

**Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ
ΟΛΟΣΩΜΗ ΔΟΝΗΣΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΑΡΩΝ ΑΝΔΡΩΝ**

του

Πέτρου Χ. Μπίλιου

Τρίκαλα

2014

Διδακτορική Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική
εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του διδακτορικού τίτλου του Τμήματος
Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, της Σχολής Επιστήμης Φυσικής
Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Εγκεκριμένη από το Καθηγητικό σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων: Σούλας Δημήτριος, Καθηγητής

2^{ος} Επιβλέπων: Γεροδήμος Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής

3^{ος} Επιβλέπων: Ζαφειρίδης Ανδρέας, Επίκουρος Καθηγητής

Επταμελής Επιτροπή

1. Σούλας Δημήτριος (επιβλέπων), Καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ
2. Γεροδήμος Βασίλειος (μέλος τριμελούς), Αναπληρωτής καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ
3. Ζαφειρίδης Αντρέας (μέλος τριμελούς), Επίκουρος καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ
4. Κουτεντάκης Ιωάννης, Καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ
5. Τσιόκανος Αθανάσιος, Αναπληρωτής καθηγητής ΤΕΦΑΑ-ΠΘ
6. Δίπλα Κωνσταντίνα, Επίκουρη καθηγήτρια ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ
7. Μάνου Βασιλική, Λέκτορας ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ

©2014

Πέτρου Χ. Μπίλιου

ALL RIGHTS RESERVED

Στα παιδιά μου Χρήστο και Μηλίτσα

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο προπονητικό κέντρο (αίθουσα μυϊκής ενδυνάμωσης) της Σχολής Ικάρων, τα έτη 2011-2012.

Με την ολοκλήρωση της διδακτορικής διατριβής αισθάνομαι αρχικά την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην Πολεμική Αεροπορία (ΠΑ) και ειδικότερα στη Σχολή Ικάρων (ΣΙ), στην οποία υπηρετώ ως μέλος ΕΕΔΙΠ/Ι φυσικής αγωγής και στη Σχολή Υπαξιωματικών Διοικητικών (ΣΥΔ), όπου έκανα τα πρώτα επαγγελματικά μου βήματα.

Ευχαριστώ τον κ. Κοσμήτορα καθηγητή κ. Κωτσιόπουλο Πέτρο, τον κ. Διοικητή Υποπτέραρχο (Ι) Θωμαΐδη Αδάμ και τα μέλη του εκπαιδευτικού συμβουλίου (ΕΣ) της ΣΙ για την έγκριση διεξαγωγής της έρευνας.

Ευχαριστώ επίσης τον κ. Δκτη ΣΜΙΚ Σμχο (Ι) Βασιλάκη Νικόλαο και τον κ. ΤΑΕΚ Ασμχο (Ι) Καραμπιτιάνη Γρηγόριο της ΣΙ για την άψογη συνεργασία κατά τη διάρκεια της μελέτης.

Θερμά ευχαριστώ τον κύριο επιβλέποντα, καθηγητή κ. Σούλα Δημήτριο για την εμπιστοσύνη που έδειξε, την αμέριστη συμπαράσταση και τις εποικοδομητικές του υποδείξεις σε όλα τα στάδια εκπόνησης της διατριβής

Ευχαριστώ από καρδιάς τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Γεροδήμο Βασίλειο, που ως μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής προσέφερε επιστημονική καθοδήγηση και συστηματική επίβλεψη κατά την διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας και της συγγραφής της διατριβής.

Ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Ζαφειρίδη Ανδρέα, μέλος της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής για τις υποδείξεις του στην ολοκλήρωση της διατριβής.

Ευχαριστώ τους Κουτεντάκη Ιωάννη, καθηγητή ΤΕΦΑΑ-ΠΘ, Τσιόκανο Αθανάσιο, Αναπληρωτή καθηγητή ΤΕΦΑΑ-ΠΘ, Δίπλα Κωνσταντίνα, Επίκουρη καθηγήτρια, ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ και Μάνου Βασιλική, Λέκτορα ΤΕΦΑΑ-ΑΠΘ, που ως μέλη της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής διέθεσαν πολύτιμο χρόνο στην εξέταση της διδακτορικής μου διατριβής.

Επιπρόσθετα ευχαριστώ:

- Τον κ. Μπογδάνη Γρηγόριο (PhD.) και την κ. Τσετσώνη Αναστασία (PhD.), επί συμβάσει ΠΔ. 407/80 προσωπικό του εργομετρικού κέντρου της ΣΙ, για την ανιδιοτελή τους βοήθεια στη διεξαγωγή των μετρήσεων.
- Την κ. Καρατράντου Νάντια (υποψήφια διδάκτορα ΤΕΦΑΑ-ΠΘ) για την ουσιαστική της συμβολή στην ανάλυση και τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων.
- Τους συναδέλφους καθηγητές φυσικής αγωγής για την ενθάρρυνση και υποστήριξη τους.
- Τους συμμετέχοντες Ικάρους για το υψηλό αίσθημα ευθύνης που επέδειξαν κατά τη διάρκεια του προγράμματος παρέμβασης και των μετρήσεων της έρευνας. Εύχομαι κάθε προσωπική και επαγγελματική επιτυχία.
- Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου για την κατανόηση και στήριξη την οποία προσέφερε συμβάλλοντας καίρια στην υλοποίηση της διατριβής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μπίλιος Πέτρος: Η επίδραση διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη φυσική κατάσταση νεαρών ανδρών.

(Με την επίβλεψη του κ. Δημητρίου Σούλα, Καθηγητή)

Σκοπός της έρευνας ήταν: α) να διερευνήσει την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος (short term) άσκησης με ολόσωμη δόνηση (ΟΔ) στη φυσική κατάσταση (κινητικότητα, δύναμη, ταχύτητα, κατακόρυφη αλτικότητα, ισχύ, αναερόβια και αερόβια ικανότητα) νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών, β) να διερευνήσει την επίδραση ενός μακρόχρονου προγράμματος (long term) άσκησης με ΟΔ στη φυσική κατάσταση νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών και γ) να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα των δύο προγραμμάτων στη φυσική κατάσταση νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών. Στην έρευνα έλαβαν μέρος εθελοντικά 60 νεαροί άνδρες (20.47 ± 1.38 ετών) με φυσική δραστηριότητα, οι οποίοι τυχαία χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: ομάδα βραχύχρονης άσκησης με δόνηση (ΒΔ), ομάδα μακρόχρονης άσκησης με δόνηση (ΜΔ) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Η ομάδα ΒΔ πραγματοποίησε ένα πρωτόκολλο άσκησης κατακόρυφης ΟΔ (συχνότητα: 25-35 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 5mm, διάρκεια: 10min, θέση-άσκηση: στατικό ημικάθισμα 110° , πέντε φορές την εβδομάδα), για τέσσερις εβδομάδες. Η ομάδα ΜΔ ακολούθησε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης, ίσης ποσότητας και έντασης αλλά με διαφορετική συχνότητα προπόνησης (τρεις φορές την εβδομάδα). Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες (ομάδα x χρόνος, 3×2), με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον παράγοντα «χρόνος» και το κριτήριο κατά Tukey, όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Στην ΒΔ παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση ($p < .05$), της κινητικότητας ($10.43 \pm 18.60\%$), της σχετικής δύναμης ($17.07 \pm 19.85\%$) και της σχετικής κατακόρυφης αλτικότητας ($15.11 \pm 14.89\%$) σε αντίθεση με τις ΜΔ και ΟΔ. Καμία άλλη διαφορά δεν παρατηρήθηκε στις φυσικές ικανότητες που αξιολογήθηκαν μεταξύ των ομάδων. Το σωματικό λίπος μειώθηκε σημαντικά ($-5.30 \pm 9.48\%$) ($p < .05$) στην ΒΔ ενώ καμία μεταβολή δεν φάνηκε στις ΜΔ και ΟΕ. Η σωματική και η άλιπη μυϊκή μάζα παρέμειναν αμετάβλητες σε όλες τις ομάδες. Συνοψίζοντας φαίνεται ότι το βραχύχρονο πρόγραμμα άσκησης με ολόσωμη δόνηση είναι περισσότερο αποτελεσματικό σε σχέση με το μακρόχρονο στη βελτίωση της κινητικότητας, της δύναμης, της κατακόρυφης αλτικότητας και της σωματικής σύστασης σε νεαρούς άνδρες με φυσική δραστηριότητα.

Λέξεις Κλειδιά: ολόσωμη δόνηση, φυσική κατάσταση, προπόνηση, βραχύχρονη επίδραση, μακρόχρονη επίδραση

ABSTRACT

Biliros Petros: The effect of different whole body vibration training programs on physical conditioning in young men.

(Under the supervision of Dimitrios Soulas, Professor)

The purpose of present study was to: a) investigate the short term effect of whole body vibration training on physical conditioning (flexibility, strength, speed, vertical jumping, power, anaerobic and aerobic capacity) in young, physically active men b) to investigate the long term effect of whole body vibration training on physical conditioning in young, physically active men c) to compare a short term and a long term effect aiming to improve physical conditioning in young, physically active men. Sixty young, physically active men (20.47 ± 1.38 yrs) volunteered to participate in this study were randomly assigned to a short term whole body vibration training group (STWBV), a long term whole body vibration training group (LTWBV) or a control group (C). The STWBV training program consisted of twenty-sessions (frequency: 25-35 Hz, amplitude: 5 mm, 10 sets x 1 min, exercise: semi-squat 110° , 5 times per week) on a vertical vibration platform. The LTWBV exercised 3 x wk⁻¹ followed the same pattern while volume and intensity were equated for each experimental group. A two-way analysis of variance (ANOVA), (group x time, 3 x 2) was used with repeated measures of one factor (time) as well as a Tukey's post hoc analysis whenever necessary. A significant improvement in sit and reach flexibility ($10.43 \pm 18.60\%$), 1 RM half squat strength ($17.07 \pm 19.85\%$), counter movement jump height ($15.11 \pm 14.89\%$) was observed in the STWBV but no in LTWBV and C ($p < .05$). Furthermore there were no significant differences pre-post measurement values between groups. Body fat was decreased ($-5.30 \pm 9.48\%$) only in STWBV ($p < .05$). Body mass and fat free mass remained unchanged in all groups. In conclusion, it seems that STWBV is more effective compared to LTWBV in improving flexibility, maximal strength, counter movement jump and body composition in young, physically active men.

Key Words: whole body vibration, physical conditioning, training, short term effect, long term effect

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	8
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	9
ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ	12
ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	13
ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ	14
ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ	15
ΛΙΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
Σκοπός της έρευνας.....	20
Μηδενικές υποθέσεις.....	20
Περιορισμοί-Οριοθετήσεις της έρευνας.....	21
Λειτουργικοί ορισμοί.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	27
2.1 Ολόσωμη δόνηση.....	27
2.1.1 Ιστορική αναδρομή.....	27
2.1.2 Ορισμός και περιγραφή της δόνησης.....	28
2.1.3 Ανεπιθύμητες επιδράσεις της δόνησης.....	28
2.1.4 Οριακή και κρίσιμη τιμή έκθεσης στη δόνηση.....	31
2.1.5 Αντενδείξεις συμμετοχής στην άσκηση ολόσωμης δόνησης.....	32
2.1.6 Φυσιολογία της ολόσωμης δόνησης (ΟΔ).....	33
2.1.7 Τονικό αντανακλαστικό δόνησης.....	34
2.1.8 Εγκεφαλικές αποκρίσεις στη δόνηση.....	39
2.1.9 Νευρομυϊκοί παράγοντες.....	40
2.1.10 Ορμονικοί παράγοντες.....	41
2.1.11 Άλλοι νευρικοί και φυσιολογικοί μηχανισμοί δράσης.....	41
2.1.12 Χαρακτηριστικά και τύποι της ολόσωμης δόνησης.....	43
2.1.12.1 Παράγοντες που επιδρούν στην αποτελεσματικότητα του ερεθίσματος της δόνησης.....	48
2.1.13 Επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης.....	54
2.1.13.1 Ολόσωμη δόνηση και ειδικοί πληθυσμοί.....	55
2.1.13.2 Ολόσωμη Δόνηση και απόδοση.....	56
2.1.14. Οι επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στις ικανότητες της φυσικής κατάστασης.....	58
2.1.14.1 Κινητικότητα.....	58
2.1.14.2 Επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα.....	59
2.1.14.3 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα.....	59
2.1.14.4 Βραχύχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα.....	60
2.1.14.5 Μακρόχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα.....	61

2.1.14.6 Δύναμη.....	63
2.1.14.7 Επιδράσεις της δόνησης στη δύναμη.....	65
2.1.14.8 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη δύναμη.....	65
2.1.14.9 Βραχύχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη δύναμη.....	66
2.1.14.10 Μακρόχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη δύναμη.....	67
2.1.14.11 Ισχύς.....	70
2.1.14.12 Επιδράσεις της δόνησης στην ισχύ.....	71
2.1.14.13 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην ισχύ.....	72
2.1.14.14 Βραχύχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην ισχύ.....	72
2.1.14.15 Μακρόχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην ισχύ.....	73
2.1.14.16 Ταχύτητα.....	76
2.1.14.17 Επιδράσεις της δόνησης στην ταχύτητα.....	77
2.1.14.18 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην ταχύτητα.....	78
2.1.14.19 Βραχύχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην ταχύτητα.....	78
2.1.14.20 Μακρόχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην ταχύτητα.....	79
2.1.14.21 Αναερόβια ικανότητα.....	80
2.1.14.22 Επιδράσεις της δόνησης στην αναερόβια ικανότητα.....	81
2.1.14.23 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην αναερόβια ικανότητα.....	81
2.1.14.24 Βραχύχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην αναερόβια ικανότητα.....	82
2.1.14.25 Μακρόχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην αναερόβια ικανότητα.....	82
2.1.14.26 Αερόβια ικανότητα.....	83
2.1.14.27 Επιδράσεις της δόνησης στην αερόβια ικανότητα.....	84
2.1.14.28 Άμεσες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην αερόβια ικανότητα.....	84
2.1.14.29 Βραχύχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην αερόβια ικανότητα...	85
2.1.14.30 Μακρόχρονες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην αερόβια ικανότητα...	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	106
Δείγμα.....	106
Όργανα άσκησης - μέτρησης.....	106
Περιγραφή δοκιμασιών.....	108
Μέτρηση σωματικής μάζας.....	108
Μέτρηση αναστήματος.....	108
Μέτρηση κινητικότητας.....	108
Μέτρηση κατακόρυφης αλτικής ικανότητας.....	109
Άλμα από ημικάθισμα.....	109
Άλμα με αντίθετη κίνηση.....	109
Μέτρηση ταχύτητας	109
Μέτρηση μέγιστης δύναμης.....	110
Μέτρηση αναερόβιας ικανότητας- ισχύος (wingate test).....	110

Μέτρηση αερόβιας ικανότητας.....	111
Πρόγραμμα παρέμβασης.....	112
Διαδικασία.....	114
Σχεδιασμός της έρευνας.....	115
Στατιστική ανάλυση.....	116
ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	152
ΚΕΦΑΛΑΙΟ VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	157
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ VIII.....	204

ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1. Ορολογία της προπόνησης ολόσωμης δόνησης	44
Πίνακας 2. Άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα, τη δύναμη, την ισχύ, την ταχύτητα, την αναερόβια και αερόβια ικανότητα.....	86
Πίνακας 3. Βραχύχρονη επίδραση προγραμμάτων άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα, τη δύναμη, την ισχύ, την ταχύτητα, την αναερόβια και αερόβια ικανότητα.....	98
Πίνακας 4. Μακρόχρονη επίδραση προγραμμάτων άσκησης με ολόσωμη δόνηση (~40 προπονητικές μονάδες) στην κινητικότητα, τη δύναμη, την ισχύ, την ταχύτητα, την αναερόβια και αερόβια ικανότητα.....	100
Πίνακας 5. Ηλικία και σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).....	106
Πίνακας 6. Πρωτόκολλα ολόσωμης δόνησης.....	114
Πίνακας 7. Το σωματικό λίπος (σε kg και %) των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).....	118
Πίνακας 8. Η απόδοση των νεαρών αντρών στην κινητικότητα ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).....	119
Πίνακας 9. Η απόδοση των νεαρών αντρών στο άλμα από ημικάθισμα και στο άλμα με αντίθετη κίνηση (απόλυτες και σχετικές τιμές) ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).....	120
Πίνακας 10. Η απόδοση των νεαρών αντρών στην αναερόβια ισχύ ανά ομάδα και μέτρηση(μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).....	121
Πίνακας 11. Η απόδοση των νεαρών αντρών στη μέγιστη δύναμη (απόλυτες και σχετικές τιμές) ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).....	123
Πίνακας 12. Η απόδοση των νεαρών αντρών στην ταχύτητα ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).....	124
Πίνακας 13. Η απόδοση των νεαρών αντρών στη δοκιμασία του παλίνδρομου τρεξίματος (συνολική διανυόμενη απόσταση) ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).....	124

ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Σχεδιάγραμμα 1. Συχνότητα άσκησης.....	114
Σχεδιάγραμμα 2. Διαδικασία μετρήσεων της έρευνας.....	115
Σχεδιάγραμμα 3α,β. Σύγκριση του σωματικού λίπους σε kg (Α) και % (Β), των νεαρών αντρών, ανά ομάδα και μέτρηση.....	117
Σχεδιάγραμμα 4. Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών αντρών στην κινητικότητα ανά ομάδα και μέτρηση.....	118
Σχεδιάγραμμα 5. Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών αντρών στο άλμα από ημικάθισμα (σχετικές τιμές) ανά ομάδα και μέτρηση.....	120
Σχεδιάγραμμα 6. Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών αντρών στη σχετική δύναμη ανά ομάδα και μέτρηση.....	123

ΛΙΣΤΑ ΜΕ ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1. Μηχανισμός δράσης της άσκησης με δόνηση.....	36
Εικόνα 2. Αμφίπλευρη και κατακόρυφη ολόσωμη δόνηση.....	45

ΛΙΣΤΑ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ

A	Amplitude-πλάτος ταλάντωσης
A	Acceleration-επιτάχυνση
CJ	Continuous jump-Συνεχόμενα άλματα
CMJ	Counter movement jump-Άλμα με αντίθετη κίνηση
D	Duration-διάρκεια
DJ	Drop jump-Άλμα βάθους
F	Frequency-συχνότητα
RFD	Rate of force development-ρυθμός ανάπτυξη της δύναμης
SJ	Squat jump-Άλμα από ημικάθισμα
ΑΑ	Αμφίπλευρη δόνηση
ΑΘ	Αθλητές/τριες
ΑΠ	Απροπόνητα άτομα
ΔΜΣ	Δείκτης μάζας σώματος
EK-IKP_{EK-K-Γ}	Έκκεντρη ισοκινητική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος
Θ-A	Θέση-άσκηση
IKP_{ΠΟΔ}	Ισοκινητική ροπή ποδοκνημικής
IMΔ_{EK-Γ}	Ισομετρική δύναμη εκτεινόντων μυών του γόνατος
IMP_{EK-K-Γ}	Ισομετρική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος
ΙΣ	Ισορροπία
ΚΔ	Κατακόρυφη δόνηση
KIN	Κινητικότητα
MI	Μέγιστη ισχύς
MI/kg	Μέγιστη ισχύς ανά σωματική μάζα
NO	Nitric Oxide-Μονοξειδίο του αζώτου
ΟΑ	Ομάδα άσκησης
ΟΔ	Ομάδα δόνησης
ΟΔΑ	Ομάδα δόνησης και άσκησης
ΟΕ	Ομάδα ελέγχου
OM-IKP_{EK-K-Γ}	Ομόκεντρη ισοκινητική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος
ΟΠΑ	Ομάδα εικονικής δόνησης (placebo)
ΠΜ	Προπονητική μονάδα
ΠΡ-Δ	Προπονημένοι στη δύναμη
ΤΑΔ	Τονικό αντανακλαστικό δόνησης
ΦΔ	Άτομα με φυσική δραστηριότητα

ΛΙΣΤΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

♀	Γυναίκες-κορίτσια
♂	Άνδρες- αγόρια
↑	Αύξηση
↓	Μείωση
↔	Καμία μεταβολή

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΟΛΟΣΩΜΗ ΔΟΝΗΣΗ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΝΕΑΡΩΝ ΑΝΔΡΩΝ

Ο άνθρωπος εκτίθεται στη δόνηση στα πλαίσια των καθημερινών του δραστηριοτήτων, κατά την εκτέλεση του επαγγέλματος, στις μεταφορές όπως και στη συμμετοχή του σε διάφορες εκδηλώσεις αθλητισμού και αναψυχής (Cardinale & Rittweger, 2006; Yue & Mester, 2004). Η δόνηση αποτελεί ένα μηχανικό ερέθισμα με χαρακτηριστικά ταλάντωσης που καθορίζεται από τον τύπο της δόνησης (ολόσωμη-τοπική), τη συχνότητα και το εύρος ταλάντωσης (Cardinale & Pope, 2003b). Αρχικά, η δόνηση ως προπονητικό μέσο χρησιμοποιήθηκε από Ρώσους αθλητικούς επιστήμονες, με στόχο την πρόληψη ή/και αντιστροφή των αρνητικών επιδράσεων της μικροβαρύτητας στη μυϊκή και οστική μάζα των κοσμοναυτών (Issurin, Liebermann, & Tenenbaum, 1994; Shepherd, 2010). Αργότερα, στη δεκαετία του 1970, η δόνηση χρησιμοποιήθηκε για τη βελτίωση των φυσικών ικανοτήτων σε αθλητές ολυμπιακού επιπέδου (Cardinale et al., 2006) καθώς και σε μαζικά αθλούμενα άτομα διαφόρων ηλικιών (Jordan, Norris, Smith, & Herzog, 2005; Luo, McNamara, & Moran, 2005b).

Η δόνηση διακρίνεται με βάση το σημείο εφαρμογής της, σε ολόσωμη και τοπική (Cochrane, 2011c; Luo et al., 2005b). Η ολόσωμη δόνηση (ΟΔ) αποτελεί μηχανική ταλαντωτική διέγερση (Hagberg, Burstrom, Ekman & Wilhelmsson, 2006), οι επιδράσεις της οποίας καθορίζονται από τη μυϊκή τάση, τη θέση του σώματος, τη συχνότητα, το εύρος, τη διεύθυνση και τη διάρκεια της δόνησης (Koenig, Chiamonte, & Balbinot, 2008). Ως πιθανός μηχανισμός δράσης έχει προταθεί η αντανεκλαστική μυϊκή σύσπαση ή διαφορετικά το τονικό αντανεκλαστικό δόνησης (ΤΑΔ) (Hagbarth & Eklund, 1966) που εμφανίζεται σαν απάντηση στη διάταση των μυϊκών ατράκτων (Burke, Hagbarth, Lofstedt & Wallin, 1976; Roll, Vedel & Ribot, 1989).

Στις έρευνες, που έχουν γίνει μέχρι σήμερα, οι επιδράσεις της άσκησης με ΟΔ στον άνθρωπο διαχωρίζονται σε άμεσες (κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά την άσκηση), σε βραχύχρονες (μετά από άσκηση 5-24 ημερών με μικρά ή καθόλου κενά μεταξύ των προπονητικών μονάδων) και σε μακρόχρονες (μετά από άσκηση 4 έως 52 εβδομάδων) (Karatrantou, Gerodimos, Dipla & Zafeiridis, 2013; Καρατράντου, 2010).

Όσον αφορά τις βραχύχρονες επιδράσεις της άσκησης ΟΔ, στη διεθνή βιβλιογραφία δε βρέθηκε μελέτη στην αερόβια ικανότητα, ενώ καμιά επίδραση δεν παρατηρήθηκε στην ταχύτητα (Cochrane, Legg, & Hooker, 2004) και στην αναερόβια ισχύ (Καρατράντου, 2010). Αντικρουόμενα είναι τα αποτελέσματα, όσον αφορά τη δύναμη, την κατακόρυφη αλτικότητα και την κινητικότητα: υπάρχουν μελέτες, που αναφέρουν αύξηση (Constantino, Pogliacomini & Soncini, 2006; Cronin, Mc Laren & Bressel, 2004a; Feland, Hopkins, Hunter & Johnson, 2008; Karatrantou et al., 2013) ή καμιά επίδραση (Cochrane et al., 2004; Zange, Mester, Heer, Kluge & Liphardt, 2009). Αναλυτικότερα, σε μελέτη των Constantino et al. (2006) μετά την εφαρμογή ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης με ΟΔ διάρκειας 10 προπονητικών μονάδων (ΠΜ) σε νέες απροπόνητες γυναίκες παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στη σύγκεντρη ισοκινητική ροπή δύναμης των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του γόνατος. Επιπρόσθετα, οι Cronin και συν. (2004a) και Feland και συν. (2008), μετά την εφαρμογή βραχύχρονων προγραμμάτων άσκησης με ΟΔ διάρκειας 10 και 20 ημερών σε νέες χορεύτριες και σε νέους άνδρες και γυναίκες φυσικά δραστήριους αντίστοιχα, παρατήρησαν στατιστικά σημαντική αύξηση στην κατακόρυφη αλτικότητα (DJ και CMJ) και την κινητικότητα.

Αντίθετα, οι Cochrane και συν. (2004) και οι Karatrantou και συν. (2013), μετά την εφαρμογή βραχύχρονων προγραμμάτων άσκησης με ΟΔ διάρκειας 9 ΠΜ και 16 ΠΜ αντίστοιχα σε νέα άτομα με φυσική δραστηριότητα, δεν ανέφεραν στατιστικά σημαντική μεταβολή στην κατακόρυφη αλτικότητα (SJ, DJ και CMJ), τη μέγιστη ισομετρική δύναμη, τη μέγιστη ισοκινητική-ισομετρική ροπή δύναμης και την κινητικότητα. Παρόμοια, οι Zange και συν. (2009) δεν παρατήρησαν βελτίωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης σε υγιείς νέους μετά την εφαρμογή ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης με ΟΔ διάρκειας 14 ΠΜ.

Οι έρευνες που εξέτασαν τις μακρόχρονες επιπτώσεις της ΟΔ στην αναερόβια ικανότητα είναι λίγες με αντιφατικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, οι Oosthuysen, Viedge, McVeigh και Avidon (2013), αναφέρουν βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας, ενώ αντίθετα καμιά επίδραση δεν παρατηρήθηκε στην αναερόβια ικανότητα (Elmantaser et al., 2012) μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων άσκησης ΟΔ. Επιπλέον, βρέθηκε μια μόνο μελέτη που αναφέρει βελτίωση της αερόβιας ικανότητας μετά το πέρας 156 συνεδριών ΟΔ σε υπερήλικες (Bogaerts et al., 2009). Τα αποτελέσματα, όσον αφορά τις επιπτώσεις της μακρόχρονης προπόνησης ΟΔ στη

δύναμη, την κατακόρυφη αλτικότητα, την κινητικότητα και την ταχύτητα, είναι αντικρουόμενα. Άλλες έρευνες υποστηρίζουν βελτίωση (Delecluse, Roelants, & Verschueren, 2003; Fagnani, Giombini, Di Cesare, Pigozzi, & Di Salvo, 2006; Paradisis & Zacharogiannis, 2007; Raimundo, Gusi, & Tomas-Carus, 2009; Roelants, Delecluse, & Verschueren, 2004b), και άλλες καμία επίδραση (Cole & Mahoney, 2010; Chuang & Shiang, 2007; Delecluse, Roelants, Diels, Koninckx & Verschueren, 2005; De Ruiter, Van der Linden, Van der Zijden, Hollander, & de Haan, 2003b; Kvorning, Bagger, Caserotti, & Madsen, 2006; Rittweger, Karsten, Kautzsch, Reeg & Felsenberg, 2002b). Πιο συγκεκριμένα, σε μελέτες των Delecluse και συν. (2003) και Fagnani και συν. (2006) διάρκειας 36 ΠΜ και 24 ΠΜ σε νέες απροπόνητες γυναίκες και αθλήτριες αντίστοιχα, παρατηρήθηκε αύξηση της ισοκινητικής ροπής δύναμης και της μέγιστης δύναμης των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του γόνατος, της κατακόρυφης αλτικότητας (CMJ) και της κινητικότητας. Επιπρόσθετα, έρευνα των Paradisis και συν. (2007) με διάρκεια 18 ΠΜ σε νεαρά άτομα, πρώην αθλητές και αθλήτριες, αναφέρει αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας (CMJ και CJ30s) και ταχύτητας.

Αντίθετα, οι Delecluse και συν. (2005), μετά την εφαρμογή ενός μακρόχρονου προγράμματος άσκησης με ΟΔ διάρκειας 15 ΠΜ σε αθλητές και αθλήτριες σπριντ, δεν παρατήρησαν καμία μεταβολή στην ταχύτητα, τη δύναμη και την κατακόρυφη αλτικότητα. Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Rittweger et al. (2002b), όσον αφορά την κινητικότητα σε μεσήλικες, άνδρες και γυναίκες, μετά από παρέμβαση ΟΔ διάρκειας 18 ΠΜ.

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας μέχρι σήμερα, δε βρέθηκε κάποια έρευνα σχετική με τη βραχύχρονη επίδραση της ΟΔ στην αερόβια ικανότητα. Επιπλέον ο αριθμός των μελετών, στις οποίες εξετάστηκε η βραχύχρονη και η μακρόχρονη επίδραση της ΟΔ στην κινητικότητα, την αερόβια ικανότητα, την αναερόβια ικανότητα και την ταχύτητα, είναι ιδιαίτερα περιορισμένος με αντικρουόμενα αποτελέσματα. Όσον αφορά τη δύναμη και την κατακόρυφη αλτικότητα, παρά το εκτεταμένο ερευνητικό έργο, φαίνεται ότι τα αποτελέσματα δεν είναι σταθερά. Διάφορες μεταβλητές, όπως η πηγή δόνησης, το πρωτόκολλο άσκησης (συχνότητα, εύρος ταλάντωσης, διάρκεια, άσκηση), το φύλο, η ηλικία, το επίπεδο της φυσικής κατάστασης, επηρεάζουν τα αποτελέσματα της άσκησης με δόνηση στις διάφορες φυσικές ικανότητες (Jordan et al., 2005). Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη στη

βιβλιογραφία που συγκρίνει την αποτελεσματικότητα διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης με ΟΔ (βραχύχρονο vs. μακρόχρονο), 20 ΠΜ ίσης ποσότητας και έντασης αλλά διαφορετικού χρόνου ανάληψης μεταξύ των προπονητικών μονάδων, στη φυσική κατάσταση νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών. Η κατανόηση του τρόπου που η άσκηση με ΟΔ επηρεάζει τις φυσικές ικανότητες θα οδηγήσει στο σχεδιασμό και την καθοδήγηση αποτελεσματικότερων και ασφαλέστερων προγραμμάτων άσκησης, με στόχο τόσο τη βελτίωση της απόδοσης όσο και την προαγωγή της υγείας (πρόληψη και αντιμετώπιση παθήσεων και τραυματισμών) (Καρατράντου, 2010).

Οι παραπάνω διαπιστώσεις οδήγησαν στην εκπόνηση της παρούσας μελέτης, σκοπός της οποίας ήταν να εξετάσει: α) την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης με ΟΔ στη φυσική κατάσταση (κινητικότητα, δύναμη, ταχύτητα, κατακόρυφη αλτικότητα, ισχύ, αναερόβια ικανότητα, αερόβια ικανότητα) νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών, β) την επίδραση ενός μακρόχρονου προγράμματος άσκησης με ΟΔ στη φυσική κατάσταση νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών, και γ) να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα των δύο προγραμμάτων στη φυσική κατάσταση νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών.

Μηδενικές Υποθέσεις

- Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην κινητικότητα, μεταξύ των ομάδων και των μετρήσεων.
- Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην ταχύτητα, μεταξύ των ομάδων και των μετρήσεων.
- Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέγιστη, μέση, απόλυτη και σχετική ισχύ μεταξύ των ομάδων και των μετρήσεων.
- Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα (άλμα από ημικάθισμα, άλμα με αντίθετη κίνηση), μεταξύ των ομάδων και των μετρήσεων.
- Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέγιστη δύναμη των κάτω άκρων, μεταξύ των ομάδων και των μετρήσεων.
- Δε θα υπάρξει στατιστικά σημαντική διαφορά στην αερόβια ικανότητα, μεταξύ των ομάδων και των μετρήσεων.

Περιορισμοί της έρευνας

- Οι συμμετέχοντες ήταν φοιτητές Α.Σ.Ε.Ι., φυσικά δραστήριοι, με σχετική εμπειρία στην προπόνηση αντιστάσεων.
- Η ηλικία των συμμετεχόντων ήταν 18-22 ετών.
- Οι συμμετέχοντες ήταν 60.
- Στη μελέτη συμμετείχαν μόνο άντρες.
- Στη μελέτη οι πειραματικές ομάδες εκτέλεσαν τα πρωτόκολλα άσκησης σε πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης.
- Δεν υπήρξε έλεγχος των διατροφικών συνηθειών και της αποκατάστασης στους συμμετέχοντες.
- Η συνολική διάρκεια της έρευνας ήταν 20 Προπονητικές Μονάδες.

Οριοθετήσεις της έρευνας

Η μελέτη αυτή αφορούσε στην επίδραση δύο διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης ολόσωμης δόνησης στη βελτίωση της μέγιστης δύναμης, αερόβιας ικανότητας, ταχύτητας, ισχύος, κατακόρυφης αλτικότητας και κινητικότητας σε υγιείς φοιτητές Α.Σ.Ε.Ι., ηλικίας 18-22 ετών, με εμπειρία σε προγράμματα άσκησης για βελτίωση της φυσικής κατάστασης. Το πρόγραμμα παρέμβασης είχε συνολική διάρκεια 20 ΠΜ με συχνότητα προπόνησης τρεις έως πέντε ΠΜ την εβδομάδα για επτά και τέσσερις εβδομάδες στις ομάδες μακρόχρονης (ΟΜΔ) και βραχύχρονης (ΟΒΔ) ολόσωμης δόνησης αντίστοιχα και περιελάμβανε την εφαρμογή πρωτόκολλου άσκησης κατακόρυφης δόνησης. Οι συμμετέχοντες προέρχονταν από συγκεκριμένο Α.Σ.Ε.Ι (Σχολή Ικάρων). Επομένως, λόγω των παραπάνω, οι γενικεύσεις των αποτελεσμάτων για το σύνολο του πληθυσμού δεν μπορούν να διατυπωθούν με ασφάλεια.

Λειτουργικοί ορισμοί

Αερόβια ικανότητα: η ικανότητα του καρδιοαναπνευστικού συστήματος να μεταφέρει οξυγόνο και να το χρησιμοποιεί στους λειτουργούντες μυς (Shephard, 1994). Είναι συνώνυμο της αερόβιας αντοχής, η οποία αντιπροσωπεύει την ικανότητα διατήρησης ενός υψηλού ποσοστού της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) για μεγάλο χρονικό διάστημα (Bosquet, Leger & Legros, 2002).

Άμεση δόνηση: είναι η δόνηση που μεταδίδεται από το μηχανισμό ή συσκευή δόνησης κατευθείαν στον υποκείμενο (ασκούμενο) μυ-τένοντα (Luo, McNamara & Moran, 2007).

