



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»**

**«ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΔΟΝΗΣΗ
ΣΕ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΜΥΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ
ΣΕ ΔΡΟΜΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ»**

Μαργαρίτα Ε. Γερακάκη

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΠΕΛΙΟ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΠΡΟΠΟΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΕΙΔΙΚΗ ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ ΚΛΑΣΙΚΟΥ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2009

© Copyright
Μαργαρίτα Γερακάκη
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντίστασης 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΦΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΩΣ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΣΤΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευση και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

Μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής

Επιπέποντας Καθηγητής
Σ. Τζιωρτζής, Καθηγητής
Θεωρία Αθλητικής Προπόνησης

Μέλος Επιτροπής
Α. Σμυρνιώτου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Κλασικός Αθλητισμός – Αθλητικοί Δρόμοι

Μέλος Επιτροπής
Γ. Παραδείσης, Λέκτορας
Κλασικός Αθλητισμός – Αθλητικοί Δρόμοι



ΠΡΑΚΤΙΚΟ
ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Της **Μαργαρίτας Γερακάκη**

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Γ.Σ.Ε.Σ. του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 27/1/2009 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής της **κ. Μαργαρίτας Γερακάκη** με τίτλο: «*Άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε κινηματικά χαρακτηριστικά και νευρομυϊκές παραμέτρους σε δρομείς ταχύτητας*» αποτελούμενη από τους **κ.κ. Σ. Τζιωρτζή** Καθηγητή του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέποντα καθηγητή), **Α. Σμυρνιώτου** Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, **Γ. Παραδείση** Λέκτορα του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 13/3/2009 ημέρα Παρασκευή και ώρα 16:30 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε. Παυλίνη του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρίνόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

Σ. Τζιωρτζής, Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών

Α. Σμυρνιώτου, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών

Γ. Παραδείσης, Λέκτορας του Πανεπιστημίου Αθηνών

**Στους γονείς μου,
τους οφείλω τα πάντα...**

Έκφραση Ευχαριστιών

Ολοκληρώνοντας τον κύκλο των μεταπτυχιακών μου σπουδών θα ήθελα να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που συνέβαλαν ουσιαστικά στην πορεία αυτή.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σταύρο Τζιωρτζή, ο οποίος εξ αρχής πίστεψε σε εμένα και με υποστήριξε σε ότι και αν χρειάστηκα. Η προσέγγισή του ήταν πάντα θετική και οι συμβουλές του, τόσο σε ακαδημαϊκό όσο και σε προσωπικό επίπεδο σημαντικές. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστώ τα μέλη της συμβουλευτικής μου επιτροπής κ. Γιώργο Παραδείση και τη κ. Νάσια Σμυρνιώτου. Ο κ. Γιώργος Παραδείσης αποτέλεσε το έναυσμα να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο ερευνητικό τομέα και είμαι ιδιαίτερα χαρούμενη που συνεργάστηκα μαζί του, γιατί με έμαθε να σκέφτομαι ερευνητικά, να παίρνω πρωτοβουλίες τις οποίες να είμαι σε θέση να υποστηρίζω και να μη φοβάμαι να βασίζομαι στον εαυτό μου. Όποτε χρειάστηκα τη βοήθειά του, ήταν πάντα διαθέσιμος. Η κ. Νάσια Σμυρνιώτου συντέλεσε στο να διευρύνω τις ερευνητικές μου ανησυχίες και μου δημιούργησε πολλά και νέα ερωτήματα μέσα από την απάντηση των οποίων συνειδητοποίησα ότι αυτή η διαδικασία ερωτημάτων-απαντήσεων είναι «ανελέητα» ατελείωτη...

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον κ. Ηλία Ζαχαρόγιαννη, για την ευγενική παραχώρηση οργάνων μέτρησης καθώς και χώρου διεξαγωγής μεγάλου μέρους των μετρήσεων της έρευνας. Ένα ακόμα μεγαλύτερο ευχαριστώ γιατί δίπλα του έμαθα πολλά σημαντικά πράγματα και με βοήθησε να κάνω ένα μεγάλο βήμα και να εφαρμόσω τις θεωρητικές μου γνώσεις σε πρακτικό επίπεδο. Η συνεργασία μαζί του ήταν καθοριστικά σημαντική.

Πολλές ευχαριστίες αλλά και ένα μεγάλο συγνώμη οφείλω στον συμφοιτητή μου Παύλο Ευαγγελίδη του οποίου η στήριξη και συμπαράστασή ήταν συνεχής. Μοιράστηκε μαζί μου όλες τις ανησυχίες και το άγχος που είχα και ήταν πάντα παρών πριν καν προλάβω να το ζητήσω. Παρόλα αυτά ανέχτηκε πολλές-αδικαιολόγητα-«άσχημες» συμπεριφορές προερχόμενες από την πίεση που ένιωθα. Ποτέ δεν θα ξεχάσω την προσφορά του και την πίστη του σε μένα.

Φυσικά πολλά ευχαριστώ σε όλους τους δοκιμαζόμενους που πήραν μέρος στην έρευνα, με συνέπεια, σοβαρότητα και διάθεση συνεργασίας, χωρίς τη συμμετοχή των οποίων δεν θα ήταν δυνατή η διεξαγωγή της. Ευχαριστώ και την εταιρεία της Power Plate, η οποία ανταποκρίθηκε θετικά στην ερευνητική πρόταση που της κατατέθηκε και παραχώρησε τις πλατφόρμες δόνησης.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, οι οποίοι πάντα πίστευαν σε μένα σε ότι και αν έκανα, καθώς και τον φίλο μου Κώστα Τουφεξή για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και για την θυσία πολλών προσωπικών μας στιγμών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΔΟΝΗΣΗΣ ΣΕ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΜΥΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΣΕ ΔΡΟΜΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Γερακάκη Μαργαρίτα

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εφαρμογή της άσκησης με δόνηση στον αθλητισμό προήλθε από την ανάγκη εύρεσης νέων τεχνικών και τρόπων ενίσχυσης της αθλητικής απόδοσης. Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στις άμεσες επιδράσεις της άσκησης δόνησης στην απόδοση και σε σχετικές με αυτήν παραμέτρους, καθώς έχει προταθεί και ως μέρος της διαδικασίας της «προθέρμανσης» για την εκτέλεση κινητικών δραστηριοτήτων δύναμης και ισχύος (Bazett-Jones et al., 2008).

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε κινηματικά χαρακτηριστικά και σε επιλεγμένες νευρομυϊκές παραμέτρους σε δρομείς ταχύτητας. Οι κύριες ερευνητικές υποθέσεις ήταν ότι η άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση θα επιφέρει στατιστικά σημαντικές μεταβολές στην απόδοση των δρομέων ταχύτητας καθώς και σε νευρομυϊκές παραμέτρους που σχετίζονται άμεσα με τα δρομικά αγωνίσματα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι δοκιμαζόμενοι ήταν 35 αθλητές (21.9 ± 4.3 ετών, 176.7 ± 5.1 cm, 72.3 ± 7.5 kg) αγωνισμάτων ταχύτητας. Οι δοκιμαζόμενοι χωρίστηκαν στην πειραματική ομάδα (ΠΟ) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ) με την μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας. Η ΠΟ εκτέλεσε την παρεμβατική άσκηση με την εφαρμογή δόνησης, ενώ η ΟΕ χωρίς την εφαρμογή δόνησης. Η παρεμβατική άσκηση (μία συνεδρία) περιλάμβανε την εκτέλεση δύο δυναμικών ασκήσεων (ημικάθισμα / προβολή) πάνω σε πλατφόρμα δόνησης (Power Plate - 90 s, 50 Hz, 2 mm) ενώ πραγματοποιήθηκαν αρχικές και τελικές δοκιμασίες αξιολόγησης. Οι δοκιμασίες περιλάμβαναν: τρέξιμο δρόμου 60μ., επιτόπιο κάθετο άλμα, δυναμομέτρηση εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος και ευλυγισία κάτω άκρων.

Η στατιστική ανάλυση έγινε με περιγραφική στατιστική (M.O., \pm SD) έλεγχο t-test (t-test) για ανεξάρτητα δείγματα, ανάλυση διασποράς διπλής κατεύθυνσης (2-way ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0.05 ($p < 0.05$).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα κύρια ευρήματα της έρευνας έδειξαν ότι η άμεση εφαρμογή της άσκησης με δόνηση δεν επέφερε μεταβολές στον χρόνο και στη δρομική ταχύτητα στα 60μ. καθώς και στα κινηματικά χαρακτηριστικά (στα 40-50μ.) στη πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου ($p < 0.05$). Στατιστικά σημαντικές

μεταβολές δεν σημειώθηκαν επίσης στο χρόνο και στη δρομική ταχύτητα στις επιμέρους δρομικές αποστάσεις των 10, 20, 30, 40 και 50μ. αλλά και στις ενδιάμεσες αποστάσεις των 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 και 50-60μ. και στις δύο ομάδες ($p<0.05$). Επίσης φάνηκε ότι η άμεση εφαρμογή της άσκησης με δόνηση δεν επέφερε μεταβολές στην μυϊκή απόδοση (μυϊκή ισχύς – αλτική ικανότητα) και στη ευλυγισία των κάτω άκρων στη πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου ($p<0.05$).

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η άμεση εφαρμογή δυναμικών ασκήσεων με δόνηση (50Hz, 2mm, 90 s), δεν επέφερε μεταβολές στην απόδοση στο δρόμο των 60μ. καθώς και στις νευρομυϊκές παραμέτρους που σχετίζονται με αυτήν. Η άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.

Λέξεις – Κλειδιά: Άσκηση με δόνηση, άμεση επίδραση, νευρομυϊκές παράμετροι απόδοσης, δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας, κινηματικά χαρακτηριστικά.

ABSTRACT

ACUTE EFFECTS ON SPRINT RUNNING KINEMATICS AND NEUROMUSCULAR PERFORMANCE IN SPRINT ATHLETES

Gerakaki Margarita

Faculty of P.E. and Sports Science, University of Athens, Greece

INTRODUCTION

Whole-body vibration (WBV) is a neuromuscular training method that has recently been developed and promoted as an alternative strength training method. The focus of many researches was to determine the acute impact of a bout of WBV on athletic performance and the concerning parameters and has been suggested as a mode of warming up before practice, training and competition activities of athletes (Bazett-Jones et al., 2008). The aim of this study was to investigate the acute effects of WBV on sprint running kinematics and on neuromuscular performance in sprint athletes. The main hypothesis was that a single session of WBV would cause neuromuscular enhancement and improvement on sprint performance.

METHODOLOGY

The participants were 35 sprint athletes (21.9 ± 4.3 yrs, 176.7 ± 5.1 cm, 72.3 ± 7.5 kg) They were randomly assigned into the experimental (E – with vibration) and control (C – without vibration) group. Both groups performed a single session of WBV consisted of two dynamic exercises (half squat / lunge) (Power Plate platform - 90 s, 50 Hz, 2 mm). Two performance tests (60m sprint, counter movement jump, dynamometry and sit & reach test) were performed from both groups, before (pre) and after (post) the WBV session.

Data were analyzed with descriptive statistics (mean, SD) and with t-test for independent sample, two way analysis of variance (ANOVA) for repeated measures and multivariate analysis of variance (MANOVA) for repeated measures. The significance level for the tests was set at 0.05 ($p < 0.05$).

RESULTS

The results showed that a single session of WBV had no effect in both E & C groups on sprint time and running speed of 60m ($p < 0.05$). A single session of WBV had also no effect on sprint time and running speed in different running distances (10, 20, 30, 40 & 50) and on sprint running kinematics (step length & step rate) in 40 – 50m interval ($p < 0.05$). Similarly a single session of WBV had no effect on neuromuscular performance (muscle velocity, explosive strength, flexibility) in both groups (E & C group).

CONCLUSION

A single WBV session (90s, 50Hz, 2mm) produced no significant changes on 60m sprint running performance and on neuromuscular performance. Further research is needed to elucidate.

Keywords: acute effect, whole body vibration, neuromuscular performance, sprint running performance, sprint running kinematics.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρακτικό Εξεταστικής Επιτροπής για την κρίση την Μεταπτυχιακής Διατριβής	vi
Έκφραση Ευχαριστιών	xi
Περίληψη στην Ελληνική γλώσσα	xiii
Περίληψη στην Αγγλική γλώσσα (Abstract)	xv
Πίνακας Περιεχομένων.....	xvii
Κατάλογος Σχημάτων	xix
Κατάλογος Εικόνων.....	xxiii
Κατάλογος συμβόλων και συντομογραφιών	xxv
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Σκοπός της έρευνας	2
1.2 Σημαντικότητα της έρευνας.....	2
1.3 Μεταβλητές	3
1.4 Ερευνητική υπόθεση.....	3
1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί	3
1.6 Διευκρίνηση όρων	3
2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	5
2.1 Δρομική ταχύτητα και αθλητική απόδοση	5
2.1.1 Μέθοδοι προπόνησης για τη βελτίωση της δρομικής ταχύτητας	6
2.2 Μυϊκό Σύστημα - Σκελετικοί μυς & Μυϊκή συστολή	7
2.3 Νευρικό Σύστημα και Μηχανισμοί ελέγχου	8
2.3.1 Νευρώνες.....	8
2.3.2. Νεύρωση μυός	8
2.3.3 Επιστράτευση κινητικών μονάδων	9
2.3.4 Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς.....	9
2.3.5 Αντανακλαστικά	11
2.4 Βασικά χαρακτηριστικά δρομικών αγωνισμάτων ταχύτητας	12
2.4.1 Δρομικά κινηματικά χαρακτηριστικά.....	12
2.4.2 Μυϊκή δύναμη και ισχύς.....	15
2.4.3 Αλτική ικανότητα	16
2.4.4 Ευλυγισία.....	16
2.5 Άσκηση δόνησης ολόκληρου του σώματος.....	17
2.5.1 Φυσιολογικοί μηχανισμοί λειτουργίας άσκησης δόνησης	18
2.5.2 Χαρακτηριστικά προπόνησης δόνησης	18
2.5.3 Επιδράσεις της άσκησης δόνησης	19
2.6 Άμεσες επιδράσεις άσκησης δόνησης σε βασικά χαρακτηριστικά δρομικών αγωνισμάτων ταχύτητας.....	20
2.6.1 Άμεσες επιδράσεις άσκησης δόνησης στη δρομική ταχύτητα	20
2.6.2 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με δόνηση στη μυϊκή απόδοση ...	21
2.6.3 Άμεσες επιδράσεις άσκησης δόνησης στην αλτική ικανότητα	26
2.6.4 Άμεσες επιδράσεις άσκησης δόνησης στην ευλυγισία των κάτω άκρων.....	28

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ	29
3.1 Δείγμα.....	29
3.2 Ερευνητικός σχεδιασμός.....	29
3.3 Προκαθορισμένη προθέρμανση.....	31
3.4 Περιγραφή δοκιμασιών αξιολόγησης.....	31
3.4.1 Τρέξιμο 60m.....	31
3.4.2 Δοκιμασία ευλυγισίας των κάτω άκρων (“Sit & reach” – S&R) ...	31
3.4.3 Επιτόπιο κάθετο άλμα (Counter movement jump - CMJ)	32
3.4.4 Δυναμομέτρηση κάτω άκρων.....	32
3.5 Πρωτόκολλο παρεμβατικής άσκησης.....	33
3.6 Όργανα μέτρησης.....	34
3.7 Στατιστική ανάλυση.....	34
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	35
4.1 Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και αρχικές μετρήσεις όλων των δοκιμαζομένων.....	35
4.2 Επίδραση της παρεμβατικής άσκησης.....	36
4.2.1 Επίδοση, μέση ταχύτητα και κινηματικά χαρακτηριστικά στο δρόμο ταχύτητας (60m).....	36
4.2.2 Αλτική ικανότητα (CMJ).....	39
4.2.3 Ευλυγισία κάτω άκρων (S&R).....	39
4.2.4 Μυϊκή ισχύς κάτω άκρων.....	40
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	43
5.1 Επίδραση της άσκησης με δόνηση στην επίδοση του δρόμου ταχύτητας (60μ.).....	43
5.2 Επίδραση της άσκησης με δόνηση στην μυϊκή απόδοση.....	46
5.3 Συμπεράσματα.....	49
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	69
ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	73

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1. Επιστράτευση κινητικών μονάδων σε σχέση με το τύπο των μυϊκών ινών (αρχή μεγέθους) (ITΣ=ίνες ταχείας συστολής, IBΣ=ίνες βραδείας συστολής).....	9
Σχήμα 2.2 Βασικά στοιχεία απόδοσης σε δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας (Ross, A., Leveritt, M. And Riek, S., 2001).....	13
Σχήμα 2.3 Μήκος (ΜΔ) και συχνότητα δρομικού διασκελισμού (ΣΔ) σε διαφορετικές δρομικές ταχύτητες (Luhtanen & Komi, 1978).....	14
Σχήμα 2.4 Καμπύλη δύναμης- ταχύτητας (απεικόνιση ταχοδυναμικής σχέσης).....	16
Σχήμα 3.1. Σχεδιάγραμμα πειραματικού σχεδιασμού.....	30
Σχήμα 4.1 Καμπύλη μέσης ταχύτητας δρόμου 60μ. αρχικής και τελικής μέτρηση της πειραματικής ομάδας.....	37
Σχήμα 4.2 Καμπύλη μέσης ταχύτητας δρόμου 60μ. αρχικής και τελικής μέτρηση της ομάδας ελέγχου.....	38
Σχήμα 4.3 Μήκος (Μ.Δ.) και συχνότητα (Σ.Δ.) δρομικού διασκελισμού στη φάση της μέγιστης ταχύτητας (40-50μ) αρχικής και τελικής μέτρηση της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.....	38
Σχήμα 4.4 Επίδοση επιτόπιου κάθετου άλματος (CMJ) αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.....	39
Σχήμα 4.5 Ευλυγισία κάτω άκρων αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.....	39
Σχήμα 4.6 Μυϊκή ισχύς εκτεινόντων μυών του γόνατος, ανά κιλό Σ.Μ. αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου (Σ.Δ.= σωματική μάζα, Δ= δεξί πόδι, Α= αριστερό πόδι).....	40
Σχήμα 4.7 Μυϊκή ισχύς καμπτήρων μυών του γόνατος, ανά κιλό Σ.Μ. αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου (Σ.Δ.= σωματική μάζα, Δ= δεξί πόδι, Α= αριστερό πόδι).....	40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 Έρευνες με θέμα την επίδραση άσκησης & προπόνησης δόνησης σε βασικές παραμέτρους απόδοσης.....	20
Πίνακας 2.2. Περίληψη άμεσων επιδράσεων άσκησης δόνησης στη δύναμη και την μυϊκή ισχύ.....	24
Πίνακας 2.3 Πρωτόκολλα άσκησης δόνησης (Artero et al., 2007).....	27
Πίνακας 3.1 Ημέρες διεξαγωγής ερευνητικών μετρήσεων.....	30
Πίνακας 3.2 Προκαθορισμένη προθέρμανση για κάθε δοκιμασία αξιολόγησης	31
Πίνακας 3.3 Πρωτόκολλο παρεμβατικής άσκησης.....	33
Πίνακας 4.1 Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και ατομική επίδοση στο δρόμο ταχύτητας 100μ. πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου.....	35
Πίνακας 4.2 Αρχικές μετρήσεις δρόμου ταχύτητας (60m), επιτόπιου κάθετου άλματος (CMJ), δίπλωσης από εδραία θέση (S&R) και δυναμομέτρησης κάτω άκρων, πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου. ($E_{κδ}$ = εκτεινόντες μύες γόνατος δεξιού ποδιού, $E_{κα}$ = εκτεινόντες μύες γόνατος αριστερού ποδιού, $K_δ$ = καμπτήρες μύες γόνατος δεξιού ποδιού, $K_α$ = καμπτήρες μύες γόνατος αριστερού ποδιού.....	35
Πίνακας 4.3 Επίδοση δρόμου ταχύτητας (60m) και ποσοστιαία μεταβολή μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης, πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου.....	36
Πίνακας 4.4 Επίδοση στις δρομικές αποστάσεις 10, 20, 30, 40, 50 και 60μ και ποσοστιαία μεταβολή μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας.....	36
Πίνακας 4.5 Μέση ταχύτητα στις δρομικές αποστάσεις 10, 20, 30, 40, 50 και 60μ και ποσοστιαία μεταβολή μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας.....	37
Πίνακας 4.6 Μυϊκή ισχύς εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος σε απόλυτες τιμές και ποσοστιαίες μεταβολές μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.....	41

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 3.1 Εκτέλεση δοκιμασίας ευλυγισίας (S&R).....	32
Εικόνα 3.2 Εκτέλεση επιτόπιου κάθετου άλματος (CMJ).....	32

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- a*: επιτάχυνση
ATP: τριφωσφορική αδενοσίνη
EMG: ηλεκτρομυογράφημα
F: δύναμη
H-reflex: αντανακλαστικό Hoffman
m: μάζα
NCV: ταχύτητα μετάδοσης των νευρικών ώσεων
PAP (Post Activation Potentiation): μεταδιεγερτική διευκόλυνση (ελληνική ορολογία από Κοτζαμανίδης, 2007)
SSC (Stretch Shortening Cycle): κύκλος βράχυνσης-διάτασης
TVR (Tonic Vibration Reflex): τονικό αντανακλαστικό δόνησης
WBV (Whole-Body Vibration): προπόνηση δόνησης ολόκληρου του σώματος
OE: ομάδα ελέγχου
ΠΟ: πειραματική ομάδα
ΜΔ: μήκος δρομικού διασκελισμού
ΣΔ: συχνότητα δρομικού διασκελισμού
ΚΑ: κάτω άκρα
RM: ΜΑΕ – μέγιστος αριθμός επαναλήψεων
ΔΤ: δρομική ταχύτητα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εφαρμογή της άσκησης με δόνηση (whole body vibration - WBV) στον χώρο του αθλητισμού προήλθε από την ανάγκη εύρεσης νέων τεχνικών και τρόπων ενίσχυσης της αθλητικής απόδοσης. Τα τελευταία χρόνια έχει διαδοθεί ευρέως και έχει προταθεί και ως εναλλακτική ή συμπληρωματική προπόνηση της «παραδοσιακής» προπόνησης με αντιστάσεις (Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003).

Η άσκηση με δόνηση περιλαμβάνει την εκτέλεση ποικίλων στατικών, ισομετρικών (Bosco, Iacovelli, Tsarpela, Cardinale, Bonifazi, Tihanyi, Viru, De Lorenzo & Viru, 2000; Goto & Takamatsu, 2005; Cormie, Deane, Triplett & McBride, 2006; Stewart, Cochrane & Morton, 2007) και δυναμικών ασκήσεων (Issurin & Tenenbaum, 1999; Rittweger, Mutschelknauss & Felsenberg, 2003) πάνω σε μία πλατφόρμα η οποία παράγει κάθετες ή περιστροφικές ημιτονοειδείς δονήσεις, συχνότητας 30–50Hz. Η άσκηση με δόνηση προκαλεί αντανακλαστικές μυϊκές συστολές στο ανθρώπινο σώμα, συχνότητας 25-50 φορές το δευτερόλεπτο. Η πλατφόρμα δόνησης κατά τη λειτουργία της, αυξάνει την επιτάχυνση της βαρύτητας ενώ η σωματική μάζα του ασκούμενου διατηρείται σταθερή, επιφέροντας νευρομυϊκά ερεθίσματα που φαίνεται ότι οδηγούν στη βελτίωση λειτουργικών ικανοτήτων, όπως αύξηση της μυϊκής δύναμης και της ισχύος. Η αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία της πλατφόρμας δόνησης σχετίζεται με το νόμο που διέπει την κίνηση και διατυπώθηκε από τον Isaac Newton ($f = m \times a$, όπου f = δύναμη, m = μάζα και a = επιτάχυνση).

Ο ακριβής μηχανισμός λειτουργίας της άσκησης με δόνηση, έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές χωρίς όμως να έχει επαρκώς διευκρινιστεί. Ο μηχανισμός λειτουργίας που αρχικά αναφέρθηκε από τους Eklund & Hagbarth (1966) και έχει υποστηριχθεί από τους περισσότερους ερευνητές (Luo, McNamara & Moran, 2005), αναφέρεται στη νευρομυϊκή διέγερση διαμέσου ενεργοποίησης του τονικού αντανακλαστικού δόνησης (Nordlund & Thorstensson, 2007). Σύμφωνα με τον μηχανισμό αυτό, τα μηχανικά ερεθίσματα της δόνησης που μεταφέρονται σε ολόκληρο το σώμα, διαμέσου των μυϊκών ατράκτων υποκινούν τους αισθητήριους υποδοχείς και ενεργοποιούν τους α – κινητικούς νευρώνες προκαλώντας μυϊκές συστολές.

Οι επιδράσεις της άσκησης με δόνηση καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά και τον τρόπο εφαρμογής της δόνησης, καθώς και από το πρωτόκολλο της άσκησης. Τα χαρακτηριστικά της δόνησης είναι το εύρος δόνησης (amplitude), η συχνότητα δόνησης (frequency) και η επιτάχυνση (acceleration). Ο τρόπος εφαρμογής της δόνησης καθορίζεται από τον σημείο εφαρμογής της (τοπική εφαρμογή ή διαμέσου του σώματος) και από την κατεύθυνσή της (περιστροφική ή κάθετη). Το πρωτόκολλο της άσκησης καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της δόνησης - την ένταση, τον όγκο, καθώς και την αποκατάσταση μεταξύ των επαναλαμβανόμενων ασκήσεων.

Έχουν γίνει έρευνες αναφορικά με τις επιδράσεις της άσκησης με δόνηση (WBV) σε σχετιζόμενες με την απόδοση παραμέτρους, σε πολλά αθλήματα όπως τη χειροσφαίριση (Cardinale & Bosco, 2003), τη πετοσφαίριση (Bosco,

Cardinale & Tsarpela, 1999), την κολύμβηση (Issurin, 1996), την πυγμαχία (Bosco et al., 1999), την ενόργανη γυμναστική (Kinser, Ramsey, Bryant, Ayres, Sands & Stone, 2008) και τον κλασικό αθλητισμό (Delecluse, Roelants, Diels, Koninckx & Verschueren, 2005). Έρευνες έχουν επιβεβαιώσει τις θετικές επιδράσεις τόσο της μακροχρόνιας όσο και της άμεσης εφαρμογής δόνησης σε νευρομυϊκές, οστικές, ορμονικές και σε άλλες φυσιολογικές παραμέτρους (Rittweger, Mutschelknauss & Felsenberg, 2003; Gusi, Raimundo & Leal, 2006; Cardinale, Leiper, Erskine, Milroy and Bell, 2006; Maikala, King, & Bhambhani, 2006).

Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί, στην άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στην αθλητική απόδοση και σε φυσιολογικές παραμέτρους που την επηρεάζουν (Cardinale et al., 2006; Issurin & Tenenbaum, 1999). Πολλές έρευνες έχουν δείξει ότι προκαλεί νευρομυϊκή διέγερση και αυξημένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα (Bosco et al., 2000; Roelants, Verschueren, Delecluse, Levin & Stijnen, 2006). Επίσης, έχει φανεί ότι επιφέρει θετικές επιδράσεις στην εκρηκτική δύναμη (Bosco et al., 1999; 2000; Torvinen, Sievanen, Javinen, Pasanen, Kontulainen & Kannus, 2002), στην μυϊκή ισχύ (Bosco et al., 1999; 2000), στην ευλυγισία (Torvinen et al., 2002) και στην μυϊκή οξυγόνωση των κάτω άκρων (Yamada, Kusaka, Miyamoto, Tanaka, Morita, Tanaka, Tsuji, Mori, Norimatsu & Itoh, 2005; Cardinale, Leiper, Farajian & Heer, 2007). Ωστόσο με τα παραπάνω ευρήματα δεν συμφωνούν όλοι οι ερευνητές (de De Ruyter, Van Raak, Schilperoort, Hollander & De Haan, 2003; Cormie et al., 2006). Τα αντικρουόμενα ευρήματα είναι πιθανό να οφείλονται τόσο σε μεθοδολογικές διαφορές (πρωτόκολλο άσκησης και χαρακτηριστικά δόνησης) όσο και στην εξέταση διαφορετικών πληθυσμιακών δειγμάτων.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η επίδραση της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα, ως μορφή άσκησης, επιφέρει θετικές προσαρμογές σε πολλές φυσιολογικές παραμέτρους αναφορικά με τη βελτίωση της υγείας αλλά και την αύξηση της αθλητικής απόδοσης. Ωστόσο, δεν έχει εξεταστεί επαρκώς η άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στην απόδοση (χρόνος - επίδοση) σε δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας (σπριντ) καθώς και σε κινηματικά χαρακτηριστικά τους (μήκος και συχνότητα δρομικού διασκελισμού).

1.1 Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσης μελέτης ήταν να διερευνήσει την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στην απόδοση σε δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας, καθώς και σε επιλεγμένες παραμέτρους που σχετίζονται με αυτήν: αλτική ικανότητα, μυϊκή ισχύς και ευλυγισία κάτω άκρων.

1.2 Σημαντικότητα της έρευνας

Παρά το γεγονός ότι έχει εξεταστεί πληθώρα παραμέτρων που σχετίζονται με την αθλητική απόδοση δεν έχει εξεταστεί μία από τις βασικότερες, αυτή της δρομικής ταχύτητας. Η σημαντικότητά της δρομικής ταχύτητας έγκειται στο γεγονός ότι αποτελεί βασικό καθοριστικό παράγοντα αξιολόγησης των

περισσότερων αθλητών, καθώς και καθοριστικό παράγοντα επιτυχίας στα περισσότερα αθλήματα (Gambetta, 1979; Falls, 1968). Επίσης σημαντική είναι η προοπτική μελλοντικής χρήσης της πλατφόρμας δόνησης, ως προπονητικό – βοηθητικό εργαλείο στα δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας.

Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη που δίνει πληροφορίες σχετικά με την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στη δρομική ταχύτητα, σε αθλητές δρομικών αγωνισμάτων ταχύτητας.

1.3 Μεταβλητές

Ως ανεξάρτητη μεταβλητή ορίστηκε η παρεμβατική άσκηση με δόνηση. Η ανεξάρτητη μεταβλητή διακρίνεται σε δύο επίπεδα: α) εκτέλεση της άσκησης με την εφαρμογή δόνησης (πειραματική συνθήκη) και β) εκτέλεση της άσκησης χωρίς την εφαρμογή δόνησης (συνθήκη ελέγχου).

Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε η απόδοση στο δρόμο ταχύτητας των 60μ. και οι σχετιζόμενες με αυτήν βασικές παράμετροι. Οι παράμετροι που αξιολογήθηκαν είναι η επίδοση και τα κινηματικά χαρακτηριστικά (μήκος και συχνότητα του δρομικού διασκελισμού) στο δρόμο των 60μ., η αλτική ικανότητα, η μυϊκή ισχύς και η ευλυγισία των κάτω άκρων.

1.4 Ερευνητική υπόθεση

Η άσκηση με δόνηση παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στην επίδοση καθώς και στις επιμέρους βασικές παραμέτρους απόδοσης στο δρόμο ταχύτητας των 60μ.:

- Στην οριζόντια ταχύτητα σε επιμέρους φάσεις της δρομικής απόστασης.
- Στο μήκος (Μ.Δ.) και τη συχνότητα (Σ.Δ.) του δρομικού διασκελισμού.
- Στην αλτική ικανότητα
- Στην μυϊκή ισχύ εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος.
- Στην ευλυγισία των ισχίων και καμπτήρων μυών του γόνατος

1.5 Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Οριοθετήσεις αποτέλεσαν:

- η ηλικία και το φύλο των δοκιμαζομένων
- η προπονητική ηλικία και το επίπεδο απόδοσης (επίδοση) των δοκιμαζομένων
- το αγώνισμα (δρόμος ταχύτητας) των δοκιμαζομένων

1.6 Διευκρίνηση όρων

Stretch Shortening Cycle (SSC): Συστολή διάτασης-βράχυνσης στην οποία ο ενεργός μυς διατείνεται πριν συσπαστεί. (Enoka, 2003).

Αρχή του μεγέθους: Το μέγεθος των κινητικών νευρώνων υπαγορεύει την σειρά - αλληλουχία της επιστράτευσης των κινητικών μονάδων (μικρού μεγέθους κινητικοί νευρώνες επιστρατεύονται πρώτοι) (Wilmore & Costill, 2004).

Δρομικός διασκελισμός: Ένας πλήρης κύκλος κίνησης του ανθρώπινου διασκελισμού, από την τελική φάση ώθησης του ενός ποδιού έως την επόμενη

τελική φάση ώθησης του ίδιου ποδιού - περιλαμβάνει δύο βήματα (Enoka, 2003). (Στην παρούσα μελέτη, ορίζεται ως δρομικός διασκελισμός το ένα βήμα, δηλαδή από την τελική φάση ώθησης του ενός ποδιού έως την τελική φάση ώθησης του άλλου ποδιού).

Εκρηκτική δύναμη: Η ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης στον ελάχιστο χρόνο (Zatsiorsky & Kraemer, 2006).

Ενδοατράκτιες μυϊκές ίνες: Τροποποιημένες μυϊκές ίνες που βρίσκονται μέσα στην μυϊκή άτρακτο και περικλείονται από συνδετικό ιστό (Vander et al., 2001; Enoka, 2003).

Εξωατράκτιες μυϊκές ίνες: Μυϊκές ίνες οι οποίες αποτελούν την πλειονότητα των ινών ενός μυός και παράγουν δύναμη και κίνηση (Vander et al., 2001; Enoka, 2003).

Επιβράδυνση: αρνητική επιτάχυνση.

Επιτάχυνση βαρύτητας: Μεταβολή της κάθετης ταχύτητας ($1g = 9.81m\ s^{-2}$).

Επιτάχυνση: Ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας στη μονάδα του χρόνου ($a = \Delta u / \Delta t$).

Ισομετρική συστολή: Η συστολή του μυός κατά την οποία το μήκος του παραμένει σταθερό (Vander, 2001).

Μειομετρική συστολή: Η μυϊκή συστολή στην οποία η ροπή του μυός είναι μεγαλύτερη από την ροπή του φορτίου που ασκείται πάνω του, με επακόλουθο την μείωση του μήκους του μυ (Enoka, 2003).

Μυϊκή δύναμη: Η ικανότητα υπερνίκησης εξωτερικής αντίστασης μέσω μυϊκής προσπάθειας (Zatsiorsky & Kraemer, 2006).

