



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**

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

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΟΝΟΠΟΔΙΚΩΝ ΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ  
ΣΤΑ SPRINTS»**

**Γιάννης Ιωαννίδης  
Λούης Παύλου**

**Επιβλέπων Καθηγητής: Γεώργιος Παραδείσης**

**ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020**

© Copyright  
Γιάννης Ιωαννίδης  
Λούης Παύλου  
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

## Περίληψη

---

Η ανταπόκριση ενός σκελετικού μυ σε διάφορα ερεθίσματα (ηλεκτρικά ή εκούσια) καθορίζεται από τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του και από την προηγηθείσα δραστηριότητά του. Έτσι η μυϊκή απόδοση μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί, ανάλογα με το είδος της άσκησης που προηγείται. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει γιατί κάθε μυϊκή δραστηριότητα μπορεί να ενεργοποιήσει τόσο τους φυσιολογικούς μηχανισμούς της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης, όσο και της κόπωσης. Ως μεταδιεγερτική ενεργοποίηση ορίζεται η βραχυπρόθεσμη βελτίωση της μυϊκής απόδοσης. Συνήθως προκαλείται από μια δυναμική ή μέγιστη ισομετρική σύσπαση, την άσκηση ενεργοποίησης. Κυριότερες μορφές ασκήσεων ενεργοποίησης είναι τα άλματα, οι ασκήσεις με αντιστάσεις και οι πλειομετρικές ασκήσεις. Πολλοί προπονητές χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους προθέρμανσης με στόχο την αύξηση της απόδοσης των αθλητών τους, αφού η ταχύτητα, η δύναμη και η ισχύς είναι καθοριστικοί παράγοντες της αθλητικής απόδοσης στα sprints. Η βελτιστοποίησή τους στην προπόνηση ή κάτω από συνθήκες ανταγωνισμού μπορεί να ενισχυθεί μέσω της κατάλληλης προθέρμανσης. Αρκετές έρευνες τα τελευταία χρόνια εξετάζουν διάφορα πρωτόκολλα μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στα sprints. Όμως, ελάχιστες ασχολήθηκαν με τα μονοποδικά και διποδικά άλματα, ως προς την αύξηση της απόδοσης στα sprints. Στη έρευνα συμμετείχαν 7 νεαροί αθλητές στίβου με μέσο όρο ηλικίας τα 15 έτη και με προπονητική εμπειρία  $\geq 2$  έτη. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν σωματικά δραστήριοι, με τουλάχιστον μέτριο επίπεδο φυσικής δραστηριότητας. Εκτέλεσαν 2 διαφορετικά πρωτόκολλα με τυχαία και διαφορετική σειρά σε 2 ξεχωριστές ημέρες, οι οποίες απείχαν μεταξύ τους τουλάχιστον 72 ώρες. Τα πρωτόκολλα εκτελέστηκαν ύστερα από μία τυπική προθέρμανση και περιλάμβαναν 3 σειρές με 5 επαναλήψεις οριζόντια μονοποδικά αλματικά βήματα για κάθε κάτω άκρο (OMA) (συνθήκη παρέμβασης) και ενεργητική αποκατάσταση (περπάτημα) (συνθήκη ελέγχου). Τα αποτελέσματα έδειξαν μη σημαντική αλληλεπίδραση συνθήκης και χρονικής περιόδου, αλλά και μη σημαντική κυρίως επίδραση για την συνθήκη και την χρονική περίοδο σε όλες τις αποστάσεις.

## Abstract

---

The response of a skeletal muscle in various stimuli (electrical or deliberate) is determined from its physiological characteristics, as well as its preceded activity. Ergo, the muscle performance could be either increased or decreased, in response to the preceding exercise. Such a phenomenon occurs due to the ability of each muscular activity for activating both the biomechanics of the post-activation potentiation (PAP), and the biomechanics of muscular fatigue. Post-activation potentiation refers to short-term improvement in performance. PAP normally occurs as a subsequent of dynamic or maximal isometric contractions, which could be identified as activation drills. Such drills of primary importance are jumps, resistance exercises, and plyometric exercises. Several coaches have been using various conditioning methods, aiming to increase the athletes' explosive performance, especially since speed, power and strength are decisive factors of sprint performance. The optimization of these factors during training, or under competitive circumstances, could be enhanced through proper warm-up exercises. Hitherto, multiple studies have been examining the PAP protocols in sprints. Yet, only a few of those have studied the alternate -leg bounding or leg bounding, in resulting to the improvement in sprint performance. For accumulating its results, this study examined the performance improvement of seven young athletes after implementing the aforementioned protocols during their warm-up, which included three sets of five repetitions of horizontal single-leg bounding for each leg (intervention group), and active rehabilitation (control group). The athletes' average age was fifteen years old, whilst the prerequisite training experience was equal with, or greater than two years. Another prerequisite factor was that the athletes should have been actively training, and at least of a moderate level of physical condition. The seven athletes performed two different protocols in random and different order, which were held at least 72 hours apart. The results have not identified any significant interaction (statistically) between the intervention group and the time results in sprints, neither in the total sprint length timings, nor the split five-meter timing measurements.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	ii
Πίνακας Περιεχομένων.....	iv
Κατάλογος Σχημάτων .....	v
Κατάλογος Πινάκων .....	v
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος .....	1
1.2. Σημασία της έρευνας.....	2
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις .....	2
1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας.....	2
1.5. Διευκρίνιση όρων .....	3
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	4
2.1. Χαρακτηριστικά Ταχύτητας.....	4
2.2. Μεταδιεγερτική Ενεργοποίηση.....	4
2.3. Άσκηση Ενεργοποίησης.....	5
2.4. Τρόποι επίτευξης μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης .....	5
2.5. Πιθανοί μηχανισμοί πρόκλησης μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης .....	6
2.6. Μεταδιεγερτική Ενεργοποίηση και Κόπωση .....	7
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	8
3.1. Συμμετέχοντες .....	8
3.2. Ερευνητικός Σχεδιασμός.....	8
3.3. Πειραματικό Πρωτόκολλο .....	8