Αμφίπλευρη δόνηση: τρόπος μετάδοσης της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα που προσομοιάζει με την κίνηση των μελών κατά τη διάρκεια της βάρδισης και του τρεξίματος, στις οποίες τα μέλη του σώματος κινούνται εναλλάξ και όχι ταυτόχρονα (ασύγχρονη κίνηση) (Abercromby et al., 2007b).

Αναερόβια ικανότητα: εκφράζει το μέγιστο ρυθμό και τη συνολική ποσότητα της ενέργειας που παράγεται χωρίς την παρουσία οξυγόνου, συνδυαστικά από το σύστημα των φωσφορικών ενώσεων υψηλής ενέργειας (ATP-CP) και το αναερόβιο γλυκολυτικό ενεργειακό σύστημα (Finn, Gustin, Withers & Green, 2000; Harman, Garhammer & Pandoff, 2000).

Αναερόβια ισχύς: είναι η ικανότητα του μυός να παράγει υψηλή ποσότητα δύναμης με τη μέγιστη ταχύτητα συστολής (Harman et al., 2000).

Αντανακλαστική διέγερση: είναι η ενεργοποίηση ενός μυός μέσω του μυοτατικού αντανακλαστικού, το οποίο εμφανίζεται κατά τη διάταση των μυϊκών ατράκτων (Grosser & Starischka, 2000).

Άσκηση: είναι η προγραμματισμένη, δομημένη και επαναλαμβανόμενη σωματική κίνηση που στοχεύει στη διατήρηση ή/και βελτίωση ενός ή περισσότερων παραμέτρων της φυσικής κατάστασης (Caspersen, Powell & Christensen, 1985).

Διάρκεια δόνησης: είναι ο χρόνος εφαρμογής του μεμονωμένου ερεθίσματος δόνησης (Conway, Szalma & Hancock, 2007) ή/και ο συνολικός χρόνος έκθεσης στη δόνηση σε μια προπονητική μονάδα (Totony de Zepetnek, Giangregorio & Craven, 2009).

Δόνηση: είναι η κίνηση ταλάντωσης ενός μορίου πάνω στο σημείο ισορροπίας του (Beer & Johnston, 1987; Wakeling & Nigg, 2001). Η δόνηση αποτελεί μορφή μηχανικού κύματος, παρόμοιο με τον ήχο, το οποίο μεταφέρει ενέργεια και όχι ύλη (Mansfield, 2004).

Έμμεση δόνηση: είναι η δόνηση που μεταδίδεται από τον απομακρυσμένο μηχανισμό ή συσκευή δόνησης στους μυς στόχους (ασκούμενους μυς) μέσω παρένθετων μερών του σώματος (Luo et al., 2007).

Ένταση: Η ένταση από προπονητικής πλευράς, σύμφωνα με τον Κέλλη (2004), χαρακτηρίζει το ύψος, την ισχύ του ερεθίσματος ή επίσης το βαθμό προσπάθειας που καταβάλλεται σε μια κινητική ενέργεια ή σειρά κινητικών ενεργειών και καθορίζεται σε χρόνο, ταχύτητα, αντίσταση, φυσιολογικές παραμέτρους (γαλακτικό οξύ, καρδιακή συχνότητα) κ.ά. Στην περίπτωση της δύναμης εκφράζεται ως ποσοστό της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM) (Wathen, 1994), ενώ στην άσκηση δόνησης καθορίζεται από το εύρος και τη συχνότητα ταλάντωσης (Luo et al., 2005b).

Επιτάχυνση δόνησης: είναι η επιτάχυνση που παρατηρείται στο ανθρώπινο σώμα από την εφαρμογή της δόνησης, η οποία εκτιμάται ως ισοδύναμο της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) μέσω της εξίσωσης $a = A \cdot (2\pi f)^2$, όπου a είναι η επιτάχυνση δόνησης, A το εύρος ταλάντωσης και f η συχνότητα δόνησης (Donly & Reyes, 2008). Ωστόσο, σύμφωνα με τον Rittweger (2009), στην παραπάνω εξίσωση όπου A εννοείται το μισό του εύρους ταλάντωσης.

Επιτάχυνση: είναι ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας σε σχέση με το χρόνο και μετριέται σε (m/s^2) (Rodgers & Cavanagh, 1984).

Εύρος ταλάντωσης: είναι η απόσταση μεταξύ των ακραίων θέσεων μετακίνησης του αντικειμένου από την αρχική του θέση σε κάθε κύκλο ταλάντωσης (Conway et al., 2007), το μετρήσιμο μέγεθος του οποίου εκφράζεται σε mm (Rauch, 2009).

Ιδιοδεκτικοί υποδοχείς: εξειδικευμένοι αισθητικοί υποδοχείς που βρίσκονται στις αρθρώσεις, στους μυς και στους τένοντες (Harris & Dudley, 2000a).

Ιδιοδεκτικότητα: είναι η ικανότητα αναγνώρισης της θέσης των αρθρώσεων και αντίχενυσης κινήσεων, η οποία στηρίζεται στην παροχή κεντρομόλας πληροφόρησης από εξειδικευμένους ως προς αυτό μηχανοϋποδοχείς (Ashton-Miler, Wojtys, Huston & Fry-Welch, 2001).

Κατακόρυφη δόνηση: τρόπος μετάδοσης της δόνησης, στο ανθρώπινο σώμα που παρατηρείται (σύγχρονη) συμμετρική κίνηση των μελών του σώματος ως προς τον κατακόρυφο άξονα (Abercromby et al., 2007b).

Κινητικό αντανακλαστικό: είναι μια προγραμματισμένη εκ των προτέρων απόκριση (Willmore & Costill, 2006).

Κινητικότητα: είναι η ικανότητα της άρθρωσης να εκδηλώνει το φυσιολογικό ή μη κινητικό της εύρος (Ζάκας, 2003).

Μέγιστη δύναμη: είναι η μέγιστη ποσότητα δύναμης που μπορεί να παράγει ο μυς ή μια μυϊκή ομάδα σε μια συγκεκριμένη κίνηση και με μία συγκεκριμένη ταχύτητα κίνησης (Fleck & Kraemer, 1997; Harman, 1994; Knuttgen & Kraemer., 1987).

Μέγιστη επανάληψη (1RM): είναι το μέγιστο φορτίο που μπορεί να υπερνικηθεί μόνο μία φορά με τη μέγιστη εκούσια μυϊκή συστολή (Tan, 1999).

Μεταδοτικότητα δόνησης: ορίζεται ως ο λόγος της παρατηρούμενης κίνησης κάποιου σημείου του ανθρωπίνου σώματος προς την κίνηση που εκδηλώνεται στο σημείο διεπαφής του σώματος με την επιφάνεια της πηγής δόνησης (Griffin, 1981).

Μηχανικός υποβιβασμός: είναι ο λόγος της εφαρμοζόμενης δύναμης προς την ταχύτητα που εκδηλώνεται στο σημείο διεπαφής του σώματος με την επιφάνεια της πηγής δόνησης (Griffin, 1981).

Μηχανοϋποδοχείς: εξειδικευμένοι αισθητικοί υποδοχείς, ευαίσθητοι στην διάταση, την τάση, την πίεση και τη δόνηση, οι οποίοι μεταβιβάζουν ταχύτατα πληροφορίες που αφορούν μυϊκά δυναμικά και κινήσεις των άκρων για επεξεργασία σε συνειδητές και υποσυνειδητές περιοχές του Κ.Ν.Σ (Harris et al., 2000a; McArdle, Katch & Katch, 2001; Willmore et al., 2006).

Μυϊκές άτρακτοι: είναι μηχανοϋποδοχείς που βρίσκονται στην γαστέρα του μυός και παρέχουν ανιούσα πληροφόρηση για το μήκος και την τάση των μυϊκών ινών (Harris et al., 2000a; McArdle et al., 2001).

Μυϊκή αντοχή: είναι η ικανότητα του συγκεκριμένου μυός ή μυϊκής ομάδας να εκτελεί επαναλαμβανόμενες μυϊκές συστολές με υπομέγιστη ένταση (Baechle & Earle, 2000).

Μυϊκή υπερτροφία: είναι η αύξηση της εγκάρσιας διατομής του μυός (Bompa, Di Pasquale & Cornacchia, 2003).

Μυοτατικό αντανακλαστικό: είναι η αντανακλαστική μυϊκή σύσπαση, η οποία προκύπτει ως απάντηση στη διάταση των μυϊκών ατράκτων (Grosser et al., 2000; Μανδρούκας, 1990).

Ολόσωμη δόνηση: είναι η δόνηση που μεταδίδεται στο ανθρώπινο σώμα καθώς στέκεται, κάθεται ή ξαπλώνει πάνω στην επιφάνεια δόνησης (Griffin, 1981; Smith & Leggat, 2005).

Ποσότητα: είναι το συνολικό ποσό του έργου που παράγεται σε κάθε προπονητική μονάδα (ΠΜ) και συνήθως η μέτρησή του στην προπόνηση δύναμης εκφράζεται ως συνολικός αριθμός επαναλήψεων (επαναλήψεις×σετ) (Baker, Wilson & Carlyon, 1994; Kraemer & Ratamess, 2004) ή/και ως το σύνολο της ποσότητας του φορτίου (επαναλήψεις×σετ×βάρος) (Tan, 1999).

Προπόνηση ολόσωμης δόνησης: είναι μέθοδος προπόνησης του νευρομυϊκού συστήματος (Hopkins et al., 2008).

Συνεχόμενη-Περιοδική ημιτονοειδής δόνηση: είναι η κυκλική, επαναληπτική και χωρίς διακοπή ταλάντωση ενός ατόμου ή αντικειμένου πάνω στο σημείο ισορροπίας του (Conway, et al., 2007).

Συχνότητα δόνησης: είναι η απόσταση μεταξύ των κυμάτων δόνησης, η οποία εκφράζεται σε Hz, σύμφωνα με τον αριθμό των ολοκληρωμένων κύκλων δόνησης στη μονάδα του χρόνου (s) (Paschold, 2008).

Συχνότητα συντονισμού: καλείται η συχνότητα με τη μέγιστη μεταδοτικότητα (Shoenberger, 1972), από την πηγή δόνησης σε ένα ορισμένο μέρος του σώματος (Yue et al., 2004).

Συχνότητα Προπόνησης: είναι ο αριθμός των προπονητικών μονάδων (ΠΜ) που εκτελούνται κάθε εβδομάδα και ο οποίος εξαρτάται από την ποσότητα της προπόνησης, την ένταση, το επίπεδο της τρέχουσας φυσικής κατάστασης, την επιλογή των ασκήσεων, την ικανότητα ανάληψης και τον αριθμό των μυϊκών ομάδων που ασκούνται (Kraemer et al., 2002).

Ταχύτητα: Σύμφωνα με τον Κέλλη (1995), ταχύτητα είναι η κινητική ικανότητα του ατόμου να αντιδρά σε ένα ερέθισμα και να εκτελεί κυκλικές ή άκυκλες κινήσεις με τη μεγαλύτερη δυνατή κινητική ταχύτητα με ή χωρίς εξωτερικές αντιστάσεις.

Τενόντια όργανα Golgi: είναι μηχανοϋποδοχείς ανασταλτικής φύσης που βρίσκονται στους τένοντες πολύ κοντά στις μυοτενόντιες συνδέσεις και λειτουργούν ως μετρητές πίεσης ανιχνεύοντας μεταβολή της τάσης του συμπλέγματος "μυς-τένοντας" (Harris et al., 2000a; Willmore et al., 2006). Κατά τη δραστηριοποίηση των οργάνων παρατηρείται το αντίστροφο μυοτατικό αντανακλαστικό (αυτογενής αναστολή) (Μανδρούκας, 1990).

Τονικό αντανακλαστικό δόνησης: είναι η αντανακλαστική μυϊκή σύσπαση η οποία προκύπτει ως απάντηση στη διάταση των μυϊκών ατράκτων, που προκαλείται από την εφαρμογή της μηχανικής δόνησης στο μυ ή στον τένοντα (Cardinale & Bosco, 2003a).

Πλάτος ταλάντωσης: είναι το ύψος του κύματος δόνησης (Paschold, 2008) ή διαφορετικά το ½ του εύρους ταλάντωσης (Luo et al., 2005b; Rittweger, 2009).

Φορτίο: είναι το μετρήσιμο μέγεθος της αντίστασης (Pearson, Faigenbaum, Conley & Kraemer, 2000). Στην άσκηση δόνησης εκφράζεται από το μέγεθος της επιτάχυνσης δόνησης (m/s^2) (Paschold, 2008).

Φυσική δραστηριότητα: είναι οποιαδήποτε κίνηση του σώματος που παράγεται από τους σκελετικούς μυς και προκαλεί αύξηση της ενεργειακής δαπάνης πάνω από τη δαπάνη ηρεμίας (Bouchard, Perusse, Deriaz, Despres & Tremblay, 1993).

Φυσική ικανότητα: είναι ένα σύνολο ιδιοτήτων που οι άνθρωποι κατέχουν ή επιτυγχάνουν και αφορά τη δυνατότητα να εκτελεσθεί η σωματική δραστηριότητα (Caspersen et al., 1985).

Φυσική κατάσταση: είναι το σύνολο όλων των καθοριστικών για την επίδοση φυσικών και συναρμοστικών ικανοτήτων, οι οποίες εκφράζονται μέσω διαφόρων χαρακτηριστικών της προσωπικότητας (πχ. θέληση, εσωτερική παρακίνηση) (Grosser et al., 2000; Zintl, 1993).

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Ολόσωμη Δόνηση

2.1.1 Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη εφαρμογή της δόνησης για τη βελτίωση της ανθρώπινης απόδοσης ανάγεται στην αρχαία Ελλάδα (Cochrane, 2011c; Pienaar, 2010). Στη νεότερη εποχή η δόνηση χρησιμοποιήθηκε από τους Ιάπωνες ήδη κατά το 16^ο αιώνα ως μέσο αποθεραπείας (Cochrane, 2011c) και το 1881 ως μέθοδος μυϊκής αποκατάστασης (Issurin et al., 1994; Wilcock, Whatman, Harris & Keogh, 2009). Αργότερα, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ο Dr. John Kellogg κατασκεύασε μια δονούμενη καρέκλα με σκοπό την αντιμετώπιση προβλημάτων του πεπτικού συστήματος και των πόνων στο κεφάλι και στην πλάτη (Διαμαντής & Τσαουσίδης, 2008; Σπηλιοπούλου, 2012). Το 1936 ο Sanders χρησιμοποίησε ένα δονούμενο κρεβάτι για την αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών παθήσεων, ενώ το 1949 ο Whedon ανέφερε ότι το συγκεκριμένο κρεβάτι προλαμβάνει κατά 50% τη μείωση της οστικής πυκνότητας (Cardinale & Rittweger, 2006; Rittweger, 2010). Στη δεκαετία του 1960 ο Biermann από την πρώην ανατολική Γερμανία ανέπτυξε μια μέθοδο ρυθμικής νευρομυϊκής διέγερσης που την ονόμασε «κυκλική δόνηση» με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικότητας επιλεγμένων μυϊκών ομάδων (Pienaar, 2010; Σπηλιοπούλου, 2012). Στη συνέχεια, Ρώσοι επιστήμονες υπέδειξαν την αποτελεσματικότητα της δόνησης στην πρόληψη ή/και αντιστροφή της μυϊκής ατροφίας και κυρίως της μειωμένης οστικής πυκνότητας, που συνόδευε τη μακρόχρονη παραμονή των κοσμοναυτών στο διάστημα (Σπηλιοπούλου, 2012; Tomas, Lee & Going, 2011; Krol et al. 2011). Την ίδια χρονική περίοδο ο Nazarov πρότεινε τη μέθοδο «εμβιομηχανικής μυϊκής διέγερσης» με δόνηση για την αποκατάσταση μυϊκών τραυματισμών, τη βελτίωση της δύναμης και της κινητικότητας σε αθλητές της πρώην Σοβιετικής Ένωσης (Nazarov & Zilinsky, 1984; Σπηλιοπούλου, 2012; Tomas et al., 2011). Τα τελευταία 20 χρόνια η προπόνηση ολόσωμης δόνησης (ΟΔ) διαδόθηκε ευρύτατα και χρησιμοποιήθηκε για τη βελτίωση της απόδοσης σε απροπόνητα και φυσικά δραστήρια άτομα, σε αθλητές, σε ηλικιωμένους και ειδικούς πληθυσμούς (Liphardt, 2008).

2.1.2 Ορισμός και περιγραφή της δόνησης

Σύμφωνα με την επιστήμη της φυσικής, δόνηση είναι κάθε κίνηση ταλάντωσης στο σημείο ισορροπίας (Rauch et al., 2010) ή διαφορετικά κάθε αυτο-επαναλαμβανόμενη κίνηση σε δεδομένη χρονική περίοδο (Rao, 2004). Η δόνηση διακρίνεται ανάλογα με τη μορφή του κύματος μετάδοσης σε περιοδική (καθορισμένη) (Deterministic) και σε τυχαία (Random) (Mansfield, 2005), ενώ μπορεί να εκδηλωθεί στους τριαδικούς άξονες συμμετρίας, X (προσθοπίσθιο), Y (πλαγιομετωπικό) και Z (κατακόρυφο) αποκλειστικά ή σε οποιοδήποτε συνδυασμό (Mansfield, 2005). Χαρακτηριστικά στοιχεία στην ημιτονοειδή (περιοδική) δόνηση είναι: α) η διεύθυνση, β) το πλάτος, γ) η συχνότητα, δ) η διάρκεια και ε) η επιτάχυνση της ταλάντωσης (Cochrane, 2011b; Rittweger, 2010). Επιπλέον η ένταση της επιβάρυνσης του ερεθίσματος της δόνησης μπορεί να περιγραφεί από το πλάτος ταλάντωσης, την ταχύτητα ή πιο ολοκληρωμένα από την επιτάχυνση που εκφράζεται ως τετραγωνική ρίζα του τετραγώνου του μέσου όρου των επιταχύνσεων (root-mean-square RMS) (Griffin, Welsh & bovenzi, 2006). Η άσκηση δόνησης ως φυσικό μέγεθος είναι εξαναγκασμένη ταλάντωση που μεταδίδει μηχανική ενέργεια από την πηγή εκπομπής (συσκευή δόνησης) στο δέκτη (ανθρώπινο σώμα, μέλη σώματος) (Rittweger, 2010). Σύμφωνα με τους Helmut, Paschold και Mayton (2011), η ΟΔ περιλαμβάνει τη μηχανική μετάδοση περιβαλλοντικών κυμάτων ταλάντωσης σχετικά χαμηλής συχνότητας (συχνότητα: 0,5-80 Hz) στο ανθρώπινο σώμα, μέσω της επαφής των πελμάτων ή/και των γλουτών με την πηγή δόνησης. Στις εκδηλώσεις της καθημερινής του ζωής, ο άνθρωπος εκτίθεται σε τυχαία σταθερή και πολυαξονική δόνηση που έχει μεγαλύτερο δείκτη δυσφορίας και παρουσιάζει αυξημένη επικινδυνότητα σε σχέση με την περιοδική κατακόρυφη δόνηση (Griffin, 1996; Mansfield, 2005; Wijaya, Jonsson & Jofansson, 2003).

2.1.3 Ανεπιθύμητες επιδράσεις της δόνησης

Η δόνηση ως παράγοντας κινδύνου και τα συνοδά ιατρικά προβλήματα στον άνθρωπο, έχουν μελετηθεί για πάνω από 100 χρόνια (Van der Merwe, 2007). Στις αρχές του 18 αιώνα ο Ramazini περιέγραψε περιστατικά που αφορούσαν σε πόνο στην πλάτη σε αναβάτες του ιπποδρόμου που αποδόθηκε στην έκθεση τους σε ολόσωμη δόνηση από την προπόνηση των αλόγων σε υψηλές ταχύτητες (Mester, Spitzenfeil, Schwarzer, Seifrit, 1999). Οι πρώτες μελέτες που αφορούσαν στην επίδραση της δόνησης των οχημάτων μάχης στην αντοχή και την αποδοτικότητα των

στρατιωτών, πραγματοποιήθηκαν από τον Müller στη Γερμανία το 1939 πριν το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο (Van der Merwe, 2007). Πολύ αργότερα η δόνηση αναγνωρίστηκε ως επαγγελματικός παράγοντας κινδύνου, που επιδρά αρνητικά σε κατηγορίες επαγγελματιών, όπως οι οδηγοί φορτηγών, ανυψωτικών μηχανημάτων, ελκυστήρων, οι πιλότοι ελικοπτέρων (Bovenzi & Hulshof, 1999) και οι εργαζόμενοι, που χρησιμοποιούν μηχανήματα και εργαλεία χειρός (Bovenzi, Lindsell & Griffin, 2000).

Η ΟΔ επηρεάζει αρνητικά το μυοσκελετικό (Mansfield, 2005; Necking et al., 1992), το καρδιοκυκλοφορικό (Bjor et al., 2007; Boshulzen, Bongers & Hulshof, 1992; Johaning, 1991), τους βιοχημικούς δείκτες (Dupuis, 1994; Johaning, 1991), το γαστρεντερικό (De Luca, 1985; Mansfield, 2005), το αναπαραγωγικό (Nakamura, Moroji, Nohara, Nakamura & Okada, 1992) και το νευρικό σύστημα (McLain & Weinstein, 1994). Επιπλέον, ο Hancock (2007), αναφέρει ότι η έκθεση στη δόνηση μειώνει άμεσα την ικανότητα εκτέλεσης λεπτών κινητικών δεξιοτήτων και υποβιβάζει την αντιληπτική και γνωστική διαδικασία που χρησιμοποιεί την κοντινή μνήμη (Sherwood & Griffin, 1990). Οι απαντήσεις του ανθρώπινου οργανισμού στην ΟΔ, που σχετίζονται με την εμφάνιση παρενεργειών, εξαρτώνται από φυσιολογικούς, ψυχολογικούς και φυσικούς παράγοντες, όπως η ατομική απόκριση, η σωματική σύσταση, η θέση του σώματος σε συνδυασμό με τη συχνότητα, τη διεύθυνση, την ένταση και τη διάρκεια της δόνησης (Lundstrom & Holmund, 1998).

Σύμφωνα με τους Crewther, Cronin & Keogh (2004), οίδημα και ερύθημα των κάτω άκρων, κνησμός και αίσθημα μυρμηκίασης των πελμάτων (Bruyere et al., 2005) είναι τα πιο συνηθισμένα και μη σοβαρά παράπλευρα συμπτώματα έκθεσης στην ΟΔ. Από την άλλη πλευρά, η μακροχρόνια έκθεση στην ολόσωμη δόνηση αυξάνει τον κίνδυνο συμπίεσης του μεσοσπονδύλιου δίσκου, εκφυλισμού της σπονδυλικής στήλης και εμφάνισης πόνου στην πλάτη (Krajnak, Johnson, Miller, Waugh, 2009), προκαλεί ισχιαλγία και αυξάνει την αρτηριακή πίεση (Mansfield, 2005), ενώ μπορεί να έχει βλαπτικές επιδράσεις συνολικά στο ανθρώπινο σώμα (Eger, Harmish, Oliver & Dickey, 2009; Seidel, 2005). Σε μελέτη των Cronin, Oliver και McNair (2004b), παρατηρήθηκε επίμονος μυϊκός πόνος και χρόνια τενοντίτιδα στα κάτω άκρα σε υγιή άτομα μετά από έκθεση σε ΟΔ (συχνότητα: ≤ 12 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 3 mm). Ακόμη σύμφωνα με τον Marieb (1995), οι δονήσεις που μεταδίδονται στα κάτω άκρα κατά το τρέξιμο σε ελαστικό τάπητα μπορεί να οδηγήσουν στην εμφάνιση του

πρόσθιου κνημιαίου συνδρόμου. Ωστόσο, ο Hagberg (2002), συμπερασματικά αναφέρει ότι ενώ υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις, ο χαρακτηρισμός της δόνησης ως παράγοντα κινδύνου στην πρόκληση μυοσκελετικών προβλημάτων δεν μπορεί να τεκμηριωθεί με ασφάλεια, αν και η εφαρμογή μηχανικού φορτίου στις αρθρώσεις στους μύς και στους τένοντες, δυναμικά προκαλεί πόνο που αποτελεί προβλεπτικό δείκτη μυϊκής ή/και οστικής βλάβης (Harms-Ringdahl, 1986).

Μολονότι οι αρχικές νευροφυσιολογικές αλλαγές που προκαλούνται από την έκθεση στη δόνηση δεν έχουν απολύτως αποσαφηνιστεί (Govindaraju, Curry, Bain & Riley, 2008), μελέτες υποδεικνύουν καταστροφή των κυττάρων Schwann και λύση της συνέχειας του περιβλήματος μυελίνης των περιφερικών νεύρων με αποτέλεσμα την εμφάνιση περιφερικής νευροπάθειας (Takeuchi, Futatsuka, Imanishi & Yamada, 1986). Σύμφωνα με τους McLain και συν. (1994), έχει αναφερθεί διάρρηξη του πυρήνα στις οπίσθιες ρίζες των γαγγλίων, η οποία αποδόθηκε στον τραυματισμό του περιφερικού νευρικού συστήματος. Μελέτες σε ποντίκια κατέδειξαν ότι η συνεχής έκθεση στη δόνηση (διάρκεια: 4h, συχνότητα: 60 Hz, επιτάχυνση: 49 m/s^2) προκαλεί καταστροφή της μυελίνης κατά 25%, οίδημα του νευράξονα και αλλαγές στα αρτηριόλια, οι οποίες συνεχίζονται και με τη φάση της ανάληψης τουλάχιστον 24 ώρες μετά το τέλος της δόνησης (Govindaraju, Curry, Bain & Riley, 2006). Επίσης, σε νεότερη έρευνα των Govindaraju και συν. (2008), παρατηρήθηκε ότι το μέγεθος της νευρικής καταστροφής είναι ανεξάρτητο από το ύψος της συχνότητας δόνησης.

Επιπρόσθετα, η έκθεση στη δόνηση που μεταδίδεται από τα άνω άκρα στο σώμα, ιδιαίτερα σε υψηλές συχνότητες, μπορεί να επιφέρει σύσπαση των αιμοφόρων αγγείων και να μειώσει την περιφερική αιματική ροή (Bovenzi et al., 2000), να προκαλέσει αλλαγές στο μυϊκό ιστό (νέκρωση) (Necking, 2003) και να οδηγήσει στην εμφάνιση αγγειακών και νευρολογικών ευρημάτων στα χέρια που συσχετίζονται με το σύνδρομο HAVS (Hand Arm Vibration Syndrome) (Δονητικό σύνδρομο χεριού) (Bovenzi, 2008). Ακόμη έχει υποστηριχθεί ότι η νόσος του λευκού δακτύλου (White finger disease) ή διαφορετικά νόσος Raynaud's (Herrick, 2005), εμφανίζεται ως αποτέλεσμα της παρατεταμένης και έντονης έκθεσης των χεριών στη δόνηση (Van der Merwe, 2007).

Έχει αναφερθεί από αρκετές επιδημιολογικές μελέτες ότι η χρόνια έκθεση στην ΟΔ προκαλεί γαστρεντερικές διαταραχές εξαιτίας (νεύρωση στομάχου, μη ελκώδη

δυσπεψία) της ανώμαλης γαστρικής κινητικότητας (Seidel & Heide, 1986). Η παραπάνω διαπίστωση επιβεβαιώθηκε σε πιο πρόσφατη μελέτη του Miyazaki (2000), στην οποία παρατηρήθηκε καταστολή της γαστρικής κινητικότητας κατά τη διάρκεια ολόσωμης δόνησης (συχνότητα: 4 Hz - 8 Hz - 16 Hz, επιτάχυνση: 1.0 m/s^2 , διάρκεια: 10min), ως αποτέλεσμα της αυξημένης κίνησης λόγω συντονισμού των εσωτερικών οργάνων. Επεισόδια αιματουρίας έχουν αναφερθεί σε άτομο με νεφρολιθίαση μετά από έκθεση σε ολόσωμη δόνηση (συχνότητα: 30 Hz) (Van der Merwe, 2007), όπως και σε υγιή αθλητή στίβου μεσαίων αποστάσεων (συχνότητα: 30 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4 mm, επιτάχυνση: 10 g, διάρκεια: 5 min) (Franchignoni, Vercelli, Ozkakar, 2013). Ωστόσο, οι πιθανοί μηχανισμοί οι οποίοι ενεργοποιούνται κατά την έκθεση του ανθρώπου σε εξωτερικές δονήσεις με αποτέλεσμα την πρόκληση εσωτερικών βλαβών δεν έχουν πλήρως κατανοηθεί (Huber, Skrzypliec, Klein, Puschel, Morlock, 2009).

2.1.4 Οριακή και κρίσιμη τιμή έκθεσης στη δόνηση

Όπως έχει αναφερθεί, η δόνηση είναι ισχυρός στρεσογόνος παράγοντας (Cardinale et al., 2003a; Dupuis, 1989; Johnson, 2007) και πιθανόν συνδέεται με την εμφάνιση επαγγελματικών ασθενειών (Cardinale et al., 2003b) πολύ περισσότερο μετά από μακρόχρονη έκθεση σε συχνότητες δόνησης που πλησιάζουν ή/και ταυτίζονται με τις συχνότητες συντονισμού των διαφόρων ιστών και οργάνων του σώματος (Lorenzen, 2007). Σύμφωνα με τον Mansfield (2005), ο βαθμός ευαισθησίας του ανθρώπινου σώματος σε συχνότητα δόνησης $\sim 5 \text{ Hz}$, που είναι και η συχνότητα συντονισμού του σώματος, είναι κατά 10 φορές υψηλότερος από ότι σε 100 Hz. Επιπρόσθετα, στην κατεύθυνση πρόληψης και μείωσης των εργατικών ατυχημάτων ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO, 2631-1:1997) και η Ευρωπαϊκή Ένωση (European Directive, 2002/44/EC) έχουν ορίσει κρίσιμη τιμή (Action Value: $A_{(8)}=9 \text{ m/s}^{1.75} \text{ VDV}$) και οριακή τιμή (Limit Value: $A_{(8)}=21 \text{ m/s}^{1.75} \text{ VDV}$) για την ημερήσια οκτάωρη έκθεση στην ΟΔ (Griffin, 2004; Helmut et al., 2011). Ωστόσο, οι προαναφερθείσες τιμές δεν καθορίζουν τα ασφαλή όρια έκθεσης στη δόνηση (Griffin, 2004) και δεν έχουν εφαρμογή στην άσκηση ΟΔ (Kosar, Gandow & Putland, 2012).

2.1.5 Αντενδείξεις συμμετοχής στην άσκηση ολόσωμης δόνησης

Όσον αφορά στην άσκηση ΟΔ προηγούμενες μελέτες αναφέρουν σαν απόλυτες αντενδείξεις συμμετοχής, τη νεφρολιθίαση και την πέτρα στην ουροδόχο κύστη, τις αρρυθμίες, την εγκυμοσύνη, την υπέρταση, την επιληψία, τον καρκίνο, την ύπαρξη βηματοδότη, τα ενδομήτρια εμφυτεύματα και τα καρφιά, τη μη επαπειλούμενη ορθοστατική υπόταση, τις πρόσφατες επεμβάσεις και τα ράμματα, την οξεία ρευματοειδή αρθρίτιδα, τη θρόμβωση, την κήλη, τα σοβαρά καρδιαγγειακά νοσήματα, τον αρρυθμιστο σακχαρώδη διαβήτη, τα προβλήματα οσφυϊκής μοίρας και τις ημικρανίες (Cardinale et al., 2003b; Kosar et al., 2012; Mester, Kleinoder & Yue, 2006). Η άσκηση δόνησης ή επιτάχυνσης που επιδρά στη λειτουργία ολόκληρου του ανθρώπινου οργανισμού (Richardson, Jull, Hodges, Hides, 1999) και πιθανόν επηρεάζει αρνητικά τους μαλακούς ιστούς των οργάνων, το κεφάλι και τη θωρακική κοιλότητα (Kosar et al., 2012; Rittweger, 2010) θα πρέπει να εφαρμόζεται με ιδιαίτερη προσοχή κυρίως σε αγύμναστους (Cronin et al., 2004), ηλικιωμένους (Muir, Kiel & Rubin, 2013) και ειδικούς πληθυσμούς (Belavy et al., 2012; Muir et al., 2013; Tomas et al., 2011). Σύμφωνα με τον Rittweger (2010), στο πρόγραμμα άσκησης ΟΔ δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίηση συχνοτήτων δόνησης ≤ 5 Hz, ενώ με ιδιαίτερη επιφύλαξη θα πρέπει να επιλέγονται συχνότητες ≤ 20 Hz. Επιπλέον, αν και έχει αναφερθεί πιθανός κίνδυνος από την έκθεση στη δόνηση σε δυνάμεις 1g (Rubin, Pope, Fritton, Magnusson, Hansson, McLeod, 2003), τα προγράμματα άσκησης ΟΔ με στοιχεία επιβάρυνσης (συχνότητα: 26-44 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 1-10 mm, διάρκεια: 10 min) είναι γενικά ασφαλή και μειώνουν τον κίνδυνο υπερφόρτωσης και τραυματισμού (Crewther, Cronin & Keogh, 2004; Gusi, Raimundo & Leal, 2006).

Συνοπτικά, στη διεθνή βιβλιογραφία οι μελέτες αρχικά είχαν επικεντρωθεί στις επιδράσεις της δόνησης στην απόδοση και την υγεία των εργαζομένων (Griffin, 1996; Seroussi, Wilder & Pope, 1989). Αργότερα η δόνηση χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του νευρικού συστήματος και της ιδιοδεκτικότητας (Desmedt & Godaux, 1978; Marsden, Meadows & Hodgson, 1969; Eklund & Hagbarth, 1966), ως μέθοδος ή/και προπονητικό μέσο για την πρόληψη ή/και αντιστροφή των παρενεργειών σε συνθήκες μικροβαρύτητας (Issurin et al., 1994), για τη βελτίωση των φυσικών ικανοτήτων σε αθλητές (Luo et al., 2005b), μαζικά αθλούμενους (Torvinen et al., 2002) και ειδικούς πληθυσμούς (Chanou, Gerodimos, Karatrantou, Jamurtas, 2012; Gonzales-Aguero, Matute-Liorente, Comez-Cabello, Casajus, Vicente-Rodriguez, 2013; Lachance, Weir, Kenno & Horton, 2012). Ωστόσο, παρά την αυξημένη διάδοση

της άσκησης ΟΔ τα όρια ασφαλούς έκθεσης δεν έχουν καθορισθεί (Furness, 2007; Muir et al., 2013) και τα στοιχεία της επιβάρυνσης (τύπος δόνησης, συχνότητα, πλάτος ταλάντωσης, επιτάχυνση, θέση σώματος, διάλειμμα) για το αποτελεσματικότερο πρωτόκολλο παρέμβασης δεν έχουν αποσαφηνιστεί με ακρίβεια (Kemmler & von Stengel, 2012; Martinez-Pardo, Romero-Arenas & Alcaraz, 2013).

