



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΙΕΓΕΡΤΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ
ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ»**

Θεόδωρος Μιχαηλίδης

Επιβλέπων Καθηγητής: κος Γιώργος Παραδείσης

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022

© Copyright
Μιχαηλίδης Θεόδωρος
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΔΙΕΓΕΡΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕΣΩ ΠΛΕΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗ ΦΑΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ

Περίληψη

Σκοπός: Σκοπός της μελέτης ήταν η διερεύνηση των προσαρμογών που επέρχονται στα πλαίσια της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης μέσω πλειομετρικής φάσης σε μια αθλητική δραστηριότητα μέγιστης έντασης όπως είναι αυτή των δρόμων ταχυτήτων και συγκεκριμένα της φάσης επιτάχυνσης.

Μέθοδος: Στο πείραμα έλαβαν μέρος 15 αθλητές ταχυτήτων ερασιτεχνικού επιπέδου εκ των οποίων 9 ήταν άντρες (Ηλικία: $21,3 \pm 2.1$ χρόνια, Ύψος: $1,77 \pm 0,05$ m, Βάρος: 71 ± 2.5 kg, Προπονητική ηλικία: 6 ± 2 χρόνια) και 6 ήταν γυναίκες (Ηλικία: $20,5 \pm 1,8$ χρόνια, Ύψος: $1,65 \pm 0,03$ m, Βάρος: $57,5 \pm 1.5$ kg, Προπονητική ηλικία: 5 ± 2 χρόνια). Μετά από κοινή προθέρμανση όλων των δοκιμαζόμενων και δοκιμαστικές εκκινήσεις από τον βατήρα εκτέλεσαν 2 sprints 20m από βατήρα εκ των οποίων κρατήθηκε ο καλύτερος χρόνος. Στη συνέχεια εκτέλεσαν πλειομετρική άσκηση (ρυθμούς) και ύστερα από 8 min ξεκούρασης εκτέλεσαν άλλο ένα sprint από βατήρα εκκίνησης και χρονομετρήθηκε ξανά η απόδοσή τους. Για την καταγραφή των χρόνων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της βιντεοσκόπησης με κάμερα υψηλής συχνότητας και η ανάλυση των χρόνων έγινε μέσω του προγράμματος Kinovea.

Στατιστική Ανάλυση: Στα δεδομένα της έρευνας παρουσιάζονται μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση. Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε το t-test ανά ζεύγη (paired sample t-test). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε: $\alpha = 0,05$.

Αποτελέσματα: Μετά την ανάλυση των χρόνων μεταξύ των δύο συνθηκών, πριν και μετά την άσκηση ενεργοποίησης παρατηρήθηκε σημαντική στατιστική διαφορά. Στη πρώτη περίπτωση ο χειρότερος και καλύτερος χρόνος ήταν 3.24sec και 2.88sec αντίστοιχα ενώ στη δεύτερη ήταν 3.18sec και 2.86sec. Όσον αφορά τις μέσες τιμές και τις τυπικές αποκλίσεις αρχικά ήταν 3.04 ± 0.10 sec ενώ με την επίδραση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης ήταν στο 2.99 ± 0.08 sec. Συμπερασματικά, το πρωτόκολλο φάνηκε να αποδίδει αυξημένη απόδοση στους αθλητές στη φάση επιτάχυνσης καθώς η πλειομετρική άσκηση ενεργοποίησε τους μηχανισμούς της

μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης και έτσι σε μία τόσο εκρηκτική και δυναμική δραστηριότητα βρήκε θετικό αντίκτυπο.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη:.....	i
Πίνακας Περιεχομένων:.....	iii
Κατάλογος Εικόνων/Πινάκων:.....	v
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ. 6
1.1 Ερευνητικό Ερώτημα.....	σελ. 7
1.2 Ερευνητική Υπόθεση.....	σελ. 7
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	σελ. 7
2.1 Φάση επιτάχυνσης.....	σελ. 7
2.1.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	σελ.7
2.1.2 Υποτιμήματα φάσης επιτάχυνσης.....	σελ. 8
2.1.3 Ενεργειακό Σύστημα.....	σελ. 9
2.2 Μεταδιεγερτική Ενεργοποίηση.....	σελ. 10
2.2.1 Ορισμός.....	σελ. 10
2.2.2 Φυσιολογικοί Μηχανισμοί.....	σελ. 11
2.2.3 Κατανομή μυϊκών ινών και είδη σύσπασης.....	σελ. 13
2.2.4 Μεταδιεγερτική ενεργοποίηση και κόπωση.....	σελ. 14
2.2.5 Τρόποι επίτευξης (Πρωτόκολλα).....	σελ. 16
3. ΜΕΘΟΔΟΣ.....	σελ. 18
3.1 Ερευνητικός Σχεδιασμός.....	σελ. 18
3.2 Δείγμα.....	σελ. 19
3.3 Αρχικές μετρήσεις και εξοικείωση.....	σελ. 19
3.4 Μέτρηση χωρίς παρέμβαση.....	σελ. 20
3.5 Άσκηση Ενεργοποίησης.....	σελ. 20
3.6 Μέτρηση μετά από παρέμβαση.....	σελ. 20
3.7 Περιγραφή συνθηκών.....	σελ. 21
3.8 Καταγραφή - ανάλυση δοκιμασίας.....	σελ. 21
3.9 Στατιστική Ανάλυση.....	σελ. 22

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....σελ. 22
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....σελ. 23
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ. 24
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ. 25

Κατάλογος Εικόνων/Πινάκων

- **Εικόνα 1:** Οι διαφορές στις γωνίες πρόσφυσης των μυϊκών ινών και οι επιδράσεις αυτών (Τσούκος και συν., 2013).....σελ. 12
- **Εικόνα 2:** Το μόριο της μυοσίνης (Bornert, 2016).....σελ. 13
- **Εικόνα 3:** Μοντέλο με την σχέση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης , της κόπωσης και της μυϊκής απόδοσης, εξαρτώμενες από τον όγκο της ενεργοποίησης (Tillin & Bishop, 2009).....σελ. 16
- **Πίνακας 1:** Σωματομετρικά χαρακτηριστικά δοκιμαζόμενων και προπονητική ηλικία.....σελ. 19
- **Εικόνα 4:** Alternate leg bounding (ρυθμοί).....σελ. 20
- **Εικόνα 5:** Πρωτόκολλο βιντεοσκόπησης κινηματικών χαρακτηριστικών.....σελ. 21
- **Πίνακας 2:** Επιδόσεις δοκιμαζόμενων πριν και μετά τη παρέμβαση.....σελ. 22
- **Γράφημα 1:** Διαφορές στην επίδοση πριν και μετά τη ΜΔΕ.....σελ. 23

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο στίβος, ένα από τα αρχαιότερα αθλήματα, κατανέμει τα αγωνίσματα με βάση τα χαρακτηριστικά τους σε μια από τις τρεις βασικές κατηγορίες: τα δρομικά αγωνίσματα, τα αλτικά αγωνίσματα και τα ριπτικά αγωνίσματα. Οι δρόμοι ταχύτητας, που είναι και το αντικείμενο στο οποίο θα επικεντρωθεί η εργασία, συγκαταλέγει τις αποστάσεις 100 m, 200 m, 400 m καθώς και τις σκυταλοδρομίες 4×100 m και 4×400 m . Ο Βεληγκέκας και συν. (2020) , αναφέρουν πως οι φάσεις στους δρόμους ταχύτητας είναι οι εξής: i) Φάση επιτάχυνσης, ii) Φάση διατήρησης της μέγιστης ταχύτητας, iii) Φάση επιβράδυνσης. Οι ενεργειακές απαιτήσεις μιας βραχύχρονης αλλά εξαιρετικά υψηλής έντασης δραστηριότητα είναι μεγάλες. Ο Κλεισούρας (2011) σε σύγγραμμά του περί της εργοφυσιολογίας αναφέρει τα τρία είδη ενεργειακών μηχανισμών: i) το φωσφορογόνο σύστημα, για μυϊκές προσπάθειες μικρής διάρκειας αλλά υψηλής ισχύος, ii) το γλυκολυτικό σύστημα που δραστηριοποιείται σε προσπάθειες παρατεταμένης ταχύτητας έως και ένα λεπτό και iii) το οξειδωτικό σύστημα που δραστηριοποιείται σε μυϊκές προσπάθειες αντοχής. Στη συγκεκριμένη εργασία θα αναλυθεί περαιτέρω το πρώτο σύστημα κατά κύριο λόγο.