3.4. Όργανα Μέτρησης.....	10
3.5. Στατιστική Ανάλυση.....	10
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	11
4.1. Αποτελέσματα Πειράματος.....	11
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....	12
VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	13
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	14

## Κατάλογος Πινάκων

---

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα πειράματος.....	11
---	----

## Κατάλογος Σχημάτων

---

Σχήμα 3.1: Πειραματικό πρωτόκολλο.....	9
Σχήμα 3.2: Τοποθέτηση καμερών .....	10

# I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Η ανταπόκριση ενός σκελετικού μυ σε διάφορα ερεθίσματα (ηλεκτρικά ή εκούσια) καθορίζεται από τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του, καθώς και από τη προηγηθείσα δραστηριότητά του. Έτσι η μυϊκή απόδοση μπορεί είτε να αυξηθεί είτε να μειωθεί, ανάλογα με το είδος της άσκησης που θα προηγηθεί. Μετά από χαμηλής έως μέτριας έντασης άσκηση επέρχεται συνήθως αύξηση της μυϊκής απόδοσης, ενώ μετά από άσκηση υψηλής έντασης μπορεί είτε να επέλθει μείωση (κόπωση) είτε μεγαλύτερη αύξηση (μεταδιεγερτική ενεργοποίηση) (ΜΔΕ). Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει γιατί κάθε μυϊκή δραστηριότητα μπορεί να ενεργοποιήσει τόσο τους φυσιολογικούς μηχανισμούς της κόπωσης, όσο και της ΜΔΕ. Ως μεταδιεγερτική ενεργοποίηση ορίζεται η βραχυπρόθεσμη βελτίωση της μυϊκής απόδοσης (Tsoukos, 2013).

## 1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Πολλοί προπονητές χρησιμοποιούν διάφορες μεθόδους προθέρμανσης με στόχο την αύξηση της απόδοσης των αθλητών τους. Η ταχύτητα, η δύναμη και η ισχύς είναι όλοι καθοριστικοί παράγοντες της αθλητικής απόδοσης στα sprints και η βελτιστοποίησή τους στην προπόνηση ή κάτω από συνθήκες ανταγωνισμού μπορεί να ενισχυθεί μέσω της κατάλληλης προθέρμανσης (Till & Cooke, 2009). Έχουν βρεθεί αρκετές έρευνες τα τελευταία χρόνια οι οποίες εξετάζουν διάφορα πρωτόκολλα μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στα sprints. Όμως ελάχιστες είναι οι έρευνες οι οποίες ασχολήθηκαν με τα μονοποδικά και διποδικά άλματα στην αύξηση της απόδοσης στα sprints. Συγκεκριμένα οι Turner et al (2015) εξέτασαν την επίδραση των εναλλασσόμενων μονοποδικών αλμάτων με τη χρήση του σωματικού βάρους, αλλά και με τη χρήση επιπλέον επιβάρυνσης. Τα αποτελέσματα τους έδειξαν σημαντική αύξηση ( $1.8 \pm 3.3\%$  και  $2.2 \pm 3.1\%$  αντίστοιχα) της απόδοσης και στις δύο αυτές παραμέτρους. Βάση της συγκεκριμένης έρευνας θα μελετηθεί, στη δική μας έρευνα, η επίδραση των μονοποδικών αλμάτων στην απόδοση στα sprints σε νεαρούς αθλητές.

## **1.2. Σημασία της έρευνας**

Μέσω της παρούσας πρότασης στοχεύεται η συνεισφορά στην ανεύρεση ενός προπονητικού πρωτοκόλλου για την πρόκληση ΜΔΕ. Οι πρακτικές εφαρμογές της μελέτης ενδέχεται να αποτελέσουν εργαλείο επιλογής για τους αθλητικούς επιστήμονες και τους προπονητές οι οποίοι αναζητούν μέσα αλλά και μεθόδους για αύξηση της απόδοσης των αθλητών τους. Είναι με βάση τέτοιου είδους έρευνες, που η δική μας έρευνα μελετά την επίδραση των μονοποδικών αλμάτων στην απόδοση στα sprints σε νεαρούς αθλητές.

## **1.3. Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις**

Ερευνητικό ερώτημα : Η εκτέλεση μονοποδικών αλμάτων θα προκαλέσει αλλαγές στην απόδοση των σπριντ σε νεαρούς αθλητές;

Σύμφωνα με τις ενδείξεις της βιβλιογραφίας οι ερευνητικές υποθέσεις που διατυπώνονται είναι οι εξής:

Ερευνητική υπόθεση : Η εκτέλεση μονοποδικών αλμάτων θα προκαλέσει θετικές αλλαγές στην απόδοση στα sprints.

## **1.4. Οριοθετήσεις και περιορισμοί της έρευνας**

- Η προσπάθεια της φυσιολογικής εξήγησης του φαινομένου της ΜΔΕ θα γίνει μόνο μέσω των αλλαγών στη ταχύτητα.
- Τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν για:
  - Πληθυσμούς με διαφορετικά βιολογικά χαρακτηριστικά (ηλικία, επίπεδο δραστηριότητας, φυλή).
  - Πρωτόκολλα άσκησης που θα διαφέρουν ως προς το είδος και τη διάρκεια της άσκησης ενεργοποίησης αλλά και του διαλείμματος.