2.1.6 Φυσιολογία της Ολόσωμης Δόνησης

Ο πιθανός μηχανισμός δράσης του ερεθίσματος της δόνησης στην εμφάνιση προπονητικών προσαρμογών δεν έχει μέχρι σήμερα αποκωδικοποιηθεί με σαφήνεια (Chanou, et al., 2012; Kemmler & von Stegel, 2012; Mester et al., 2006). Μελέτες υποδεικνύουν ότι οι νευροφυσιολογικές απαντήσεις του ανθρώπινου σώματος στη δόνηση συμπεριλαμβάνουν την αρχική αναστολή του μυοτατικού αντανακλαστικού (Casale, Ring & Rainoldi, 2009; Lance, De Gail & Neilson, 1966), τη μεταδιεγερτική διευκόλυνση (Casale et al., 2009; Delwade, 1973), την αναστολή του H-Reflex (Desmedt et al., 1978), το τονικό αντανακλαστικό δόνησης (ΤΑΔ) (Casale et al., 2009; Eklund et al., 1966) και το αντίστροφο τονικό αντανακλαστικό δόνησης (Calvin-figuiere, Romaignere, Gilhodes & Roll, 1999; Feldman & Latash, 1982). Επιπλέον, η αναστολή του μυοτατικού αντανακλαστικού, του H-Reflex και η ταυτόχρονη εμφάνιση του ΤΑΔ αναφέρεται ως το παράδοξο της δόνησης (vibration paradox) και πιθανόν οφείλεται στην προσυναπτική αναστολή της ανιούσας πληροφόρησης των Ια-νευρικών ινών της μυϊκής ατράκτου (Thompson & Belanger, 2002). Η εφαρμογή δόνησης (συχνότητα: ≤ 8 Hz) στο ανθρώπινο σώμα προκαλεί ταλαντώσεις που ελέγχονται από το μυϊκό σύστημα (Freund, 1983; Fritz, 2005), ενώ υψηλότερες συχνότητες δόνησης οδηγούν τους μύες σε παθητική διάταξη (Fritz, 2005). Η μηχανική δόνηση (συχνότητα: 20-80 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 0.8-1mm) που εφαρμόζεται στον τένοντα ή στη γαστέρα του μυός προκαλεί περιοδική μυϊκή διάταξη (Hagbarth et al., 1966; Ishihara, Izumizaki, Atsumi & Homma, 2004), διεγείρει επιλεκτικά τις πρωτοταγείς νευρικές απολήξεις της μυϊκής ατράκτου (Hagbarth et al., 1966; Ishihara et al., 2004), αυξάνει την ενεργοποίηση των Ια-κινητικών νευρώνων (Shinohara, 2005) και οδηγεί στη μυϊκή διέγερση, που καλείται τονικό αντανακλαστικό δόνησης (ΤΑΔ) (Solopova & Selionov, 2012). Επιπλέον, η ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων και των Ια-κινητικών νευρώνων στη δόνηση δεν περιορίζεται στον ασκούμενο μυ αλλά επεκτείνεται και στους (παρακείμενους) γειτνιάζοντες μύες (Kasai, Kawanishi & Yahagi, 1992). Από την άλλη πλευρά

φαίνεται ότι ο αποκλεισμός της ιδιοδεκτικής ανατροφοδότησης από τις μυϊκές ατράκτους (I, II) και τα τενόντια όργανα του Golgi (Ib) μειώνει την ενεργοποίηση των Ia-κινητικών νευρώνων (De Luca & Kline, 2012; Macefield, Hagbarth, Gorman, Gandevia & Burke, 1991). Επιπρόσθετα, η δόνηση αυξάνει το κινητικό δυναμικό ενέργειας και μειώνει την ενδοφλοιϊκή αναστολή στον ομώνυμο νευρώνα του ταλαντευόμενου μυός (Rosenkranz & Rothwell, 2003), ενώ μετατοπίζει υψηλότερα το κατώφλι κόπωσης, επαναστρατολογεί και αυξάνει προσωρινά το ρυθμό πυροδότησης των μυϊκών ινών ταχείας συστολής κατά τη διάρκεια εξαντλητικής μέγιστης σύσπασης (Bongiovani & Hagbarth, 1990a).

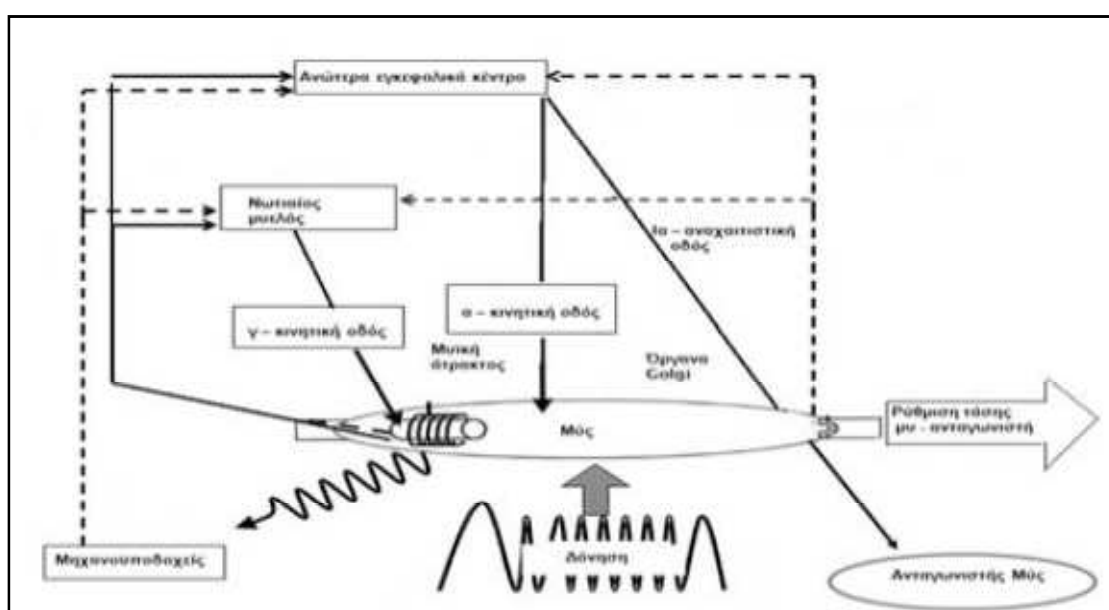
2.1.7 Τονικό αντανακλαστικό δόνησης

Μολονότι δεν υπάρχουν επαρκή επιστημονικά ευρήματα (τεκμήρια), το ΤΑΔ θεωρείται ο πιθανότερος μηχανισμός δράσης της άσκησης ΟΔ (Pollock, Provan, Martin & Newham, 2011). Το ΤΑΔ εμφανίζεται σχεδόν σε κάθε ανθρώπινο μυ (Eklund et al., 1966; Saavedra et al., 2012), διεγείρει σωματοαισθητικές περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού (Cardinale et al., 2003a; Tomas et al., 2011) και εξαρτάται από το βαθμό ενεργοποίησης του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ), τη συνενεργοποίηση άλλης μυϊκής ομάδας, τη διάρκεια, την ένταση και το σημείο εφαρμογής του μηχανικού ερεθίσματος, καθώς και από το αρχικό μήκος, την κατάσταση του μυός (σύσπαση, χάλαση), τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος και άλλων δεικτών του οξειδωτικού στρες (Bishop, 1975; Brierro-saby, Delliaux, Steinberg & Jammes, 2008; Burke et al., 1976; Cochrane, 2011a; Saavedra et al., 2012; Yasuda et al., 2006). Για παράδειγμα, έχει αναφερθεί ότι η ταυτόχρονη εφαρμογή δόνησης και εκούσιας μυϊκής συστολής (ένταση: 10% 1 RM) οδηγεί σε αύξηση της έντασης του ΤΑΔ (Luo et al., 2007; Park & Martin, 1993). Επιπλέον, μελέτες υποδεικνύουν ότι υψηλές συχνότητες δόνησης (40 Hz-150 Hz) είναι αναγκαίες για την εκδήλωση του ΤΑΔ (Astrom, 2008), ωστόσο στην ΟΔ συχνότητες 1 Hz-30 Hz φάνηκαν εξίσου αποτελεσματικές στην εμφάνισή του (Astrom, 2008; Seidel, 1988). Πρόσφατη μελέτη κατέδειξε ότι η ΟΔ (τύπος δόνησης: αμφίπλευρη, άνοιγμα πελμάτων: 21 cm συχνότητα: 5-30 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4 mm, διάρκεια: 10 s) προκαλεί την εκδήλωση του ΤΑΔ στον υποκνημίδιο, τον έσω γαστροκνήμιο και τον ορθό μηριαίο ως αποτέλεσμα της ενεργοποίησης των νωτιαίων αντανακλαστικών (Ritzmann, Kramer, Gruber, Gollhofer & Taube, 2010). Αντίθετα με τα προηγούμενα, το μηχανικό ερέθισμα της έμμεσης δόνησης (ΟΔ) φαίνεται ότι δεν προκαλεί

παρόμοια απάντηση με το ΤΑΔ (Cochrane, 2011a; Nordlund & Thorstensson, 2007), το οποίο πιθανόν δεν εκδηλώνεται στην ΟΔ (Cochrane, 2011a).

Ωστόσο, έχει προταθεί από τους Cardinale και συν. (2003a), ότι η δόνηση προκαλεί μικρές και ταχείες αλλαγές στο μήκος του μυός, οι οποίες οδηγούν στην εμφάνιση αντανακλαστικής μυϊκής σύσπασης (Chanou et al., 2012; Eklund et al., 1966) που προσομοιάζει στο ΤΑΔ (Cardinale et al., 2006; Cochrane, 2010) (Εικόνα 1). Η ενεργοποίηση του ΤΑΔ μέσω της διέγερσης των Ια-ινών της μυϊκής ατράκτου (Cardinale et al., 2003a; Καρατράντου, 2010) οδηγεί στην εμφάνιση αντανακλαστικής μυϊκής σύσπασης (Bosco et al., 1999b; Burke, Hagbarth, Lofstedt & Wallin, 1976), στην οποία αποδίδεται η βελτίωση της δύναμης (Chanou et al., 2012; Wunderer, Schabrun & Chipchase, 2008). Κατά τη διάρκεια της έκθεσης στην ολόσωμη δόνηση το ΤΑΔ, που καθοδηγείται από μονοσυναπτικά και πολυσυναπτικά μονοπάτια (Chang, Dudley-Javoroski & Shields, 2011; Martin & Park, 1997), διεγείρεται συνεχώς και προκαλεί πολλαπλές μυϊκές συσπάσεις (Vela, 2005), πιθανότατα εξαιτίας της αυξημένης ενεργοποίησης των κινητικών νευρώνων (Bosco et al., 2000; Lamont et al., 2011), της μετάθεσης του ουδού στρατολόγησης των μυϊκών ινών (Pollock, Woledge, Martin & Newham, 2012), της περαιτέρω επιστράτευσης των κινητικών μονάδων (Chang et al., 2011; Martin et al., 1997; Pollock et al., 2012; Wilcock et al., 2009) και του αποτελεσματικότερου συντονισμού των συναγωνιστών μυών (Sanudo et al., 2012; Torvinen et al., 2002a). Επιπλέον, οι μηχανοϋποδοχείς στις αρθρώσεις και στο δέρμα αλλά και οι δευτεροταγείς νευρικές απολήξεις της μυϊκής ατράκτου αποκρίνονται στο μηχανικό ερέθισμα της δόνησης και προάγουν τη νευρική διέγερση της πρωτοταγούς απόληξης μέσω της δραστηριοποίησης των γ-κινητικών νευρώνων (Καρατράντου, 2010; Ribot-Ciscar, Rool, & Gilhodes, 1996) που ρυθμίζουν το κατώφλι ευαισθησίας της μυϊκής ατράκτου στη διάταση (Taylor, 2011). Πιο αναλυτικά, η μεγαλύτερη ενεργοποίηση των Ια-κινητικών νευρώνων είναι αποτέλεσμα της αυξημένης ευαισθησίας της μυϊκής ατράκτου που επιτείνει την εκπόλωση των Ια-νευρικών ινών (Cardinale & Lim, 2003c), ενώ η αυξημένη στρατολόγηση των κινητικών μονάδων οφείλεται στο χαμηλότερο κατώφλι κινητοποίησης (Delecluse et al., 2003) και στην ενεργοποίηση πολυσυναπτικών διόδων (De Gail, Lance & Neilson, 1966). Επιπρόσθετα, τα τενόντια όργανα του Golgi που «ανιχνεύουν» την αλλαγή στην τάση που ασκείται σε ολόκληρο το σύμπλεγμα μυς-τένοντας, αναστέλλουν αμοιβαία τους Ια-κινητικούς νευρώνες του αγωνιστή μυ, ενώ ταυτόχρονα διεγείρουν τον ανταγωνιστή (αυτογενής

αναστολή) (Chanou et al., 2012; Eklund et al., 1966; Καρατράντου, 2010; Krol et al., 2011; Lindsay, 1996; Solopova et al., 2012). Η αυξημένη ανασταλτική διέγερση των α-κινητικών νευρώνων των ανταγωνιστών οδηγεί σε μικρότερη ταυτόχρονη ενεργοποίηση και καλύτερη μεσομυϊκή συναρμογή (Cardinale et al., 2003c). Συνεπώς, η βελτίωση της μεσομυϊκής συναρμογής μεταξύ αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών και η μεγαλύτερη ενεργοποίηση των υπολοίπων συναγωνιστών (Roelants, Delecluse, Goris & Verschueren, 2004a) επιτρέπει περαιτέρω την έκφραση πιο ισχυρής μυϊκής δράσης (Chanou et al., 2012; Wilmore et al., 2006), που μπορεί εν μέρει να εξηγήσει την αύξηση της μυϊκής δύναμης (Wilmore et al., 2006).



Εικόνα 1. Μηχανισμός δράσης της άσκησης με δόνηση (Τροποποιημένο από Cardinale et al., 2003a; Καρατράντου, 2010).

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί προηγούμενα, ο πιθανός μηχανισμός δράσης υποθέτει ότι η δόνηση προκαλεί μικρές και βίαιες αλλαγές στο μήκος του μύος, αυξάνει την ευαισθησία της μυϊκής ατράκτου, διεγείρει τους α-κινητικούς νευρώνες και οδηγεί σε αντανακλαστική μυϊκή σύσπαση που προσομοιάζει στο ΤΑΔ. Αντίθετα, έχει υποστηριχθεί ότι η εφαρμογή δόνησης (συχνότητα: 80 Hz, διάρκεια: 30 s) οδηγεί σε μείωση του ρυθμού πυροδότησης της μυϊκής ατράκτου (Ribot-Ciscar, Rossi-Durand & Roll, 1998; Shinohara, 2005) και ελαττώνει την ενεργοποίηση των α-κινητικών νευρώνων, πιθανότατα λόγω της μείωσης της κεντρομόλου ιδιοδεκτικής πληροφόρησης των Ια-ινών (Shinohara, 2005). Η μείωση αυτή της προσαγωγού (ανιούσας) πληροφόρησης των Ια-ινών αποδόθηκε στην αύξηση του κατωφλιού διέγερσης των Ια-ινών (Hayward, Nielsen, Heckman & Hutton, 1986; Shinohara,

2005), στην προσυναπτική αναστολή των Ια-τελικών κομβίων (Hultborn, Meunier, Pierrot-Deseilligny & Shindo, 1987; Shinohara, 2005) και στην εξάντληση των νευροδιαβιβαστών στις Ια-συνάψεις (Curtis & Eccles, 1960; Shinohara, 2005) μετά από παρατεταμένη δόνηση.

Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι η προσαγωγός ιδιοδεκτική πληροφόρηση των μηχανοϋποδοχέων ολοκληρώνεται και αξιολογείται σε τρία διακριτά επίπεδα του ΚΝΣ, στο νωτιαίο επίπεδο, στο εγκεφαλικό στέλεχος και στα ανώτερα επίπεδα του εγκεφαλικού φλοιού και της παρεγκεφαλίδας (Myers & Lephart, 2000; Riemann & Lephart, 2002). Έχει προταθεί ότι ο βαθμός μηχανοευαισθησίας και η ενεργοποίηση των ιδιοδεκτικών υποδοχέων καθώς και η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της κεντρομόλου ιδιοδεκτικής ανατροφοδότησης, καθορίζουν εν μέρει το μέγεθος της απόκρισης στη δόνηση και επηρεάζουν τη βελτίωση της δύναμης (Johnson, 2007; Roelants et al., 2004b). Ωστόσο, η ικανότητα αντίληψης, κωδικοποίησης και απάντησης στο ερέθισμα της δόνησης μεταξύ των ιδιοϋποδοχέων διαφέρει σημαντικά (Han, Jung, Lee & Kim, 2013). Σύμφωνα με τους Gardner, Martin και Jessell (2000), το κατώφλι ερεθισμού των ιδιοδεκτικών υποδοχέων είναι 5-15 Hz, 20-50 Hz, 60-100 Hz και 20 Hz για το δίσκο Merkel, τα σωματίδια Meissner, τα σωματίδια Pacinian και τα τενόντια όργανα του Golgi αντίστοιχα (Jami, 1992; Ishihara et al., 2004). Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι το μηχανικό ερέθισμα της δόνησης (συχνότητα: 100 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 1mm) κινητοποιεί το σύνολο των πρωτοταγών νευρικών απολήξεων στις μυϊκές ατράκτους (Mark, 1998), ενώ οι δευτεροταγείς απαντούν μόνο στις συχνότητες των 20 Hz ή 40 Hz (Cordo, Gandevia, Hales, Burke & Laird, 1993; Steyvers, Levin, Verschueren & Swinnen, 2003). Άλλες μελέτες υποδεικνύουν ότι η δόνηση οδηγεί τις μυϊκές ατράκτους να απαντούν συγχρονισμένα 1:1 στη συχνότητα διέγερσης (συχνότητα: ≥ 220 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 1-2 mm) (Saavedra et al., 2012), ενώ σε άλλες συχνότητες πιθανότατα δεν αποκρίνονται (Mester et al., 1999). Οι Fallon και Macefield (2007), αναφέρουν ότι κατά τη διάρκεια εφαρμογής δόνησης (τύπος δόνησης: τοπική, συχνότητα: 20-120 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 0.5 mm) οι ιδιοδεκτικοί υποδοχείς I, II και Ib αποκρίθηκαν συγχρονισμένα 1:1 ανεξάρτητα από τη συχνότητα διέγερσης σε ποσοστό 30%, 17% και 6% αντίστοιχα, ενώ το ΤΑΔ δεν παρατηρήθηκε. Επιπρόσθετα, έχει υποστηριχθεί ότι συχνότητες δόνησης 80-90 Hz είναι πιο αποτελεσματικές για την εμφάνιση του ΤΑΔ στα κάτω άκρα (Delliaux & Jammes, 2006; Duysens et al., 2008).

Κατά την άσκηση δόνησης οι μυϊκές συσπάσεις αποτελούν ισχυρό μηχανικό και βιοχημικό ερέθισμα που οδηγεί στην αύξηση της συχνότητας πυροδότησης των λεπτών εμμύελων νευρικών ινών ομάδας III και των αμμύελων ομάδας IV στους ασκούμενους μύες (Amann, 2012). Επιπλέον, οι νευρικές ίνες ομάδας III/ IV, που καλούνται «εργουποδοχείς» (Amann, 2012; Light, White, Hughen & Light, 2009) και παρουσιάζουν διαφορετικό πρότυπο επιστράτευσης (Kaufman, 2011), είναι το διαμεσολαβητικό προσαγωγό δίκτυο μετάδοσης ώσεων και ανταλλαγής πληροφοριών στο εγκεφαλικό στέλεχος και τον προμήκη μυελό (Amann, 2012; Graig, 1995), που εμπλέκεται στην εκδήλωση καρδιαγγειακών και αναπνευστικών αντανακλαστικών (Amann, 2012; Kaufman & Forster, 1996; Kaufman, 2011). Έχει υποστηριχθεί σε προηγούμενες μελέτες ότι λεπτοί εμμύελοι και αμμύελοι κεντρομόλοι ιδιοϋποδοχείς ομάδας III και IV αντίστοιχα, απαντούν στο μηχανικό ερέθισμα και στα μεταβολικά υποπροϊόντα της μυϊκής σύσπασης (Kaufman, Hayes, Adreani & Pickar, 2002; Kaufman & Rybicki, 1987; Shawn, Hayes, Kindig & Kaufman, 2005), διεγείρουν αντανακλαστικά τους κινητικούς νευρώνες και αυξάνουν την ευαισθησία των μυϊκών ατράκτων στη διάταση (Fazalbhoy, Macefield & Birznieks, 2013; Johansson, Djupsjobacka, Sjolander, 1993). Σύμφωνα με τους Delliaux και συν. (2006), η ενεργοποίηση των υποδοχέων ομάδας III/ IV διευκολύνει την εκδήλωση της μυϊκής σύσπασης μέσω ενίσχυσης της κεντρομόλου ιδιοδεκτικής ανατροφοδότησης. Αντίθετα, έχει αναφερθεί ότι η ενεργοποίηση των υποδοχέων ομάδας III/ IV στην κόπωση, διαταράσσει την προσαγωγό ιδιοδεκτική πληροφόρηση, λόγω μείωσης της ευαισθησίας των πρωτοταγών νευρικών απολήξεων της μυϊκής ατράκτου (Regueme, Barthèlemya, Gauthierb & Nicola, 2007) και οδηγεί σε υποβιβασμό της διέγερσης των α-κινητικών νευρώνων (Delliaux et al., 2006; Gandevia, 2001). Επιπλέον, η κόπωση επηρεάζει τη συνενεργοποίηση των α/γ-νευρώνων ή την ενεργοποίηση των α-κινητικών νευρώνων και πιθανόν αλλάζει το επίπεδο διέγερσης των μυϊκών ατράκτων στη διάταση (Marks & Quinney, 1993). Από την άλλη πλευρά, το ανθρώπινο σώμα είναι πολύπλοκο (Mester, Spintzenfeil & Yue, 2003), ενεργητικό δυναμικό σύστημα (Mansfield, 2005; Yang, Gong & Zhang, 2012), που οι νευροφυσιολογικές του απαντήσεις στο μηχανικό ερέθισμα της δόνησης δεν μπορούν να προβλεφθούν με ακρίβεια (Griffin, 1994), ούτε έχουν πλήρως κατανοηθεί (Yang et al., 2012).

2.1.8 Εγκεφαλικές αποκρίσεις στη δόνηση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελετών η βελτίωση της νευρομυϊκής απόδοσης συσχετίζεται θετικά με την αύξηση στα επίπεδα της φλοιονωτιαίας διέγερσης, τη μείωση του μικρής διάρκειας λανθάνοντα χρόνου ενδοφλοιϊκής αναχαίτισης και την αύξηση της ενδοφλοιϊκής διαδικασίας, που διευκολύνει την ενεργοποίηση των μυών (Rittweger, 2010; Weier & Kidgell, 2012). Έχει καλά τεκμηριωθεί ότι περιβαλλοντικές αλλαγές οδηγούν στην αναδιοργάνωση της αρχιτεκτονικής δομής των νευρωνικών συνάψεων του εγκεφάλου (Casale et al., 2009; Flor, 2003). Επιπλέον, ο τύπος της άσκησης προκαλεί εξειδικευμένες προπονητικές προσαρμογές στο ΚΝΣ (Adkins, Boychuk, Remple & Kleim, 2006) και τροποποιεί τη δομή και τη λειτουργία των κινητικών νευρώνων (Gardiner, Dai & Heckman, 2006). Πρόσφατη έρευνα κατέδειξε ότι η προσαγωγός πληροφόρηση, που διαβιβάζεται στα ανώτερα εγκεφαλικά κέντρα από την επαναλαμβανόμενη σύσπαση, επηρεάζει τις πλαστικές προσαρμογές του πρωτοταγούς κινητικού φλοιού, που εξαρτώνται από τον τύπο της μυϊκής συστολής (Hayashi, Shimura & Kasai, 2006). Με άλλα λόγια το μηχανικό ερέθισμα της δόνησης προκαλεί πλαστική αναδιοργάνωση των αισθητικοκινητικών συνδέσεων του εγκεφάλου και πιθανόν διαφοροποιεί το πρότυπο επιστράτευσης των κινητικών μονάδων (Casale et al., 2009). Επιπλέον, αναφέρεται ότι η κεντρομόλος πληροφόρηση που μεταδίδεται από τις Ια-νευρικές ίνες διεγείρει τα φλοιονωτιαία μονοπάτια (Carson et al., 2004; Cochrane, 2011a) και ενεργοποιεί περιοχές του κινητικού φλοιού (Cochrane, 2011a; Lewis, Byblow & Carson, 2001) που πιθανόν βελτιώνουν τη μυϊκή απόδοση (Cardinale et al., 2003a; Cochrane, 2011a). Αντίθετα με τα παραπάνω φαίνεται ότι οι επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ σε συνδυασμό με την «παραδοσιακή προπόνηση αντίστασης» στην πλαστικότητα του εγκεφαλικού φλοιού, δε διαφέρουν από αυτές που παρατηρήθηκαν μετά από ένα πρόγραμμα «κλασικής προπόνησης αντίστασης» (Goodwill & Kidgell, 2012; Weier, et al., 2012). Επιπλέον, έχει καταδειχθεί ότι το επίπεδο μυϊκής ενεργοποίησης και διέγερσης των εγκεφαλονωτιαίων μονοπατιών παραμένει αμετάβλητο μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου άσκησης με ΟΔ σε νεαρά απροπόνητα άτομα (Colson, Petit, Hébreard, Tessaro & Pensini, 2009). Οι ταλαντώσεις του κεφαλιού στην ολόσωμη δόνηση διεγείρουν το θάλαμο του εγκεφάλου και τον κινητικό φλοιό, ενεργοποιούν τους μυς των κάτω άκρων και πιθανόν συμβάλουν στις αντανακλαστικές απαντήσεις της δόνησης (Chang et al., 2011). Επιπρόσθετα, έχει υποστηριχθεί ότι ο θόρυβος της πλατφόρμας δόνησης μέσω του στοχαστικού συντονισμού αυξάνει την ευαισθησία

των μυϊκών ατράκτων στο μηχανικό ερέθισμα της ταλάντωσης (Cordo et al., 1996; Verschueren et al., 2004). Αντίθετα, η διέγερση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος και η κόπωση υποβιβάζουν την κεντρομόλα ιδιοδεκτική πληροφόρηση των μυϊκών ατράκτων (Chappell et al., 2005; Mukeli, Farina, Kirkesola, Katch & Falla, 2011).

2.1.9 Νευρομυϊκοί παράγοντες

Από τα αποτελέσματα μελετών φαίνεται ότι ο μυϊκός συγχρονισμός (Muscle tuning), ως απάντηση στο ερέθισμα της δόνησης, προστατεύει το νευρομυϊκό σύστημα από το συντονισμό (Aminian-Far, Hadian, Olyaei, Talebian & Bakhtiary, 2011; Nigg, 1997), μεταβάλλει τη δραστηριότητα των μυών και οδηγεί στην αποτελεσματικότερη επιστράτευση και συντονισμό των κινητικών μονάδων (Aminian-Far et al., 2011). Σύμφωνα με τον Cochrane (2011a), στην άσκηση ολόσωμης δόνησης, νευρογενείς παράγοντες όπως η αύξηση της συχνότητας πυροδότησης και η μεγαλύτερη στρατολόγηση των κινητικών μονάδων, ο καλύτερος συντονισμός και η αύξηση της συνενεργοποίησης των υπολοίπων συναγωνιστών μυών πιθανότατα οδηγούν στη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος. Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι οι νευρικές απαντήσεις στην ολόσωμη δόνηση είναι ανεξάρτητες από την κατανομή των μυϊκών ινών και τον αριθμό των μυϊκών ατράκτων στον έσω γαστροκνήμιο και τον υποκνημίδιο μυ (Kipp, Johnson, Doeringer & Hoffman, 2011). Αντίθετα, σε πρόσφατη μελέτη μετα-ανάλυσης προτάθηκε ότι ο αριθμός και η πυκνότητα των μυϊκών ατράκτων επηρεάζει το ρυθμό πυροδότησης, το κατώφλι και το πρότυπο επιστράτευσης των κινητικών νευρώνων (De Luca et al., 2012). Σύμφωνα με τους Hasan και Stuart (1984), ο αριθμός των μυϊκών ατράκτων ποικίλλει (6-1300) μεταξύ των μυών του ανθρώπινου σώματος, στο οποίο έχουν καταγραφεί συνολικά περίπου 27.500 μυϊκές άτρακτοι εκ των οποίων 7000 σε κάθε μέλος των κάτω άκρων (Prochazka, 1996). Επιπρόσθετα, η άσκηση δεν αλλάζει τον γενετικά προκαθορισμένο αριθμό των μυϊκών ατράκτων (Ashton et al., 2001), αλλά προκαλεί μορφολογικές (Hutton & Atwater, 1992) ή/και λειτουργικές προσαρμογές σε μικρομοριακό και μακρομοριακό επίπεδο, που αφορούν μεταβολικές αλλαγές των ενδοκαψικών ινών και μείωση της λανθάνουσας περιόδου του μυοτατικού αντανακλαστικού αντίστοιχα (Hutton et al., 1992).

2.1.10 Ορμονικοί παράγοντες

Σύμφωνα με τους Cardinale και συν. (2003c), η ολόσωμη δόνηση εφαρμόζει υπερβαρικά φορτία πάνω από 14 g στο νευρομυϊκό σύστημα (Fernandez-Rio, Terrados, Fernandez-Garcia & Suman, 2010), με αποτέλεσμα τη βελτίωση της δύναμης και της υπερτροφίας (Duchateau & Enoka, 2002; Fitts, Riley & Widrick, 2001). Έχει υποδειχθεί ότι η επιβάρυνση από την εφαρμογή υψηλών φορτιών βαρύτητας οδηγεί σε αναβολικές ορμονικές απαντήσεις (Cardinale et al., 2003b; Fricke et al., 2009), παρόμοιες με αυτές της προπόνησης αντιστάσεων, που συσχετίζονται θετικά με τη βελτίωση της δύναμης και της υπερτροφίας (Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer & Hakkinen, 2003; Kraemer & Ratamess, 2005; Rønnestad, Nygaard & Raastad, 2011b). Επιπρόσθετα, αρκετοί ερευνητές έχουν αναφέρει ότι στην άσκηση ΟΔ οι επαναλαμβανόμενες μυϊκές συσπάσεις προκαλούν ενδοκρινείς και μεταβολικές απαντήσεις (Di Loreto et al., 2004), μεταξύ των οποίων η αύξηση της έκκρισης αυξητικής ορμόνης (GH) (Bosco et al., 2000; Kvorning et al., 2006) και της τεστοστερόνης (Tes) (Bosco et al., 2000). Επιπλέον, τα αποτελέσματα άλλων μελετών κατέδειξαν αύξηση της κρεατινικής κινάσης (CK) στο πλάσμα μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος ΟΔ (συχνότητα: 26 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2.5 mm - 15 mm) (Gojanovic, Feihl, Liaudet, Gremion & Waeber, 2011; Mester et al., 1999), γεγονός που υποδηλώνει μυϊκή καταστροφή μετά από έντονη έκκεντρη άσκηση (Gojanovic et al., 2011; Wilmore et al., 2006). Αντίθετα, σε πιο πρόσφατες μελέτες των Cardinale και συν. (2006) και Erskine, Smillie, Leiper, Ball, και Cardinale (2007), που εξέτασαν τις αναβολικές αποκρίσεις στην προπόνηση ολόσωμης δόνησης, υποστηρίχθηκε ότι τα επίπεδα συγκέντρωσης της τεστοστερόνης και του ινσουλινο-μιμητικού παράγοντα I (IGF-1) παρέμειναν αμετάβλητα.

2.1.11 Άλλοι νευρικοί και φυσιολογικοί μηχανισμοί δράσης

Η ΟΔ προάγει την ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων και τη μυϊκή προνεύρωση (προ-ενεργοποίηση) (μείωση στο κατώφλι πυροδότησης), με αποτέλεσμα την αύξηση της υποκείμενης μυϊκής τάσης και τη μείωση της διαταραχής του κύκλου διάτασης-βράχυνσης (Aminian-Far et al., 2011; Law & Nosaka, 2011). Έχει προταθεί ότι το υψηλό επίπεδο μυϊκής μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης αυξάνει τον αριθμό των επιστρατευμένων κινητικών μονάδων και των μυϊκών ινών κατά τη διάρκεια των συνεχόμενων μυϊκών συσπάσεων, με αποτέλεσμα τη μείωση της ενδομυϊνικής πίεσης και την επιτάχυνση του ρυθμού αποκατάστασης (Bosco et al., 1999b; Kosar et

al., 2012). Επιπρόσθετα, η μείωση του προσωρινού (AMS) και καθυστερημένου μυϊκού πόνου (DOMS) και η θεραπευτική επίδραση που παρατηρήθηκε μετά την εφαρμογή ΟΔ, πιθανότατα αποδίδεται στην άνοδο του επιπέδου της αυξητικής ορμόνης (Kvorning et al., 2006; Nindl & Pierce, 2010), στην αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος (Lohman, Petrofsky, Maloney-Hinds, Betts-Schwab, Thorpe, 2007), στη γρήγορη απομάκρυνση των μεταβολικών υποπροϊόντων (Edge, Mundel, Weir & Cochrane, 2009), ή στην αναστολή της ευαισθησίας των αλγοϋποδοχέων (Rhea, Bunker, Marin & Lunt, 2009) και την άνοδο του κατωφλιού αντιλαμβανόμενου πόνου (Καρατράντου, 2010; Zoppi, Voegelin, Signorini & Zamponi, 1991).

Σύμφωνα με τους Mester και συν. (2006), η ΟΔ αυξάνει την περιφερική αντίσταση των αιμοφόρων αγγείων και την πίεση της κυκλοφορίας του αίματος, λόγω της παραμόρφωσης του σχήματος των ερυθρών κυττάρων. Αυτό οδηγεί στη διάνοιξη περισσότερων τριχοειδών για να διατηρηθεί το αναγκαίο επίπεδο καρδιακής παροχής, με αποτέλεσμα την αύξηση της ανταλλαγής των αναπνευστικών αερίων και του μεταβολισμού μεταξύ του αίματος και των μυϊκών ιστών (Mester et al., 2006). Αντίθετα, σε άλλη μελέτη αναφέρεται ότι η ΟΔ αυξάνει την ροή του αίματος, μειώνει την αρτηριακή πίεση και διευρύνει τον τριχοειδικό αυλό, πιθανότατα λόγω της απελευθέρωσης του μονοξειδίου του αζώτου (NO) που προάγει την αγγειοδιαστολή (Kersch-Schindl et al., 2001) και πιθανόν προκαλεί αγγειογένεση (Yue & Mester, 2007). Η παραπάνω άποψη φαίνεται να ενισχύεται από τις μελέτες των Blottner και συν. (2006) και των Sacner, Gummels, και Adams (2005), στις οποίες παρατηρήθηκε ότι η δόνηση πιθανότατα επιδρά στα επίπεδα της συνθετάσης του NO (Καρατράντου, 2010). Έχει προταθεί από τους Sears, Choate και Paterson (1999), ότι το NO μειώνει την καρδιακή συχνότητα, διευκολύνει την απελευθέρωση των ορμονών στο αίμα (Godfrey, Madgwick & Whyte, 2003) και επηρεάζει το επίπεδο της αυξητικής ορμόνης (Godfrey et al., 2003) που συσχετίζεται με την αύξηση της υπερτροφίας και δύναμης (Garhammer, 1980; Godfrey et al., 2003). Επιπρόσθετα, έχει υποστηριχθεί ότι κατά τη διάρκεια συνδυαστικού προγράμματος άσκησης ΟΔ (συχνότητα: 26 Hz, επιτάχυνση: 15 g) και εξαντλητικής ποδηλάτησης αυξάνει η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, η μεταβολική ισχύς και η ενεργειακή δαπάνη σε νεαρά υγιή άτομα (Rittweger et al., 2002; Rittweger, Beller, & Felsenberg, 2000).