Μυϊκή ισχύς: Το παραγόμενο έργο στη μονάδα του χρόνου / το γινόμενο της δύναμης επί την ταχύτητα.

Μυοσφαιρίνη: Πρωτεΐνη των μυϊκών ινών που δεσμεύει το οξυγόνο.

Πλειομετρική συστολή: Η μυϊκή συστολή στην οποία η ροπή του μυός είναι μικρότερη από την ροπή του φορτίου που ασκείται πάνω του, προκαλώντας την επιμήκυνση του μυ (Enoka, 2003).

Τονικό αντακλαστικό δόνησης (TVR): Ένα πολυσυναπτικό αντακλαστικό που προκαλείται από μικρού εύρους - υψηλής συχνότητας δόνηση του μυός.

Μεταδιεγερτική διευκόλυνση - Post Activation Potentiation (PAP): Κινητικές δραστηριότητες οι οποίες επιφέρουν βραχυπρόθεσμη βελτίωση στην εθελούσια μυϊκή ενεργοποίηση (Batista et al., 2007).

1-RM: Η αντίσταση με την οποία ο ασκούμενος μπορεί να εκτελέσει μόνο μία επανάληψη.

2. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Δρομική ταχύτητα και αθλητική απόδοση

Η δρομική ταχύτητα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία στα περισσότερα αθλήματα καθώς και ένα σημαντικό προσδιοριστικό παράγοντα αναφορικά με τα προσόντα των αθλητών (Gambetta, 1979; Falls, 1968). Για το λόγο αυτό, η δρομική ταχύτητα έχει εκτενώς ερευνηθεί. Ο γενικός όρος «ταχύτητα», αναφέρεται στην ικανότητα εκτέλεσης κινητικών ενεργειών στο συντομότερο δυνατό χρονικό διαστήμα. Ο όρος «δρομική ταχύτητα», αναφέρεται σε τρέξιμο με μέγιστη ένταση και μετρείται σε m/s (Τζιωρτζής, 2004). Στον αθλητισμό η ταχύτητα δεν εμφανίζεται ποτέ μεμονωμένα, αλλά πάντοτε αποτελεί μέρος ενός συνόλου, δηλαδή εμφανίζεται ως ένα βασικό στοιχείο της αθλητικής απόδοσης. Έτσι για παράδειγμα, οι δρομείς ταχύτητας, οι άλλες καθώς και άλλοι αθλητές ομαδικών και μη αθλημάτων, επιτυγχάνουν μία επίδοση, μέσω πολλών φυσικών ικανοτήτων, μεταξύ των οποίων είναι και η ταχύτητα. Η απόδοση της δρομικής ταχύτητας καθορίζεται από την ικανότητα για επιτάχυνση, από το μέγεθος της μέγιστης ταχύτητας και από την ικανότητα διατήρησής της ενάντια στην επερχόμενη κόπωση. Η επίτευξη της μέγιστης δρομικής ταχύτητας απαιτεί υψηλά επίπεδα νευρικής ενεργοποίησης (Dietz, Schmidtbleicher & Noth, 1979; Mero & Komi, 1994).

Βασικό χαρακτηριστικό του δρομικού διασκελισμού, κατά τη φάση της επαφής με το έδαφος, είναι ο «κύκλος βράχυνσης-διάτασης» (Stretch Shortening Cycle - SSC) των μυών των κάτω άκρων. Ο SSC περιλαμβάνει μία υψηλής έντασης πλειομετρική συστολή η οποία ακολουθείται από μία ισχυρή μειομετρική συστολή (Malisoux, Francaux, Nielens & Theisen, 2006). Κατά τη πρώτη πλειομετρική φάση αποθηκεύεται ενέργεια στα ελαστικά και συσταλά στοιχεία του μυός η οποία απελευθερώνεται κατά την ακόλουθη μειομετρική φάση. Με το τρόπο αυτό η παραγόμενη μυϊκή ισχύς των κάτω άκρων είναι υψηλότερη σε σχέση με μία απλή μειομετρική συστολή (Komi, 2000).

Η δρομική ταχύτητα μπορεί να βελτιωθεί με δυσκολία και σε χαμηλότερο βαθμό συγκριτικά με οποιαδήποτε άλλη φυσική ικανότητα. Το γεγονός αυτό αποτελεί καθολική αρχή και υποστηρίζεται από πολλούς ερευνητές, στηριζόμενοι στο γεγονός ότι η δρομική ταχύτητα εξαρτάται κυρίως από γενετικούς-κληρονομικούς παράγοντες (Komi, Klissouras & Karvinen, 1973; Klissouras, Pirney & Petit, 1973), όπως είναι η σύσταση των μυών και η μεταβολική τους ικανότητα (Gollnick, Armstrong, Saubert, Peihl & Saltin, 1972; Green, Thomson, Daub, Houston & Ranney, 1979; Gisela, 1984), παράγοντες στους οποίους μπορούμε σε πολύ μικρό ποσοστό, να «επέμβουμε» μέσω της προπονητικής διαδικασίας.

Παρόλα αυτά, η ανάπτυξη της δρομικής ταχύτητας μπορεί να επηρεαστεί από διάφορες φυσιολογικές παραμέτρους, όπως τα κινηματικά χαρακτηριστικά του δρομικού διασκελισμού – μήκος και συχνότητα (Μ.Δ. & Σ.Δ.) (Weyand, Stern light, Bellizi & Wright, 2000), την αλτική ικανότητα, τη μυϊκή ισχύ (Young, McLean & Ardagna, 1995; Smirniotou, Katsikas, Paradisis, Argeitaki, Zacharogiannis & Tziortzis, 2008) και την ελαστικότητα των μυών (Cummings, Wilson & Bird, 1984).

2.1.1 Μέθοδοι προπόνησης για τη βελτίωση της δρομικής ταχύτητας

Η βελτίωση της Δ.Τ. είναι κοινώς αποδεκτό ότι απαιτεί το σχεδιασμό προπονητικών προγραμμάτων που αποβλέπουν στην ανάπτυξη ή βελτίωση βασικών φυσικών ικανοτήτων που οδηγούν στη βελτίωση της απόδοσης. Τα προπονητικά προγράμματα παρουσιάζουν άμεσες και μακροχρόνιες επιδράσεις. Με τον όρο άμεσες (οξείες) επιδράσεις, υποδηλώνονται τα προσωρινά αποτελέσματα που προκύπτουν άμεσα μετά από μία προπονητική μονάδα (ημερήσιο προπονητικό πρόγραμμα), ενώ με τον όρο μακροχρόνιες επιδράσεις, υποδηλώνονται τα μονιμότερα αποτελέσματα που προκύπτουν από το σύνολο των προπονητικών μονάδων που έχουν προηγηθεί.

2.1.1.1 Μακροχρόνιες επιδράσεις μεθόδων προπόνησης

Τα προπονητικά προγράμματα περιλαμβάνουν διάφορες μεθόδους προπόνησης, όπως εκτέλεση δρόμων ταχύτητας μέγιστης έντασης και μικρής διάρκειας, εκτέλεση δρόμων ταχύτητας με ευνοϊκές συνθήκες (έλξη-ρυμούλκηση, κατωφέρεια, δαπεδοεργόμετρο) και εκτέλεση δρόμων με αντίσταση ή εξωτερική επιβάρυνση (ανωφέρεια, γιλέκο με βάρη) (Τζιωρτζής, 1991).

Για τη βελτίωση της απόδοσης σε δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας χρησιμοποιείται η προπόνηση με αντιστάσεις. Έχει φανεί ότι η προπόνηση με αντιστάσεις υψηλής έντασης (80-100% 1RM) βελτιώνει την μέγιστη δύναμη και την μυϊκή ισχύ (Kraemer & Ratamess, 2004). Βελτίωση της μυϊκής ισχύος παρατηρείται και μετά από άσκηση με αντιστάσεις χαμηλής έως μέτριας έντασης (30-60% 1RM) με υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης των επαναλήψεων (Kraemer & Ratamess, 2004). Αντίστοιχες προσαρμογές προκύπτουν μέσω της πλειομετρικής προπόνησης η οποία περιλαμβάνει κυρίως ασκήσεις με την μορφή αλμάτων (Cronin & Sleiver, 2005; Malisoux et al., 2006).

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι για να επέλθει βελτίωση στη δρομική ταχύτητα μέσω των παραπάνω μεθόδων προπόνησης, θα πρέπει να μεσολαβήσει το απαραίτητο χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο θα προκύψουν οι προσαρμογές στον οργανισμό. Με τον όρο προσαρμογές αναφερόμαστε στη ρύθμιση των βιολογικών και ψυχολογικών λειτουργικών συστημάτων που γίνονται κάτω από την επίδραση εξωτερικών επιβαρύνσεων υψηλότερου επιπέδου απόδοσης (Τζιωρτζής, 2004).

2.1.1.2 Άμεσες επιδράσεις μεθόδων προπόνησης

Στην προσπάθεια εύρεσης νέων μεθόδων-τεχνικών για ταχύτερη και υψηλότερη ενεργοποίηση των νευρομυϊκών μηχανισμών με απώτερο σκοπό τη μεγιστοποίηση της αθλητικής απόδοσης, έχει βρεθεί ότι ορισμένες κινητικές δραστηριότητες επιφέρουν βραχυπρόθεσμη βελτίωση στην εθελούσια μυϊκή ενεργοποίηση, γνωστή ως «μεταδιεγερτική διευκόλυνση» - «post activation potentiation» (PAP) (ελληνική ορολογία από Κοτζαμανίδης, 2007), (Batista, Ugrinowitsch, Roschel, Lotufo, Ricard & Tricoli, 2007). Αυτού του είδους οι κινητικές δραστηριότητες εκτελούνται κυρίως στο τέλος της «προθέρμανσης» και πριν από την εκτέλεση της απαιτούμενης μέγιστης προσπάθειας.

Έχει φανεί ότι η PAP μπορεί να προκληθεί από μικρής διάρκειας, μέγιστες, εθελούσιες, ισομετρικές ή δυναμικές συστολές (French, Kreamer & Cooke, 2003), χωρίς ωστόσο αυτό να επιβεβαιώνεται από όλες τις έρευνες (Gossen & Sale, 2000; Behm, Button, Barbour, Butt & Young, 2004). Στόχος των κινητικών δραστηριοτήτων τύπου PAP είναι να προκαλέσουν νευρομυϊκή διέγερση χωρίς να επέλθει αντίστοιχα νευρομυϊκή κόπωση. Η διάρκεια και το μέγεθος της επίδρασης της PAP εξαρτάται από το επίπεδο της φυσικής κατάστασης των ατόμων και μπορεί σε αθλητές εκρηκτικών αθλημάτων να διατηρηθεί μέχρι 20 λεπτά (Gulich & Schmidtbleicher, 1996). Το θέμα αυτό, όμως έχει μελετηθεί κυρίως για την αλτικότητα (Gourgoulis, Angeloussis, Kasimatis, Mavromatis & Garas, 2003) και λιγότερο για τη ΔΤ.

Έρευνες που διεξάγονται εκτενώς τα τελευταία χρόνια σε σχέση με την άσκηση δόνησης και τις επιδράσεις της σε βασικές παραμέτρους απόδοσης, έχουν χαρακτηρίσει αυτού του είδους άσκηση ως μία νέα μέθοδο νευρομυϊκής διέγερσης (Delecluse, et al., 2003). Για να κατανοηθούν καλύτερα, οι μηχανισμοί λειτουργίας της άσκησης με δόνηση, καθώς και η δράση της ως PAP κινητική δραστηριότητα, θα πρέπει να εξεταστεί πρωτίστως η λειτουργία του νευρομυϊκού συστήματος.

2.2 Μυϊκό Σύστημα - Σκελετικοί μυς & Μυϊκή συστολή

Η ανθρώπινη κίνηση βασίζεται στο μετασχηματισμό της χημικής ενέργειας που βρίσκεται δεσμευμένη στο ATP σε μηχανική - κινητική ενέργεια. Αυτός ο ειδικός ενεργειακός μετασχηματισμός επιτυγχάνεται με τη δράση των σκελετικών μυών (McArdle, Katch & Katch, 2001) που είναι υπεύθυνοι για την υποστήριξη και την κίνηση του ανθρώπινου σκελετού. Η συστολή του σκελετικού μυός ξεκινά με ώσεις κινητικών νεύρων προς το μυ και ενώ βρίσκεται συνήθως κάτω από εθελούσιο έλεγχο (Vander, Sherman, Luciano & Τσακόπουλος, 2001) ενώ πολλές φορές συστέλλεται ακούσια μέσω ορισμένων αντανακλαστικών. όταν μία μυϊκή ίνα παράγει τάση μέσω της αλληλεπίδρασης ακτίνης - μυοσίνης κατά τον μηχανισμό διολίσθησης νηματίων.

Υπάρχουν τρία είδη μυϊκής συστολής τα οποία σε μία κίνηση μπορεί να εμφανιστούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό. Η πλειομετρική στην οποία ο μύς επιμηκύνεται, η μειομετρική όπου ο μύς βραχύνεται και η ισομετρική όπου παραμένει αμετάβλητος. Η μυϊκή συστολή ελέγχεται από το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ): τον εγκέφαλος και το νωτιαίο μυελό. Ο εγκέφαλος είναι υπεύθυνος για τις εκούσιες μυϊκές συστολές ενώ ο νωτιαίος μυελός για τα ακούσια μυϊκά αντανακλαστικά (Vander et al., 2001; Wilmore & Costil, 2004).

Για την εκτέλεση μίας κίνησης απαιτείται η συνεργασία διαφόρων μυών ή μυϊκών ομάδων: α) των πρωταγωνιστών μυών, υπεύθυνων για την απαιτούμενη κίνηση, β) των ανταγωνιστών μυών, οι οποίοι αντιτάσσονται στους πρωταγωνιστές ως προς την κίνηση και γ) των συνεργών μυών, που λειτουργούν βοηθητικά προς τη δράση των πρωταγωνιστών (Wilmore & Costil, 2004). Η παραγομένη δύναμη που προκύπτει από τη συνεργασία των διαφόρων αυτών μυϊκών ομάδων και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως το αρχικό μήκος των μυών, τη γωνία της άρθρωσης και την ταχύτητα της κίνησης (Wilmore & Costil, 2004).

Οι μυϊκές ίνες του ανθρώπινου σώματος διαχωρίζονται ανάλογα με το φαινότυπο τους (Saltin & Gollnick, 1976; Staron, 1997) και βάση των μεταβολικών και μηχανικών χαρακτηριστικών, διαχωρίζονται σε βραδείες οξειδωτικές ίνες (Τύπος I), ταχείες οξειδωγλυκολυτικές ίνες (Τύπος Ια) & ταχείες γλυκολυτικές ίνες (Τύπος Ιβ).

2.3 Νευρικό Σύστημα και Μηχανισμοί ελέγχου

Το νευρικό σύστημα συνεργάζεται άμεσα με το μυϊκό για την πραγματοποίηση της κίνησης του ανθρώπινου σώματος. Το νευρικό σύστημα αποτελείται από δύο κύρια μέρη: το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ), το οποίο περιλαμβάνει τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό και το περιφερικό νευρικό σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει τα νεύρα που εκτείνονται από το ΚΝΣ ως τους μυς, τους αδένες και τα αισθητήρια όργανα.

2.3.1 Νευρώνας

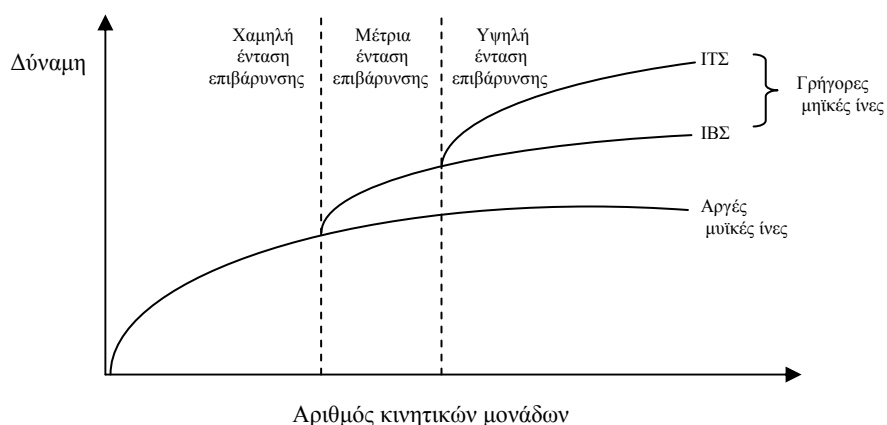
Οι κινήσεις προκαλούνται από εισερχόμενα νευρικά ερεθίσματα τα οποία οργανώνονται, επεξεργάζονται με τον κατάλληλο τρόπο και αναμεταδίδονται στα εκτελεστικά όργανα, τους μυς. Η μεταφορά του ερεθίσματος και κατά συνέπεια της αντίστοιχης απάντησης σε αυτό, γίνεται μέσω της βασικής δομικής και λειτουργικής μονάδας του νευρικού συστήματος, του νευρικού κυττάρου ή νευρώνα. Ο νευρώνας αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη: το κυτταρικό σώμα, τους δενδρίτες, τον άξονα και τις αξονικές απολήξεις. Διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες νευρώνων: οι προσαγωγοί ή κεντρομόλοι, που είναι υπεύθυνοι για τη μεταφορά πληροφοριών στο ΚΝΣ, οι απαγωγοί ή φυγόκεντροι οι οποίοι μεταφέρουν την πληροφορία έξω από το ΚΝΣ προς τα εκτελεστικά κύτταρα και οι διανευρώνες ή διάμεσοι οι οποίοι βρίσκονται εξ' ολοκλήρου μέσα στο ΚΝΣ σχηματίζοντας κυκλώματα με άλλους νευρώνες ή συνδέοντας προσαγωγούς και απαγωγούς νευρώνες (Vander et al., 2001; Wilmore & Costil, 2004; Enoka, 2003). Η πληροφορία διαβιβάζεται μέσω των συνάψεων από νευροδιαβιβαστές, δηλαδή μέσω εξειδικευμένων συνδέσεων μεταξύ δύο νευρώνων, τροποποιώντας ο ένας την λειτουργία του άλλου (Vander et al., 2001).

2.3.2. Νεύρωση μυός

Τα νευρικά κύτταρα των οποίων οι άξονες νευρώνουν ίνες σκελετικού μυός, είναι γνωστά ως κινητικοί νευρώνες. Ο άξονας του κινητικού νευρώνα διακλαδίζεται πολλαπλά και κάθε διακλάδωση σχηματίζει μία απλή σύναψη με μία μυϊκή ίνα, η οποία ονομάζεται νευρομυϊκή σύναψη. Έτσι ένας κινητικός νευρώνας νευρώνει πολλές μυϊκές ίνες, όμως κάθε μυϊκή ίνα ελέγχεται από έναν κινητικό νευρώνα (Vander et al., 2001). Ένας κινητικός νευρώνας μαζί με τις ίνες τις οποίες νευρώνει ονομάζεται κινητική μονάδα. Κάθε κινητική μονάδα αποτελείται από μυϊκές ίνες ίδιου τύπου. Οι κινητικές μονάδες των μυϊκών ινών τύπου Ια και τύπου Ιβ (γρήγορες) νευρώνουν μεγαλύτερο αριθμό μυϊκών ινών σε σχέση με αυτές του τύπου Ι (αργές).

2.3.3 Επιστράτευση κινητικών μονάδων

Οι κινήσεις των σκελετικών μυών, απαιτούν την επιστράτευση διαφόρων τύπων μυϊκών ινών. Για συστολές μικρής ισχύος απαιτείται η ενεργοποίηση λίγων κινητικών μονάδων, ενώ για συστολές μεγαλύτερης έντασης απαιτούνται περισσότερες μονάδες. Αυτή η διαδικασία προσθήκης περισσότερων κινητικών μονάδων για την αύξηση της μυϊκής ισχύος, είναι γνωστή ως επιστράτευση κινητικών μονάδων (McArdle et al., 2001). Στις αρχές του 1970, οι Gollnick και συνεργάτες έδειξαν ότι η επιστράτευση αυτή καθορίζεται όχι από την ταχύτητα της κίνησης αλλά από το επίπεδο της απαιτούμενης δύναμης του μυός (Gollnick & Hodgson, 1986; Gollnick, Piehl & Saltin, 1974). Βασίζεται λοιπόν στην «αρχή του μεγέθους» (size principle) σύμφωνα με την οποία η σειρά επιστράτευσης των κινητικών μονάδων σχετίζεται άμεσα με το μέγεθος των κινητικών νευρώνων (Σχ 2.1).



Σχήμα 2.1. Επιστράτευση κινητικών μονάδων σε σχέση με τον τύπο των μυϊκών ινών (αρχή μεγέθους) (ΙΤΣ=ίνες ταχείας συστολής, ΙΒΣ=ίνες βραδείας συστολής)

Οι κινητικές μονάδες με τους μικρότερους σε μέγεθος κινητικούς νευρώνες θα επιστρατευτούν πρώτες. Επομένως, κατά την εκτέλεση μίας κίνησης προοδευτικά αυξανόμενης επιβάρυνσης, αρχικά θα επιστρατευτούν οι κινητικές μονάδες των μυϊκών ινών τύπου I (αργών) και καθώς οι απαιτήσεις σε δύναμη αυξάνονται θα επιστρατευτούν οι τύπου Ια και Ιβ. Σε προσπάθειες που απαιτείται μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης όπως στο σπριντ, ενεργοποιούνται και οι μυϊκές ίνες τύπου Ιβ. Συνεπώς, η ενεργοποίηση περισσότερων μυϊκών ινών, μέσω της επιστράτευσης κινητικών μονάδων, επιφέρει την παραγωγή μεγαλύτερης δύναμης. Παρόλα αυτά ακόμα και σε προσπάθειες μέγιστης έντασης, το νευρικό σύστημα δεν ενεργοποιεί το 100% των διαθέσιμων μυϊκών ινών (Enoka, 2003).

2.3.4 Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς

Οι ιδιοδεκτικοί υποδοχείς είναι εξειδικευμένοι αισθητικοί υποδοχείς οι οποίοι βρίσκονται στους μυς, στις αρθρώσεις και στους συνδέσμους. Βασικούς τους ρόλους είναι να μεταφέρουν γρήγορα / ταχύτατα πληροφορίες στο ΚΝΣ,

αναφορικά με τα μυϊκά δυναμικά και τις κινήσεις των αρθρώσεων. Σημαντικοί ιδιοδεκτικοί υποδοχείς είναι η μυϊκή άτρακτος και το τενόντιο όργανο του Golgi. Η δραστηριότητα των προσαγωγών ινών της μυϊκής ατράκτου παρέχουν συνεχή ανατροφοδότηση στα συστήματα κινητικού ελέγχου σχετικά με τις μεταβολές του μήκους του μυός, σε αντίθεση με τις προσαγωγές ίνες του τενόντιου όργανου του Golgi, που παρέχουν αντίστοιχη ανατροφοδότηση σχετικά με την παραγόμενη τάση σε αυτούς.

2.3.4.1 Μυϊκή άτρακτος

Η μυϊκή άτρακτος παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις μεταβολές του μήκους του μυός (Pearson & Gordon, 2000; Prochazka, 1996; Proske, 1997) καθώς και του ρυθμού μεταβολής του (Kakuda & Nagaoka, 1998). Η κύρια λειτουργία της είναι η απάντηση στη μυϊκή διάταση και διαμέσου αντανακλαστικής δράσης, η πρόκληση ισχυρής συστολής. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η ασκούμενη τάση και προστατεύεται ο μύς από πιθανή υπερδιάταση. Η λειτουργική σημασία της μυϊκής ατράκτου συνιστάται στην ικανότητά της να ανιχνεύει, να απαντά και να ελέγχει αλλαγές του μήκους των σκελετικών μυϊκών ινών, εξυπηρετώντας δύο σκοπούς: στέλνει βοηθητικές πληροφορίες στο ΚΝΣ σχετικά με τη θέση και τον προσανατολισμό της υπό λειτουργίας άρθρωσης και ενημερώνει για τις διαταραχές που προκύπτουν στο περιβάλλοντα χώρο της (Enoka, 2003).

Η μυϊκή άτρακτος είναι μορφολογικά ένας σύνθετος αισθητήριος υποδοχέας, (Pearson & Gordon, 2000; Prochazka, 1996; Proske, 1997) και αποτελείται από μία συλλογή μικροσκοπικών σκελετικών μυϊκών ινών, εσωκλειόμενων σε μία κάψουλα συνδετικού ιστού (ενδοατράκτιες ίνες), διατεταγμένη παράλληλα στις ίνες των σκελετικών ινών (εξωατράκτιες ίνες). Η μυϊκή άτρακτος νευρώνεται κεντρομόλα μέσω δύο τύπων νευρικών ινών, τις τύπου Ia (ταχείας προσαρμογής, με σπειροειδείς απολήξεις) και τύπου IV (βραδείας προσαρμογής, με διακλαδιζόμενες απολήξεις) και φυγόκεντρα μέσω των γ (gamma) κινητικών νευρώνων (McArdle et al., 2001; Wilmore & Costil, 2004; Enoka, 2003). Αντίθετα, οι εξωατράκτιες ίνες του σκελετικού μυός νευρώνονται φυγόκεντρα από τους α (alpha)-κινητικούς νευρώνες ενώ υπάρχουν και οι β (beta)-κινητικοί νευρώνες, που νευρώνουν εξίσου ενδοατράκτιες και εξωατράκτιες ίνες.

Οι ενδοατράκτιες μυϊκές ίνες, αν και δεν έχουν την ικανότητα συστολής λόγω μη ύπαρξης ή ύπαρξης ελάχιστης ποσότητας ινιδίων μυοσίνης και ακτίνης, μπορούν και διατείνονται. Όταν, λοιπόν, αντιληφθούν μεταβολή στο μήκος των σκελετικών μυϊκών ινών (εξωατράκτιων ινών) διατείνονται στέλνοντας σήμα στην σπονδυλική στήλη, μέσω της Ia κεντρομόλου οδού.(Enoka, 2003). Με αυτό το τρόπο ενημερώνεται το ΚΝΣ σχετικά με το μήκος του μυός και προκύπτει σύναψη με έναν α (alpha) -κινητικό νευρώνα. Η σύναψη αυτή οδηγεί σε αντανακλαστική μυϊκή συστολή των εξωατράκτιων ινών, προκειμένου να αντισταθούν σε περαιτέρω διάταση.

2.3.4.2 Τενόντιο όργανο του Golgi

Αντίθετα με τις μυϊκές ατράκτους, τα τενόντια όργανα του Golgi συνδέονται σε σειρά με τουλάχιστον 25 εξωατράκτιες μυϊκές ίνες και νευρώνονται από κεντρομόλες νευρικές ίνες τύπου Ιβ (Epoika, 2003). Εντοπίζονται στους τένοντες των αρθρώσεων, κοντά στη πρόσφυσή τους με τους μύς και η κύρια ευθύνη τους είναι ο εντοπισμός των μεταβολών κυρίως της τάσης που εφαρμόζεται πάνω στο μυ από εξωτερικές δυνάμεις. Τελική λειτουργία τους είναι η προστασία των μυών και των γειτονικών με αυτούς ιστών από κακώσεις που οφείλονται σε υπερβολική επιβάρυνση (McArdle et al., 2001).

Η αύξηση της παραγομένης τάσης στους μύς προκαλεί συστολή των μυϊκών ινών (εξωατράκτιων), ευθυγραμμίζοντας τις δέσμες κολλαγόνου του τένοντα, με αποτέλεσμα την «εκπυρσοκρότηση» των τενόντιων οργάνων του Golgi. Οι απολήξεις των κεντρομόλων νευρικών ινών που είναι τυλιγμένες γύρω από τα τενόντια όργανα Golgi, στέλνουν δυναμικά ενέργειας προς το ΚΝΣ, ενημερώνοντας για την μεταβολή της τάσης στους μύς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αναστολή των συστελλόμενων μυών (πρωταγωνιστών) και την διέγερση των ανταγωνιστών, με απώτερο σκοπό τη προστασία των μυϊκών ινών από τραυματισμό λόγω υπερδιέγερσης (Vander et al., 2001).

2.3.5 Αντανακλαστικά

Η ικανότητα των αισθητήριων υποδοχέων να ανταποκρίνονται γρήγορα σε διαταραχές στο ευρύτερο περιβάλλον, βασίζεται στη σύνδεση γρήγορης ανταπόκρισης (short latency connection) ανάμεσα στο εισερχόμενο (κεντρομόλο σήμα) και εξερχόμενο σήμα (φυγόκεντρο σήμα) και ονομάζεται αντανακλαστικό (Pearson & Gordon, 2000; Prochazka, Clarac, Loeb, Rothwell & Wolpaw, 2000). Τα αντανακλαστικά περιλαμβάνουν μηχανισμούς οι οποίοι προστατεύουν το σύστημα από απρόσμενες καταστάσεις. Ορισμένα από τα βασικότερα αντανακλαστικά είναι το μυοτατικό αντανακλαστικό (stretch reflex), το Hoffman Reflex (H - reflex) και το τονικό αντανακλαστικό δόνησης (Tonic Vibration Reflex).

2.3.5.1 Μυοτατικό αντανακλαστικό (Stretch Reflex)

Το μυοτατικό αντανακλαστικό περιγράφει την αντανακλαστική συστολή του μύος όταν αυτός διατείνεται πέραν ενός ορίου ή όταν μεταβάλλεται απότομα ο ρυθμός διάτασής του. Σύμφωνα με την λειτουργία του αντανακλαστικού αυτού, όταν ο μυς διαταθεί, η μυϊκή άτρακτος ανιχνεύει τη μεταβολή αυτή και μέσω των προσαγωγών ινών (Ia & IV) μεταβιβάζει το ερέθισμα στους α-κινητικούς νευρώνες. Οι α – κινητικοί νευρώνες με τη σειρά τους, στέλνουν σήμα πίσω στο μυ προκαλώντας τη συστολή του.

Το μυοτατικό αντανακλαστικό είναι ένα μονοσυναπτικό αντανακλαστικό, επειδή οι προσαγωγές ίνες που διαμεσολαβούν σε αυτό, συνάπτονται απευθείας με τους κινητικούς νευρώνες χωρίς να υπεισέρχονται διανευρώνες. Όλα τα άλλα αντανακλαστικά τόξα είναι πολυσυναπτικά, έχοντας τουλάχιστον έναν και συνήθως πολλούς διανευρώνες που παρεμβάλλονται μεταξύ των κεντρομόλων και φυγόκεντρων νευρώνων.

2.3.5.2 Hoffmann Reflex (H-Reflex)

Το H-Reflex προκαλείται μέσω τεχνητού (ηλεκτρικού) ερεθίσματος με στόχο να εξετάσει την αποτελεσματικότητα της μεταφοράς του εφαρμοσμένου ερεθίσματος από τις κεντρομόλες νευρικές ίνες στις φυγόκεντρες ίνες (Enoka, 2003). Παρά το γεγονός ότι το H-Reflex ενεργοποιεί μικρό αριθμό κινητικών μονάδων (Buchthal & Schmalbruch, 1970; Trimple & Enoka, 1991) χρησιμοποιείται ως κατά προσέγγιση μέσο μέτρησης της διεγερσιμότητας της «δεξαμενής» κινητικών μονάδων (motor neuron pool) (Hallett, Berardelli, Delwaide, Freund, Kimura, Lucking, Rothwell, Shahani & Yanagisawa, 1994).

2.3.5.3 Τονικό αντανακλαστικό δόνησης (TVR)

Το τονικό αντανακλαστικό δόνησης (TVR) είναι επίσης ένα τεχνητό αντανακλαστικό με κλινικές και πειραματικές χρήσεις (Enoka, 2003). Περιλαμβάνει τη μυϊκή άτρακτο και τις αντίστοιχες διεγερόμενες κινητικές μονάδες και βασίζεται στην ευαισθησία της μυϊκής ατράκτου στην εφαρμογή δόνησης χαμηλού εύρους και συχνότητας (50-150Hz). Η εφαρμογή επαρκούς ερεθίσματος δόνησης σε ένα μυ (μέσω συσκευής δόνησης) διεγείρει μεγάλο αριθμό μυϊκών ατράκτων και κατά συνέπεια κινητικών μονάδων, με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή δύναμης και ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας κατά τη διάρκεια υπομέγιστης συστολής. Η επίδραση της δόνησης είναι σύνθετη (Kossev, Siggelkow, Schubert, Wohlfarth, & Dengler, 1999) και παρά το γεγονός ότι προκαλεί αντανακλαστική απόκριση (αυξημένη δύναμη & ηλεκτρομυογραφική διέγερση), έρευνες έχουν δείξει ότι επιδρά ανασταλτικά στο H-reflex και ότι η παρατεταμένης διάρκειας έκθεση στη δόνηση μειώνει την μέγιστη εκούσια ισομετρική συστολή (Kouzaki, Shinohara & Fukunaga, 2000).

