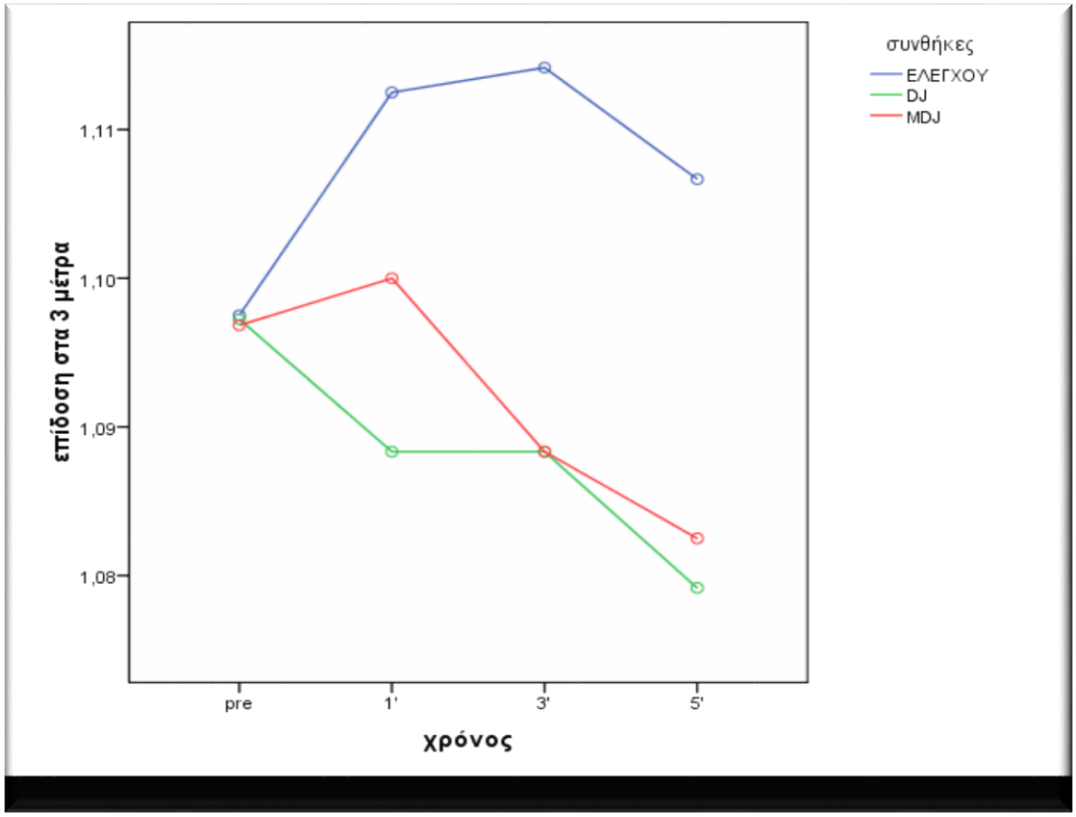
Πίνακας 8. *Δείκτες αξιοπιστίας στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες στο χρόνο επίδοσης στα πρώτα 3 και 5 μέτρα για τις τρεις πειραματικές συνθήκες: Ελέγχου, Αλμάτων Βάθους και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση.*

Τα αποτελέσματα του ελέγχου αξιοπιστίας φανερώνουν πως δεν υπάρχουν υψηλά επίπεδα επαναληψιμότητας ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες, γεγονός που καθιστά αναξιόπιστη τη μέτρηση.

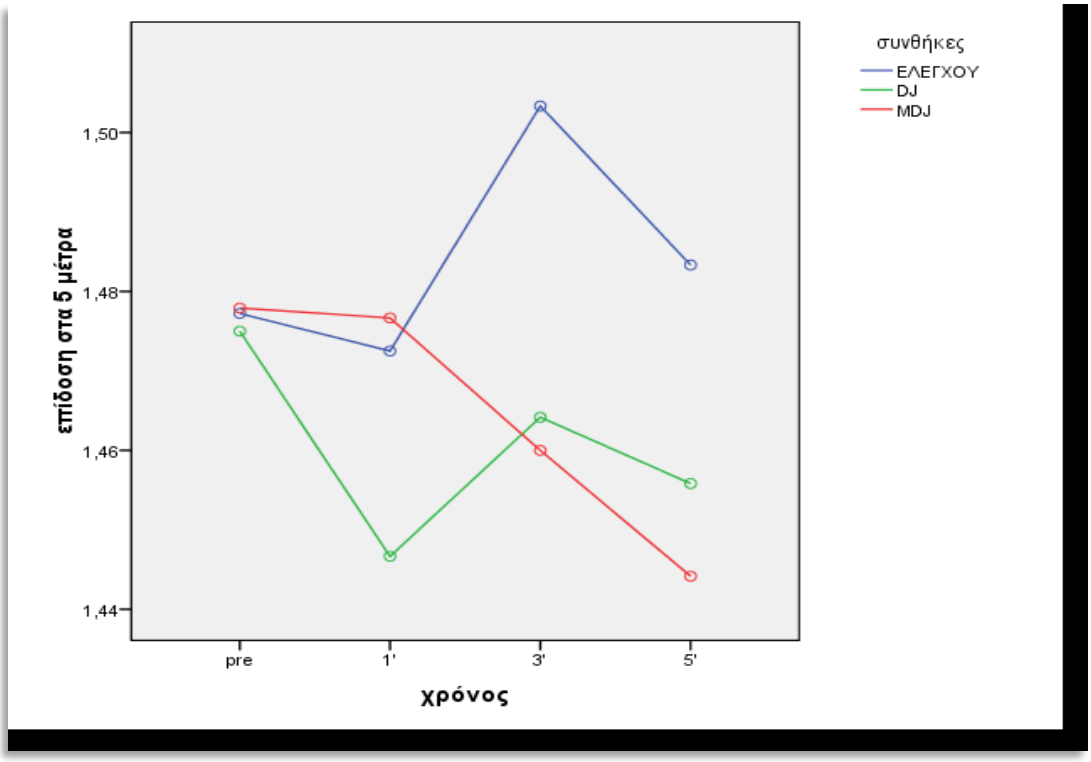
		Pre	Post 1’	Post 3’	Post 5’
Συνθήκη Ελέγχου	3m	1,10 ±0,05	1,11 ±0,06	1,11 ±0,06	1,11 ±0,06
	5m	1,47 ±0,06	1,47 ±0,07	1,50 ±0,10	1,48 ±0,07
Συνθήκη DJ	3m	1,10 ±0,06	1,09 ±0,06	1,09 ±0,07	1,08 ±0,07
	5m	1,48 ±0,07	1,45 ±0,07	1,46 ±0,07	1,46 ±0,07
Συνθήκη MDJ	3m	1,10 ±0,06	1,10 ±0,08	1,09 ±0,07	1,08 ±0,06
	5m	1,48 ±0,07	1,48 ±0,10	1,46 ±0,08	1,44 ±0,07

Πίνακας 9. *Μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις στην επίδοση στα 3m και 5m για τις τρεις πειραματικές συνθήκες: Ελέγχου, Αλμάτων Βάθους και Αλμάτων Βάθους με ακινητοποίηση.*

Στη συνέχεια, αφού έγινε έλεγχος σφαιρικότητας και διαπιστώθηκε πως δεν παραβιάζεται αυτή η παραδοχή, προχωρήσαμε στην ανάλυση των αποτελεσμάτων αναφορικά με το συνολικό χρόνο επίδοσης στα πρώτα 3 και 5 μέτρα κατά την φάση της επιτάχυνσης. Από τη στατιστική ανάλυση διασποράς δυο κατευθύνσεων δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις αρχικές και τις μετέπειτα μετρήσεις σε καμία από τις τρείς εξεταζόμενες συνθήκες. ($F=0.67$ $p<0.67$ και $F=1.65$ $p<0..15$ για τα 3 και τα 5 μέτρα αντίστοιχα) με συνέπεια να μην προχωρήσουμε σε μετα-ANOVA post-hoc συγκρίσεις. Από τα αποτελέσματα λοιπόν προκύπτει πως τόσο κατά τη συνθήκη ελέγχου όσο και κατά τις παρεμβατικές συνθήκες προ-ενεργοποίησης με άλματα βάθους και άλματα βάθους με ακινητοποίηση δεν επήλθε κάποια μεταβολή στατιστικά σημαντική μεταβολή στην επίδοση στα 3 και 5 μέτρα κατά τη φάση της επιτάχυνσης.