Συνοπτικά, η ΟΔ φαίνεται ότι επηρεάζει τα νωτιαία αντανακλαστικά στο ανθρώπινο σώμα (Ritzmann et al., 2010), οδηγεί στην εμφάνιση του καλούμενου ΤΑΔ (Cochrane, 2010) και πιθανόν διεγείρει τα ανώτερα εγκεφαλικά κέντρα (Casale et al., 2009), που επιδρούν στη βελτίωση της απόδοσης. Επιπρόσθετα, έχουν υποδειχθεί άλλες νευρικές και ορμονικές απαντήσεις στην ΟΔ που αυξάνουν τη δύναμη και την ισχύ (Cochrane, 2011a). Ωστόσο, το ΤΑΔ και οι υποτιθέμενες αποκρίσεις που έχουν προταθεί ως πιθανοί μηχανισμοί δράσης της άσκησης με ΟΔ, δεν μπορούν να υποστηριχθούν ξεκάθαρα (Cochrane, 2011a).

2.1.12 Χαρακτηριστικά και τύποι της ολόσωμης δόνησης

Η ολόσωμη δόνηση είναι μέθοδος ή/και μέσο της προπονητικής διαδικασίας (Delecluse, et al., 2003; Hopkins et al., 2008; Sanudo et al., 2012), που ενεργοποιεί το τονικό αντανακλαστικό δόνησης (ΤΑΔ) με την εφαρμογή ταλαντώσεων χαμηλής και μεσαίας συχνότητας με ποικίλη (κατακόρυφη ή/και οριζόντια) διεύθυνση (Abercromby et al., 2007b; Hazell, Kenno & Jakobi, 2010; Kosar et al., 2012) μέσω της πλατφόρμας δόνησης (Tomas et al., 2011). Στην άσκηση ολόσωμης δόνησης μεταβλητές της προπονητικής επιβάρυνσης είναι: η συχνότητα, το πλάτος ταλάντωσης, η επιτάχυνση και η διάρκεια (Cardinale et al., 2003b; Cardinale & Wakeling, 2005; Kiiski, Heinonen, Jarvinen, Kannus & Sievanen 2008). Ως συχνότητα ορίζεται ο αριθμός των ταλαντώσεων στην μονάδα του χρόνου και συνήθως μετριέται σε Hertz (Hz) (Bullock et al., 2008; Cochrane, 2011a; Luo et al. 2005b). Συχνότητα δόνησης 1 Hz εκφράζει έναν πλήρη κύκλο ταλάντωσης στο δευτερόλεπτο (Wallace, 1970). Έχει υποστηριχθεί από τους Luo και συν. (2005b), ότι άσκηση ΟΔ (συχνότητα: 30 Hz) διεγείρει τους ασκούμενους μυς στην ίδια συχνότητα με αποτέλεσμα να συσπώνται και να χαλαρώνουν 30 φορές το δευτερόλεπτο. Πλάτος ταλάντωσης (amplitude) ονομάζεται το $\frac{1}{2}$ της απόστασης μεταξύ των δύο ακραίων θέσεων της ταλάντωσης (peak to peak amplitude) και μετριέται σε mm (Luo et al., 2005b; Rauch et al., 2010). Ωστόσο, αρκετοί ερευνητές ως πλάτος ταλάντωσης (amplitude) ορίζουν τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των ακραίων θέσεων απομάκρυνσης από το σημείο ισορροπίας (maximal displacement or peak to peak amplitude) (Cochrane, 2011a; Rittweger, 2010), που ταυτίζεται με τη μέγιστη μετατόπιση της ταλάντωσης (peak to peak displacement) (Raugh et al., 2010). Ως διάρκεια ορίζεται το χρονικό διάστημα παραμονής πάνω στην πλατφόρμα δόνησης και μετριέται σε s ή min (Cardinale et al., 2005; Cochrane, 2011a). Σύμφωνα με τους

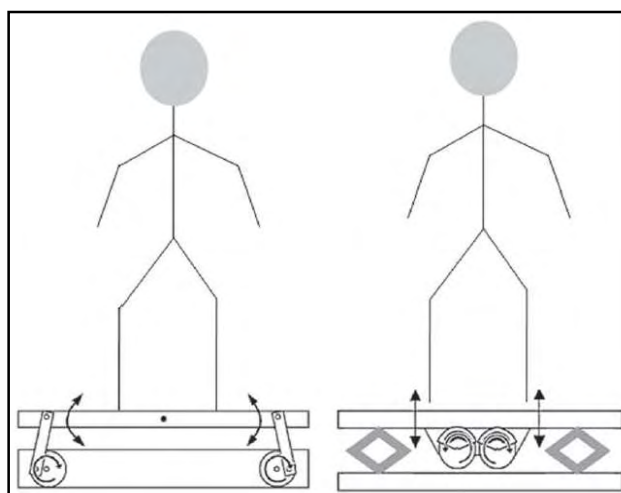
Kosar και συν. (2012), η διάρκεια έκθεσης και ανάληψης καθορίζεται από την ηλικία, τον τύπο των μυϊκών ινών, την κόπωση, την προπονητική ηλικία, τη μυϊκή υπερτροφία και την εμπειρία στην προπόνηση ολόσωμης δόνησης. Επιπλέον ο Raugh και συν. (2010), προτείνουν στη διεθνή επιστημονική κοινότητα την καθιέρωση κοινά αποδεκτής ορολογίας στις μελέτες που αφορούν τις επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας και της στατιστικής ισχύος των αποτελεσμάτων (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ορολογία της προπόνησης ολόσωμης δόνησης (Τροποποιημένο από Raugh et al., 2010; Σπηλιοπούλου, 2012).

Ορολογία	Μονάδες	Ορισμός	Σύμβολο	Εξίσωση	Παρατηρήσεις
Period Duration Διάρκεια	s	Η διάρκεια ενός κύκλου ταλάντωσης	T		
Frequency Συχνότητα	Hz, s ⁻¹	Ο ρυθμός επανάληψης των κύκλων ταλάντωσης στη μονάδα του χρόνου	F	$f = 1/T$	
Peak-to-peak displacement Μέγιστο πλάτος μετατόπισης	mm	Το μέγιστο πλάτος μετατόπισης από το χαμηλότερο στο υψηλότερο σημείο κατά τη δόνηση	D	$D = a_{\text{Peak}} / (2 \times \pi^2 \times f^2)$	Peak -to -peak Amplitude Συνώνυμο με το μέγιστο εύρος ταλάντωσης
Amplitude Πλάτος ταλάντωσης	mm	Η μέγιστη μετατόπιση από το σημείο (0) ισορροπίας	A	$A = D/2$	Peak Amplitude Συνώνυμο με το πλάτος (κύματος) ταλάντωσης
Peak acceleration Μέγιστη επιτάχυνση	ms ⁻²	Μέγιστος ρυθμός αλλαγής της ταχύτητας στη διάρκεια ενός κύκλου	a _{peak}	$a_{\text{Peak}} = 2 \times \pi^2 \times f^2 \times D$ $a_{\text{Peak}} = 20 \times f^2 \times D$	Συχνά εκφράζεται ως πολλαπλάσια τιμή της Earth's gravity*
Root mean squared acceleration Μέσο τετράγωνο ρίζας της επιτάχυνσης	ms ⁻²	Μέσος όρος αλλαγής της ταχύτητας στη διάρκεια ενός κύκλου	a _{rms}	$a_{\text{RMS}} = a_{\text{Peak}} / \sqrt{2}$	
Earth's gravity* συμβολίζεται με το g και ορίζει την έλξη της βαρύτητας στο επίπεδο της θάλασσας. Παράδειγμα υπολογισμού της μέγιστης επιτάχυνσης δόνησης με συχνότητα και μέγιστο εύρος ταλάντωσης. Μέγιστη επιτάχυνση= $2 \times \pi^2 \times 400 \text{ s}^{-2} \times 0.004 \text{ m} = 31.6 \text{ ms}^{-2}$. Με βάση την έλξη της γης: $31.6/9.81 \text{ g} \approx 3.2 \text{ g}$. Το μέσο τετράγωνο ρίζας της επιτάχυνσης είναι: $31.6 \text{ ms}^{-2}/\sqrt{2} = 22.3 \text{ ms}^{-2}$.					

Ο τύπος της δόνησης διακρίνεται, με βάση το σημείο εφαρμογής της, στη δόνηση που εφαρμόζεται απευθείας στη μάζα ή τον τένοντα ενός μυ και ονομάζεται τοπική (Cardinale et al., 2003b; Καρατράντου, 2010) και σε αυτή που εφαρμόζεται σε ολόκληρο το σώμα και ονομάζεται ολόσωμη (Καρατράντου, 2010; Luo et al., 2005b). Διαφορετικά η τοπική και η ολόσωμη δόνηση καλούνται άμεση και έμμεση δόνηση αντίστοιχα (Cochrane, 2011a). Στα πρωτόκολλα παρέμβασης τοπικής δόνησης χρησιμοποιούνται υψηλότερες συχνότητες, μικρότερο πλάτος ταλάντωσης και δεν εμπλέκονται πολλαπλά μυοτενόντια συμπλέγματα (Pollock, Provan, Martin & Newham, 2011). Αντίθετα, η ΟΔ διαφέρει από την τοπική, καθώς τα προγράμματα άσκησης χαρακτηρίζονται από χαμηλότερες συχνότητες (25-45 Hz), πιο μεγάλο πλάτος ταλάντωσης (1-10 mm) και μεγαλύτερη διάρκεια συνεχούς (3-5 min) ή διαλειμματικής δόνησης (30-60 s) (Cochrane, 2011a).

Η ΟΔ διακρίνεται σε περιοδική ή στοχαστική, ανάλογα με τη μορφή του κύματος μετάδοσης (Rogan, Hilfiker, Herren, Radlinger & De Bruin, 2011) και σε κατακόρυφη (κάθετος άξονας) ή αμφίπλευρη (οριζόντιος προσθοπίσθιος άξονας), ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσής της στο ανθρώπινο σώμα (Cochrane, 2011a; Cochrane, 2011b; Liu, Brummel-Smith and Ilich, 2011; Luo et al., 2005b;) (Εικόνα 2).



Αμφίπλευρη δόνηση

Κατακόρυφη δόνηση

Εικόνα 2. Αμφίπλευρη και κατακόρυφη ολόσωμη δόνηση (Τροποποιημένο από Cochrane, 2011b; Pell et al., 2009).

Στην αμφίπλευρη δόνηση, ο τρόπος μεταφοράς της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα προσομοιάζει με την κίνηση των μελών κατά τη διάρκεια της βάδισης και του τρεξίματος, στην οποία τα μέλη του σώματος κινούνται εναλλάξ και όχι ταυτόχρονα (ασύγχρονη κίνηση) (Abercromby et al., 2007b; Καρατράντου, 2010). Επιπλέον, το πλάτος ταλάντωσης στην αμφίπλευρη δόνηση εξαρτάται από τη θέση των πελμάτων σε σχέση με τον άξονα ταλάντωσης (Cochrane, 2011a). Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον Cochrane (2011b), στην αμφίπλευρη δόνηση (συχνότητα: 26 Hz) και με άνοιγμα πελμάτων από τον άξονα ταλάντωσης 6 cm, 18 cm και 30 cm καταγράφηκε πλάτος ταλάντωσης 2.6 mm, 6.8 mm και 11.6 mm αντίστοιχα. Αντίθετα, στην κατακόρυφη δόνηση παρατηρείται συμμετρική κίνηση των μελών του σώματος ως προς τον κατακόρυφο άξονα (σύγχρονη κίνηση) (Abercromby et al., 2007b; Cochrane, 2011a; Καρατράντου, 2010) και το πλάτος ταλάντωσης, που είναι ανεξάρτητο από το άνοιγμα των πελμάτων, διακρίνεται σε χαμηλό (Low: 0-2 mm) και υψηλό (High: 4-6 mm) (Cochrane, 2011b). Επιπρόσθετα, οι πλατφόρμες κατακόρυφης και αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης, οι οποίες παράγουν συχνότητες 30 Hz - 50 Hz και 5 Hz - 30 Hz αντίστοιχα (Marin & Rhea, 2010b), διαχωρίζονται σε συσκευές χαμηλής ($a < 1$ g) και υψηλής έντασης ($a > 1$ g), ανάλογα με την επιτάχυνση που αναπτύσσουν (Elmantaser et al., 2012). Στις συσκευές στοχαστικής δόνησης τα κάτω άκρα τοποθετούνται σε διαφορετικές επιφάνειες και κινούνται ανεξάρτητα, με διαφορετικούς τρόπους, μορφές και συχνότητες δόνησης (Rogan et al., 2011). Επιπλέον, έχουν προταθεί πλατφόρμες δόνησης, στις οποίες ο ασκούμενος εκτίθεται σε ολόσωμη δόνηση ταυτόχρονα με πολλαπλή συχνότητα, πλάτος και διεύθυνση ταλάντωσης (Ezenwa & Yeoh, 2011; Leigh & Scherer, 2008), ενώ ο μυϊκός ιστός νευρώνεται από κινητικούς νευρώνες με διαφορετική συχνότητα πυροδότησης (Sargeant, 2007). Έχει αναφερθεί σε προηγούμενες μελέτες ως κατώφλι πυροδότησης των γρήγορων και αργών μυϊκών ινών, συχνότητες 40-60 Hz και 15-30 Hz αντίστοιχα (Da Silva et al., 2006; Ezenwa et al., 2011; Ronnestad, 2009). Συνεπώς, μπορεί λογικά να υποθεθεί ότι η επιλογή της παραπάνω πλατφόρμας δόνησης είναι πιθανό να οδηγήσει σε μεγαλύτερη αύξηση της στρατολόγησης των κινητικών μονάδων απ' ό,τι η πλατφόρμα δόνησης με προκαθορισμένο σταθερό πλάτος, διεύθυνση και συχνότητα ταλάντωσης (Ezenwa et al., 2011).

Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα των διαφόρων τύπων της δόνησης φαίνεται ότι η επιστημονική κοινότητα δεν έχει καταλήξει σε ασφαλή συμπεράσματα (Cochrane, 2011b). Μελέτες μετα-ανάλυσης υποδεικνύουν ότι η κατακόρυφη δόνηση

είναι περισσότερο αποτελεσματική στη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος απ' ό τι η αμφίπλευρη δόνηση (Marin & Rhea, 2010a; Marin et al., 2010b). Αντίθετα, έχει προταθεί ότι η αμφίπλευρη δόνηση είναι περισσότερο αποτελεσματική απ' ό τι η κατακόρυφη (Torvinen et al., 2002a), πιθανόν λόγω του μεγαλύτερου πλάτους ταλάντωσης των προγραμμάτων άσκησης ολόσωμης δόνησης. Ο παραπάνω ισχυρισμός φαίνεται να ενισχύεται από τα αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης των Cochrane και συν. (2004), οι οποίοι κατέδειξαν ότι η αμφίπλευρη δόνηση προκαλεί μεγαλύτερη ενεργοποίηση στους μυς των κάτω άκρων απ' ό τι η κατακόρυφη δόνηση. Επιπλέον, η αμφίπλευρη δόνηση θεωρείται πιο ασφαλής (Abercromby et al., 2007b) και αποτελεσματική για τους ασκούμενους (Rogan et al., 2011), καθώς κατά την εφαρμογή της περιορίζεται η μετάδοση της δόνησης στον κορμό και το κεφάλι (Abercromby et al., 2007b). Έχει υποστηριχθεί από τους Rittweger, Schiessl, και Felsenberg (2001), ότι η συνεχής εναλλαγή μικρής κάμψης και έκτασης των κάτω άκρων με ταυτόχρονη στροφή της λεκάνης κατά τη διάρκεια της αμφίπλευρης δόνησης, πιθανόν να ευθύνεται για τη μειωμένη μετάδοση της μηχανικής ενέργειας της δόνησης στον άνω κορμό και το κεφάλι (Abercromby et al., 2007b; Cochrane, 2011a; Καρατράντου, 2010). Από την άλλη πλευρά τα παραπάνω επιβεβαιώνονται εν μέρει από πρόσφατη έρευνα του Pel και συν. (2009), που κατέδειξε ότι η μείωση στη μετάδοση της ταλάντωσης δε διαφέρει μεταξύ της κατακόρυφης και της αμφίπλευρης δόνησης στην άρθρωση του γόνατος και του ισχίου. Ωστόσο, οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι σε συχνότητα 25 Hz η αμφίπλευρη δόνηση αναπτύσσει διπλάσια επιτάχυνση και η μετάδοση της δόνησης στην ποδοκνημική άρθρωση είναι μεγαλύτερη κατά 30% συγκριτικά με την κατακόρυφη δόνηση. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Abercromby και συν. (2007a), κατά τη διάρκεια άσκησης ολόσωμης δόνησης (συχνότητα: 30 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4 mm, θέση: συνεχόμενα ημικαθίσματα, γωνία γονάτων 10-35°), φάνηκε ότι η δραστηριοποίηση των μυών είναι μεγαλύτερη στο γαστροκνήμιο και στον έξω πλατύ μυ στην αμφίπλευρη δόνηση, ενώ αντίθετα στην κατακόρυφη δόνηση μεγαλύτερη επιβάρυνση δέχεται ο πρόσθιος κνημιαίος μυς (Abercromby et al., 2007a; Cochrane, 2011a; Καρατράντου, 2010). Σε πιο πρόσφατη μελέτη έχει προταθεί ότι η άσκηση κατακόρυφης ΟΔ χαμηλής συχνότητας (25 Hz-35 Hz) αυξάνει την ενεργοποίηση του πλάγιου γαστροκνήμιου μυ, ενώ υψηλότερες συχνότητες δόνησης (45 Hz – 55 Hz) διεγείρουν αποτελεσματικότερα τον πλατύ μηριαίο (Di Giminiani, Masedu, Tihanyi, Scrimaglio & Valenti, 2013). Επιπρόσθετα, σε μελέτη των Verschuere και συν. (2004), υποστηρίχθηκε ότι κατά τη διάρκεια

κατακόρυφης ΟΔ (συχνότητα: 35 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 1.7 mm-2.5 mm), η ενεργοποίηση του ορθού μηριαίου οκταπλασιάζεται ενώ αντίθετα η ενεργοποίηση του γαστροκνημίου αυξάνει ελάχιστα. Παρόμοια, έχει καταδειχθεί από την Tankisheva και συν. (2013), ότι η άσκηση κατακόρυφης ΟΔ (θέση: στατικό ημικάθισμα 110°-135°, συχνότητα: 30 Hz - 50 Hz, επιτάχυνση: 0.33 g -7.98 g) αυξάνει τη μυϊκή ενεργοποίηση σε ποσοστό 103 % - 384,9 % στους επιλεγμένους μυς των κάτω άκρων.

2.1.12.1 Παράγοντες που επιδρούν στην αποτελεσματικότητα του ερεθίσματος της δόνησης

Η μυϊκή απάντηση στη δόνηση είναι πολυσύνθετο φαινόμενο που πιθανόν επηρεάζεται από διαφορετικούς παράγοντες, όπως η τονικότητα του μυός, τα χαρακτηριστικά της δόνησης (συχνότητα, πλάτος ταλάντωσης) (Fratini, La Gatta, Bifulco, Romano & Cesarelli, 2009b; Jordan et al., 2005) αλλά και από τον τρόπο μετάδοσής της στο σώμα (κατακόρυφη- αμφίπλευρη) (Marin et al., 2010b). Επιπλέον, η αλληλεπίδραση του ανθρώπινου σώματος και της ολόσωμης δόνησης εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ατόμου (μυϊκή σκληρότητα, σωματική μάζα, ανατομικά χαρακτηριστικά, θέση και σύσταση του σώματος, μηχανικές ιδιότητες των ιστών) (Cesarelli et al., 2010; Pel et al., 2009; Smith & Leggat, 2005), καθώς και τη «μυϊκή μνήμη», που αποτελεί δείκτη πρόβλεψης της δύναμης (Nowak, Rosenkrantz, Hermsdofer, Rothwell, 2004). Σύμφωνα με τους Cesarelli και συν. (2010), κάθε πιθανή διαφοροποίηση μεταξύ των μεταβλητών που έχουν αναφερθεί προηγούμενα, τροποποιεί την κινηματική αλυσίδα μετάδοσης της δόνησης, επηρεάζει την μεταδοτικότητα και μεταβάλλει την ένταση των τοπικών μυϊκών ταλαντώσεων. Για παράδειγμα, έχει προταθεί ότι στην άσκηση ΟΔ η μεγάλη απόσταση των μυών στόχων από την επιφάνεια της πλατφόρμας δόνησης μειώνει την προπονητική επιβάρυνση (Luo et al., 2007; Roelands, Verschueren, Delecluse, Levin & Stijnen, 2006), ενώ αντίθετα η εφαρμογή δόνησης σε ένα διατεταμένο μυ αυξάνει την ένταση του ΤΑΔ (Hagbarth & Eklund, 1968) και πιθανόν την αποτελεσματικότητα του προπονητικού ερεθίσματος. Από την άλλη πλευρά, μελέτες υποδεικνύουν την ικανότητα αποτελεσματικής μηχανικής εμπέδησης των ιστών στη δόνηση (Paschold, 2008), η οποία βελτιώνεται περισσότερο από τα υποδήματα στα πέλματα των κάτω άκρων (Smith et al., 2005). Έχει υποστηριχθεί από τον Cochrane (2011b), ότι η μεταδοτικότητα της δόνησης επηρεάζεται από την ένταση της ταλάντωσης που

εκφράζεται από το μέγεθος της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g), την ικανότητα μηχανικού υποβιβασμού του σώματος (μηχανική εμπέδηση) και τη μυϊκή σκληρότητα. Σε μελέτη των Kiiski και συν. (2008), φάνηκε ότι η μεταδοτικότητα της κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης (συχνότητα: 10 Hz-90 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 0.05 mm-3 mm, διάρκεια: 30 s-60 s, επιτάχυνση: 0.04 g-19 g) στο ανθρώπινο σώμα (ποδοκνημική, γόνατο, ισχίο, σπονδυλική στήλη) μειώνεται σε επιλεγμένες συχνότητες στο 1/10 ή 1/1000 της επιτάχυνσης, που αναπτύσσει η πλατφόρμα δόνησης. Έχει αναφερθεί, ότι η δόνηση μειώνεται από τους ιστούς και τα σωματικά υγρά, τα δομικά στοιχεία των οποίων απορροφούν τη μηχανική ενέργεια και παράγεται θερμότητα (Wakeling, Nigg & Rozitis, 2002). Επιπρόσθετα, η μερική απόσβεση της έντασης της δόνησης από τα μαλακά μόρια των ιστών (Luo et al., 2007; Von Gierke & Goldman, 1987), μειώνει το προπονητικό κατώφλι (ουδός διέγερσης) του ερεθίσματος της ταλάντωσης και ελαττώνει τις προπονητικές προσαρμογές (Luo et al., 2007). Σύμφωνα με τους Bazett-Jones, Finch και Dugan (2008), η ικανότητα μείωσης της μετάδοσης της μηχανικής ενέργειας της δόνησης εξαρτάται από τις απαντήσεις των μυϊκών ατράκτων, την ευαισθησία των αρθρικών και επιδερμικών μηχανοϋποδοχέων, τον τύπο και τη γλοιότητα των μυϊκών ινών. Ο μυϊκός συγχρονισμός στην ταλάντωση υποβιβάζει την ένταση του μηχανικού ερεθίσματος της δόνησης, ενεργοποιεί τους μυς και πιθανόν αυξάνει τη μυϊκή λειτουργικότητα (Cochrane, 2011a; Mishi & Cardinale, 2009), ενώ οδηγεί στη μείωση της μηχανικής ισχύος της δόνησης (Mishi et al., 2009; Wakeling et al., 2002), μέσω της επιλεκτικής επιστράτευσης των ινών ΙΙβ ταχείας συστολής (γρήγορες γλυκολυτικές) (Mishi et al., 2009; Ushiyama, Masani, Kouzaki, Kanehisa & Fugunaga, 2005; Wakeling & Liphardt, 2006). Επιπλέον, η μη γραμμικότητα του μυοσκελετικού συστήματος τροποποιεί τα χαρακτηριστικά της εισερχόμενης δόνησης (πλάτος ταλάντωσης, συχνότητα) (Kiiski et al., 2008) και η στάση του σώματος στην πλατφόρμα δόνησης επηρεάζει τη μεταδοτικότητα της μηχανικής ενέργειας της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα (Hazarin & Grzesik, 1998). Σύμφωνα με τους Pell και συν. (2009), το ισομετρικό ημικάθισμα (τύπος δόνησης: αμφίπλευρη, θέση γόνατα: 100°) είναι βέλτιστη άσκηση, καθώς αυξάνει τη μετάδοση της δόνησης και διεγείρει τους μυς των κάτω άκρων (ορθός μηριαίος). Αντίθετα, έχουν προταθεί για την ίδια ισομετρική άσκηση, ως αποτελεσματικότερες στη μεταδοτικότητα του δονητικού ερεθίσματος, γωνίες γονάτων 90°-110° και 18.5°, στην κατακόρυφη και την

αμφίπλευρη δόνηση, αντίστοιχα (Abercromby et al., 2007a; Cochrane, 2011b; Fricke et al., 2009; Hazarin et al., 1998).

Η άσκηση ΟΔ προκαλεί φυσιολογικές προπονητικές προσαρμογές παρόμοιες με τις νευρογενείς απαντήσεις της προπόνησης αντιστάσεων (Bosco, Cardinale & Tsarpela, 1999a; Kosar et al., 2012), που καθορίζονται από την ένταση, τη διεύθυνση και τη συχνότητα δόνησης (Cesarelli et al., 2010). Στην προπόνηση ΟΔ οι κυριότερες μεταβλητές που καθορίζουν την επιβάρυνση και το μέγεθος του προπονητικού αποτελέσματος είναι ο τύπος της δόνησης (κατακόρυφη ή αμφίπλευρη), το πλάτος ταλάντωσης (mm), η επιτάχυνση ($1g = 9.81 \text{ m/s}^2$), η στάση του σώματος, το διάλειμμα, η διάρκεια (Cardinale et al., 2003a; Cochrane, 2011a; Kosar et al., 2012; Lamont et al., 2011; Rogan et al., 2011) και λιγότερο η συχνότητα (Hz) δόνησης (Cardinale et al., 2003a; Kosar et al., 2012). Επιπλέον, η εφαρμογή της προοδευτικής αύξησης της επιβάρυνσης στην προπόνηση ΟΔ (Marin et al., 2011b), αυξάνει την πίεση (υπερφόρτωση) στο ανθρώπινο σώμα (Kraemer & Ratamess, 2004) και οδηγεί σε περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης (Kraemer et al., 2004; Marin et al., 2011b). Ειδικότερα, η αύξηση της ποσότητας επιβάρυνσης στην προπόνηση ΟΔ επιτυγχάνεται μέσω της αύξησης του αριθμού των ασκήσεων, των ΠΜ δόνησης, της διάρκειας των ασκήσεων καθώς και του προγράμματος άσκησης (Cochrane & Stannard, 2005; Kennis et al. 2013; Rittweger, 2010), ενώ η άνοδος της έντασης ρυθμίζεται από την αύξηση της συχνότητας, του πλάτους ταλάντωσης (Kennis et al., 2013; Van Nes et al., 2006) ή/και τη μείωση του διαλείμματος μεταξύ των επαναλήψεων και των σετ (Kennis et al., 2013). Σύμφωνα με τους Marin και συν. (2011b), στο πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ η αρχική αύξηση της συχνότητας και αργότερα του πλάτους ταλάντωσης είναι η συνιστώμενη προπονητική πρακτική, που βελτιώνει την απόδοση.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε περιορισμένος αριθμός μελετών, που εξέτασαν την άμεση ή/και την μακρόχρονη επίδραση διαφορετικής συχνότητας, επιτάχυνσης, διάρκειας και πλάτους ταλάντωσης στην εμφάνιση προπονητικών προσαρμογών σε επιλεγμένες φυσικές ικανότητες (Adams et al., 2009; Bazett-Jones, Finch, & Dugan, 2008; Bosco et al., 1999b; Cardinale, Leiper, Erskine, Milroy & Bell, 2006; Cardinale et al., 2005; Cardinale & Lim, 2003e; Da Silva et al., 2006; Di Giminiani, Tihanyi, Safar & Scrimaglio, 2009; Gerodimos et al., 2010; Ritzmann, Gollhofer & Kramer, 2013; Rittweger et al., 2002a; Rønnestad, 2009a; Rønnestad, 2009b; Di Giminiani et al., 2013). Στις περισσότερες από τις προαναφερθείσες

μελέτες (Adams et al., 2009; Bazett-Jones et al., 2008; Cardinale et al., 2003e; Di Giminiani et al., 2009; Ritzmann et al., 2013; Rønnestad, 2009a; Rønnestad, 2009b; Di Giminiani et al., 2013) οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμα κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης, παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση τόσο της συχνότητας όσο και του πλάτους ταλάντωσης στις φυσικές ικανότητες που αξιολογήθηκαν. Για παράδειγμα, σε μελέτη των Cardinale και συν. (2003e), εξετάστηκε η άμεση επίδραση ενός προγράμματος άσκησης ΟΔ με σταθερό πλάτος και διαφορετική συχνότητα δόνησης (μέγιστο πλάτος ταλάντωσης: 4 mm συχνότητα: 20 Hz -40 Hz διάρκεια: 5 min) σε επιλεγμένες φυσικές ικανότητες. Τα αποτελέσματα της μελέτης κατέδειξαν ότι συχνότητα δόνησης 20 Hz βελτιώνει την κινητικότητα και το κατακόρυφο άλμα (4 %), ενώ αντίθετα συχνότητα δόνησης 40 Hz μειώνει το κατακόρυφο άλμα και το άλμα με αντίθετη κίνηση σε νεαρά απροπόνητα άτομα. Επιπλέον, οι Bosco και συν. (1999b) αναφέρουν θετική επίδραση στη μυϊκή απόδοση μετά την εφαρμογή πρωτόκολλου με ολόσωμη αμφίπλευρη δόνηση (συχνότητα: 26 Hz) σε 6 αθλητές πετοσφαίρισης πολύ υψηλού επιπέδου. Η βελτίωση που παρατηρήθηκε, αποδόθηκε από τους συγγραφείς στη μετατόπιση της καμπύλης συσχέτισης δύναμης-ταχύτητας και δύναμης-ισχύος προς τα δεξιά, που οδήγησε στην αύξηση της δύναμης, της ταχύτητας και της ισχύος. Αντίθετα, σε μελέτη των Gerodimos και συν. (2010), δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση τόσο της συχνότητας όσο και του πλάτους ταλάντωσης, στη βελτίωση της κινητικότητας και στην κατακόρυφη αλτικότητα, που παρέμεινε αμετάβλητη. Τα παραπάνω επιβεβαιώθηκαν εν μέρει σε νεότερη έρευνα των Zory, Aulbrook, Keir και Serresse (2013), στην οποία φάνηκε ότι η άμεση μείωση της ισομετρικής ροπής δύναμης ήταν ανεξάρτητη από τη συχνότητα δόνησης. Επιπλέον, σε μελέτη των Savelberg, Keizer και Meijer (2007), που εξέτασε τη μακρόχρονη επίδραση διαφορετικών συχνοτήτων δόνησης και διαφορετικών θέσεων, αναφέρθηκε ότι η βελτίωση της ισομετρικής ροπής δύναμης που παρατηρήθηκε μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος αμφίπλευρης δόνησης, ήταν ανεξάρτητη τόσο από τις διαφορετικές συχνότητες δόνησης όσο και από τις διαφορετικές θέσεις που χρησιμοποιήθηκαν. Αντίθετα, πιο πρόσφατα σε μελέτη των Di Giminiani και συν. (2009), έχει υποστηριχθεί ότι το μακρόχρονο πρόγραμμα άσκησης ολόσωμης δόνησης με διαφορετικές συχνότητες ερεθισμού (διάρκεια: 8 εβδομάδες 3 ΠΜ/εβδ., συχνότητα: 20-55 Hz, πλάτος ταλάντωσης: ~2 mm, θέση: ημικάθισμα 90°) βελτιώνει το ύψος του κατακόρυφου άλματος και τη μέση ισχύ σε ποσοστό 11% και 18% αντίστοιχα. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι ο ατομικός

καθορισμός της συχνότητας άσκησης μέσω ηλεκτρομυογραφήματος οδηγεί σε αποτελεσματικότερη προπονητική επιβάρυνση και προσαρμογές. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι η συγκεκριμένη μελέτη πραγματοποιήθηκε σε πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης, που πιθανόν ευθύνεται για τα αντικρουόμενα αποτελέσματα συγκριτικά με την προαναφερθείσα μελέτη, που πραγματοποιήθηκε σε πλατφόρμα αμφίπλευρης ΟΔ. Επιπλέον, η χρησιμοποίηση της ηλεκτρομυογραφικής καταγραφής πιθανόν να μην είναι η προσφορότερη διαδικασία για τον ατομικό καθορισμό της συχνότητας δόνησης και της προπονητικής επιβάρυνσης στην άσκηση ολόσωμης δόνησης (Cochrane, 2011b). Μολονότι η ιδανικότερη συχνότητα και το πλάτος ταλάντωσης στην προπόνηση ολόσωμης δόνησης για την πρόκληση στοχευμένων προπονητικών προσαρμογών δεν έχουν καθορισθεί (Luo et al., 2005b), φαίνεται ότι για τη βελτίωση της εκρηκτικής δύναμης απαιτούνται συχνότητες δόνησης 50-60 Hz (Lin & Chen, 2012).

Όσον αφορά στην επίδραση του πλάτους ταλάντωσης σε μελέτη των Rittweger και συν. (2002), παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης αυξάνει περισσότερο την κατανάλωση οξυγόνου κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος άσκησης αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης. Αντίθετα, σε άλλη μελέτη των Cardinale και συν. (2006), προτάθηκε ότι οι ορμονικές απαντήσεις μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος άσκησης ΟΔ είναι ανεξάρτητες από το πλάτος ταλάντωσης. Έχει προταθεί από τους Ezenwa και Yeoh (2011) ότι το πλάτος ταλάντωσης της μηχανικής δόνησης υποδηλώνει την ένταση της επιβάρυνσης, ενώ η συχνότητα αφορά στην επιλεκτική επιστράτευση των μυϊκών ινών. Σύμφωνα με τους Martin, Roll και Gauthier (1984), η αύξηση του πλάτους ταλάντωσης σε μια επιλεγμένη συχνότητα δόνησης πιθανόν αυξάνει το επίπεδο της διάτασης του μυός και ενεργοποιεί μεγαλύτερο αριθμό πρωτοταγών νευρικών απολήξεων της μυϊκής ατράκτου (Luo, McNamara & Moran, 2005a). Επιπλέον, ο αριθμός των πρωτοταγών νευρικών απολήξεων της μυϊκής ατράκτου συσχετίζεται με τον αυξημένο ρυθμό εκπόλωσης των Ια-κινητικών νευρώνων, επιτρέπει το μεγαλύτερο αριθμό στρατολόγησης κινητικών μονάδων (Luo et al., 2005a; Roll et al., 1989) και πιθανόν βελτιώνει τη δύναμη.