Μεγάλη βαρύτητα θα δοθεί και στη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση. Οι Τσούκος και συν. (2013) έδωσαν τη δική τους ερμηνεία σε αυτό το φαινόμενο ως τη σύντομη χρονικά ενίσχυση της μυϊκής δραστηριότητας η οποία επιτυγχάνεται ύστερα από προηγηθείσα έντονη μυϊκή σύσπαση είτε από βούληση του αθλητή είτε από ηλεκτρικό ερέθισμα. Οι κύριοι φυσιολογικοί μηχανισμοί που προκαλούν τη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση είναι 3: i) η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης, ii) οι αλλαγές που δημιουργούνται στη γωνία πρόσφυσης του μυός, καθώς όσο μειώνεται η γωνία τόσο αυξάνεται η ωφέλιμη δύναμη στον τένοντα, iii) η επιστράτευση περισσότερων κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης ή επίπεδο διεγερσιμότητας. Τα κύρια πρωτόκολλα ασκήσεων που συμβάλλουν στη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση είναι 3: i) μέγιστη ισομετρική άσκηση, ii) δυναμική άσκηση με μεγάλο όγκο φορτίου και iii) διαφορετικά είδη εκτέλεσης - κυρίως πλειομετρικές- (πχ. Άλματα, άσκηση με αντιστάσεις κ.α.). Σύμφωνα με τους Baechle και συν. (2000), η πλειομετρική άσκηση αποτελεί το κύκλο διάτασης – βράχυνσης ο οποίος χαρακτηρίζεται από υψηλή ταχύτητα. Η έννοια αυτή περιλαμβάνει το κύκλο διάτασης-βράχυνσης των πρωταγωνιστών μυών.

1.1 Ερευνητικό Ερώτημα

- Θα μπορέσει η άσκηση ενεργοποίησης να προκαλέσει τις απαραίτητες προσαρμογές μέσω της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης για να βελτιωθεί η επίδοση των δοκιμαζόμενων στη φάση επιτάχυνσης και να υπάρξει σημαντική στατιστική διαφορά μεταξύ των δύο sprints;

1.2 Ερευνητική Υπόθεση

- Με σωστά δομημένο πρωτόκολλο θα προκληθούν προσαρμογές από το μηχανισμό της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης και οι χρόνοι των δοκιμαζόμενων στο sprint των 20 m θα είναι βελτιωμένοι μετά την άσκηση ενεργοποίησης.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Φάση επιτάχυνσης

Η βελτίωση της επιτάχυνσης αποτελεί βασική επιδίωξη σε πολλά αθλήματα, τόσο ομαδικά όσο και ατομικά. Στο κλασικό αθλητισμό και συγκεκριμένα στις μικρές αποστάσεις η σημαντικότητα μίας επιτυχημένης φάσης επιτάχυνσης είναι μεγαλύτερη από οποιοδήποτε άλλο αγώνισμα καθώς επηρεάζει σε ένα βαθμό την έκβαση του αποτελέσματος του αγώνα. Σύμφωνα με τους Βεληγκέκα και συν. (2020), η φάση επιτάχυνσης διαρκεί περίπου 30 m – 60 m καθώς όσο υψηλότερου επιπέδου είναι ο αθλητής τόσο περισσότερο θα μπορεί να καθυστερήσει τη κορύφωση της ταχύτητάς του.

2.1.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Οι Jones και συν. (2009) κατέγραψαν μέσω συνέντευξης σε επτά υψηλά καταρτισμένους προπονητές τα χαρακτηριστικά και τις προσωπικές επισημάνσεις μια επιτυχημένης φάσης επιτάχυνσης. Αρχικά, και οι επτά προπονητές συμφώνησαν για τη αναγκαιότητα της μέγιστης έκτασης των αρθρώσεων του ισχύου

και των γονάτων έτσι ώστε να υπάρχει η μεγαλύτερη δυνατή εφαρμογή οριζόντιων δυνάμεων και ώθησης απ' το έδαφος. Ωστόσο, αντίθετες απόψεις υπήρξαν στη θέση των χεριών. Κάποιοι προπονητές ήθελαν τα χέρια σταθερά στις 90° ενώ οι υπόλοιποι πιο τεντωμένα με μεγαλύτερη γωνία στην άρθρωση του αγκώνα παρ' ολ' αυτά συμφώνησαν ότι θα πρέπει να υπάρχει μια ομοιομορφία και μια συμμετρική κίνηση. Στη συνέχεια, αναφέρθηκαν στην επαφή με το έδαφος και στη στάση του σώματος. Τόνισαν ότι ο χρόνος επαφής με το έδαφος θα είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τις επόμενες φάσεις διότι πρέπει να επιτευχθεί μέγιστη εφαρμογή δύναμης καθώς και ότι η κάθε βήμα του αθλητή θα πρέπει να είναι δυνατό και να νιώθει ότι "γαντζώνει" το έδαφος για να προωθηθεί μπροστά. Όσον αφορά τη στάση του σώματος, είναι αναγκαίο να υπάρχει μία κλίση για να μπορούν να εφαρμοστούν καλύτερα οι δυνάμεις ως προς τη κατεύθυνση τους αλλά ανέφεραν πως ποικίλει ανάλογα με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του αθλητή καθώς και το πόσο δυνατός είναι.

2.1.2 Υπομήματα Φάσης Επιτάχυνσης

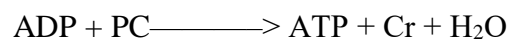
Σε έρευνά τους οι Nagahara και συν. (2014) εξέτασαν τις κινηματικές αλλαγές δρομέων ταχύτητας στη φάση επιτάχυνσης. Μετά από τη καταγραφή των δεδομένων από sprint 60m των αθλητών κατέληξαν στον επιμέρους χωρισμό της φάσης επιτάχυνσης σε τρία μέρη: i) στην αρχική φάση, από το πρώτο βήμα της εκκίνησης μέχρι το σημείο που άλλαξαν τα κινηματικά χαρακτηριστικά, ii) στη μεσαία φάση, η οποία διήρκησε έως τη δεύτερη αλλαγή των κινηματικών χαρακτηριστικών και iii) τη τελική φάση, η οποία διήρκησε έως το βήμα στο οποίο κορυφώθηκε η ταχύτητα των αθλητών. Στη πρώτη φάση, η επαφή του ποδιού με το έδαφος ήταν πίσω από ευθεία του σώματος ενώ το ισχύο και τα γόνατα εκτεινόταν πλήρως καθώς η συχνότητα και το μήκος διασκελισμού αυξάνονταν προοδευτικά. Ακόμα, το κέντρο βάρους άρχισε να ανυψώνεται προκαλώντας αλλαγές στο πόδι στήριξης και στη στάση του σώματος ενώ η συμβολή του μηρού και του γαστροκνημίου στη πρόσθια φάση στήριξης μεγάλωνε. Στη μεσαία φάση, οι αθλητές συνέχισαν να επιταχύνουν αυξάνοντας κι άλλο το μήκος του διασκελισμού και η επαφή του ποδιού με το έδαφος άρχισε να περνάει μπροστά από την ευθεία του κέντρου βάρους, το οποίο συνέχισε να ανυψώνεται εξαιτίας των αλλαγών του κεφαλιού και του κορμού. Οι αλλαγές στη συμβολή του μηρού και του γαστροκνημίου στη πρόσθια φάση στήριξης δεν άλλαξαν σε σχέση με την αρχική φάση ωστόσο υπήρξε αύξηση της συμβολής του

γαστροκνημίου στην οπίσθια φάση στήριξης. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η ταχύτητα έκτασης του γόνατος στη φάση στήριξης κορυφώθηκε και σταθεροποιήθηκε στη μεσαία φάση και συγκεκριμένα στο 8° βήμα κατά μέσο όρο. Στη τελική φάση, η αύξηση της ταχύτητας οφειλόταν στο μήκος διασκελισμού ενώ πλέον οι παραπάνω αλλαγές που προκλήθηκαν στη πρόσθια και οπίσθια φάση στήριξης έμειναν σταθερές. Ακόμα, οι αλλαγές στο ύψος του κέντρου βάρους καθώς και η στάση του κεφαλιού και του κορμού σταθεροποιήθηκαν ενώ παρατηρήθηκε μία μικρή μείωση στη ταχύτητα και στο εύρος κίνησης της άρθρωσης του ισχίου. Τέλος, κατά μέσο όρο η ταχύτητα των αθλητών κορυφώθηκε στο 23° βήμα αλλά το μήκος διασκελισμού συνέχισε να αυξάνεται. Βλέπουμε συνεπώς ότι η φάση επιτάχυνσης που αποτελεί ένα μέρος των δρόμων ταχύτητας έχει και η ίδια υποκατηγορίες στις οποίες ο αθλητής μέσα σε ελάχιστο χρόνο προκαλεί μεταβολές με απώτερο σκοπό της μεγιστοποίησης της απόδοσής του.