## **1.5. Διευκρίνιση όρων**

Μεταδιεγερτική ενεργοποίηση: Ορίζεται ως η βραχυπρόθεσμη βελτίωση της μυϊκής απόδοσης, η παραγωγή μεγαλύτερης δύναμης στο άμεσο διάστημα μετά από ένα μυϊκό ερέθισμα.

Άσκηση ενεργοποίησης: Η άσκηση η οποία χρησιμοποιείται για την πρόκληση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης.

Κόπωση: Η μείωση της ικανότητας του μυός να παράγει δύναμη.

Φάση επαφής: Η περίοδος κατά την οποία το πόδι στήριξης βρίσκεται σε επαφή με το έδαφος.

Φάση πτήσης: Η περίοδος κατά την οποία δεν υπάρχει επαφή των άκρων με το έδαφος.

Χρόνος επαφής: Ο χρόνος κατά την επαφή του άκρου με το έδαφος.

Χρόνος πτήσης: Ο χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών επαφών κατά τον οποίο δεν υπάρχει επαφή των άκρων με το έδαφος.

## II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

### 2.1. Χαρακτηριστικά Ταχύτητας

Ο άνθρωπος είναι ικανός να αναπτύσσει δρομικές ταχύτητες σε ένα μεγάλο φάσμα, από πολύ χαμηλές ταχύτητες κατά το περπάτημα, μέχρι μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να φτάνει μέχρι και 12 m/s (43 Km/h). Η ικανότητα «ταχύτητα» περιλαμβάνει γρήγορες κινήσεις των μελών του σώματος οι οποίες χρειάζονται γρήγορη απελευθέρωση μυϊκής ενέργειας. Απαιτούνται τεράστια ποσά ενέργειας σε ασκήσεις υπερμέγιστης έντασης και όσες εκτελούνται σε χρόνο κάτω από 10s χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο το φωσφορογόνο ενεργειακό σύστημα. Σε αυτού το είδους ασκήσεις κατατάσσονται και τα sprints, καθώς η κάλυψη μίας απόστασης στο μικρότερο δυνατό χρόνο απαιτεί προσπάθεια υπερμέγιστης έντασης. Η δρομική ταχύτητα εξαρτάται από το μήκος και τη συχνότητα διασκελισμού. Το μήκος διασκελισμού, το οποίο εξαρτάται από την μυϊκή δύναμη, είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών βημάτων των κάτω άκρων, ενώ συχνότητα διασκελισμού, η οποία εξαρτάται από το κεντρικό νευρικό σύστημα, είναι ο αριθμός διασκελισμών στην μονάδα του χρόνου. Η δρομική ταχύτητα αυξάνεται όταν αυξάνεται ο ένας ή και οι δύο παράγοντες. Η ταχύτητα έχει αποδειχθεί ως ιδιαίτερα αξιόπιστη μέτρηση, κυρίως όταν χρησιμοποιούνται αθλητές ως συμμετέχοντες στις μελέτες, όπως έδειξε και η έρευνα των Vanderka et al (2016). Η απόδοση στα sprints αυξήθηκε μόνο στους αθλητές στίβου υψηλού επιπέδου.

### 2.2. Μεταδιεγερτική Ενεργοποίηση

Τα τελευταία χρόνια έχουν βρεθεί αρκετές έρευνες οι οποίες ασχολήθηκαν με το φαινόμενο της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, μεταδιεγερτική ενεργοποίηση είναι η ανταπόκριση ενός σκελετικού μυ σε διάφορα ερεθίσματα (ηλεκτρικά ή εκούσια) και καθορίζεται από τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά του (π.χ τύπος μυϊκών ινών) καθώς και από τη προηγηθείσα δραστηριότητα του. Έτσι κατά τους Tsoukos et al (2013), αν προηγηθεί ήπια άσκηση (π.χ. προθέρμανση), η μυϊκή δύναμη και ισχύς αυξάνονται, ενώ αν προηγηθεί έντονη άσκηση η μυϊκή απόδοση μπορεί είτε να μειωθεί (φαινόμενο «κόπωσης») είτε να αυξηθεί περαιτέρω, σε σύγκριση με την κατάσταση ηρεμίας (φαινόμενο «μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης»).