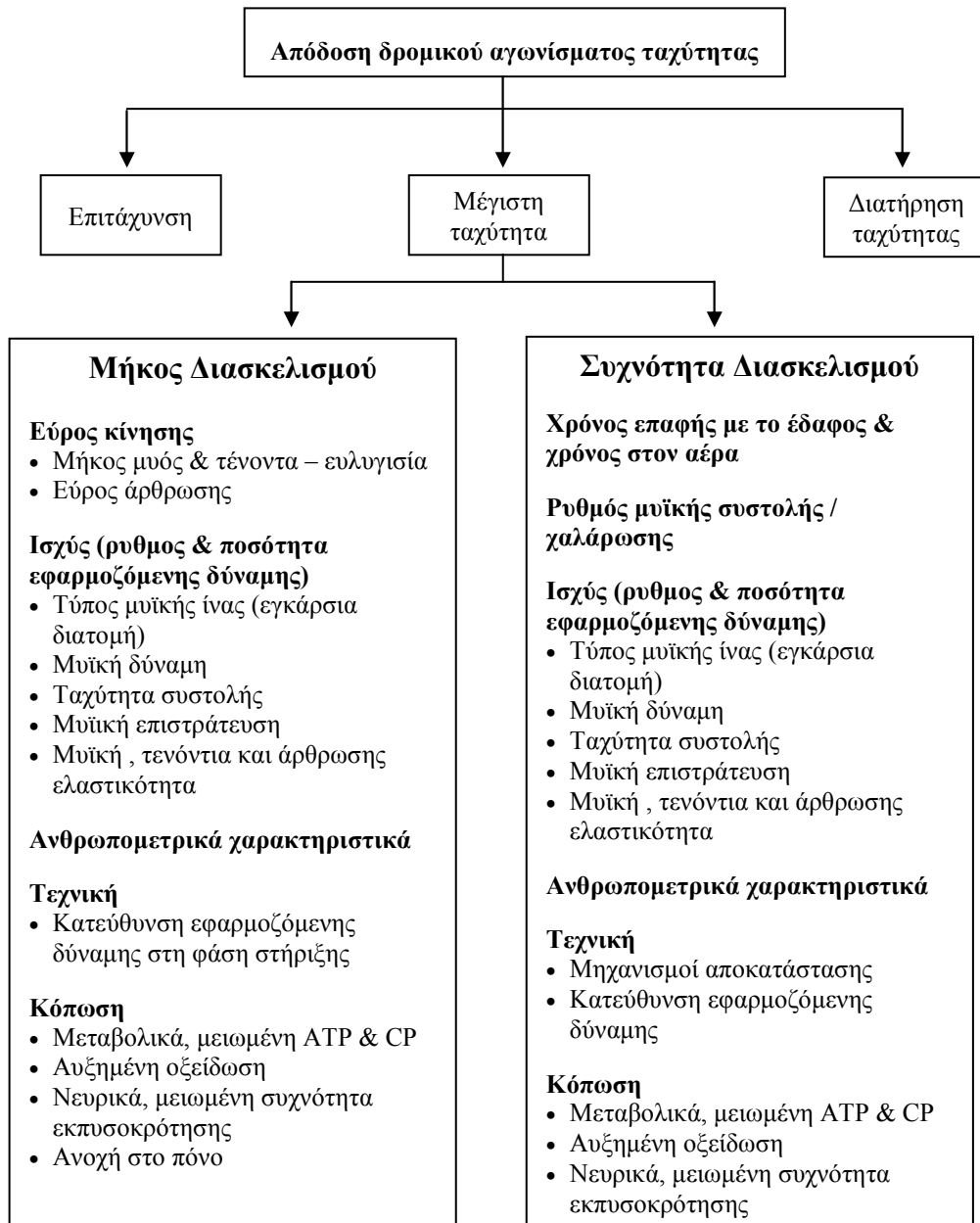
2.4 Βασικά χαρακτηριστικά δρομικών αγωνισμάτων ταχύτητας

Η απόδοση στα δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας εξαρτώνται από κάποια κινηματικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με έρευνες σημαντικό ρόλο στην τελική απόδοση, δηλαδή στη βελτίωση της δρομικής ταχύτητας, παίζουν τα δρομικά κινηματικά χαρακτηριστικά – μήκος και συχνότητα του δρομικού διασκελισμού (Μ.Δ. & Σ.Δ.) (Weyand et al., 2000) η αλτική ικανότητα, η μυϊκή ισχύς (Young et al., 1995; Smirniotou et al., 2008) και η ελαστικότητα των κάτω άκρων (Cummings et al., 1984)

2.4.1 Δρομικά κινηματικά χαρακτηριστικά

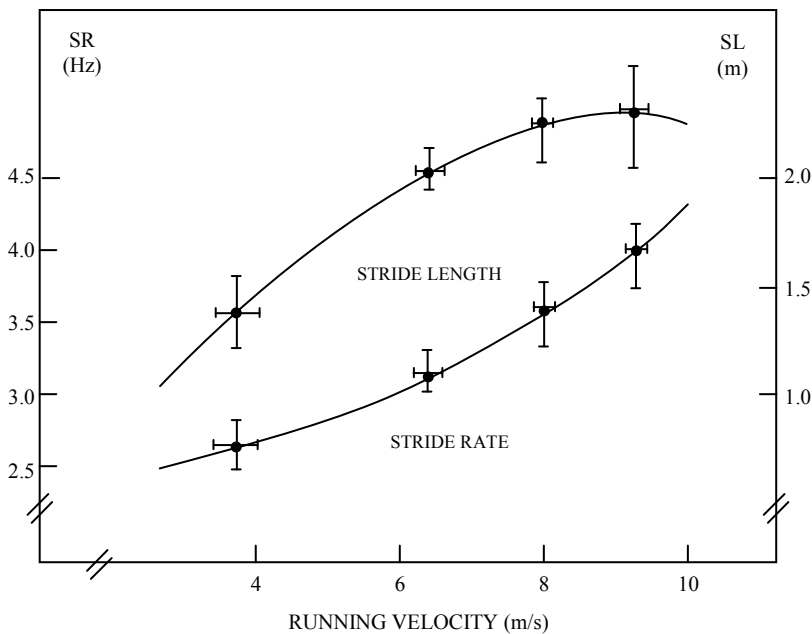
Η δρομική ταχύτητα (Δ.Τ.) προσδιορίζεται από τα δρομικά κινηματικά χαρακτηριστικά, το μήκος (Μ.Δ.) και τη συχνότητα (Σ.Δ.) του δρομικού διασκελισμού (Donati, 1995; Hay, 1985; Mann, Moran & Dougherty, 1985; Vaughan, 1984; Weyand et al., 2000). Ως Μ.Δ. ορίζεται ένας πλήρης κύκλος κίνησης του ανθρώπινου διασκελισμού, από την τελική φάση ώθησης του ενός ποδιού έως την επόμενη τελική φάση ώθησης του ίδιου ποδιού - περιλαμβάνει δύο βήματ. Ως Σ.Δ. ορίζεται ο αριθμός των δρομικών διασκελισμών στη μονάδα του χρόνου. Αναλυτικότερα βασικά στοιχεία που καθορίζουν την απόδοση σε δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας απεικονίζονται στο Σχήμα 2.2.

Η βελτίωση της Δ.Τ. επέρχεται όταν ένας από τους δύο παράγοντες (Μ.Δ. ή Σ.Δ.) αυξηθεί χωρίς να υπάρξει μείωση του άλλου ή όταν υπάρξει βελτίωση και των δύο παραγόντων (Marlow, 1972; Sevigne, 1975). Το Μ.Δ. εξαρτάται κυρίως από τη μυϊκή δύναμη και ιδιαίτερα από την παραγόμενη ισχύ, ενώ η Σ.Δ. του διασκελισμού εξαρτάται κυρίως από τη λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος (Donati, 1995).



Σχήμα 2.2 Συστατικά της απόδοσης σε δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας (Ross, Leveritt, & Riek, 2001)

Οι Mero & Komi (1985, 1986, 1990) έδειξαν ότι με την αύξηση της Δ.Τ. παρατηρείται αύξηση στο Μ.Δ. και στη Σ.Δ. διασκελισμού. Σε ταχύτητα τρεξίματος μέχρι τα 6ms^{-1} , το μήκος και η συχνότητα του διασκελισμού παρουσιάζουν γραμμική σχέση. Σε μεγαλύτερη Δ.Τ. (άνω των 6ms^{-1}) επέρχεται μεγαλύτερη αύξηση του μήκους διασκελισμού σε σχέση με αυτή της συχνότητας (Σχήμα 2.3). Με λίγα λόγια για κάθε συγκεκριμένη ταχύτητα, ο αθλητής υιοθετεί και ένα καθορισμένο πρότυπο αναλογίας Μ.Δ. και Σ.Δ. (Σχήμα 2.3)



Σχήμα 2.3 Μήκος (ΜΔ) και συχνότητα δρομικού διασκελισμού (ΣΔ) σε διαφορετικές δρομικές ταχύτητες (Luhtanen & Komi, 1978)

Οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτή την αναλογία είναι:

- η Δ.Τ. (Cavanagh, P., 1990)
- η κλίση του εδάφους (Davies, Sargeant & Smith, 1974)
- τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά (Van der Walt & Wyndham, 1992)
- ο βαθμός σωματικής ανάπτυξης (Amado et al., 1987)
- ο τύπος των μυϊκών ινών (Armstrong, Costill & Gehlsen, 1984)
- ο βαθμός κόπωσης (Elliott & Roberts, 1980)

Επίσης, έχει βρεθεί ότι τα δρομικά κινηματικά χαρακτηριστικά μεταβάλλονται συνεχώς κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός δρόμου ταχύτητας. Οι δρόμοι ταχύτητας διαχωρίζονται στις εξής φάσεις: α) φάση εκκίνησης β) φάση επιτάχυνση γ) φάση επίτευξης και διατήρησης της μέγιστης ταχύτητας και δ) φάση επιβράδυνσης (Volcov & Lapin, 1979; Moravec, Ruzicka, Susanka, Dostal, Kodejs & Nosek, 1988; Tziortzis, 1991).

Έρευνες έχουν δείξει ότι για την επίτευξη μέγιστων ταχυτήτων σημαντικότερο ρόλο διαδραματίζει η Σ.Δ. σε σχέση με το Μ.Δ. (Luhtanen &

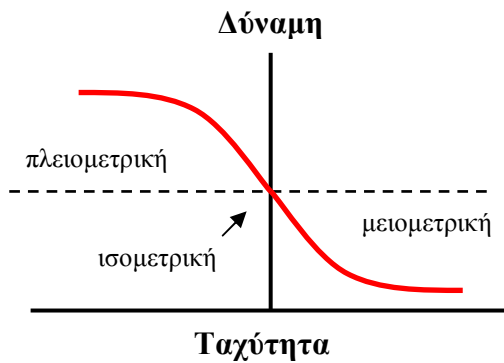
Komi, 1978; Tabashnik & Timoschenko, 1987; Mero, Luhtanen, Vitasalo & Komi, 1981). Οι περισσότερες αναλυτικές έρευνες από τους Gollnick et al. (1972), Costill, Daniels, Evans, Fink, Kranenbuhl & Saltin (1976) και Mero et al. (1981), έδειξαν ότι η Σ.Δ. και η Δ.Τ. επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες που ίσως δεν έχουν άμεση σχέση με τα προπονητικά προγράμματα αλλά προσδιορίζονται κυρίως γενετικά. Η Σ.Δ. θεωρείται αποτέλεσμα έμφυτων χαρακτηριστικών και δύσκολα μπορεί να βελτιωθεί μέσω της προπόνησης. Ωστόσο, οι Witt (1968) και Alford (1970) σε έρευνά τους αναφέρουν, ότι η προπόνηση δύναμης και η προπόνηση ταχύτητας, βελτιώνουν την συγκεκριμένη παράμετρο.

Αναφορικά με τη βελτίωση του Μ.Δ., είναι κοινώς αποδεκτό ότι μπορεί να βελτιωθεί μέσω προπονητικών προγραμμάτων και κατά καιρούς έχουν προταθεί προπονητικά προγράμματα που βασίζονται στη βελτίωση της δύναμης και της ευκινησίας των κάτω άκρων (Dintiman, 1978; Colfer, 1977; McFarlane, 1985). Πιο συγκεκριμένα, οι Mero & Komi (1986) αναφέρουν ότι με τη μέθοδο προπόνησης ρυμούλκησης επήλθε αύξηση στο μήκος του διασκελισμού κατά 6.8% ενώ έρευνα του Shuttlesworth με την ίδια μέθοδο παρουσίασε αύξηση κατά 5.7%.

2.4.2 Μυϊκή δύναμη και ισχύς

Η ανάπτυξη της δρομικής ταχύτητας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό είτε από την αύξηση των θετικών παραγόντων (προωθητικοί), είτε από την μείωση των αρνητικών παραγόντων (δυνάμεις αντίστασης), που δρουν πάνω στο σώμα κατά την εκτέλεση της κίνησης του τρεξίματος. Η οριζόντια προώθηση του δρομέα είναι αποτέλεσμα της φάσης ώθησης. Κατά τη διάρκεια της επαφής με το έδαφος, ο αθλητής αρχικά πρέπει να εξουδετερώσει την καθοδική πορεία του κέντρου βάρους του και έπειτα να εφαρμόσει μία προωθητική δύναμη. Το αποτέλεσμα της διπλής αυτής ενέργειας, είναι καθοριστικό τόσο για την τελική επίδοση όσο και την αποφυγή τραυματισμών. Το μέγεθος της εφαρμοσμένης δύναμης, σχετίζεται άμεσα με τη μυϊκή δύναμη και ειδικότερα με τη δύναμη των εκτεινόντων μυών του ισχίου, του γόνατος και της ποδοκνημικής (Alexander, 1989; Mann, 1986; Kyrolainen, Komi & Belli, 1999). Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι για να υπάρξουν θετικά αποτελέσματα σε σχέση με την ταχύτητα θα πρέπει να βελτιωθεί η μυϊκή δύναμη και η ισχύς του αθλητή (Kyrolainen et al., 1999). Πολλές έρευνες έχουν αναφέρει υψηλή συσχέτιση ανάμεσα στις μετρήσεις δύναμης και στην δρομική ταχύτητα (Berg, Miller & Stephens, 1986; Farrar & Thorland, 1987).

Ο όρος μυϊκή δύναμη υποδηλώνει την μέγιστη δύναμη που μπορεί να παράγει ένας μυς ή μία ομάδα μυών, εκτελώντας ένα κινητικό πρότυπο με μία συγκεκριμένη ταχύτητα κίνησης (Knuttgen & Kraemer, 1987). Αναλυτικότερα, σύμφωνα με την κλασική ταχοδυναμική σχέση στην μειομετρική συστολή, όσο αυξάνεται η ταχύτητα κίνησης τόσο μειώνεται η μέγιστη δύναμη, ενώ το αντίθετο συμβαίνει στην πλειομετρική συστολή (Σχήμα 2.4)(Hill, 1927)



Σχήμα 2.4 Καμπύλη δύναμης – ταχύτητας (απεικόνιση ταχοδυναμικής σχέσης)

2.4.3 Αλτική ικανότητα

Η αλτική ικανότητα σχετίζεται άμεσα με την «εκρηκτική δύναμη» (Peterson, Alvar & Rhea, 2006). Η «εκρηκτική δύναμη» αναφέρεται ως η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να παράγει υψηλή ισχύ στη μονάδα του χρόνου (όπως το τρέξιμο, το άλμα κ.α.), στην οποία ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης είναι στις μέγιστες τιμές ή πολύ κοντά σε αυτές (Schmidtbleicher, 1992). Δηλαδή, αναφέρεται στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης ο οποίος σχετίζεται άμεσα με την επιτάχυνση.

Η αξιολόγηση της «εκρηκτικής δύναμης» γίνεται συνήθως με τη δοκιμασία εκτέλεσης επιτόπιων κάθετων αλμάτων. Η δοκιμασία, περιλαμβάνει την εκτέλεση στατικών (squat jumps - SJ) και δυναμικών (counter movement jumps - CMJ) επιτόπιων άλματων. Τα SJ χαρακτηρίζονται από καθαρά μειομετρική συστολή, ενώ το CMJ από συνδυασμό πλειομετρικής και μειομετρικής συστολής. Αυτός ο συνδυασμός, παραπέμπει στον «κύκλο βράχυνσης-διάτασης» (stretch shortening cycle-SSC) και σχετίζεται με πολλές δυναμικές κινήσεις όπως το τρέξιμο, τα άλματα κ.α.

Η επαφή με το έδαφος σε κάθε δρομικό διασκελισμό κατά τη φάση στήριξης, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μυϊκής συστολής «κύκλου βράχυνσης - διάτασης» (SSC) των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων. Δεδομένου ότι το CMJ, είναι μία κίνηση SSC, είναι αναμενόμενο ότι σχετίζεται άμεσα με την μέγιστη ταχύτητα (Young et al., 1995).

2.4.4 Ευλυγισία

Είναι ευρέως αποδεκτό ότι η ευλυγισία αποτελεί σπουδαίο παράγοντα των δρομικών αγωνισμάτων ταχύτητας. Ο όρος ευλυγισία αναφέρεται στο εύρος της κίνησης μίας άρθρωσης ή ενός ευρύτερου συνόλου αρθρώσεων (Sands, 2002) και η δημοφιλέστερη μέθοδος βελτίωσής της είναι οι στατικές διατατικές ασκήσεις (Bloomfield & Wilson, 1998). Η βελτίωση της ευλυγισίας βοηθά στην απόκτηση μεγάλου εύρους κίνησης και, επομένως, διευκολύνει την εκτέλεση ενός μεγαλύτερου δρομικού διασκελισμού. Οι διατατικές ασκήσεις βελτιώνουν την ευλυγισία - κινητικότητα της άρθρωσης των ισχίων και κατ' επέκταση σε μεγάλο βαθμό τη δρομική ταχύτητα. Η συσχέτιση μεταξύ ευλυγισίας και ικανότητας ταχύτητας έχει μελετηθεί από πολλούς

ερευνητές αλλά παρά τον μεγάλο αριθμό των αναφορών, ελάχιστα δεδομένα παρουσιάζονται για τεκμηρίωση των υποθέσεων.

Σύμφωνα με τον De Vries, (1966), η βελτίωση της ελαστικότητας της άρθρωσης των ισχίων, μειώνει τις δυνάμεις αντίστασης κατά τη φάση της επαφής και έτσι βελτιώνει την ικανότητα ταχύτητας. Παρόλα αυτά σε μία άλλη έρευνά του (De Vries, 1963) παραθέτει στοιχεία που δείχνουν ότι η αύξηση της ελαστικότητας μέσω της χρήσης διατακτικών ασκήσεων κατά την προθέρμανση, δεν επέφερε καμία βελτίωση στην επίδοση του δρόμου των 100m (n=4).

Ο Dintiman (1964) διατείνεται, ότι η ευλυγισία έχει θετική επίδραση στην ικανότητα ταχύτητας. Συγκεκριμένα, χώρισε τους δοκιμαζόμενους (n=145) σε πέντε προπονητικές ομάδες. Η πρώτη ομάδα εκτέλεσε πρόγραμμα προπόνησης ταχύτητας-ευλυγισίας, η δεύτερη ομάδα πρόγραμμα προπόνησης-ταχύτητας-δύναμης, η τρίτη ομάδα πρόγραμμα ταχύτητας-ευλυγισίας-δύναμης, η τέταρτη ομάδα πρόγραμμα μόνο με προπόνηση ταχύτητας και η πέμπτη ομάδα ορίστηκε ως ομάδα ελέγχου. Μετά από οχτώ εβδομάδες προπόνησης, μόνο η τρίτη ομάδα (προπόνηση ταχύτητας, δύναμης και ευλυγισίας) έδειξε μεγαλύτερες βελτιώσεις (από $6.54 \pm 0.5s$ σε $6.01 \pm 0.35s$) σε σύγκριση με τις προσαρμογές που επέφερε η προπόνηση ταχύτητας (από $6.31 \pm 0.37s$ σε $5.98 \pm 0.3s$). Πρέπει όμως να επισημανθεί, ότι η βελτίωση αυτή πιθανόν να οφείλεται στον μεγαλύτερο όγκο προπόνησης σε σχέση με τις άλλες τέσσερις ομάδες.

2.5 Άσκηση δόνησης ολόκληρου του σώματος

Η εφαρμογή της δόνησης στον χώρο του αθλητισμού, δημιούργησε ένα νέο είδος άσκησης, το οποίο συνδυάζει την προπόνηση με αντιστάσεις– η πιο γνωστή και κοινά αποδεκτή μέθοδος ανάπτυξης της μυϊκής δύναμης και ισχύος – με τη διέγερση δόνησης (Fleck & Kreamer, 1997) Το νέο αυτό είδος άσκησης ονομάστηκε «άσκηση δόνησης ολόκληρου του σώματος» (whole body vibration - WBV) και τα τελευταία χρόνια έχει ευρέως διαδοθεί και προταθεί ακόμα και ως η εναλλακτική προπόνηση της παραδοσιακής προπόνησης με αντίσταση (Delecluse et al., 2003). Τα πλεονεκτήματα αυτού του νέου είδους άσκησης εστιάζονται αρχικά στη δυνατότητα εφαρμογής της σε διάφορα πληθυσμιακά δείγματα, στην στατιστικά σημαντική αποτελεσματικότητά της, στον μικρό απαιτούμενο χρόνο εφαρμογής της, στη μειωμένη επιβάρυνση των αρθρώσεων, συνδέσμων και τενόντων καθώς και στη μειωμένη μεταβολική της επιβάρυνση.

Η προπόνηση δόνησης περιλαμβάνει την εκτέλεση ποικίλων στατικών, ισομετρικών (Bosco et al., 2000; Goto & Takamatsu, 2005; Cormie et al., 2006; Stewart et al., 2007) και δυναμικών ασκήσεων (Issurin & Tenenbaum, 1999; Rittweger et al., 2003) πάνω σε μία πλατφόρμα ή οποία παράγει κάθετες ή περιστροφικές ημιτονοειδείς δονήσεις συχνότητας 30–50Hz. Η διάρκεια έκθεσης στη δόνηση, σύμφωνα με την παρούσα βιβλιογραφία, κυμαίνεται μεταξύ 5s (Issurin & Tenenbaum, 1999; Humphries, Warman & Purton, 2004) και 30s (Rittweger, Beller & Felsenberg, 2000; Rittweger et al., 2003) για κάθε σετ, σημειώνοντας ότι μέσα σε μία προπονητική μονάδα (Issurin &

Tenenbaum, 1999; Delecluse et al., 2003, de Ruitter et al., 2003) είναι πιθανό να περιλαμβάνονται από 1 ή και περισσότερα σετ (Torvinen et al., 2002; Rittweger et al., 2003; Humpries et al., 2004).

Η πλατφόρμα δόνησης κατά τη λειτουργία της, αυξάνει την επιτάχυνση της βαρύτητας ενώ η σωματική μάζα του ασκούμενου διατηρείται σταθερή, επιφέροντας νευρομυϊκά ερεθίσματα που φαίνεται ότι οδηγούν στη βελτίωση λειτουργικών ικανοτήτων, όπως στην αύξηση της μυϊκής δύναμης και της ισχύος. Η αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία της πλατφόρμας δόνησης σχετίζεται με το νόμο που διέπει την κίνηση και διατυπώθηκε από τον Isaac Newton ($f = m \times a$, όπου f = δύναμη, m = μάζα και a = επιτάχυνση).

2.5.1 Φυσιολογικοί μηχανισμοί λειτουργίας άσκησης δόνησης

Ο μηχανισμός λειτουργίας της άσκησης με δόνηση που αρχικά αναφέρθηκε από τους Hagbarth & Eklund (1966) και έχει υποστηριχθεί από τους περισσότερους ερευνητές (Issurin, Liebermann & Tenenbaum, 1994; Luo et al., 2005), στηρίζεται στη νευρομυϊκή διέγερση διαμέσου της ενεργοποίησης του τονικού αντανακλαστικού δόνησης (tonic vibration reflex - TVR) (Nordlund & Thorstensson, 2007). Οι μηχανικές δονήσεις που προέρχονται από την πλατφόρμα δόνησης και μεταβιβάζονται στους μύς ή στους τένοντες, διεγείρουν τους αισθητήριους υποδοχείς, κυρίως τους ανιχνευτές μεταβολής του μήκους, δηλαδή τις μυϊκές ατράκτους (Hagbarth & Eklund, 1966; Lance et al., 1973) και κατευθύνονται στα υψηλότερα κέντρα του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) όπου και αξιολογείται η έντασή τους. Η ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων διευκολύνει την ενεργοποίηση των α-κινητικών νευρώνων που οδηγούν με την σειρά τους σε μυϊκή συστολή (TVR) (Hagbarth & Eklund, 1966; Lance et al., 1973).

Ωστόσο, έχουν προταθεί και άλλοι πιθανοί μηχανισμοί λειτουργίας της άσκησης δόνησης, χωρίς όμως να έχουν επαρκώς αποσαφηνιστεί. Σύμφωνα με την παρούσα βιβλιογραφία, ως πιθανοί μηχανισμοί λειτουργίας της άσκησης με δόνησης πιθανολογούνται η αυξημένη θερμοκρασία των μυών, η αυξημένη αιματική ροή (Issurin & Tenenbaum, 1999), οι αυξημένες ορμονικές αποκρίσεις (Cardinale & Bosco, 2003) και η αποδοτικότερη επιστράτευση των κινητικών μονάδων (McBride, Nimphius & Erickson, 2005). Επίσης, άλλοι πιθανοί μηχανισμοί λειτουργίας που επιφέρουν βελτίωση στην απόδοση είναι η αυξημένη ταχύτητα μετάδοσης των νευρικών ώσεων (Mileva, Naleem, Biswas, Marwood & Bottell, 2006) και η ανασταλτική δράση της δόνησης στην ταυτόχρονη ενεργοποίηση των πρωταγωνιστών-ανταγωνιστών μυών της άρθρωσης που συμμετέχει στην κίνηση (Cardinale & Pope, 2003).

2.5.2 Χαρακτηριστικά προπόνησης δόνησης

Οι επιδράσεις της άσκησης δόνησης καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά και τη μέθοδο εφαρμογής της δόνησης καθώς και από το πρωτόκολλο της άσκησης. Το πρωτόκολλο της άσκησης καθορίζει την ένταση, τον όγκο και την αποκατάσταση μεταξύ των ασκήσεων.

Τα χαρακτηριστικά της δόνησης είναι το εύρος δόνησης (amplitude), η συχνότητα δόνησης (frequency) και η επιτάχυνση (acceleration). Το εύρος και

η συχνότητα της δόνησης καθορίζουν το φορτίο το οποίο η δόνηση θα επιβάλλει στο νευρομυϊκό σύστημα. Αυτό το φορτίο θα πρέπει να κυμαίνεται σε ένα βέλτιστο / ιδανικό εύρος έτσι ώστε να ενισχύει την ανάπτυξη της δύναμης και της ισχύος. Για την αποτελεσματική ενεργοποίηση του μυός, η συχνότητα δόνησης θα πρέπει να κυμαίνεται ανάμεσα στα 30-50Hz (Jackson & Turner, 2003). Το ιδανικό εύρος της δόνησης δεν έχει επαρκώς διευκρινιστεί, αλλά είναι πιθανόν συχνότητες εύρους <20Hz να μην επιφέρουν βελτίωση ή ακόμα και να επιφέρουν αρνητικές επιδράσεις στην υγεία (Mester, Spitzenpfeil & Yue, 2002).

Η μέθοδος εφαρμογής της δόνησης καθορίζεται από τον τρόπο εφαρμογής της (τοπική εφαρμογή ή διαμέσου του σώματος) και από την κατεύθυνσή της (περιστροφική ή κάθετη). Υπάρχουν δύο μέθοδοι εφαρμογής της δόνησης πάνω στο ανθρώπινο σώμα.. Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο, η δόνηση εφαρμόζεται τοπικά στην γαστέρα (Curry & Clelland, 1981; Jackson et al., 2003; Humphries et al., 2004) ή στον τένοντα (Bongiovanni & Hagbarth, 1990b) του μυός που θέλουμε να επιβαρύνουμε, υποστηρίζοντας τη μονάδα δόνησης είτε με το χέρι είτε με εξωτερικό εξοπλισμό (Jackson et al., 2003; Humphries et al., 2004). Σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο, η δόνηση εφαρμόζεται έμμεσα στη μυϊκή περιοχή που θέλουμε να παρέμβουμε, διαμέσου του υπόλοιπου σώματος (Issurin et al., 1994; Delecluse et al., 2003), εφόσον ο δοκιμαζόμενος στέκεται πάνω σε πλατφόρμα δόνησης.

2.5.3 Επιδράσεις της άσκησης δόνησης

Η προπόνηση δόνησης επιφέρει τόσο άμεσες όσο και μακροχρόνιες νευρομυϊκές (Rittweger et al., 2003; Cormie et al., 2006; Knorving, Bagger, Caserotti & Madsen, 2006; Erskine, Smillie, Leiper, Ball & Cardinale, 2007; Stewart et al., 2007), ορμονικές (Bosco et al., 2000; Cardinale et al., 2006; Knorving et al., 2006; Erskine et al., 2007), οστικές (Torvinen, Kannus, Sievanen, Jarvinen, Pasanen, Kontulainen, Nenonen, Jarvinen, Paakkala, Jarvinen & Vuori, 2003; Gusi et al., 2006), καθώς και άλλες φυσιολογικές προσαρμογές (Rittweger et al., 2000; Maikala et al., 2006). Επιστημονικές έρευνες έχουν εξετάσει την επίδραση της άσκησης δόνησης τόσο σε γενικό πληθυσμό όσο και σε ειδικές πληθυσμιακές ομάδες, όπως σε ηλικιωμένους (Roelants, Delecluse & Verschueren, 2004a; Kanawabe, Kawashima, Sashimoto, Takeda, Sato & Iwamoto, 2007), σε άτομα με κινητικές δυσλειτουργίες και παθολογικά προβλήματα υγείας (Ilse, van Nes, Latour, Schils, Meijer, van Kuijk & Geurts, 2006; Rittweger, Just, Kautzsch, Reeg & Felsenberg, 2002; Baum, Votteler & Schiab, 2007), καθώς και σε αθλητές διαφόρων αγωνισμάτων (Bosco et al., 1999; Fagnani, Giombini, Di Cesare, Pigozzi & Di Salvo, 2006; Annino, Padua, Castagna, Di Salvo, Minichella, , Tsarpela, Manzi & D'Ottavio, 2007; Kinser et al., 2008).

Στον χώρο του αθλητισμού έχουν γίνει πολλές έρευνες αναφορικά με την επίδραση της άσκησης δόνησης στη μυϊκή απόδοση (Bosco, Cardinale, Colli, Tihanyi, Von Duvillard & Viru, 1998; Bosco et al., 2000; Delecluse et al. 2003; Roelants, Delecluse & Verschueren, 2004a; Roelants, Delecluse, Goris & Verschueren, 2004b; Torvinen et al. 2002a; Torvinen et al. 2002b; Torvinen

et al. 2003; Verschueren, Roelants, Delecluse, Swinnen, Vanderschueren & Boonen, 2004). Οι κυριότερες παράμετροι που σχετίζονται με την απόδοση και έχει ερευνηθεί η απόδοσή τους μετά από άσκηση με δόνηση, παρατίθενται στον Πίνακα 2.1

Πίνακας 2.1 Έρευνες με θέμα την επίδραση άσκησης & προπόνησης δόνησης σε βασικές παραμέτρους απόδοσης

Βασικές παράμετροι απόδοσης	Βιβλιογραφική ανασκόπηση
Αλτική ικανότητα	Bosco et al., 2000; Rittweger et al., 2000; Torvinen et al., 2002; Delecluse et al, 2003; Cormie et al., 2006; Knorving et al., 2006; Annino et al., 2007; Chuang & Shiang, 2007; Bazett-Jones & Dugan, 2008
Ευλυγισία	Torvinen et al., 2002
Ηλεκτρομυϊκή δραστηριότητα κάτω άκρων	Bosco et al., 1999; Bosco et al, 2000; Rittweger et al., 2003; Cormie et al., 2006; Roelants et al., 2006
Μέγιστη εκούσια μυϊκή συστολή	Issurin and Tenenbaum, 1999; Bosco et al., 1999; Rittweger et al., 2000; 2003; Erskine et al., 2007; Stewart et al., 2007;
Ισομετρική μυϊκή συστολή	Rittweger et al., 2003; Stewart et al., 2007
Ορμονικές αποκρίσεις	Bosco et al, 2000; Goto and Takamatsu, 2005; Erskine et al., 2007
Μυϊκή οξυγόνωση κάτω άκρων	Yamada et al., 2005; Cardinale et al., 2007
Φυσιολογικές παραμέτροι	Rittweger et al., 2000; Rittweger et al., 2002; Maikala et al., 2006

Οι αντενδείξεις στην προπόνηση δόνησης δεν τεκμηριώνονται μέσω βιβλιογραφικών πηγών αλλά προκύπτουν από τη μελέτη του μηχανισμού λειτουργίας της δόνησης. Αναλυτικότερα, δεν επιτρέπεται η συμμετοχή ατόμων σε περίοδο εγκυμοσύνης, που κάνουν χρήση ενδομήτριων συσκευών αντισύλληψης και κολπικών διαφραγμάτων, ατόμων που βρίσκονται σε μετεγχειρητική περίοδο ή που φέρουν συνθετικές/τεχνητές αρθρώσεων. Επίσης, από άτομα που πάσχουν από οξεία κήλη, δισκοπάθεια, σπονδυλίτιδα, προβλήματα ή δυσλειτουργία αμφιβληστροειδούς, σοβαρές ημικρανίες, οξείες ασθένειες, επιληψία, διαβήτη, καρδιαγγειακές παθήσεις, βηματοδότες, θρομβώσεις καθώς και όγκους.

2.6 Άμεσες επιδράσεις άσκησης δόνησης σε βασικά χαρακτηριστικά δρομικών αγωνισμάτων ταχύτητας

2.6.1 Άμεσες επιδράσεις άσκησης δόνησης στη δρομική ταχύτητα

Έρευνες που να εξετάζουν την άμεση επίδραση της άσκησης δόνησης στη δρομική ταχύτητα δεν έχουν πραγματοποιηθεί.

Οι μόνες έρευνες που έχουν μελετήσει την επίδραση της άσκησης δόνησης στην δρομική ταχύτητα είναι των Paradisis & Zacharogiannis (2007), των Delecluse et al. (2004) και των Cochrane, Legg & Hooker (2004). Ωστόσο, οι

παραπάνω έρευνες εξετάζουν τις μακροχρόνιες επιδράσεις της δόνησης και έδειξαν διαφορετούμενα αποτελέσματα.

Στην έρευνα των Paradisis & Zacharogiannis (2007), φάνηκε ότι μετά από 6 εβδομάδες άσκησης δόνησης (30Hz, 2.5mm, συνολικής διάρκειας 16min), υπήρξε βελτίωση της δρομικής ταχύτητας (Δ.Τ.) στο δρόμο των 60m κατά 3.6% αλλά και σε κινηματικά χαρακτηριστικά – μήκος και συχνότητα δρομικού διασκελισμού (αύξηση Μ.Δ. 5.1% και μείωση Σ.Δ. 3.4%)

Στην έρευνα των Delecluse et al. (2004), φάνηκε ότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη Δ.Τ. στο δρόμο των 30m, μετά από 5 εβδομάδες προπόνηση (35-40Hz, 1.7-2.5mm, 9-18min). Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Cochrane et al. (2004) μετά από 9 ημέρες άσκησης δόνησης (26Hz, 11mm, 10min).

2.6.2 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με δόνηση στη μυϊκή απόδοση

Οι Roelants et al (2006) μελέτησαν με την βοήθεια ηλεκτρομυογράφου τη μυϊκή δραστηριότητα του γαστροκνημίου μυ, του έσω, έξω πλατύ και του ορθού μηριαίου κατά τη διάρκεια άσκησης δόνησης. Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 2 συνθήκες άσκησης, με και χωρίς την εφαρμογή δόνησης. Το παρεμβατικό πρόγραμμα περιλάμβανε την εκτέλεση 3 ασκήσεων των 4σετ (ημικάθισμα με τα δύο πόδια, ημικάθισμα με το ένα πόδι και βαθύ κάθισμα), με διάρκεια δόνησης 30s για κάθε άσκηση, συχνότητα 35Hz και εύρος 2.5mm. Η αποκατάσταση ανάμεσα σε κάθε άσκηση και σε κάθε σετ ήταν 1min. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δόνηση προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας σε όλους τους εξεταζόμενους μύες. Κατά τη διάρκεια έκθεσης στη δόνηση, η μυϊκή δραστηριότητα παρουσίασε διακύμανση εύρους 12.6–82.4% της μέγιστης εθελούσιας συστολής (MVC). Η άσκηση που προκάλεσε την μεγαλύτερη μυϊκή δραστηριότητα ήταν το ημικάθισμα με ένα πόδι ($p<0.05$).