2.1.3 Ενεργειακό Σύστημα

Ο οργανισμός, εξαρτώμενος από τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης αντλεί ενέργεια από τα τρία ενεργειακά συστήματα: i) το φωσφορογόνο σύστημα (αναερόβιο αλακτικό), ii) το γλυκολυτικό σύστημα (αναερόβιο γαλακτικό) και iii) το οξειδωτικό (αερόβιο). Οι Duffield και συν. (2004), σε έρευνά τους για τους δρόμους ταχύτητας αναφέρουν πως στα 100m τα δύο αναερόβια συστήματα και το αερόβιο συμβάλλουν στους άντρες κατά 91% και 9% αντίστοιχα ενώ στις γυναίκες κατά 89% και 11%. Σε μία απόσταση 20m όπου η προσπάθεια είναι μέγιστης έντασης σχεδόν ολοκληρωτικά συμβάλλει το φωσφορογόνο σύστημα, του οποίου η μελέτη στη συγκεκριμένη περίπτωση αποτελεί το επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Το σύστημα αυτό όπως και τα υπόλοιπα δύο βασίζεται στο ενεργειακό “νομίσμα” του οργανισμού, την τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP). Το ATP αποτελεί ένα μόριο το οποίο προσφέρει, στα πρώτα δευτερόλεπτα της μυϊκής δραστηριότητας, ενέργεια στον οργανισμό ωστόσο εξαιτίας αυτού η εξάντλησή του επέρχεται πολύ γρήγορα. Η παραγωγή του γίνεται μέσω της πέψης των μακροθρεπτικών συστατικών παρ’ όλ’ αυτά υφίσταται και μία ποσότητα μέσα στους μύες. Λόγω της μεγάλης σημαντικότητας του ATP για τη παραγωγή άμεσης ενέργειας, πρέπει να υπάρχει πάντα στον οργανισμό και να είναι διαθέσιμο, συνεπώς όσο εκείνο εξαντλείται, με

τον ίδιο ρυθμό επίσης επανασυντίθεται. Η διαδικασία της επανασύνθεσης του ATP πραγματοποιείται μέσω της φωσφοκρεατίνης ή αλλιώς PC. Η PC, παρόλο που αποτελεί μία ένωση η οποία υπάρχει σε μικρή ποσότητα στους μύες, διαθέτει τρεις με τέσσερις φορές μεγαλύτερη συγκέντρωση από το ATP ωστόσο δεν μπορεί η ίδια να παρέχει άμεση ενέργεια γι' αυτό και δίνοντας στο μόριο της διφωσφορικής αδενοσίνης (ADP) – το αποτέλεσμα της αποσύνθεσης του ATP – τη φωσφορική ομάδα που της λείπει βοηθάει στην επανασύνθεση της αρχικής μορφής του ATP. Η χημική αντίδραση είναι η εξής:



Η αντίθετη αντίδραση στην οποία αποσυντίθεται το ATP και χάνει μία φωσφορική ομάδα είναι η εξής:



Παρατηρείται λοιπόν πως αυτές οι αντιδράσεις πραγματοποιούνται παράλληλα και ακατάπαυστα στον οργανισμό με απώτερο σκοπό τη παραγωγή άμεσης ενέργειας. Εξαιτίας της λιγοστής τους επάρκειας, οι δυνατότητες τους εκμεταλλεύονται από τον οργανισμό για 2 έως 10 δευτερόλεπτα. Συγκεκριμένα τα ελεύθερα μόρια ATP που υπάρχουν στους μύες χρησιμοποιούνται έως τα πρώτα 2 με 4 δευτερόλεπτα της άσκησης και η PC από τα 4 έως τα 10 κατά μέσο όρο. Η αναπλήρωση της PC κατά 50% απαιτεί 30sec , κατά 75% χρειάζεται 1 λεπτό και 3 λεπτά για το 100% (Κλεισούρας, 2011)

2.2 Μεταδιεγερτική Ενεργοποίηση

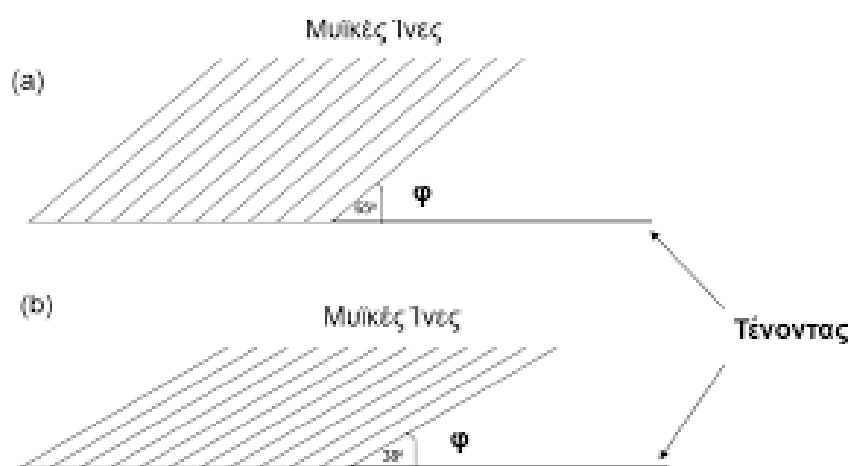
2.2.1 Ορισμός

Η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση είναι ένα φαινόμενο το οποίο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά, και ερευνήθηκε εκτενέστερα τις επόμενες δεκαετίες, στα μισά του 20^{ου} αιώνα. Οι Τσούκος και συν. (2013) αναφέρθηκαν σε αυτό το φαινόμενο ως τη σύντομη χρονικά ενίσχυση της μυϊκής δραστηριότητας η οποία επιτυγχάνεται ύστερα από προηγηθείσα έντονη μυϊκή σύσπαση είτε από βούληση του αθλητή είτε από ηλεκτρικό ερέθισμα.

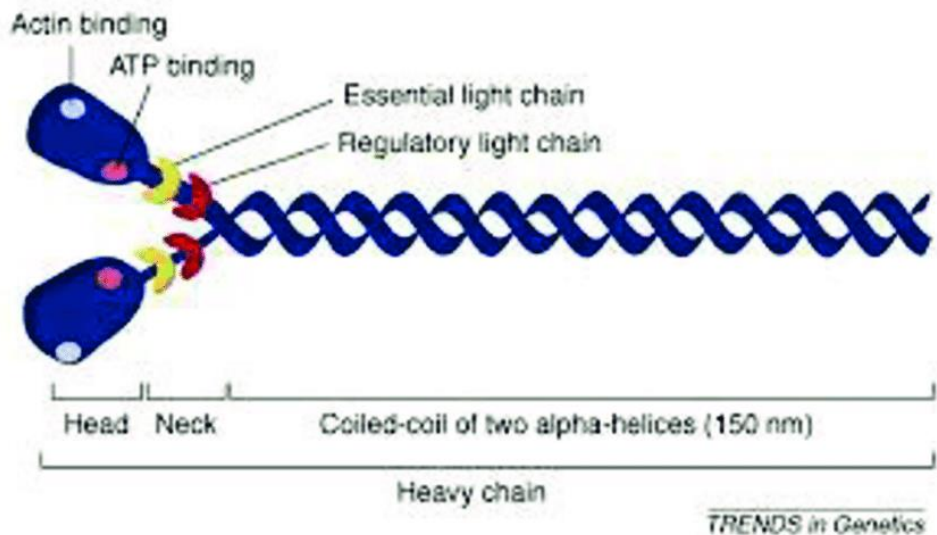
2.2.2 Φυσιολογικοί Μηχανισμοί

Οι κύριοι φυσιολογικοί μηχανισμοί που προκαλούν τη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση είναι τρεις: i) η φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης, ii) οι αλλαγές που δημιουργούνται στη γωνία πρόσφυσης του μυός, καθώς όσο μειώνεται η γωνία τόσο αυξάνεται η ωφέλιμη δύναμη στον τένοντα, iii) η επιστράτευση περισσότερων κινητικών μονάδων με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης ή επίπεδο διεγερσιμότητας. Οι πρώτες δύο κατηγορίες προκαλούνται στο επίπεδο του μυός επομένως κατατάσσονται ως μυογενείς ενώ η τρίτη δραστηριοποιείται στο νωτιαίο μυελό και έτσι χαρακτηρίζεται ως νευρογενής. Σύμφωνα με τους Tubman και συν. (1996), η πρόκληση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης οφείλεται σε ένα συνδυασμό από μυογενείς και νευρογενείς μηχανισμούς. Αναλύοντας περαιτέρω τη φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης παρατηρείται πως το μόριο της μυοσίνης αποτελείται από δύο «βαριές αλυσίδες», όπου στο άκρο τους βρίσκονται δύο «ελαφριές αλυσίδες»: η «απαραίτητη ελαφριά αλυσίδα» και η «ρυθμιστική ελαφριά αλυσίδα», η οποία επιδέχεται φωσφορυλίωσης. Όταν μία άσκηση υψηλής έντασης με αντιστάσεις ενεργοποιήσει έναν μυ, τότε μέσω του σαρκοπλασματικού δικτύου παρατηρείται μία αύξηση στην απελευθέρωση των ιόντων ασβεστίου συνδεδεμένα μέσω μίας πρωτεΐνης, της καλμοδουλίνης. Αυτή η συμπλοκή ενεργοποιεί τη κίνηση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης, ένα ένζυμο μέσω του οποίου προστίθενται φωσφορικά ιόντα στις ελαφριές αλυσίδες μυοσίνης. Δύο μηχανισμοί είναι υπεύθυνοι για την αύξηση της μυϊκής απόδοσης στις συσπάσεις που ακολουθούν κατά τη φωσφορυλίωση των ρυθμιστικών αλυσίδων μυοσίνης: i) η μεταβολή της δομής της κεφαλής της μυοσίνης και ii) η αύξηση στην ευαισθησία του συμπλέγματος ακτίνης και μυοσίνης στο ασβέστιο. Οι εγκάρσιες γέφυρες μυοσίνης και τα λεπτά νημάτια ακτίνης αυξάνουν τη συχνότητα ένωσής τους και έτσι ως αποτέλεσμα αυξάνει το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης των μυϊκών συσπάσεων που ακολουθούν. Όσον αφορά τη δεύτερη κατηγορία, η ευθεία της έκφυσης και της κατάφυσης ενός μυός σε σχέση με τη κατεύθυνση που έχουν τα μυϊκά δεμάτια δημιουργούν τη γωνία πρόσφυσης των μυϊκών ινών, από την οποία εξαρτάται η σωστή μεταφορά δύναμης από τους μύες, στους τένοντες και τα οστά. Υπολογίζοντας τη δύναμη που ασκούν οι μυϊκές ίνες επί το συνημίτονο της γωνίας πρόσφυσής τους, προκύπτει το άθροισμα της δύναμής τους το οποίο εφαρμόζεται στους τένοντες κατά τη σύσπαση. Επομένως, παρουσιάζεται μηχανικό πλεονέκτημα στις μικρότερες γωνίες πρόσφυσης, καθώς όσο