### **2.3. Άσκηση Ενεργοποίησης**

Η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση συνήθως προκαλείται από μια δυναμική (Till & Cooke, 2009, McBride, 2005) ή μέγιστη ισομετρική σύσπαση (Till & Cooke, 2009, Gossen, 2000, Docherty, 2013), η οποία ονομάζεται άσκηση ενεργοποίησης. Υπάρχουν διάφορες μορφές ασκήσεων ενεργοποίησης με τις κυριότερες, σύμφωνα με την βιβλιογραφία, να είναι τα άλματα (Bomfim, 2011, McBride, 2005, Byrne, 2013), οι ασκήσεις με αντιστάσεις (Sharma, 2018, Wyland, 2015, Chatzopoulos, 2007) και οι πλειομετρικές ασκήσεις (McBride, 2005, Vanderka, 2015, Turner, 2015, Esformers, 2010). Οι Joseph Esformers et al (2010), εξέτασαν αν η απόδοση στο κάθετο άλμα μπορεί να αυξηθεί, χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο με αντιστάσεις και ένα πρωτόκολλο με δυναμικές πλειομετρικές ασκήσεις. Δεν βρέθηκαν όμως σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο πρωτόκολλα ( $1.63 \pm 0.45$  και  $1.55 \pm 0.34$  αντίστοιχα). Τα χαρακτηριστικά της άσκησης ενεργοποίησης, τα οποία προσδιορίζουν σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου, περιλαμβάνουν το συνολικό όγκο άσκησης, την έντασή της και τα διαφορετικά είδη της μυϊκής σύσπασης. Επίσης η αποκατάσταση φαίνεται να έχει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα οποιουδήποτε πρωτοκόλλου, σύμφωνα με τους Bomfim et al (2011) οι οποίοι βρήκαν σημαντικές διαφορές της ταξης των 2.4% και 2.7% μετά από 10 και 15min αντίστοιχα στην έρευνά τους. Σημαντικό ρόλο για την επίτευξη της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης φαίνεται να έχει η ηλικία, το φύλο, η προπονητική ηλικία (McBride, 2005), η μυϊκή δύναμη και ο τύπος των μυϊκών ινών των αθλητών (McBride, 2005). Άτομα με αυξημένο ποσοστό μυϊκών ινών τύπου II ή/και μεγαλύτερη εγκάρσια επιφάνεια μυϊκών ινών τύπου II παρουσιάζουν μεγαλύτερη βελτίωση στην απόδοση μετά την άσκηση ενεργοποίησης.

### **2.4. Τρόποι επίτευξης μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης**

Έχουν αποδειχθεί διάφοροι τρόποι με του οποίους μπορεί να επιτευχθεί η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση. Κατά τη βιβλιογραφία η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση μπορεί να επιτευχθεί με μια σειρά ηλεκτρικά προκλητών επαναλαμβανόμενων μυϊκών συσπάσεων χαμηλής συχνότητας, με μια ηλεκτρικά προκλητή τετανική σύσπαση (μετατετανική ενεργοποίηση) (Till

& Cooke, 2009), με μέγιστη εκούσια ισομετρική σύσπαση και με μια σειρά εκούσιων δυναμικών συσπάσεων με μέγιστο ή υπομέγιστο φορτίο. Μπορεί να γίνει αισθητή 4-20 min μετά την ενεργοποίηση παρόλο που αρκετές έρευνες παρουσιάζουν βελτίωση της απόδοσης σε μικρότερο είτε μεγαλύτερο χρόνο αποκατάστασης (Tsoukos et al ,2013).

## 2.5. Πιθανοί μηχανισμοί πρόκλησης μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης

Οι κύριοι φυσιολογικοί παράγοντες που προκαλούν τη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση είναι :

- Η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης (McBride, 2005, Bomfim, 2011, Byrne, 2013). Το μόριο της μυοσίνης αποτελείται από δύο «βαριές αλυσίδες», όπου στο άκρο τους βρίσκονται δύο «ελαφριές αλυσίδες» (Myosin Light Chains ή MLC): η «απαραίτητη ελαφριά αλυσίδα» (MLC-1) και η «ρυθμιστική ελαφριά αλυσίδα» (MLC-2), η οποία μπορεί να φωσφορυλιωθεί. Όταν ένας μυς ενεργοποιηθεί μέσω μιας άσκησης υψηλής έντασης με αντιστάσεις, τότε αυξάνεται η απελευθέρωση των ιόντων ασβεστίου από το σαρκοπλασματικό δίκτυο, τα οποία συνδέονται με μια πρωτεΐνη, την καλμοδουλίνη. Αυτό το σύμπλοκο ενεργοποιεί ένα ένζυμο, την κινάση των ελαφριών αλυσίδων της μυοσίνης, η οποία προσθέτει φωσφορικά ιόντα στις ελαφριές αλυσίδες της μυοσίνης.
- Οι αλλαγές που προκύπτουν στην γωνία πρόσφυσης. Η γωνία πρόσφυσης των μυϊκών ινών σχηματίζεται από την ευθεία έκφυσης-κατάφυσης του μυός σε σχέση με τον προσανατολισμό των μυϊκών δεματίων και καθορίζει την αποτελεσματική μεταφορά της δύναμης από τους μύες, στους τένοντες και στα οστά. Συνεπώς, οι μικρότερες γωνίες πρόσφυσης παρουσιάζουν μηχανικό πλεονέκτημα.
- Η αύξηση της επιστράτευσης των κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης ή επίπεδο διεγερσιμότητας (McBride, 2005, Bomfim, 2011). Η αυξημένη επιστράτευση των κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης μπορεί να αξιολογηθεί με το ηλεκτρικά προκλητό αντανακλαστικό Hoffmann (αντανακλαστικό-H). Το αντανακλαστικό-H καταγράφεται με ηλεκτρομυογράφημα μετά από ηλεκτρική διέγερση των κεντρομόλων νευρικών ινών (Ia) που ξεκινούν από τη μυϊκή άτρακτο. Το δυναμικό δράσης που προκαλείται από την ηλεκτρική διέγερση μεταφέρεται στο νωτιαίο μυελό μέσω των κεντρομόλων νευρικών ινών Ia και από εκεί μεταδίδεται μέσω συνάψεων στους άλφα-κινητικούς νευρώνες που καταλήγει στον μυ και καταγράφεται ως ηλεκτρική δραστηριότητα. Επειδή το αντανακλαστικό-H παρακάμπτει τη μυϊκή άτρακτο (προκαλείται δηλαδή μεταξύ αυτής και της σπονδυλικής στήλης), αποτελεί χρήσιμο τρόπο αξιολόγησης της μονοσυναπτικής αντανακλαστικής δράσης στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού και ειδικότερα της διέγερσης των ακινητικών νευρώνων. Οι πρώτοι δύο χαρακτηρίζονται ως μυογενείς

(προκαλείται στο επίπεδο του μυός) και ο τελευταίος ως νευρογενής (προκαλείται στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού). Έτσι βλέπουμε ότι η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση προκαλείται από ένα συνδυασμό μυογενών και νευρογενών μηχανισμών.