***Γραφική παράσταση* 5.** *Μεταβολή στην επίδοση στα 3 μέτρα για τις τρεις συνθήκες ελέγχου: 1, 3, και 5 λεπτά μετά την παρέμβαση.*



Γραφική παράσταση 6. *Μεταβολή στην επίδοση στα 5 μέτρα για τις τρεις συνθήκες ελέγχου: 1, 3, και 5 λεπτά μετά την παρέμβαση.*

Ωστόσο, όπως φαίνεται και από τις γραφικές παραστάσεις 5 και 6, και στον πίνακα 9, καταγράφεται μια τάση βελτίωσης της απόδοσης μετά από τις παρεμβάσεις με πλειομετρικά άλματα συγκριτικά με την αρχική μέτρηση. Συγκεκριμένα 5 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση με άλματα βάθους, καταγράφηκε βελτίωση στην επίδοση στα 3 μέτρα 1,6% και στα 5 μέτρα 1,3%. Επίσης μετά από την προ-ενεργοποίηση με άλματα βάθους και ακινητοποίηση, καταγράφηκε βελτίωση στην επίδοση τόσο μετά από 3 λεπτά αποκατάστασης (1% στα 3 μέτρα και 1,2% στα 5 μέτρα) όσο και μετά από 5 λεπτά αποκατάστασης (1,3% στα 3 μέτρα και 2,3% στα 5 μέτρα).

4.3 Αξιολόγηση των κινηματικών χαρακτηριστικών

Στα κινηματικά χαρακτηριστικά κατά τη φάση της επιτάχυνσης αναλύθηκαν ο χρόνος επαφής, ο χρόνος πτήσης και το μήκος διασκελισμού για τους τρείς πρώτους διασκελισμούς.

Από τον αρχικό έλεγχο αξιοπιστίας (intra-subject reliability) ανάμεσα στις τρείς αρχικές επαναλαμβανόμενες προσπάθειες και για τις τρεις πειραματικές συνθήκες. και διερευνήθηκε εκτιμώντας το δείκτη ενδο-ταξικής συσχέτισης (Intra-class Coefficient Correlation) και το συντελεστή αξιοπιστίας a-Cronbach's προέκυψε πως δεν υπάρχει υψηλή επαναληψιμότητα για κανένα από τα κινηματικά χαρακτηριστικά για τους πρώτους τρεις διασκελισμούς στα πρώτα μέτρα της επιτάχυνσης ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες για καμία από τις 3 πειραματικές συνθήκες (Πίνακας 10).

	Συνθήκη	ICC	a-Cronbach
Χρόνος επαφής 1	Ελέγχου	0,48	0,73
	DJ	0,46	0,72
	MDJ	0,56	0,80
Χρόνος επαφής 2	Ελέγχου	0,11	0,26
	DJ	0,60	0,82
	MDJ	0,30	0,56
Χρόνος επαφής 3	Ελέγχου	0,46	0,72
	DJ	0,66	0,85
	MDJ	0,49	0,74
Χρόνος πτήσης 1	Ελέγχου	0,51	0,75
	DJ	0,68	0,68
	MDJ	0,61	0,82
Χρόνος πτήσης 2	Ελέγχου	0,53	0,77
	DJ	0,59	0,81
	MDJ	0,42	0,69
Χρόνος πτήσης 3	Ελέγχου	0,53	0,77
	DJ	0,68	0,86
	MDJ	0,75	0,90

Πίνακας 10. *Δείκτες αξιοπιστίας στις επαναλαμβανόμενες αρχικές προσπάθειες στα κινηματικά χαρακτηριστικά.*

Ακολούθως διαπιστώθηκε ότι δεν παραβιάζεται η παραδοχή της σφαιρικότητας της κατανομής, προχωρήσαμε στην περεταίρω στατιστική ανάλυση. Από τα αποτελέσματα δεν προέκυψε κάποια στατιστικά σημαντική μεταβολή εντός του επιπέδου σημαντικότητας $p<0,05$ που είχε αρχικά τεθεί, για κανένα από τα εξεταζόμενα μεγέθη (Πίνακας 11). Συνεπώς φαίνεται πως οι παρεμβατικές συνθήκες προ-ενεργοποίησης με άλματα βάθους και άλματα βάθους με ακινητοποίηση δεν

φαίνεται να επέφεραν κάποια μεταβολή στατιστικά σημαντική μεταβολή στα εξεταζόμενα κινηματικά χαρακτηριστικά.

	Διασκελισμός	F	Sign
Χρόνος Επαφής	1ος	0,73	0,63
	2ος	0,91	0,49
	3ος	0,87	0,52
Χρόνος πτήσης	1ος	0,96	0,46
	2ος	0,95	0,46
	3ος	1,15	0,35
Μήκος Διασκελισμού	1ος	0,93	0,48
	2ος	1,75	0,13
	3ος	1,94	0,09

Πίνακας 11. *Μέγεθος Επίδρασης και επίπεδα σημαντικότητας για τις κινηματικές παραμέτρους Χρόνου Επαφής, Πτήσης και Μήκους Διασκελισμού κατά τους 3 πρώτους διασκελισμούς κατά τη φάση επιτάχυνσης.*

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να διερευνηθεί η άμεση επίδραση της προ-ενεργοποίησης με πλειομετρικά άλματα βάθους (Drop Jumps) ή με πλειομετρικά αλμάτων βάθους με ακινητοποίηση σε θέση ημικαθίσματος (Modified Drop Jumps) σε μια σειρά από παραμέτρους κατά την εκκίνηση από βατήρα και τα πρώτα μέτρα επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας. Συγκεκριμένα κατά πόσο επηρεάστηκαν ο χρόνος αντίδρασης, η συνολική επίδοση στα πρώτα 3 και 5 μέτρα, καθώς και τα κινηματικά χαρακτηριστικά των πρώτων διασκελισμών, του χρόνου επαφής, χρόνου πτήσης και μήκους διασκελισμού. Επιπλέον σκοπός ήταν να διερευνηθεί πως αυτές οι μεταβλητές διαφοροποιούνται μετά από διαφορετικές χρονικές περιόδους αποκατάστασης 1, 3 και 5 λεπτών από την προ-ενεργοποίηση.

Το κύριο εύρημα που προέκυψε από την παρούσα μελέτη είναι ότι η προ-ενεργοποίηση τόσο με πλειομετρικά άλματα βάθους (DJ), όσο και με πλειομετρικά άλματα βάθους με ακινητοποίηση στην απόσβεση (MDJ) δεν συνέβαλαν στην πρόκληση του φαινομένου ΜΔΕ κατά την εκκίνηση και τα πρώτα μέτρα επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας. Ο χρόνος αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα δεν παρουσίασε κάποια σημαντική μεταβολή σε καμία από τις συνθήκες. Από τον έλεγχο αξιοπιστίας (intra-subject reliability) ανάμεσα στις τρείς αρχικές επαναλαμβανόμενες προσπάθειες και για τις τρεις πειραματικές συνθήκες ο χρόνος αντίδρασης δεν παρουσίασε επαναληψιμότητα, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως δεν μπορούμε να αντλήσουμε ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση της ΜΔΕ παρά τα αντίθετα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην ανομοιογένεια του αθλητικού επιπέδου ή του μικρού μεγέθους του δείγματος.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ο συνολικός χρόνος αντίδρασης είναι ο χρόνος που παρεμβάλλεται ανάμεσα στον ήχο του πιστολιού εκκίνησης έως τη στιγμή που η οριζόντια δύναμη ώθησης από τον αθλητή στο βατήρα φτάσει στο ποσοστό 10% της τιμής βάσης και μπορεί να διαχωριστεί σε προ-κινητικό (Pre Motor Time) και κινητικό (Motor Time) επίπεδο (Mero & Komi, 1990). Το πρώτο μπορεί να οριστεί ως ο χρόνος που μεσολαβεί από το ηχητικό ερέθισμα ως την έναρξη της έντονης ηλεκτρομυογραφικής καταγραφής (Weiss, 1965), ενώ το δεύτερο αφορά στο χρονικό