η γωνία μικραίνει, τόσο μεγαλώνει το συνημίτονο, δηλαδή πλησιάζει τη μονάδα. Τέλος, στη τρίτη κατηγορία παρατηρείται ότι τις κινητικές μονάδες με υψηλό κατώφλι ενεργοποίησης και συγκεκριμένα την άμεση επιστράτευσή τους μπορούμε να τις αξιολογήσουμε μέσω του ηλεκτρικά προκλητού αντανακλαστικού Hoffmann (αντανακλαστικό-H). Σε ένα ηλεκτρομυογράφημα μπορούμε να καταγράψουμε το αντανακλαστικό-H ως ηλεκτρική δραστηριότητα καθώς ύστερα από την ηλεκτρική διέγερση των νευρικών ιών που έχουν ως αφετηρία την μυϊκή άτρακτο, δημιουργείται το δυναμικό δράσης το οποίο μέσω του νωτιαίου μυελού μεταδίδεται στους κινητικούς νευρώνες του μυός και παράγεται δραστηριότητα. Στη περίπτωση όπου μυϊκές ίνες ταχείας σύσπασης ενεργοποιηθούν, αυτό οφείλεται στην άμεση μετάδοση του δυναμικού δράσης στις συνάψεις στο επίπεδο του νωτιαίου μυελού εξαιτίας μυϊκής σύσπασης ενεργοποίησης που αύξησε το αντανακλαστικό-H (Τσούκος και συν., 2013).



Εικόνα 1: Οι διαφορές στις γωνίες πρόσφυσης των μυϊκών ιών και οι επιδράσεις αυτών (Τσούκος και συν., 2013)



Εικόνα 2: Το μόριο της μυοσίνης (Bornert, 2016)

2.2.3 Κατανομή μυϊκών ινών και είδη σύσπασης

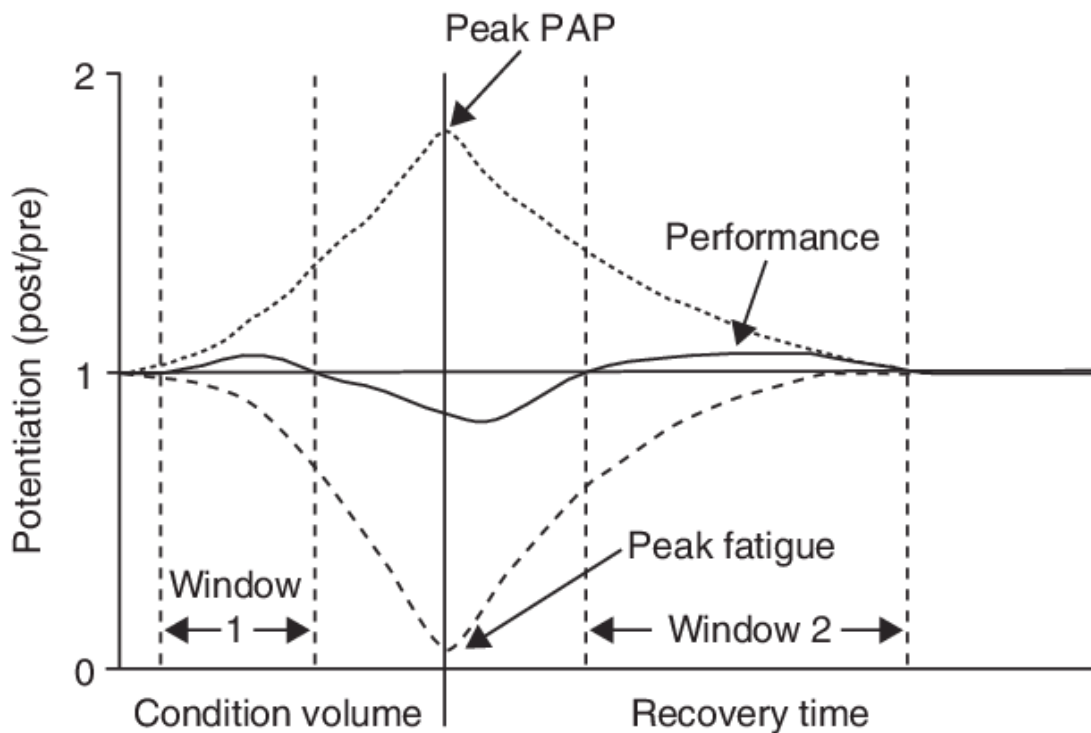
Η κατανομή των μυϊκών ινών ενός ανθρώπου εξαρτάται από του γενετικούς παράγοντες, ωστόσο η ηλικία και το επίπεδο προπόνησης μπορούν να το επηρεάσουν ως ένα βαθμό. Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης αποτελεί το γεγονός πως είναι πιο αποτελεσματική στις μυϊκές ίνες τύπου II, οι οποίες μπορούν να υποστούν τη φωσφορυλίωση των ελαφριών αλυσίδων μυοσίνης σε μεγαλύτερο βαθμό. Επομένως, κάποια δυνατότερα άτομα διαθέτουν υψηλότερο ποσοστό μυϊκών ινών τύπου II είτε η εγκάρσια διατομή τους έχει αυξηθεί εξαιτίας της προπόνησης, κι έτσι εμφανίζουν μεγαλύτερη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση καθώς και η απόδοσή τους μετά από μία άσκηση ενεργοποίησης είναι πιο βελτιωμένη σε σχέση με πιο απροπόνητα άτομα. Οι Gullich & Schmidtbleicher (1996) ανέφεραν πως οι γαστροκνήμιοι μύες, στους οποίους υπάρχει υψηλότερο ποσοστό μυϊκών ινών τύπου II, παρουσιάστηκε μεγαλύτερη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση η οποία διήρκησε περισσότερο σε σχέση με αυτή των υποκνημιδίων μυών στους οποίους υπήρχε μεγαλύτερο ποσοστό από μυϊκές ίνες τύπου I. Σύμφωνα με τους Hamada και συν. (2000), οι αθλητές ισχύος παρουσιάζουν αυξημένη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση εξαιτίας του ότι μετά από την άσκηση ενεργοποίησης η νευρική διέγερση είναι πολύ μεγαλύτερη στις μυϊκές ίνες ταχείας σύσπασης, όπου εκείνοι έχουν σε υψηλότερο ποσοστό. Ο λόγος που οι προπονημένοι αθλητές σε σχέση με απροπόνητα άτομα επιδέχονται πολύ περισσότερο αυτής της προσαρμογής

στηρίζεται στη άμεση στρατολόγηση καθώς και σ' ένα αυξανόμενο ποσοστό του ρυθμού ενεργοποίησης των κινητικών τους μονάδων. Εκτός από το ότι το κεντρικό νευρικό σύστημα και οι κινητικές μονάδες μπορούν να ανεχτούν μεγαλύτερες συχνότητες ενεργοποίησης, ίσως να υφίσταται και άλλο ένα φαινόμενο προσαρμογής, δηλαδή οι προπονημένοι αθλητές να μπορούν να στρατολογήσουν τις κινητικές μονάδες με μεγαλύτερο συγχρονισμό έτσι ώστε σε ένα βραχύτερο χρονικό διάστημα να ενεργοποιήσουν ένα μεγαλύτερο ποσοστό μυϊκών ινών. Σημαντικό παράγοντα για την εμφάνιση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης διαδραματίζει και το είδος της άσκησης ενεργοποίησης καθώς και το είδος της σύσπασης των μυών που θα επιλεγεί. Αρκετές έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει διάφορα πρωτόκολλα με επίκεντρο τη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση και είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε πως το είδος της μυϊκής σύσπασης στην άσκηση ενεργοποίησης επηρεάζει αρκετά τόσο το ρυθμό ανάπτυξης δύναμης όσο και το βαθμό της αποτελεσματικότητας της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Στη προκειμένη περίπτωση, το θέμα αυτό απασχολεί την ισομετρική, τη σύγκεντρη και την έκκεντρη σύσπαση. Σύμφωνα με τους Tillin και συν.(2009), όσον αφορά τις ασκήσεις που περιέχουν σύγκεντρες και έκκεντρες συσπάσεις, η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη ταχύτητα που θα έχουν καθώς όσο μεγαλύτερη είναι τόσο πιο αυξημένη θα είναι και επίδραση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Ωστόσο, στις ασκήσεις με ισομετρική σύσπαση έχει παρατηρηθεί πως η μεταδιεγερτική ενεργοποίηση επέρχεται πιο γρήγορα και είναι μεγαλύτερη η αύξηση στη μέγιστη δύναμη σε σχέση με τις προηγούμενες. Παρόλα αυτά, στη περίπτωση αυτή ο κίνδυνος ενεργοποίησης των μηχανισμών της κόπωσης, με λάθος προγραμματισμό, είναι μεγαλύτερος.