Σε παλαιότερη έρευνα (Bosco et al., 2000), επιβεβαιώνεται η θετική επίδραση της άσκησης δόνησης στη νευρομυϊκή απόδοση. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν ημικάθισμα 100° με εφαρμογή δόνησης, 2σετ x 5επαναλήψεις των 60s , με αποκατάσταση 6min και 60s ανάμεσα στα σετ και τις επαναλήψεις αντίστοιχα. Η συχνότητα δόνησης ήταν 26Hz, το εύρος 4mm και η επιτάχυνση 17g. Η νευρομυϊκή απόδοση βελτιώθηκε όπως φάνηκε από την μείωση του λόγου μεταξύ EMGms και μυϊκής ισχύος ($p<0.001$).

Σε παρόμοια έρευνα των Cardinale & Lim (2003), σε επαγγελματίες παίκτριες της πετοσφαίρισης, εξετάστηκε η επίδραση τριών διαφορετικών συχνοτήτων δόνησης στην μυϊκή δραστηριότητα του έξω πλατύ μηριαίου μυ. Οι συμμετέχουσες εκτέλεσαν ημικάθισμα 100°, διάρκειας 60s, με συχνότητα δόνησης 30, 40 και 50Hz χωριστά. Η μεγαλύτερη EMGms παρουσιάστηκε στα 30Hz (+34%, $p<0.001$).

Αντίθετα, έρευνα των Cormie et al. (2006), εφαρμόζοντας παρόμοιο πρωτόκολλο δόνησης (30Hz, 2.5mm, για 30s) δεν βρήκε στατιστικά σημαντική επίδραση της άσκησης δόνησης στη μυϊκή δραστηριότητα του έσω και έξω πλατύ και του δικέφαλου μηριαίου.

Με την μέθοδο της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας, μελετήθηκε σε πρόσφατη έρευνα των Abercromby, Amonette, Layne, McFarlin, Hinman & Paloski (2007) η επίδραση της άσκησης δόνησης στην μυϊκή λειτουργία του έξω πλατύ, του δικέφαλου μηριαίου, του γαστροκνημίου και του πρόσθιου κνημιαίου μυός. Αναλυτικότερα, οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν στατικό και δυναμικό κάθισμα, χωρίς εξωτερική επιβάρυνση, με και χωρίς την επίδραση δύο διαφορετικών κατευθύνσεων δόνησης – κάθετη και περιστροφική (30Hz, 4mm). Οι παράμετροι με βάση τις οποίες αξιολογήθηκε η επίδραση της δόνησης ήταν: το εύρος της άρθρωσης του γόνατος, ο τύπος της μυϊκής συστολής (μειομετρική – πλειομετρική), καθώς και ο τύπος της άσκησης (στατική - δυναμική). Οι μετρήσεις αξιολόγησης έδειξαν ότι η μυϊκή δραστηριότητα και των τεσσάρων μυών αυξήθηκε σημαντικά ($p<0.05$) και στα δύο είδη δόνησης (κάθετη - περιστροφική). Η απόκριση των εκτεινόντων μυών ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην κάθετη δόνηση από ότι στην περιστροφική, ενώ το αντίθετο φάνηκε να συμβαίνει στον πρόσθιο κνημιαίο μυ. Τέλος, φάνηκε ότι μεγαλύτερες επιδράσεις είχαν οι στατικές ασκήσεις, οι ασκήσεις μειομετρικής και ισομετρικής συστολής και αυτές που είχαν μικρό εύρος γωνίας άρθρωσης του γόνατου.

Οι Torvinen et al. (2002), εφαρμόζοντας μία διαφορετική μέθοδο αξιολόγησης της μέγιστης ισομετρικής δύναμης των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων εξέτασαν την επίδραση 4min άσκησης δόνησης (15-35Hz) μετά το 2^ο και μετά το 60^οmin. Η μέτρηση εκτελέστηκε σε δυναμόμετρο κατά την εκτέλεση πιέσεων ποδιών. Στατιστικά σημαντική βελτίωση βρέθηκε στο 2^ο min (3.2%, $p=0.02$), ενώ στο 60^ο min δεν βρέθηκε κάτι αντίστοιχο (2.4%, $p=0.11$).

Σε άλλη έρευνα (Erskine et al., 2007) στην οποία οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν ισομετρικό ημικάθισμα συνολικής διάρκειας 10min (10σετ x 1min, με αποκατάσταση 1min), με δόνηση συχνότητας 30Hz και επιτάχυνση 3.5g, η μέγιστη εκούσια συστολή μειώθηκε. Μείωση, σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις (252.7±56.4Nm), σημειώθηκε και στις τρεις διαφορετικές περιόδους αποκατάστασης μετά την έκθεση των δοκιμαζομένων στην δόνηση-αμέσως μετά (229.4±53.2Nm), 1 ώρα μετά (231.6±59.9Nm) και 2 ώρες μετά (252.7±56.4Nm, $p<0.05$).

Οι Stewart et al. (2007) μελέτησαν την επίδραση 2, 4 και 6min συνεχόμενης δόνησης στην ισομετρική δύναμη των δεξιών εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων, σε γυμνασμένους άντρες. Με τη χρήση ενός δυναμόμετρου, πραγματοποιήθηκαν αρχικές και επαναληπτικές μετρήσεις μετά την μεσολάβηση παρεμβατικής άσκησης με εφαρμογή δόνησης (26Hz, 4mm). Η δοκιμασία αξιολόγησης περιλάμβανε την εκτέλεση μέγιστων ισομετρικών συστολών διάρκειας 2s με ενδιάμεσα διαλείμματα 10s και αξιολογήθηκε η μέση και η μέγιστη ροπή της κίνησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή δόνησης διάρκειας 2min επέφερε βελτίωση τόσο στη μέση όσο και στη μέγιστη ροπή (μέση ροπή: 3.6%, μέγιστη ροπή: 2.7%) ενώ η δόνηση διάρκειας 4min (μέση ροπή: -0.8%, μέγιστη ροπή: 3.8%) και 6min (μέση ροπή: -5.2%, μέγιστη ροπή: -6.0%) επέφερε μείωση.

Αντίθετα αποτελέσματα σχετικά με τις επιδράσεις της εφαρμογής δόνησης διάρκειας 6min, σε αγύμναστα άτομα, βρήκαν σε έρευνά τους οι Berns et al. (2004). Στη συγκεκριμένη έρευνα η συχνότητα δόνησης ήταν προοδευτικά αυξανόμενη στο 1^ο min από 0 έως 26Hz και σταθερή στα 26Hz για τον υπολειπόμενο χρόνο. Βρέθηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση στη μέγιστη ροπή των εκτεινόντων (167.7 ± 39.7 vs 158.8 ± 34.0 Nm, $p < 0.05$) και των καμπτήρων μυών του γόνατος (92.1 ± 27.2 vs 85.4 ± 23.9 Nm, $p < 0.05$), καθώς και στη μέση ροπή των εκτεινόντων (56.5 ± 11.4 vs 52.8 ± 11.7 Nm, $p < 0.05$) και των καμπτήρων (39.5 ± 11.6 vs 35.4 ± 5.5 Nm, $p < 0.05$).

Σε μία άλλη έρευνα που έγινε σε αθλήτριες πετοσφαίρισης, εθνικού επιπέδου (Bosco et al., 1999) εξετάστηκε η επίδραση δόνησης σε μέγιστες δυναμικές πιέσεις ποδιών. Η πρόσθετη εξωτερική επιβάρυνση στις πιέσεις των ποδιών ήταν 70, 90, 110 και 130kg., ενώ μετά από τυχαία επιλογή ποδιού, εφαρμόστηκε δόνηση στο ένα μόνο πόδι. Οι συγκρίσεις των μετρήσεων ανάμεσα στα δύο πόδια (με εφαρμογή δόνησης και χωρίς) έδειξε ότι στο πόδι που εφαρμόστηκε δόνηση αυξήθηκαν τόσο η μέση ισχύς όσο και η μέση ταχύτητα και δύναμη ($P < 0.05-0.005$). Συνεπώς, με βάση τα αποτελέσματα, υπήρξε μετατόπιση της καμπύλης της ταχοδυναμικής σχέσης καθώς και της σχέσης ισχύος – δύναμης.

Στον Πίνακα 2.2 απεικονίζονται και άλλες έρευνες σχετικές με την άμεση επίδραση δόνησης στη δύναμη και την μυϊκή ισχύ. Γενικά τα αποτελέσματα των ερευνών δείχνουν ότι υπάρχει μία τάση επίτευξης θετικών προσαρμογών, κυρίως μετά από μικρής διάρκειας παρεμβατική άσκηση, ενώ υψηλότερου βαθμού προσαρμογές προκύπτουν στις δυναμικές μυϊκές συστολές. Επίσης, υπάρχει η ένδειξη ότι παρατεταμένης διάρκειας δόνηση (6 – 30min) οδηγεί σε σημαντική μείωση της μέγιστης δύναμης και της ισχύος. Σημαντικό επίσης εύρημα είναι ότι η άσκηση δόνησης επιφέρει καλύτερες προσαρμογές σε αθλητές υψηλού επιπέδου, από ότι σε αρχάριους αθλητές (Issurin & Tenanbaum, 1999; Liebermann & Issurin, 1997).

Πίνακας 2.2 Περίληψη άμεσων επιδράσεων άσκησης δόνησης στη δύναμη και την μυϊκή ισχύ

Βιβλιογραφική Πηγή	Δείγμα	Παρεμβατική άσκηση	Είδος μυϊκής συστολής	Χαρακτηριστικά δόνησης	Αποτελέσματα
Samuelson, Jorfeld, & Alhborg, 1989	8 άντρες 20 ετών	Κυκλοεργομέτρηση μεγάλης διάρκειας (με & χωρίς δόνηση)	Δυναμική	Σ: 20 Hz Επ: 20 m/s ² Τοπική εφαρμογή	↓ 21.7% απαιτούμενου χρόνου άσκησης - χωρίς μεταβολές ΚΣ & ΑΠ
Issurin & Tenenbaum, 1999	14 αρχάριοι & 14 υψ.επιπέδου αθλητές	Δυναμικές κάμψεις δικεφάλου με μέγιστη ταχύτητα εκτέλεσης	Δυναμική	Σ: 44 Hz Επ: 30 m/s ²	Μέγιστης ισχύς ↑ 10.4% αθλητές υψ. επιπέδου ↑ 7.9% αρχάριους αθλητές Μέση ισχύς ↑ 10.2% αθλητές υψ. επιπέδου ↑ 10.7% αρχάριους αθλητές
Issurin & Tenenbaum, 1999	14 αρχάριοι & 14 υψ. επιπέδου αθλητές	Κάμψεις δικεφάλων: μέγιστη ταχύτητα εκτέλεση: 1 ^ο σετ απλό 2 ^ο σετ με δόνηση 3 ^ο σετ μετά τη τέλος της δόνησης	Δυναμική	Σ: 44 Hz Επ: 30 m/s ²	↑ μη σημαντική 2.4-5.2% ισχύος μετά τη διεξαγωγή ενός σετ άσκησης υπό επίδραση δόνησης
Kunnenmeyer & Schmidtbleiche, 1997	12 φοιτητές σε αλματικά αθλήματα	Σε πλατφόρμα δόνησης: Διατατικές ασκήσεις ΚΑ: 3φ / 2min Άλματα βάθους: ύψος 24 εκ.	Δυναμική Διατατική	Σ: 23 Hz	↓ 7.3% ύψους άλματος
Samuelson et al., 1989	8 άντρες 20 ετών	Ισομετρική έκταση γόνατος μέχρι τη μείωση παραγόμενης δύναμης (15-30s)	Ισομετρική	Σ: : 20 Hz Επ: 20 m/s ²	↓ 29.8% χρόνου διατηρούμενης συστολής
Bongiovanni & Hagbarth, 1990	5 δοκιμαζόμενοι 33-63 ετών	Σύντομες συστολές υπτιασμού αγκώνα (με & χωρίς δόνηση)	Ισομετρική	Σ: 150 Hz Τοπική εφαρμογή (τένοντες μυών)	Ενίσχυση δύναμης μυϊκής συστολής σε μέτριες εντάσεις & σε "καταπονημένους" μύες
Bongiovanni, Hagbarth, & Stjerberg, 1990	25 δοκιμαζόμενοι 9-70 ετών Μ.Ο.: 40 ετών	Μέγιστη ισομετρική συστολή παρατεταμένης διάρκειας υπτιασμού αγκώνα: 1. διακοπτόμενη σύντομη συστολή 2. διατηρούμενη συστολή (1min)	Ισομετρική	Σ: 150 Hz E: 1.5mm Τοπική εφαρμογή	Δύναμη μυϊκής συστολής: ↓ 8% διακοπτ. προσπάθειας ↓ 25% διατηρούμενη συστολή

*Άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε κινηματικά χαρακτηριστικά
και νευρομυϊκές παραμέτρους σε δρομείς ταχύτητας*

Πίνακας 2.2 (συνέχεια) Περίληψη άμεσων επιδράσεων άσκησης δόνησης στη δύναμη και την μυϊκή ισχύ

Βιβλιογραφική Πηγή	Δείγμα	Παρεμβατική άσκηση	Είδος μυϊκής συστολής	Χαρακτηριστικά δόνησης	Αποτελέσματα
Griffin, Garland, Ivanova & Gossen, 2001	3 γυναίκες 4 άντρες 24-45 ετών	Διατηρούμενη ισομετρική έκταση αγκώνα	Ισομετρική	Σ: 110 Hz E: 3mm Δόνηση: 2s ανά 10s	Μη διαφορά χρόνου αντοχής σε δραστηριότητα με δόνηση και χωρίς δόνηση (5.4 vs 5.2 min)
Humphries et al., 2004	17 άντρες 22±4.4 ετών	Ισομετρική έκταση γόνατος	Ισομετρική	Σ: 50 Hz Eπ: 13-24 m/s ²	Μη σημαντική διαφορά: κορυφαία ισομετρική δύναμη & στον ρυθμό ανάπτυξης δύναμης
Bosco et al., 1999	14 μποξέρ διεθνούς επιπέδου	Ισομετρική κάμψη αντιβραχίου – φορτίο επιβάρυνσης 5% Σ.Β.	Ισομετρική	Σ: 30 Hz Eπ: 34 m/s ²	↑ 4.8% μέσης ισχύος κάμψης αντιβραχίου
Kouzaki et al., 2000	8 δοκιμαζόμενοι απροπόνητοι 25.5 ετών	Μέγιστη ισομετρική έκταση γόνατος	Ισομετρική	Σ: 30 Hz E: 3mm Τοπική εφαρμογή (έξω πλατύ μηριαίο) για 30s	↓ μέγιστης δύναμης μετά από παρατεταμένη δόνηση
Griffin et al., 2001	3 γυναίκες 4 άντρες 24-45 ετών	Διατηρούμενη ισομετρική έκταση αγκώνα (στο 20% μέγιστης)	Ισομετρική	Σ: 110 Hz E: 3mm Δόνηση: 2s ανά 10s	↓ μέγιστης δύναμης μετά από την εκτέλεση σετ ασκήσεων υπό & χωρίς επίδραση δόνησης
Jackson & Turner, 2003	10 άντρες 26±2 ετών	Μέγιστη ισομετρική 2 ποδιών - Επίδραση δόνησης στο 1 πόδι (30s)	Ισομετρική	Σ: 30 -120 Hz Τοπική εφαρμογή (Δ πόδι)	↓ μέγιστης δύναμης & ρυθμός παραγόμενης δύναμης και στα 2 πόδια
Liebermann & Issurin, 1997	41 άντρες 8 Ολυμπιονίκες 11 εθν. επιπέδου 11 αρχάριοι 11 παιδιά	Μέγιστη ισομετρική συστολή δικεφαλου βραχίου	Ισομετρική	Σ: 44 Hz E: 0.3-0.4mm	Μέγιστη δύναμη (1RM): ↑ 8.3% Ολυμπιονίκες ↑ 6.2% παιδιά ↑ 4.9% αρχάριους ↑ 4.8% εθνικού επιπέδου
Warman, Humphries & Purton, 2002	28 αθλητές "αναψυχής"	Ισοτονική έκταση γόνατος 90° - 180°	Ισοτονική	Σ: 50 Hz Eπ: 13-24 m/s ²	↑ ροπής 14.7 ± 2.9%

2.6.3 Άμεσες επιδράσεις άσκησης δόνησης στην αλτική ικανότητα

Σύμφωνα με έρευνες, υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις αναφορικά με την άμεση επίδραση της άσκησης δόνησης στην απόδοση στο κάθετο άλμα (CMJ). Κάποιες έρευνες αναφέρουν ότι δεν επέρχεται βελτίωση στην απόδοση στο κάθετο άλμα μετά από την εκτέλεση μίας συνεδρίας άσκησης δόνησης (Cormie et al., 2006; Rittweger et al., 2003; Torvinen et al., 2002b), ενώ κάποιες άλλες υποστηρίζουν το αντίθετο. Συγκεκριμένα, αναφέρεται θετική βελτίωση κατά 2.5, 4 & 8% στο ύψος του κάθετου άλματος, μετά από έκθεση σε ερέθισμα δόνησης διάρκειας 4min (Torvinen, Kannus, Sievanen, Jarvinen, Pasanen, Kontulainen, Jarvinen, Jarvinen, Oja & Vuori, 2002a), 5min (Cochrane & Stannard, 2005) και 10min (Bosco et al., 2000).

Δεν έχει επαρκώς διευκρινιστεί το ιδανικότερο πρωτόκολλο άσκησης δόνησης, ως προς την άμεση επίδρασή της στη βελτίωση της απόδοσης στο κάθετο άλμα (CMJ). Σύμφωνα με την υπάρχουσα μεθοδολογία, θετικές επιδράσεις, επιφέρει η χαμηλή συχνότητας δόνηση μεταξύ 20-30Hz με εύρος μεταξύ 2mm – 4mm (Torvinen et al., 2002; Bosco et al., 2000; Cardinal & Lim, 2003). Αναφορικά με τη χρονική διάρκεια έκθεσης στη δόνηση, υποδεικνύεται ότι μικρής χρονικής διάρκειας έκθεση (30s-90s) (Cormie et al., 2006;) δεν επιφέρει θετικές επιδράσεις σε σχέση με αυτές που προκύπτουν από μεγάλης διάρκειας έκθεση στη δόνηση (90s-10min) (Torvinen et al., 2002; Bosco et al., 2000; Cardinal & Lim, 2003). Έρευνες που εξέτασαν την άμεση επίδραση της προπόνησης δόνησης σε σχέση με διαφορετικές περιόδους αποκατάστασης, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι για δόνηση διάρκειας 90s (30Hz – 3mm) η μεγαλύτερη βελτίωση στην απόδοση στο CMJ καταγράφηκε στο 3^ο min (Huang et al., 2007), ενώ για δόνηση διάρκειας 45s καταγράφηκε αμέσως μετά. Για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια έκθεσης στη δόνηση, 4min, η περίοδος αποκατάστασης ήταν στο 2^ο min (Torvinen et al., 2002).

Αναλυτικότερα, οι Huang et al. (2007) σε ερευνά τους εξέτασαν την άμεση επίδραση της άσκησης δόνησης στην απόδοση στο κάθετο άλμα (CMJ), σε διαφορετικές περιόδους αποκατάστασης (μετά από 1min, 2min, 3min & 4min). Συμπέραναν ότι η απόδοση στο κάθετο άλμα αναφορικά με τον χρόνο απογείωσης (take off time) και τον ρυθμό ανάπτυξης δύναμης ήταν σημαντικά βελτιωμένη στο 3^ο min μετά την παρέμβαση δόνησης. Το δείγμα αποτέλεσαν 11 καλαθοσφαιρίστριες (15.36±0.92 ετών) και το πρωτόκολλο άσκησης δόνησης περιλάμβανε την εκτέλεση στατικού ημικαθίσματος (120°), πάνω σε πλατφόρμα δόνησης, διάρκειας 90s (συχνότητα 30Hz – εύρος 3mm).

Σε άλλη έρευνα οι Bazett-Jones, Finch & Dugan (2008) εξετάστηκε ποια ένταση δόνησης (0g, 1.81g, 2.94g, 3.71g, & 6.24g) και ποια χρονικά περίοδος αποκατάστασης μετά την έκθεση στη δόνηση (post 0min, post 5min, post 10min), επιδρούν ιδανικότερα στην απόδοση στο κάθετο άλμα (CMJ), καθώς και στο αν υπάρχει διαφοροποίηση ανάμεσα σε άντρες και γυναίκες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο ιδανικότερος χρόνος αποκατάστασης ήταν αμέσως μετά (post 0min) τη μονή συνεδρία δόνησης, διάρκειας 45s, εξίσου σε γυναίκες και άντρες. Οι γυναίκες ανταποκρίθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό στα 2.94g (40Hz, 2-4mm) ενώ οι άντρες σε υψηλότερες εντάσεις, 6.24g.

Οι Torvinen et al. (2002) ανέφεραν ότι στα 2min μετά από μία συνεδρία προπόνησης δόνησης σημειώθηκε σημαντική βελτίωση στην απόδοση στο κάθετο άλμα (CMJ) (2.5%, $p=0.019$), ενώ μέσα στην επόμενη ώρα η θετική επίδραση είχε εξαφανιστεί. Διαφοροποιήσεις ανάμεσα σε άντρες και γυναίκες δεν υπήρξαν. Το πρωτόκολλο περιλάμβανε συνδυασμό στατικών και δυναμικών ασκήσεων, συνολικής διάρκειας 4min και αυξανόμενης συχνότητας δόνησης (15-30Hz). Θετικές, επίσης, επιδράσεις της άσκησης δόνησης (26Hz, 4mm, 10min) στην αλτική ικανότητα επιβεβαιώνει και άλλη έρευνα των Bosco et al. (2000).

Η έρευνα των Cardinale & Lim (2003) εξέτασε την επίδραση υψηλής (40Hz) και χαμηλής (20Hz) συχνότητας δόνησης (διάρκειας 5min) στην απόδοση στο κάθετο άλμα (CMJ). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε αγύμναστα άτομα η χαμηλή δόνηση επιφέρει βελτίωση 2.03% στην απόδοση στο CMJ, ενώ η υψηλή συχνότητα μείωση κατά 3.85%.

Οι Lamont, Bembien, FACSM, Cramer, Gayaud. & Luke, (2006) συνέκριναν την επίδραση 4 διαφορετικών συνθηκών άσκησης δόνησης στην απόδοση στο επιτόπιο κάθετο άλμα. Οι συνθήκες άσκησης ήταν: α) συνεχόμενη δόνηση 30Hz, διάρκειας 30s, β) διαλειμματική δόνηση 30Hz, διάρκειας 30s, γ) συνεχόμενη δόνηση 50Hz, διάρκειας 30s και δ) διαλειμματική δόνηση 50Hz, διάρκειας 30s. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διαλειμματική δόνηση συχνότητας 50Hz επέδρασε θετικότερα στην αλτική απόδοση από ότι η συνεχόμενη δόνησης συχνότητας 30Hz ($p=0.039$).

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε και την έρευνα των Artero, España-Romero, Ortega, Jiménez-Pavón, Carreño-Gálvez, Ruiz, Gutiérrez & Castillo (2007), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση 5 διαφορετικών πρωτοκόλλων προπόνησης δόνησης στην απόδοση στο κάθετο άλμα (CMJ) και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κανένα από τα 5 πρωτόκολλα δεν επέφερε βελτίωση στη συγκεκριμένη παράμετρο. Το εύρος της δόνησης καθορίστηκε σταθερό στα 6mm (peak to peak), ενώ η συχνότητα και η διάρκεια της δόνησης κυμάνθηκε μεταξύ 20-30Hz και 90-120s αντίστοιχα (Πίνακας 2.3).

Πίνακας 2.3 Πρωτόκολλα άσκησης δόνησης (Artero et al., 2007)

Πρωτόκολλο	Χαρακτηριστικά Δόνησης
1ο	20Hz, 90s
2ο	25Hz, 90s
3ο	30Hz, 60s
4ο	20Hz, 120s
5ο	25Hz, 120s

Μη θετική επίδραση της άσκησης δόνησης στην απόδοση στο κάθετο άλμα βρήκαν επίσης και οι Cormie et al. (2006), οι οποίοι εφάρμοσαν ένα διαφορετικό πρωτόκολλο άσκησης (στατικό ημικάθισμα - 30 Hz, 2.5mm, 30s).

2.6.4 Άμεσες επιδράσεις άσκησης δόνησης στην ευλυγισία των κάτω άκρων

Η εκτέλεση διατακτικών ασκήσεων υπό την εφαρμογή δόνησης έχει δείχθει ότι βελτιώνουν το εύρος κίνησης των αρθρώσεων (Issurin et al., 1994). Παρόλα αυτά, έχει ερευνηθεί από πολύ λίγους, η επίδραση της άσκησης με δόνηση ως μέθοδος ανάπτυξης της κινητικότητας των αρθρώσεων και επομένως βελτίωσης της ευλυγισίας. Σε παλαιότερη έρευνα των Atha & Wheatley (1976), φάνηκε ότι η τοπική εφαρμογή δόνησης μεμονωμένα, χωρίς ταυτόχρονη εκτέλεση διατακτικών ασκήσεων, μπορεί να επιφέρει αυξημένο εύρος κίνησης το οποίο όμως δεν είναι μεγαλύτερο από αυτό που προκύπτει μόνο μέσω των διατακτικών ασκήσεων.

Σε έρευνα των Sands, McNeal, Stone, Russel & Jemni (2006) μελετήθηκε η άμεση επίδραση της δόνησης στην ευλυγισία των κάτω άκρων σε αθλητές της ενόργανης γυμναστικής. Οι δοκιμαζόμενοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες και εκτέλεσαν, πάνω σε ειδική συσκευή δόνησης, 4σετ x 5επ (διάλειμμα 10s) στατικές διατακτικές ασκήσεις («σπαγγάτ» –αριστερό & δεξί πόδι) συνολικής διάρκειας 4min. Στη μία ομάδα η συσκευή δόνησης ήταν σε λειτουργία κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των ασκήσεων, ενώ στην άλλη όχι. Η συχνότητα δόνησης ήταν 30Hz και το εύρος 2mm. Τα αποτελέσματα των αρχικών και των επαναληπτικών μετρήσεων έδειξαν ότι η ομάδα των αθλητών που εκτέλεσαν τις διατάξεις με την εφαρμογή δόνησης, εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αύξηση του εύρους κίνησης από ότι η άλλη ομάδα (δεξί $P<0.01$; αριστερό $P<0.05$).

Νεότερη έρευνα των Kinser et al. (2008), επιβεβαίωσε τις παρατηρήσεις παλαιότερων ερευνών (Stone, Ramsey, Kinser, O Bryant, Ayres & Sands, 2006; Sands et al., 2006) που δήλωναν ότι ο συνδυασμός διατακτικών ασκήσεων και εφαρμογής δόνησης τοπικά, ως μέρος της προθέρμανσης σε αθλητές-τριες της ενόργανης γυμναστικής, επιφέρει αυξημένο εύρος κίνησης. Ο Kinser εφάρμοσε ίδιο ερευνητικό πρωτόκολλο με αυτό των Sands et al. (2006) με μόνη διαφοροποίηση την προσθήκη δύο επιπλέον ομάδων, μίας πειραματικής και μίας ελέγχου, έχοντας ως στόχο να μελετήσει ταυτόχρονα και την επίδραση της άσκησης δόνησης στην «εκρηκτική δύναμη». Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η άσκηση δόνησης επέδρασε θετικά στην απόδοση της ευλυγισίας με ταυτόχρονη διατήρηση της «εκρηκτικής δύναμης». Εύρημα το οποίο έρχεται σε αντίθεση με παλαιότερη έρευνα που έδειχνε ότι οι αργές και στατικές διατάξεις, ως μέρος του προγράμματος της προθέρμανσης, μπορεί να προκαλέσουν πτώση της μέγιστης δύναμης, του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης, της μυϊκής ισχύος και της εκρηκτικής δύναμης.

Έρευνες αναφορικά με την άμεση επίδραση της δόνησης έχουν γίνει και σε άλλα αθλήματα εκτός του χώρου της ενόργανης γυμναστικής. Θετικές επίσης επιδράσεις στην ευλυγισία των άνω άκρων ($p<0.05$) σε παίκτες υψηλού επιπέδου στο άθλημα του χόκεϋ επί χόρτου, επιβεβαίωσε έρευνά των Cochrane & Stannard (2005), ενώ οι Burns Beekhuizen, Jacobs & FACSM (2005), συνέκριναν δύο διαφορετικές μεθόδους προθέρμανσης σε σχέση με την ευλυγισία των ισχίων των κάτω άκρων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η άσκηση με δόνηση διάρκειας 6min επέδρασε θετικότερα σε σχέση με την αντίστοιχη άσκηση σε ποδήλατο, βελτιώνοντας την παράμετρο της ευλυγισίας, (4.8 ± 2.5 vs 0.78 ± 1.4 cm, $p<0.05$)

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 Δείγμα

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν 35 προπονημένοι αθλητές αγωνισμάτων ταχύτητας (100, 200, & 400m) ηλικίας 18-28 ετών. Ο καθορισμός του δείγματος έγινε με βάση την ατομική τους επίδοση στο δρόμο των 100m (11.00 – 11.50s) και με βάση την προπονητική τους ηλικία (εμπειρία τουλάχιστον 3 ετών), αποσκοπώντας σε μία σταθεροποιημένη δρομική τεχνική τρεξίματος.

Όλοι οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν επαρκώς για την πειραματική διαδικασία και υπέγραψαν γραπτή δήλωση συγκατάθεσης (Παράρτημα Α).

3.2 Ερευνητικός σχεδιασμός

Η διεξαγωγή της έρευνας έγινε κατά την αγωνιστική φάση της προετοιμασίας των δοκιμαζομένων με σκοπό την εξασφάλιση του ιδανικότερου επιπέδου απόδοσης των μεταβλητών αξιολόγησης. Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο του Τομέα του Κλασικού Αθλητισμού του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, καθώς και στο κλειστό γυμναστήριο της Εθνικής Ομάδας Στίβου, στον Άγιο Κοσμά, έτσι ώστε να διασφαλιστούν ότι οι μετρήσεις δεν θα επηρεαστούν από εξωγενείς παράγοντες (αέρας, θερμοκρασία περιβάλλοντος, κ.α.).

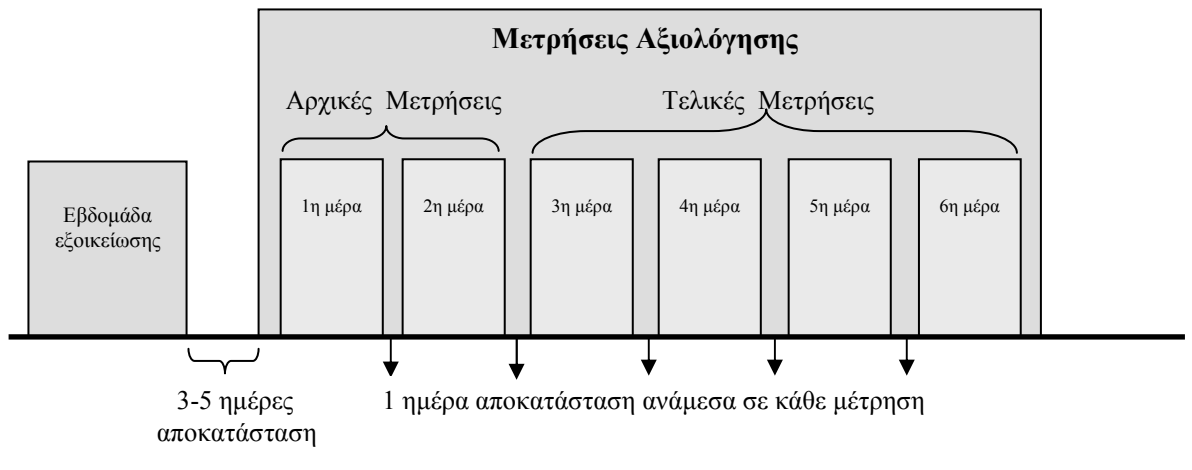
Ο ερευνητικός σχεδιασμός περιλάμβανε 2 βασικά μέρη: α) εξοικείωση με τις μετρήσεις αξιολόγησης και το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης και β) εφαρμογή των πειραματικών διαδικασιών (παρεμβατική άσκηση & δοκιμασίες αξιολόγησης). Αναλυτικότερα, αφιερώθηκε μία εβδομάδα με σκοπό την εξοικείωση των δοκιμαζομένων με τις δοκιμασίες αξιολόγησης καθώς και με το παρεμβατικό πρόγραμμα (εκτέλεση ασκήσεων πάνω σε πλατφόρμα με εφαρμογή και χωρίς εφαρμογή δόνησης). Επίσης, στο τέλος της εβδομάδας εξοικείωσης προσδιορίστηκε η μέγιστη εκούσια συστολή (1RM) των εκτεινόντων και των καμπτήρων του γόνατος για τον μετέπειτα καθορισμό του εξωτερικού φορτίου επιβάρυνσης στη δυναμομέτρηση των κάτω άκρων. Οι δοκιμαζόμενοι δεν φορούσαν υποδήματα κατά τη διάρκεια της παρέμβασης προς αποφυγή απορρόφησης μέρους της δόνησης.

Οι δοκιμασίες αξιολόγησης αφορούσαν την απόδοση της δρομικής ταχύτητας μέσω της επίδοσης (χρόνος) σε καθορισμένη δρομική απόσταση (60m) και την ανάλυση κινηματικών χαρακτηριστικών του δρομικού διασκελισμού, καθώς και άλλων σχετικών με την απόδοση στο δρόμο ταχύτητας παραμέτρων: αλτική ικανότητα, μυϊκή ισχύς και ευλυγισία των κάτω άκρων. Η βασική οδηγία που δόθηκε στους δοκιμαζόμενους είναι η εκτέλεση των δοκιμασιών αξιολόγησης με την μέγιστη δυνατή προσπάθεια.