διάστημα ανάμεσα στην έναρξη της έντονης ηλεκτρομυογραφικής δραστηριοποίησης και την έναρξη παραγωγής μυϊκής ισχύος (Mero & Komi, 1990).. Αναμενόμενο θα ήταν η όποια επίδραση της ΜΔΕ στο συνολικό χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα, να σχετίζεται κύρια με το νευρογενή μηχανισμό αύξησης της ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων υψηλής διεγερσιμότητας (Pain et al., 2007). Στη συγκεκριμένη μελέτη είναι πολύ πιθανό ο μηχανισμός αυτός να μην επέδρασε στο προ-κινητικό τμήμα του χρόνου αντίδρασης και συγκεκριμένα στην πρόσληψη του ηχητικού ερεθίσματος από τα αισθητήρια όργανα ή και της επαγωγικής μεταβίβασης στο ΚΝΣ με συνεπακόλουθα αποτέλεσμα στο συνολικό χρόνο αντίδρασης. Είναι συνεπώς αναμενόμενο αν ένας από τους δυο παράγοντες που συνιστούν το συνολικό χρόνο αντίδρασης να μην επηρεάζεται από τους μηχανισμούς της ΜΔΕ, να μην καταγράφεται επίδραση και στο συνολικό χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση. Αν λάβουμε υπόψη μας και τους παράγοντες που επηρεάζουν την ικανότητα πρόσληψης του ηχητικού ερεθίσματος όπως τους περιβαλλοντικούς παράγοντες ή τα τρέχοντα ατομικά – ψυχολογικά χαρακτηριστικά (διάθεση, προσοχή, κίνητρα κτλ) κατά τη στιγμή της εκκίνησης, μπορούμε να ερμηνεύσουμε το γεγονός ότι δεν υπήρξε επίδραση στο συνολικό χρόνο αντίδρασης αφού η προ-ενεργοποίηση δεν επέδρασε σε αυτές τις αρχικές του συνιστώσες. Από τη μελέτη μας λοιπόν μπορούμε να αντλήσουμε το συμπέρασμα πως ο συνολικός χρόνος αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα αποτελεί εξαιρετικά σύνθετη και μεταβαλλόμενη παράμετρο στην οποία η ΜΔΕ δεν φαίνεται να επιδρά άμεσα. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται από σειρά μελετών αναφορικά με τη συνεισφορά του νευρογενούς μηχανισμού στο φαινόμενο της ΜΔΕ όπου χρησιμοποιήθηκε η αξιολόγηση του αντανακλαστικού Hoffman (H-reflex) (Guillich & Schmidtbleicher 1996, Trimble & Harp 1998, Hodgson et al. 2008, Iglesias–Soler et al. 2011, Folland et al. 2008). Αναλυτικότερα, οι Trimble & Harp (1998) αφού εφάρμοσαν 8 σειρές των 10 μέγιστων εκούσιων συσπάσεων των καμπτήρων και εκτεινόντων του πέλματος, δεν κατέγραψαν στατιστικά σημαντική μεταβολή στο H-reflex στον γαστροκνήμιο και στον πελματικό μυ συγκριτικά με την αρχική μέτρηση. Επίσης οι Hodgson και συνεργάτες (2008) εξέτασαν την συμπεριφορά του νευρογενούς μηχανισμού της ΜΔΕ σε 13 προπονημένα άτομα. Το ερέθισμα προ-ενεργοποίησης με 3 μέγιστες ισομετρικές συσπάσεις των καμπτήρων του πέλματος, δεν επέφερε

στατιστικά σημαντικές μεταβολές στις μετρήσεις του H-reflex πριν και μετά την παρέμβαση. Και στις δυο εργασίες οι μελετητές έφτασαν στο συμπέρασμα πως στο φαινόμενο της ΜΔΕ φαίνεται να κυριαρχεί ο μυογενής μηχανισμός της φωσφορυλίωσης των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης, παρά ο νεκρογενής μηχανισμός. Σε παρόμοιο συμπέρασμα έφτασαν και οι Iglesias–Soler και συνεργάτες (2011) που αναφέρουν πως στη μελέτη τους, η ενίσχυση της μηχανικής ισχύος ως αποτέλεσμα της ΜΔΕ δεν σχετίζεται με νευρογενείς διεργασίες. Ο χρόνος αντίδρασης σχετίζεται κύρια με τις νευρογενείς διεργασίες του αθλητή (Carlsen et al. 2003, Matthew & Hibbs 2007). Δεδομένης της στενής σχέσης του νευρογενούς μηχανισμού της ΜΔΕ με το χρόνο αντίδρασης μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι όταν το ερέθισμα προ-ενεργοποίησης δεν ενεργοποιεί αυτό το μηχανισμό, επαγωγικά δεν μπορούμε να αναμένουμε μεταβολή στο χρόνο αντίδρασης. Μπορούμε συνεπώς να υποθέσουμε πως στην παρούσα εργασία, ο χρόνος αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική μεταβολή εξαιτίας του γεγονότος ότι η προ-ενεργοποίηση με πλειομετρικά άλματα δεν ενεργοποίησε τον νευρογενή μηχανισμό της ΜΔΕ αλλά σχετίζεται περισσότερο με το μυογενή μηχανισμό.

Συμπερασματικά, η προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 επαναλήψεων με πλειομετρικά άλματα βάθους δεν φαίνεται να επιφέρει στατιστικά σημαντική μεταβολή στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα στους δρόμους ταχύτητας.

Αναφορικά με την επίδοση στα πρώτα 3 μέτρα και 5 μέτρα της επιτάχυνσης δεν καταγράφηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή για καμία από τις τρεις πειραματικές συνθήκες, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα πως η προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 πλειομετρικών αλμάτων βάθους δεν οδηγεί σε σημαντική μεταβολή. Εύρημα που πρωτίστως συνδέεται με την έλλειψη αξιοπιστίας, δηλαδή της επαναληψιμότητα ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες με συνέπεια να μην μας επιτρέπει να αντλήσουμε ασφαλή συμπεράσματα για την ενδεχόμενη επίδραση της ΜΔΕ στην επιτάχυνση στα πρώτα μέτρα στους δρόμους ταχύτητας. Το εύρημα αυτό μπορούμε να υποθέσουμε πως έρχεται ως φυσική συνέπεια στην έλλειψη επαναληψιμότητας που σημειώθηκε στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση. Η ασταθής επίδοση στην εκκίνηση είναι φυσικό επαγωγικά να επιφέρει ανομοιογενή αποτελέσματα και στην απόδοση στα 3 και 5 μέτρα. πιθανότατα λόγο

της ανομοιογένειας του αθλητικού επιπέδου και του μεγέθους του δείγματος ή της διαφορετικής ποσοστιαίας αναλογίας μυϊκών ινών τύπου ΙΙ στους συμμετέχοντες.

Ωστόσο, καταγράφηκε τάση βελτίωσης 1,6% μετά από την προ-ενεργοποίηση με άλματα βάθους και 1,3% μετά από την προ-ενεργοποίηση με άλματα βάθους με ακινητοποίηση. Τάση που όπως ήταν φυσικό εμφανίστηκε και στην επίδοση στα 5 μέτρα όπου καταγράφηκε βελτίωση 1,3% και 2,3% αντίστοιχα. Από τα αποτελέσματα μπορεί κανείς να ισχυριστεί πως η προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 επαναλήψεων με πλειομετρικά άλματα, ιδίως μάλιστα με ακινητοποίηση κατά την προσγείωση, μπορεί να επιφέρει θετική επίδραση στα πρώτα μέτρα κατά τη φάση της επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας σε αθλητές ταχύτητας. Αυτά τα ευρήματα βρίσκονται σε συμφωνία με σειρά μελετών που δεν βρήκαν στατιστικά σημαντική στο χρόνο επίδοσης στην πρώτη (0-10m) και δεύτερη (10-30m, 0-30m) φάση της δρομικής επιτάχυνσης (Deutsch & Looyd, 2008; Guggenheimer et al., 2009; Till & Cooke, 2009; Bevan et al., 2011). Αναλυτικά, οι Till και Cooke (2009) δε βρήκαν στατιστικά σημαντική επίδραση της ΜΔΕ στο σπριντ στα 10 και 20 μέτρα, ωστόσο παρατήρησαν τάση βελτίωσης της μέσης επίδοσης και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η δρομική ταχύτητα δέχτηκε θετική επίδραση από την ΜΔΕ. Παρομοίως οι Bevan και συνεργάτες (2011) μελέτησαν την επίδοση σε δρόμους ταχύτητας 10 μέτρων σε 16 επαγγελματίες αθλητές ράγκμπι, 4, 8, 12, και 16 λεπτά μετά από προ-ενεργοποίηση υψηλής έντασης (1σετ των 3 επαναλήψεων στο 91% της ΜΕ). Στη μελέτη αυτή επίσης δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση, ενώ όταν τα ατομικά δεδομένα μελετήθηκαν ξεχωριστά, παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στο χρόνο τόσο στα 5 όσο και στα 10 μέτρα. Οι μελετητές κατέληξαν πως η απόδοση στους δρόμους ταχύτητας μπορεί να βελτιωθεί μετά από ερέθισμα προ-ενεργοποίησης αφού παρεμβληθεί επαρκές και προσωποποιημένο κάθε φορά διάστημα αποκατάστασης. Σε πλήρη συμφωνία με τη συγκεκριμένη μελέτη ήταν και εκείνη των Chatzopoulos και συνεργατών (2007) όπου 5 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση υψηλής έντασης στο 90% της ΜΕΕ, κατέγραψαν βελτίωση στην απόδοση στο σπριντ των 10 και των 30 μέτρων 3% και 2% αντίστοιχα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι στα 3 λεπτά μετά την προ-ενεργοποίηση δεν σημειώθηκε καμία επίδραση γεγονός παρόμοιο με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Σε πρόσφατη μελέτη των Ουντζούδη και συνεργατών (2014) όπου

διερευνήθηκε η άμεση επίδραση δυο πρωτοκόλλων προ-ενεργοποίησης (συνδυαστική και παραδοσιακή) στη μέγιστη δρομική ταχύτητα σε 12 αθλητές ταχύτητας κλασικού αθλητισμού, στατιστικά σημαντικές διαφορές καταγράφηκαν μόνο στην απόσταση των 30-60 μέτρων και των 60 μέτρων, ενώ στις φάσεις της επιτάχυνσης 0-10 μέτρων 10-30 μέτρων και 0-30 μέτρων δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές.