2.2.4 Μεταδιεγερτική ενεργοποίηση και κόπωση

Στους δρόμους ταχύτητας συγκαταλέγονται και αγωνίσματα όπως τα 200m τα 400m και τα 400m μετ' εμποδίων τα οποία χαρακτηρίζονται από τη συνδυαστική συμμετοχή των ενεργειακών μηχανισμών και το υψηλό επίπεδο κόπωσης που επέρχεται στον οργανισμό. Όπως μέσω κάποιας μυϊκής δραστηριότητας μπορούν να ενεργοποιηθούν οι μηχανισμοί της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης έτσι μπορεί να κάνει και για τους μηχανισμούς της κόπωσης. Τα είδη της κόπωσης είναι δύο και

διακρίνονται σε περιφερική και κεντρική. Η πρώτη συναντάται σε έναν οργανισμό ο οποίος αδυνατεί να παράξει την απαιτούμενη ή αναμενόμενη δύναμη ή ισχύ λόγω περιφερικών παραγόντων (στο επίπεδο του σκελετικού μύος) ενώ στη δεύτερη μειώνεται η ικανότητα να διεγερθούν οι μύες μέσω των κινητικών νευρώνων, η οποία οφείλεται στην έλλειψη ικανότητας του νευρικού συστήματος να διατηρήσει τα νευρικά ερεθίσματα σε υψηλό επίπεδο (Τσούκος και συν., 2013) . Η επικράτηση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης ή της κόπωσης, επομένως, εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της άσκησης ενεργοποίησης, το χρόνο αποκατάστασης, και ορισμένα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων (προπονητικό επίπεδο, κατανομή του τύπου των μυϊκών ινών, βαθμός της μέγιστης δύναμης, ηλικιακό ισχύος-δύναμης) (Hodgson και συν. , 2005). Ο Doyle (2020) έκανε ένα εργαστηριακό πείραμα με 21 αθλητές το οποίο αφορούσε την επίδραση πλειομετρικών ασκήσεων (άλμα βάθους και στατικό κατακόρυφο άλμα) σε Wingate test. Το πρωτόκολλο περιείχε ζέσταμα στο κυκλοεργόμετρο, στη συνέχεια 5 σειρές με 2 άλματα , 2 λεπτά αποκατάσταση και στο τέλος το Wingate test. Οι αθλητές χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες των 7 ατόμων εκ των οποίων η μία έκανε το τεστ χωρίς τις ασκήσεις ενεργοποίησης, ενώ οι άλλες δύο μοιράστηκαν τις ασκήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι 2 ομάδες που έκαναν προηγουμένως πλειομετρική άσκηση παρουσίασαν καλύτερη αναερόβια ικανότητα, ο δείκτης αναερόβιας κόπωσης ήταν επίσης βελτιωμένος, και η μέγιστη ισχύς ήταν κι αυτή μεγαλύτερη. Ένα αξιοσημείωτο γεγονός ήταν πως η ομάδα που εκτέλεσε το στατικό κατακόρυφο άλμα υπερτερούσε σε όλες τις μετρήσεις από την ομάδα που εφάρμοσε το άλμα βάθους.



Εικόνα 3: Μοντέλο με την σχέση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης, της κόπωσης και της μυϊκής απόδοσης, εξαρτώμενες από τον όγκο της ενεργοποίησης (Tillin & Bishop, 2009).

2.2.5 Τρόποι επίτευξης (Πρωτόκολλα)

Τα κύρια πρωτόκολλα ασκήσεων που συμβάλλουν στη μεταδιεγερτική ενεργοποίηση είναι 3: i) μέγιστη ισομετρική άσκηση, ii) δυναμική άσκηση με ένα μεγάλο όγκο φορτίου και iii) διαφορετικά είδη εκτέλεσης (πχ. Άλματα, άσκηση με αντιστάσεις κ.α.). Το 2013 οι Lim και συν. εξέτασαν τις επιδράσεις, τόσο των ισομετρικών ασκήσεων όσο και των δυναμικών, στους δρόμους ταχύτητας. Στην έρευνα αυτή πήραν μέρος 12 υψηλού επιπέδου sprinters και σε διαφορετικές μέρες εφάρμοσαν 3 πρωτόκολλα. Το πρώτο περιείχε μονοαρθρική ισομετρική άσκηση δηλ. έκταση γονάτου 3 σειρών με 3 s διάρκεια, το δεύτερο πολυαρθρική ισομετρική άσκηση κάνοντας 3 σειρές με 3 s κάθισμα και το τρίτο πολυαρθρική δυναμική άσκηση με 3 σειρές 3 επαναλήψεων στο 90% 1MAE στο κάθισμα. 4 λεπτά μετά από κάθε πρωτόκολλο οι αθλητές θα εκτελούσαν ένα sprint 30m αφού πρώτα είχαν μετρήσει τις επιδόσεις τους χωρίς την επίδραση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Τα

αποτελέσματα έδειξαν μικρή βελτίωση στους χρόνους, χωρίς να υπάρχουν κάποιες σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις μεθόδους. 3 από του 12 αθλητές θεώρησαν και τις 3 μεθόδους αποτελεσματικές ενώ οι υπόλοιποι ξεχώρισαν 1 από αυτές. Οι ερευνητές ανέφεραν πως τα αποτελέσματα θα ήταν πιο εντυπωσιακά εάν το διάστημα μεταξύ των ασκήσεων και των sprints ήταν μεγαλύτερο. Την ίδια μέθοδο με το ολιγόλεπτο διάλειμμα ακολούθησαν οι Chatzopoulos και συν. (2007) . Αυτή τη φορά πήραν μέρος 15 αθλητές ερασιτεχνικού επιπέδου και το πρωτόκολλο ήταν ως εξής: κάθε αθλητής εκτελούσε 3 sprints 30 m όπου και επιλεγόταν ο καλύτερος χρόνος. Στη συνέχεια η άσκηση που εφαρμόστηκε ήταν το ημικάθισμα κάνοντας 1 σειρά 10 επαναλήψεων στο 90% 1ΜΑΕ. Τη πρώτη φορά θα είχαν 3 λεπτά διάλειμμα ενώ την επόμενη 5 λεπτά για να εκτελέσουν ξανά sprint 30m . Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στο πρώτο τεστ με τα 3 λεπτά διάλειμμα δεν υπήρξαν πολλές διαφορές με τους χρόνους στα 30m χωρίς την άσκηση ενεργοποίησης ενώ στο δεύτερο τεστ με τα 5 λεπτά αποκατάσταση οι χρόνοι ήταν αρκετά πιο βελτιωμένοι.

Παρατηρείται, λοιπόν, ότι η επιλογή του διαλείμματος έχοντας ως σκοπό την επίδραση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης αποτελεί βασικό παράγοντα. Οι παρακάτω έρευνες που θα αναλυθούν εξετάζουν σε μεγάλο βαθμό αυτή τη σχέση εξάρτησης. Οι Bevan και συν. (2010) επέλεξαν 16 επαγγελματίες παίκτες rugby και τους υπέβαλαν σε ένα τεστ το οποίο περιείχε 5 sprints 10m αφού στην αρχή είχαν κάνει 1 σειρά 3 επαναλήψεων κάθισμα στο 91% του 1ΜΑΕ. Το 1° sprint θα γινόταν αμέσως μετά την άσκηση, το 2° στα 4 λεπτά, το 3° στα 8 λεπτά, το 4° στα 12 λεπτά και το 5° στα 16 λεπτά. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι το 47% των αθλητών απέδωσε καλύτερα στο τεστ των 8 λεπτών, το 27% στα 12 λεπτά και το 13% στα τεστ των 4 λεπτών και των 16 λεπτών. Η βελτίωση σε σχέση με τους καλύτερους ατομικούς χρόνους τους ήταν κατά Μ.Ο. στο 8%. Παρόμοια ερευνητική σκέψη και υπόθεση αλλά με διαφορετική άσκηση για την επίτευξη της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης είχαν οι Turner και συν. (2015) . Η έρευνα διεξήχθη με τη συμμετοχή 23 αθλητών κάνοντας 7 sprints 20m (χωρισμένο ανά 10m) μετά πλειομετρική άσκηση και συγκεκριμένα alternate leg boundings (ρυθμοί). Το 1° sprint έγινε αμέσως μετά την άσκηση, το 2° στα 15 s , το 3° στα 2 λεπτά, το 4° στα 4 λεπτά, το 5° στα 8 λεπτά, το 6° στα 12 λεπτά και το 7° στα 16 λεπτά. Το ίδιο