Η αποτελεσματικότητα του προγράμματος άσκησης ολόσωμης δόνησης πιθανόν επηρεάζεται από το φύλο, την ηλικία, τη μυϊκή προδιάταση, το μήκος του μυός και το αρχικό επίπεδο της φυσικής κατάστασης των ασκούμενων (Bressel, Smith, & Branscomb, 2010; Issurin, & Tenenbaum, 1999; Jordan et al., 2005; Lamont et al.,

2011; Rønnestad et al., 2009a; Rønnestad, 2009b). Σε πρόσφατη μελέτη ανασκόπησης των Kemmler και συν. (2012), έχει προταθεί ότι το πρόγραμμα άσκησης με ΟΔ είναι περισσότερο αποτελεσματικό σε ηλικιωμένα και απροπόνητα άτομα με χαμηλό επίπεδο φυσικής κατάστασης. Σε συμφωνία με τα παραπάνω ο Rønnestad (2009a), καταληκτικά αναφέρει ότι οι αρχάριοι εμφανίζουν καλύτερα αποτελέσματα στη βελτίωση της δύναμης απ' ό,τι τα άτομα με πρότερη φυσική δραστηριότητα. Αντίθετα, άλλη μελέτη υποστηρίζει ότι αθλητές υψηλού επιπέδου παρουσιάζουν μεγαλύτερη βελτίωση της ισχύος (Rønnestad, 2009b) συγκριτικά με τους ερασιτέχνες αθλητές, πιθανόν λόγω της αυξημένης μηχανοευαισθησίας των μυϊκών ιδιοϋποδοχέων και του κεντρικού νευρικού συστήματος των αθλητών υψηλού επιπέδου στο προπονητικό ερέθισμα της δόνησης (Issurin et al., 1999; Καρατράντου, 2010).

Σύμφωνα με τους Li, Lamis και Wilson (2008), η διάρκεια δόνησης καθώς επίσης και ο χρόνος ανάληψης μεταξύ των σετ (Da Silva-Grigoletto et al., 2009) είναι καθοριστικοί παράγοντες στις νευρομυϊκές αποκρίσεις του ανθρώπινου σώματος. Έχει υποστηριχθεί ότι στην προπόνηση ολόσωμης δόνησης η διαλειμματική μέθοδος (διάρκεια 1 min μεμονωμένο ερέθισμα) είναι προτιμότερη, καθώς αυξάνει τη διέγερση, μειώνει την κόπωση, προστατεύει από τραυματισμούς και ελαττώνει το χρόνο ανάληψης (Adamo, Martin & Johnson, 2002; Cochrane, 2011b). Επιπλέον, έχει υποδειχθεί ότι ο χρόνος αποκατάστασης μεταξύ δυο συνεχόμενων προπονητικών μονάδων ολόσωμης δόνησης πιθανόν πρέπει να υπερβαίνει το 24ωρο (Adamo et al., 2002).

Ερευνητές προτείνουν ότι για τον καθορισμό και την εξατομίκευση της έντασης της επιβάρυνσης στην προπόνηση ΟΔ είναι αναγκαία η ηλεκτρομυογραφική καταγραφή που υποδηλώνει το επίπεδο ενεργοποίησης του ασκούμενου μυός (Cardinale et al., 2003c; Di Giminiani et al., 2009). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα πρόσφατης μελέτης δεν υπάρχει διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική καταγραφή στους μυς των κάτω άκρων μεταξύ της άσκησης ΟΔ (τύπος δόνησης: κατακόρυφη, συχνότητα: 25 Hz-45 Hz, πλάτος: low-high, θέση: ισομετρικό ημικάθισμα 30°, επιτάχυνση: 12 m/s² - 89 m/s²) και της άσκησης με επιπλέον επιβάρυνση σε μηχανήμα δύναμης (θέση: ισομετρικό ημικάθισμα 30°, επιβάρυνση: 20 kg-70 kg) (Smith Machine) (Marin, Santos-Lozano, Santin-Medeiros, Delecluse & Garatachea, 2011a). Από την άλλη πλευρά, οι Cardinale και συν. (2003c) αναφέρουν ότι στην

άσκηση ολόσωμης δόνησης το μεγαλύτερο ύψος του ηλεκτρομυογραφήματος για τον έξω πλατύ μυ εμφανίζεται στο ημικάθισμα (γωνία γονάτων: 100°) σε συχνότητα δόνησης 30 Hz και πλάτος ταλάντωσης 5 mm. Παρόμοια, σε μελέτη των Roelants και συν. (2006), φάνηκε ότι η εφαρμογή ΟΔ και ισομετρικής άσκησης των κάτω άκρων σε διάφορες θέσεις αυξάνει την ηλεκτρομυογραφική καταγραφή και τη μυϊκή ενεργοποίηση των ασκούμενων μυών σε ποσοστό 12.6 % - 82.4 % της μέγιστης εκούσιας συστολής. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της ενεργοποίησης των μυών που παρατηρήθηκε, πιθανόν οφείλεται στην προ-ενεργοποίηση και στην αυξημένη μυϊκή σκληρότητα. Η παραπάνω άποψη φαίνεται να ενισχύεται από τα αποτελέσματα μελετών, που προτείνουν ότι η μυϊκή προ-ενεργοποίηση αυξάνει τη μυϊκή σκληρότητα μέσω της συν-ενεργοποίησης των α/γ-νευρικών ιών (Burke et al., 1976; Hong, 2008), οδηγεί στην εμφάνιση του «μυϊκού συγχρονισμού» (Nigg & Wakeling, 1985) και πιθανόν αυξάνει την επίδραση της ΟΔ (Rohmert, Wos, Norlander & Helbig, 1989). Σύμφωνα με τον Hong (2008), η μυϊκή σκληρότητα αυξάνει κατά τη διάρκεια ΟΔ, λόγω της μεγαλύτερης ακαμψίας των σε σειρά ελαστικών στοιχείων του μυός (Ashby, Stalberg, Winkler & Hunter, 1987; Hong, 2008). Επιπλέον, έχει προταθεί ότι η αύξηση στα επίπεδα της μυϊκής ακαμψίας οδηγεί σε μείωση του αριθμού των ελεύθερων εγκάρσιων γεφυρών, συντόμευση του χρόνου παραγωγής δύναμης (λανθάνων χρόνος απόκρισης) (Annino et al., 2007) και βελτίωση του ρυθμού ανάπτυξης της δύναμης (Tihanyi, Fazekas, Hortobagyi & Tihanyi, 2007).

2.1.13 Επιδράσεις της Ολόσωμης Δόνησης

Οι επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης διακρίνονται σε μηχανικές και φυσιολογικές-βιολογικές (Liphardt, 2008; Yue, Kleinoder & Mester, 2001), μολονότι ο διαχωρισμός δεν είναι εφικτός, αφού είναι αδύνατο η εφαρμογή της δόνησης σε ένα ζωντανό οργανισμό να προκαλέσει αποκλειστικά και μόνο μηχανικές ή βιολογικές απαντήσεις (Liphardt, 2008). Οι φυσιολογικές προσαρμογές του ανθρώπινου σώματος στη δόνηση περιλαμβάνουν τις αναπνευστικές, καρδιαγγειακές, ορμονικές και νευρομυϊκές αποκρίσεις (Cole, 1982; Liphardt, 2008). Από την άλλη πλευρά το ανθρώπινο σώμα είναι πολυσύνθετο βιομηχανικό σύστημα, στο οποίο η ολόσωμη δόνηση προκαλεί απαντήσεις που υπόκεινται στην αλληλεπίδραση αρκετών αντικρουόμενων παραγόντων (Kiiski et al., 2008). Σύμφωνα με τους Jordan και συν. (2005) και Χάνου και συν. (2009), η ολόσωμη δόνηση επηρεάζει όλα τα συστήματα

του ανθρώπινου οργανισμού με διαφορετικό τρόπο και ένταση το καθένα. Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ότι η πλειονότητα των ερευνών αφορούσε στις επιδράσεις της άσκησης ολόσωμης δόνησης στα διάφορα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού, όπως είναι το σκελετικό, το μυϊκό, το ενδοκρινικό, το νευρικό και το αγγειακό σύστημα (Prisby, Lafage-Proust, Malaval, Belli, & Vico, 2008), με στόχο τόσο τη βελτίωση της απόδοσης όσο και την πρόληψη και αντιμετώπιση ασθενειών (Καρατράντου, 2010).

2.1.13.1 Ολόσωμη δόνηση και ειδικοί πληθυσμοί

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελετών φαίνεται ότι η άσκηση με ΟΔ επιφέρει ευεργετικές επιπτώσεις σε άτομα που πάσχουν από διάφορα νοσήματα. Έχει αναφερθεί ότι η άσκηση με ΟΔ βελτιώνει την οστική πυκνότητα ή/και μειώνει το ρυθμό απώλειας της μεταλικότητας του οστού σε άτομα που πάσχουν από οστεοπόρωση (Rehn, Nilsson & Norgren, 2008; Ruan, Jin, Liu, Peng & Sun, 2008; Slatkovska, Alibhai, Beyene & Cheung, 2010; Totosy de Zepetnek et al., 2009), αυξάνει την κινητικότητα της ΣΣ και έχει αναλγητική δράση στην οσφυαλγία (Iwamoto, Takeda, Sato & Uzawa, 2005; Rittweger et al., 2002b). Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα σε ασθενείς με μεταβολικά νοσήματα όπως διαβήτη τύπου II (Baum, Votteler & Schiab, 2007), καθώς και σε ασθενείς με νόσο του Πάρκινσον (Ebersbach, Edler, Kaufhold & Wissel, 2008; Haas & Schmidtleicher, 2003; Haas, Turbanski, Kessler, & Schmidtleicher, 2006; Turbanski, Haas, Schmidtleicher, Friedrich & Duisberg, 2005), σκλήρυνση κατά πλάκας (Jackson, Merriman, Vanderburgh & Brahler, 2008; Raugh, 2009; Schuhfried, Jovanovic, Pieber & Schmidtleicher, 2006), εγκεφαλική παράλυση (Ahlborg, Andersson & Julin, 2006), κυστική ίνωση (Rietchel, Van koningsbruggen, Fricke, Semler & Schoenau, 2008; Roth et al., 2008), άτομα μετά από εγκεφαλικό επεισόδιο (Tihanyi et al., 2007; Van Nes, Geurts, Hendricks & Duysens, 2004) και παραπληγικούς ασθενείς (Melchiorri, Andreoli, Padua, Sorge & De Lorenzo, 2007). Επιπρόσθετα, μειώνει τον πόνο και την υποκειμενική κόπωση σε ασθενείς με σύνδρομο χρόνιας κόπωσης και μυϊκού άλγους (Alentorn-Geli, Padilla, Moras, Lazaro & Fernandez-Sola, 2008), ενώ βελτιώνει την ισορροπία σε κλινικές περιπτώσεις που έχει διαταραχθεί (Cheung et al., 2007; Rogan et al., 2011; Runge, Rehfeld & Resnicek, 2000).

2.1.13.2 Ολόσωμη Δόνηση και απόδοση

Η προπόνηση ΟΔ έχει γίνει πολύ δημοφιλής ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια τόσο λόγω της προσπάθειας των προπονητών για αύξηση της αποτελεσματικότητας και μείωση του χρόνου της προπονητικής διαδικασίας όσο και των προωθητικών ενεργειών των εταιριών κατασκευής και εμπορίας συσκευών δόνησης (Jones, Parker & Cortes, 2011). Από την άλλη πλευρά, η διεθνής βιβλιογραφία κατακλύζεται κάθε χρόνο από μεγάλο αριθμό μελετών (Σπηλιοπούλου, 2012), που υποδηλώνει το αυξημένο ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας για τις επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ στον ανθρώπινο οργανισμό.

Σύμφωνα με τον Rittweger (2010), η διάρκεια έκθεσης στη δόνηση αλλά και η χρονική διάρκεια του προγράμματος ΟΔ είναι μεταβλητές της προοδευτικής αύξησης της επιβάρυνσης που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα της προπονητικής διαδικασίας. Έχει προταθεί από τους Karatrantou και συν. (2013) και την Καρατράντου (2010), ότι οι επιδράσεις της άσκησης ΟΔ στον άνθρωπο διακρίνονται σε άμεσες (αμέσως μετά την εφαρμογή δόνησης), σε βραχύχρονες (μετά την εφαρμογή σύντομου προγράμματος άσκησης ΟΔ 5-24 ημερών ή ≤ 2 μηνών, με μικρά ή καθόλου κενά μεταξύ των ΠΜ) και σε μακρόχρονες (μετά από μακροχρόνια εφαρμογή δόνησης, από 4 έως 52 εβδομάδες ή ≥ 2 μηνών). Ωστόσο, φαίνεται ότι η χρονική διάρκεια των προαναφερόμενων προγραμμάτων δεν έχει καθορισθεί με ακρίβεια (Liphardt, 2008). Για παράδειγμα, οι Gomez-Cabello, Gonzalez-Aguero, Ara, Casajus, και Vicente-Rodriguez (2013), αναφέρουν σε βραχύχρονο ένα πρόγραμμα άσκησης ΟΔ (συχνότητα προπόνησης: 3ΠΜ/εβδ.) συνολικής διάρκειας 11 εβδομάδων, ενώ άμεσο έχει χαρακτηριστεί ένα πρωτόκολλο άσκησης ΟΔ που εξετάζει τις επιπτώσεις κατά τη διάρκεια έκθεσης στο ερέθισμα της δόνησης (Wirth, Zurfluh & Muller, 2011). Επιπλέον, σε μελέτη των Roberts, Hunter, Hopkins και Feland (2009), δεν υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ των όρων άμεσο και βραχύχρονο πρόγραμμα ΟΔ.

Η άσκηση ΟΔ έχει χρησιμοποιηθεί στην αθλητική επιστήμη για τη βελτίωση της επίδοσης-απόδοσης, καθώς και στην ιατρική ως θεραπευτικό μέσο για την αναζωογόνηση και φυσική αποκατάσταση ατόμων με αθλητικά τραύματα ή/και αναπηρίες (Lam, Lau, Chung & Pang, 2012; Muir et al., 2013; Totosy de Zepetnek et al., 2009). Πιο συγκεκριμένα, από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι αρκετές έρευνες αξιολογούν την επίδραση της προπόνησης ΟΔ στη βελτίωση της

δύναμης και της ισχύος (Cochrane et al., 2005; Colson, Pensini, Espinosa, Garrandes, & Legros 2010; Cormie, Deane, Triplett & McBride, 2006; Hannah, Minshull & Folland, 2013; Hawkey, 2012; Karatrantou et al., 2013; Liu et al., 2013; Marin et al., 2011b; Marsall & Wyon, 2012; Martínez-Pardo et al., 2013; Preatoni et al., 2012; Spiliopoulou, Amiridis, Tsigganos, Economides & Kellis, 2010; Turner, Sanderson & Attwood, 2011; Van den Tilaar, 2012). Ωστόσο, περιορισμένος είναι ο αριθμός των μελετών στις οποίες διερευνήθηκε η επίδραση της άσκησης με ΟΔ στην κινητικότητα (Cochrane et al., 2005; Ferguson, Kim, Seo, Bembem, 2013; Karatrantou et al., 2013; Khadrajy, 2012; Marsall et al., 2012), ταχύτητα (Guggenheimer, Dickin, Reyes & Dolny, 2009; Khadrajy, 2012; Liu et al., 2013), αναερόβια (Colson & Petit, 2012; Καρατράντου, 2010; Surowiec, 2012) και αερόβια ικανότητα (Cheng et al., 2012; Filingeri, Jemni, Bianco, Zeinstra & Jimenez, 2012; Gojanovic, Feihl, Liaudet, Gremion & Waeber, 2011) σε αθλητές, άτομα με φυσική δραστηριότητα και απροπόνητα άτομα διαφόρων ηλικιών.

Επιπλέον, σε άλλες μελέτες έχει εξετασθεί η επίδραση της άσκησης ΟΔ ως μέσο ή/και μέθοδος μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης (Jordan, Norris, Smith & Herzog, 2010; Ronnestad & Ellefsen, 2011a), προθέρμανσης (Bunker, Rhea, Simons & Marin, 2011; Buttifant, Crow, Kearney & Hrysomallis, 2011; Crow, Buttifant, Kearney & Hrysomallis, 2012, Kelly et al., 2010), αποθεραπείας (Carrasco, Sanudo, De Hoyo, Pradas & Da Silva, 2011; Lovell, Midgley, Barrett, Carter & Small, 2013; Marin et al., 2012) και αποκατάστασης (Aminian-Far et al., 2011; Kosar et al., 2012; Rhea et al., 2009; Wheeler & Jacobson, 2013). Επιπρόσθετα, η προπόνηση ΟΔ έχει χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της σωματικής σύστασης (Cochrane, 2012; Jarska, Szczepanowska, Chudecka, Sienko & Drozdowski, 2009; Milanese et al., 2013; Song, Kim, Lee & Joo, 2011), της ισορροπίας (Schlee & Milani, 2012; Spiliopoulou et al., 2010; Σπηλιοπούλου, 2012; Volkel & Hennig, 2012) και του χρόνου αντίδρασης (Sabzi, Abbasi, Rostamkhari & Sabzi, 2012) σε νεαρά και ηλικιωμένα άτομα με διαφορετικό αρχικό επίπεδο φυσικής κατάστασης.

Στη συνέχεια αναλύονται ενδεικτικά οι έρευνες που εξέτασαν την άμεση, τη βραχύχρονη και τη μακρόχρονη επίδραση της άσκησης ΟΔ στην κινητικότητα, την ταχύτητα, τη δύναμη, την ισχύ, την αναερόβια και αερόβια ικανότητα.

2.1.14 Οι επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στις ικανότητες της φυσικής κατάστασης

2.1.14.1 Κινητικότητα

Η κινητικότητα είναι μια από τις ικανότητες της φυσικής κατάστασης, που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο τόσο στην αθλητική απόδοση όσο και στην καθημερινή ζωή (Καρατράντου και συν., 2008). Ο όρος κινητικότητα αναφέρεται στην ικανότητα της άρθρωσης να εκδηλώνει το φυσιολογικό ή μη κινητικό της εύρος (Καρατράντου και συν., 2008; Ζάκας, 2003). Σύμφωνα με τον Sands (2002), η κινητικότητα εκφράζει το εύρος κίνησης μιας άρθρωσης ή μιας ομάδας αρθρώσεων και διακρίνεται περαιτέρω σε ενεργητική και παθητική αρθρική κινητικότητα (Μανδρούκας, 1990; Sands, McNeal, Stone, Russell, & Jemni, 2006). Ο ορισμός της κινητικότητας συμπεριλαμβάνει τόσο την ευλυγισία (ικανότητα διάτασης των μυών, τενόντων, συνδέσμων και αρθρικών θυλάκων) όσο και την ευκαμψία (εύρος κίνησης της άρθρωσης) (Καρατράντου 2010; Καρατράντου και συν., 2008). Η ηλικία, το φύλο, η ψυχολογική ένταση, η ώρα της ημέρας, η θερμοκρασία, η προθέρμανση, η διάρκεια της διάτασης, το σωματικό λίπος, το επίπεδο φυσικής κατάστασης, και η κόπωση επηρεάζουν την κινητικότητα (Docherty, 1996; Hedrick, 1993; Hubley-Kozey, 1991; Καρατράντου 2010).

Έχει αναφερθεί ότι διατήρηση ή/και βελτίωση της κινητικότητας (εύρος κίνησης άρθρωσης) επιτυγχάνεται με την εκτέλεση μυϊκών διατάσεων με τη βαλλιστική ή στατική μέθοδο (Cochrane, 2011c; Sands et al., 2006), καθώς και με τη μέθοδο της ιδιοδεκτικής νευρομυϊκής διευκόλυνσης (PNF) (Cochrane, 2011c; Hedrick, 1993). Επιπλέον, οι μυϊκές διατάσεις οδηγούν σε προσαρμοστικές απαντήσεις που πιθανόν προλαμβάνουν το μυϊκό τραυματισμό (Brockett, Morgan & Proske, 2001; Gerodimos et al., 2010; Woods Bishop & Jones 2007). Έχει προταθεί, ότι η εφαρμογή στατικών μυϊκών διατάσεων είναι πιο αποτελεσματική και ασφαλής μέθοδος στη βελτίωση της απόδοσης από ότι οι διατάσεις που εκτελούνται βαλλιστικά (Friday & Beckmann, 1993). Από την άλλη πλευρά, φαίνεται ότι η εκτέλεση στατικών διατάσεων μπορεί να επηρεάσει την οξεία απόδοση και να μειώσει άμεσα τη δύναμη και την ισχύ (Behm, Bambury, Cahill & Power, 2004; Fowles, Sale & MacDougall, 2000). Αντίθετα, έχει υποστηριχθεί βελτίωση της κινητικότητας και της ισχύος μετά την ολοκλήρωση ενός άμεσου συνδυαστικού προγράμματος άσκησης τοπικής δόνησης και στατικής διάτασης σε αθλητές υψηλού επιπέδου (Cochrane, 2011c; Sands et al., 2006). Παρόμοια, η μακρόχρονη εφαρμογή είτε μόνο μυϊκών διατάσεων είτε σε συνδυασμό

με ένα πρόγραμμα βελτίωσης της ισχύος, αυξάνει το κατακόρυφο άλμα με αντίθετη κίνηση και το άλμα βάθους αντίστοιχα (Hunter & Marshall, 2002). Επιπρόσθετα, μελέτες προτείνουν την άσκηση δόνησης (τοπική-ολόσωμη) ως πιθανό και πολλά υποσχόμενο προπονητικό μέσο για τη βελτίωση της κινητικότητας (Bunker et al., 2011; Fagnani et al., 2006; Kinser et al., 2008; Sands et al., 2006; Sands et al., 2008a; Sands, McNeal, Stone, Haff & Kinser, 2008b; van den Tillaar, 2006).

2.1.14.2 Επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα

Σύμφωνα με τους Cochrane (2011c) και Issurin, (2005), έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες για την άμεση, τη βραχύχρονη και τη μακρόχρονη επίδραση της άσκησης με δόνηση στην κινητικότητα. Οι ερευνητές στην πλειονότητα των μελετών αναφέρουν βελτίωση της κινητικότητας μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων τόσο ολόσωμης (Bautmans, Van Hees, Lemper & Mets, 2005; Fagnani et al., 2006; Gerodimos et al., 2010; Καρατράντου και συν., 2008; van den Tillaar, 2006) όσο και τοπικής δόνησης (Cronin, Nash, & Whatman, 2008; Issurin et al., 1994; Kinser et al., 2008; Sands et al., 2006; Sands et al., 2008a). Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι η άσκηση δόνησης σε συνδυασμό με τις «κλασικές» μεθόδους προπόνησης της κινητικότητας (στατική μέθοδο) επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στη βελτίωση της κινητικότητας (Issurin et al., 1994; McNeal, Edgerly, Sands & Kawaguchi, 2011; Sands et al., 2006; Van den Tillaar, 2006). Αντίθετα, σε μελέτη των Van Zyl, De Beer, και Bassett (2011), παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση της κινητικότητας των κάτω άκρων (σπαγκάτ) στην ομάδα ΟΔ (συχνότητα: 30 Hz, διάρκεια: 10 min) συγκριτικά με την ομάδα συνδυαστικής άσκησης ΟΔ και στατικής διάτασης.

2.1.14.3 Άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι μελέτες που αξιολογούν την άμεση επίδραση της άσκησης με ΟΔ στην κινητικότητα είναι λίγες και εμφανίζουν μη σταθερά και αντικρουόμενα αποτελέσματα (Gerodimos et al., 2010). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών παρατηρήθηκε αύξηση της κινητικότητας κατά 4.5-39.3%, μετά την ολοκλήρωση διαφόρων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (συχνότητα: 20-30 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4-6 mm, διάρκεια: 5-10 min, ποικίλες ασκήσεις) (Cochrane et al., 2005; Cardinale et al., 2003c; Gerodimos et al., 2010; Jacobs & Burns, 2009; Van Zyl et al. 2011; Καρατράντου και συν. 2008). Πιο αναλυτικά, οι Gerodimos και συν. (2010), ανέφεραν αύξηση της κινητικότητας (3.4-6.1%), μετά την εφαρμογή

διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης αμφίπλευρης ΟΔ (συχνότητα: 15 Hz - 30 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4-8 mm, διάρκεια: 6 min, θέση: όρθια, γόνατα 10°) που παρέμεινε 15 min μετά την ολοκλήρωση της άσκησης. Αντίθετα με τα παραπάνω σε έρευνα του Cardinale και συν. (2003c), υποστηρίχθηκε ότι η κινητικότητα παρέμεινε αμετάβλητη μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος άσκησης με κατακόρυφη ΟΔ (συχνότητα: 40Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4 mm, επιτάχυνση: 25.7 g, διάρκεια: 5 min). Επιπλέον, τα παραπάνω φαίνεται να ενισχύονται από τα αποτελέσματα πρόσφατης έρευνας του Kemertzis, Lytgho, Morgan και Galea (2008), στην οποία δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή της κινητικότητας της ποδοκνημικής άρθρωσης μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος ΟΔ (F: 24 Hz, A: 4-4.5 mm, a: 0.5 g, D: 5 min) σε συνδυασμό με παθητική διάταση.

2.1.14.4 Βραχύχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε μικρός αριθμός ερευνών που εξέτασαν την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος στην κινητικότητα. Σε έρευνα των Karatrantou και συν. (2013), πήραν μέρος μέρος 26 γυναίκες φυσικά δραστήριες (ηλικίας 20±0.27 ετών), οι οποίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ) (13 άτομα ανά ομάδα). Η ΟΔ ακολούθησε ένα βραχύχρονο πρόγραμμα αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης. Το πρόγραμμα παρέμβασης περιλάμβανε 16 ΠΜ άσκησης με αμφίπλευρη ΟΔ σε διάστημα 22 ημερών με τα εξής στοιχεία επιβάρυνσης: [25 Hz συχνότητα, 6 mm πλάτος ταλάντωσης, 2 σετ x 5 min (δ. 2min/σετ) διάρκεια και θέση ημικάθισμα (10°)]. Η ΟΕ δεν ακολούθησε κάποιο πρόγραμμα παρέμβασης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της κινητικότητας (+13%).

Αντίθετα, στη μελέτη του Erpperson (2009), δε φάνηκε βελτίωση της κινητικότητας μετά την εφαρμογή βραχύχρονου προγράμματος άσκησης με ΟΔ. Πιο αναλυτικά, ο Erpperson (2009), μελέτησε τις επιπτώσεις της προπόνησης αμφίπλευρης ΟΔ στην κινητικότητα των οπίσθιων μηριαίων. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 44 φοιτητές (22.5±1.8 ετών, 31 άνδρες και 13 γυναίκες) οι οποίοι χωρίστηκαν στην ομάδα άσκησης και δόνησης (ΟΔΑ), ομάδα άσκησης και εικονικής δόνησης (ΟΠΑ), ομάδα δόνησης (ΟΔ) και στην ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Τα προγράμματα παρέμβασης περιλάμβαναν 5 συνεχόμενες ΠΜ την εβδομάδα και συνολικά 15 ΠΜ σε διάστημα 21 ημερών με τα εξής στοιχεία επιβάρυνσης για τις ομάδες: ΟΔΑ (F: 26Hz, A: 4mm, D: 2.30 (5σετ x 30s, δ. 30s/σετ), Θ-A: δίπλωση κορμού με τα γόνατα ελαφρά

λυγισμένα), ΟΠΛ (το ίδιο χωρίς δόνηση), ΟΔ [F: 26Hz, A: 4mm, D: 2.30 (5σετ x 30s, δ. 30s/σετ), Θ-A: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα 30°-40°] και ΟΕ (το ίδιο πάνω στην πλατφόρμα σε θέση ημικαθίσματος, χωρίς δόνηση). Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση της κινητικότητας στην ΟΔΑ και ΟΠΛ (ΟΔΑ>ΟΠΛ), η οποία διατηρήθηκε χωρίς διαφορά μεταξύ των ομάδων κατά την επαναμέτρηση 21 ημέρες μετά το πέρας του προγράμματος, ενώ καμιά μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στις ΟΔ και ΟΕ. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το συνδυαστικό πρόγραμμα διατάσεων και ΟΔ είναι περισσότερο αποτελεσματικό στη βελτίωση της κινητικότητας σε σύγκριση με το πρωτόκολλο διατάσεων χωρίς δόνηση. Παρόμοια, οι Feland και συν. (2010), εξέτασαν τις επιδράσεις ενός βραχύχρονου συνδυαστικού προγράμματος άσκησης αμφίπλευρης ΟΔ και διάτασης με διάρκεια 20 ΠΜ (5 ΠΜ/εβδομάδα) σε 28 ημέρες στην κινητικότητα των οπίσθιων μηριαίων. Στη μελέτη πήραν μέρος 34 φοιτητές (20.4±1.7 ετών, 22 άνδρες και 12 γυναίκες), οι οποίοι χωρίστηκαν στην ομάδα άσκησης και δόνησης (ΟΔΑ), ομάδα άσκησης (ΟΑ) και ελέγχου (ΟΕ) (13, 12, 9 άτομα ανά ομάδα, αντίστοιχα). Η ΟΔΑ ακολούθησε ένα πρόγραμμα συνδυασμού ταυτόχρονης διάτασης οπίσθιων μηριαίων και ΟΔ [F: 26Hz, A: 4mm, D: 2.30 (5σετ x 30s, δ. 30s/σετ), Θ-A: δίπλωση κορμού με τα γόνατα ελαφρά λυγισμένα] και η ΟΑ εκτέλεσε ακριβώς το ίδιο χωρίς δόνηση. Η ΟΕ δεν ακολούθησε κάποιο πρόγραμμα παρέμβασης. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε βελτίωση της κινητικότητας των οπίσθιων μηριαίων στην ΟΔΑ, η οποία όμως δεν ήταν στατιστικά μεγαλύτερη από τη βελτίωση που παρατηρήθηκε μετά την εφαρμογή του ίδιου πρωτοκόλλου χωρίς δόνηση σε νεαρά ενήλικα άτομα με φυσική δραστηριότητα. Επιπλέον, ο ρυθμός απώλειας της βελτίωσης της κινητικότητας 3 εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης αν και δε διέφερε μεταξύ των ομάδων, ήταν μικρότερος στην ΟΔΑ. Οι συγγραφείς απέδωσαν τη βελτίωση στην κινητικότητα που παρατηρήθηκε στην ΟΔΑ σε ενδεχόμενη αύξηση της γλοιότητας των μυών, άνοδο του κατωφλιού πόνου (Dahlin, Lund, Lundeborg & Molander, 2006) και αύξηση της μυϊκής θερμοκρασίας (Issurin et al. 1994) μετά από άσκηση ΟΔ.

2.1.14.5 Μακρόχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα

Οι μελέτες στις οποίες διερευνήθηκε η μακρόχρονη επίδραση της ΟΔ στην κινητικότητα είναι περιορισμένες. Στην έρευνα των Fagnani και συν. (2006), έλαβαν μέρος 26 γυναίκες αθλήτριες (21-27 ετών), εκ των οποίων οι 13 ασκήθηκαν με

κατακόρυφη ΟΔ (F: 35 Hz, A: 4 mm, a: 17 g, D: 2-6 min, Θ-A: στατικό ημικάθισμα 90°, 3 φορές την εβδομάδα) για 8 εβδομάδες σε συνδυασμό με το εξειδικευμένο πρόγραμμα προπόνησης και οι υπόλοιπες 13 ακολούθησαν τον προπονητικό τους σχεδιασμό χωρίς ΟΔ. Αξιολογήθηκε η κινητικότητα της άρθρωσης του ισχίου και της οσφυϊκής μοίρας με τη δοκιμασία «δίπλωση κορμού από εδραία θέση» (sit-and-reach test). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η κινητικότητα αυξήθηκε σημαντικά (+13%) μετά το πέρας του προγράμματος παρέμβασης. Οι συγγραφείς υπέθεσαν ότι η βελτίωση της κινητικότητας πιθανόν οφείλεται σε νευροκυκλοφορικούς και θερμορυθμιστικούς παράγοντες, όπως αύξηση της ενεργοποίησης των τενόντιων οργάνων του Golgi (Issurin et al., 1994) και άνοδο της θερμοκρασίας του μυός αντίστοιχα. Παρόμοια, σε πρόσφατη μελέτη του Khadrajy (2012), έλαβαν μέρος 24 φοιτήτριες φυσικής αγωγής (19-21 ετών), οι οποίες χωρίστηκαν σε δυο ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ελέγχου (ΟΕ) (12 άτομα ανά ομάδα). Η ΟΔ ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης 8 εβδομάδων με κατακόρυφη δόνηση με τα εξής στοιχεία επιβάρυνσης: (F:25-50Hz, A: 2-4mm, Θ-A: 6 στατικές & δυναμικές ασκήσεις, 3 φορές την εβδομάδα,) ενώ η ΟΕ προπονήθηκε με το ίδιο πρόγραμμα χωρίς ΟΔ. Μετρήθηκε η κινητικότητα της άρθρωσης του ισχίου και της οσφυϊκής μοίρας με την δοκιμασία «δίπλωση κορμού από εδραία θέση» (sit-and-reach test). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η ΟΔ αύξησε σημαντικά την κινητικότητα (+40.8%), ενώ στην ΟΕ παρέμεινε αμετάβλητη. Ο συγγραφέας συμπέρανε ότι η προπόνηση ΟΔ με τον κατάλληλο σχεδιασμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της κινητικότητας. Σε άλλη έρευνα ο Mazo (2010), ανέφερε σημαντική αύξηση της κινητικότητας (sit-and-reach test) μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ [F: 45Hz, A:1.8 mm, D: 5 min (5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ), Θ-A: στατ. ημικ (45°), 3 φορές την εβδομάδα] για τρεις εβδομάδες σε νεαρούς αθλητές ενόργανης γυμναστικής (21.5±5.5 ετών). Επιπλέον, σε μελέτη του van den Tillaar (2006), εξετάστηκε η επίδραση της κατακόρυφης ΟΔ σε συνδυασμό με μια παραδοσιακή μέθοδο προπόνησης της κινητικότητας στο εύρος κίνησης των δικέφαλων μηριαίων μυών σε νεαρούς ενήλικες. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 19 άτομα (21.5±2 ετών, 12 γυναίκες και 7 άνδρες), τα οποία χωρίστηκαν στην ομάδα άσκησης και δόνησης (ΟΔΑ) και ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔΑ προπονήθηκε για 4 εβδομάδες με το συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης (PNF) και ΟΔ [F: 28Hz, A: 10mm, D: 6σετ x 30s, Θ-A: ημικάθισμα 90°, σε συνδυασμό (3σετ x 5s ισομετρική σύσπαση - 30s στατική διάταση σε κάθε πόδι), 3 φορές την εβδομάδα],

ενώ η ΟΕ ακολούθησε το ίδιο πρόγραμμα χωρίς δόνηση. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του εύρους κίνησης των δικέφαλων μηριαίων μυών (+30%), μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος ΟΔ. Η βελτίωση της κινητικότητας αποδόθηκε στην ενδεχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του μυός, στην αναστολή διέγερσης των ανταγωνιστών μυών και στην άνοδο του κατωφλιού πόνου. Ο συγγραφέας κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός ΟΔ και χειρισμού PNF επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα στη βελτίωση της κινητικότητας από την προπόνηση διατάσεων με την μέθοδο PNF. Επιπρόσθετα, σε μελέτη των Bautmans και συν. (2005), παρατηρήθηκε βελτίωση της κινητικότητας των κάτω άκρων σε ηλικιωμένα άτομα μετά το πέρας ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ (F: 30-50 Hz, A: 2-5 mm, 3 φορές την εβδομάδα) 6 εβδομάδων. Σύμφωνα με τους συγγραφείς η βελτίωση της κινητικότητας αποδίδεται στη διέγερση των τενόντιων οργάνων του Golgi και στην άνοδο του κατωφλιού πόνου (Issurin et al., 1994). Αντίθετα, οι Cole και συν. (2010), δεν παρατήρησαν βελτίωση της κινητικότητας (sit-and-reach test) σε νεαρά προπονημένα άτομα μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ (F:30-50Hz, A: 2-6mm, D: 3-4 min, δ. 2/ασκ, Θ-A: 4 δυναμικές & στατικές ασκήσεις κάτω άκρων, 2 φορές την εβδομάδα) διάρκειας 5 εβδομάδων.