Οι McBride και συνεργάτες (2005) κατέγραψαν σημαντική βελτίωση (0.87%, p=.018) στην επίδοση στο δρόμο ταχύτητας 40 μέτρων μετά από 3 ημι-καθίσματα στο 90% της 1ΜΕ. Επιπλέον οι Rahimi και συνεργάτες (2007) κατέγραψαν βελτίωση 3% στην επίδοση στο δρόμο ταχύτητας 40 μέτρων, 4 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση με 2 σειρές των 4 επαναλήψεων ημι-καθίσματα στο 80% της1 ΜΕ. Βελτίωση στη μέση ταχύτητα βρήκαν και οι Yetter και Moir (2008) στο δρόμο ταχύτητας 40 μέτρων μετά από μεσαίας έντασης ημι-καθίσματα.

Ένα επιπλέον αξιοσημείωτο στοιχείο ήταν το γεγονός ότι η βελτίωση στην απόδοση εμφάνισε τη μεγαλύτερη ποσοστιαία μεταβολή της 5 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση, αφού δηλαδή μεσολάβησε ένα μέσο διάστημα αποκατάστασης. Μπορούμε να υποθέσουμε ότι η υψηλής έντασης προ-ενεργοποίηση επέφερε αρχικά κόπωση, η οποία απαλείφθηκε με σύντομους ρυθμούς, με αποτέλεσμα να αρχίσει να εμφανίζεται η ευεργετική επίδραση της ΜΔΕ. Συμπέρασμα το οποίο συμφωνεί με εκείνα των Young και συνεργών (1998), Chiu και συνεργατών (2003), Kilduff και συνεργών (2007, 2008), και Bevant και συνεργατών (2009, 2010), οι οποίοι αναφέρουν μείωση στην απόδοση αμέσως μετά την προ-ενεργοποίηση, αλλά βελτίωση μετά από αποκατάσταση 4-12 λεπτών. Ενδεχομένως αν οι μετρήσεις συνεχιζόταν και σε χρονικά διαστήματα πέραν των 5 λεπτών, να αντλούσαμε επιπλέον χρήσιμα συμπεράσματα. Συμπερασματικά, παρά την τάση βελτίωσης, η προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 επαναλήψεων με πλειομετρικά άλματα βάθους δεν φαίνεται να επιφέρουν στατιστικά σημαντική μεταβολή στην επίδοση κατά τα πρώτα 3 και 5 μέτρα επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας.

Το μήκος και η συχνότητα διασκελισμού καθώς και ο χρόνος πτήσης και επαφής αποτελούν σημαντικές παραμέτρους για τη δρομική ταχύτητα (Luhtanen, et al., 1978, Loizeau et al., 1998). Η απόδοση στους δρόμους ταχύτητας είναι αποτέλεσμα του μήκους της συχνότητας διασκελισμού (Majdell & Alexander 1991, Radford

1990). Συνεπώς η βελτίωση της επίδοσης συνδέεται με τη βελτίωση σε έναν ή και στους δυο αυτούς παράγοντες (Murphy et al, 2003, Lockie et al. 2011)., Στη μελέτη μας τα κινηματικά χαρακτηριστικά των πρώτων διασκελισμών στη φάση της επιτάχυνσης, δηλαδή του χρόνου επαφής, του χρόνου πτήσης και του μήκους διασκελισμού δεν εμφάνισαν κάποια στατιστικά σημαντική μεταβολή. Η ανάλυση έδειξε πως η αξιοπιστία στις μετρήσεις κινήθηκε σε χαμηλά επίπεδα γεγονός που δεν μας επιτρέπει να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση της ΜΔΕ.

Σε προηγούμενες μελέτες αναφέρεται σημαντική μεταβλητότητα στο μήκος διασκελισμού τόσο στην αρχική φάση επιτάχυνσης, όσο και στα 20 και τα 30 μέτρα σε δοκιμασίες δρομικής ταχύτητας (Spinks et al., 2007). Αντίθετα σε μελέτη των Lockie και συνεργατών (2011) όπου διερευνήθηκαν τα κινηματικά χαρακτηριστικά κατά τη φάση της επιτάχυνσης η αξιοπιστία του χρόνου επαφής στα πρώτα 0-5 μέτρα κινήθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα (ICC=0,83). Το κύριο εύρημα σε αυτή τη μελέτη ήταν ότι ο χρόνος επαφής στα πρώτα 0-5 μέτρα ήταν ότι οι αθλητές που σημείωσαν την καλύτερη επίδοση εμφάνισαν σημαντικά μικρότερο χρόνο επαφής συγκριτικά με εκείνους που σημείωσαν την χειρότερη. Παρότι η μέγιστη παραγόμενη ισχύς σε κάθε διασκελισμό δεν εμφάνισε διαφορά ανάμεσα στις δυο ομάδες, η συνολική παραγόμενη ισχύς βελτιώθηκε λόγω του μικρότερου χρόνου επαφής που παρουσίασαν οι γρηγορότεροι αθλητές αφού η ίδια δύναμη εκλύθηκε σε μικρότερο χρόνο. Τα αποτελέσματα βρίσκονται σε αντιστοιχία με εκείνα των Murphy και συνεργατών (2003) όπως και των Coh και συνεργατών (2001).

Στην παρούσα μελέτη η προ-ενεργοποίηση με πλειομετρικά άλματα δεν επέφερε σημαντική μεταβολή στα κινηματικά χαρακτηριστικά όπως ο χρόνος επαφής ή το μήκος διασκελισμού. Χαρακτηριστικά που όπως αναλύθηκε αποτελούν θεμελιώδη στοιχεία για τη βελτίωση της δρομικής ταχύτητας. Το γεγονός αυτό μπορεί να δώσει μια εξήγηση στο γεγονός ότι η επίδοση στα πρώτα μέτρα της επιτάχυνσης δεν εμφάνισε σημαντική μεταβολή.

Συνοψίζοντας, αφού λάβουμε υπόψη μας τους περιορισμούς και τις οριοθετήσεις που προκύπτουν από τη μεθοδολογία, από την παρούσα μελέτη προκύπτει πως η εκτέλεση 1 σειράς των 5 πλειομετρικών αλμάτων δεν φαίνεται να ενεργοποιεί στα επόμενα 5 λεπτά το νευρογενή μηχανισμό της ΜΔΕ με τον οποίο συνδέεται ο χρόνος αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα. Επίσης δεν φάνηκε να επιδρά ούτε στα

κινηματικά χαρακτηριστικά του χρόνου επαφής και πτήσης και στο μήκος διασκελισμού κατά τα πρώτα μέτρα που αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την επίδοση στα πρώτα μέτρα της επιτάχυνσης.

VI. ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Επιχειρώντας να μεταφέρουμε τα ευρήματα της μελέτης στο πρακτικό πεδίο θα αναφέραμε ότι δεν μπορούμε να αναμένουμε άμεση βελτίωση στη εκκίνηση και την επιτάχυνσης στα πρώτα μέτρα στους δρόμους ταχύτητας μέσα από το φαινόμενο της ΜΔΕ μετά από προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 πλειομετρικών αλμάτων στα αμέσως επόμενα 5 λεπτά. Ενδεχόμενη βελτίωση μπορεί να αναζητηθεί μετά από εξατομικευμένη εφαρμογή τόσο ως προς τη βέλτιστη δοσολογία της προ-ενεργοποίησης (έντασης, όγκου, είδος) όσο και του βέλτιστου χρόνου αποκατάστασης για κάθε αθλητή ξεχωριστά.