πρωτόκολλο έγινε και με την χρήση πρόσθετης επιβάρυνσης +10% του σωματικού τους βάρους στην ίδια άσκηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με αυτή την παραλλαγή που αναφέρθηκε μόλις, στα 15s ο χρόνος στα 20μ. βελτιώθηκε κατά Μ.Ο. 1,4% , στα 4 λεπτά κατά 2,3% και στα 8 λεπτά κατά 2,6%. Βελτιωμένη επιτάχυνση παρατηρήθηκε στα πρώτα 10m της απλής άσκησης (χωρίς επιβάρυνση) στο διάλειμμα των 4 λεπτών κατά 1,8%. Τέλος, οι Tsimahidis και συν. (2010) εξέτασαν μία μέθοδο με συνδυαστικό πρόγραμμα υψηλών αντιστάσεων και τρεξίματος, διάρκειας 10 εβδομάδων και την επίδρασή του στη δύναμη, τη ταχύτητα και το επιτόπιο άλμα σε νεαρούς αθλητές καλαθοσφαίρισης. Οι συμμετέχοντες ήταν 26 και ήταν χωρισμένοι σε ένα group που θα έκανε απλές προπονήσεις τεχνικής και ένα δεύτερο που εκτός αυτού θα έκανε και ένα πρωτόκολλο με 5 σειρές 5-8 επαναλήψεων στο ημικόμισμα σε υψηλή ένταση, με ένα sprint 30m ανάμεσα από κάθε σετ. Όλες οι μετρήσιμοι παράγοντες ύστερα από 10 εβδομάδες στο δεύτερο group ήταν πολύ βελτιωμένοι ενώ οι συμμετέχοντες στο πρώτο group ήταν στάσιμοι και μερικοί με μικρές βελτιώσεις.

3. ΜΕΘΟΔΟΣ

3.1 Ερευνητικός Σχεδιασμός

Το πείραμα αυτό διεξήχθη με σκοπό την ανάλυση της επίδρασης της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στους δρόμους ταχύτητας και συγκεκριμένα στην φάση επιτάχυνσης με εκκίνηση από συσπειρωτική θέση στον βαθύρα (20 m) μετά από άσκηση ενεργοποίησης (πλειομετρική). Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν για τη διαδικασία και έγινε αναλυτική επεξήγηση των λόγων που θα εκτελούσαν το συγκεκριμένο τεστ. Ζητήθηκε αποχή 48 ωρών από τις προπονήσεις τους καθώς δόθηκαν συμβουλές για τη διατροφή τους αλλά και για επαρκή ύπνο και ξεκούραση πριν την ημέρα της δοκιμασίας. Την ημέρα της δοκιμασίας όλοι οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν κοινό ζέσταμα με χαλαρό τρέξιμο, στατικές – κινητικές διατάσεις, δρομικές ασκήσεις και ανοίγματα. Στη συνέχεια εκτέλεσαν 3 δοκιμαστικές εκκινήσεις στο βαθύρα για να εξοικειωθούν με τα επόμενα sprints. Ο κάθε δοκιμαζόμενος με τη σειρά του εκτέλεσε 2 sprints των 20 m από το βαθύρα με σκοπό να μετρηθούν οι χρόνοι χωρίς την άσκηση ενεργοποίησης και κρατήθηκε ο καλύτερος χρόνος για την μετέπειτα

σύγκριση με την επίδραση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Αφού εκτέλεσαν τα sprints δώθηκε χρόνος για ξεκούραση και στη συνέχεια εκτέλεσαν την άσκηση ενεργοποίησης η οποία ήταν οι ρυθμοί (alternate leg boundings). Μετά από 8 λεπτά ξεκούρασης οι αθλητές εκτέλεσαν ξανά 20 m sprint από βαθύρα εκκίνησης όπου και καταγράφηκαν οι επιδόσεις τους.

3.2 Δείγμα

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε ανοικτό γήπεδο στίβου με τη συμμετοχή 15 αθλητών ταχυτήτων (ερασιτεχνικού επιπέδου) εκ των οποίων 9 ήταν άντρες και 6 ήταν γυναίκες. Βασική προϋπόθεση της επιλογής τους ήταν η καλή κατάρτιση της τεχνικής στο βαθύρα εκκίνησης.

	ΗΛΙΚΙΑ	ΥΨΟΣ	ΒΑΡΟΣ	ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ(ΧΡΟΝΙΑ)
ΑΝΤΡΕΣ	21,3±2,1	1,77±0,05	71±2,5	6±2
ΓΥΝΑΙΚΕΣ	20,5±1,8	1,65±0,03	57,5±1,5	5±2

Πίνακας 1: Σωματομετρικά χαρακτηριστικά δοκιμαζόμενων και προπονητική ηλικία

Πριν την έναρξη της δοκιμασίας βεβαιωθήκαμε πως όλοι οι συμμετέχοντες είχαν τηρήσει τις οδηγίες που τους είχαν δοθεί σε προηγούμενη συνάντηση, ήταν υγιείς και ένιωθαν καλά για την εφαρμογή του πρωτόκολλου.

3.3 Αρχικές μετρήσεις και εξοικείωση

Την ημέρα της δοκιμασίας καταγράφηκε η ηλικία, το ύψος και το βάρος των δοκιμαζόμενων. Στη συνέχεια ξεκίνησαν τη προθέρμανσή τους κάνοντας 3 γύρους χαλαρό τρέξιμο στο γήπεδο στίβου, κινητικές-στατικές διατάσεις δρομικές ασκήσεις και ανοίγματα φορώντας αθλητικά υποδήματα. Αλλάζοντας υποδήματα και βάζοντας τα αγωνιστικά υποδήματα (spikes) έκαναν πάλι μερικές βασικές δρομικές ασκήσεις, ανοίγματα και τρέξιμο με επιταχυνόμενο ρυθμό. Ύστερα, ο κάθε δοκιμαζόμενος είχε τη δυνατότητα να τοποθετήσει βαθύρα και να κάνει δοκιμαστικές εκκινήσεις.

3.4 Μέτρηση χωρίς παρέμβαση

Μετά το πέρας της προθέρμανσης και της εξοικείωσης στο βατήρα, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 2 σειρές των 20 m sprint με 8 λεπτά διάλειμμα ενδιάμεσα, καταγραφόμενοι από κάμερα υψηλής συχνότητας. Στην μετέπειτα ανάλυση επιλέχθηκε ο καλύτερος από τους 2 χρόνους του κάθε δοκιμαζόμενου για τη σύγκριση με τα αντίστοιχα sprints μετά την άσκηση ενεργοποίησης.

3.5 Άσκηση Ενεργοποίησης

Μετά από ξεκούραση 10 λεπτών ο κάθε δοκιμαζόμενος φόρεσε πάλι τα αθλητικά υποδήματα και εκτέλεσε τη πλειομετρική άσκηση alternate leg boundings (ρυθμοί) και συγκεκριμένα 16 αναπηδήσεις (8 με κάθε πόδι). Κατά τη διάρκεια της άσκησης δινόταν ανατροφοδότηση στους αθλητές/τριες για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων.



Εικόνα 4: Alternate leg bounding (ρυθμοί)

3.6 Μέτρηση μετά από παρέμβαση

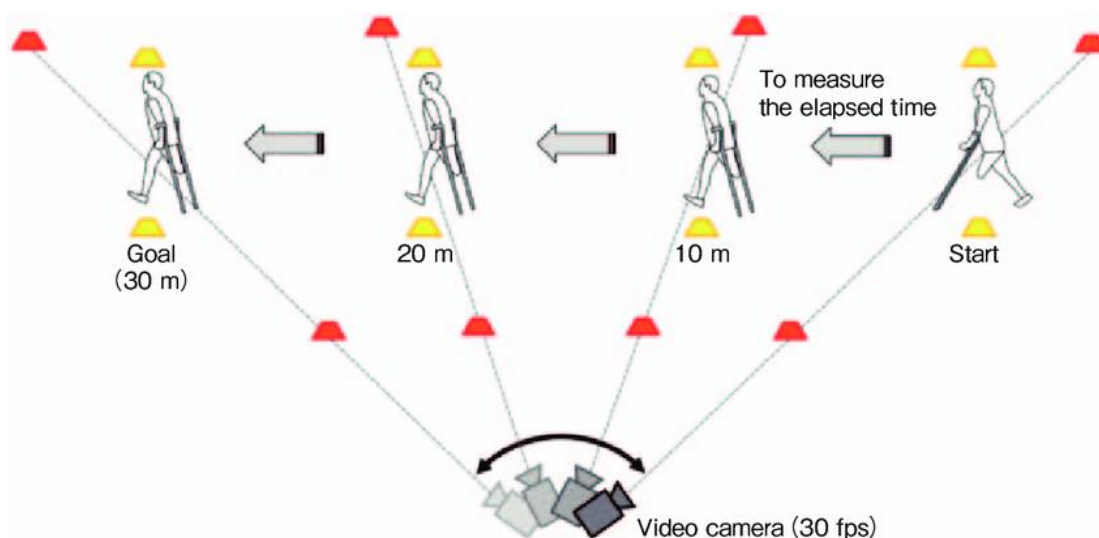
Μετά την άσκηση ενεργοποίησης οι δοκιμαζόμενοι φόρεσαν ξανά τα αγωνιστικά υποδήματα (spikes) και εκτέλεσαν ένα ακόμα sprint των 20 m από τον βατήρα εκκίνησης, το οποίο πάλι καταγράφηκε με κάμερα. Μεταξύ της άσκησης ενεργοποίησης και της μέτρησης επιλέχθηκε διάλειμμα για ξεκούραση και για να επέλθουν οι προσαρμογές διάρκειας 8 λεπτών.