## **2.6. Μεταδιεγερτική Ενεργοποίηση και Κόπωση**

Όπως προαναφέρθηκε, κάθε μυϊκή δραστηριότητα μπορεί να ενεργοποιήσει τόσο τους φυσιολογικούς μηχανισμούς της κόπωσης όσο και της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Κόπωση ορίζεται ως η αδυναμία ή η μειωμένη παραγωγή δύναμης και ισχύος που απαιτείται για την επίτευξη μυϊκού έργου (Tsoukos et al, 2013). Η μυϊκή κόπωση είναι ένα φαινόμενο που περιλαμβάνει περιφερικούς και κεντρικούς μηχανισμούς και διακρίνεται σε κεντρική και περιφερική. Οι μηχανισμοί πρόκλησης της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης, τους οποίους αναφέραμε πιο πάνω, μπορούν να «αντισταθμίσουν» τους περιφερικούς και νευρικούς μηχανισμούς της κόπωσης, λόγω του ότι είναι σε πολλά σημεία αντίθετοι. Η επικράτηση της ενεργοποίησης ή της κόπωσης θα καθορίσει την αποτελεσματικότητα του πρωτοκόλλου στο να βελτιώσει τη μυϊκή απόδοση. Σε έρευνα των Yoshimoto et al (2016), οι οποίοι βρήκαν θετικό αποτέλεσμα μόνο σε 1 από τα 3 πρωτόκολλα που εξέτασαν αναφέρουν ότι η κόπωση μάλλον επηρέασε τα αποτελέσματα. Σε έρευνα των Ferreira et al (2018), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση 4 διαφορετικών πρωτοκόλλων (control, weighted alternate leg bounding, 2 x 20m sprint, 2 x 20m sprint with resistance) στα 100m sprint, συμμετείχαν έφηβοι άντρες με μέσο όρο ηλικίας τα 16.3 έτη. Τα sprints εκτελέστηκαν 7min μετά από κάθε πρωτόκολλο. Τα αποτελέσματα τους δεν έδειξαν καμία αλλαγή και είναι πιθανόν η κόπωση να υπερίσχυσε των φυσιολογικών μηχανισμών της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης, λόγω της ηλικίας των υποκειμένων που έλαβαν μέρος στην έρευνα. Όπως δείχνουν οι πιο πάνω έρευνες, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι στους έφηβους αθλητές επέρχεται γρηγορότερα η κόπωση. Είναι επίσης σημαντικό να αναφερθεί ότι τα επίπεδα κόπωσης και μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των ατόμων και έτσι συνιστάται ο ατομικός προσδιορισμός του βέλτιστου χρόνου αποκατάστασης. Οι Till & Cooke (2009) σε έρευνα τους αναφορικά με τα sprints και την αλτική ικανότητα βρήκαν μεγάλο εύρος αποτελεσμάτων (-7%-+8,2%) με τους ίδιους να καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι κάθε άτομο έχει διαφορετική επίδραση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης.

## III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

---

### 3.1. Συμμετέχοντες

Στη μελέτη συμμετείχαν 7 νεαροί αθλητές στίβου (ηλικία:  $14,8 \pm 0,9$  έτη, ανάστημα:  $171,4 \pm 5,2$  cm, σωματική μάζα:  $64,9 \pm 8,9$  kg) με προπονητική εμπειρία  $\geq 2$  έτη. Οι δοκιμαζόμενοι ήταν σωματικά δραστήριοι, με τουλάχιστον μέτριο επίπεδο φυσικής δραστηριότητας. Ήταν απόλυτα υγιείς χωρίς πρόσφατο τραυματισμό και η συμμετοχή τους στη παρούσα μελέτη ήταν εθελοντική.

### 3.2. Ερευνητικός Σχεδιασμός

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 2 διαφορετικά πρωτόκολλα με τυχαία και διαφορετική σειρά σε 2 ξεχωριστές ημέρες, οι οποίες απείχαν μεταξύ τους τουλάχιστον 72 ώρες. Τα πρωτόκολλα εκτελέστηκαν ύστερα από μία τυπική προθέρμανση και περιλάμβαναν:

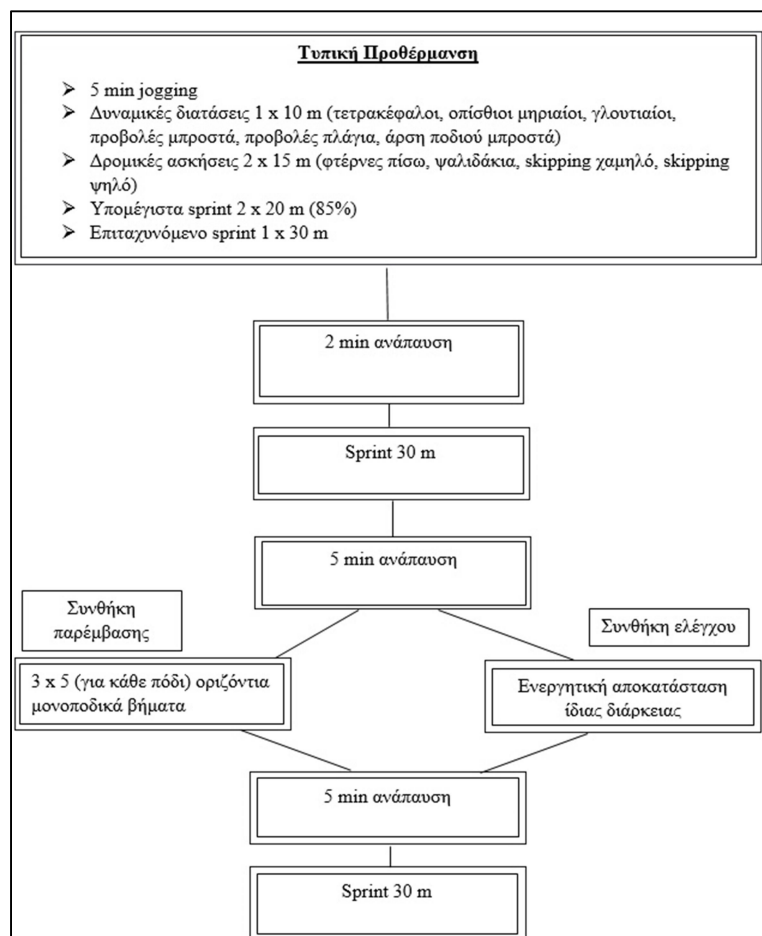
1. οριζόντια μονοποδικά αλματικά βήματα για κάθε κάτω άκρο (OMA) (συνθήκη παρέμβασης) και
2. ενεργητική αποκατάσταση (περπάτημα) (συνθήκη ελέγχου).

Η έρευνα διεξήχθη σε προπονητικό κέντρο κλειστού στίβου. Οι δοκιμαζόμενοι κατά την διάρκεια των δοκιμασιών φορούσαν ελαφριά ρούχα (σορτσάκι και μπλούζα) και πάντα τα ίδια αθλητικά παπούτσια.

### 3.3. Πειραματικό Πρωτόκολλο

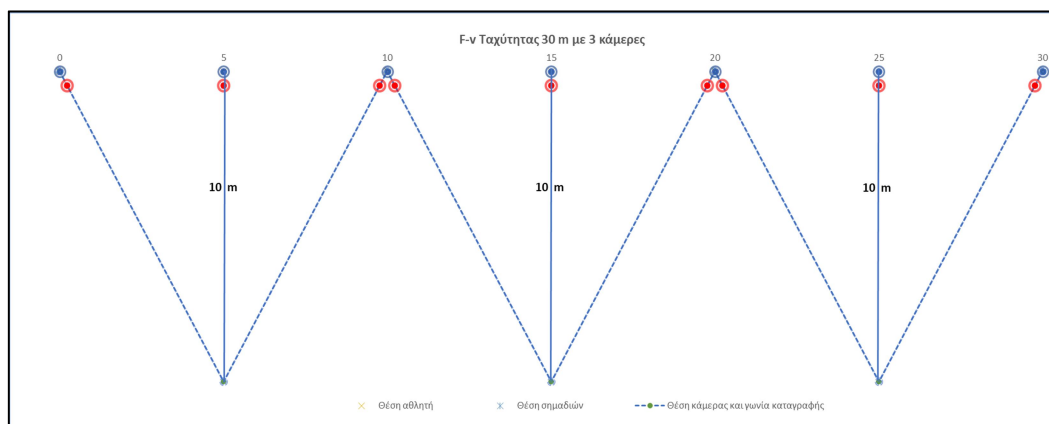
Πριν να εκτελέσουν τις πειραματικές συνθήκες οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν μια προθέρμανση, η οποία αποτελείτο από 5 min τρέξιμο χαμηλής έντασης, μια σειρά δυναμικών διατάσεων (τετρακέφαλοι, οπίσθιοι μηριαίοι, γλουτιαίοι, προβολές μπροστά, προβολές πλάγια, άρση ποδιού μπροστά), δύο σειρές δρομικών ασκήσεων (φτέρνες πίσω, ψαλιδάκια, skipping χαμηλό, skipping ψηλό), 2 υπομέγιστα sprint (85%) καθώς και 1 επιταχυνόμενο sprint 30m. Δύο λεπτά (περπάτημα) μετά από την προθέρμανση ακολούθησε sprint 30m και ενεργητική

αποκατάσταση (περπάτημα) 5min. Κατά τη συνθήκη ελέγχου οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν sprint 30m με εκκίνηση σε 3 σημεία στήριξης, χωρίς καμία παρέμβαση 5 min μετά από το προηγούμενο sprint. Κατά τη συνθήκη των οριζόντιων μονοποδικών αλμάτων οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 3 σειρές με 5 επαναλήψεις (για κάθε πόδι) οριζόντια μονοποδικά βήματα. Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν sprint 30m με εκκίνηση σε 3 σημεία στήριξης 5 min μετά από τις ασκήσεις. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης όλου του πειράματος οι συμμετέχοντες λάμβαναν συνεχώς ανατροφοδότηση από τους επιβλέπωντες με σκοπό την τήρηση του πρωτοκόλλου και τη σωστή εκτέλεση των ασκήσεων (προθέρμανση, παρεμβάσεις), ενώ κατά τη διάρκεια των sprint λάμβαναν την οδηγία να τρέξουν όσο πιο γρήγορα μπορούσαν.