Συμπερασματικά η πλειονότητα των ερευνητών που εξέτασαν τη μακρόχρονη επίπτωση της ΟΔ στην κινητικότητα, ανέφεραν σημαντική βελτίωση της κινητικότητας μετά την εφαρμογή 9 έως 24 συνεδριών άσκησης κατακόρυφης δόνησης.

2.1.14.6 Δύναμη

Η δύναμη είναι μια από τις βασικότερες ικανότητες της φυσικής κατάστασης που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο τόσο στην αθλητική απόδοση όσο και στην καθημερινή ζωή (Κοσμάτος, Γεροδήμος, Καρατράντου, Γούδας & Τσιόκανος, 2008). Σύμφωνα με τους Mazzeo και Tanaka (2001), η δύναμη συσχετίζεται με το επίπεδο της υγείας, μειώνει τους παράγοντες κινδύνου, έχει θετική επίπτωση στη λειτουργική ικανότητα και αυξάνει το προσδόκιμο ζωής. Η δύναμη ορίζεται σαν η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος, μέσα από διαδικασίες που αφορούν στη νεύρωση και το μεταβολισμό, να υπερνικά με μυϊκές συστολές αντιστάσεις (ομόκεντρη εργασία), να αντενεργεί σε αυτές (έκκεντρη εργασία) αλλά και να τις συγκρατεί (στατική εργασία) (Grosser et al., 2000). Επιπλέον, σύμφωνα με τους Tidow (1990) και Tan (1999), οι

μορφές εμφάνισης της δύναμης είναι η μέγιστη δύναμη, η ταχυδύναμη, η εκρηκτική δύναμη, η αντιδραστική δύναμη και η δύναμη εκκίνησης. Η δύναμη μεταξύ άλλων επηρεάζεται από το φύλο, το επίπεδο φυσικής κατάστασης, την εγκάρσια μυϊκή διατομή, τα στοιχεία της επιβάρυνσης, το πρότυπο ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων, τη σκληρότητα του μυοτενόντιου συμπλέγματος, τον τύπο της άσκησης, τη γωνία πρόσφυσης και το μήκος του μυός (Lieber, 1986; Luo et al., 2005b; Marin et al., 2010; Perez-Gomez et al., 2008; Shinohara, 2005; Taylor, Christou & Enoka, 2003). Για τη βελτίωση της δύναμης χρησιμοποιούνται πολλές προπονητικές μέθοδοι (Behm, Faigenbaum, Falk & Klentrou, 2008; Χρίστου, Σωτηρόπουλος, Σμήλιος & Τοκμακίδης, 2007) και μέσα όπως λάστιχα, μπάλες, ασταθείς πλατφόρφες, μηχανήματα δύναμης, ελεύθερα βάρη κ.α. (Behm & Anderson, 2006; Deane, Chow, Tillman & Fournier, 2005). Η άσκηση με αντιστάσεις ή διαφορετικά προπόνηση δύναμης με βάρη (Bird, Tarpenning & Marino, 2005), αποτελεί μια από τις δημοφιλέστερες μορφές εκγύμνασης για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης τόσο στο μαζικό όσο και στον αγωνιστικό αθλητισμό (Behm et al., 2006; Χρίστου και συν., 2007). Η προπόνηση αντιστάσεων βελτιώνει τη δύναμη, την ισχύ, τη μυϊκή αντοχή (Rahimi, 2005), μειώνει τη σαρκοπενία, αυξάνει την υπερτροφία και την οστική πυκνότητα (Niewiadomski et al., 2008; Okamoto, Masuhara & Ikuta, 2009; Rahimi, 2005), ενώ επιδρά σε μικρότερο βαθμό στην αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, στη βελτίωση του λιπιδαιμικού προφίλ, στη μείωση της υπέρτασης και της παχυσαρκίας (Niewiadomski et al., 2008; Pollock & Evans, 1999). Επιπλέον, έχει αναφερθεί ότι η άσκηση με αντιστάσεις επηρεάζει θετικά την ταχύτητα, την κινητικότητα, την ισοροπία (Sorace & La Fontaine, 2005), προκαλεί υπερπλασία (Kadi & Thornell, 2000), μετασχηματίζει τον τύπο των μυϊκών ινών (Campos et al., 2002) και αυξάνει το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (Kubo, Kanehisa & Fugunaga, 2001).

Τα τελευταία χρόνια τη διεθνή επιστημονική κοινότητα απασχολεί ερευνητικά η μηχανική δόνηση ως μέθοδος προπόνησης για τη βελτίωση της δύναμης και της ισοροπίας (Mester et al., 2003). Η προπόνηση ΟΔ προκαλεί νευρογενείς προσαρμογές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ως εναλλακτική μορφή της προπόνησης αντιστάσεων (Bosco et al., 1999a; Roelants, et al., 2004a). Έχει αναφερθεί ότι η βελτίωση που παρατηρήθηκε στη δύναμη μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος ΟΔ είναι παρόμοια με αυτή στην προπόνηση αντιστάσεων και πιθανότατα οφείλεται στην πλήρη ενεργοποίηση των κινητικών μονάδων και στην

έκφραση μεγαλύτερης δύναμης ανά εκατοστό της εγκάρσιας μυϊκής διατομής (Hopkins et al., 2008). Το πρόγραμμα άσκησης ΟΔ υπερτερεί από την κλασική προπόνηση αντιστάσεων για τη βελτίωση της δύναμης κυρίως εξαιτίας της διάρκειάς του, είναι πιο σύντομο και της έντασής του, πιθανόν λόγω της υψηλότερης συχνότητας ερεθισμού της νεύρωσης των κινητικών μονάδων (Kleinoder, 2009). Στη συνέχεια αναλύονται έρευνες που εξέτασαν τις επιπτώσεις της προπόνησης ΟΔ στη βελτίωση της δύναμης.

2.1.14.7 Επιδράσεις της δόνησης στη δύναμη

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι μελέτες που εξέτασαν την επίπτωση της άσκησης ΟΔ στη δύναμη κατέληξαν σε αντικρουόμενα αποτελέσματα. Σε αρκετές έρευνες (Annino et al., 2007; Cheng et al., 2012; Colson et al., 2012; Fagnani et al., 2006; Jacobs et al., 2009; Karatrantou et al., 2013; Khadrajy, 2012; Mahieu et al., 2006; Martinez-Pardo et al., 2013; Petit et al., 2010; Sarshin, Hojjat, Shojaedin, Abbasi, 2011; Savelberg et al., 2007; Siu et al., 2010; Stewart, Cochrane και Morton, 2009) παρατηρήθηκε αύξηση της δύναμης μετά την εφαρμογή διαφόρων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (F: 20 Hz - 55 Hz, A: 2 mm - 10 mm, D: 1 min - 13.5 min, διάφορες ασκήσεις). Αντίθετα, άλλες μελέτες αναφέρουν είτε μείωση (De Ruyter et al., 2003b; Erskine et al., 2007; Jordan et al., 2010; Zory et al., 2013) είτε καμιά μεταβολή (Cheng et al., 2012; Cochrane et al., 2005; Cormie et al., 2006; Da silva et al., 2006; Delecluse et al., 2005; De Ruyter et al., 2003b; Elmantaser et al., 2012; Garsia-Lopez, Garatachea, Marin, Martin & Herrero, 2012; Hannah et al., 2013; Kemertzis et al., 2008; Petit et al., 2010; Siu et al., 2010) μετά την ολοκλήρωση διαφόρων πρωτοκόλλων ΟΔ (F: 18 Hz - 60 Hz, A: 1 mm - 8 mm, D: 30 s - 20 min, διάφορες ασκήσεις).

2.1.14.8 Άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στη δύναμη

Σε μελέτες των Jacobs και συν. (2009), Stewart και συν. (2009) και Ronnestad (2009a), αναφέρθηκε βελτίωση της μέγιστης ισοκινητικής, ισομετρικής και ισοτονικής δύναμης μετά την εφαρμογή διαφόρων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (συχνότητα: 26-50 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 3-6 mm, διάρκεια: 2-6 min, με ή χωρίς εξωτερική επιβάρυνση). Αντίθετα, οι Erskine και συν. (2007), de Ruyter και συν. (2003) και Stewart και συν. (2009), παρατήρησαν μείωση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης μετά την ολοκλήρωση διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ (συχνότητα:

26-30 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4-8 mm, διάρκεια: 4-10 min). Επιπρόσθετα, αρκετές έρευνες αναφέρουν ότι η άσκηση με ΟΔ (συχνότητα: 20-40 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2-7.5 mm, διάρκεια: 1-6 min) δεν επηρεάζει τη μέγιστη ισομετρική, ισοκινητική και μειομετρική δύναμη (Da Silva et al., 2006; Garsia-Lopez et al., 2012; Ronnestad, 2009a; Torvinen et al., 2002b). Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ότι τα αποτελέσματα όσον αφορά στις άμεσες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη δύναμη είναι αντικρουόμενα.

2.1.14.9 Βραχύχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στη δύναμη

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι μόνο 4 έρευνες εξέτασαν την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος ΟΔ στη δύναμη με διαφορούμενα αποτελέσματα. Σε πρόσφατη μελέτη των Karatrantou και συν. (2013), εξετάστηκε η επίδραση ενός προγράμματος αμφίπλευρης ΟΔ [F: 25Hz, A: 6mm, D: 10min (2σετ x 5min, δ. 2min/σετ), Θ-A: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα (110°), 16 ΠΜ σε 22 ημέρες] στη δύναμη και στο δείκτη λειτουργικής απόδοσης του κύκλου διάτασης-βράχυνσης σε 26 γυναίκες φυσικά δραστήριες (ηλικίας 20±0.27 ετών). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της ισομετρικής, ισοκινητικής ομόκεντρης και έκκεντρης ροπής των καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος, καθώς και του λόγου ισοκινητικής έκκεντρης ροπής καμπτήρων προς ισοκινητική ομόκεντρη ροπή εκτεινόντων μυών. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε καμιά αλλαγή στους εκτεινόντες του γόνατος στις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν. Παρόμοια, οι Sarshin και συν. (2011), εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης ΟΔ (F: 20-35 Hz, A: 5-10mm, 6 στατικές-δυναμικές ασκήσεις, διάρκεια 10 ΠΜ) με ταυτόχρονη λήψη ή μη κρεατίνης στη μέγιστη δύναμη των κάτω άκρων σε 60 αθλητές/τριες ηλικίας 22-26 ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση της δύναμης (1RM Leg Press) μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης, ανεξάρτητα από τη χορήγηση ή μη κρεατίνης. Αντίθετα, με τις προαναφερθείσες μελέτες που υποστηρίζουν ότι η άσκηση ΟΔ επιφέρει θετικές επιπτώσεις στη δύναμη, βρέθηκε μελέτη στην οποία η δύναμη παρέμεινε αμετάβλητη μετά το πέρας ενός βραχύχρονου προγράμματος ΟΔ (De Ruiter et al., 2003b). Πιο συγκεκριμένα, διερευνήθηκε η επίπτωση ενός βραχύχρονου προγράμματος αμφίπλευρης ΟΔ στη δύναμη και στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης σε 10 νεαρά απροπόνητα άτομα (23.3 ± 4.2 ετών). Οι συμμετέχοντες ακολούθησαν ένα πρόγραμμα ΟΔ (F:30 Hz, A: 8 mm, D: 5σετ x 1min, δ. 2 min /σετ, Θ-A: ημικάθισμα 110°) με διάρκεια 6 ΠΜ. Διαπιστώθηκε ότι η ισομετρική δύναμη

των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του γόνατος παρέμεινε αμετάβλητη πιθανόν λόγω της ανεπάρκειας του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης στην πρόκληση νευρικών προσαρμογών.

2.1.14.10 Μακρόχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στη δύναμη

Πολλές έρευνες εξέτασαν τη μακρόχρονη επίδραση της ΟΔ στη δύναμη, ωστόσο δεν κατέληξαν σε ασφαλή συμπεράσματα. Πιο αναλυτικά, οι Cheng και συν. (2012), διερεύνησαν την επίδραση ενός μακρόχρονου προγράμματος ΟΔ στην ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος και της ποδοκνημικής. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 24 άνδρες αθλητές (23.0 ± 1.7 ετών) οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ομάδα εικονικής δόνησης (ΟΠΛ, placebo) (11 και 12 άτομα ανά ομάδα, αντίστοιχα). Η ΟΔ ακολούθησε ένα πρόγραμμα κατακόρυφης ΟΔ (F:30Hz, A: 1-2mm, D: 3-10min (10σετ x 30s-1min, δ. 1min/σετ, Θ-A: στατικό ημικάθισμα 120° , 3 φορές την εβδομάδα) 8 εβδομάδων, ενώ η ΟΠΛ εκτέλεσε ακριβώς το ίδιο πρόγραμμα χωρίς δόνηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ΟΔ βελτίωσε σημαντικά τη δύναμη στους εκτεινόντες και καμπτήρες μυς της ποδοκνημικής, ενώ αντίθετα δεν παρατηρήθηκε καμιά επίπτωση στους καμπτήρες και εκτεινόντες μυς του γόνατος. Οι συγγραφείς απέδωσαν τη βελτίωση της δύναμης στην πιθανή διέγερση των μυϊκών ατράκτων λόγω της δόνησης.

Ο Khadrajy (2012), μελέτησε τις επιδράσεις ενός προγράμματος 8 εβδομάδων κατακόρυφης ΟΔ (F:25-50Hz, A: 2-4mm, Θ-A: 6 στατικές & δυναμικές ασκήσεις, 3 φορές την εβδομάδα) στη δύναμη και αντοχή 24 φοιτητών (19-21 ετών). Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της δύναμης των οπίσθιων ραχιαίων μυών, καθώς και των μυών των άνω και κάτω άκρων.

Πρόσφατα, οι Martinez-Pardo και συν. (2013), μελέτησαν την αποτελεσματικότητα 2 παρεμβατικών πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ στην ισοκινητική ομόκεντρη ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 38 άτομα φυσικά δραστήρια (30 άνδρες και 8 γυναίκες, 18-27 ετών), τα οποία χωρίστηκαν σε 3 ομάδες: ομάδα δόνησης 1 (ΟΔ1), ομάδα δόνησης 2 (ΟΔ2) και ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ1 ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης δόνησης [F: 50 Hz, A: 2 mm, D: 8 min (8σετ x 60s, δ. 60 s / σετ), Θ-A: $\frac{1}{4}$ στατικό ημικάθισμα, 2φορές την εβδομάδα] για χρονικό διάστημα 6 εβδομάδων. Η ΟΔ2 εκτέλεσε το ίδιο

πρόγραμμα με μόνη διαφορά το πλάτος ταλάντωσης (A: 4), ενώ η ΟΕ εξακολούθησε το καθημερινό της πρόγραμμα φυσικής δραστηριότητας. Μετρήθηκε η ομόκεντρο ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος στο κυρίαρχο πόδι σε 3 γωνιακές ταχύτητες (60° , 180° & $270^\circ/s$). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση της δύναμης στις πειραματικές ομάδες σε όλες τις γωνιακές ταχύτητες που αξιολογήθηκαν. Επίσης, η διαφορά στη βελτίωση της δύναμης σε γωνιακή ταχύτητα $270^\circ/sec$, 14.90% και 20.34% μεταξύ των ομάδων ΟΔ1 και ΟΔ2 αντίστοιχα, ήταν στατιστικά σημαντική.

Σε παρόμοια μελέτη οι Petit και συν. (2010), εξέτασαν τις επιπτώσεις 2 προγραμμάτων άσκησης ΟΔ στην ισομετρική, ισοκινητική ομόκεντρο και έκκεντρο ροπή των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος. Στη μελέτη πήραν μέρος 32 φοιτητές φυσικής αγωγής (17-24.5 ετών), οι οποίοι χωρίστηκαν σε 3 ομάδες: ομάδα δόνησης 1 (ΟΔ1), ομάδα δόνησης 2 (ΟΔ2) και ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ1 πραγματοποίησε ένα πρωτόκολλο άσκησης κατακόρυφης ΟΔ [F:50Hz, A: 4mm, D: 10min (10σετ x 30 s, δ .30 s /σετ), Θ-A: ισομετρικό ημικάθισμα 70° - 90° αύξηση 10° ανά 2 εβδομάδες, 3 φορές την εβδομάδα], η ΟΔ2 [F:30Hz, A: 2mm, D: 10min (10σετ x 30 s, δ .30 s /σετ), Θ-A: ισομετρικό ημικάθισμα 70° - 90° αύξηση 10° ανά 2 εβδομάδες, 3 φορές την εβδομάδα], ενώ η ΟΕ εκτέλεσε το ίδιο πρωτόκολλο διάρκειας 6 εβδομάδων χωρίς δόνηση. Οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι η ΟΔ1 βελτίωσε σημαντικά την ισομετρική δύναμη, την ισοκινητική έκκεντρο (γωνιακή ταχύτητα $60^\circ/s$) και ομόκεντρο (γωνιακή ταχύτητα 60° - $180^\circ/s$) ροπή δύναμης των καμπτήρων μυών του γόνατος, ενώ αντίθετα η ισομετρική ροπή των εκτεινόντων παρέμεινε αμετάβλητη. Επίσης, οι ΟΔ2 και ΟΕ βελτίωσαν το ίδιο με την ΟΔ1 την ισοκινητική ομόκεντρο ροπή των εκτεινόντων μυών του γόνατος. Η αύξηση της δύναμης που παρατηρήθηκε δεν αποδόθηκε στις ενδεχόμενες νευρικές αποκρίσεις της άσκησης ΟΔ.

Οι Preatoni και συν. (2012), μελέτησαν τις επιδράσεις διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης κατακόρυφης ΟΔ διάρκειας 8 εβδομάδων στην κινητική απόδοση νεαρών αθλητριών. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 18 αθλήτριες (18-31 ετών, 6 άτομα ανά ομάδα), οι οποίες χωρίστηκαν σε 3 ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ), ομάδα άσκησης (ΟΑ) και ομάδα άσκησης και δόνησης (ΟΔΑ). Η ομάδα ΟΔ πραγματοποίησε ένα πρόγραμμα ΟΔ [F:25-35Hz (αύξηση 5 Hz /εβδ), A: 4mm, D: (6 σετ x 6 επαναλήψεις, δ .3 min /σετ), Θ-A: δυναμικό ημικάθισμα 90° , 2 φορές την εβδομάδα]. Η ομάδα ΟΑ

ακολούθησε το ίδιο πρόγραμμα με την ΟΔ χωρίς δόνηση αλλά με επιπλέον επιβάρυνση (60% σωματικής μάζας, αύξηση 6% ανά εβδομάδα), ενώ η ΟΔΑ εκτέλεσε το ίδιο πρόγραμμα με την ΟΔ με επιπλέον επιβάρυνση 30% της σωματικής μάζας (3% αύξηση κάθε εβδομάδα). Μετρήθηκε η ισομετρική δύναμη σε γωνία 90° καθώς και με επιπλέον επιβάρυνση 100-200% της σωματικής μάζας (20% αύξηση για κάθε μέτρηση). Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε βελτίωση μεν της ισομετρικής δύναμης στην ΟΔΑ αλλά αυτή δεν ήταν στατιστικά μεγαλύτερη από τη βελτίωση που παρατηρήθηκε μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης στην ΟΔ και ΟΑ. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης και ΟΔ είναι το ίδιο αποτελεσματικό στη βελτίωση της δύναμης με τα προγράμματα ΟΔ και αντιστάσεων πιθανόν λόγω της ανεπάρκειας του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης και της διαφοροποίησης της επιβάρυνσης μεταξύ των ομάδων.

Οι Colson et al. (2010), μελέτησαν την επίδραση ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ στη δύναμη νεαρών αθλητών/τριών. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 18 καλαθοσφαιριστές/τριες (13 άνδρες και 5 γυναίκες, 18-24 ετών), οι οποίοι χωρίστηκαν σε ομάδες δόνησης (ΟΔ) και ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ ακολούθησε ένα συνδυαστικό πρόγραμμα ΟΔ και καλαθοσφαίρισης (F:40Hz, A: 4mm, D: 20min, Θ-A: 10 στατικές ασκήσεις κάτω άκρων) 4 εβδομάδων ενώ η ΟΕ μόνο προπόνηση καλαθοσφαίρισης. Αξιολογήθηκε η ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων του γόνατος. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση της δύναμης. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η άσκηση ΟΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματική μορφή προπόνησης στη βελτίωση της απόδοσης σε νεαρούς/ες αθλητές/τριες της καλαθοσφαίρισης.

Αντίθετα, με τα παραπάνω άλλοι ερευνητές αναφέρουν ότι η μακρόχρονη προπόνηση ΟΔ (F:20-40Hz, A: 0.0085-8mm, D: 9-18 min, διάφορες ασκήσεις) δεν επηρεάζει τη δύναμη (Delecluse et al., 2005; De Ruiter, Van Raak, Schilperoort, Hollander & De Haan, 2003a; Elmantaser et al., 2012; Kvorning et al., 2006). Πιο συγκεκριμένα, οι De Ruiter και συν. (2003a), εξέτασαν τις επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ στην απόδοση νέων φυσικά δραστών ατόμων. Στη μελέτη συμμετείχαν 20 άτομα (12 άνδρες και 8 γυναίκες, 19.3±21.2 ετών), τα οποία χωρίστηκαν σε δυο ομάδες: την ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ πραγματοποίησε ένα πρόγραμμα αμφίπλευρης δόνησης (F:30Hz, A: 8mm, D: 5-8min (5-8σετ x 1 min, δ.1 min /σετ), Θ-A: ισομετρικό ημικάθισμα 110°) διάρκειας 11 εβδομάδων, ενώ η ΟΕ

εκτέλεσε το ίδιο χωρίς δόνηση. Μετρήθηκε η μέγιστη ισομετρική δύναμη των εκτεινόντων μυών του γόνατος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η ισομετρική δύναμη παρέμεινε αμετάβλητη μετά το πέρας του προγράμματος. Οι συγγραφείς απέδωσαν την απουσία μεταβολής της δύναμης, στη χαμηλή ένταση του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης. Παρόμοια, οι Delecluse και συν. (2005), μετά την εφαρμογή ενός μακρόχρονου προγράμματος άσκησης κατακόρυφης ΟΔ (F:35-40 Hz, D: 1.7-2.5 mm, 15 ΠΜ) σε αθλητές και αθλήτριες δρόμων ταχύτητας, δεν παρατήρησαν αλλαγή στη δύναμη των συμμετεχόντων.

2.1.14.11 Ισχύς

Η ισχύς είναι δομικό στοιχείο της φυσικής κατάστασης και αποτελεί σημαντικό παράγοντα τόσο στη βελτίωση της αθλητικής απόδοσης (Adams et al. 2009; Buttifant et al. 2011) όσο και στην προαγωγή της υγείας (πρόληψη και αντιμετώπιση ασθενειών) και συνεπώς της ποιότητας της ζωής (επίτευξη καθημερινών λειτουργικών στόχων & δραστηριοτήτων) (Adams et al. 2009; Macaluso & De Vito, 2004; Surakka, 2005). Η μυϊκή ισχύς, η εκρηκτική συνιστώσα της δύναμης, είναι το γινόμενο της δύναμης και της ταχύτητας της κίνησης (Kawamori & Haff, 2004; Wilmore et al., 2006) ($P=F \times V$). Διαφορετικά, η μυϊκή ισχύς ορίζεται ως ο λόγος του μηχανικού έργου προς το χρόνο παραγωγής ($P=W/t$) (Porter, 2006) και δηλώνει το ρυθμό ή/και την ποσότητα παραγωγής έργου μέσω του αναερόβιου αλαλακτικού μεταβολισμού (σύστημα ATP-PCr) (Harris, Cronin & Hopkins, 2007; Ratamess et al, 2009; Wilmore et al., 2006). Η εκρηκτική δύναμη (ρυθμός ανάπτυξης δύναμης), η δύναμη εκκίνησης και η αντιδραστική δύναμη αποτελούν υπομορφές έκφρασης της αναερόβιας ισχύος, οι οποίες πιθανότατα επηρεάζονται από το επίπεδο της νευρικής ενεργοποίησης, τη συχνότητα πυροδότησης, το πρότυπο επιστράτευσης των κινητικών μονάδων, το μυϊκό συγχρονισμό, τον τύπο της άσκησης, την ταχύτητα συστολής, την υπερτροφία και το φαινότυπο των μυϊκών ινών (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson & Dyhre-Poulsen, 2002; Andersen & Aagaard, 2006; Kawamori et al., 2004; Porter, 2006; Surakka, 2006). Επιπλέον, η μέγιστη δύναμη (Andersen et al., 2006; Schmidtbleicher, 1992) και η γλοιότητα του μυοτενόντιου συστήματος (Bojsen-Moller, Magnusson, Rasmussen, Kjaer & Aagaard, 2005) επιδρούν στο επίπεδο της μυϊκής ισχύος (Andersen et al., 2006). Σύμφωνα με τους Adams και συν. (2009) και Ebben, Hintz, και Simenz (2005), έχει καλά τεκμηριωθεί ότι η ισχύς μπορεί να βελτιωθεί μέσω προγραμμάτων άσκησης με τις «κλασικές»

μεθόδους προπόνησης, που περιλαμβάνουν μονοαρθρικές και πολυαρθρικές ασκήσεις με αντιστάσεις (Garhammer & Gregor, 1992; Ratamess et al., 2009), αλτικές και πλειομετρικές ασκήσεις. Επιπρόσθετα, τα τελευταία χρόνια σε μελέτες έχει διερευνηθεί η άμεση (Adams et al., 2009; Bedient et al., 2010; Bullock et al., 2008; Gerodimos et al., 2010; Jacobs και συν. 2009; Stewart και συν. 2009) βραχύχρονη (Bosco et al., 1998; Cochrane et al., 2004; Cronin et al., 2004a; de Ruitter et al., 2003b) και μακρόχρονη (Annino et al., 2007; Bogaerts et al., 2009; Delecluse et al., 2003; Fagnani et al., 2006; Raimundo et al., 2009; Roelants et al., 2004b) επίδραση της ΟΔ στη βελτίωση της ισχύος.

2.1.14.12 Επίδρασεις της δόνησης στην ισχύ

Πολλές μελέτες εξέτασαν τις επιπτώσεις της ΟΔ στην ισχύ με αντικρουόμενα αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκαν μελέτες που αναφέρουν βελτίωση της ισχύος μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων ΟΔ (F: 20 Hz - 50 Hz, A: 0.5 mm - 11.4 mm, D: 20s - 16min, διάφορες ασκήσεις) (Adams et al., 2009; Avelar et al., 2012; Bazet-Jones et al., 2008; Bosco et al., 2000; Bunker et al., 2011; Cheng et al., 2012; Cole et al., 2010; Colson et al., 2013; Colson et al., 2010; Cronin et al., 2004a; Da silva et al., 2006; Da Silva- Grigoletto et al., 2009; Di Giminiani et al., 2009; Fagnani et al., 2006; Khadrajy, 2012; Lamont et al., 2010; Liu et al., 2013; Mahieu et al., 2006; Paradisis et al., 2007; Petit et al., 2010; Preatoni et al., 2012; Ronnestad, 2004; Sarshin et al., 2011; Sarshin, Mohammadi, Khadam & Sarshin, 2010; Turner et al., 2011; Wyon, Guinan & Hawkey, 2010). Αντίθετα, σε άλλες μελέτες η εφαρμογή ΟΔ (F: 20 Hz - 40 Hz, A: 4 mm - 6 mm, D: 2 min - 6 min, διάφορες ασκήσεις) μείωσε την ισχύ των συμμετεχόντων (Artero et al., 2007; Cardinale et al., 2003e; Da silva et al., 2006). Επιπλέον, σε αρκετές μελέτες δεν παρατηρήθηκε μεταβολή της ισχύος μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (F: 18 Hz - 50 Hz, A: 1.8 mm - 11 mm, D: 30s - 20 min, διάφορες ασκήσεις) στους εξεταζόμενους πληθυσμούς (Bullock et al., 2009; Bullock et al., 2008; Cardinale et al., 2003c; Cochrane et al., 2004; Colson et al., 2010; Cormie et al., 2006; Crow, Buttifant, Kearny & Hrisomallis, 2012; Da silva et al., 2006; De Hoyo-Lora, Granedos, Coralles, & Paez, 2010; De Ruitter et al., 2003b; Di Giminiani et al., 2009; Elmantaser et al., 2012; Erskine et al., 2007; Gerodimos et al., 2010; Hannah et al., 2013; Karatrantou et al., 2013; Kavanaugh, Ramsey, Sands, Haff & Stone, 2011; Martinez-Pardo et al., 2013; Mazo, 2010; Piennar, 2010; Stevenson, 2005).

2.1.14.13 Άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην ισχύ

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ένας μεγάλος αριθμός μελετών στις οποίες διερευνήθηκε η άμεση επίδραση της άσκησης ΟΔ στην ισχύ, που όμως δεν κατέληξαν σε ασφαλή συμπεράσματα. Βρέθηκαν μελέτες που αναφέρουν αύξηση της ισχύος (Adams et al., 2009; Avelar et al., 2012; Bedient et al., 2010; Bosco et al., 2000; Carrasco & Garsia-Manso, 2011; Cochrane et al., 2005; Cole et al., 2010; Colson & Petit, 2013; Da Silva-Grigoletto, De Hoyo, Sanudo, Lamont et al., 2010; Roberts et al., 2009; Ronnestad, 2009b; Turner et al., 2011) μετά την εφαρμογή πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ (συχνότητα: 15-50 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2-10 mm, διάρκεια: 30s-10 min). Αντίθετα, από τα αποτελέσματα άλλων μελετών φάνηκε μείωση της ισχύος (Artero et al., 2007; Jordan et al., 2010; Rittweger et al., 2000) νεαρών ενηλίκων μετά την εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης με ΟΔ (συχνότητα: 20-30 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 4-6 mm, διάρκεια: 90s- μέχρι πλήρη κόπωση). Επιπλέον, σε αρκετές μελέτες η ισχύς παρέμεινε αμετάβλητη σε άτομα που ακολούθησαν προγράμματα άσκησης με ΟΔ (συχνότητα: 15-40 Hz, πλάτος ταλάντωσης: 2-12 mm, διάρκεια: από 30s μέχρι εξάντληση) (Bazet-Jones et al., 2008; Bullock et al., 2008; Cochrane, Stannard, Sargeant & Rittweger, 2008; Crow et al., 2012; De Hoyo-Lora et al., 2010; Gerodimos et al., 2010; Hannah et al., 2013; Kavanaugh et al., 2011; Piennar, 2010; Rittweger, Mutschelknauss & Felsenberg, 2003; Ronnestad, 2009b; Siu et al., 2010; Stevenson, 2005; Torvinen et al., 2002b).

2.1.14.14 Βραχύχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην ισχύ

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι ο αριθμός των μελετών που εξέτασαν την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος ΟΔ στην ισχύ είναι περιορισμένος. Οι Sarshin και συν. (2011) ανέφεραν βελτίωση της ισχύος μετά το πέρας ενός προγράμματος ΟΔ (F: 20-35 Hz, A: 5-10mm, 6 στατικές-δυναμικές ασκήσεις, διάρκεια 10 ΠΜ) σε νεαρούς αθλητές. Παρόμοια, οι Cronin και συν. (2004), μελέτησαν την επίδραση ενός προγράμματος αμφίπλευρης ΟΔ στην κατακόρυφη αλτικότητα νεαρών αθλητριών. Στην έρευνα συμμετείχαν 15 χορεύτριες (20.5±4 ετών), οι οποίες χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ), ομάδα εικονικής δόνησης (ΟΠΛ) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ πραγματοποίησε ένα πρόγραμμα άσκησης αμφίπλευρης ΟΔ (F: 26 Hz, A: 5.2 mm, D: 5 σετ x 90 s - 5 σετ x 120 s, 40 s διάλειμμα μεταξύ των σετ, 5 ασκήσεις) διάρκειας 10 ημερών. Η ΟΠΛ ακολούθησε το ίδιο πρόγραμμα αλλά χωρίς δόνηση, ενώ η ΟΕ δεν προπονήθηκε.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η ΟΔ αύξησε σημαντικά το άλμα με αντίθετη κίνηση (CMJ) και το άλμα βάθους (DJ).

Οι Bosco και συν. (1998), διερεύνησαν τις επιπτώσεις ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης ΟΔ στην κατακόρυφη αλτικότητα. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 14 άτομα με φυσική δραστηριότητα (~20 ετών), τα οποία χωρίστηκαν σε δυο ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης αμφίπλευρης ΟΔ (F: 26 Hz, A: 10 mm, D: 5 σετ x 90 s, με 40 s διάλειμμα μεταξύ των σετ), διάρκειας 10 ημερών. Η ΟΕ δεν ασκήθηκε. Οι συγγραφείς διαπίστωσαν σημαντική αύξηση της ισχύος και του ύψους των συνεχόμενων αλμάτων (5 s), ενώ αντίθετα δεν παρατηρήθηκε καμιά αλλαγή στο άλμα με αντίθετη κίνηση.