VII. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ –ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Συμπεράσματα

Ανακεφαλαιώνοντας, από την παρούσα μελέτη μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Δεν υπάρχει αξιοπιστία ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες προσπάθειες στο χρόνο αντίδρασης κατά την εκκίνηση από βατήρα, την επίδοση στα πρώτα 3 και 5 μέτρα και τα κινηματικά χαρακτηριστικά.
- Η προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 επαναλήψεων με πλειομετρικά άλματα βάθους ή με πλειομετρικά άλματα βάθους με ακινητοποίηση στην απόσβεση, δεν επιφέρει σημαντική επίδραση στο χρόνο αντίδρασης σε εκκίνηση από βατήρα στους δρόμους ταχύτητας.
- Η προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 επαναλήψεων με πλειομετρικά άλματα βάθους ή με πλειομετρικά άλματα βάθους με ακινητοποίηση στην απόσβεση, δεν μεταβάλει σημαντικά την επίδοση στα πρώτα 3 και 5 μέτρα επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας.
- Υπάρχει τάση βελτίωσης της απόδοσης στα 5 μέτρα επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας, 5 λεπτά μετά από την προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 επαναλήψεων με πλειομετρικά άλματα βάθους ή με πλειομετρικά άλματα βάθους με ακινητοποίηση στην απόσβεση.
- Δεν υπάρχει κάποια διαφοροποίηση ανάμεσα στα δυο διαφορετικά είδη πλειομετρικής προ-ενεργοποίησης ως προς την επίδραση τους στο χρόνο αντίδρασης και την επιτάχυνση στα πρώτα 3 μέτρα στους δρόμους ταχύτητας.
- Η προ-ενεργοποίηση με 1 σειρά των 5 επαναλήψεων με πλειομετρικά άλματα βάθους ή με πλειομετρικά άλματα βάθους με ακινητοποίηση στην απόσβεση, δεν επιφέρει κάποια σημαντική μεταβολή στα κινηματικά χαρακτηριστικά του χρόνου επαφής, χρόνου πτήσης και μήκους διασκελισμού κατά τους πρώτους διασκελισμούς κατά τα πρώτα μέτρα στους δρόμους ταχύτητας.

7.2 Αναπάντητα ερευνητικά ερωτήματα

Από τη συγκεκριμένη μελέτη δημιουργήθηκαν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα που θα μπορούσαν να αποτελέσουν πεδίο περεταίρω επιστημονικής διερεύνησης:

- Ποια είναι η επίδραση της ΜΔΕ σε καθεμία από τις ξεχωριστές συνιστώσες του χρόνου αντίδρασης, δηλαδή τον προ-κινητικό και τον κινητικό χρόνο αντίδρασης;
- Ποια είναι η επίδραση στις μεταβλητές με την εφαρμογή ερεθίσματος προ-ενεργοποίησης διαφορετικής έντασης ή διαφορετικού χρόνου αποκατάστασης;
- Ποια είναι η επίδραση της ΜΔΕ στο χρόνο αντίδρασης σε απλούστερες δοκιμασίες που ενέχουν μικρότερο βαθμό συνθετότητας;

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aagaard, P., & Andersen, J.L. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine of Science in Sports and Exercise, 30,* 1217-1222.

Abbate, F.A., Sargeant, A. J, Verdijk, P.W., & De Haan. A. (2000). Effects of high-frequency initial pulses and posttetanic potentiation on power output of skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology, 88*, 35–40.

Adam, J., Paas, F., Buekers, M., Wuyts, I., Spijkers, W., and Wallmeyer, P. (1999). Gender differences in choise reaction time: evidence for differential strategies. *Ergonomics, 42,* 327-329.

Adams, K., O'Shea, J. P., & O'Shea, K. L. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *Journal of Applied Sports Science Research, 6,* 36-41.

Ando, S., Kida, N., & Oda, S., (2002). Practice effects on reaction time for peripheral and central visual fields. *Perceptual and Motor Skills, 95 (3),* 747-745.

Βαγενάς, Γ.Κ., (2002). *Στατιστικές εφαρμογές στην αθλητική επιστήμη*. Αυτοέκδοση, Έκδοση 4η.

Babault, N., Desbrosses, K., & Fabre, M.S. (2006). Neuromuscular fatigue development during maximal concentric and isometric knee extensions. *Journal of Applied Physiology,100,* 780-785.

Babić, V., Delalija, A. (2009[a]). Reaction Time Trends in the Women' s Sprint and Hurdle Events at the 2004 Olympic Games. *New Studies in Athletics, 24,* 49-57.

Baker, D., Wilson, G., & Carlyon, B., (1994). Generality versus specificity: a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed strength. *European Journal of Applied Physiology, 68,* 350-355.

Baker, D., & Nance, S. (1999). The relation between strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 13,* 224–229.

Baker, D. (2003). Acute effect of alternating heavy and light resistances upon power output during upper-body complex power training. *Journal of Strength and Conditioning Research. 17,* 3, 493-497.

Baudry, S., & Duchateau, J. (2004). Postactivation potentiation in a human muscle is not related to the type of conditioning contraction. *Muscle Nerve, 30,* 328–336.

Baudry, S., & Duchateau, J. (2007). Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. *Journal of Applied Physiology, 102,* 1394-1401.

Baudry, S., Klass, M., & Duchateau, J. (2008). Postactivation potentiation of short tetanic contractions is differently influenced by stimulation frequency in young and elderly adults. *European Journal of Applied Physiology, 103,* 449-459.

Bauman, W. (1980). Kinematic and dynamic characteristics of the sprint start. In P.V. Komi (Ed.), *Biomechanics V-B International Series on Biomechanics, Volume 1B* (pp. 34-47). Baltimore, MD: University Park Press.

Bullock, N., & Comfort, P. (2011). An investigation into the acute effects of depth jumps on maximal strength performance. *Journal Strength and Conditioning Research, 25,* 3137-3141.

Banister, E.W., Carter, J.B., & Zarkadas, P.C. (1999). Training theory and taper: validation in triathlon athletes. *European Journal of Applied Physiology, 79,* 182-191.

Bevan, H. R., Owen, N. J., Cunningham, D. J., Kingsley, M. I. C., & Kilduff, L. P. (2009). Complex training in professional rugby players: influence of recovery time on upper-body power output. *Journal Strength and Conditioning Research. 23,* 1780–1785.

Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24,* 701–705.

Blazevich, A.J., Gill, N., & Newton, R.U., (2002). Reliability and validity of two isometric squat tests. *Journal of Strength and Conditioning Research, 16,* 298–304.

Bobbert, M.F., Huifing, P.A., & Schenau, G.J. (1987). Drop jumping & the influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Med Sci Sports Exerc, 19,* 332-338.

Bradshaw, E. J., Maulder, P. S., & Keogh, J. W. L. (2007). Biological movement variability during the sprint start: Performance enhancement or hidrance? *Sports Biomechanics, 6(3),* 246-260.

Brandenburg, J. P. *(*2005). The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different loads on subsequent upper body explosive performance in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research, 19,* 427-432.

Brebner, J.M.T., & Welford, A.T., (1980). Introduction: an historical backround sketch. In: Welford A.T., Reaction times. Academic Press, London, 1-24

Brüggemann, G.-P. and Glad, B. (1990). Time Analysis of the Sprint Events. *In Scientific Research Project at the Games of the XXIVth Olympiad-Seoul 1988. Final report (ed. G.-P. Brüggemann and B. Glad),* 11-89. London: IAAF Publication.

Bullock, N. & Comfort, P. (2011). An Investigation into the Acute Effects of Depth Jumps on Maximal Strength Performance Journal of Strength & Conditioning Research, 25 (11), 3137-3141.

Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Giannakos, A., Alexiou, K., Patikas, D., Antonopoulos, C., & Kotzamanidis, C., (2007). Post-activation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21,* 1278-1281.

Chatzopoulos, D., Galazoulas, C., Patikas, D., Kotzamanidis, C., (2014). Acute effects of static and dynamic stretching on balance, agility, reaction time and movement time. *Journal of Sports Science and Medicine, 13,* 403-409.

Chen, Z. R., Wang, Y. H., Peng, H. T., Yu, C. F., & Wang, M. H., (2013). The acute effect of drop jump protocols with different volumes and recovery time on countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 27,* 154–158.

Chiu, L. Z. F., Barnes, J. L. (2003). The fitness-fatigue model revisited—implications for planning short- and long-term training. *Strength Cond J, 25*, 42–51.

Chiu, L. Z., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research, 17*, 671–677.

Cochrane D.J., IAN D. Loram, I.D., Stannard, S.R., & Rittweger, J.R.N., (2009). Changes in joint angle, muscle-tendon complex length, muscle contractile tissue displacement, and modulation of EMG activity during acute whole - body vibration. *Muscle & Nerve, 40,* 420-429

Čoh, M., Jošt, B., Škof, B., Tomažin, K., & Dolenec, A. (1998). Kinemetic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration medel of top sprinters. *Gymnica, 28,* 33-42.