3.7 Περιγραφή συνθηκών

Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του ‘Εθνικού Αθλητικού Κέντρου Αιγάλεω – Εύα Χριστοδούλου’. Λόγω του ότι η δοκιμασία θα γινόταν σε υπαίθριο χώρο επιλέχθηκε μεσημεριανή ώρα σε ημέρα με άπνοια για την αποφυγή ευνοϊκού ή αντίθετου ανέμου με τη κατεύθυνση των δοκιμαζόμενων.

3.8 Καταγραφή - ανάλυση δοκιμασίας

Η δοκιμασία καταγράφηκε με βιντεοκάμερα DSLR (**Nikon D3500**). Η κάμερα κατέγραψε τη συνολική διάρκεια του κάθε sprint από τη στιγμή που εφαρμοζόταν δύναμη στα blocks του βατήρα μέχρι ο κορμός του δοκιμαζόμενου να φτάσει στο τέλος των 20 m. Η κάμερα τοποθετήθηκε σε τρίποδο για να μπορεί να περιστρέφεται και όσον αφορά το χώρο τοποθετήθηκε στο ενδιάμεσο της απόστασης των 20 m και 10 m έξω από το διάδρομο του στίβου που γινόταν η μέτρηση. Για να καταγραφεί σωστά το τέλος των 20 m, τοποθετήθηκε ανάμεσα από τη διαγώνιο μεταξύ κάμερας και γραμμής των 20 m ένα πλαστικό κοντάρι με βάση για σλάλομ έτσι ώστε όταν το κέντρο βάρους του δοκιμαζόμενου θα ήταν ακριβώς πάνω στο στύλο στην ανάλυση του βίντεο να γνωρίζουμε ότι είναι πάνω στο τερματισμό. Η κάμερα κατέγραφε με 180 fps και η ανάλυση έγινε στο πρόγραμμα Κίνοεα παρατηρώντας κάθε εικόνα και καταγράφοντας τον χρόνο από την εφαρμογή δύναμης στο βατήρα μέχρι το κέντρο βάρους των δοκιμαζόμενων να φτάσει στο κοντάρι από την οπτική της κάμερας.



Εικόνα 5: Πρωτόκολλο βιντεοσκόπησης κινηματικών χαρακτηριστικών.

3.9 Στατιστική Ανάλυση

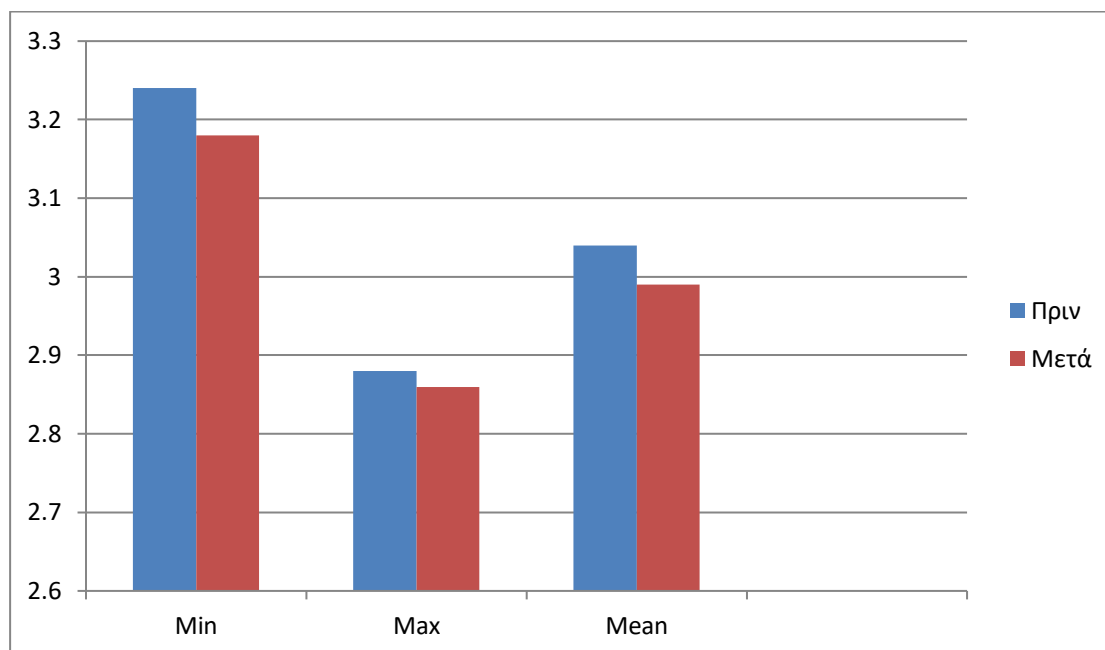
Στα δεδομένα της έρευνας παρουσιάζονται μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση. Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε το t-test ανά ζεύγη (paired sample t-test). Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε: $\alpha = 0,05$.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συγκρίνοντας τους χρόνους πριν και μετά την παρέμβαση παρατηρούμε πως ο μέσος όρος αρχικά ήταν στα $3,04 \pm 0,1$ s ενώ ύστερα από 16 εναλλασσόμενα αλτικά βήματα κατέβηκε στα $2,99 \pm 0,08$ s (Πίνακας 2, Γράφημα 1). Η επίδοση στα 20 m λοιπόν, βελτιώθηκε κατά 1,6%, η οποία είναι στατιστικά σημαντική ($t = 9,475$, $p < 0,05$). Η πιο αργή επίδοση πριν την άσκηση ενεργοποίησης ήταν στα 3,24 s ενώ μετά από αυτή ήταν στα 3,18 s, (βελτίωση κατά 0,7%), ενώ όσον αφορά τη ταχύτερη επίδοση στη πρώτη περίπτωση ήταν στα 2,88 s και στη δεύτερη 2,86 s (βελτίωση κατά 1,9%) (Πίνακας 2, Γράφημα 1). Φάνηκε λοιπόν, πως το πρωτόκολλο των 16 εναλλασσόμενων αλτικών βημάτων, όπως δομήθηκε, βρήκε θετική ανταπόκριση στην απόδοση των αθλητών στα 20 m ταχύτητας, ωστόσο κάποια αλλαγή τόσο στην επιβάρυνση όσο και στο διάλειμμα μεταξύ της άσκησης ενεργοποίησης και του sprint να μην είχε παρόμοια αποτελέσματα. Στη περίπτωση των δρόμων ταχυτήτων και πόσο μάλλον σε μία απόσταση όπως αυτή των 20 m, η βελτίωση της επίδοσης ακόμα και σαν εκατοστά του δευτερολέπτου (0,01 s) αποτελεί σημαντική παράμετρο εφόσον σε αγώνες είναι πάρα πολλές οι περιπτώσεις όπου για αυτό το 0,01 s κρίνονται μετάλλια σε ολυμπιακούς και παγκόσμιους αγώνες.