Οι πειραματικές διαδικασίες ξεκίνησαν τουλάχιστον 7 ημέρες μετά την εβδομάδα εξοικείωσης έτσι ώστε να έχει επέλθει στους δοκιμαζόμενους πλήρης αποκατάσταση από τις μετρήσεις και από την έκθεσή τους στο ερέθισμα της δόνησης. Αρχικά, οι δοκιμαζόμενοι χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες, την πειραματική ομάδα (ΠΟ) (N=19) και την ομάδα ελέγχου (ΟΕ) (N=16) και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν οι ανθρωπομετρικές μετρήσεις [ύψος (cm), βάρος

(kg) σωματική σύσταση (% λίπους)]. Οι δοκιμαζόμενοι και των δύο ομάδων εκτέλεσαν ακριβώς το ίδιο ερευνητικό πρωτόκολλο, με μοναδική διαφοροποίηση στην παρεμβατική άσκηση. Η ΠΟ εκτέλεσε παρεμβατική άσκηση με εφαρμογή δόνησης, ενώ η ΟΕ χωρίς εφαρμογή δόνησης (πλατφόρμα εκτός λειτουργίας).

Το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης ήταν άμεσο, δηλαδή προηγήθηκαν αρχικές δοκιμασίες αξιολόγησης, παρεμβατικό πρόγραμμα και αμέσως μετά τελικές δοκιμασίες αξιολόγησης. Οι ερευνητικές διαδικασίες διήρκησαν συνολικά 6 ημέρες, μεσολαβώντας ανάμεσα τους, μία ημέρα αποκατάστασης. Αναλυτικότερα (Σχήμα 3.1), σε 2 ημέρες εκτελέστηκαν οι αρχικές δοκιμασίες αξιολόγησης και στις υπόλοιπες 4 ημέρες εκτελέστηκε το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης με τις τελικές δοκιμασίες αξιολόγησης.



Σχήμα 3.1. Σχεδιάγραμμα πειραματικού σχεδιασμού

Στον Πίνακα 3.1 αναγράφονται οι ημέρες διεξαγωγής των ερευνητικών μετρήσεων και οι δοκιμασίες αξιολόγησης με τη σειρά εκτέλεσής τους.

Πίνακας 3.1 Ημέρες διεξαγωγής ερευνητικών μετρήσεων

Ημέρες διεξαγωγής ερευνητικών μετρήσεων		Δοκιμασίες αξιολόγησης
Αρχικές μετρήσεις αξιολόγησης	1η μέρα	<ul style="list-style-type: none"> • Δοκιμασία ευλγισίας • Επιτόπιο κάθετο άλμα • Δυναμομέτρηση
	2η μέρα	<ul style="list-style-type: none"> • Τρέξιμο 60m
Παρεμβατική άσκηση & Τελικές μετρήσεις αξιολόγησης (με τυχαία & αντισταθμισμένη σειρά)	3η μέρα	<ul style="list-style-type: none"> • Δοκιμασία ευλγισίας • Επιτόπιο κάθετο άλμα • Δυναμομέτρηση • Τρέξιμο 60m
	4η μέρα	
	5η μέρα	
	6η μέρα	

3.3 Προκαθορισμένη προθέρμανση

Η προθέρμανση πριν τη διεξαγωγή των μετρήσεων αξιολόγησης ήταν προκαθορισμένη και κοινή για όλους τους δοκιμαζόμενους Αναλυτικά, η προθέρμανση για κάθε μία παράμετρο αξιολόγησης απεικονίζεται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2 Προκαθορισμένη προθέρμανση για κάθε μία δοκιμασία αξιολόγησης

Δοκιμασίες αξιολόγησης	Περιεχόμενο Προθέρμανσης
<ul style="list-style-type: none">• Τρέξιμο 60m	<ul style="list-style-type: none">➢ Τρέξιμο χαμηλής έντασης (5min)Διατατικές ασκήσεις (5min)Επιταχυνόμενο τρέξιμο 30m x 3 επ (5min)Αποκατάσταση 2min
<ul style="list-style-type: none">• Δοκιμασία ευλυγισίας• Επιτόπιο κάθετο άλμα• Δυναμομέτρηση	<ul style="list-style-type: none">➢ Τρέξιμο στο δαπεδοεργόμετρο (7.5km/h - 5min)Διατατικές ασκήσεις (5min)Δοκιμαστικές προσπάθειες (2 επ)Αποκατάσταση 2min

3.4 Περιγραφή δοκιμασιών αξιολόγησης

3.4.1 Τρέξιμο 60m

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν τρέξιμο μέγιστης έντασης, δρομικής απόστασης 60m με εκκίνηση από όρθια συσπειρωτική θέση. Στόχος ήταν η μέτρηση της επίδοσης των δοκιμαζομένων, ο υπολογισμός της μέσης ταχύτητας (ανά 10 μέτρα) καθώς και η ανάλυση κινηματικών χαρακτηριστικών του δρομικού τους διασκελισμού στη φάση της μέγιστης ταχύτητας (40-50m.). Η επιλογή της συγκεκριμένης δρομικής απόστασης έγινε με βάση τα συμπεράσματα προηγούμενων ερευνών, σύμφωνα με τα οποία η μέγιστη ταχύτητα αναπτύσσεται στη συγκεκριμένη απόσταση (Delecluse, 1997a; 1997b; Dick, 1989; Moravec, 1988 Radford, 1990; Ropert, Kukolj, Ugarkovic, Matavulj & Jaris, 1998)

Η μέτρηση της επίδοσης στη δρομική απόσταση των 60m καθώς και ο υπολογισμός της δρομικής ταχύτητας έγινε με την χρήση φωτοκύτταρων. Τα φωτοκύτταρα ήταν τοποθετημένα ανά 10μ. (στα 10, 20, 30, 40, 50 & 60m) και σε κάθετη απόσταση 1.10m από το έδαφος, προς αποφυγή ενεργοποίησής τους από την κίνηση των άνω άκρων (Saraslanidis, 2000; Zafeiridis, Saraslanidis, Manou, Ioakkimidis, Dipla & Kellis, 2005). Η καταγραφή και ανάλυση των κινηματικών χαρακτηριστικών έγινε μέσω βιντεοσκόπησης της δοκιμασίας και με τη βοήθεια ειδικού λογισμικού. Η συχνότητα του διασκελισμού υπολογίστηκε σύμφωνα με τον τύπο $\Sigma\Delta = MT \div M\Delta$ (όπου $\Sigma\Delta$ = συχνότητα διασκελισμού, MT = μέση ταχύτητα και $M\Delta$ = μήκος διασκελισμού) (Paradisis & Cooke, 2006).

3.4.2 Δοκιμασία ευλυγισίας των κάτω άκρων (“Sit & reach” – S&R)

Η ευλυγισία των αρθρώσεων των κάτω άκρων και των ισχίων προσδιορίστηκε με βάση τη δοκιμασία δίπλωσης από εδραία θέση («Sit & Reach» - S&R) (Εικόνα 3.1). Οι δοκιμαζόμενοι, αφού έβγαλαν τα υποδήματά τους, έκατσαν σε εδραία θέση, εφάπτοντας πλήρως τα πέλματά τους με το όργανο αξιολόγησης,

πάνω στο οποίο ήταν τοποθετημένη μετροταινία κλίμακας εκατοστών (cm). Έπειτα εκτέλεσαν κάμψη του κορμού, διατηρώντας πλήρη έκταση της άρθρωσης των γονάτων και τεντώνοντας τα χέρια όσο το δυνατόν μακρύτερα. Καταγράφηκε το ακραίο σημείο τοποθέτησης των δακτύλων των χεριών. Εκτελέστηκαν 3 προσπάθειες, με ενδιάμεση αποκατάσταση 3s, λαμβάνοντας υπόψιν την καλύτερη.

Εικόνα 3.1 Εκτέλεση δοκιμασίας ευλυγισίας (S&R)



3.4.3 Επιτόπιο κάθετο άλμα (Counter movement jump - CMJ)

Η αλτική ικανότητα αξιολογήθηκε μέσω της δοκιμασίας εκτέλεσης επιτόπιου κάθετου άλματος (counter movement jump - CMJ) (Εικόνα 3.2).

Οι δοκιμαζόμενοι από όρθια θέση και έχοντας τα χέρια τοποθετημένα στη μέση, εκτελούσαν ημικάθισμα (γωνίας 90°) και αμέσως μετά επιτόπιο κάθετο άλμα, χωρίς ενδιάμεση παύση στην κίνηση. Κατά τη διάρκεια της πτήσης τα χέρια παρέμεναν τοποθετημένα στην μέση και τα πόδια σε πλήρη έκταση. Η εκτέλεση των κάθετων αλμάτων έγιναν σε οριοθετημένη περιοχή καθορισμένη από οπτικό σύστημα μέτρησης. Εκτελέστηκαν 3 προσπάθειες, με ενδιάμεση αποκατάσταση 5s, λαμβάνοντας υπόψιν την καλύτερη.

Εικόνα 3.2 Εκτέλεση επιτόπιου κάθετου άλματος (CMJ)



3.4.4 Δυναμομέτρηση κάτω άκρων

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν, αμφίπλευρα, μέγιστες δυναμικές εκτάσεις και κάμψεις της άρθρωσης του γόνατος. Το εξωτερικό φορτίο επιβάρυνσης ορίστηκε

στο 60% της μέγιστης εκούσιας συστολής (1RM) (Baker, Nance & Moore, 2001a; 2001b) και η παραγόμενη μυϊκή ισχύς μετρήθηκε με τη βοήθεια ενός επιταχυνσιόμετρου-δυναμόμετρου.

Το πάνω μέρος του σώματος και η άρθρωση της ποδοκνημικής ακινητοποιήθηκαν, για το περιορισμό οποιασδήποτε κίνησης και για την αποτροπή τυχόν τραυματισμού. Στην μέτρηση των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του γόνατος, οι δοκιμαζόμενοι από αρχική καθιστή θέση (άρθρωση ισχίου 90° - άρθρωση γόνατος 90°, όπου 0°= πλήρης έκταση) εκτελούσαν πλήρη έκταση της άρθρωσης του γόνατος με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα. Ομοίως, στη μέτρηση των καμπτήρων μυών, οι δοκιμαζόμενοι εκτελούσαν πλήρη κάμψη της άρθρωσης του γόνατος με μόνη διαφοροποίηση την αρχική όρθια θέση τοποθέτησης (άρθρωση ισχίου 120°- άρθρωση γόνατος 0°, όπου 0°= πλήρη έκταση). Εκτελέστηκαν 3 προσπάθειες, με ενδιάμεση αποκατάσταση 5s, λαμβάνοντας υπόψιν την καλύτερη.

3.5 Πρωτόκολλο παρεμβατικής άσκησης

Η παρεμβατική άσκηση ήταν άμεση και περιλάμβανε την εκτέλεση δύο δυναμικών ασκήσεων πάνω σε πλατφόρμα. Αναλυτικότερα, οι ασκήσεις ήταν: α) εκτέλεση ημικαθίσματος (εύρους 0-90°, όπου 0°= πλήρη έκταση) και β) εκτέλεση προβολής (τοποθέτηση του ενός ποδιού πάνω στην πλατφόρμα και του άλλου εκτός αυτής) με το κάθε πόδι χωριστά. Ο ρυθμός κίνησης που ακολουθήθηκε από τους δοκιμαζόμενους για την εκτέλεση των δυναμικών ασκήσεων ήταν 2:2 και καθορίστηκε με την βοήθεια ενός μετρονόμου, ενώ η γωνία εκτέλεσης των ασκήσεων με τη βοήθεια ενός γωνιόμετρου. Η διάρκεια εκτέλεσης της κάθε άσκησης ήταν 30s, δηλαδή συνολική διάρκεια 90s. Η συχνότητα δόνησης των ασκήσεων στην πειραματική ομάδα ήταν 50Hz και το εύρος δόνησης χαμηλό (2mm). Η διάρκεια αποκατάστασης μετά την παρεμβατική άσκηση για την εκτέλεση των τελικών μετρήσεων ήταν 6min (Πίνακας 3.3).

Πίνακας 3.3 Πρωτόκολλο παρεμβατικής άσκησης

Πρωτόκολλο Παρεμβατικής Άσκησης		
Άσκηση	Ημικάθισμα 120° - 90°	Προβολή
Τύπος άσκησης	Δυναμική (ρυθμός 2:2)	
Διάρκεια δόνησης	30s	30s+30s= 120s
Συχνότητα δόνησης	50Hz	
Εύρος δόνησης	2mm	
Περίοδος αποκατάστασης	6min	

3.6 Όργανα μέτρησης

Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά

Το σωματικό ανάστημα μετρήθηκε με αναστημόμετρο με ακρίβεια εκατοστού και το σωματικό βάρος με ζυγαριά ακριβείας (Bilance Salus, Italy). Ο προσδιορισμός του ποσοστού λίπους έγινε με την μέθοδο μέτρησης δερματοπτυχών σύμφωνα με τους Durnin & Womersley (1974) και χρησιμοποιήθηκε δερματοπτυχόμετρο τύπου Harpender (British Indicators Ltd, UK).

Δρομική ταχύτητα & Κινηματικά χαρακτηριστικά

Για τη μέτρηση της επίδοσης στο δρόμο των 60m χρησιμοποιήθηκαν φωτοκύτταρα τύπου Brower Timing Systems (Brower, USA). Για τη βιντεοσκόπηση της δοκιμασίας χρησιμοποιήθηκε κάμερα SONY (HDR SR10E), με καταγραφή 50 frames/sec. Για την ανάλυση των κινηματικών χαρακτηριστικών του δρομικού διασκελισμού χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ανάλυσης Peak Motus (Version 8).

Ευλυγισία

Ο προσδιορισμός της ευλυγισίας έγινε με το αντίστοιχο όργανο μέτρησης της δοκιμασίας “sit & reach” box.

Αλτική Ικανότητα

Η αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας των κάτω άκρων έγινε με το οπτικό σύστημα μέτρησης (1/10000sec) Optojump (Microgate, It.), η εγκυρότητα και αξιοπιστία του οποίου έχει επιβεβαιωθεί από τους Lehance, Croisier & Bury (2005).

Μυϊκή ισχύς

Η μυϊκή ισχύς των εκτεινόντων και των καμπτήρων της άρθρωσης του γόνατος μετρήθηκε με επιταχυνσιόμετρο-δυναμόμετρο τύπου BoscoLab (Italy).

Παρεμβατική άσκηση

Το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης εκτελέστηκε σε πλατφόρμα δόνησης της Power Plate®, μοντέλο Pro5. Ο ρυθμός της κίνησης των ασκήσεων δόθηκε με τη βοήθεια μετρονόμου Witter metronome taktell Picollo (Germany) και η γωνία εκτέλεσης των ασκήσεων καθορίστηκε με γωνιόμετρο Lafayette, model 01129-Guymon Goniometer (In, USA).

3.7 Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων περιελάμβανε:

- Περιγραφική στατιστική (μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις)
- Έλεγχο t (t-test) για εξαρτημένα δείγματα
- Ανάλυση διασποράς διπλής κατεύθυνσης (2-way ANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις
- Πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA) με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις.

Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο 0.05 ($p < 0.05$).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας αφορούν στην επίδραση δυναμικών ασκήσεων με και χωρίς την εφαρμογή δόνησης, στη δρομική ταχύτητα (Δ.Τ.), σε κινηματικά χαρακτηριστικά του δρομικού διασκελισμού, καθώς και στην αλτική ικανότητα, στη μυϊκή ισχύ και στην ευλυγισία των κάτω άκρων.

Αρχικά, παρουσιάζονται τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων καθώς και τα συγκριτικά αποτελέσματα των αρχικών μετρήσεων για τις δύο ομάδες (πειραματική ομάδα και ομάδα ελέγχου). Στη συνέχεια παρατίθενται τα αποτελέσματα των αρχικών και τελικών μετρήσεων, καθώς και οι πιθανές μεταβολές που προέκυψαν μετά την παρεμβατική άσκηση στην απόδοση στο δρόμο ταχύτητας των 60μ. και στις επιλεγμένες νευρομυϊκές παραμέτρους και για τις δύο ομάδες.

4.1 Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και αρχικές μετρήσεις όλων των δοκιμαζομένων

Οι δύο ομάδες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τα ανθρωπομετρικά τους χαρακτηριστικά (Πίνακας 4.1) και τις αρχικές μετρήσεις αξιολόγησης (Πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.1 Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά και ατομική επίδοση στο δρόμο ταχύτητας 60μ. πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου.

	Πειραματική Ομάδα N=19	Ομάδα ελέγχου N=16
Ηλικία (έτη)	21.1 ± 4.37	22.8 ± 4.22
Ύψος (cm)	177.2 ± 4.90	176.19 ± 5.45
Σωματική Μάζα (Kg)	72.6 ± 9.73	72.03 ± 3.86
Σωματικό Λίπος (%)	9.6 ± 2.05	9.6 ± 2.01
Ατομική επίδοση 100m (s)	11.4 ± 0.33	11.5 ± 0.46
Προπονητική Ηλικία (έτη)	8.0 ± 4.99	8.25 ± 3.04

Πίνακας 4.2 Αρχικές μετρήσεις δρόμου ταχύτητας (60m), επιτόπιου κάθετου άλματος (CMJ), δίπλωσης από εδραία θέση (S&R) και δυναμομέτρησης κάτω άκρων, πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου. (Εκ_δ= εκτείνοντες μύες γόνατος δεξιού ποδιού, Εκ_α= εκτείνοντες μύες γόνατος αριστερού ποδιού, Κ_δ= καμπτήρες μύες γόνατος δεξιού ποδιού, Κ_α= καμπτήρες μύες γόνατος αριστερού ποδιού)

	Πειραματική ομάδα	Ομάδα ελέγχου	
60m (s)	7.46 ± 0.30	7.63 ± 0.34	
CMJ (cm)	45.59 ± 4.72	42.94 ± 5.06	
S&R (cm)	27.81 ± 9.59	24.38 ± 4.79	
Δυναμομέτρηση (W/kg)	Εκ _δ	3.07 ± 0.60	3.12 ± 0.44
	Εκ _α	3.10 ± 0.69	3.19 ± 0.45
	Κ _δ	2.19 ± 0.44	2.13 ± 0.37
	Κ _α	3.13 ± 0.50	2.07 ± 0.39

4.2 Επίδραση της παρεμβατικής άσκησης

4.2.1 Επίδοση, μέση ταχύτητα και κινηματικά χαρακτηριστικά στο δρόμο ταχύτητας (60m)

Στην τελική επίδοση του δρόμου ταχύτητας (60μ.) δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης σε καμία από τις δύο ομάδες (Πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.3 Επίδοση δρόμου ταχύτητας (60m) και ποσοστιαία μεταβολή μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης, πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου.

	Αρχική μέτρηση (s)	Τελική μέτρηση (s)	Μεταβολή %
Πειραματική ομάδα	7.46 ± 0.30	7.51 ± 0.28	0.73
Ομάδα ελέγχου	7.63 ± 0.34	7.64 ± 0.28	0.12

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές μεταβολές μεταξύ αρχικών και τελικών μετρήσεων στην επίδοση των επιμέρους δρομικών αποστάσεων 10, 20, 30, 40 και 50μ. και στις δύο ομάδες ($p < 0.05$) (Πίνακας 4.4).

Πίνακας 4.4 Επίδοση στις δρομικές αποστάσεις 10, 20, 30, 40, 50 και 60m και ποσοστιαία μεταβολή μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας

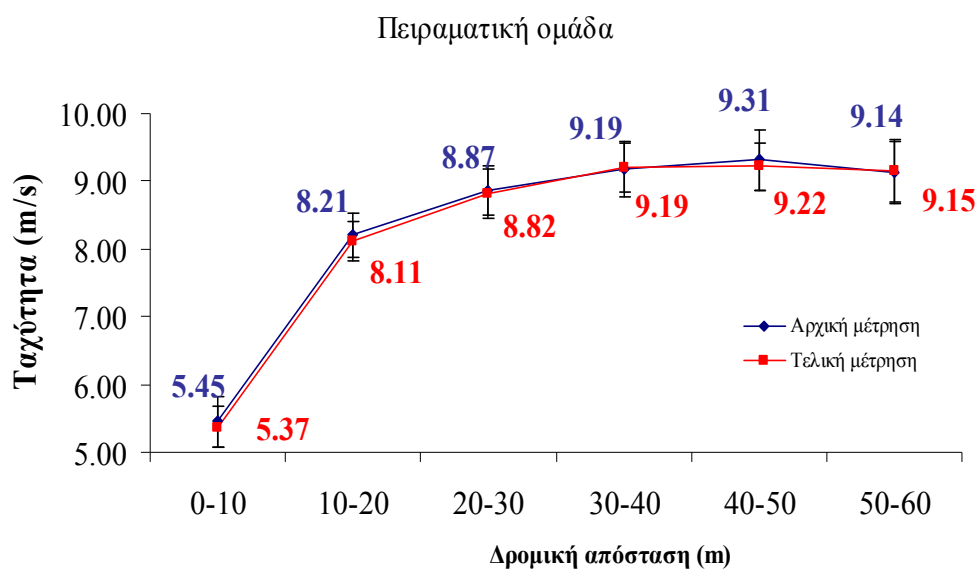
Ομάδα	Δρομική απόσταση (m)	Αρχική Μέτρηση (s)	Τελική μέτρηση (s)	Μεταβολή %
Πειραματική ομάδα	10	1.84 ± 0.12	1.87 ± 0.11	1.34
	20	3.06 ± 0.14	3.10 ± 0.13	1.27
	30	4.19 ± 0.16	4.23 ± 0.17	1.10
	40	5.28 ± 0.20	5.32 ± 0.20	0.86
	50	6.35 ± 0.24	6.41 ± 0.24	0.87
	60	7.45 ± 0.30	7.50 ± 0.28	0.73

Στον Πίνακα 4.5 όπου παρουσιάζονται οι μέσες ταχύτητες στις δρομικές αποστάσεις 10, 20, 30, 40, 50 και 60μ. προκύπτει ότι δεν υπάρχουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές σε καμία από τις δύο ομάδες ($p < 0.05$).

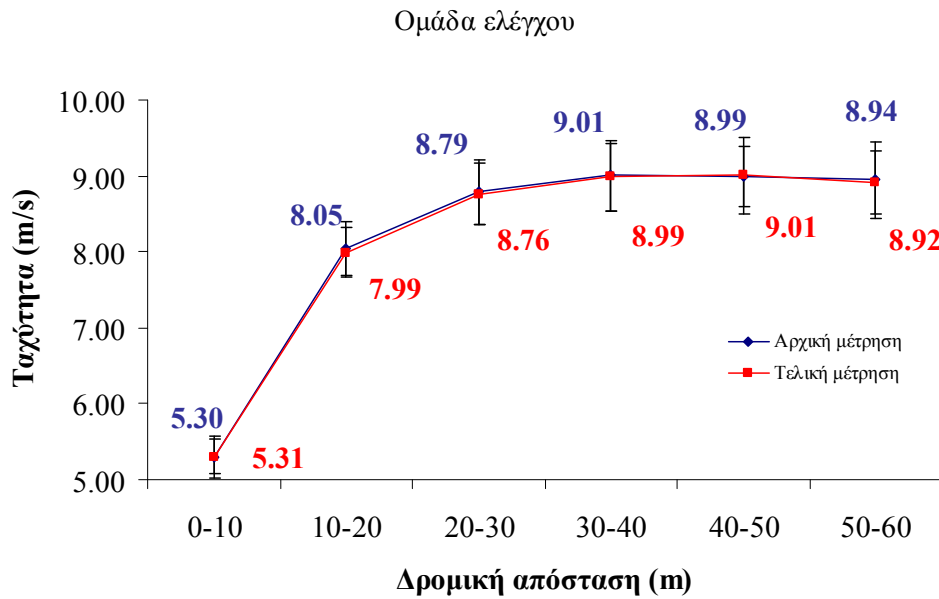
Πίνακας 4.5 Μέση ταχύτητα στις δρομικές αποστάσεις 10, 20, 30, 40, 50 και 60μ και ποσοστιαία μεταβολή μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας

Ομάδα	Δρομική αποσταση (m)	Αρχική Μέτρηση (m/s)	Τελική μέτρηση (m/s)	Μεταβολή %
Πειραματική ομάδα	10	5.45 ± 0.37	5.37 ± 0.30	-1.48
	20	6.54 ± 0.30	6.46 ± 0.27	-1.32
	30	7.17 ± 0.29	7.09 ± 0.29	-1.11
	40	7.58 ± 0.30	7.52 ± 0.29	-0.87
	50	7.88 ± 0.31	7.81 ± 0.30	-0.90
	60	8.06 ± 0.32	8.00 ± 0.31	-0.75

Στα Σχήματα 4.1 και 4.2 απεικονίζονται οι καμπύλες της ταχύτητας του δρόμου των 60μ. (αρχική – τελική μέτρηση) για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου αντίστοιχα. Σε όλες τις προσπάθειες παρατηρείται ότι η μέγιστη δρομική ταχύτητα επιτυγχάνεται στην απόσταση των 40-50μ.

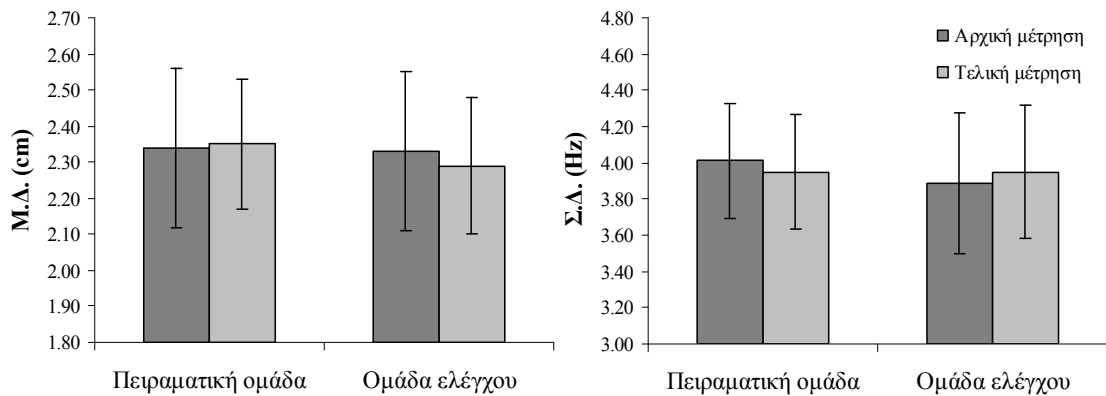


Σχήμα 4.1 Καμπύλη μέσης ταχύτητας δρόμου 60m στην αρχική και τελική μέτρηση της πειραματικής ομάδας



Σχήμα 4.2 Καμπύλη μέσης ταχύτητας δρόμου 60m στην αρχική και τελική μέτρηση της ομάδας ελέγχου

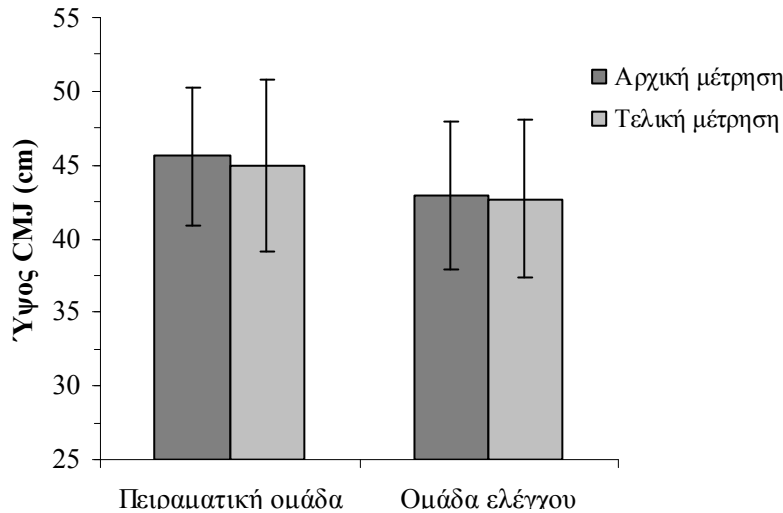
Όσον αφορά στις εξαρτημένες μεταβλητές μήκος (Μ.Δ.) και συχνότητα του δρομικού διασκελισμού (Σ.Δ.), ο στατιστικός έλεγχος παρουσίασε μη σημαντικές μεταβολές μεταξύ των μετρήσεων και για τις δύο ομάδες των δοκιμαζομένων (Σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3 Μήκος (Μ.Δ.) και συχνότητα (Σ.Δ.) δρομικού διασκελισμού στη φάση της μέγιστης ταχύτητας (40m-50m) στην αρχική και τελική μέτρηση της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου

4.2.2 Αλτική ικανότητα (CMJ)

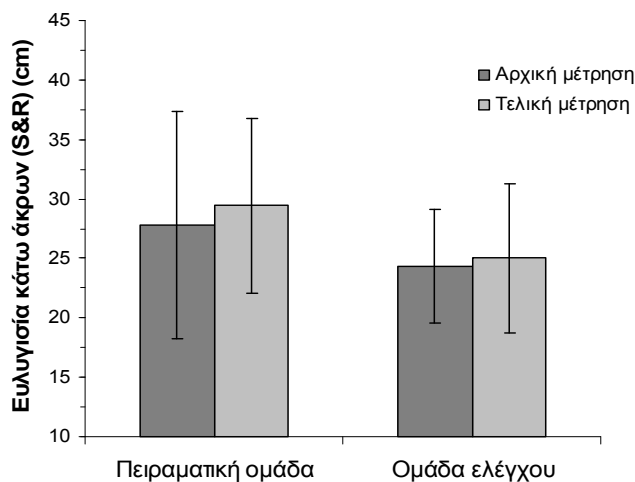
Η μεταβολή στο ύψος του άλματος μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης δεν ήταν στατιστικά σημαντική σε καμία από τις δύο ομάδες (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.4 Επίδοση επιτόπιου κάθετου άλματος (CMJ) στην αρχική και τελική μέτρηση της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

4.2.3 Ευλυγισία κάτω άκρων (S&R)

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η παράμετρος της ευλυγισίας δεν επηρεάστηκε σημαντικά μετά την παρεμβατική άσκηση σε καμία από τις δύο ομάδες, παρά το γεγονός ότι η πειραματική ομάδα παρουσίασε ποσοστιαία βελτίωση κατά 5.53% (Σχήμα 4.5).



Σχήμα 4.5 Ευλυγισία κάτω άκρων στην αρχική και τελική μέτρηση πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου.

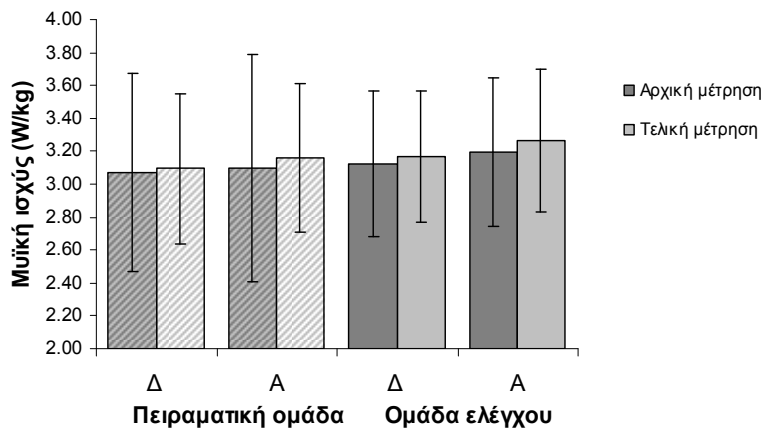
4.2.4 Μυϊκή ισχύς κάτω άκρων

4.2.4.1 Σχετικές τιμές

Στα Σχήματα 4.6 και 4.7 παρουσιάζονται οι σχετικές τιμές της μυϊκής ισχύος των εκτεινόντων και των καμπτήρων μυών του γόνατος αντίστοιχα, καθώς και οι ποσοστιαίες μεταβολές μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης για τους δοκιμαζόμενους και των δύο ομάδων.

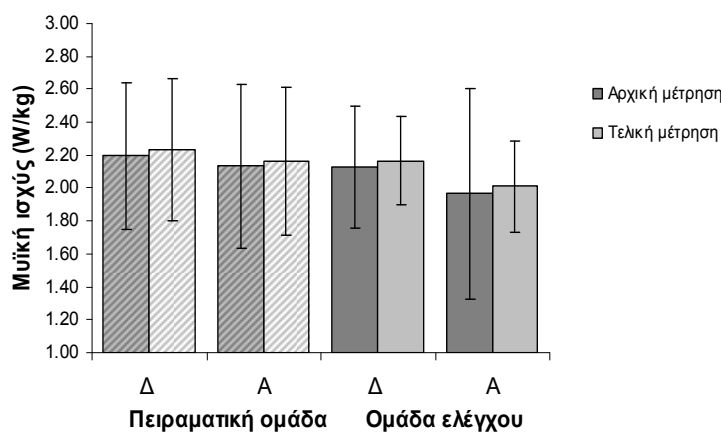
Παρουσιάζεται ότι η μυϊκή ισχύς των εκτεινόντων και των καμπτήρων μυών του γόνατος δεν βελτιώθηκε σημαντικά μετά την παρεμβατική άσκηση σε καμία από τις δύο ομάδες.

Εκτεινόντες μύες γόνατος



Σχήμα 4.6 Μυϊκή ισχύς εκτεινόντων μυών του γόνατος, ανά kg Σ.Μ., στην αρχική και τελική μέτρηση της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου (Σ.Μ.=σωματική μάζα, Δ=δεξί πόδι, A= αριστερό πόδι)

Καμπτήρες μύες γόνατος



Σχήμα 4.7 Μυϊκή ισχύς καμπτήρων μυών του γόνατος, ανά kg Σ.Μ. αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου (Σ.Μ.=σωματική μάζα, Δ=δεξί πόδι, A= αριστερό πόδι)

4.2.4.2 Απόλυτες τιμές

Οι απόλυτες τιμές της μυϊκής ισχύος των κάτω άκρων, που παρατίθενται στον Πίνακα 4.6, δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές μεταβολές σε καμία από τις εξεταζόμενες παραμέτρους.