Collet, C., Roure, R., Dittman, A., & Vernet-Maury, E. (2000). The activity of the vegetative nervous system like witness of themental imagery in the sportsmen, his role in the performance and the training. *Science and Sports, 15 (5),* 261-263.

Comyns, T. M., Harrison, A. J., Hennessy, L. K., & Jensen, R. L. (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20,* 471–476.

Comyns, M. T., Harrison, A. J., Hennessy, L. K. & Jensen R.L. (2007). Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players. *Sports Biomechanics, 6,* 59-70.

Comyns, T.M., Harrison, A.J., & Hennessy, L.K., (2010). Effect of squatting on sprinting performance and repeated exposure to complex training in mail rugby players.

Corcos, D.M., Gottlieb, G.L., Latash, M.L., Almeida, G.L., & Agarwal, G.C. (1992). Electromechanical Delay: An experimental artifact. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 2 (2),* 59-68.

Cormie, P., G. O., McCaulley, N. T., Triplett, & Mcbride, J. M. (2007) Optimal Loading for Maximal Power Output during Lower-Body Resistance Exercises. *Med. Sci. Sports Exerc., 39,* 340–349.

Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cook, C. J., Middleton, M. K., Bunce, P. J. & Yang, G. Z. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *Journal Strength and Conditioning Research, 25,* 3319-3325.

Cronin, J., Ogden, T., Lawton, T., & Brughelli, M. (2007). Does increasing maximal strength improve sprint running performance? *Strength and Conditioning Journal, 29*(3), 86-95.

Dapena, J., (2005). Biomechanical studies in the high jump and the implications to coaching.

Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Med, 24*(3), 147-156.

Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R., & Goris, M. (1995). Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc, 27*(8), 1203-1209.

Der, G. & Deary, I.J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: results from the United Kingdom health and lifestyle survey. *Physiology and Aging, 21 (1),* 62-73.

De Ruiter CJ, Van Der Linden RM, Van Der Zijden MJ, (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *European Journal of Applied Physiology, 88,* 472–475.

Dick, W.F. (1987). Developing sprinting speed. *Athletic Coach, 21 (4),* 4-5.

Docherty D., & Hodgson, M. J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *Int J Sports Physiol Perform, 2,* 439-444.

Doherty, K. (1985). *Track and Field Omnibook,* 4th Ed. Tafnews Press: Los Altos.

Dowson, M. N., Nevill, M. E., Lakomy, H. K. A., Nevill, A. M., & Hazeldine, R. J. (1998). Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. *Journal of Sports Sciences, 16*(3), 257-265.

Duthie, G.M., Young, W.B., & Aitken, D.A. (2002) The acute effects of heavy load on jump squats performance: an evaluation of the complex and contrast

methods of power development. *Journal of Strength and Conditioning Research, 16 (4),* 530–538.

Duthie, G.M., Pyne, D.B., Ross, A.A., Livingstone, S.G., & Hooper, S.L. (2006). The reliability of ten – meter sprint time using starting techniques. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20 (2),* 246-251.

Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20,* 18–27.

Ebben, W. P. (2002). Complex training: a brief review. *Journal of Sports Science and Medicine, 1,* 42–46.

Ebben, W. P., Fauth, M. L., Kaufman, C. E., & Petushek, E. J. (2010). Magnitude and rate of mechanical loading of a variety of exercise modes. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24,* 213–217.

Enoka, R.M., & Stuart, D.G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology, 72,* 1631-48.

Enoka R. (2002). *Neuromechanics of human movement*. 3rd ed. Champaign, (IL): Human Kinetics.

Esformes, J. I., Cameron, N., & Bampouras, T. M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24,* 1911–1916.

Esformes, J. I., Keenan, M., Moody, J., & Bampouras, T. M. (2011). Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research, 25,* 143–148.

Fletcher, I.M., (2013). An Investigation into the Effect of a Pre-performance Strategy on Jump Performance. *Journal of Strength & Conditioning Research, 27 (1),* 107-115.

Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). Methodological issues with the interpolated twitch technique. *J Electromyogr Kinesiol, 17,* 317-327.

Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine, 37,* 145-168. Folland, J.P., Wakamatsu, T., & Fimland, M.S. (2008). The influence of maximal isometric activity on twitch and H-reflex

potentiation and quadriceps femoris performance. *European Journal of Applied Physiology, 104*(4), 739-748.

Fontani, G., Lodi, L., Felici, A., Migliorini, S. & Corradeschi, F. (2006) Attention in athletes of high and low experience engaged in different open skill sports. *Perceptual and Motor Skills, 102,* 791-805.

French, D. N., Kraemer, W. J., & Cooke, C. B. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research, 17*, 678–685.

Fukunaga, T., Ichinose, Y., & Ito, M. (1997). Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo. *Journal of Applied Physiology, 82,* 354-358.

Garhammer, J. (1993). A review of power output studies of olympic and powerlifting methodology, performance, prediction and evaluation tests. *Journal of Applied Sports & Science Research, 7,* 76-89.

Gilbert, G., & Lees, A. (2005). Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics 48,* 1576–1584.

Gossard, J.P., Floeter, M.K., & Kawai, Y. (1994). Fluctuations of excitability in the monosynaptic reflex pathway to lumbar motoneurons in the cat. *Journal of Neurophysiology, 72,* 1227-1239.

Gossen, E. R., & Sale, D. G. (2000). Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *European Journal of Applied Physiology, 83*, 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*, 342–344.

Grange, R. W., Vandeboom, R., & Houston, M. E. (1993). Physiological significance of myosin phosphorylation in skeletal muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology, 18*, 229–243.

Gullich, A & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics, 11,* 67–81.

Haff, G.G., Stone, M., O'Bryant, H.S., Harman, E.,; Dinan, C., Johnson, R., & Han, K.H. (1997). Force-time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research, 11 (4),* 269–272.

Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology, 88,* 2131–2137.

Hamada, T., Sale, D. G., & MacDougall, J. D. (2000). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Med. Sci. Sports Exerc. 32,* 403–411.

Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2003). Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica, 178,* 165–173.

Helmick, K. (2003). Biomechanical analysis of sprint start positioning. *Track Coach, 163,* 5209-5214.

Henneman, E., Somjen, G., & Carpenter, D. O. (1965). Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *Journal of Neurophysiology, 28,* 560-580.

Henson, P., Cooper, J. & Perry, T. (2002). A wider look at the sprint start. *Track and Field Coaches Review, 75 (4),* 19-21.

Highton, J.M, Lamb, K.L, Twist, C., & Nicholas, C. (2012). The reliability and validity of short-distance sprint performance assessed on a nonmotorized treadmill. *Journal of Strength & Conditioning Research, 26,* 458-465.

Hilfiker, R., Hubner, K., Lorenz, T., & Marti, B., (2007). Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21,* 550-555.

Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine, 35,* 585–595.

Hodgson, M., Docherty, D., & Zehr, E. P. (2008). Postactivation potentiation of force is independent of H-reflex excitability. *International journal of sports physiology and performance, 3 (2),* 219-231.

Holcomb, WR, Lander JE, Rutland, RM, & Wilson, GD (1996). A biomechanical analysis of the vertical jump and three modified plyometric depth jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research, 10,* 83-88.

Hopkins, W. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science Sports Medicine, 30, 1-15.

Hopkins, W. Reliability from consecutive pairs of trials (Excel spreadsheet). A new view of statistics. Available at: http://www.sportsci.org/resource/stats/xrely.xls

Iglesias–Soler, E., Paredes, X., Carballeira, E., Marquez, G. & Fernando-Del-Olmo, M. (2011). Effect of intensity and duration of conditioning protocol on post-activation potentiation and changes in H-reflex. *European Journal of Sports Science, 11(1),* 33-38

Jensen, R. L., & Ebben, W. P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 17,* 345–349.

Jevas, S. and J. H. Yan. 2001. The effect of aging on cognitive function: a preliminary quantitative review. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 72: A-49.

Jo, E., Judelson, D. A., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Dabbs, N. C. (2010). Influence of recovery duration after a potentiating stimulus on muscular power in recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24,* 343–347.

Kay, D., Gibson, A., & Mitchell, M. J. (2000). Different neuromuscular recruitment patterns during eccentric, concentric and isometric contractions. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 10,* 425-431.

Khamoui, A. V., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A., Uribe, B. P., Nguyen, D., Tran, T., Eurich, A. D., & Noffal, G. J. (2009). Effect of potentiating exercise volume on vertical jump parameters in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research, 23,* 1465–1469.

Kilduff, L. P., Bevan, H. R., Kingsley, M. I. C., Owen, N. J., Bennett, M. A., Hore, A. M., Maw, J. R., & Cunningham, D. J. (2007). Postactivation potentiation

in professional rugby players: optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21*, 1134–1138.

Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennett, M., Kingsley, M. I. C., & Cunningham, D. (2008).Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *J Sports Sci 26,* 795–802.

Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Owen, N. J., West, D. J., Bracken, R. M., & Cook, C. J. (2011). Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research, 25,* 2418–2423.

Komi, V.P., Ishikawa, M., & Jukka, S. (2009). IAAF sprint start research project: Is the 100m limit still valid? *New Studies in Athletics, 24 (1),* 37-47.

Kosinski, R.J., (2008). A literature review on reaction time. *Clemont Univercity*

Lockie, R.G., Murphy, A.J., Knight, T.J. & Janse De Jonge, X. (2011). Factors that differentiate acceleration ability in field sport athlets. *Journal of Strength and Conditioning Research 25*(10)/2704–2714

Loizeau, J., Parganin, D. & M.P. Luong, M.P. (1998) . Dynamics of the stance phase in sprinting using high-speed digital imaging. In: *The engineering of sport: design and development.* S.J. Haake, ed. Oxford: Blackwell Science, 449–454.

Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: an introduction. *The International Journal of Sports Physical Therapy, 6,* 234-241.

Luchies, C.W., Schiffman, J., Richards, L.G., Thompson, M.R., Bazuin, D., & DeYoung, A.J. (2002). Effects of Age, Step Direction, and Reaction Condition on the Ability to Step Quickly. *The journals of gerontology, 57,* 246-249.

Luebbers, P.E., Potteiger, J.A., Hulver, M.W., Thyfault, J.P., Carper, MJ., & Lockwood, R.H. **(**2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *Journal of Strength and Conditioning Research, 17,* 704–709.

Luhtanen, P., & P.V. Komi, P.V. (1978). Mechanical factors influencing running speed. In: *Biomechanics V1-B.* E. Asmussen and K. Jorgensen, eds. Baltimore: University Park Press, 23–29.

Luscher, H. R., Ruenzel, P., & Henneman, E. (1983). Composite EPSPs in motoneurons of different sizes before and during PTP: implications for transmission failure and its relief in Ia projections. *Journal of Neurophysiology, 49*, 269-289.

Mahlfeld, K., Franke, J., & Awiszus, F. (2004). Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle Nerve Apr, 29*, 597-600.

Majdell, R., & M.J.L. Alexander, M.J.L. (1991). The effect of overspeed training on kinematic variables in sprinting. *J. Hum. Mov. Stud. 21,* 19–39.

Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research, 18,* 551–555.

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*, 68–71.

Matthew, T.G., & Hibbs, A. (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *Journal of Sports Sciences, 25 (1),* 79-86.

Matthews, M.J., O'Conchur, C., & Comfort, P. (2009). The acute effects of heavy and light resistances on the flight time of a basketball push-pass during upper body complex training. *Journal Strength and Conditioning Research, 23,* 1988–1995.

McBride, J. M., Nimphius, S., & Erickson, T. M. (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 19*, 893–897.

McBride, J.M., Triplett-McBride, N.T., & Davie, A. (1999). A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters, and sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research, 13*, 58-66.

Mero, A. & Komi, P.V., (1990). Reaction time and electromyographic activity during a sprint start, E*uropean Journal of Applied Physiology, 61,* 73-80.

Michel, S., & Javier, J. (2002). The start is almost everything in sprint performance. *Track Coach, 160,* 5121.

Moir, G., Sanders, R., Chris Button, C., & Glaister, M. (2007). The effect of periodized resistance training on accelerative sprint performance. *Sports Biomecanics, 6 (3),* 285-300.

Moore, R., & Stull, J. T. (1984) Myosin light chain phosphorylation in fast and slow skeletal muscles in situ. *Am J Physiol, 247*, 462–471.

Muroaka, T., Muramatsu, T., Fukunaga, T., & Kanehisa, H. (2004). Elastic properties of human Achilles tendon are correlated to muscle strength. *Journal of Applied Physiology, 99,* 665-669.

Murphy, AJ, Lockie, RG, and Coutts, AJ. (2003). Kinematic determinants of early acceleration in field sport athletes. *J Sports Sci Med 2:* 144–150.

Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (1994). Developing explosive muscular power: implications for a mixed method training strategy. *Journal of Strength and Conditioning Research, 16,* 20-29.

Newton, R.U., Murphy, A.J., Humphies, B.J., Wilson, G.J., Kraemer, W.J., & Hakkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal of Applied Physiology*, *75*, 333-342.

Nummela, A., Rusko, H., & Mero, A. (1994). Emg Activities and Ground Reaction Forces during Fatigued and Nonfatigued Sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 26*(5), 605-609.

Nummela, A., Keranen, T., & Mikkelsson, L.O., (2007). Factors Related to Top Running Speed and Economy. *International Journal of Sports and Medicine, 28 (8),* 655–661.

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. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό, 12* (2), 113-119.

Paasuke, M., Saapar, L., Ereline, J., Gapeyeva, H., Requena, B., & Oopik, V. (2007). Postactivation potentiation of knee extensor muscles in power- and endurance-trained, and untrained women. *Eur J Appl Physiol,* 101, 577–585.

Pain, MTG & Hibbs, A., (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time Journal of Sports Sciences, 25 (1), 79-86.

Paradisis G.P., & Cooke C.B. (2006). The effects of sprint running training on sloping surfaces *Journal of Strength and Conditioning Research, 20,* 767-777.

Paradisis, G.P., Zacharogiannis, E., Smirniotou, A., Tziortzis, S., & Kritharakis, A. (2006). Correlation of reaction time and performance in 100m sprint running. *Medichine and Science in Sport and Excercise, 38 (5),* 518.

Parry, S., Hancock, S., Shiells, M., Passfield, L., Davies, B., & Baker, J.S. (2008). Physiological effects of two different postactivation potentiation training loads on power profiles generated during high intensity cycle ergometer exercise. *Research in Sports Medicine, 16*, 56–67.

Pedhazur, E.J., (1997). *Multiple regression in behavioral research, Explanation and prediction* (Third Edition). Thomson Learning

Pilianidis, T., Kasabalis, A., Mantzouranis, N., & Mavvidis, A. (2012). Start reaction time and performance at the sprint events in the Olympic Games. *Kinesiology 44 (1),* 67-72.

Radford, P.F. Sprinting. In: *Physiology of Sport.* T. Reilly, N. Secher, P. Snell, and C. Williams, eds. London: E & FN Spon, 1990. 71-99.

Rahimi, R. (2007). The acute effect of heavy versus light-load squats on sprint performance. *Physical Education and Sport, 5,* 163-169.

Rassier, D. E., & Herzog, W. (2001). The effects of training on fatigue and twitch potentiation in human skeletal muscle. *European Journal of Sports Science, 1*, 1–8.

Rassier, D.E., & Macintosh, B.R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medicaland Biological Research, 33,* 499–508.

Rixon, K. P., Lamont, H. S., & Bemben, M. G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21,* 500–505.

Robbins, D.W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research, 19*, 453–458.

Robbins, D. W. & Docherty, D. (2005). Effects of loading on enhancement of power performance over three consecutive trials. *Journal of Strength and Conditioning Research, 19,* 898–902.

Rose, D.J., (1998). Κινητική Μάθηση & Κινητικός Έλεγχος, (1η έκδοση). Θεσαλονίκη, Univercity Studio Press.

Saez Saez de Villarreal, E., 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 Jul, 100,* 393-401.

Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise Sport Science Reviews, 30,* 138–143.

Sale D. G., (2004). Postactivation potentiation: role in performance. *Br J Sports Med, 38,* 386-387.

Sanders, A.F., (1998*). Elements of human performance* Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ.

Santos EJAM & Janiera MAAS (2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. Journal of Strength and Conditioning Research 22 903-909.

R.A. Schmidt, C.A. Wrisberg (Eds.), Motor Learning and Performance—A Situation-Based Learning Approach, Human Kinetics, Champaign IL (2008), 77-89 Schmidt & Weisberg 2009

Schmidtbleicher, D. (1992). *Training for power events. Strength & power in Sport*. In: Komi V. (Ed). Blackwell Scientific Publications. Oxford, 381-395.

Silverman, I.W., (2006). Sex differences in simple visual reaction time: A historical Meta-Analysis. *Sex Roles, 54,* 57-68.

Simonsen, E. B., Thomsen, L., & Klausen, K. (1985). Activity of mono- and biarticular leg muscles during sprint running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 54*(5), 524-532.

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*, 73–76.

Sotiropoulos, K., Smilios, H., Christou, M., Barzouka, K., Spaias, A., Douda, Z., & Tokmakidis, S. (2010). Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *Journal of Sports Science and Medicine, 9,* 326-331.

Spencer, M., Fitzsimons, M., Dawson, B., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). Reliability of a repeated – sprint test for field – hockey. *Journal of Science and Medicine in Sport, 9,* 181-184.