Αντίθετα, οι Karatrantou και συν. (2013) και De Ruyter και συν. (2003b), δεν παρατήρησαν βελτίωση της ισχύος (SJ, CMJ, CJ, SVJ, RFD, Wingate test) μετά το πέρας προγραμμάτων αμφίπλευρης ΟΔ (F: 25-30 Hz, A: 6-8mm, D: 5-10min Θ-A: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα 110°, 6-16 ΠΜ) σε γυναίκες και άνδρες νεαρής ηλικίας. Επιπλέον οι Cochrane και συν. (2004), μελέτησαν την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης ΟΔ στην ισχύ νεαρών ατόμων με φυσική δραστηριότητα. Στην έρευνα πήραν μέρος 24 άτομα (16 άντρες και 8 γυναίκες, 23.9±5.9 ετών), τα οποία χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ) (12 άτομα ανά ομάδα). Η ΟΔ ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης αμφίπλευρης ΟΔ (F: 26 Hz, A: 11 mm, D: 5 σετ x 2 min, με διάλειμμα 40 s μεταξύ των σετ, 5 ασκήσεις) διάρκειας 9 ΠΜ. Η ΟΕ εκτέλεσε το ίδιο πρόγραμμα πάνω στην πλατφόρμα, χωρίς δόνηση. Αξιολογήθηκε το άλμα από ημικάθισμα (SJ) και το άλμα με αντίθετη κίνηση (CMJ). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης η ισχύς παρέμεινε αμετάβλητη μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος.

Συμπερασματικά από τις προαναφερθείσες μελέτες προέκυψε ότι τα αποτελέσματα όσον αφορά στις βραχύχρονες επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ στην ισχύ είναι αντικρουόμενα.

2.1.14.15 Μακρόχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην ισχύ

Οι Di Giminiani και συν. (2009), διερεύνησαν τις επιπτώσεις ενός μακρόχρονου προγράμματος άσκησης ΟΔ στην εκρηκτική και αντιδραστική δύναμη. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 30 άτομα (22 ετών) με φυσική δραστηριότητα, τα οποία χωρίστηκαν σε

3 ομάδες: ομάδα δόνησης 1 (ΟΔ1), ομάδα δόνησης 2 (ΟΔ2) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ1 ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης με κατακόρυφη ΟΔ [F:20-45Hz (ατομική για κάθε δοκιμαζόμενο), A: 2mm, D: 10min (5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ-δ.4min-5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ), Θ-A: στατικό ημικάθισμα 90°, 3 φορές τη εβδομάδα] και ατομικό καθορισμό της συχνότητας ταλάντωσης για κάθε δοκιμαζόμενο διάρκειας 8 εβδομάδων. Η ΟΔ2 πραγματοποίησε το ίδιο πρόγραμμα σε σταθερή συχνότητα ταλάντωσης (F: 30Hz), ενώ η ΟΕ εκτέλεσε το ίδιο χωρίς δόνηση. Αξιολογήθηκαν το άλμα από ημικάθισμα, το άλμα με αντίθετη κίνηση και τα συνεχόμενα άλματα (ύψος άλματος & ισχύς) διάρκειας 10 s. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στο άλμα από ημικάθισμα χωρίς διαφορά μεταξύ των ομάδων, ενώ το άλμα με αντίθετη κίνηση παρέμεινε αμετάβλητο στους συμμετέχοντες μετά το πέρας της παρέμβασης. Επίσης, η ΟΔ1 βελτίωσε την ισχύ και το ύψος των συνεχόμενων αλμάτων κατά 18 % και 22% αντίστοιχα, ενώ δεν παρατηρήθηκε καμιά αλλαγή στις ΟΔ2 και ΟΕ. Οι συγγραφείς υπέθεσαν ότι ο ατομικός καθορισμός της ταλάντωσης στη μακρόχρονη άσκηση ΟΔ για κάθε ασκούμενο επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα στη βελτίωση της ισχύος.

Οι Mahieu και συν. (2006), μελέτησαν τις επιδράσεις της άσκησης ΟΔ σε νεαρούς Βέλγους αθλητές χιονοδρομίας εθνικού επιπέδου. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 33 σκιερ (9-15 ετών, 19 αγόρια και 14 κορίτσια), οι οποίοι χωρίστηκαν σε δυο ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ομάδα άσκησης (ΟΑ). Η ΟΔ πραγματοποίησε ένα πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ [24-28Hz, A: 2-4mm, D: 4.5-13.3min (διαλειμματική μέθοδος, διαλ. 1min/set.), Θ-A: διάφορες στατικές & δυναμικές ασκήσεις, 3 φορές την εβδομάδα] διάρκειας 6 εβδομάδων. Η ΟΑ προπονήθηκε όπως η ΟΔ αλλά χωρίς δόνηση. Μετρήθηκε η εκρηκτική δύναμη των κάτω άκρων (συνεχόμενα άλματα για 90s από ύψος 30cm). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης η βελτίωση στην εκρηκτική δύναμη ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ΟΔ. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η άσκηση ΟΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματική προπόνηση αντιστάσεων.

Παρόμοια, οι Paradisis και συν. (2007), εξέτασαν τις επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ στην εκρηκτική δύναμη σε πρώην αθλητές και αθλήτριες νεαρής ηλικίας. Στη μελέτη συμμετείχαν 24 άτομα (12 άνδρες και 12 γυναίκες, 21.3±1.2 ετών), τα οποία χωρίστηκαν στην ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ελέγχου (ΟΕ). Η ΟΔ ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ [F:30Hz, A: 2.5mm, D: 16min (2-4 ασκήσεις x 3 σετ x 8 επαναλήψεις x 40-60s, διαλ. 2min/ σετ & 1min/ επαν.), Θ-A: 4 στατικές

ασκήσεις 90°-120°, 3 φορές την εβδομάδα] διάρκειας 6 εβδομάδων, ενώ η ΟΕ δεν εκτέλεσε κάποιο πρόγραμμα άσκησης. Μετρήθηκε το άλμα με αντίθετη κίνηση και τα συνεχόμενα άλματα (ύψος άλματος & ισχύς) διάρκειας 30 s. Διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση της εκρηκτικής δύναμης των συμμετεχόντων στην ΟΔ, πιθανόν λόγω νευρικών προσαρμογών της πειραματικής ομάδας στην άσκηση ΟΔ.

Οι Annino και συν. (2007), μελέτησαν την επίπτωση ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ στην ισχύ νεαρών σπουδαστριών κλασικού χορού υψηλού επιπέδου. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 22 μπαλαρίνες (21.25±1.25 ετών), οι οποίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ελέγχου (ΟΕ) (11 άτομα ανά ομάδα). Η ΟΔ πραγματοποίησε ένα συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης ΟΔ [F: 30Hz, A: 5mm, D: 5σετ x 40s, δ. 60s/σετ, Θ-A: στατικό ημικάθισμα (100°), 3 φορές την εβδομάδα] και προπόνησης κλασικού χορού (ασκήσεις τεχνικής, χορογραφία, διάφορα άλματα, 60-90min, 5 φορές την εβδομάδα) διάρκειας 8 εβδομάδων, ενώ η ΟΕ ακολούθησε το πρόγραμμα προπόνησης χορού. Αξιολογήθηκε το άλμα με αντίθετη κίνηση καθώς και η μέση ισχύς στη δοκιμασία «πιέσεις ποδιών (90°)» με επιβάρυνση (50, 70 & 100kg). Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της ισχύος στην ΟΔ μετά το πέρας της παρέμβασης. Σύμφωνα με τους συγγραφείς η εφαρμογή της περιοδικότητας στην προπόνηση ΟΔ μπορεί να επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα στη βελτίωση της ισχύος.

Επιπρόσθετα, άλλοι ερευνητές παρατήρησαν βελτίωση της ισχύος μετά την ολοκλήρωση μακρόχρονων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (F: 0.5-50Hz, A: 0.0085-11.4mm, D: 1.40-20min, διάφορες ασκήσεις, 12-30ΠΜ) (Cheng et al., 2012; Cole et al., 2010; Colson et al., 2010; Da Silva Grigoletto et al., 2009; Fagnani et al., 2006; Khadrajy, 2012; liu et al., 2013; Petit et al., 2010; Ronnestad et al., 2004; Sarshin et al., 2010).

Αντίθετα, σε άλλες μελέτες δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της ισχύος μετά το πέρας προπόνησης ΟΔ (F:18-50Hz, A:0.0085-4mm, D:5-10min, 9-24 ΠΜ) (Delecluse et al., 2005; Elmantaser, et al., 2012; Martinez-pardo et al., 2013; Mazo et al., 2010; Preatoni et al., 2012). Πιο αναλυτικά, οι Elmantaser και συν. (2012), εξέτασαν τις επιδράσεις 2 πρωτοκόλλων ΟΔ στην ισχύ απροπόνητων ατόμων. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 10 άτομα (29-49 ετών), τα οποία χωρίστηκαν στην ομάδα δόνησης 1 (ΟΔ1) και στην ομάδα δόνησης 2 (ΟΔ2). Η ΟΔ1 ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης με αμφίπλευρη δόνηση [F: 18-22Hz, A: 4mm, a: 2.6-3.8 g, D:9 min (3σετ x 3 min, δ. 1min /σετ) Θ-A: όρθια θέση με ελαφρά λυγισμένα γόνατα, 3 φορές την εβδομάδα]

ενώ η ΟΔ2 κατακόρυφη δόνηση [F: 32-37 Hz, A: 0.085mm, a: 0.3 g, D:10-20 min Θ-A: όρθια θέση, 3 φορές την εβδομάδα] διάρκειας 8 εβδομάδων. Αξιολογήθηκε το άλμα με αντίθετη κίνηση (ύψος άλματος & ισχύς). Από τα αποτελέσματα δεν παρατηρήθηκε καμιά αλλαγή στην ισχύ των απροπόνητων ατόμων. Η απουσία μεταβολής της ισχύος αποδόθηκε στο μικρό πληθυσμό του δείγματος.

Οι Mazo και συν. (2010), μελέτησαν την επίπτωση ενός προγράμματος ΟΔ στην ισχύ σε αθλητές ενόργανης γυμναστικής υψηλού επιπέδου. Στη μελέτη συμμετείχαν 7 νεαροί (21.5±5.5 ετών), οι οποίοι συγκρότησαν την ομάδα δόνησης (ΟΔ). Η πειραματική ομάδα ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ [F: 45Hz, A:1.8 mm, D: 5 min (5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ), Θ-A: στατικό ημικάθισμα (45°), 3 φορές την εβδομάδα] διάρκειας 3 εβδομάδων. Μετρήθηκε το άλμα από ημικάθισμα, το άλμα με αντίθετη κίνηση και τα συνεχόμενα άλματα διάρκειας 30s. Σύμφωνα με τους συγγραφείς η ισχύς των αθλητών παρέμεινε αμετάβλητη μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ότι τα αποτελέσματα των μελετών όσον αφορά την μακρόχρονη επίδραση της ΟΔ στην ισχύ είναι αντικρουόμενα.

2.1.14.16 Ταχύτητα

Η δρομική ταχύτητα είναι η ικανότητα του ανθρώπινου μυοσκελετικού συστήματος να υποστηρίζει μια ευθύγραμμη επιταχυνόμενη κυκλική κίνηση, μέχρι να επιτευχθεί και ολοκληρωθεί η μέγιστη ταχύτητα του ανθρώπινου σώματος (Κοτζαμανίδης, 2007; Ross, Leverit,& Riek, 2001). Η ταχύτητα είναι βασική απαίτηση και σημαντικός παράγοντας στην αθλητική απόδοση (Rønnestad et al., 2011; Vescovi, 2012), επηρεάζει την ικανότητα του μαχητή (Sabzi et al., 2012) και αναλύεται στη φάση επιτάχυνσης, μεγιστοποίησης και διατήρησης της ταχύτητας (Sheppard & Young, 2006). Η ταχύτητα καθορίζεται από γενετικούς παράγοντες (Wilmore et al., 2006), την ηλικία (Mero, 1988), το φύλο (Cheuvront, Carter, Deruisseau & Moffatt, 2005), την ικανότητα χρήσης των ενεργειακών υποστρωμάτων στην παραγωγή ισχύος (Gastin, 1994), την αλληλεπίδραση των συστημάτων παροχής ενέργειας (Gastin, 2001), τη σύσταση των μυϊκών ινών (Kubukeli, Noakes & Dennis, 2002), το μήκος και τη συχνότητα διασκελισμού (Lockie, Murphy, Schultz, Knight & Janse de Jonge, 2012). Έχει προταθεί ότι η ταχύτητα επηρεάζεται από τη μυϊκή ακαμψία (Bullock et al., 2009), την αρχιτεκτονική του μυός (Blazevich, Gill, Bronks & Newton, 2003), και το μυϊκό συντονισμό (Geertsen, Lundbye-Jensen & Nielsen,

2008). Επιπλέον, φαίνεται ότι η μέγιστη δύναμη (Young, 2006), η σχετική δύναμη (Lockie et al., 2012), ο ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης (Kuitunen, Komi & Kyrolainen, 2002), η αερόβια ικανότητα (Gastin, 2001; Glaister, 2005), η μέγιστη (Lockie et al., 2012) και σχετική ισχύς (Perez-Gomez et al., 2008) επιδρούν στην ταχύτητα. Σύμφωνα με τους Weyand, Sternlight, Bellizzi και Wright (2000), η αντιδραστική δύναμη εδάφους, που συσχετίζεται με το επίπεδο της μέσης εφαρμοζόμενης ισχύος ανά kg σωματικής μάζας κατά τη φάση τοποθέτησης του ποδιού στήριξης, επηρεάζει περισσότερο το μήκος διασκελισμού και την ταχύτητα, ενώ λιγότερο τη συχνότητα διασκελισμού. Στην προπονητική διαδικασία η βελτίωση της ταχύτητας επιτυγχάνεται μεταξύ άλλων μέσω προγραμμάτων άσκησης αντιστάσεων, δρόμων ταχύτητας, πλειομετρικών, και δρόμων ταχύτητας με επιβάρυνση ή υπερταχύτητας (Κοτζαμανίδης, 2007; Lockie et al., 2012; Ross et al., 2009). Ειδικότερα, φαίνεται ότι η πλειομετρική άσκηση μειώνει το χρόνο επαφής στη φάση στήριξης, αυξάνει την οριζόντια ισχύ της ώθησης και το μήκος διασκελισμού με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ταχύτητας κίνησης (Lockie et al., 2012). Σύμφωνα με τους Liu και συν. (2013), η άσκηση ΟΔ που προσομοιάζει με πλειομετρική άσκηση μπορεί να αυξήσει την ισχύ (Liu et al., 2013; Rønnestad, 2009b), η οποία πιθανόν έχει επίπτωση στην ταχύτητα (Young, 2006). Επιπρόσθετα, έχει υποδειχθεί η άσκηση ΟΔ ως μέθοδος βελτίωσης της ταχύτητας, καθώς αυξάνει την ενεργοποίηση των κινητικών νευρώνων και επιφέρει παρόμοια αποτελέσματα με την προπόνηση εκκρηκτικής δύναμης (Cochrane 2011c), η οποία συσχετίζεται θετικά με την επίδοση στην ταχύτητα (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones & Hoff, 2006).

2.1.14.17 Επιδράσεις της δόνησης στην ταχύτητα

Στη διεθνή βιβλιογραφία οι ερευνητές που εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης ΟΔ στην ταχύτητα δεν κατέληξαν σε ασφαλή συμπεράσματα. Αρκετοί αναφέρουν βελτίωση της ταχύτητας μετά το πέρας προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (F: 0.5Hz - 50 Hz, A: 2-11.4 mm, D: 30s - 16min, διάφορες ασκήσεις) (Cole et al., 2010; Khadrajy, 2012; Liu et al., 2013; Paradisis et al., 2007; Ronnestad et al., 2011a; Sarshin et al., 2011; Sarshin et al., 2010). Αντίθετα, άλλοι μελετητές δεν παρατήρησαν βελτίωση της ταχύτητας μετά από προπόνηση ΟΔ (F: 26-45Hz, A: 1-11 mm, D: 60s - 20min, διάφορες ασκήσεις) (Bullock et al., 2009; Bullock et al., 2008; Cochrane et al., 2004; Colson et al., 2010; Delecluse et al., 2005; Guggenheimer, et al., 2009; Piennar, 2010; Roberts et al., 2009). Σύμφωνα με τις προηγούμενες έρευνες φαίνεται ότι τα

αποτελέσματα των ερευνών που εξέτασαν τις επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ στην ταχύτητα είναι αντιφατικά.

2.1.14.18 Άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην ταχύτητα

Στις περισσότερες έρευνες που εξέτασαν την άμεση επίπτωση της άσκησης ΟΔ στην ταχύτητα δεν παρατηρήθηκε αλλαγή της ταχύτητας μετά το πέρας της παρέμβασης. Για παράδειγμα, οι Bullock και συν. (2009), διερεύνησαν την επίδραση ενός άμεσου προγράμματος άσκησης κατακόρυφης ΟΔ στη δρομική ταχύτητα νεαρών αθλητριών υψηλού επιπέδου. Στη μελέτη πήραν μέρος 5 γυναίκες (22±3 ετών) αθλήτριες έλκνηθρου κατάβασης, οι οποίες συγκρότησαν την ομάδα δόνησης (ΟΔ) και ελέγχου (ΟΕ). Οι συμμετέχουσες στην πειραματική συνθήκη πραγματοποίησαν ένα πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ (F: 45Hz, A: 4mm, D: 3σετ x 60s (δ. 60s/σετ, Θ: όρθια με λυγισμένα γόνατα (110°), φτέρνες ανασυκωμένες). Η ΟΕ εκτέλεσε το ίδιο πρωτόκολλο αλλά χωρίς δόνηση. Αξιολογήθηκε η ταχύτητα στα 30m. Από τα αποτελέσματα της μελέτης δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση της άσκησης ΟΔ στην ταχύτητα των αθλητριών. Η απουσία μεταβολής της ταχύτητας αποδόθηκε στο μικρό αριθμό και στη μεταβλητότητα μεταξύ του δείγματος. Παρόμοια, άλλες μελέτες δεν αναφέρουν βελτίωση της ταχύτητας μετά το πέρας άμεσων προγραμμάτων ΟΔ (F: 26-45Hz, A: 1-6mm, D: 20s-5min, διάφορες ασκήσεις) σε διάφορους πληθυσμούς (Bullock et al., 2008; Guggenheimer et al., 2009; Piennar, 2010; Roberts et al., 2009). Μια διαφοροποίηση παρατηρήθηκε σε πρόσφατη μελέτη των Ronnestad και συν. (2011a), οι οποίοι ανέφεραν βελτίωση της ταχύτητας (40m σπριντ) μετά την εκτέλεση ενός πρωτοκόλλου άσκησης κατακόρυφης ΟΔ (F:50Hz, A: 3mm, D: 1σετ x 30s, δυναμικό ημικάθισμα x 15 επαναλήψεις) σε νεαρούς ποδοσφαιριστές. Οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άσκηση ΟΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης.

2.1.14.19 Βραχύχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην ταχύτητα

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι μόνο 2 έρευνες εξέτασαν τη βραχύχρονη επίδραση της άσκησης ΟΔ στην ταχύτητα σε νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα και αθλητές (Cochrane et al., 2004; Sarshin et al., 2011). Πιο συγκεκριμένα οι Cochrane και συν. (2004), δεν παρατήρησαν βελτίωση της ταχύτητας (5, 10 & 20m σπριντ) μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος

αμφίπλευρης ΟΔ (F: 26Hz, A: 11mm, D: 5σετ x 2min (δ. 40s/σετ), Θ-A: 5 ασκήσεις) σε άτομα με φυσική δραστηριότητα. Αντίθετα πρόσφατα οι Sarshin και συν. (2011), αναφέρουν βελτίωση της ταχύτητας (60m σπριντ) μετά το πέρας ενός συνδυαστικού πρωτοκόλλου ΟΔ (F: 20-35 Hz, A: 5-10mm, Θ-A: 6 ασκήσεις) και χορήγησης κρεατίνης σε αθλητές. Σύμφωνα με τα παραπάνω ο περιορισμένος αριθμός και τα διαφορούμενα αποτελέσματα των μελετών δεν επιτρέπουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων όσον αφορά στη βραχύχρονη επίδραση της προπόνησης ΟΔ στην ταχύτητα.

2.1.14.20 Μακρόχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην ταχύτητα

Οι Sarshin και συν. (2010), μελέτησαν την επίδραση ενός προγράμματος άσκησης κατακόρυφης ΟΔ στη ταχύτητα νεαρών απροπόνητων ανδρών. Στη μελέτη συμμετείχαν 20 άτομα, τα οποία χωρίστηκαν σε ομάδες δόνησης (ΟΔ, n=10, 21.3±1.44 ετών) και ελέγχου (ΟΕ, n=10, 21.3±1.03). Η ΟΔ πραγματοποίησε ένα πρόγραμμα άσκησης ΟΔ [F:30Hz, A:10, D: 5min (5σετ x 1 min, δ.1 min /σετ) Θ-A: στατικό ημικαθ. 110°, 3 φορές την εβδομάδα] 4 εβδομάδων, ενώ η ΟΕ δεν προπονήθηκε. Αξιολογήθηκε η ταχύτητα στα 5,10 & 20m. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της ταχύτητας των συμμετεχόντων της πειραματικής ομάδας. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η άσκηση ΟΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματική μέθοδος βελτίωσης της δρομικής ταχύτητας.

Πρόσφατα, οι Liu και συν. (2013), εξέτασαν τις επιπτώσεις 2 συνδυαστικών προγραμμάτων άσκησης ΟΔ και αντιστάσεων στην ταχύτητα νεαρών ατόμων με φυσική δραστηριότητα. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 30 άτομα (18.5±21.5) τα οποία χωρίστηκαν σε 3 ομάδες: την ομάδα άσκησης (ΟΑ), ομάδα άσκησης και δόνησης 1(ΟΔΑ1) και την ομάδα άσκησης και δόνησης 2 (ΟΔΑ2). Η ΟΑ ακολούθησε ένα πρόγραμμα άσκησης αντιστάσεων (5σετ x 20 s, δ.2min/σετ, Θ-A: δυναμικό ημικάθισμα 70% 1RM, 3 φορές την εβδομάδα) διάρκειας 10 εβδομάδων. Η ΟΔΑ1 πραγματοποίησε το ίδιο πρόγραμμα άσκησης αντιστάσεων με δόνηση [F: 0.5Hz, A:11.4 mm, D: 1.40 min (5σετ x 20 s, δ.2 min/σετ) Θ-A. δυναμικό ημικάθισμα 70% 1RM, 3 φορές την εβδομάδα], ενώ η ΟΔΑ2 εκτέλεσε το ίδιο πρωτόκολλο άσκησης αντιστάσεων, αλλά διαφοροποίησε τα στοιχεία επιβάρυνσης της άσκησης ΟΔ [F: 2.5Hz, A:11.4 mm, D: 1.40 min (5σετ x 20 s, δ.2 min /σετ) Θ-A. δυναμικό ημικάθισμα 70% 1RM, 3 φορές την εβδομάδα]. Μετρήθηκε η δρομική ταχύτητα στα

30m. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης παρατηρήθηκε βελτίωση της ταχύτητας σε όλες τις ομάδες, ωστόσο αυτή ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στην ΟΔΑ2 σε σχέση με τις ΟΑ & ΟΔΑ1. Οι συγγραφείς απέδωσαν τη διαφορά στη μεταβολή της ταχύτητας που βρέθηκε στο συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης και δόνησης (ΟΔΑ2), στην επιστράτευση περισσότερων κινητικών μονάδων μέσω της άσκησης ΟΔ. Επιπλέον, άλλες μελέτες διαπίστωσαν βελτίωση της ταχύτητας μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων ΟΔ (F: 25-50Hz, A: 2-6mm, D:3-16min, διάφορες ασκήσεις, 10-24ΠΜ) (Cole et al., 2010; Khadrajy, 2012; Paradisis et al., 2007).

Αντίθετα με τις προηγούμενες μελέτες έχει αναφερθεί ότι δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της ταχύτητας μετά το πέρας μακρόχρονων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (F: 35-40Hz, A: 1.7-4mm, D:9-20min, διάφορες ασκήσεις, 12-15ΠΜ) (Colson et al., 2010; Delecluse et al., 2005) σε αθλητές/τριες.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ότι τα αποτελέσματα όσον αφορά την επίπτωση της μακρόχρονης προπόνησης ΟΔ στην ταχύτητα είναι αντικρουόμενα.

2.1.14.21 Αναερόβια ικανότητα

Η αναερόβια ικανότητα μπορεί να ορισθεί ως η μέγιστη ποσότητα ATP που ανασυντίθεται μέσω της αναερόβιας διαδικασίας (γαλακτική & αλακτική) παραγωγής ενέργειας κατά τη διάρκεια μέγιστης άσκησης (Gastin, 1994). Έχει προταθεί ότι η αναερόβια ικανότητα καθορίζει την αθλητική απόδοση σε ταχυδυναμικά αγωνίσματα (Adamczyk, 2011; Medbo & Burgers, 1990) και ομαδικά αθλήματα με υψηλή ένταση, διαλειμματικού τύπου (Sporis, Ruzic & Leko, 2008), που χρησιμοποιούν το αερόβιο και αναερόβιο γλυκολυτικό ενεργειακό σύστημα (Holloway, Meir, Brooks & Phillips, 2008). Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί ότι η αναερόβια άσκηση που βελτιώνει την αναερόβια ικανότητα (Tabata et al., 1996), συνδέεται με την υγεία καθώς βελτιώνει το λιπιδαιμικό προφίλ (Musa, Adeniran, Dikko, Sayers, 2009) και αυξάνει τη μυϊκή μεταβολική ισχύ (Perry, Heinghauser, Bonen & Spriet, 2008). Η αναερόβια ικανότητα επηρεάζεται από το φύλο, τη μυϊκή μάζα, τον τύπο των μυϊκών ινών, τη δύναμη, την αρχιτεκτονική του μυός, τη διαθεσιμότητα των ενεργειακών υποστρωμάτων, την αποτελεσματικότητα των μεταβολικών μονοπατιών, την αερόβια αντοχή, την κληρονομικότητα, την προπόνηση και τη συσσώρευση των υποπροϊόντων του μεταβολισμού (Medbo et al., 1990; Reaburn & Dascombe, 2009). Από τα αποτελέσματα ερευνών φάνηκε ότι η

αναερόβια ικανότητα συσχετίζεται με την άλιπη μυϊκή μάζα (Baker, Bailey & Davies, 2001; Van mil, Schoeber, Calvert, & Bar Or, 1996), τη σωματική μάζα των δοκιμαζόμενων μυών (Baker, Davies, Buchan & Kilgore, 2013) και το επίκαιρο επίπεδο προπονητικής κατάστασης (Medbo et al., 1990). Σύμφωνα με τους Minahan και Wood (2008) και Buchan και συν. (2011), η αναερόβια ικανότητα μπορεί να βελτιωθεί μέσω διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης που περιλαμβάνουν δρομικές επιβαρύνσεις, ποδηλάτηση και αγωνιστικές ασκήσεις (Sporis et al., 2008) με την έντονη διαλλειμματική ή/και επαναληπτική μέθοδο (Busko, 2011; Norkowski, Kuder, Hucinski & Przybylski, 2010). Έχει καταδειχθεί ότι η κυκλική προπόνηση με τη μέθοδο της μέτριας διαλλειμματικής άσκησης επιφέρει θετικές επιπτώσεις στην αναερόβια ικανότητα (Taskin, 2009), η οποία παρέμεινε αμετάβλητη μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος άσκησης αντιστάσεων με χαμηλή ποσότητα και υψηλή ένταση (Fatouros, et al., 2005; Minahan et al., 2008). Επιπρόσθετα, σε περιορισμένο αριθμό ερευνών εξετάστηκε η άμεση (Colson et al., 2012; Surowiec, 2012) βραχύχρονη (Καρατράντου, 2010) και μακρόχρονη (Oosthuysen et al., 2013) επίδραση της άσκησης ΟΔ στην αναερόβια ικανότητα.

2.1.14.22 Επίδρασεις της δόνησης στην αναερόβια ικανότητα

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε περιορισμένος αριθμός μελετών που εξέτασαν την επίδραση της άσκησης ΟΔ στην αναερόβια ικανότητα με αντικρουόμενα αποτελέσματα. Σε 3 έρευνες παρατηρήθηκε βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας μετά την εφαρμογή διαφόρων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (F: 30-50Hz, A: 2-6mm, D: 30s-10min, διάφορες ασκήσεις) (Colson et al., 2012; Lamont et al., 2010; Oosthuysen et al., 2013). Αντίθετα, άλλες 3 μελέτες αναφέρουν ότι η αναερόβια ικανότητα παρέμεινε αμετάβλητη μετά την ολοκλήρωση παρεμβατικών πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ (F: 18-37Hz, A: 0.0085-6mm, D: 90s-20min, διάφορες ασκήσεις) (Avelar et al., 2012; Elmantaser et al., 2012; Καρατράντου, 2010).

2.1.14.23 Άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην αναερόβια ικανότητα

Οι Lamont και συν. (2010), εξέτασαν την άμεση επίδραση διαφόρων πρωτοκόλλων ΟΔ στην αναερόβια ικανότητα νεαρών προπονημένων ανδρών. Στη μελέτη έλαβαν μέρος 21 άτομα (18-30 ετών) σε 4 πειραματικές συνθήκες: συνθήκη 1 (ομάδα δόνησης 1, ΟΔ1), 2, 3 & 4. Η ΟΔ1 πραγματοποίησε ένα πρωτόκολλο κατακόρυφης ΟΔ [F:30Hz A: 2-4mm, a: 3.8g, D: 30 s (1σετ x 30 s), Θ-A: όρθια με λυγισμένα

γόνατα $135^{\circ} \pm 5^{\circ}$). Η ΟΔ2 [F: 30Hz A: 2-4mm, a: 3.8g, D: 30 s (3σετ x 10 s-δ.1 min), Θ-A: όρθια με λυγισμένα γόνατα $135^{\circ} \pm 5^{\circ}$]. Η ΟΔ3 [F:50Hz A: 4-6mm, a: 5.83g, D: 30 s (1σετ x 30 s), Θ-A: όρθια με λυγισμένα γόνατα $135^{\circ} \pm 5^{\circ}$] και η ΟΔ4 [F:50Hz A: 4-6mm, a: 5.83g, D: 30 s (3σετ x 10 s-δ.1 min), Θ-A: όρθια με λυγισμένα γόνατα $135^{\circ} \pm 5^{\circ}$]. Αξιολογήθηκε η μέση ισχύς με τη δοκιμασία «Wingate test». Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας χωρίς διαφορά σε όλες τις ομάδες. Παρόμοια, βελτίωση της αναερόβιας ικανότητας παρατηρήθηκε μετά το πέρας άμεσων προγραμμάτων κατακόρυφης ΟΔ (F:30-50Hz A: 2.5-4mm, D: 10-30s, Θ-A: δυναμικό ημικάθισμα 90°) (Colson et al., 2013). Αντίθετα, οι Avelar και συν. (2012), αναφέρουν ότι η αναερόβια ικανότητα παρέμεινε αμετάβλητη μετά την ολοκλήρωση ενός πρωτοκόλλου κατακόρυφης ΟΔ (F: 45Hz, A: 2 mm, D: 5min, Θ-A: δυναμικό ημικάθισμα $10-90^{\circ}$) σε προπονημένα άτομα. Σύμφωνα με τα προηγούμενα, ο μικρός αριθμός των μελετών και τα διφορούμενα αποτελέσματα δεν επιτρέπουν την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά στην άμεση επίδραση της άσκησης ΟΔ στην αναερόβια ικανότητα.

2.1.14.24 Βραχύχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην αναερόβια ικανότητα

Στη διεθνή βιβλιογραφία βρέθηκε μόνο 1 μελέτη που έλεγξε τη βραχύχρονη επίδραση ενός προγράμματος αμφίπλευρης ΟΔ σε νεαρές γυναίκες με φυσική δραστηριότητα. Πιο συγκεκριμένα η Καρατράντου (2010), δεν παρατήρησε καμιά επίδραση στην αναερόβια ικανότητα (Wingate test) των συμμετεχουσών μετά το πέρας της παρέμβασης [F: 26Hz A: 6mm, D: 10min (2σετ x 5min, δ. 2min/σετ), Θ-A: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα (10°), 16ΠΜ].

2.1.14.25 Μακρόχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην αναερόβια ικανότητα

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι μόνο 2 έρευνες εξέτασαν την επίδραση μακρόχρονων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ στην αναερόβια ικανότητα με αντιφατικά αποτελέσματα. Οι Oosthuysen και συν. (2013), ανέφεραν βελτίωση της αναερόβιας ικανότητα μετά την ολοκλήρωση προγράμματος ΟΔ [F:30Hz, A: 4mm, a:5 g D: 10min (10 σετ x 60s, δ. 30 s / σετ) Θ-A: στατικό ημικάθισμα], ενώ αντίθετα οι Elmantaser και συν. (2012), δεν παρατήρησαν καμιά επίπτωση της άσκησης ΟΔ (F:18-37Hz, A: 0.085-4mm, D: 9-20min (10 σετ x 60s, δ. 30 s / σετ) Θ-A: όρθια με ελαφρά λυγισμένα γόνατα) στην αναερόβια ικανότητα.

2.1.14.26 Αερόβια ικανότητα

Η καρδιοαναπνευστική ή αερόβια αντοχή είναι η ικανότητα ολόκληρου του σώματος να διατηρήσει την παρατεταμένη ή επαναλαμβανόμενη άσκηση (Wilmore et al., 2006). Διαφορετικά, αερόβια αντοχή ορίζεται η ικανότητα αντίστασης στην κόπωση, αλλά και γρήγορης αποκατάστασης (Κέλλης, 2012; Zintl, 1993). Η αερόβια αντοχή είναι θεμελιώδης ικανότητα της φυσικής κατάστασης (Hoff & Helgerud, 2004), η οποία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αθλητική επίδοση αγωνισμάτων αντοχής (Astrand & Rodahl, 1986; Hoff et al. 2004; Midgley, McNaughton & Wilkinson, 2006). Έχει υποστηριχθεί ότι η αερόβια αντοχή καθορίζεται από τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}), την αερόβια ταχύτητα, το αναερόβιο κατώφλι, και τη δρομική οικονομία (Helgerud, Engen, Wisloff & Hoff, 2004; Saunders, Pyne, Telford & Hawley, 2004). Επιπλέον, η αερόβια αντοχή συμπεριλαμβάνεται στις φυσικές ικανότητες που σχετίζονται με την υγεία (Asikainen, Kukkonen-Harjula & Miilunpalo, 2004; Baquet, Van Praagh & Berthoin, 2003), καθώς αρκετές επιδημιολογικές έρευνες υποστηρίζουν ότι η βελτίωσή της μειώνει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών, μεταβολικών νοσημάτων, τη νοσηρότητα και θνητότητα (Carroll & Dudfield, 2004; Erikssen, 2001; Kodama et al., 2009; Thomas, Baker & Davies, 2003). Αντίθετα, το χαμηλό επίπεδο καρδιοαναπνευστικής αντοχής συνδέεται με μειωμένη ανεξαρτησία, κακή ποιότητα ζωής και αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων και θνητότητας (Hawkins & Wiswell, 2003). Η αερόβια άσκηση μειώνει την αρτηριακή πίεση, τη σωματική μάζα, το λίπος, την ενδοθηλιακή αντίσταση, την αρτηριακή σκληρότητα, βελτιώνει το λιπιδαιμικό προφίλ, αυξάνει την ευαισθησία της ινσουλίνης και έχει θετική επίπτωση στην καρδιακή υπερτροφία της αριστερής κοιλίας (Asikainen et al., 2004; Bacon, Sherwood, Hinderliter & Blumenthal, 2004).