Πίνακας 4.6 Μυϊκή ισχύς εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος σε απόλυτες τιμές και ποσοστιαίες μεταβολές μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

	Δυναμομέτρηση (W)			Μεταβολή %
	Αρχική Μέτρηση	Τελική μέτρηση		
Πειραματική ομάδα	Εκ _δ	225.74 ± 50.14	227.83 ± 43.68	0.92
	Εκ _α	227.79 ± 55.76	232.95 ± 46.278	2.21
	Κ _δ	161.47 ± 36.93	164.79 ± 38.238	2.01
	Κ _α	157.26 ± 41.47	160 ± 42.42	1.71
Ομάδα ελέγχου	Εκ _δ	224.93 ± 28.60	227.81 ± 27.09	1.26
	Εκ _α	229.81 ± 28.45	234.63 ± 26.96	2.05
	Κ _δ	153.06 ± 22.49	155.86 ± 16.86	1.8
	Κ _α	148.39 ± 23.32	143.63 ± 21.61	-3.32

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα μελέτησε την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε κινηματικά χαρακτηριστικά και νευρομυϊκές παραμέτρους σε δρομείς ταχύτητας.

Κύρια ευρήματα της έρευνας ήταν ότι:

1. Η άμεση εφαρμογή της άσκησης με δόνηση δεν επέφερε μεταβολές τόσο στην τελική επίδοση και τη δρομική ταχύτητα του δρόμου των 60μ., όσο και στις επιμέρους δρομικές αποστάσεις 10, 20, 30, 40 & 50μ. στη πειραματική ομάδα ($p < 0.05$).
2. Η άμεση εφαρμογή της άσκησης με δόνηση δεν επέφερε μεταβολές στα κινηματικά χαρακτηριστικά, μήκος (Μ.Δ.) και συχνότητα δρομικού διασκελισμού (Σ.Δ.), στη φάση της μέγιστης ταχύτητας (40-50μ.) του δρόμου των 60μ. στη πειραματική ομάδα.
3. Η άμεση εφαρμογή της άσκησης με δόνηση δεν επέφερε μεταβολές στις νευρομυϊκές παραμέτρους της αλτικής ικανότητας, μυϊκής ισχύος και ευλυγισίας των κάτω άκρων στη πειραματική ομάδα.
4. Η παρεμβατική άσκηση χωρίς την εφαρμογή δόνησης δεν επέφερε στατιστικά σημαντικές μεταβολές σε καμία από τις εξεταζόμενες παραμέτρους στην ομάδα ελέγχου.

Στη συζήτηση που θα ακολουθήσει, θα γίνει αναφορά στην άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στη επίδοση, στα κινηματικά χαρακτηριστικά του δρόμου ταχύτητας των 60m και στις μελετούμενες νευρομυϊκές παραμέτρους απόδοσης, καθώς και σε πιθανές ερμηνείες των αποτελεσμάτων.

5.1 Επίδραση της άσκησης με δόνηση στην επίδοση του δρόμου ταχύτητας (60μ.)

Η παρούσα έρευνα έδειξε ότι η άμεση εφαρμογή δόνησης δεν επιφέρει στατιστικά σημαντικές μεταβολές στην επίδοση του δρόμου ταχύτητας των 60μ. Τόσο ο χρόνος όσο και η μέση δρομική ταχύτητα δεν φάνηκε να επηρεάζονται μετά την εκτέλεση ασκησιολογίου υπό την επίδραση της δόνησης. Οι δοκιμαζόμενοι της πειραματικής ομάδας παρουσίασαν αύξηση στο χρόνο επίδοσης κατά 0.73% και στη δρομική ταχύτητα κατά 0.73%. Μελετώντας εξατομικευμένα κάθε δοκιμαζόμενο είναι φανερό ότι προκύπτουν διαφοροποιήσεις αναφορικά με την ανταπόκριση του κάθε οργανισμού στο ερέθισμα της δόνησης. Αναλυτικότερα, φάνηκε ότι 11 από τους 19 δοκιμαζόμενους της πειραματικής ομάδας, δεν είχαν θετική ανταπόκριση στη δόνηση και έτρεξαν την απόσταση των 60μ. πιο αργά. Αντιθέτως οι υπόλοιποι 8 φάνηκε να ανταποκρίνονται θετικά και έτρεξαν πιο γρήγορα τα 60μ.

Το γεγονός ότι δεν επηρεάστηκε η τελική επίδοση στο δρόμο ταχύτητας των 60μ. δεν απέκλειε τη πιθανότητα ύπαρξης μεταβολών στις επιμέρους δρομικές φάσεις του δρόμου ταχύτητας (φάση εκκίνησης, φάση επιτάχυνσης, φάση μέγιστης ταχύτητας και φάση διατήρησης της ταχύτητας) Μελετώντας αναλυτικότερα τον χρόνο επίδοσης και τη δρομική ταχύτητα στις επιμέρους δρομικές αποστάσεις των 10, 20, 30, 40 και 50μ. φάνηκε ότι ούτε εκεί υπήρξαν σημαντικές μεταβολές.

Τελικά φάνηκε ότι δεν επιβεβαιώθηκαν οι αρχικές ερευνητικές υποθέσεις όπου ανέμεναν στατιστικά σημαντικές μεταβολές και αυτό πιθανά να οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους. Έιτε η επιβάρυνση του πρωτόκολλου άσκησης ήταν χαμηλή, είτε «υπερβολικά» υψηλή. Χαμηλή επιβάρυνση σημαίνει μη επαρκές ερέθισμα ενεργοποίησης του τονικού αντανακλαστικού δόνησης (TVR), δηλαδή μη λειτουργία του βασικού μηχανισμού στον οποίο αποδίδουν οι περισσότεροι ερευνητές τις νευρομυϊκές αποκρίσεις και επακόλουθα την αυξημένη απόδοση. «Υπερβολικά» υψηλή επιβάρυνση σημαίνει νευρομυϊκή κόπωση που ερμηνεύεται ως ανικανότητα του μυός να παράγει ένα αναμενόμενο επίπεδο δύναμης και συνεπώς μειωμένη απόδοση.

Με βάση την θεωρία των κινητικών δραστηριοτήτων μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης (P.A.P.), υπάρχει μία ιδανική αναλογία ανάμεσα στην νευρομυϊκή ενεργοποίηση και τη νευρομυϊκή κόπωση. Σύμφωνα με αυτήν, ορισμένες κινητικές δραστηριότητες επιφέρουν βραχυπρόθεσμη βελτίωση στην εθελούσια μυϊκή ενεργοποίηση μέσω της νευρομυϊκής διέγερσης, χωρίς ωστόσο να επέρχεται αντίστοιχα νευρομυϊκή κόπωση (Batista et al., 2007). Παρά το γεγονός ότι τόσο η ενεργοποίηση όσο και η κόπωση έχουν αντίθετες επιδράσεις, και οι δύο αποτελούν συνέπεια κάθε μυϊκής δραστηριότητας και συνεπώς συνυπάρχουν ως δύο διαφορετικοί μηχανισμοί λειτουργίας (Rassier & MacIntosh, 2000). Συνεπώς, η παραγόμενη δύναμη που προκύπτει μέσω μιας μυϊκής συστολής αντικατοπτρίζει την «καθαρή» ισορροπία μεταξύ των διαδικασιών που ενισχύουν την ανάπτυξη της δύναμης (ενεργοποίηση) και σε αυτές που την μειώνουν (κόπωση) (Vandenboom, Grange & Houston, 1993). Ο όρος «νευρομυϊκή κόπωση», θα μπορούσε συνοπτικά να οριστεί ως η μείωση της παραγόμενης δύναμης μετά από μία περίοδο επαναλαμβανόμενης μυϊκής δραστηριότητας (Rassier & MacIntosh, 2000). Συνεπώς, στην παρούσα μελέτη, ο σχεδιασμός και η εφαρμογή του πρωτοκόλλου της άσκησης δόνησης δεν κατάφερε να έχει την ιδανική ισορροπία μεταξύ νευρομυϊκής ενεργοποίησης και νευρομυϊκής κόπωσης, λειτουργώντας υπέρ της δεύτερης, με συνέπεια τη μείωση της απόδοσης.

Η νευρομυϊκή ενεργοποίηση ή αλλιώς αυξημένη απόκριση του νευρομυϊκού συστήματος οφείλεται κυρίως στην αυξημένη δραστηριότητα των υψηλότερων κέντρων κινητικού ελέγχου (Milner-Brown, Stein & Lee, 1975). Ο μηχανισμός λειτουργίας στον οποίο αποδίδουν οι περισσότεροι ερευνητές τη νευρομυϊκή ενεργοποίηση και συνεπώς τις θετικές επιδράσεις της άσκησης δόνησης, είναι η ενεργοποίηση του T.V.R. Τα μηχανικά ερεθίσματα δόνησης μεταφέρονται διαμέσου ολόκληρου του σώματος, διεγείροντας τους ιδιοδεκτικούς υποδοχείς και ιδιαίτερα τις μυϊκές ατράκτους, επιφέροντας υψηλή διεγερσιμότητα στους α-κινητικούς νευρώνες, προκαλώντας μυϊκές συστολές. (Hagbarth & Eklund, 1966). Οι Burke et al. (1976) θεωρούν ότι το αντανακλαστικό της δόνησης διεγείρει στην πλειοψηφία ή κατά αποκλειστικότητα α-κινητικούς νευρώνες χωρίς να χρησιμοποιεί τις ίδιες φυγόκεντρες φλοιώδεις οδούς που χρησιμοποιούνται κατά την εθελούσια μυϊκή συστολή. Στην παρούσα μελέτη, υπάρχει το ενδεχόμενο η άσκηση δόνησης να μην επέφερε την αναμενόμενη νευρομυϊκή ενεργοποίηση χωρίς ωστόσο να μπορεί αυτό να επιβεβαιωθεί, αφού δεν καταγράφηκε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα σε βασικές μυϊκές ομάδες.

Συγκεκριμένα, σε έρευνα των Issurin & Tenenbaum (1999) έχει φανεί ότι οι νευρομυϊκές αποκρίσεις ως προς το ερέθισμα της δόνησης, διαφέρουν σημαντικά ($p < 0.05$) σε αρχάριους αθλητές (αύξηση 7.9%) και σε αθλητές υψηλού επιπέδου (αύξηση 10.4%). Αυτό πιθανά οφείλεται στο γεγονός ότι οι αθλητές υψηλού επιπέδου παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανταπόκριση στο ερέθισμα της δόνησης λόγω του υψηλότερου βαθμού διεγερσιμότητας των ιδιοδεκτικών υποδοχέων και του Κ.Ν.Σ (Issurin & Tenenbaum, 1999). Στηριζόμενοι στα ευρήματα αυτά, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι οι αθλητές αυτού του επιπέδου χρειάζονται μεγαλύτερης έντασης ή διάρκειας ερέθισμα δόνησης προκειμένου να επιτευχθεί η προσδωκόμενη ενεργοποίηση του νευρομυϊκού συστήματος και συνεπώς κάτι αντίστοιχο να συνέβει και στην παρούσα έρευνα.

Αν και είναι γνωστό ότι τα χαρακτηριστικά της δόνησης, συχνότητα, μέγεθος και τύπος δόνησης, επηρεάζουν σημαντικά τις φυσιολογικές αποκρίσεις του ανθρώπινου οργανισμού, δεν μπορεί ωστόσο να προβλεφθεί η ακριβής επίδραση (Griffin, 1996). Με βάση την παραπάνω παρατήρηση και το γεγονός ότι στην παρούσα έρευνα το δείγμα αποτέλεσαν αθλητές ταχύτητας με επαρκή προπονητική εμπειρία (8.0 ± 4.99 έτη), πιθανόν η μειωμένη απόδοση να οφείλεται στα χαρακτηριστικά της δόνησης ή στο πρωτόκολλο που εφαρμόστηκε. Η επιλεγμένη διάρκεια εφαρμογής της δόνησης (90s), η ένταση αυτής (συχνότητα 50Hz) ή η διάρκεια αποκατάστασης μέχρι την τελική μέτρηση, ίσως επέδρασαν αντίστροφα σε σχέση με την επιδιωκόμενη νευρομυϊκή ενεργοποίηση και τελικά επέφεραν νευρομυϊκή κόπωση.

Η χρήση των ασκήσεων υπό την επίδραση δόνησης, ως μέρος της προθέρμανσης των δοκιμαζομένων, είχε ως αρχικό σκοπό τη νευρομυϊκή ενεργοποίηση, με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης στη δοκιμασία αξιολόγησης του δρόμου ταχύτητας. Τα χαρακτηριστικά της δόνησης και το εφαρμοσμένο πρωτόκολλο άσκησης καθορίστηκαν με βάση βιβλιογραφικές πηγές και ευρήματα σχετικών ερευνών που ανέφεραν θετικές επιδράσεις της άμεσης άσκησης με δόνηση στη μυϊκή απόδοση (Bosco et al., 2000; Torvinen et al., 2002; Roelants et al., 2006; Stewart et al., 2007), σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα πιλοτικής μελέτης που διεξήχθη (παράρτημα Β). Ωστόσο, δεν υπήρχε παρόμοια έρευνα με αντικείμενο μελέτης την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στην απόδοση σε δρόμους ταχύτητας, ώστε να έχουμε στοιχεία για το σχεδιασμό του πρωτοκόλλου άσκησης. Παρά τις προσπάθειες για το σχεδιασμό ενός αποδοτικού πρωτοκόλλου άσκησης δόνησης, δεν υπήρξαν τα αναμενόμενα θετικά αποτελέσματα στην απόδοση στο δρόμο ταχύτητας των 60μ.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα ευρήματα των Romaiugere, Vedel & Pagni (1993) οι οποίοι δείχνουν ότι το κατώφλι επιστράτευσης των κινητικών μονάδων είναι χαμηλότερο κατά τη διάρκεια της δόνησης σε σχέση με την εθελούσια μυϊκή συστολή. Αυτό σημαίνει ταχύτερη επιστράτευση των υψηλά διεγειρόμενων κινητικών μονάδων-ινών ταχείας συστολής και συνεπώς μεγαλύτερο ερέθισμα επιβάρυνσης (Rittweger et al., 2000; 2003). Με βάση τα παραπάνω θα αναμενόταν βελτίωση της απόδοσης στο δρόμο ταχύτητας, αφού η βέλτιστη διεγερσιμότητα των κινητικών νευρώνων και η ενεργοποίηση των ινών ταχείας συστολής αποτελούν βασικούς παράγοντες απόδοσης στα δρομικά αγωνίσματα

ταχύτητας (Delecluse, 1997b; Romaiquere, 1993). Παρόλα αυτά, τίποτα από τα παραπάνω δεν φάνηκε να συμβαίνει στην παρούσα μελέτη.

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι στατιστικά σημαντικές μεταβολές δεν υπήρξαν και στα κινηματικά χαρακτηριστικά, μήκος (ΜΔ) και συχνότητα (ΣΔ) δρομικού διασκελισμού της φάσης μέγιστης ταχύτητας (40-50μ.) όπου και έγινε η καταγραφή και ανάλυσή τους. Ουσιαστικά φάνηκε ότι το ΜΔ και η ΣΔ παρέμειναν σχεδόν αμετάβλητες μετά την παρεμβατική άσκηση αφού οι ποσοστιαίες μεταβολές ήταν της τάξεως του 0.36% και -1.5% αντίστοιχα.

Μελετώντας μεμονομένα τα αποτελέσματα των δοκιμαζόμενων της πειραματικής ομάδας φαίνεται ότι υπάρχει διαφορετική αναλογία στις μεταβολές που έχουν προκύψει κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του δρόμου ταχύτητας. Αναλυτικότερα το Μ.Δ. φαίνεται να αυξήθηκε κατά 5.2% σε 12 δοκιμαζόμενους, ενώ μειώθηκε κατά 7.4% σε 7 από αυτούς. Αντίστοιχα, η Σ.Δ. αυξήθηκε κατά 6.4% σε 7 δοκιμαζόμενους και μειώθηκε κατά 5.9% σε 12. Αυτό σημαίνει ότι οι διαφοροποιήσεις αυτές ανάμεσα στους δοκιμαζόμενους, όταν αξιολογηθούν αθροιστικά, εξομαλύνονται και δεν αποτελούν στο μέσο όρο τους στατιστικά σημαντικές μεταβολές.

5.2 Επίδραση της άσκησης με δόνηση στην μυϊκή απόδοση

Η παρεμβατική άσκηση δόνησης φάνηκε ότι δεν επηρέασε τις εξεταζόμενες νευρομυϊκές παραμέτρους, αλτική ικανότητα, μυϊκή ισχύ και ευλυγισία των κάτω άκρων, γεγονός που πιθανά να οφείλεται στο εφαρμοσμένο πρωτόκολλο της άσκησης. Ο σχεδιασμός του πρωτοκόλλου άσκησης στηρίχθηκε στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και στα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης που αρχικά διεξήχθη (Παράρτημα Β).

Μυϊκή ισχύς

Έρευνες έχουν δείξει ότι η άσκηση με δόνηση αυξάνει τη μυϊκή δραστηριότητα (Issurin et al., 1994; Bosco et al., 2000) συμβάλλοντας στην αποδοτικότερη επιστράτευση κινητικών μονάδων (McBride et al., 2004) και, ουσιαστικά, διεγείρει το νευρομυϊκό σύστημα μέσω της ενεργοποίησης του τονικού αντακλαστικού δόνησης (T.V.R.) (Hagbarth, Kunesch, Nordin, Schmidt & Wallin, 1986). Αναλυτικότερα, σε έρευνα των Torvinen et al. (2002), που εφαρμόσαν την ίδια μέθοδο αξιολόγησης της μυϊκής απόδοσης (δυναμομέτρηση) με την παρούσα μελέτη, βρέθηκε ότι η μέγιστη ισομετρική δύναμη παρουσίασε σημαντική βελτίωση κατά 3.2% στο 2^ο min αποκατάστασης ($p=0.02$) ενώ το πρωτόκολλο της άσκησης διέφερε σε σχέση με τη παρούσα μελέτη όσο αφορά στη διάρκεια της δόνησης (4min) και τη συχνότητα (15-35Hz). Θετικές επιδράσεις φάνηκε να προκύπτουν και στην έρευνα των Stewart et al (2007), όπου η άμεση επίδραση της άσκησης δόνησης μικρής διάρκειας (2min) επέφερε βελτίωση τόσο στην μέση όσο και στη μέγιστη ροπή (μέση ροπή: 3.6%, μέγιστη ροπή: 2.7%), ενώ η δόνηση μεγαλύτερης διάρκειας επέφερε μείωση (στα 4min -μέση ροπή: -0.8%, μέγιστη ροπή: 3.8% και στα 6min μέση ροπή: -5.2%, μέγιστη ροπή: -6.0%).

Αντίθετα αποτελέσματα ωστόσο φαίνεται να προκύπτουν από άλλη έρευνα (Erskine et al., 2007) στην οποία οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν ισομετρικό

ημικάθισμα συνολικής διάρκειας 10min (30Hz, 3.5g.) και φάνηκε ότι η μέγιστη εκούσια συστολή μειώθηκε σε σχέση με τις αρχικές μετρήσεις. Αυτή η μείωση πιθανά να οφείλεται στην εκτεταμένης διάρκειας εφαρμογή της δόνησης, αφού έχει φανεί ότι ένας, μακράς διάρκειας, ερεθισμός των μυϊκών ατράκτων μέσω της δόνησης οδηγεί σε μυϊκή κόπωση (Eklund, 1972; Martin & Park, 1997) έχοντας ως αποτέλεσμα τη μείωση του «ρυθμού εκπυρσοκρότησης» των κινητικών μονάδων καθώς και τη μείωση της συστολής.

Πιθανόν λοιπόν και στην παρούσα μελέτη η επιλογή του εφαρμοσμένου πρωτοκόλλου άσκησης να μην ήταν το ιδανικό προκειμένου να επιφέρει βελτίωση στη μυϊκή απόδοση. Εντούτοις, ακόμα και σε έρευνα όπου εφαρμόστηκε πρωτόκολλο χαμηλότερης επιβάρυνσης (30Hz, 2.5mm, για 30s) σε σχέση με τα προαναφερόμενα όπου ανέφεθησαν θετικές επιδράσεις, δεν υπήρξε σημαντική αύξηση της μυϊκής δραστηριότητας του έσω και έξω πλατύ καθώς και του δικέφαλου μηριαίου (Cormie et al, 2006).

Μελετώντας εξατομικευμένα τις σχετικές τιμές της μυϊκής ισχύος που προέκυψαν από τη δοκιμασία αξιολόγησης της μυϊκής απόδοσης, φαίνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δοκιμαζομένων φάνηκε να βελτιώνονται μετά την εφαρμογή των ασκήσεων με δόνηση χωρίς ωστόσο, αθροιστικά να υπάρχει η αναμενόμενη βελτίωση. Αναλυτικότερα, η μυϊκή ισχύς (σε σχετικές τιμές) των εκτεινόντων μυών του δεξιού ποδιού αυξήθηκε σε 10 δοκιμαζόμενους, ενώ στους υπόλοιπους 9 μειώθηκε, ενώ στο αριστερό πόδι αυξήθηκε σε 16 και μειώθηκε σε 3. Επίσης, η μυϊκή ισχύς (σε σχετικές τιμές) των καμπτήρων μυών του δεξιού ποδιού αυξήθηκε σε 11 δοκιμαζόμενους, ενώ στους υπόλοιπους 8 μειώθηκε και στο αριστερό πόδι, αυξήθηκε σε 12 και μειώθηκε σε 7. Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι ίσως το ερέθισμα της δόνησης να μην ήταν αρκετά έντονο ώστε να επιφέρει νευρομυϊκή ενεργοποίηση με επακόλουθο τη βελτίωση της μυϊκής απόδοσης.

Άλλη πιθανή ερμηνεία των αποτελεσμάτων της παρούσης μελέτης μπορεί να αποδοθεί στα επιμέρους χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων, όπως είναι η σύσταση των μυϊκών ινών (μη ελέγξιμη παράμετρος) και η αυτόσυγκέντρωση των δοκιμαζομένων κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της δοκιμασίας αξιολόγησης.

Αλτική ικανότητα

Παρά το γεγονός ότι έχουν γίνει πολλές έρευνες σε ότι αφορά στην αλτική ικανότητα, δεν έχει ακόμα καθοριστεί ποιο είναι το ιδανικότερο πρωτόκολλο δόνησης που να επιφέρει αύξηση στην απόδοση. Πιθανώς, να υπάρχει μία ιδανική αναλογία μεταξύ «δόσης και ανταπόκρισης» (dose and response) του ανθρώπινου οργανισμού στο ερέθισμα της δόνησης, αφού σε κάθε έρευνα τα ποσοστά βελτίωσης ποικίλουν σε σχέση με το εφαρμοσμένο πρωτόκολλο δόνησης. Έρευνες έχουν δείξει ότι μία και μόνο συνεδρία άσκησης δόνησης μικρής διάρκειας (30 s) επιφέρει βελτίωση του ύψους άλματος κατά 0.7% (Cormie et al., 2006), συνεδρία συνολικής διάρκειας 4min επιφέρει βελτίωση 2.2% (Torvinen et al., 2002b) ενώ μεγαλύτερος αριθμός συνεδριών (10) συνολικής διάρκειας 60 s επιφέρουν σημαντικότερη βελτίωση κατά 3.9% (Bosco et al., 2000) Επίσης, έχει βρεθεί ότι υπάρχουν και μη θετικές επιδράσεις της άμεσης εφαρμογής δόνησης,

αφού μετά από συνεδρία διάρκειας μέχρι εξάντλησης επέρχεται μείωση της αλτικής απόδοσης, όπως είναι αναμενόμενο, κατά 9.1% (Rittweger et al., 2000).

Παρά το γεγονός ότι η παρούσα έρευνα έδειξε ότι η άμεση εφαρμογή δόνησης δεν επέφερε στατιστικά σημαντική μεταβολή στην αλτική ικανότητα, το εφαρμοσμένο πρωτόκολλο είχε σχεδιαστεί με βάση τα πρωτόκολλα ερευνών που έδειξαν θετικές επιδράσεις στην αντίστοιχη εξεταζόμενη παραμέτρο. Αναλυτικότερα, η επιλογή της υψηλής συχνότητας δόνησης (50Hz), έγινε κατόπιν διεξαγωγής πιλοτικής έρευνας, στην οποία φάνηκε ότι η συχνότητα δόνησης 50Hz ήταν αποδοτικότερη στην αλτική απόδοση ($F=19.11$, $p>0.05$), σε σχέση με την συχνότητα των 30 και 40Hz (Παράρτημα Β). Αντίστοιχες θετικές επιδράσεις στην αλτική ικανότητα παρατηρήθηκαν και στην έρευνα των Lamont et al. (2006) μετά από δόνηση συχνότητας 50Hz (διακοπτόμενη) σε σχέση με τη συχνότητα των 30Hz (συνεχόμενη). Η περίοδος αποκατάστασης μετά την εφαρμογή της άσκησης δόνησης καθορίστηκε, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της πιλοτικής μελέτης, στην οποία παρατηρήθηκε ότι στο 6^ο min αποκατάστασης παρουσιάστηκε η βέλτιστη απόδοση στην αλτική ικανότητα. Τέλος ο τύπος της άσκησης επιλέχθηκε με βάση τα ευρήματα άλλων ερευνητών (DeRuiter et al., 2003; Bosco et al., 1998) που κατέδειξαν ότι η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω πλατύ και δικέφαλου μηριαίου αυξήθηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό κατά την εκτέλεση δυναμικών καθισμάτων σε σχέση με την εκτέλεση στατικών / ισομετρικών ημικαθισμάτων.

Ευλυγισία

Η επίδραση της δόνησης στην ευλυγισία έχει αποτελέσει αντικείμενο διερεύνησης αρκετών μελετών (Kinser et al., 2008; Stone et al., 2006; Sands et al., 2006). Ωστόσο υπάρχουν ελάχιστες έρευνες που να εξετάζουν την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση διαμέσου «ολόκληρου του σώματος», δηλαδή μέσω της χρήσης πλατφόρμας δόνησης, όπως συνέβη στην παρούσα έρευνα (Burns et al., 2005; Cochrane et al., 2005; Jacobs et al., 2008). Η μέθοδος εφαρμογής του ερεθίσματος της δόνησης ήταν συνήθως η τοπική εφαρμογή της, μέσω της χρήσης εξειδικευμένης συσκευής δόνησης. Συνεπώς, δεν είναι εφικτή η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας με τα αντίστοιχα ευρήματα των παραπάνω ερευνών.

Οι Burns et al. (2005) είναι οι μόνοι, προς το παρόν, που εξέτασαν την επίδραση της άσκησης δόνησης μέσω της πλατφόρμας στην ευλυγισία των Κ.Α. και των ισχίων. Αναλυτικότερα, συγκρίνανε τις επιδράσεις που προέκυψαν μετά από μονή συνεδρία δόνησης (WBV) διάρκειας 6min και εκτέλεση ποδηλάτησης (CYL) αντίστοιχης διάρκειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η WBV επέφερε σημαντικότερη βελτίωση στην απόδοση της ευλυγισίας σε σχέση με αυτήν που προέκυψε με την CYL (4.7 ± 7.7 vs 0.78 ± 1.4 , $p<0.05$).

Αντίθετα, η παρούσα μελέτη έδειξε ότι η εφαρμογή ασκήσεων δόνησης διαμέσου ολόκληρου του σώματος (έμμεση εφαρμογή δόνησης διαμέσου πλατφόρμας δόνησης) δεν επέφερε στατιστικά σημαντικές μεταβολές στην παράμετρο της ευλυγισίας των κάτω άκρων και των ισχίων, φανερώνοντας ωστόσο μία τάση βελτίωσης της συγκεκριμένης παραμέτρου κατά 5.53%. Πιθανότατα λοιπόν να μην ενεργοποιήθηκαν μηχανισμοί λειτουργίας στους

οποίους αποδίδουν άλλοι ερευνητές τη βελτιωμένη απόδοση της παραμέτρου της ευλυγισίας, όπως, η αυξημένη αιματική ροή (Rittweger et al., 2000; Kerschanschindl et al., 2001), η αύξηση του κατωφλιού του «πόνου» (αναλγητική δράση) (Issurin et al., 1994) και η αναστολή ενεργοποίησης των ανταγωνιστών μυών (Cardinale & Bosco, 2003).

5.3 Συμπεράσματα

Η άμεση εφαρμογή της άσκησης με δόνηση (90s, 50Hz, 2mm) δεν επέφερε μεταβολές στην απόδοση στο δρόμο ταχύτητας των 60μ. καθώς και στην μυϊκή απόδοση (μυϊκή ισχύς, αλτική ικανότητα και ευλυγισία) σε δρομείς ταχύτητας.

Τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας πιθανό να οφείλονται σε διάφορους λόγους όπως το εφαρμοσμένο πρωτόκολλο της άσκησης, μη ελέγξιμους γενετικούς παράγοντες (π.χ. σύσταση μυϊκών ινών) αλλά και την μη εφαρμογή άμεσων διαδικασιών αξιολόγησης των φυσιολογικών αποκρίσεων του νευρομυϊκού συστήματος (π.χ. ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα, μεταβολικές αποκρίσεις). Επίσης σημαντικό ρόλο πιθανά να είχε και το προπονητικό υπόβαθρο των δοκιμαζομένων, η μη ελεγχόμενη προπονητική δραστηριότητά τους κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραματικών διαδικασιών, καθώς και η αδυναμία ελέγχου των δοκιμαζομένων αναφορικά με την απαιτούμενη μέγιστη προσπάθεια κατά τη διάρκεια των δοκιμασιών αξιολόγησης.

Κρίνεται απαραίτητη περαιτέρω έρευνα αναφορικά με τις επιδράσεις της άμεσης εφαρμογής δόνησης στην απόδοση των δρομικών αγωνισμάτων, εφαρμόζοντας διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης, συγκρίνοντας τις επιδράσεις ανάμεσα στα δύο φύλα και εξετάζοντας περισσότερες παραμέτρους απόδοσης, όπως καταγραφή και αξιολόγηση περισσότερων κινηματικών χαρακτηριστικών (χρόνος επαφής, χρόνος πτήσης, δυνάμεις επαφής με το έδαφος κ.α.), ή την ανάλυση των επιμέρους φάσεων που ορίζουν μία δρομική απόσταση.

• .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abercromby, A.F.J., Amonette, W.E., Layne, C.S., McFarlin, B.K., Hinman, M.R. and Paloski, W.H. (2007). Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise. *Medicine of Science in Sports and Exercise*, 39(9): 1642-1650.
- Adford, J. (1970). In Int. Track and Field coaching Encyclopedia, Edited by T. Ecker and F. Wild, West Nyack N.Y., Parker Publishing company, 3-29.
- Alexander, M. (1989). The relationship between muscle strength and sprint kinematics in elite sprinters. *Canadian Journal in Sports Science*, 14(3), 148-157.
- Annino, G., Padua, E., Castagna, C., Di Salvo, V., Minichella, S., Tsarpela, O., Manzi, V. and D'Ottavio, S. (2007). Effect of whole body vibration training on lower limb performance in selected high-level ballet students. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4): 1072-1076.
- Armstrong, L.E., Costill, D.L. and Gehlsen, G. (1984). A biomechanical comparison of university sprinters and marathon runners. *Track Technique*, 87, 2781-2782.
- Artero, G.A., España-Romero, V., Ortega, F.B., Jiménez-Pavón, D., Carreño-Gálvez, F., Ruiz, J.R., Gutiérrez Á. and Castillo M.J. (2007). Use of whole-body vibration as a mode of warming up before counter movement jump. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 574-575.
- Atha, J. and Wheatley, D.W. (1976) Joint mobility changes due to low frequency vibration and stretching exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 10(1),
- Baker, D., Nance, S. and Moore, M. (2001a). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *Journal of Strength Conditioning Research*, 15, 20–24.
- Baker, D., Nance, S. and Moore, M. (2001b). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes *Journal of Strength Conditioning Research*, 15, 92–97.
- Batista, M.A.B., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Lotufo, R., Ricard, M. D. and Tricoli, V.A.A. (2007). Intermittent exercise as a conditioning activity to induce postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 837–840.
- Baum, K., Votteler, T. and Schiab, J. (2007). Efficiency of vibration exercise for glycemic control in type 2 diabetes patients. *International Journal of Medical Sciences*, 4(3): 159-163.
- Bazett-Jones, D.M., Finch, H.W. and Dugan, E.L. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *Journal of Sport Science and Medicine*, 7, 144-150.
- Behm, D.G., Button, D.C., Barbour, J., Butt, J.C. and Young, W.B. (2004). Conflicting effects of fatigue and potentiation on voluntary force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 365-372.

- Berg, K., Miller, M. and Stephens, L. (1986). Determinants of 30 meter sprint time in pubescent males. *Journal of Sports Medicine and Fitness*, 26(3), 225-231.
- Bloomfield, J. and Wilson, G. (1998). Flexibility in sport. In: Training in Sport. B. Elliot (Ed.). New York, NY: John Wiley and Sons, 239-285.
- Bongiovanni, L.G. and Hagbarth, K.E. (1990b). Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from maximal voluntary contraction in man. *Journal of Physiology*, 423, 1-14.
- Bongiovanni, L.G., Hagbarth, K.E. and Stjerberg, L. (1990a). Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contraction on man. *Journal of Physiology*, 423, 15-26.
- Bosco, C., Cardinale, M. and Tsarpela, O. (1999). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 79: 306-311.
- Bosco, C., Cardinale, M., Colli, R., Tihanyi, S.P., Von Duvillard, and Viru, R. (1998). The influence of whole body vibration on jumping performance. *Biology of Sports*, 15, 157-164.
- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A. and Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81: 449-454.
- Buchthal, F. and Schmalbruch, H. (1970). Contraction times of twitches evoked by the H-reflexes. *Acta Physiologica Scandinavica*, 80, 378-382.
- Burke, J.R., Rymer, W.Z. and Walsh, H.V. (1976). Relative strength of synaptic inputs from short latency pathways to motor units of defined type in cat medial gastrocnemius. *Neurophysiology*, 39, 447-458.
- Burns, P.A., Beekhuizen, K.S., Jacobs, P.L., and FACSM (2005). Acute Effects Of Whole-body Vibration And Bicycle Ergometry On Muscular Strength And Flexibility. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(5), 262-263.
- Cardinal, M. and Lim, J. (2003). Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibration of different frequencies. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3): 621-624.
- Cardinale, M. and Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(1), 3-7.
- Cardinale, M., Leiper, J., Erskine, J., Milroy, M. and Bell, S. (2006). The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: A preliminary study. *Clinical. Physiology and Functional Imaging* 26: 380-384.
- Cardinale, M., Leiper, J., Farajian, P. and Heer, M. (2007). Whole-body vibration can reduce calciuria induced by high protein intakes and may counteract bone resorption: A preliminary study. *Journal of Sports Sciences*, 25(1), 111 – 119.
- Cardinale, M. and Pope, M.H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: Dangerous or advantageous? *Acta Physiologica Hungarica*, 90(3): 195-206.