**Σχήμα III.1: Πειραματικό πρωτόκολλο**

### 3.4. Όργανα Μέτρησης



Σχήμα III.2: Τοποθέτηση καμερών

Για τη μέτρηση του βάρους των εξεταζόμενων χρησιμοποιήθηκε επαγγελματικός ζυγός ακριβείας (LAICA EP12702) και για τη μέτρηση του αναστήματός τους απλό αναστημόμετρο. Για την καταγραφή των βίντεο χρησιμοποιήθηκαν τρεις κάμερες υψηλής ταχύτητας (Casio Ex – F1, Japan) με συχνότητα καταγραφής 300 καρέ ανά δευτερόλεπτο (frames/s). Οι κάμερες τοποθετήθηκαν ανά 10 m μεταξύ τους και κάλυπταν το εύρος των 10 m η κάθε μία. Τέλος, με την χρήση του προγράμματος Κίνοεα υπολογίστηκαν ο χρόνος εκτέλεσης των 30 m και οι ενδιάμεσοι χρόνοι ανά 5 m.

### 3.5. Στατιστική Ανάλυση

Οι εξαρτημένες μεταβλητές περιγράφονται ως μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε δίπλευρη ανάλυση (2 x 2) διακύμανσης για να εξεταστούν οι διαφορές στην επίδοση στο τρέξιμο ταχύτητας ως προς την συνθήκη και την χρονική περίοδο. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0,05$ .



## IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

### 4.1. Αποτελέσματα Πειράματος

Τα αποτελέσματα έδειξαν μη σημαντική αλληλεπίδραση συνθήκης και χρονικής περιόδου, αλλά και μη σημαντική κυρίως επίδραση για την συνθήκη και την χρονική περίοδο σε όλες τις αποστάσεις. Φαίνεται να υπάρχει μια μικρή βελτίωση (0.03) στα πρώτα 5 και 10m, αλλά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική ( $p < 0.05$ ).

Πίνακας IV.1: Αποτελέσματα πειράματος

<b>ΣΥΝΘΗΚΗ</b>	5m	10m	15m	20m	25m	30m
<b>Ελέγχου</b>						
<b>Πρίν (s)</b>	1,31	2,07	2,74	3,39	4,02	4,64
<b>Μετά(s)</b>	1,32	2,09	2,77	3,43	4,07	4,70
<b>Δμετά-πριν (%)</b>	1,27	1,24	1,20	1,22	1,25	1,27
<b>Παρέμβαση</b>						
<b>Πρίν (s)</b>	1,35	2,11	2,79	3,43	4,06	4,69
<b>Μετά(s)</b>	1,32	2,09	2,77	3,43	4,08	4,71
<b>Δμετά-πριν (%)</b>	-2,43	-1,31	-0,60	-0,06	0,34	0,60

Οι τιμές εκφράζονται ως μέσες τιμές  $\pm$  SD

## V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

---

Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στη συνθήκη ελέγχου και συνθήκη παρέμβασης. Στη συνθήκη ελέγχου βλέπουμε ότι υπάρχει αστάθεια ανάμεσα στο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> sprint. Εμείς περιμέναμε και τα δύο αυτά sprints να έχουν τους ίδιους χρόνους, ενώ όπως φαίνεται και στα αποτελέσματα, στο 2<sup>ο</sup> sprint οι χρόνοι περάσματος κάθε 5m, υπήρχε μία αρνητική απόκλιση (0.02s-0.06s). Στη συνθήκη παρέμβασης, στο sprint που εκτελέστηκε μετά τις μονοποδικές ασκήσεις, ενώ βλέπουμε ότι υπάρχει μικρή αλλά στατιστικά μη σημαντική βελτίωση στο πρώτο μισό της απόστασης (5m, 10m και 15m), στο δεύτερο μισό (20m, 25m και 30m) παρατηρήθηκε μείωση της ταχύτητας (0.02s-0.03s) των δοκιμαζόμενων.

Τα μη αναμενόμενα αποτελέσματα που καταγράφηκαν σε αυτή τη πειραματική έρευνα μπορούν να αποδοθούν σε διάφορους λόγους. Όπως αναφέραμε στην εισαγωγή, οι φυσιολογικοί μηχανισμοί της κόπωσης φαίνεται να υπερίσχυσαν των φυσιολογικών μηχανισμών της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης και αυτό έφερε ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης. Όπως και στις έρευνες των Yoshimoto et al (2016) και των Ferreira et al (2018) που μελετήθηκαν στην βιβλιογραφική ανασκόπηση, μπορούμε να συμπεράνουμε πως η κόπωση επηρέασε σημαντικά τα αποτελέσματα. Κατά την άποψή μας οι λόγοι που οδήγησαν στη μείωση της απόδοσης και στη μη αποδοτικότητα των φυσιολογικών μηχανισμών της ΜΔΕ οφείλονται στο νεαρό της ηλικίας των δοκιμαζόμενων και όπως γνωρίζουμε από τη βιβλιογραφία η κόπωση σε έφηβους αθλητές επέρχεται γρηγορότερα. Σύμφωνα με τους McBride et al (2005), ένας άλλος παράγοντας ο οποίος μάλλον επηρέασε την απόδοση είναι η μικρή προπονητική ηλικία. Υποθέτουμε πως αν οι δοκιμαζόμενοι ήταν υψηλότερου επιπέδου αθλητές με μεγαλύτερη εγκάρσια επιφάνεια μυϊκού ιστού, το ερέθισμα στους μύες μετά την άσκηση ενεργοποίησης δεν θα προκαλούσε μυϊκή κόπωση αλλά αύξηση της μυϊκής ισχύς, που συνεπάγεται με οξεία ΜΔΕ του μυϊκού συστήματος.