Christopher, D. Spinks D, Murphy, A.J. Warwick, L. Spinks, & Lockie, R.G., (2007) The effects of resisted sprint training on acceleration performance and kinematics in soccer, rugby union and Australian football players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 21*(1), 77–85

Steinbach, M., & Tholl, R. (1969). Uber die Reaktionszeit. [About the reaction time. In German.] *Die Lehre der Leichtathletik, 20,* 33.Steinbach & Tholl, 1969

Stevenson, M. (1997). The sprint start: save as many split-seconds as you can on the start and you'll be in pretty good shape at the finish. *Coach and Athletic Director, 66 (8),* 18-20.

Stieg, J. L., Faulkinbury, K. J., Tran, T. T., Brown, L. E., Coburn, J. W., Judelson, D. A. (2011). Acute effects of drop jump volume on vertical jump performance in collegiate women soccer players. *Kinesiology, 43,* 25-30.

Stuart, D. S., Lingley, M. D., Grange, R. W., & Houston, M. E. (1988). Myosin light chain phosphorylation and contractile performance of human skeletal muscle. *Can J Physiol Pharmacol., 66,* 49–54.

Szczesna, D., Zhao, J., Jones, M., Zhi, G., Stull, J., & Potter, J. (2002). Phosphorylation of the regulation light chains of myosin affects Ca^{2+} sensitivity of skeletal muscle contraction. *Journal of Applied Physiology, 92,* 1661-1670.

Taube, W., Leukel, C., Lauber, B., & Gollhofer, A. (2011). The drop height determines neuromuscular adaptions and changes in jump performance in stretch-shortening cycle training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, ,* 1-13.

Taylor, J. L., Butler, J. E., Gandevia, S. C. (2000). Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology, 83,* 106-115.

Terzis, G., Karampatsos, G., Kyriazis, T., Kavouras, S. A., & Georgiadis, G. (2012). Acute effect of countermovement jumping and sprinting shot put performance. *Journal Strength and Conditioning Research, 26,* 684–690.

Terzis, G., Spengos, K., Karampatsos, G., Manta, P., & Georgiadis, G. (2009). Acute effect of drop jumping on throwing performance. *Journal Strength and Conditioning Research, 23,* 2592–2597.

Tidow, G. (2002). Aspects of strength training in athletics *New Stud Athletics, 1* (1), 93-110.

Till, K. A., & Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *Journal Strength and Conditioning Research, 23,* 1960–1967.

Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effects on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine, 39,* 147–166.

Trimble, M. H., & Harp, S. S. (1998). Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Medicine of Science in Sports and Exercise, 30,* 933-941.

Tsolakis, C., Bogdanis, G. C., Nikolaou, A., & Zacharogiannis, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of Sports Science and Medicine, 10,* 577-583.

Tubman, L. A., Macintosh, B. R., & Maki, W. A. (1996). Myosin light chain phosphorylation and posttetanic potentiation in fatigued skeletal muscle. *Eur J Physiol, 431,* 882-887.

Turki, O., Chaouachi, A., Drinkwater, E. J., Chtara, M., Chamari, K., Amri, M., & Behm, D. G. (2011). Ten minutes of dynamic stretching is sufficient to potentiate vertical jump performance characteristics. *Journal Strength and Conditioning Research, 25 (9),* 2453-2463.

Young, W.B., Jenner, A., & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning*

Research, 12, 82–84. Vandenboom, R., Grange, R.W., & Houston, M.E. (1993). Threshold for force potentiation associated with skeletal myosin phosphorylation. *American Journal of Physiology, 265,* 1456-1462.

Visser, M., Kritchevsky, S.B., Goodpaster, B.H., Newman, A.B., Nevitt, M., Stamm, E., & Harris, T.B., (2007). Leg Muscle Mass and Composition in Relation to Lower Extremity Performance in Men and Women Aged 70 to 79: The Health, Aging and Body Composition Study. *Journal of the American Geriatrics Siciety, 50 (5),* 897-904.

Walsh, M., Arampatzis, A., Schale, F., & Brugemann, G.P. (2004). The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performance, and moment of force. *Journal of Strength and Conditioning Research, 18*, 561–566.

Welford, A.T. (1980b). *Relationships between reaction time and fatigue, stress, age and sex* A.T. Welford (Ed.), Reaction times, Academic Press, London (1980)

Wilson, G.J., Elliot, B.C., & Wood, G.A. (1991). The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement. *Medicine and Science in Sports Exercise, 23,* 364-370.

Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M. C., Jo, E., Lowery, R. P., & Ugrinowitsch, C., (2013). Meta-Analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research, 27*, 854–859.

Winter, E.M., Brookes, F.B.C., (1991). Electromechanicai response times and muscle elasticity in men and women. *European Journal of Applied Physiology, 63,* 124-128.

Yetter, M., & Moir, G. L. (2008). The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. *Journal of Strength and Conditioning Research, 22,* 159-165.

Young, W. (2001). Training for speed/strength: Heavy vs. Light loads. *National Strength and Conditioning Journal, 15*(5), 34-42.

Young, W., Benton, D., Duthie, G., & Pryor, J. (2001). Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints. *Strength and Conditioning Journal, 23*(2), 7-13.

Young, W. B., Jenner, A., & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research, 12*, 82–84.

Παράρτημα

Στο παράρτημα περιλαμβάνονται:

I. Το έντυπο ενημέρωσης και συγκατάθεσης των συμμετεχόντων

II. Το πρωτόκολλο προθέρμανσης



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών *«Φυσική Αγωγή & Αθλητισμός»*

Ενημέρωση και δήλωση συγκατάθεσης συμμετεχόντων

Η παρούσα έρευνα διεξάγεται στα πλαίσια των μεταπτυχιακών σπουδών του Κροκίδα Αναστάσιου και **σκοπό** έχει να εξετάσει την επίδραση των πλειομετρικών αλμάτων βάθους στο χρόνο αντίδρασης από βατήρα εκκινήσεων καθώς και στην αρχική επιτάχυνση στους δρόμους ταχύτητας. Οι πληροφορίες που θα αντληθούν κατά τη συμμετοχή σας, θα βοηθήσουν να εμπλουτιστούν οι γνώσεις γύρω από τη βελτίωση της απόδοσης κατά την φάση της εκκίνησης και της επιτάχυνσης στους δρόμους ταχύτητας.

Θα **πρέπει να γνωρίζετε** ότι θα απαιτηθεί έντονη και επίπονη μυϊκή προσπάθεια και είναι φυσικό, όπως σε κάθε παρόμοια δραστηριότητα, να υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης μυϊκού τραυματισμού. Σημαντικό είναι αν γνωρίζετε ότι κατά τη συμμετοχή σας στην έρευνα θα πρέπει να προσπαθήσετε με την υψηλότερη δυνατή ένταση και μπορείτε να διακόψετε τη συμμετοχή οποιαδήποτε στιγμή αισθανθείτε αδιαθεσία ή πόνο.

Μην ξεχνάτε ότι η συμμετοχή σας είναι εθελοντική, τα αποτελέσματα εμπιστευτικά και ανώνυμα και ότι μπορείτε να αποσυρθείτε οποιαδήποτε στιγμή για οποιοδήποτε λόγο.

ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗ: Διάβασα την παραπάνω ενημέρωση, και κατάλαβα πλήρως τις δοκιμασίες στις οποίες θα υποβληθώ. Από όσο γνωρίζω δεν έχω κάποιο ιατρικό πρόβλημα και διατηρώ στο ακέραιο το δικαίωμα αποχώρησης από την έρευνα οποιαδήποτε στιγμή ανάλογα με την κρίση μου.

Ονομ/μο Συμμετέχοντα:

Υπογραφή Ημερομηνία:___/___/20__

Πρωτόκολλο Προθέρμανσης

Χαλαρό τρέξιμο:

i. 800 μέτρα (5’ με 9,6 $km \cdot h^{-1}$)

Στατικές διατάσεις:

i. Τετρακέφαλοι (Quadritseps) 2×20"
ii. Δικέφαλοι μηριαίοι (Biceps) 2×20"
iii. Γαστροκνήμιοι (Calfs) 2×20"

Αιωρήσεις κάτω άκρων:

i. Αιωρήσεις ποδιών εμπρός (Frontal leg swings) 1×15 επαναλήψεις
ii. Αιωρήσεις ποδιών πλάγιες (Lateral leg swings) 1×15 επαναλήψεις

Δρομικές ασκήσεις:

i. Πίσω πόδια λυγισμένα (Bottom Kicks) 2×40μέτρα
ii. Ψηλά γόνατα (Skipping) 2×40 μέτρα
iii. Ανοίγματα 1×40 μέτρα στο 60%
1×40 μέτρα στο 80%