- Cavanagh, P. (1990). Biomechanics of distance running. In: Hunab Kinetics Books, Champaign, IL.
- Chuang, T-Y. and Chen W-C. (2007). The effects of drop jump performance og different test timing after varied vibration stimulus. *Journal of Biomechanics* 40(S2): S632.
- Cochrane, D. J., Legg, S.J. and Hooker, M.J. (2004). The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint and agility pergormance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (4), 828-832.
- Cochrane, D.J. and Stannard, S.R. (2005).Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players.*British Journal of Sports Medicine*, 39, 860-865.
- Colfer, G. (1977). «Handbookfor coaching cross country and running events». West Nyeck, N.Y., Parker Publishing Company.
- Cormie, P., Deane, R,S., Triplett, N,T. and McBride, J,M. (2006). Acute effects of whole body vibration on muscle activity, strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2): 257-261.
- Costill, D.L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Kranenbuhl, G. and Saltin, B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *Journal of Applied Physiology*, 40, 149-154.
- Cronin, J. & Sleiver, G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Spotrs Medicine*, 35 (3), 213-234.
- Cummings, MS., Wilson, VE. and Bird, E.I. (1984). Flexibility development in sprinters using EMG biofeedback and relaxation training. *Biofeedback Self Regulation*, 9(3), 395-405.
- Curry, E.L. and Clelland, J.A. (1981). Effects of the asymmetric tonic neck reflex and high-frequency muscle vibration on isometric wrist extension strength in normal adults. *Physical Therapy*, 61(4): 487-495.
- Davies, C.T.M., Sargeant, A.J. and Smith, B. (1974). The physiological responses to running downhill. *European Journal of Applied Physiology*, 32, 187-194.
- De Ruiter, C.J., Van Raak, S.M., Schilperoort, J.V., Hollander, A.P. and De Haan, A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *European Journal of Applied Physiology*, 90(5-6): 595-600.
- De Vries, H.A. (1963). The looseness factor in speed and O2 consumption of an aerobic 100m dash. *Research Quarterly*, 34, 305-313.
- De Vries, H.A. (1966). Physiology of exercise, Wm. C. Brown Co. Publishers., Dubuque, Iowa, 335.
- Delecluse, C. (1997a). Sprint running performance. *Sports Medicine*, 24(3), 147-156.
- Delecluse, C. (1997b). Influence of strength training on sprint performance. *Sports Medicine*, 24, 147-156.

- Delecluse, C., Roelants, M. and Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole body vibration compared with resistance training. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 35(6): 1033-1041.
- Delecluse, C., Roelants, M., Diels, R., Koninckx, E. and Verschueren, S. (2005). Effects of whole body vibration on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 666-668.
- Di Loreto, C., Rancelli, A., Lucidi, P., Murdolo, G., Parlanti, N., De Cicco, A., Tsarpela, O., Annino, G., Bosco, C., Santeusano, F., Bolli, G.B. and De Feo, P. (2004). Effects of wholebody vibration exercise on the endocrine system of healthy men. *Journal of Endocrinol. Investigations*, 27, 323–327.
- Dick, F.W. (1989). Developing and maintaining maximum speeds in sprints over one year. *Athletics Coach*, 23(1), 3-8.
- Dietz, V., Schmidtbleicher, D. and Noth, J. (1979). Neuronal mechanisms of human locomotion. *Journal of neurophysiology*, 42, 1212-1222.
- Dintiman, D. (1974). What research tells the coach about sprinting. American Alliance for Health, Physical Education and Recreation.
- Dintiman, G. (1964). Effects of various training programs on running speed. *Research Quarterly Review in Exercise and Sport*, 35, 456-463.
- Donati, A. (1995). The development of stride length and stride frequency in sprinting. *New Studies in Athletics*, 10, 51-66.
- Durnin, J.V.G.A. and Womersley, J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *The British Journal of Nutrition*, 32, 77-97.
- Eklund G, Hagbarth KE. (1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental Neurology*, 16, 80–92
- Elliott, B.C. and Roberts, A.D. (1980). A biomechanical evaluation of the role of fatigue in middle-distance running. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 5, 203-207
- Enoka, R.M. (2003). Neuromechanics of human movement. (3rd ed.) Human Kinetics Book, Campaign, IL.
- Erskine, J., Smillie, I., Leiper, J., Ball, D. and Cardinale, M. (2007). Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in healthy young men. *Clinical. Physiology and Functional Imaging* 27, 242-248.
- Fagnani, F., Giombini, A., Di Cesare, A., Pigozzi, F. and Di Salvo, V. (2006). The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85, 956–962.
- Falls, H. (1968). Exercise Physiology, N. York: Academic Press.
- Farrar, M. and Thorland, W. (1987). Relationship between isokinetic strength and sprint times in collage-aged men. *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 27(3), 368-372.

- Fleck, S.J. and Kreamer, W.J. Designing resistance training programmes. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics, 1997.
- French, D.N., Kreamer, W.J. and 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.
- Gambetta, V. (1979). Speed. *Track and Field Quarterly Review*, 79 (2).
- Gisela, S. (1984). Changes in skeletal muscles capillarity and enzyme activity with training and detraining. *Medicine Sports Science*, 17, 202-214.
- Gollnick, P., Piehl, K. and Saltin, B. (1974). Selective glycogen depletion pattern in human muscle fibres after exercise of varying intensity and at varying pedal rates. *Journal of Physiology*, 241(1), 45-47.
- Gollnick, P.D. and Hodgson, D.R. (1986). The identification of fiber types in skeletal muscle: A continual dilemma. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 14, 81-104.
- Gollnick, P.D., Armstrong, R.B., Saubert, C.W., Peihl, K., Saltin, B. (1972). Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle in trained and untrained man.. *Journal of Applied Physiology*, 33, 312-319.
- Gossen, E.R. and Sale, D.S. (2000). Effect of post activation potentiation on dynamic knee extension performance. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 524-530.
- Goto, T. and Takamatsu, K. (2005). Hormone and lipolytic responses to whole body vibration in young men. *Japanese Journal of Physiology*, 55, 279–284.
- Gourgouls, V., N. Angeloussis, P. Kasimatis, G. Mavromatis, and A. Garas. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 342–344.
- Green, H.J., Thomson, J., Daub, W., Houston, M. and Ranney, D. (1979). Fibre composition, fibre size and enzyme activities in vastus lateralis of elite athletes involved in high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 41, 109-117.
- Griffin, L. Garland, S.J., Ivanova, T. and Gossen, E.R. (2001). Muscle vibration sustains motor unit firing rate submaximal isometric fatigue in humans. *Journal of Physiology*, 535(3), 929–936.
- Griffin, M.J. (1996). Handbook of human vibration. In Academic Press, London.
- Gullich, A., and Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletic*, 11, 67–81.
- Gusi, N., Raimundo, A. and Leal, A. (2006). Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: A randomized controlled trial. *BMC. Musculoskeletal Disorders*, 7, 92.
- Hagbarth, K.E., Kunesch, E.J., Nordin, M., Schmidt, R. and Wallin, E.U. (1986). Gamma loop contributing to maximal voluntary contractions in man. *Journal of Physiology*, 380, 575–591.
- Hallett, N., Berardelli, A., Delwaide, P., Freund, H-J., Kimura, K., Lucking, C., Rothwell, J.C., Shahani, B.T., and Yanagisawa, N. (1994). Central EMG

- and tests of motor control. Report of an IFCN committee.
Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 90, 404-432.
- Hay, J.G. (1985). The Biomechanics of Sports Techniques (2nd ed.). pg 539.
- Hay, J.G. and Reid J.G. (1988) Anatomy, Mechanics and Human Motion. Englewood Cliffs, NJ: Prentice- Hall.
- Hill, A.V. (1927). Muscular movement in man, McGraw-Hill Book Co. New York.
- Hodgson, M., Docherty, D. and Robbins, D. (2005). Post activation potentiation: Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.
- Huang, M., Chen, W-C., Tsai, P. and Shiang, T. (2007). Short-term effects of whole body vibration in different resting periods on count movement jump performance.
- Humphries, B., Warman, G., Purton, J., et al. (2004). The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12: 16-22.
- Ilse J.W. van Nes, I.J.W., Latour, H., Schils, F., Meijer, R., van Kuijk, A. and Geurts A.C.H. (2006). Long-Term Effects of 6-Week Whole-Body Vibration on Balance Recovery and Activities of Daily Living in the Postacute Phase of Stroke. A Randomized, Controlled Trial. *Stroke*, 37, 2331-2335.
- Issurin, V. and Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sport Science*, 17, 177-182.
- Issurin, V.B. (2005). Vibrations and their applications in sport: A review. . *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 45, 324-336.
- Issurin, V.B., Liebermann, D.G. and Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of Sport and Science*, 12, 561-566.
- Jackson, S.W. and Turner, D.L. (2003). Prolonged vibration reduces maximal voluntary knee extension performance in both the ipsilateral and the contralateral limb in man. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 380-386
- Jackson, S.W. and Turner, D.L. (2003). Prolonged vibration reduces maximal voluntary knee extension performance in both the ipsilateral and the contralateral limb in man. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 380-386.
- Kakuda, N. and Nagaoka, M. (1998). Dynamic response of human muscle spindle afferents to strength during voluntary contraction. *Journal of Physiology* 513(2), 621-628.
- Kanawabe, K., Kawashima, A., Sashimoto, I., Takeda, T., Sato, Y. and Iwamoto, J. (2007). Effect of whole body vibration exercise and muscle strengthening, balance and walking exercises on walking ability on the elderly. *Keio Journal of Medicine*, 56(1): 28-33.
- Kinsey, A.M., Ramsey, M.W., Bryant, H.S.O., Ayres, C.A., Sands, W.A. and Stone, M.H. (2008). Vibration and stretching effects on flexibility and

- explosive strength in young gymnasts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(1): 133–140.
- Klissouras, V., Pirney, F. and Petit, J.M. (1973). Adaptation to maximal effort: Genetics and age. *Journal of Applied Physiology*, 35, 288–293.
- Knorving, T., Bagger, M., Caserotti, P. and Madsen, K. (2006). Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *European Journal of Applied Physiology*, 96: 615-625.
- Knuttgen, H.G., and Kraemer, W.J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Applied Sport Science Research*. 1, 1-10.
- Komi, P., Klissouras, V. and Karvinen, E. (1973). Genetic variation in neuromuscular performance *European Journal of Applied Physiology* 31, 289-304.
- Kossev, A.R., Siggelkow, S., Schubert, M., Wohlfarth, K. and Dengler, R. (1999). Muscle vibration: Different effects on transcranial magnetic and electrical stimulation. *Muscle and Nerve*, 22, 946-948.
- Kouzaki, M., Shinohara, M. and Fukunaga, T. (2000). Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1420-1424.
- Kyrolainen, H., Komi, P.V and Belli, A. (1999) Changes in muscle activity patterns and kinetics with increasing running speed. National Strength & Conditioning Association. 13(4), 400-406.
- Lamont, H.S., Bemben, M.G., FACSM, Cramer, J., Gayaud, A., Luke, S. (2006). The effects of 4 different acute whole body vibration exposures upon indices of counter movement vertical jump performance.....
- Lehance, C., Croisier ., J. L. and Bury, T. (2005). Optojump system efficiency in the assessment of lower limbs explosive strength. *Science & Sports*, 20,131–135.
- Liebermann, D.G. and Issurin, V.B. (1997). Effort perception during isostonic muscle contraction with superimposed mechanical vibratory stimulation. *Journal of Human Movements Studies.*, 32, 171-186.
- Luhtanen, P. and Komi, P.V. (1978). Mechanical factors influencing running speed. In Asmussen E & Jorgensen K (ed) Biomechanics VI-B, 23-29. University Park Press, Baltimore.
- Luo, J., McNamara, B. And Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine*, 35(1), 23-41.
- Maikala, R.V., King, S. and Bhamhani, Y.N. (2006). Acute physiological responses in healthy men during whole body vibration. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 79: 103-114.
- Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H. and Theisen, D. (2006). Stretch-shortening cycle exercises: An effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fiber. *Journal of Applied Physiology*, 100, 771-779.
- Mann, R., Moran, G.T. and Dougherty, S.E. (1986). Comparative electromyography of the lower extremity in jogging, running, and sprinting. *American Journal of Sports Medicine*, 14(6), 501-510.

- Mann, R.V. and Herman, J. (1985). Kinematic analysis of Olympic sprint performance: Men's 200 meters. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 151-162.
- Marlow, B. (1972). Sprinting and relay racing. *The British Amateur Board*, 9.
- Martin, B. and Park, H. (1997). Analysis of the tonic vibration reflex: Influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *European Journal of Applied and Occupational Physiology*, 75, 504-511.
- McArdle, W.D., Katch, F.I. and Katch, V.I. (2001). Εργοφυσιολογία της άσκησης. (2^η εκδ). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχάλιδη, Αθήνα.
- McBride, J.M., Nimphius, S., and 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.
- McFarlane, B. (1985). Developing maximum running speed. *Track and Field Quarterly Review*, 85 (2), 5-10.
- Mero, A. and Komi, P.V. (1985). Effects of supramaximal velocity of biomechanical variables in sprinting. *International Journal of Sports Biomechanics*, 1, 240-252.
- Mero, A. and Komi, P.V. (1986). Force, EMG, and elasticity velocity relationships at submaximal, maximal, and supramaximal running speeds in sprinters. *European Journal of Applied Physiology*, 55, 553-561.
- Mero, A. and Komi, P.V. (1990). Reaction and electromyographic activity during a sprint start. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 73-80.
- Mero, A. and Komi, P.V. (1994). EMG, force and power analysis of sprint-specific strength exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 1-13.
- Mero, A., Luhtanen, P., Vitasalo, J.T. and Komi, P.V. (1981). Relationship between the maximal running velocity, muscle fibre characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scandinavian Journal of Sport Science*, 3(1), 16-22.
- Mester, J., Spitzenpfeil, P. and Yue, Z.Y. (2002). Vibration loads: Potential for strength and power development. In: Komi PV, editor. *Strength and Power in Sport*. Oxford: Blackwell, 488-501.
- Mileva, K.N., Naleem, A.A., Biswas, S.K., Marwood, S. and Bottell, J.L. (2006). Acute effects of a vibration-like stimulus during knee extension exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(7), 1317-1328.
- Milner-Brown, H.S., Stein, R.B. and Lee, R.G. (1975). Synchronization of human motor units: Possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 38, 245-254.
- Moravec, P., Ruzicka, J., Susanka, P., Dostal, M., Kodejs, M. and Nosek, M. (1998). The 1987 international athletic foundation/IAAF scientific project report: Time analysis of the 100m events at the II World Championship in Athletics. *National Strength and Association Journal*, 3, 61-69.
- Nordlund MM, Thorstensson A. (2007) Strength training effects of whole-body vibration? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17(1), 12-7.

- Nummela A., Keranen, T., Mikkelsen, L.O. (2007). Factors related to top running speed and economy. *International Journal of Sports Medicine*, 28(8), 655-661.
- Paradisis, G. and Cooke, C. (2006). The effects of sprint running training on sloping surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 767-777
- Paradisis, G. and Zacharogiannis, E. (2007). Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 44-49.
- Pearson, K. and Gordon, J. (2000). Spinal reflexes. In E.R. Kandel, J.H. Schwartz & T.M. Jessell (Eds.), *Principles of neural science* (4th ed., pp 713-736). New York: McGraw-Hill.
- Peterson, M.D., Alvar, B.A. and Rhea, M.R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 867-873.
- Prochazka, A. (1996). Proprioceptive feedback and movement regulation. In L.B. Rowell & J.T. Shepherd (Eds.), *Handbook of Physiology: Sec.12. Exercise: Regulation and integration of multiple systems* (pp. 89-127). New York: Oxford University Press.
- Prochazka, A., Clarac, F., Loeb, G.E., Rothwell, J.C. and Wolpaw, J.R. (2000). What do reflex and voluntary mean? Modern views on an ancient debate. *Experimental Brain Research*, 130, 417-432.
- Proske, U. (1997). The mammalian muscle spindle. *News in Physiological Sciences*. 12, 37-42.
- Radford, P.F. (1990). Sprinting. In T. Reilly, N. Sender, D. Shell and C. Williams (eds), *Physiology of Sports* (pp. 71-101). London E & F.Nspon.
- Rassier, D.E. and MacIntosh, B.R. (2000) Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Braz J Med Biol Res*, 33(5), 499-508.
- Rehn, B., Lidstrom, J., Skoglund, B. and Lindstrom, B. (2007). Effects on leg muscular performance from whole body vibration exercise: A systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17: 2-11.
- Rittweger, J., Beller, G. and Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. *Clinical Physiology*, 20(2): 134-142.
- Rittweger, J., Just, K., Kautzsch, K., Reeg, P. and Felsenberg, D. (2002). Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole body vibration exercise: A randomized controlled trial. *Spine*, 27(17): 1829-1834.
- Rittweger, J., Mutschelknauss, M. and Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clinical. Physiology and Functional Imaging* 23: 81-86.
- Rittweger, J., Schiessl, H. and Felsenberg, D. (2001). Oxygen-uptake during whole body vibration exercise: Comparison with squatting as a slow

- voluntary movement. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 169-173.
- Roelants, M., Delecluse, C. and Verschueren, S. (2004a). Whole body vibration training increases knee extension strength and speed of movement in older woman. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52, 901-908.
- Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M. and Verschueren, S. (2004b). Effects of 24-weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *International Journal of Sports Medicine*, 25: 1-5.
- Roelants, M., Verschueren, S.M.B., Delecluse, C., Levin, O. and Stijnen, V. (2006). Whole-body vibration induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1): 124-129.
- Romaiguere, P., Vedel, J. and Pagni, P. (1993). Effects of tonic vibration reflex on motor unit recruitment in human wrist extensor muscles. *Brain Research*, 602, 32-40.
- Ropert, R., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Matavulj, D. and Jaris, S. (1998). Effects of arm and sprint loading on sprint performance. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 547-550.
- Ross A, Leveritt M, Riek S. (2001). Neural influences on sprint running: training adaptations and acute responses. *Sports Medicine*.31(6), 409-25.
- Samuelson, B., Jorfeld, L. and Alhborg, B. (1989). Influence of vibration on endurance of maximal isometric contraction. *Clinical Physiology*, 9, 21-25.
- Sands, W.A. (2002). Physiology. In: Scinetific Aspects of Women's Gymnastics. W.A. Sands, D.J. Caine and J. Borms (Eds.) Basel: Switzerland: Karger, 128 – 161.
- Sands, W.A., McNeal, J.R. Stone, M.H. Russel, E.M. and Jemni. M. (2006). Flexibility enhancement with vibration: acute and long-term. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 720–725.
- Saraslanidis, P. (2000). Training for the improvement of maximum speed: Flat running or resistance training. *New studies in Athletics*, 3(4), 45-51.
- Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. In: Komi PV, editor. *Strength and Power in Sports*. London (UK): Blackwell Scientific, 195-381.
- Sevigne. F. (1975). Sprinting. *Track and Field Quaterly Review*, 75(3), 8-9.
- Smirniotou, A., Katsikas, C., Paradisis, G., Argeitaki, P., Zacharogiannis, E. and Tziortzis, S. (2008). Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(4), 447-54.
- Staron, R.S. (1997). Human skeletal muscle fiber types: delineation, development, and distribution. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22, 307–327.
- Stewart, J.A., Cochrane, D.J. and Morton, R.H. (2007). Differential effects of whole body vibration durations on knee extensor strength. *Journal of Science and Medicine in Sports*, xxx, xxx-xxx.

- Stone, M.H., Ramsey, M.W., Kinser, A.M., O Bryant, H.S., Ayres, C. and Sands, W.A. (2006). Stretching: acute and chronic? The potential consequences. *Strength and Conditioning Journal*, 28, 66–74.
- Tabashnik, B. and Timoschenko, B. (1987). Training of young sprinters. *Modern Athlete and Coach*, 25 (2), 22-24.
- Torvinen, P., Sievanen, H., Javinen, T.A., Pasanen, M., Kontulainen, S. and Kannus, P. (2002b). Effect of four-minute vertical whole body vibration on performance and balance and body balance. *International Journal of Sports and Medicine*, 23, 374–379.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A., Pasanen, M., Kontulainen, S., Nenonen, A., Jarvinen, T.L., Paakkala, T., Jarvinen, M. and Vuori, I. (2003). Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: A randomized controlled study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 18(5), 876-884.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A., Pasanen, M., Kontulainen, S., Jarvinen, T.L., Jarvinen, M., Oja, P. and Vuori, I. (2002a). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(9): 1523–1528.
- Trimble, M.H. and Enoka, R.M. (1991). Mechanisms underlying the training effects associated with neuromuscular electrical stimulation. *Physical Therapy*, 71, 273-282.
- Tziortzis, S. (1991). Effects of training methods in sprint performance. *Ph thesis, University of Athens*.
- Van der Walt W.H. and Wyndham, C.H. (1992). An equation for the prediction of energy expenditure of walking and running. *Journal of Applied Physiology*, 34, 559-563.
- Vandenboom, R., Grange, R.W. and Houston, M.E. (1993). Threshold for force potentiation and fatigue associated with skeletal myosin phosphorylation. *American Journal of Physiology*, 265(6 pt 1), 1456-1462.
- Vander, A., Sherman, J., Luciano, D. and Τσακόπουλος, Μ. (2001). Φυσιολογία του ανθρώπου: Μηχανισμοί της λειτουργίας του οργανισμού. (8^η εκδ). Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδη, Αθήνα.
- Vaughan, C.L. (1984). Biomechanics of running gait. *CRC Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 12, 1-48.
- Verschueren, S.M.P., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschueren, D. and Boonen, S. (2004). Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(3): 352-359.
- Volcov, N.I. and Lapin, V.I. (1979). Analysis of the velocity curve in sprint running. *Medicine and Science in Sports*, 11(4), 332-337.
- Warman, G., Humphries, B. and Purton, J. (2002). The effect of timing and application of vibration of muscular contractions. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 73, 119–127.
- Weyand, P.G., Sternlight, D.B., Bellizzi, M.J. & Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1991-1999.

- Wilmore, J.H. and Costil, D.L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*. (3rd ed.) Human Kinetics Book, Campaign, IL.
- Witt, F. (1968). *Training for competitive running*. Exercise physiology, Academic Press, New York London.
- Yamada, E., Kusaka, T., Miyamoto, K., Tanaka, S., Morita, S., Tanaka, S., Tsuji, S., Mori, S., H., Norimatsu, H. and Itoh, S. (2005). Vastus lateralis oxygenation and blood volume measured by near-infrared spectroscopy during whole body vibration. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 25, 203–208.
- Young, W., McLean, B. & Ardagna, J. (1995) Relationship between strength and sprinting performances. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 35(1), 13-19.
- Zafeiridis, A., Saraslanidis, P., Manou, V., Ioakkimidis, P., Dipla, K. and Kellis, S. (2005). The effects of resisted sled-pulling sprint training on acceleration and maximum speed performance. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 45, 1-7.
- Zatsiorsky, V.M. and Kraemer, W.J. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. (2nd ed.) Human Kinetics Book, Campaign, IL.
- Κοτζαμανίδης, Χ. (2007). Η Άμεση Και η Μακρόχρονη Επίδραση της Προπόνησης στη Δρομική Ταχύτητα. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 5 (1), 179 – 186.
- Τζιωρτζής, Σ. (2004). Προπονητική: Θεωρία αθλητικής προπόνησης. Αθήνα: Art Work.

*Άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε κινηματικά χαρακτηριστικά
και νευρομυϊκές παραμέτρους σε δρομείς ταχύτητας*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΕ ΕΡΕΥΝΑ & ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΔΟΚΙΜΑΖΟΜΕΝΟΥ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗΣ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΕ ΕΡΕΥΝΑ

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

Ημερομηνία...../...../.....

Όνοματεπώνυμο.....

Ημερομηνία γέννησης.....

Η παρούσα έρευνα διεξάγεται στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος σπουδών «ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών. Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνήσει την άμεση επίδραση της άσκησης δόνησης στην απόδοση σε δρομικά αγωνίσματα ταχύτητας, καθώς και σε βασικά χαρακτηριστικά τους.

Επεξήγηση της δοκιμασίας

Οι μετρήσεις θα διαρκέσουν 6 ημέρες και θα πραγματοποιηθούν στο εργαστήριο της Προπονητικής του Κλασικού Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Τ.Ε.Φ.Α.Α και στο προπονητικό κέντρο εθνικών ομάδων του «Αγίου Κοσμά». Κάθε επίσκεψη θα διαρκεί περίπου 30 λεπτά με 2 ώρες και θα περιλαμβάνει διαφορετικές δοκιμασίες αξιολόγησης.:

- Σωματομετρικά
- Τρέξιμο 60μ.
- Επιτόπιο κάθετο άλμα
- Δυναμομέτρηση εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος
- Ευλυγισία κάτω άκρων - ισχίων

Η παρεμβατική άσκηση θα περιλαμβάνει την εκτέλεση 2 δυναμικών ασκήσεων συνολικής διάρκειας 90s, πάνω σε μία πλατφόρμα δόνησης με η χωρίς την εφαρμογή δόνησης.

Έχεις τη δυνατότητα να σταματήσεις την εκτέλεση της άσκησης οποιαδήποτε χρονική στιγμή εξαιτίας αντικειμενικών συμπτωμάτων κόπωσης ή εξαιτίας υποκειμενικής αντίληψης κόπωσης ή δυσφορίας.

Ευθύνες του δοκιμαζόμενου

Οι πληροφορίες που έχεις σχετικά με την κατάσταση της υγείας σου ή προηγούμενη εμπειρία από ασυνήθιστα συμπτώματα (πόνου, σφιξίματος, πρόωρης εφίδρωσης) κατά τη διάρκεια της άσκησης είναι πιθανόν να επηρεάσουν την ασφάλεια αλλά και την αξία της δοκιμασίας. Η έγκαιρη αναφορά ασυνήθιστων συμπτωμάτων κατά την άσκηση έχει πολύ μεγάλη σημασία και είναι δική σου ευθύνη η πλήρης έκθεση αυτών.

Συμβάματα κατά τη διάρκεια της άσκησης

Θα πρέπει να γνωρίζεις ότι κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών δοκιμασιών υπάρχουν ελάχιστες πιθανότητες υπέρμετρης καταπόνησης του καρδιαγγειακού συστήματος με συνέπεια τη διαταραχή της φυσιολογικής αρτηριακής πίεσης του αίματος και λιποθυμία. Το εργαστήριο της Προπονητικής διαθέτει πλήρη μηχανισμό πρώτων βοηθειών και εξειδικευμένο προσωπικό για την πρόληψη και την αντιμετώπιση τέτοιων σπάνιων καταστάσεων. Θα καταβληθεί κάθε προσπάθεια για εκτίμηση του ιστορικού του αθλούμενου που σχετίζεται με την υγεία και τη φυσική κατάσταση ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι παραπάνω πιθανότητες. Για τον συγκεκριμένο λόγο, παρακαλώ συμπλήρωσε το παρακάτω ερωτηματολόγιο.

Τα δεδομένα των μετρήσεων είναι εμπιστευτικά και σε περίπτωση δημοσιοποίησής τους θα διατηρηθεί ανωνυμία. Μετά το τέλος της ερευνητικής διαδικασίας θα δοθεί φάκελος με τα αποτελέσματα των μετρήσεων και με σύντομη ερμηνεία τους.

Μαργαρίτα Γερακάκη

Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια Π.Μ.Σ. Φυσικής Αγωγής & Αθλητισμού

Διάβασα το παραπάνω κείμενο και κατανόησα πλήρως τις διαδικασίες στις οποίες θα υποβληθώ. Δέχομαι να συμμετάσχω στην έρευνα, διατηρώντας το δικαίωμα να σταματήσω ή να αποσυρθώ οποιαδήποτε στιγμή, σύμφωνα με την προσωπική μου κρίση.

Όνομα Δοκιμαζόμενου	Όνομα Ερευνητή
Υπογραφή	Υπογραφή

Βρογχίτιδα.....[] Επιληψία.....[]
 Οξεία κήλη.....[] Δισκοπάθεια.....[]
 Σπονδυλίτιδα.....[] Σοβαρές ημικρανίες.....[]
 Ενοχλήσεις στην καρδιά.....[] Χρήση βηματοδότη.....[]
 Όγκους.....[] Οξείες ασθένειες / ερεθισμούς.....[]
 Προβλήματα / δυσλειτουργίες αμφιβληστροειδούς.....[]

12. Έχεις πρόσφατα τραύματα ως αποτέλεσμα κάποιας εγχείρησης ή χειρουργικής επέμβασης (τοποθέτηση μεταλλικών καρφιών, παξιμαδιών ή πλακών)

Ναι.....[] όχι.....[]

13. Έχεις κάποια συνθετική / τεχνητή άρθρωση; ναι.....[] όχι.....[]

Διάβασα με προσοχή και απάντησα με ειλικρίνεια σε όλες τις ερωτήσεις

Όνοματεπώνυμο δοκιμαζόμενου

Υπογραφή

*Άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε κινηματικά χαρακτηριστικά
και νευρομυϊκές παραμέτρους σε δρομείς ταχύτητας*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΔΟΝΗΣΗΣ

ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια ερευνάται εκτενώς η προπόνηση δόνησης καθώς και οι επιδράσεις της σε διάφορες παραμέτρους που σχετίζονται άμεσα με τη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης. Παρόλα αυτά, δεν έχει επαρκώς διευκρινιστεί το ιδανικότερο / αποδοτικότερο πρωτόκολλο προπόνησης δόνησης, ως προς την άμεση επίδρασή της στη βελτίωση της απόδοσης στο κάθετο επιτόπιο άλμα (CMJ).

Σκοπός της πιλοτικής μελέτης ήταν να μελετήσει την άμεση επίδραση τριών διαφορετικών συχνοτήτων δόνησης στην αλτική ικανότητα, σε διαφορετικές περιόδους αποκατάστασης.

Μεθοδολογία

Το δείγμα αποτέλεσαν 17 εθελοντές φοιτητές (ηλικίας $23.6(\pm 2.5)$, ύψους $169.4(\pm 6.6)$, βάρους $63.9(\pm 9.7)$), του ΤΕΦΑΑ. Οι δοκιμαζόμενοι χωρίστηκαν σε 3 διαφορετικές ομάδες και η σειρά εκτέλεσης των δοκιμασιών ως προς την συχνότητα δόνησης ήταν τυχαία και αντισταθμισμένη. Οι δοκιμαζόμενοι ενημερώθηκαν για τους σκοπούς της έρευνας και τις συνθήκες μέτρησης, υπέγραψαν το σχετικό έγγραφο συναίνεσης και πριν από τις κύριες πειραματικές εργασίες, εξοικειώθηκαν με τις επικείμενες δοκιμασίες.

Οι δοκιμαζόμενοι εκτέλεσαν 3 διαφορετικές συνθήκες άσκησης σε 3 διαφορετικές ημέρες. Η κάθε συνθήκη άσκησης περιλάμβανε προκαθορισμένο ζέσταμα (5min τρέξιμο – 5min διατάσεις – 2 άλματα εξοικείωσης), εκτέλεση της βασικής δοκιμασίας / πειραματικής παρέμβασης και εκτέλεση 4 επαναλαμβανόμενων μετρήσεων εκτίμησης της αλτικής ικανότητας. Η βασική δοκιμασία / πειραματική παρέμβαση ήταν στατικό ημικάθισμα (γωνία άρθρωσης γόνατος 90°) πάνω σε πλατφόρμα δόνησης (Power Plate – Pro5) υπό της επίρεια δόνησης με συχνότητα 30Hz, 40Hz ή 50Hz και με σταθερό εύρος δόνησης 2mm. Η διάρκεια της άσκησης ήταν $2*1\text{min}$ με 30sec διάλειμμα ενδιάμεσα. Η αλτική ικανότητα εκτιμήθηκε μέσω της εκτέλεσης δοκιμασίας κάθετου επιτόπιου άλματος (CMJ / SJ) πριν την βασική δοκιμασία / πειραματική παρέμβαση (pre-test) και σε 3 διαφορετικές περιόδους αποκατάστασης, στο 0min, στο 3min και στο 6min (post-test).

Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση που εφαρμόστηκε ήταν MANOVA επαναλαμβανόμενων μετρήσεων.

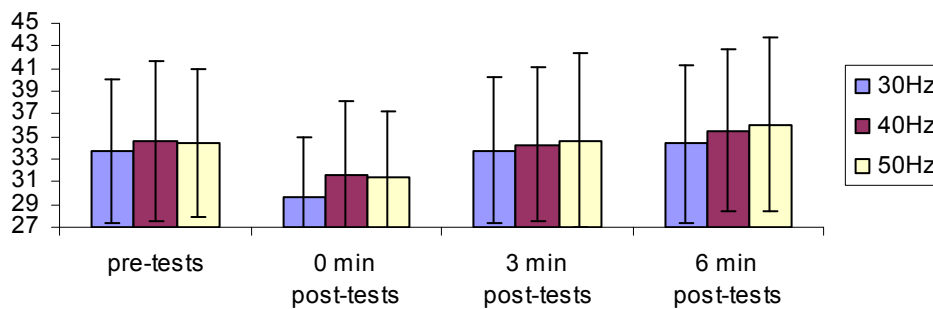
Αποτελέσματα

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών ημερών που διεξήχθησαν οι μετρήσεις, που σημαίνει ότι δεν υπήρξε επίδραση της μάθησης (learning effect).

Η επίδραση της δόνησης στην αλτική ικανότητα με συχνότητα δόνησης 30Hz έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αρχικής (pre) και επαναληπτικής

μέτρησης αμέσως μετά (0min) την παρεμβατική άσκηση (post0) ($F=21,78$, $p>0.05$). Στη συχνότητα δόνησης των 40Hz, δεν υπήρξε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά. Στη συχνότητα δόνησης των 50Hz, στατιστικά σημαντικές διαφορές υπήρξαν μεταξύ των αρχικών και επαναληπτικών μετρήσεων αμέσως μετά την παρέμβαση (0min) και στο 6ο λεπτό της αποκατάστασης (post6), ($F=19.11$, $p>0.05$)

Η μείωση της απόδοσης στην αλτική ικανότητα αμέσως μετά την έκθεση σε δόνηση σε σχέση με την αρχική ήταν 12.1% και 9.1% στη συχνότητα των 30Hz και 50Hz αντίστοιχα. Η βελτίωση της απόδοσης με συχνότητα δόνησης 50Hz στο 6min της αποκατάστασης ήταν 4.6%.