## **VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

---

Συμπερασματικά η έρευνά μας έδειξε πώς τα μονοποδικά άλματα δεν επηρεάζουν θετικά την απόδοση έφηβων αθλητών με μικρή προπονητική ηλικία. Κατά τη άποψη μας τα μονοποδικά άλματα μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση και συνιστούμε να επαναληφθεί η έρευνα, ακολουθώντας το ίδιο πρωτόκολλο, σε αθλητές μεγαλύτερης ηλικίας, προπονητικής ηλικίας και επιπέδου. Η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση η οποία μελετάται τα τελευταία χρόνια χρήζει περαιτέρω μελέτης σε θεωρητικό αλλά και σε πειραματικό επίπεδο.

Ευχαριστούμε τον υπεύθυνο του μαθήματος και διοργανωτή αυτής της πειραματικής έρευνας Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Γιώργο Παραδείση που μας έδωσε την ευκαιρία να συμμετέχουμε σε αυτή την πειραματική έρευνα!

## VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. Tsoukos Athanasios, Veligeas Panagiotis, Bogdanis Gregory, Physiological basis on postactivation potentiation in skeletal muscle and practical application on sports, *Biochemistry and Physiology of Exercise*, 1: 1-21, 2013
2. Gil, M, H. Neiva, H.P. Garrido, N.D, Aidar, F.J. Cirilo-Sousa, M.S. Marques, M.C. Marinho, The Effect of Ballistic Exercise as Pre-Activation for 100 m Sprints. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019,
3. Ferreira Júnior, João & Guttierres, Ana & Encarnação, Effects of Different Conditioning Activities on 100-m Dash Performance in High School Track and Field Athletes. *Perceptual and Motor Skills*. 125. (2018)
4. Sharma, Sourabh & Raza, Shahid & Moiz, Jamal & Verma, Shalini, Postactivation Potentiation Following Acute Bouts of Plyometric versus Heavy-Resistance Exercise in Collegiate Soccer Players, *BioMed Research International*. . 1-8, 2018
5. Kümmel et al. Effects of conditioning hops on drop jump and sprint performance: a randomized crossover pilot study in elite athletes, *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* 8:1 (2016)
6. Till KA, Cooke C, The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players, *J Strength Cond Res*, 2009
7. McBride JM, Nimphius S, Erickson TM. The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *J Strength Cond Res*. 2005
8. Bomfim Lima, J. C., Popp Marin, D., Barquilha, G., Ortega da Silva, L., Puggina, E. F., Pithon-Curi, T. C. & Hirabara, S. M. Acute effects of drop jump potentiation protocol on sprint and countermovement vertical jump performance. *Human Movement*, 12 (4), 324-330. (2011)
9. Byrne, Paul & Kenny, John & O'Rourke, Brian, Acute Potentiating Effect of Depth Jumps on Sprint Performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 28. (2013).

10. Yoshimoto, Takaya & Takai, Yohei & Kanehisa, Hiroaki, Acute effects of different conditioning activities on running performance of sprinters. SpringerPlus. 5. 10.1186, (2016).
11. Vanderka, Marián & Krcmar, Matus & Longová, Katarina & Walker, Simon. Acute Effects of Loaded Half-Squat Jumps on Sprint Running Speed in Track and Field Athletes and Soccer Players. Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association. 30. 10.1519, (2015).
12. Turner, AP, Bellhouse, S, Kilduff, LP, and Russell, M. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. J Strength Cond Res 29(2): 343–350, 2015
13. Matt Hodgson, David Docherty and Dan Robbins, Post-Activation Potentiation Underlying Physiology and Implications for Motor Performance, Sports Med, 35 (7): 585-595, (2005)
14. Docherty, David & Hodgson, Matthew. -Application-of-post-activation-potentiation-to-elite-sport. Published version, (2013).
15. Markovic, Goran & Jukic, Igor & Milanovic, Dragan & Metikos, Dusan, Effects of Sprint and Plyometric Training on Muscle Function and Athletic Performance. Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association, (2007).
16. EDWIN RIMMER AND GORDON SLEIVERT, Effects of a Plyometrics Intervention Program on Sprint Performance, Journal of Strength and Conditioning Research, 2000
17. E. Roderick Gossen, Digby G. Sale, Effects of post-activation potentiation on dynamic knee extension performance, Eur J appl Physiol, (2000)
18. Wyland, TP, Van Dorin, JD, and Reyes, GFC. Postactivation potentiation effects from accommodating resistance combined with heavy back squats on short sprint performance. J Strength Cond Res 29(11): 3115–3123, 2015
19. Chatzopoulos, D.E., C.J. Michailidis, A.K. Giannakos, K.C. Alexiou, D.A. Patikas, C.B. Antonopoulos, and C.M. Kotzamanidis. Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise. J. Strength Cond. Res. 21(4):1278–1281. 2007
20. Esformes, JI, Cameron, N, and Bampouras, TM. Postactivation potentiation following different modes of exercise. J Strength Cond Res 24(7): 1911–1916, 2010

21. LOREN Z.F. CHIU, ANDREW C. FRY, LAWRENCE W. WEISS, BRIAN K. SCHILLING, LEE E. BROWN, AND STACEY L. SMITH, Postactivation Potentiation Response in Athletic and Recreationally Trained Individuals, *Journal of Strength and Conditioning Research* 17(4), 671–677, 2003
22. Sa´ez de Villarreal, E, Requena, B, and Cronin, JB. The effects of plyometric training on sprint performance. A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 26(2): 575–584, 2012
23. Andrew J. Harrison (2011) Throwing and catching movements exhibit postactivation potentiation effects following fatigue, *Sports Biomechanics*, 10:3, 185-196, (2011)
24. Gareth Gilbert & Adrian Lees, Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise, *Ergonomics*, 48:11-14, 1576-1584, (2005)
25. Hamada, Taku, Digby G. Sale, J. Duncan MacDougall, and Mark A. Tarnopolsky. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol* 88: 2131–2137, 2000