	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση Τιμή\pmTA
Πριν(s)	3,24	2,88	3,04 \pm 0,10
Μετά(s)	3,18	2,86	2,99 \pm 0,08

Πίνακας 2: Επιδόσεις δοκιμαζόμενων πριν και μετά τη παρέμβαση



Γράφημα 1: Διαφορές στην επίδοση πριν και μετά τη ΜΔΕ

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Παρατηρήθηκε λοιπόν, ότι υπήρξε σημαντική στατιστική διαφορά στην επίδοση των δοκιμαζόμενων στα 20 m μεταξύ της προσπάθειας χωρίς άσκηση ενεργοποίησης και της προσπάθειας μετά την εφαρμογή του πρωτόκολλου. Παρόμοια ερευνητική προσέγγιση είχαν οι Rimmer και συν. (2000) όπου με τη συμμετοχή 26 αθλητών στίβου εφάρμοσαν 3 πρωτόκολλα για να εξετάσουν την επίδραση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στη φάση επιτάχυνσης (10 m και 40 m). 10 αθλητές εκτέλεσαν πλειομετρική άσκηση, 7 αθλητές εκτέλεσαν sprint πριν τη τελική μέτρηση και 9 αθλητές αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Σημαντική στατιστική διαφορά παρατηρήθηκε μόνο στο πρώτο group αθλητών που εφάρμοσαν πλειομετρική άσκηση καθώς στα 10m και στα 40m οι χρόνοι ήταν αντίστοιχα ως εξής: (πριν: $1,96 \pm 0,1$ s , μετά: $1,91 \pm 0,08$ s) και (πριν: $5,63 \pm 0,18$ s , μετά: $5,55 \pm 0,1$ s). Βελτιωμένος ήταν επίσης και ο χρόνος επαφής τους με το έδαφος. Οι Ferreira-Junior και συν. (2018)

εφάρμοσαν 3 πρωτόκολλα σε διαφορετικές μέρες το καθένα με 11 αθλητές στίβου από ομάδα λυκείου για να εξετάσουν την επίδραση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στο δρόμο των 100 m. Τη πρώτη ημέρα οι δοκιμαζόμενοι λειτούργησαν ως ομάδα ελέγχου χωρίς να εκτελέσουν κάποια άσκηση ενεργοποίησης. Την επόμενη και μεθεπόμενη συνεδρία οι δοκιμαζόμενοι αφού έκαναν 10 ρυθμούς με 10% πρόσθετο βάρος και 2 σειρές από 20 m sprint αντίστοιχα εκτέλεσαν ύστερα από 2 min ξεκούρασης τα 100 m. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπήρξαν στατιστικές διαφορές μετά τις ασκήσεις ενεργοποίησης και αυτό οφείλεται στο γεγονός πως το διάλειμμα δεν ήταν επαρκές για να λειτουργήσουν οι μηχανισμοί της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης. Προσωπικά, πιστεύω πως στα 2 min που εκτέλεσαν τα 100m ήταν μια μεταβατική φάση όπου οι μηχανισμοί της κούρασης μετά την άσκηση είχαν αρχίσει να φθίνουν και να ενεργοποιούνται σταδιακά εκείνοι της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης ωστόσο οι τελευταίοι χρειάζονταν κι άλλο χρόνο όπως παρατηρήθηκε και σε παραπάνω έρευνες για να προκαλέσουν αλλαγές στην απόδοση. Ο Πέτρος Κυπριανού (Head Coach στην ομάδα στίβου του University of Georgia) , σε ομιλία του με θέμα τη σχέση μεταξύ της αίθουσας των βαρών και του στίβου στο ΤΕΦΑΑ Αθηνών το 2017, είχε αναφέρει το πόσο πολύ δουλεύουν σε όλη τη χρονιά τα πρωτόκολλα της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης τόσο στις προπονήσεις όσο και στους αγώνες. Οι εγκαταστάσεις και η πρόσβαση στον εξοπλισμό ωστόσο δεν είναι ίδια σε όλα τα αθλητικά κέντρα των χωρών γι' αυτό και στην Ελλάδα τα πρωτόκολλα αυτά είναι πιο δύσκολα να εφαρμοστούν. Παρ' όλ' αυτά, πέρα από τις δυναμικές και ισομετρικές ασκήσεις που απαιτούν εξοπλισμό και υψηλό όγκο φορτίου το πρωτόκολλο με τις πλειομετρικές ασκήσεις είναι εύκολα εφαρμόσιμο και έρχεται να δώσει μία εναλλακτική λύση για μία βραχύχρονη βελτίωση της απόδοσης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Φαίνεται πως τα 16 εναλλασσόμενα αλτικά βήματα ενεργοποίησαν επιτυχώς τους μηχανισμούς της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης προκαλώντας έτσι τις επιθυμητές προσαρμογές για να βελτιωθεί η απόδοση των δοκιμαζομένων. Στατιστικά υπήρξε μια σημαντική βελτίωση ωστόσο λόγω του ότι το πείραμα δεν χωρίστηκε σε διαφορετικές ημέρες για να υπάρξει αρχικά μέτρηση από ομάδα ελέγχου υστερεί σε

ένα βαθμό στην αξιοπιστία του αποτελέσματος. Στη περίπτωση που πραγματοποιούνταν αυτό, τα αποτελέσματα πιθανώς να ήταν ακόμη πιο βελτιωμένα εφόσον στο πείραμα που πραγματοποιήθηκε εκτέλεσαν πριν τη παρέμβαση τις 2 ταχύτητες των 20 m που θα μπορούσαν να είχαν γίνει σε προηγούμενη συνεδρία και οι δοκιμαζόμενοι να ήταν πιο ξεκούραστοι στη δεύτερη μέτρηση. Ωστόσο ο όγκος ήταν μικρός και τα διάλειμμα αναλογικά με την απόσταση πλήρες κι έτσι δεν φάνηκε να επηρεάζει την απόδοσή τους.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τσούκος Αθανάσιος, Βεληγκέκας Παναγιώτης, Μπογδάνης Γρηγόρης, Φυσιολογική βάση της μεταδιεγερτικής ενεργοποίησης στο σκελετικό μυ και πρακτικές εφαρμογές στον αθλητισμό, Επιθεώρηση βιοχημείας και φυσιολογίας της άσκησης 1: 1-21, 2013
2. Παναγιώτης Βεληγκέκας, Γρηγόριος Μπογδάνης, Γεώργιος Παραδείσης, Σχεδιασμός & προγραμματισμός της αθλητικής προπόνησης, 2020
3. Βασίλειος Κλεισούρας, Εργοφυσιολογία, 2011
4. Anthony P. Turner, Sam Bellhouse, Liam P. Killduff, Mark Russell, Postactivation Potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise, J strength cond. Res., 2015 Feb;29(2):343-50
5. Rory Doyle, The effect of post activation potentiation exercise (depth jump vs countermovement jump) on wingate anaerobic performance in collegiate athletes, 2020
6. Bevan, Huw R. Cunningham, Dan J. Tooley, Edward P. Owen, Nick J. Cook, Christian J. Kilduff, Liam P., Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players, Journal of strength and conditioning research, 24(3):701-5, March 2010
7. Lim, Julian J, H., Kong, Pui W., Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance, Journal of strength and conditioning research, 27(10):2730-6, 2013
8. Dimitris E. Chatzopoulos, Charalambos j. Michailidis, Athanasios K. Giannakos, Kostas C. Alexiou, Dimitrios A. Patikas, Christos B. Antonopoulos, and Christos M.

- Kotzamanidis, Postactivation potentiation effect after heavy resistance exercise on running speed, *Journal of strength and conditioning research*, 21(4):1278-81, 2007
9. Neale A. Tillin, David John Bishop, Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities, *Sports medicine*, 39(2):147-66, 2009
 10. Robyn Lloyd Jones, Ian N. Bezodis, Andy Thompson, Coaching sprinting: Expert coaches perception of race phases and technical constructs, *International journal of sports science and coaching*, 4(3):385-396, 2009
 11. Matt Hodgson, David Docherty, Dan Robbins, Post-Activation Potentiation, *Sports Medicine*, 35:585-595, 2012
 12. Joao B. Ferreira-Junior, Ana P. M. Guttierres, Irismar G. A. Encarnacao, Jorge R. P. Lima, Diego A. Borba, Eduardo D. S. Freitas, Michael G. Bemben, Carlos A. Vieira, Martim Bottaro, Effects of different conditioning activities on 100-m dash performance on high school track and field athletes, 125(3):566-580, 2018
 13. Edwin Rimmer, Gordon Sleivert, Effects of a plyometric intervention program on sprint performance, *Journal of strength and conditioning research*, 14(3):295-301, 2000
 14. Konstantinos Tsimahidis, Christos Galazoulas, Dimitrios Skoufas, Georgios Papaiakevou, Eleni Bassa, Dimitrios Patikas, Christos Kotzamanidis, The effect of sprinting after each set of heavy resistance training on the running speed and jumping performance of young basketball players, *Journal of strength and conditioning research*, 24(8):2102-8, 2010
 15. Ryu Nagahara, Takeo Matsubayashi, Akifumi Matsuo, Koji Zushi, Kinematics of transition during human accelerated sprinting, *Biology Open*, 3(8):689-699, 2014
 16. R. Duffield, B. Dawson, C. Goodman, Energy system contribution on 100-m and 200-m track running events, *Journal of science and medicine in sports*, 7(3):302-13, 2004
 17. L. A. Tubman, B. R. MacIntosh, W. A. Maki, Myosin light chain phosphorylation and posttetanic potentiation in fatigued skeletal muscle, *Pflugers Archiv*, 431:882-887, 1996
 18. Arne Güllich and Dietmar Schmidtbleicher, MVC-induced short-term potentiation of explosive force, *IAAF*, 11(4):67-81, 1996
 19. Taku Hamada, Digby G. Sale, J. Duncan MacDougall, Mark A. Tarnopolsky, Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles, *Journal of applied physiology*, 88(6):2131-2137, 2000