Σχήμα 1. Άμεση επίδραση άσκησης δόνησης τριών διαφορετικών συχνοτήτων δόνησης (30-40-50Hz) στην απόδοση στο κάθετο επιτόπιο άλμα (CMJ)

Πίνακας 1. Αποτελέσματα επίδρασης άμεσης άσκησης δόνησης τριών διαφορετικών συχνοτήτων στην απόδοση στο κάθετο επιτόπιο άλμα (CMJ) (* $p<0.05$)

Συχνότητα δόνησης	Αρχική μέτρηση	Επαναληπτική 0 min	Επαναληπτική 3 min	Επαναληπτική 6 min
30Hz	33.7 ± 6.41	29.62 ± 5.30*	33.77 ± 6.43	34.37 ± 6.94
40Hz	34.6 ± 7.10	31.52 ± 6.54	34.29 ± 6.84	35.53 ± 7.15
50Hz	34.47 ± 6.51	31.34 ± 5.86*	34.67 ± 7.61	36.07 ± 7.70*

*Άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε κινηματικά χαρακτηριστικά
και νευρομυϊκές παραμέτρους σε δρομείς ταχύτητας*

ΠΙΝΑΚΕΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πίνακας Α. Ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά των δοκιμαζομένων

ΟΜΑΔΑ	ΗΛΙΚΙΑ (έτη)	ΥΨΟΣ (cm)	ΒΑΡΟΣ (kg)	ΔΙΚΕΦ/ΙΚΗ (mm)	ΤΡΙΚΕΦ/ΚΗ (mm)	ΥΠΟΠΛΑΤΙΑ (mm)	ΥΠΕΡΛ/ΝΙΑ (mm)	ΑΘΡΟΙΣΜΑ (mm)	% ΛΙΠΩΔΗΣ ΙΣΤΟΣ
Π1	21	180,0	82,0	2,4	4,4	7,2	4,2	18,2	6,9
Π2	25	185,5	83,2	4,0	6,2	9,8	7,4	27,4	11,7
Π3	26	179,0	72,2	3,6	7,2	10,4	7,8	29,0	12,3
Π4	20	174,5	70,3	2,9	5,0	7,2	5,2	20,3	8,1
Π5	28	186,0	95,2	4,0	8,0	11,4	9,2	32,6	13,7
Π6	26	181,0	88,3	2,8	5,2	7,2	5,6	20,8	8,4
Π7	23	179,5	81,5	2,6	6,0	8,0	6,2	22,8	9,5
Π8	24	176,0	67,7	3,0	4,6	9,6	7,0	24,2	10,2
Π9	20	177,5	70,5	4,0	8,5	9,2	7,8	29,5	12,5
Π10	20	172,0	68,7	2,6	6,2	6,8	6,0	21,6	8,9
Π11	20	181,5	73,1	4,0	6,8	8,2	10,2	29,2	12,4
Π12	21	173,0	62,8	3,0	5,2	6,0	5,2	19,4	7,6
Π13	20	171,0	62,0	3,6	4,4	9,6	4,3	21,9	9,0
Π14	20	173,0	63,0	2,4	5,8	8,0	6,0	22,2	9,2
Π15	20	176,0	60,2	2,4	4,0	7,0	4,0	17,4	6,3
Π16	21	175,5	77,8	2,6	5,0	8,0	4,8	20,4	8,2
Π17	20	168,0	66,6	3,0	5,4	10,0	5,5	23,9	10,0
Π18	21	183,0	71,8	3,0	5,8	7,0	6,2	22,0	9,1
Π19	20	175,0	62,7	3,0	4,2	9,2	4,4	20,8	8,4
Ε1	29	164,0	67,7	2,8	5,0	10,0	4,2	22,0	9,1
Ε2	28	179,5	72,2	3,0	4,0	11,0	7,8	25,8	10,9
Ε3	22	172,0	67,7	2,6	3,6	6,6	4,4	17,2	6,2
Ε4	20	184,5	80,0	4,2	7,8	8,0	8,2	28,2	12,0
Ε5	20	181,5	72,0	3,2	6,8	8,8	6,0	24,8	10,5
Ε6	21	177,0	70,9	3,6	7,2	8,2	6,0	25,0	10,6
Ε7	20	179,5	64,5	2,6	5,4	7,8	5,4	21,2	8,6
Ε8	28	182,5	77,0	2,8	3,8	8,2	5,2	20,0	8,0
Ε9	28	181,5	72,4	2,6	4,0	6,0	4,2	16,8	5,9
Ε10	25	173,5	74,0	2,8	3,2	10,4	11,8	28,2	12,0
Ε11	20	170,5	74,2	3,2	6,0	12,2	10,4	31,8	13,4
Ε12	21	176,0	70,0	2,4	5,6	10,0	5,2	23,2	9,7
Ε13	26	173,0	76,7	2,6	5,8	9,2	6,6	24,2	10,2
Ε14	21	176,0	70,1	3,2	6,2	6,0	5,4	20,8	8,4
Ε15	20	178,0	71,0	3,0	5,2	9,8	4,4	22,4	9,3
Ε16	20	170,0	72,0	2,6	5,2	9,0	4,6	21,4	8,8

Πίνακας Β. Χρόνοι σε προκαθορισμένες αποστάσεις (10μ., 20μ., 30μ., 40., 50μ. & 60μ.) του δρόμου ταχύτητας των 60μ. αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και τελικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

ΟΜΑΔΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ						ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ					
	10μ.	20μ.	30μ.	40μ.	50μ.	60μ.	10μ.	20μ.	30μ.	40μ.	50μ.	60μ.
Π1	1,880	3,060	4,110	5,180	6,220	7,270	1,910	3,100	4,210	5,250	6,340	7,400
Π2	1,920	3,180	4,360	5,490	6,590	7,740	1,850	3,120	4,310	5,440	6,590	7,730
Π3	1,910	3,170	4,330	5,490	6,620	7,760	2,200	3,400	4,610	5,750	6,880	8,010
Π4	1,900	3,240	4,370	5,490	6,660	7,830	1,870	3,180	4,340	5,470	6,540	7,730
Π5	1,990	3,190	4,320	5,420	6,500	7,630	1,890	3,110	4,230	5,340	6,430	7,560
Π6	2,110	3,310	4,530	5,660	6,760	7,950	1,930	3,220	4,420	5,560	6,720	7,870
Π7	1,700	2,840	3,880	4,870	5,820	6,790	1,670	2,810	3,900	4,890	5,910	6,870
Π8	1,842	3,050	4,191	5,282	6,358	7,455	1,867	3,120	4,238	5,327	6,414	7,509
Π9	1,800	2,990	4,160	5,250	6,350	7,470	1,920	3,140	4,320	5,450	6,570	7,710
Π10	1,800	2,990	4,080	5,140	6,180	7,240	1,830	3,050	4,150	5,200	6,260	7,320
Π11	1,860	3,050	4,150	5,220	6,220	7,280	1,810	3,080	4,180	5,250	6,280	7,330
Π12	1,540	2,810	3,980	5,080	6,180	7,310	1,810	3,060	4,210	5,350	6,420	7,530
Π13	1,890	3,170	4,310	5,420	6,490	7,580	1,930	3,220	4,370	5,480	6,580	7,680
Π14	1,950	3,230	4,400	5,570	6,730	7,890	1,960	3,230	4,420	5,490	6,630	7,730
Π15	1,820	3,010	4,120	5,180	6,270	7,360	1,810	3,010	4,130	5,200	6,260	7,340
Π16	1,700	2,860	3,950	4,960	6,000	7,010	1,700	2,870	3,890	4,930	5,950	6,990
Π17	1,780	2,970	4,080	5,110	6,180	7,250	1,830	3,060	4,190	5,270	6,350	7,450
Π18	1,790	3,010	4,160	5,260	6,330	7,410	1,820	3,030	4,150	5,220	6,270	7,330
Π19	1,820	3,050	4,150	5,280	6,340	7,420	1,870	3,120	4,250	5,350	6,470	7,590
Ε1	2,000	3,200	4,280	5,330	6,380	7,440	2,050	3,240	4,340	5,370	6,430	7,470
Ε2	1,820	3,020	4,180	5,310	6,470	7,640	1,820	3,030	4,150	5,280	6,370	7,470
Ε3	1,860	3,040	4,070	5,080	6,110	7,100	1,940	3,120	4,180	5,200	6,170	7,210
Ε4	1,893	3,139	4,279	5,393	6,507	7,628	1,888	3,141	4,285	5,401	6,514	7,637
Ε5	1,940	3,160	4,310	5,450	6,600	7,760	1,820	3,050	4,200	5,300	6,450	7,630
Ε6	1,990	3,290	4,460	5,610	6,750	7,910	2,020	3,300	4,470	5,580	6,760	7,900
Ε7	1,970	3,210	4,330	5,440	6,540	7,670	1,930	3,170	4,310	5,410	6,510	7,640
Ε8	1,780	2,980	4,120	5,180	6,250	7,300	1,830	3,050	4,180	5,260	6,350	7,460
Ε9	1,730	2,900	3,980	5,030	6,070	7,120	1,740	2,920	3,990	5,070	6,120	7,180
Ε10	2,160	3,550	4,820	6,070	7,280	8,530	1,990	3,350	4,610	5,880	7,120	8,380
Ε11	1,840	3,040	4,150	5,210	6,330	7,430	1,850	3,090	4,160	5,310	6,410	7,520
Ε12	1,870	3,180	4,350	5,490	6,630	7,780	1,820	3,140	4,330	5,460	6,610	7,750
Ε13	1,860	3,160	4,330	5,490	6,630	7,790	1,900	3,190	4,340	5,470	6,570	7,700
Ε14	1,930	3,180	4,380	5,550	6,710	7,870	1,900	3,200	4,380	5,550	6,710	7,870
Ε15	1,870	3,130	4,290	5,410	6,530	7,660	1,820	3,080	4,250	5,370	6,500	7,630
Ε16	1,780	3,040	4,140	5,240	6,320	7,420	1,890	3,190	4,390	5,500	6,630	7,750

Πίνακας Γ. Ενδιάμεσοι χρόνοι ανά 10μ. του δρόμου ταχύτητας των 60μ. αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και τελικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

ΟΜΑΔΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ						ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ					
	0μ. - 10μ.	10μ. - 20μ.	20μ. - 30μ.	30μ. - 40μ.	40μ. - 50μ.	50μ. -60μ.	0μ. - 10μ.	10μ. - 20μ.	20μ. - 30μ.	30μ. - 40μ.	40μ. - 50μ.	50μ. -60μ.
Π1	1,880	1,180	1,050	1,070	1,040	1,050	1,910	1,190	1,110	1,040	1,090	1,060
Π2	1,920	1,260	1,180	1,130	1,100	1,150	1,850	1,270	1,190	1,130	1,150	1,140
Π3	1,910	1,260	1,160	1,160	1,130	1,140	2,200	1,200	1,210	1,140	1,130	1,130
Π4	1,900	1,340	1,130	1,120	1,170	1,170	1,870	1,310	1,160	1,130	1,070	1,190
Π5	1,990	1,200	1,130	1,100	1,080	1,130	1,890	1,220	1,120	1,110	1,090	1,130
Π6	2,110	1,200	1,220	1,130	1,100	1,190	1,930	1,290	1,200	1,140	1,160	1,150
Π7	1,700	1,140	1,040	0,990	0,950	0,970	1,670	1,140	1,090	0,990	1,020	0,960
Π8	1,842	1,208	1,141	1,091	1,076	1,097	1,867	1,253	1,118	1,089	1,087	1,096
Π9	1,800	1,190	1,170	1,090	1,100	1,120	1,920	1,220	1,180	1,130	1,120	1,140
Π10	1,800	1,190	1,090	1,060	1,040	1,060	1,830	1,220	1,100	1,050	1,060	1,060
Π11	1,860	1,190	1,100	1,070	1,000	1,060	1,810	1,270	1,100	1,070	1,030	1,050
Π12	1,540	1,270	1,170	1,100	1,100	1,130	1,810	1,250	1,150	1,140	1,070	1,110
Π13	1,890	1,280	1,140	1,110	1,070	1,090	1,930	1,290	1,150	1,110	1,100	1,100
Π14	1,950	1,280	1,170	1,170	1,160	1,160	1,960	1,270	1,190	1,070	1,140	1,100
Π15	1,820	1,190	1,110	1,060	1,090	1,090	1,810	1,200	1,120	1,070	1,060	1,080
Π16	1,700	1,160	1,090	1,010	1,040	1,010	1,700	1,170	1,020	1,040	1,020	1,040
Π17	1,780	1,190	1,110	1,030	1,070	1,070	1,830	1,230	1,130	1,080	1,080	1,100
Π18	1,790	1,220	1,150	1,100	1,070	1,080	1,820	1,210	1,120	1,070	1,050	1,060
Π19	1,820	1,230	1,100	1,130	1,060	1,080	1,870	1,250	1,130	1,100	1,120	1,120
Ε1	2,000	1,200	1,080	1,050	1,050	1,060	2,050	1,190	1,100	1,030	1,060	1,040
Ε2	1,820	1,200	1,160	1,130	1,160	1,170	1,820	1,210	1,120	1,130	1,090	1,100
Ε3	1,860	1,180	1,030	1,010	1,030	0,990	1,940	1,180	1,060	1,020	0,970	1,040
Ε4	1,893	1,245	1,141	1,113	1,114	1,121	1,888	1,253	1,144	1,115	1,113	1,123
Ε5	1,940	1,220	1,150	1,140	1,150	1,160	1,820	1,230	1,150	1,100	1,150	1,180
Ε6	1,990	1,300	1,170	1,150	1,140	1,160	2,020	1,280	1,170	1,110	1,180	1,140
Ε7	1,970	1,240	1,120	1,110	1,100	1,130	1,930	1,240	1,140	1,100	1,100	1,130
Ε8	1,780	1,200	1,140	1,060	1,070	1,050	1,830	1,220	1,130	1,080	1,090	1,110
Ε9	1,730	1,170	1,080	1,050	1,040	1,050	1,740	1,180	1,070	1,080	1,050	1,060
Ε10	2,160	1,390	1,270	1,250	1,210	1,250	1,990	1,360	1,260	1,270	1,240	1,260
Ε11	1,840	1,200	1,110	1,060	1,120	1,100	1,850	1,240	1,070	1,150	1,100	1,110
Ε12	1,870	1,310	1,170	1,140	1,140	1,150	1,820	1,320	1,190	1,130	1,150	1,140
Ε13	1,860	1,300	1,170	1,160	1,140	1,160	1,900	1,290	1,150	1,130	1,100	1,130
Ε14	1,930	1,250	1,200	1,170	1,160	1,160	1,900	1,300	1,180	1,170	1,160	1,160
Ε15	1,870	1,260	1,160	1,120	1,120	1,130	1,820	1,260	1,170	1,120	1,130	1,130
Ε16	1,780	1,260	1,100	1,100	1,080	1,100	1,890	1,300	1,200	1,110	1,130	1,120

Πίνακας Α. Δρομικές ταχύτητες προκαθορισμένες αποστάσεις (10μ., 20μ., 30μ., 40., 50μ. & 60μ.). του δρόμου ταχύτητας των 60μ. αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και τελικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

τας των 60μ. α	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ						ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ					
	10μ.	20μ.	30μ.	40μ.	50μ.	60μ.	10μ.	20μ.	30μ.	40μ.	50μ.	60μ.
Π1	5,319	6,536	7,299	7,722	8,039	8,253	5,236	6,452	7,126	7,619	7,886	8,108
Π2	5,208	6,289	6,881	7,286	7,587	7,752	5,405	6,410	6,961	7,353	7,587	7,762
Π3	5,236	6,309	6,928	7,286	7,553	7,732	4,545	5,882	6,508	6,957	7,267	7,491
Π4	5,263	6,173	6,865	7,286	7,508	7,663	5,348	6,289	6,912	7,313	7,645	7,762
Π5	5,025	6,270	6,944	7,380	7,692	7,864	5,291	6,431	7,092	7,491	7,776	7,937
Π6	4,739	6,042	6,623	7,067	7,396	7,547	5,181	6,211	6,787	7,194	7,440	7,624
Π7	5,882	7,042	7,732	8,214	8,591	8,837	5,988	7,117	7,692	8,180	8,460	8,734
Π8	5,428	6,557	7,158	7,573	7,864	8,048	5,356	6,410	7,079	7,509	7,796	7,990
Π9	5,556	6,689	7,212	7,619	7,874	8,032	5,208	6,369	6,944	7,339	7,610	7,782
Π10	5,556	6,689	7,353	7,782	8,091	8,287	5,464	6,557	7,229	7,692	7,987	8,197
Π11	5,376	6,557	7,229	7,663	8,039	8,242	5,525	6,494	7,177	7,619	7,962	8,186
Π12	6,494	7,117	7,538	7,874	8,091	8,208	5,525	6,536	7,126	7,477	7,788	7,968
Π13	5,291	6,309	6,961	7,380	7,704	7,916	5,181	6,211	6,865	7,299	7,599	7,813
Π14	5,128	6,192	6,818	7,181	7,429	7,605	5,102	6,192	6,787	7,286	7,541	7,762
Π15	5,495	6,645	7,282	7,722	7,974	8,152	5,525	6,645	7,264	7,692	7,987	8,174
Π16	5,882	6,993	7,595	8,065	8,333	8,559	5,882	6,969	7,712	8,114	8,403	8,584
Π17	5,618	6,734	7,353	7,828	8,091	8,276	5,464	6,536	7,160	7,590	7,874	8,054
Π18	5,587	6,645	7,212	7,605	7,899	8,097	5,495	6,601	7,229	7,663	7,974	8,186
Π19	5,495	6,557	7,229	7,576	7,886	8,086	5,348	6,410	7,059	7,477	7,728	7,905
Ε1	5,000	6,250	7,009	7,505	7,837	8,065	4,878	6,173	6,912	7,449	7,776	8,032
Ε2	5,495	6,623	7,177	7,533	7,728	7,853	5,495	6,601	7,229	7,576	7,849	8,032
Ε3	5,376	6,579	7,371	7,874	8,183	8,451	5,155	6,410	7,177	7,692	8,104	8,322
Ε4	5,282	6,372	7,010	7,417	7,684	7,866	5,297	6,367	7,001	7,406	7,676	7,856
Ε5	5,155	6,329	6,961	7,339	7,576	7,732	5,495	6,557	7,143	7,547	7,752	7,864
Ε6	5,025	6,079	6,726	7,130	7,407	7,585	4,950	6,061	6,711	7,168	7,396	7,595
Ε7	5,076	6,231	6,928	7,353	7,645	7,823	5,181	6,309	6,961	7,394	7,680	7,853
Ε8	5,618	6,711	7,282	7,722	8,000	8,219	5,464	6,557	7,177	7,605	7,874	8,043
Ε9	5,780	6,897	7,538	7,952	8,237	8,427	5,747	6,849	7,519	7,890	8,170	8,357
Ε10	4,630	5,634	6,224	6,590	6,868	7,034	5,025	5,970	6,508	6,803	7,022	7,160
Ε11	5,435	6,579	7,229	7,678	7,899	8,075	5,405	6,472	7,212	7,533	7,800	7,979
Ε12	5,348	6,289	6,897	7,286	7,541	7,712	5,495	6,369	6,928	7,326	7,564	7,742
Ε13	5,376	6,329	6,928	7,286	7,541	7,702	5,263	6,270	6,912	7,313	7,610	7,792
Ε14	5,181	6,289	6,849	7,207	7,452	7,624	5,263	6,250	6,849	7,207	7,452	7,624
Ε15	5,348	6,390	6,993	7,394	7,657	7,833	5,495	6,494	7,059	7,449	7,692	7,864
Ε16	5,618	6,579	7,246	7,634	7,911	8,086	5,291	6,270	6,834	7,273	7,541	7,742

Πίνακας Ε. Δρομικές ταχύτητες σε ενδιάμεσες αποστάσεις των 10μ. του δρόμου ταχύτητας των 60μ. αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και τελικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

ΟΜΑΔΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ						ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ					
	0μ. - 10μ.	10μ. - 20μ.	20μ. - 30μ.	30μ. - 40μ.	40μ. - 50μ.	50μ. -60μ.	0μ. - 10μ.	10μ. - 20μ.	20μ. - 30μ.	30μ. - 40μ.	40μ. - 50μ.	50μ. -60μ.
Π1	5,319	8,475	9,524	9,346	9,615	9,524	5,236	8,403	9,009	9,615	9,174	9,434
Π2	5,208	7,937	8,475	8,850	9,091	8,696	5,405	7,874	8,403	8,850	8,696	8,772
Π3	5,236	7,937	8,621	8,621	8,850	8,772	4,545	8,333	8,264	8,772	8,850	8,850
Π4	5,263	7,463	8,850	8,929	8,547	8,547	5,348	7,634	8,621	8,850	9,346	8,403
Π5	5,025	8,333	8,850	9,091	9,259	8,850	5,291	8,197	8,929	9,009	9,174	8,850
Π6	4,739	8,333	8,197	8,850	9,091	8,403	5,181	7,752	8,333	8,772	8,621	8,696
Π7	5,882	8,772	9,615	10,101	10,526	10,309	5,988	8,772	9,174	10,101	9,804	10,417
Π8	5,428	8,280	8,763	9,170	9,293	9,114	5,356	7,982	8,946	9,179	9,202	9,128
Π9	5,556	8,403	8,547	9,174	9,091	8,929	5,208	8,197	8,475	8,850	8,929	8,772
Π10	5,556	8,403	9,174	9,434	9,615	9,434	5,464	8,197	9,091	9,524	9,434	9,434
Π11	5,376	8,403	9,091	9,346	10,000	9,434	5,525	7,874	9,091	9,346	9,709	9,524
Π12	6,494	7,874	8,547	9,091	9,091	8,850	5,525	8,000	8,696	8,772	9,346	9,009
Π13	5,291	7,813	8,772	9,009	9,346	9,174	5,181	7,752	8,696	9,009	9,091	9,091
Π14	5,128	7,813	8,547	8,547	8,621	8,621	5,102	7,874	8,403	9,346	8,772	9,091
Π15	5,495	8,403	9,009	9,434	9,174	9,174	5,525	8,333	8,929	9,346	9,434	9,259
Π16	5,882	8,621	9,174	9,901	9,615	9,901	5,882	8,547	9,804	9,615	9,804	9,615
Π17	5,618	8,403	9,009	9,709	9,346	9,346	5,464	8,130	8,850	9,259	9,259	9,091
Π18	5,587	8,197	8,696	9,091	9,346	9,259	5,495	8,264	8,929	9,346	9,524	9,434
Π19	5,495	8,130	9,091	8,850	9,434	9,259	5,348	8,000	8,850	9,091	8,929	8,929
Ε1	5,000	8,333	9,259	9,524	9,524	9,434	4,878	8,403	9,091	9,709	9,434	9,615
Ε2	5,495	8,333	8,621	8,850	8,621	8,547	5,495	8,264	8,929	8,850	9,174	9,091
Ε3	5,376	8,475	9,709	9,901	9,709	10,101	5,155	8,475	9,434	9,804	10,309	9,615
Ε4	5,282	8,030	8,767	8,982	8,977	8,918	5,297	7,979	8,741	8,966	8,982	8,902
Ε5	5,155	8,197	8,696	8,772	8,696	8,621	5,495	8,130	8,696	9,091	8,696	8,475
Ε6	5,025	7,692	8,547	8,696	8,772	8,621	4,950	7,813	8,547	9,009	8,475	8,772
Ε7	5,076	8,065	8,929	9,009	9,091	8,850	5,181	8,065	8,772	9,091	9,091	8,850
Ε8	5,618	8,333	8,772	9,434	9,346	9,524	5,464	8,197	8,850	9,259	9,174	9,009
Ε9	5,780	8,547	9,259	9,524	9,615	9,524	5,747	8,475	9,346	9,259	9,524	9,434
Ε10	4,630	7,194	7,874	8,000	8,264	8,000	5,025	7,353	7,937	7,874	8,065	7,937
Ε11	5,435	8,333	9,009	9,434	8,929	9,091	5,405	8,065	9,346	8,696	9,091	9,009
Ε12	5,348	7,634	8,547	8,772	8,772	8,696	5,495	7,576	8,403	8,850	8,696	8,772
Ε13	5,376	7,692	8,547	8,621	8,772	8,621	5,263	7,752	8,696	8,850	9,091	8,850
Ε14	5,181	8,000	8,333	8,547	8,621	8,621	5,263	7,692	8,475	8,547	8,621	8,621
Ε15	5,348	7,937	8,621	8,929	8,929	8,850	5,495	7,937	8,547	8,929	8,850	8,850
Ε16	5,618	7,937	9,091	9,091	9,259	9,091	5,291	7,692	8,333	9,009	8,850	8,929

Πίνακας ΣΤ. Μήκος (ΜΔ) και συχνότητα δρομικού διασκελισμού (ΣΔ) στη φάση της μέγιστης ταχύτητας του δρόμου ταχύτητας των 60μ. αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και τελικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

ΟΜΑΔΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ		ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ	
	ΜΔ 40μ.-50μ.	ΣΔ 40μ.-50μ.	ΜΔ 40μ.-50μ.	ΣΔ 40μ.-50μ.
Π1	2,323	4,14	2,431	3,77
Π2	2,145	4,24	2,244	3,88
Π3	2,203	4,02	2,524	3,51
Π4	2,035	4,20	2,157	4,33
Π5	2,360	3,92	2,466	3,72
Π6	2,825	3,22	2,381	3,62
Π7	2,508	4,20	2,340	4,19
Π8	2,340	3,97	2,350	3,92
Π9	2,447	3,72	2,524	3,54
Π10	2,562	3,75	2,643	3,57
Π11	2,439	4,10	2,207	4,40
Π12	2,086	4,36	2,045	4,57
Π13	2,043	4,57	2,226	4,08
Π14	2,079	4,15	2,085	4,21
Π15	2,580	3,56	2,372	3,98
Π16	2,512	3,83	2,413	4,06
Π17	2,411	3,88	2,481	3,73
Π18	2,380	3,93	2,622	3,63
Π19	2,154	4,38	2,082	4,29
Ε1	2,005	4,75	2,058	4,59
Ε2	2,719	3,17	2,304	3,98
Ε3	2,206	4,40	2,239	4,60
Ε4	2,20	4,08	2,30	3,91
Ε5	2,387	3,64	2,501	3,48
Ε6	2,202	3,98	2,356	3,60
Ε7	2,335	3,89	2,362	3,85
Ε8	2,618	3,57	2,526	3,63
Ε9	2,740	3,51	2,561	3,72
Ε10	2,206	3,75	2,028	3,98
Ε11	2,226	4,01	2,152	4,22
Ε12	2,127	4,12	2,569	3,39
Ε13	2,531	3,47	2,151	4,23
Ε14	2,074	4,16	1,977	4,36
Ε15	2,389	3,74	2,240	3,95
Ε16	2,278	4,06	2,344	3,77

Πίνακας Ζ. Ύψος επιτόπιων κάθετων αλμάτων (CMJ) αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και επαναληπτικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

ΟΜΑΔΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ
	CMJ	CMJ
Π1	51,8	51,6
Π2	35,6	34,8
Π3	37,2	33,3
Π4	42,4	42,4
Π5	48,7	47,9
Π6	52,8	51,8
Π7	47,9	47,9
Π8	46,1	51,6
Π9	47,0	52,6
Π10	48,3	45,6
Π11	43,0	39,4
Π12	49,0	43,7
Π13	46,0	45,0
Π14	43,0	44,5
Π15	45,9	45,2
Π16	47,0	49,4
Π17	50,4	48,3
Π18	45,9	44,1
Π19	38,2	35,6
Ε1	48,8	48,8
Ε2	50,7	50,7
Ε3	47,0	46,1
Ε4	36,4	33,1
Ε5	44,7	43,8
Ε6	42,9	42,7
Ε7	40,5	38,4
Ε8	41,5	46,5
Ε9	50,2	51,3
Ε10	41,1	40,1
Ε11	32,5	34,4
Ε12	43,2	41,9
Ε13	45,0	44,1
Ε14	36,0	36,8
Ε15	44,0	43,0
Ε16	42,5	41,3

Πίνακας Η. Απόλυτες τιμές μυϊκής ισχύος εκτεινόντων (ΕΚ) και καμπτήρων (Κ) μυών γόνατος και των δύο ποδιών, αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και τελικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

ΟΜΑΔΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ				ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ			
	Δ ΕΚΤ	Α ΕΚΤ	Δ Κ	Α Κ	Δ ΕΚΤ	Α ΕΚΤ	Δ Κ	Α Κ
Π1	308	299	236	237	300	299	241	242
Π2	213	210	210	192	216	248	187	186
Π3	302	313	162	169	230	242	159	165
Π4	180	193	157	129	209	217	168	147
Π5	282	301	180	183	315	315	185	185
Π6	263	268	160	143	272	300	158	160
Π7	300	295	188	210	282	295	240	265
Π8	254	273	187	161	251	244	179	166
Π9	199	199	217	247	214	203	222	194
Π10	128	96	83	83	139	141	108	95
Π11	167	170	141	131	166	179	133	141
Π12	241	256	147	134	238	251	143	131
Π13	230	232	163	158	229	234	168	164
Π14	225	223	160	155	228	230	166	162
Π15	191	189	111	111	185	196	106	102
Π16	197	214	144	142	227	234	151	147
Π17	236	233	165	138	230	222	140	139
Π18	200	194	127	129	206	200	141	127
Π19	173	170	130	136	192	176	136	122
Ε1	301	297	205	207	273	283	179	177
Ε2	250	243	182	143	268	281	180	133
Ε3	229	233	154	165	233	245	173	163
Ε4	231	224	134	144	234	234	140	142
Ε5	208	217	157	155	186	217	157	146
Ε6	227	230	154	148	229	235	156	150
Ε7	193	216	165	162	203	233	148	138
Ε8	226	236	146	142	233	236	167	156
Ε9	222	244	128	131	219	219	120	127
Ε10	216	215	133	119	226	219	149	96
Ε11	173	163	127	109	176	177	143	119
Ε12	223	228	150	150	225	231	160	153
Ε13	255	267	184	177	272	271	178	176
Ε14	197	203	125	125	216	206	136	117
Ε15	227	234	155	153	229	237	156	155
Ε16	221	227	150	144	223	230	152	150

Πίνακας Θ. Σχετικές τιμές μυϊκής ισχύος εκτεινόντων (ΕΚ) και καμπτήρων (Κ) μυών γόνατος και των δύο ποδιών, αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και τελικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

ΟΜΑΔΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ				ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ			
	Δ ΕΚΤ	Α ΕΚΤ	Δ Κ	Α Κ	Δ ΕΚΤ	Α ΕΚΤ	Δ Κ	Α Κ
Π1	3,76	3,65	2,88	2,89	3,66	3,65	2,94	2,95
Π2	2,56	2,52	2,52	2,31	2,60	2,98	2,25	2,24
Π3	4,18	4,34	2,24	2,34	3,19	3,35	2,20	2,29
Π4	2,56	2,75	2,23	1,83	2,97	3,09	2,39	2,09
Π5	2,96	3,16	1,89	1,92	3,31	3,31	1,94	1,94
Π6	2,98	3,04	1,81	1,62	3,08	3,40	1,79	1,81
Π7	3,68	3,62	2,31	2,58	3,46	3,62	2,94	3,25
Π8	3,75	4,03	2,76	2,38	3,71	3,60	2,64	2,45
Π9	2,82	2,82	3,08	3,50	3,04	2,88	3,15	2,75
Π10	1,86	1,40	1,21	1,21	2,02	2,05	1,57	1,38
Π11	2,28	2,33	1,93	1,79	2,27	2,45	1,82	1,93
Π12	3,84	4,08	2,34	2,13	3,79	4,00	2,28	2,09
Π13	3,22	3,25	2,28	2,21	3,21	3,28	2,35	2,30
Π14	3,07	3,05	2,19	2,12	3,11	3,14	2,27	2,21
Π15	3,17	3,14	1,84	1,84	3,07	3,26	1,76	1,69
Π16	2,53	2,75	1,85	1,83	2,92	3,01	1,94	1,89
Π17	3,54	3,50	2,48	2,07	3,45	3,33	2,10	2,09
Π18	2,79	2,70	1,77	1,80	2,87	2,79	1,96	1,77
Π19	2,76	2,71	2,07	2,17	3,06	2,81	2,17	1,95
Ε1	4,45	4,39	3,03	3,06	4,03	4,18	2,64	2,61
Ε2	3,46	3,37	2,52	1,98	3,71	3,89	2,49	1,84
Ε3	3,38	3,44	2,27	2,44	3,44	3,62	2,56	2,41
Ε4	2,89	2,80	1,68	1,80	2,93	2,93	1,75	1,78
Ε5	2,89	3,01	2,18	2,15	2,58	3,01	2,18	2,03
Ε6	3,20	3,24	2,17	2,09	3,23	3,32	2,20	2,12
Ε7	2,99	3,35	2,56	2,51	3,15	3,61	2,29	2,14
Ε8	2,94	3,06	1,90	1,84	3,03	3,06	2,17	2,03
Ε9	3,07	3,37	1,77	1,81	3,02	3,02	1,66	1,75
Ε10	2,92	2,91	1,80	1,61	3,05	2,96	2,01	1,30
Ε11	2,33	2,20	1,71	1,47	2,37	2,39	1,93	1,60
Ε12	3,17	3,24	2,13	2,13	3,16	3,26	2,16	1,95
Ε13	3,32	3,48	2,40	2,31	3,55	3,53	2,32	2,29
Ε14	2,81	2,90	1,78	1,78	3,08	2,94	1,94	1,67
Ε15	3,14	3,24	2,14	2,12	3,16	3,26	2,16	1,95
Ε16	3,00	3,08	2,04	1,95	3,16	3,26	2,16	1,95

Πίνακας Ι. Τιμές δοκιμασίας ευλυγισίας, κάμψης κορμού από εδραία θέση (S&R) αρχικής (πριν την επίδραση της δόνησης) και τελικής (μετά την επίδραση της δόνησης) μέτρησης για όλους τους δοκιμαζόμενους

ΟΜΑΔΑ	ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ
	S&R	S&R
Π1	45	41
Π2	27	29
Π3	23	22
Π4	39	35
Π5	20	23
Π6	30	30
Π7	41	40
Π8	35	39
Π9	29	27
Π10	30	32
Π11	13	15
Π12	26	30
Π13	16	24
Π14	13	23
Π15	29	31
Π16	40	40
Π17	32	32
Π18	15	21
Π19	25	26
Ε1	36	32
Ε2	27	22
Ε3	17	17
Ε4	13	16
Ε5	25	22
Ε6	23	26
Ε7	25	18
Ε8	25	23
Ε9	25	34
Ε10	25	35
Ε11	25	18
Ε12	27	25
Ε13	25	30
Ε14	25	33
Ε15	22	25
Ε16	25	24