Η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}), που αντιπροσωπεύει την αερόβια ικανότητα (Wilmore et al., 2006), είναι συνώνυμο της αερόβιας αντοχής (Asikainen et al., 2004; Bosquet et al., 2002) και αντανακλά το μέγιστο ρυθμό του αερόβιου ενεργειακού μεταβολισμού (Jones & Carter, 2000). Επιπρόσθετα, η μέτρηση της VO_{2max} αποτελεί κριτήριο αναφοράς-εγκυρότητας μέτρησης της αερόβιας ικανότητας-αντοχής (Hawkins et al., 2003; Hasset, Harmer, Moseley & Mackey, 2007; Wilmore et al., 2006) και δείκτη λειτουργικής αξιολόγησης του συστήματος μεταφοράς οξυγόνου (Baquet et al., 2003). Η VO_{2max} που διακρίνεται σε απόλυτη και σχετική (Zintl, 1993), εκφράζει τη μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου που προσλαμβάνεται και καταναλώνεται από τους ιστούς κατά τη διάρκεια μέγιστης ή

εξαντλητικής άσκησης (Midgley et al., 2006; Wilmore et al., 2006). Έχει προταθεί ότι η VO_{2max} καθορίζεται από γενετικούς και νευροενδοκρινικούς παράγοντες, το σωματότυπο, την ισχύ, την καρδιακή εξώθηση, την αρτηριοφλεβική διαφορά οξυγόνου, τον αριθμό των τριχοειδών, την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου και την οξειδωτική ικανότητα του μυός (Berg, 2003; Erikssen, 2001; Midgley et al., 2006). Σύμφωνα με τους Saunders και συν. (2004), η ολική ποσότητα αιμογλοβίνης, η δραστηριοποίηση των αερόβιων ενζύμων και ο τύπος των μυϊκών ινών επηρεάζουν το επίπεδο της VO_{2max} . Η βελτίωση της VO_{2max} πραγματοποιείται με προπονητικά περιεχόμενα όπως τρέξιμο, ποδηλασία, κολύμβηση και άλλες αερόβιες ασκήσεις ή φυσικές δραστηριότητες με τη συνεχόμενη, τη διαλειμματική ή τη συνδυαστική μέθοδο προπόνησης (Baquet et al., 2003; Berg, 2003; Wilmore et al., 2006). Ωστόσο, μια μορφή νευρομυϊκής προπόνησης όπως η ΟΔ, πιθανόν να έχει θετική επίπτωση στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (Filingeri et al., 2012; Gojanovic et al., 2011) και στη δρομική οικονομία (Cheng et al., 2012).

2.1.14.27 Επιδράσεις της δόνησης στην αερόβια ικανότητα

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε περιορισμένος αριθμός μελετών που διερεύνησαν τις επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2max}). Γενικά παρατηρήθηκε αύξηση της VO_{2max} μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (Di Iorio et al., 2012; Filingeri et al., 2012; Gojanovic et al., 2012). Ωστόσο, οι Robbins και συν. (2012), αναφέρουν μείωση των βιοχημικών δεικτών (αιμογλοβίνη, οξυαιμογλοβίνη, δείκτης οξειδωτικής ικανότητας ιστού) που σχετίζονται με την αερόβια ικανότητα κατά τη διάρκεια και μετά από άσκηση ΟΔ.

2.1.14.28 Άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην αερόβια ικανότητα

Οι Gojanovic και συν. (2012), μελέτησαν τις επιδράσεις 2 πρωτοκόλλων ΟΔ στη VO_{2max} . Στην έρευνα έλαβαν μέρος 10 απροπόνητες γυναίκες (21.7 ± 1.5 ετών), που υποβλήθηκαν σε 3 πειραματικές συνθήκες. Στη συνθήκη 1 (ομάδα κατακόρυφης δόνησης, ΟΚΔ) οι συμμετέχουσες πραγματοποίησαν ένα πρόγραμμα κατακόρυφης ΟΔ [F: 35Hz, A: 8mm, a: 19.7g, D: 20 min (1σετ x 45 s (6 ασκ). 15 s δ./σετ-δ.75s - 1σετ x 45 s (6 ασκ). 15 s δ./σετ-δ.75s-1σετ x 45 s (6 ασκ). 15 s δ./σετ)]. Στη συνθήκη 2 εκτέλεσαν ένα πρόγραμμα ίσης έντασης και ποσότητας αλλά με αμφίπλευρη ΟΔ (ομάδα αμφίπλευρης δόνησης ΟΑΔ) [F: 26Hz, A: 15mm, a: 20.4g, D: 20 min (1σετ x 45 s (6 ασκ). 15 s δ./σετ-δ.75s - 1σετ x 45 s (6 ασκ). 15 s δ./σετ-δ.75s-1σετ x 45 s (6

ασκ). 15 s δ./σετ)], ενώ στη συνθήκη ελέγχου (OE) προπονήθηκαν με το ίδιο πρόγραμμα χωρίς δόνηση. Μετρήθηκε το ποσοστό της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (%VO_{2max}). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση του ποσοστού VO_{2max} στις πειραματικές συνθήκες 1 & 2 (2 > 1). Επιπλέον, οι Filingeri και συν. (2012) αναφέρουν αύξηση της VO_{2max} κατά τη διάρκεια ταυτόχρονης κατακόρυφης ΟΔ και εξαντλητικής ποδηλάτησης [F: 23.3-43.3 Hz, A: 2 mm, D: 1σετ πλήρους εξάντλησης (αύξηση ρυθμού ποδηλάτησης 10 rev*min⁻¹/κάθε 3 min)].

2.1.14.29 Βραχύχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην αερόβια ικανότητα

Στη διεθνή βιβλιογραφία δε βρέθηκαν έρευνες που να μελετούν την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης ΟΔ στην αερόβια ικανότητα.

2.1.14.30 Μακρόχρονες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην αερόβια ικανότητα

Οι Cheng και συν. (2012), παρατήρησαν βελτίωση της δρομικής οικονομίας, αύξηση του αναπνευστικού πηλίκου και του ενεργειακού κόστους μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος κατακόρυφης ΟΔ [F:30Hz, A: 1-2mm, D: 3-10min (10σετ x 30s-1min, δ. 1min/σετ), Θ-A: στατικό ημικάθισμα 120°, 3 φορές την εβδομάδα, για 8 εβδομάδες] σε αθλητές νεαρής ηλικίας. Οι συγγραφείς απέδωσαν τα αποτελέσματα στην αύξηση της αναερόβιας ισχύος και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άσκηση ΟΔ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος προπόνησης για τη βελτίωση της δρομικής οικονομίας.

Στη συνέχεια παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες ερευνών, που αφορούν στην άμεση, βραχύχρονη και μακρόχρονη επίδραση της άσκησης ΟΔ στην κινητικότητα, δύναμη, ισχύ, ταχύτητα, αναερόβια και αερόβια ικανότητα.

Πίνακας 2. Άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα, τη δύναμη, την ισχύ, την ταχύτητα, την αναερόβια και αερόβια ικανότητα.

Συγγραφείς	Δείγμα	Πρόγραμμα παρέμβασης	Αξιολόγηση	Μέτρηση	Αποτελέσματα
Adams et al. (2009)	20 ΑΠ (9♀ & 11♂), 23-39 ετών, παρغم. 24Π	Στοιχεία επιβάρυνσης-Τύπος δόνησης ΚΔ (Power plate) Θ: ημικάθισμα <u>ΠΔ1-3</u> F: 30Hz, A: 2-4mm, D: 30-60s <u>ΠΔ4-6</u> F: 30Hz, A: 4-6mm, D: 30-60s <u>ΠΔ7-9</u> F: 35Hz, A: 2-4mm, D: 30-60s <u>ΠΔ10-12</u> F: 35Hz, A: 4-6mm, D: 30-60s <u>ΠΔ13-15</u> F: 40Hz, A: 2-4mm, D: 30-60s <u>ΠΔ16-18</u> F: 40Hz, A: 4-6mm, D: 30-60s <u>ΠΔ19-21</u> F: 50Hz, A: 2-4mm, D: 30-60s <u>ΠΔ22-24</u> F: 50Hz, A: 4-6mm, D: 30-60s	CMJ (Μ.Ισχύς)	πριν αμέσως μετά 1, 5, και 10min	CMJ: ↑ (αμέσως μετά) σε όλα τα πρωτόκολλα, επαναφορά στα 10min
Artero et al. (2007)	114 φοιτ. (37♂ & 77♀, 19.6±2ετών), χωρ. σε 5 ομ.: ΟΔ1 (n=19) ΟΔ2 (n=19) ΟΔ3 (n=26) ΟΔ4 (n=28) ΟΔ5 (n=22)	ΑΔ (Galileo 2000) <u>ΟΔ1</u> F: 20Hz, A: 6mm, D: 90s, 3 ασκ. <u>ΟΔ2</u> F: 25Hz, A: 6mm, D: 90s, 3 ασκ. <u>ΟΔ3</u> F: 30Hz, A: 6mm, D: 90s, 3 ασκ. <u>ΟΔ4</u> F: 20Hz, A: 6mm, D: 120s, 3 ασκ. <u>ΟΔ5</u> F: 25Hz, A: 6mm, D: 120s, 3 ασκ.	CMJ	πριν αμέσως μετά μετά από 1 και 2min	CMJ: ↓ σε όλες τις ΟΔ, δεν υπήρχαν διαφ. μεταξύ των ομάδων Επαναφορά του CMJ, 1min μετά τη δόνηση
Avelar et al. (2012)	6 ♂ ΠΠ (37±4ετών)	ΚΔ (Fitvibe) Άσκ: ημικ. (10-90°) κάθε 3s <u>ΠΕ</u> ΥΚ, 30min <u>ΠΔ2</u> ΠΡΟΘ, θερμενόμενη κουβέρτα 30min <u>ΠΔ3</u> ΠΡΟΘ, F: 45Hz, A: 2 mm, D: 5min	Wingate 30s (Αναερ. Ισχύς, Ικανότητα) PP MP RP DPP PC RW BL MT EMG _{VL}	κατά τη διάρκεια πριν 1 & μετά 2 και 3 min	PP: ΠΔ3 ↑ 9,93 %, ↔ ΠΕ & ΠΔ2 (ΠΔ3>ΠΕ) MP : ↔ ΠΕ, ΠΔ2, ΠΔ3 RP: ΠΔ3 ↑ 8,09 %, ↔ ΠΕ & ΠΔ2 (ΠΔ3>ΠΕ) DPP: ΠΔ2 ↓ 25,33 %, ↔ ΠΕ & ΠΔ3 (ΠΔ2<ΠΕ) PC: ΠΔ3 ↑ 4,64 %, ↔ ΠΕ & ΠΔ2 (ΠΔ3>ΠΕ) RW: ΠΔ3 ↑ 4,64 %, ↔ ΠΕ & ΠΔ2 (ΠΔ3>ΠΕ) BL: ↔ ΠΕ, ΠΔ2, ΠΔ3 MT: ↔ ΠΕ, ΠΔ2, ΠΔ3 EMG _{VL} : ↔ ΠΕ, ΠΔ2, ΠΔ3

Bazett-Jones et al. (2008)	44 άτομα (33 ♂ & 11 ♀, 20.2±2.1ετών), 5Π.	ΚΔ (Power plate) ΠΡΟΘ. 5min Ασκ.: ημικ. (90°) κάθε 5s <u>ΠΔ1</u> F: 30Hz, A: 2-4mm, a:2.16g, D: 45s <u>ΠΔ2</u> F: 40Hz, A: 2-4mm, a:2.80g, D: 45s <u>ΠΔ3</u> F: 35Hz, A: 4-6mm, a:4.87g, D: 45s <u>ΠΔ4</u> F: 50Hz, A: 4-6mm, a:5.83g, D: 45s <u>ΠΕ</u> F: 0Hz, A: 0mm, a:1g, D: 45s	CMJ	πριν, αμέσως μετά & μετά από 5 και 10min	♂ ↔ ΠΔ1, ΠΔ2, ΠΔ3, ΠΔ4 & ΠΕ ♀ ΠΔ2 ↑9%, ΠΔ4 ↑8.3%, ↔ ΠΔ1, ΠΔ3, ΠΕ Η αύξηση που παρατ. διηρκ. περ. από 5min αλλά λιγ. από 10min
Bosco et al. (2000)	14 ♂ ΦΔ (25.1±4.6ετών)	ΠΡΟΘ. 10min ΚΔ (Nemes 30L) <u>ΠΔ</u> F: 26Hz, A: 4mm, a: 17g, D: 10min (5σετ x 60s, δ.60s - δ. 6min - 5σετ x 60s, δ.60s), Θ: γόνατα λυγισμένα 100°	CMJ (90°) W (leg press 70% IRM) T, GH, C	πριν αμέσως μετά	CMJ ↑ W ↑ T & GH: ↑ C: ↓
Bullock et al. (2009)	5 άτομα (5 ♀ 22±3 ετών), 1 ΑΘ ελικ. κατάβ.	ΠΡΟΘ. 30 min ΚΔ (Nemes LC) <u>ΠΔ</u> F: 45Hz, A: 4mm, D: 3σετ x 60s (δ. 60s/σετ, Θ: όρθια με λυγισμένα γόνατα (110°), φτέρνες ανασυκωμένες <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	SJ (110°) CMJ 30m σπριντ	πριν 10 min μετά	SJ: ↔ ΠΔ & ΠΕ CMJ: ↔ ΠΔ & ΠΕ 30m: ↔ ΠΔ & ΠΕ
Bullock et al. (2008)	7 άτομα (6 ♀ & 1 ♂, 24.9±4.7ετών), ΑΘ ελικ. κατάβ.	ΠΡΟΘ. 30 min ΚΔ (Nemes LC) <u>ΠΔ</u> F: 30Hz, A: 4mm, D: 3σετ x 60s (δ. 180s/σετ, Θ: όρθια με λυγισμένα γόνατα (110°), φτέρνες ανασυκωμένες <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	SJ (110°) CMJ 30m σπριντ	πριν 5 min μετά	SJ: ↔ ΠΔ & ΠΕ CMJ: ↔ ΠΔ & ΠΕ σπριντ: ↔ ΠΔ & ΠΕ
Bunker et al. (2011)	10 ♂ ΑΘ (45 ± 15) golfers	ΚΔ (iTonic) ΠΡΟΘ. Ασκ: διάφορες διατακτικές ασκ. (8 ασκ.) <u>ΠΔ</u> F: 50Hz, A: 2mm, D: 8σετx30 s <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	KIN. (sit & reach) BS BLA GBCF TDGB AGB	Πριν & 3 min μετά	KIN: ΠΔ ↑ + 8 ±3.37 cm BS: ΠΔ ↑ + 1.53 m/s ⁻¹ GBCF: ΠΔ ↑ + 9.72 m TDGB: ΠΔ ↑ + 10.0 m ↔ ΠΕ : σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν

Cardinale et al. (2003e)	15 άρσκα (2 ♀ & 13 ♂, 21±2 ετών) OΔ ₁ (n = 7) OΔ ₂ (n = 8)	ΚΔ (Nemes LC) ΠΡΟΘ. 10min OΔ1 F: 40Hz, A: 4mm, D: 5σετx1min (δ. 1min/σε), Θ-A: ημικ. OΔ2 F: 20Hz, A: 4mm, D: 5σετx1min (δ. 1min/σε), Θ-A: ημικ.	KIN. (sit & reach) SJ CMJ	πριν αμέσως μετά	KIN: OΔ ₁ : ↔, OΔ ₂ : ↑ (+13.5%) SJ: OΔ ₁ ↔, OΔ ₂ ↑ (+3.9%) CMJ: OΔ ₁ ↓ (-3.8%), OΔ ₂ ↔
Cochrane et al. (2005)	18 ♀ AΘ χόκεϋ (21.8 ± 5.9 ετών), 3Π (ΠΔ, ΠΕ, ΠΟΔ)	ΑΔ (Galileo Sport) ΠΔ F: 26Hz, A: 6mm, D: 5min, Θ-A: 6 στατ.ασκ. ΠΕ το ίδιο χωρίς δόνηση ΠΟΔ ποδηλάτο (50rpm, 5min, 50W)	KIN. (sit & reach) CMJHF ΔX	πριν και 15s μετά	KIN: ΠΔ ↑ 8.2%, ↔ ΠΟΔ & ΠΕ CMJHF: ΠΔ ↑ 8.1%, ↔ ΠΟΔ & ΠΕ ΔX: ↔ΠΔ, ΠΟΔ, ΠΕ
Colson et al. (2013)	223 φοιτ. (91 ♀ & 132 ♂, 21±3.4 ετών), 3Π ΠΔ1 (n=74 44 ♂ 30 ♀) ΠΔ2 (n=74 42 ♂ 32 ♀) ΠΔ (n=75 46 ♂ 29 ♀)	ΚΔ (Silverplatine, France) Ασκ:ημικ. (90°) κάθε 1.5s ΠΔ1 : 50Hz, A: 4mm, D: 10σετ x 30s (δ. 30s/σετ) ΠΔ2 : 30Hz, A: 2,5mm, D: 10σετ x 30s (δ. 30s/σετ) ΠΔ : το ίδιο χωρίς δόνηση	CMJ CJ ₁₀ ισχύς PP MP DS	πριν αμέσως μετά	CMJ: ΠΔ1 ↑ 4.64%, ↔ ΠΔ2 & ΠΔ PP: ↑ 10.89 % ΠΔ1, ΠΔ2, ΠΔ (όχι διαφορές μετοξύ ΠΔ1, ΠΔ2, ΠΔ) MP: ↑ 12.82 % (όχι διαφορές μετοξύ ΠΔ1, ΠΔ2, ΠΔ) DS: ↔ ΠΔ1, ΠΔ2, ΠΔ
Cormie et al. (2006)	9 ♂ ΠΡ-Δ (19-23 ετών), 2Π (ΠΔ & ΠΔ)	ΠΡΟΘ. 5min ΚΔ (Power plate) ΠΔ F: 30Hz, A: 2.5mm, D: 30s, Θ-A: ημικ 100° ΠΔ το ίδιο χωρίς δόνηση	CMJ (100°): ύψος άμματος (cm) & ισχύς Σ.ΗΜ. (100°, 3s): μέγιστη δύναμη	πριν αμέσως μετά μετά από 5, 15 και 30min	Σ.ΗΜ.: ↔ΠΔ, ΠΔ CMJ (cm): ΠΔ ↑ 0.7%, ↔ΠΔ CMJ (ισχύς): ↔ΠΔ, ΠΔ
Crow et al., 2012	22 ♂ AΘ (21-23 ετών) 3Π (OΔ, ΠΔ, OΕ)	ΑΔ (Galileo, Germany) Θ: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα 10-30° OΔ διάφορες ασκήσεις (7 ασκ.) κάτω άκρων ΠΔ F: 30Hz, A: 6.4 mm, D: 45s OΕ -	CMJ (φορτίο 20 Kg)	εντός 5 min	CMJ (ισχύς) : OΔ ↑ 6.6 %, ↔ ΠΔ & OΕ

Da Silva et al. (2006)	31 ♂ Φ.Δ. (19.7±1.9ετών), 3Π(ΠΔ1, ΠΔ2 & ΠΔ3)	ΠΡΟΘ. 10min ΚΔ (Nemes) ΠΔ1 F: 20Hz, A: 4mm, D: 6σετ x 60s (δ. 2min/σετ) ΠΔ2 F: 30Hz, A: 4mm, D: 6σετ x 60s (δ. 2min/σετ) ΠΔ3 F: 40Hz, A: 4mm, D: 6σετ x 60s (δ. 2min/σετ)	SJ CMJ IRM (δύναμη-kg, ισχύς-w)	10min πριν 5min μετά	SJ: ↑ ΠΔ1 & ΠΔ2 (ΠΔ2>ΠΔ1), ↓ ΠΔ3 CMJ: ↔ ΠΔ1, ↑ ΠΔ2, ↓ ΠΔ3 IRM (kg): ↔ ΠΔ1, ΠΔ2, ΠΔ3 Ισχύς (w): ↑ ΠΔ1 & ΠΔ2 (ΠΔ2>ΠΔ1), ↔ ΠΔ3
Da Silva-Grigoletto et al.(2011)	Μελέτη 1: 30 ♂ ΑΘ (19.5.5±1.5 ετών), 3Π: 3ΠΔ Μελέτη 2: 27 ♂ ΑΘ (19.4±1.5.0ετών), 3Π: 3ΠΔ	ΚΔ (Nemes, Italy) ΠΡΟΘ. 10 min Άσκ.: ημικ. (100 ⁰) Μελέτη 1: ΠΔ1 F: 30 Hz, A: 4mm, D: 2σετ x 30s, (δ.2 min) ΠΔ2 F: 30 Hz, A: 4mm, D: 2σετ x 60s, (δ.2 min) ΠΔ3 F: 30 Hz, A: 4mm, D: 2σετ x 90s, (δ.2 min) Μελέτη 2: ΠΔ1 F: 30 Hz, A: 4mm, D:3σετ x 60s, (δ.2 min) ΠΔ2 F: 30 Hz, A: 4mm, D: (6σετ x 60s, δ.2 min) ΠΔ3 F: 30 Hz, A: 4mm, D:9σετ x 60s, (δ.2 min)	SJ CMJ (90° ύψος έλατος (cm) & ισχύς	πριν μετά από 5 min	Μελέτη 1: SJ: ΠΔ1&ΠΔ2 ↑(ΠΔ2>ΠΔ1), ΠΔ3 ↓ 2.64 % CMJ(cm): ↑ ΠΔ2 , ΠΔ1 ↔, ΠΔ3 ↓ 3.09 % CMJ(ισχύς): ΠΔ1&ΠΔ2 ↑ (ΠΔ2>ΠΔ1), ↔ ΠΔ3 Μελέτη 2: SJ: ΠΔ1&ΠΔ2 ↑(ΠΔ2>ΠΔ1), ↔ ΠΔ3 CMJ(cm): ΠΔ1&ΠΔ2 ↑(ΠΔ2>ΠΔ1), ↔ ΠΔ3 CMJ(ισχύς): ΠΔ1&ΠΔ2↑ (ΠΔ2>ΠΔ1), ↔ ΠΔ3
De Hoyo-Lora et al. (2010)	12 άτομα ΦΔ (22.9±5.1 ετών)	ΑΔ (Galileo, Fitness®) ΠΔ F: 30 Hz, A: 2.5 mm, a: 9.1 g, D: 5σετ x 60s,(δ.60s/σετ) Θ-A: στατικό ημικάθισμα 110°	SJ CMJ	πριν , αμέσως μετά μετά από 30 min	↔ ΠΔ: σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν
De Ruiter et al. (2003b)	12 ΑΠ (5♀ & 7♂), 23.3±4.2ετών	ΑΔ (Galileo 2000) F: 30Hz, A: 8mm, D: 5σετ x 1 min (δ. 2min), Θ: όρθια γόνατα (110°)	IM _{ΕΚ-Γ} RFD	πριν Αμέσως μετά 1, 5, 30, 60 & 180min	IM _{ΕΚ-Γ} : ↓7%, αποκ. μέσα σε 3h
Di Iorio et al. (2012)	14 άτομα ΦΔ (11 ♂ & 3 ♀ 26.4±3.2)	ΚΔ (vibroplate) ΠΡΟΘ. 10 min	VO ₂ RPE	Πριν, κατά τη διάρκεια & μετά	VO ₂ : ↑ ΠΔ1& ΠΔ2 (ΠΔ1>ΠΔ2), ↔ OE1&OE2

Gerodimos et al. (2010)	<p>Μελέτη 1: 25♀Φ.Δ. (20.5±1.7ετών), 4Π: 3ΠΔ και 1 ΠΕ. Μελέτη 2: 18♀Φ.Δ. (20.2±2.0ετών), 4Π: 3ΠΔ και 1 ΠΕ.</p>	<p>ΑΔ (Galileo Fitness) Θ: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα 10°. D: 6min Μελέτη 1: <u>ΠΔ1</u> F: 25Hz, A: 4mm <u>ΠΔ2</u> F: 25Hz, A: 6mm <u>ΠΔ3</u> F: 25Hz, A: 8mm <u>ΠΕ</u>: το ίδιο χωρίς δόνηση Μελέτη 2: <u>ΠΔ1</u> F: 15Hz, A: 6mm <u>ΠΔ2</u> F: 20Hz, A: 6mm <u>ΠΔ3</u> F: 30Hz, A: 6mm <u>ΠΕ</u>: το ίδιο χωρίς δόνηση</p>	<p>ΚΙΝ: (sit & reach) SJ</p>	<p>πριν αμέσως μετά μετά από 15 min</p>	<p>ΚΙΝ: ↑ σε όλα τα ΠΔ (αμέσως μετά & μετά από 15min), ↔ ΠΕ SJ: ↔ ΠΔ & ΠΕ</p>
Gojanovic et al. (2012)	<p>10 ♀ ΑΠ (21.7±1.5)</p>	<p>ΚΔ (Plare Process) & ΑΔ(Simso fitness™) Θ-A : διάφορες ασκήσεις (6 ασκ.), 15 επαν. <u>ΟΚΔ</u>: F: 35Hz, A: 8mm, a: 19.7g, D: 20 min (1σετ x 45 s (6 ασκ), 15 s δ./σετ-δ.75 s -1σετ x 45 s (6 ασκ), 15 s δ./σετ-δ.75 s-1σετ x 45 s (6 ασκ), 15 s δ./σετ) <u>ΟΑΔ</u>: F: 26Hz, A: 15mm, a: 20.4g, D: το ίδιο με ΟΚΔ ΟΕ:το ίδιο χωρίς δόνηση</p>	<p>%VO_{2, max} %ΜΚΣ RPE</p>	<p>Ανάμεσα στο 1,2 & 3 σετ</p>	<p>%VO_{2, max}: ΟΑΔ ↑,ΟΚΔ↑ (ΟΑΔ>ΟΚΔ), ↔ ΟΕ %ΜΚΣ: ΟΑΔ ↑, ΟΚΔ↑ (ΟΑΔ>ΟΚΔ), ↔ ΟΕ RPE: ↑ΟΑΔ, ΟΚΔ & ΟΕ (όχι διαφορές μεταξύ των ομάδων)</p>
Guggenheimer et al. (2009)	<p>23ΑΘ (σπριντέρς, άλτες, ρίπτες) Μελέτη 1: (n=14, 21±3 ετών) 4Π (ΠΔ1,ΠΔ2, ΠΔ3,ΠΕ) Μελέτη 2: ΟΑ (n=9, 20±1.5 ετών)</p>	<p>Μελέτη 1: ΚΔ (Pneu-Vibe Pro) ΠΡΟΘ. Θ-A. High skipping <u>ΠΔ1</u> F: 30 Hz, A: 1-2mm (4σετ x 5s, δ. 30s/σετ) <u>ΠΔ2</u> F: 40 Hz, A: 1-2mm (4σετ x 5s, δ. 30s/σετ) <u>ΠΔ3</u> F: 50 Hz, A: 1-2mm (4σετ x 5s, δ. 30s/σετ) <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση Μελέτη 2:</p>	<p>10,20,40 m σπριντ</p>	<p>Πριν Μετά από 1 & 3 min</p>	<p>Μελέτη 1: ↔ ΠΔ1,ΠΔ2,ΠΔ3&ΠΕ: σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν Μελέτη 2: ↔ ΟΑ&ΟΕ σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν</p>

		ΟΑ (3σετ x 90% IRM, δ. 60s/σετ), Θ-A. στρίψιμο				
		ΟΕ-				
Hannah et al. (2013)	14 ♂ Φ.Δ (22±3 ετών), 2Π: (ΠΔ & ΠΕ)	ΚΔ (Power plate) Θ: όρθια στήριξη στο κυρίαρχο πόδι με το γόνατο λυγισμένο 140° D: 5min ΠΔ F: 30 Hz, A: 4mm (5σετ x 60s, δ. 60s/σετ) ΠΕ : το ίδιο χωρίς δόνηση	JPS IM _{ΕΚ-Γ} EMD RFD EMG _q	πριν αμέσως μετά μετά από 1 h	↔ ΠΔ & ΠΕ: σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν	
Hazell et al. (2012)	8 ♂ φοιτ. (26±2.3 ετών)	ΚΔ (WAVE™, Canada) Θ-A. 6 ασκ. άνω & κάτω άκρων ΟΑ F: 45 Hz, A: 2mm, D: 15min (5σετ x 30s/ασκ., δ. 30s/σετ) ΟΑ το ίδιο χωρίς δόνηση ΟΕ-	VO _{2A-T} ΑΠ _{A-T} ΚΣ _A	πριν κατά τη διάρκεια αμέσως μετά μετά από 8 & 24 h	VO _{2A-T} : ΟΔ ↑ 23%, ΟΑ ↑ (ΟΔ>ΟΑ), ↔ ΟΕ ΚΣ _A : ΟΔ ↑, ↔ ΟΑ & ΟΕ ΑΠ _{A-T} : ↓ ΟΔ, ↔ ΟΑ & ΟΕ	
Jacobs et al. (2009)	20 άτομα Φ.Δ. (10♀ & 10 ♂, 28.6±9.73ετών), 2Π (ΠΔ & ΠΟΔ)	ΑΔ (Galileo 2000), ΠΔ F: 26Hz, A: mm, D: 6min, Θ: όρθια με ελαφρώς λυγισμένα γόνατα (5-10°) ΠΟΔ ποδήλατο (6min, 50W)	ΚΣ ΚΙΝ. (sit & reach) ΙΚ-OMP _{Κ-ΕΚ} 120°/s	πριν αμέσως μετά	ΚΣ: ΠΔ ↑19.3%, ΠΟΔ ↑29.5% (ΠΟΔ>ΠΔ) ΚΙΝ: ΠΔ ↑16.2%, ΠΟΔ ↑2.6% (ΠΔ>ΠΟΔ) OMP _{ΕΚ} (peak): ΠΔ ↑7.7%, ΠΟΔ ↓-0.7% OMP _{ΕΚ} (mean): ΠΔ ↑9.6%, ΠΟΔ -2.6% OMP _Κ (peak): ΠΔ ↑5%, ΠΟΔ ↑0.03% OMP _Κ (mean): ΠΔ ↑7.8%, ΠΟΔ ↑1.5%	
Jordan et al. (2010)	24 ♂ ΠΡ (28.1±3.3 ετών) 2Π: (ΠΔ & ΠΕ)	ΚΔ (Nemes-LC) ελαφρά ανασυκοιμένες φτέρνες ΠΔ F: 30 Hz, A: 4mm, D: 3min (3σετ x 60s, δ. 60s/σετ) ΠΕ το ίδιο χωρίς δόνηση	IM _{ΕΚ-Γ} RIT VMA	12min πριν, μετά από 1 και 20min	IM _{ΕΚ-Γ} : ΠΔ ↓ -1.9 %, ΠΕ ↓ -8.9 % RIT: ↔ ΠΔ & ΠΕ VMA: ΠΔ ↓-0.1% , ΠΕ ↓-3.9%	

Kavanaugh et al. (2011)	14 ΠΡ άτομα: 9 ♂ (24.1±1.8) 5 ♀ (23.8±1.1) 3Π: (ΠΔ1,ΠΔ2 & ΠΕ)	ΚΔ (Power Plate) ΠΡΟΘ Θ: όρθια με λυγισμένα γόνατα 120°-130° D: 3σετ x 30 s (δ. 30 s /σετ) <u>ΠΔ1</u> F: 30Hz, A:2-4mm <u>ΠΔ2</u> F: 30Hz, A:2-4mm <u>ΠΕ</u> , το ίδιο χωρίς δόνηση	SJ 90° ύψος άλματος (cm) ΜΔ & ισχύς RFD	πριν μετά από 5min	↔ ΠΔ1, ΠΔ2 & ΠΕ: σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν
Kemertzis et al. (2008)	20 ♂ φοιτ. (21.2±1.1 ετών) 2Π: (ΠΔ & ΠΕ)	ΑΔ (Galileo 900, Novotec) ΠΡΟΘ. 5 min Θ: όρθια τεντωμένα γόνατα, κλίση & στήριξη του κορμού μπροστά, διάτωση εκτεινόντων μυών ποδοκνημικής 5° <u>ΠΔ</u> F: 26 Hz, A:4-4.5mm, a: 0.5g, D: (5σετ x 60 s- δ. 60 s/σετ) <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	ROM _{MP-DF} IK-OMP _{E-Π} 30°/s IK-OMP _{K-Π} 30°/s ΓΙΚΟΡ _{E-Π} 30°/s ΓΙΚΟΡ _{K-Π} 30°/s ΚΜΠ ΜΠ	πριν αμέσως μετά	ΓΙΚΟΡ _{E-Π} : ↓ ΠΔ -41% ↔ ΠΔ & ΠΕ στις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν
Lamont et al. (2010)	21 ♂ ΠΡ (18-30 ετών) 4Π: (ΠΔ1,ΠΔ2,ΠΔ3&ΠΔ4)	ΚΔ (Power Plate) ΠΡΟΘ Θ: όρθια με λυγισμένα γόνατα 135°±5° <u>ΠΔ1</u> F:30Hz A: 2-4mm, a: 3.8g, D: 30 s (1σετ x 30 s) <u>ΠΔ2</u> F: 30Hz A: 2-4mm, a: 3.8g, D: 30 s (3σετ x 10 s-δ.1 min) <u>ΠΔ3</u> F:50Hz A: 4-6mm, a: 5.83g, D: 30 s (1σετ x 30 s) <u>ΠΔ4</u> F:50Hz A: 4-6mm, a: 5.83g, D: 30 s (3σετ x 10 s-δ.1 min)	CMJ : ύψος άλματος (cm) ταχύτητα απογείωσης και ισχύς PP MP RP V _{av}	πριν μετά από 2,7.5 και 17 min	CMJ: ΠΔ4 ↑4.12%, (ΠΔ4>ΠΔ3) ΠΔ3 ↑ 4.34%, (ΠΔ3> ΠΔ1) ,↑ ΠΔ1& ΠΔ2 PP,MP: ↑ΠΔ1,ΠΔ2,ΠΔ3&ΠΔ4 RP:↑ΠΔ4,ΠΔ3&ΠΔ1(ΠΔ4>ΠΔ3&ΠΔ1), V _{av} : ↑ ΠΔ4 2.97 %, (ΠΔ4>,ΠΔ2), ΠΔ1,ΠΔ2&ΠΔ3
Piennar (2010)	34 ♀ ΑΘ χόκεϋ (18.11-23.3 ετών), 2Π (ΠΔ & ΠΕ)	ΚΔ (Power Plate) ΠΡΟΘ <u>ΠΔ</u> F: 35 Hz, A: 2-6mm, D: 5 min (4σετ x 30s, δ. 30 s /σετ-δ.2 min- 4σετ x 45 s), 4 ασκ. <u>ΠΕ</u>	VJT 5,10,20m σπριντ Ευκνησία (T-Test)	πριν μετά από ειδική ΠΡΟΘ. χόκεϋ	↔ ΠΔ & ΠΕ: σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν

Rittweger et al. (2003)	10 ♀ (21.8 ± 2.7 ετών) & 9 ♂ (24.4 ± 2.8 ετών)	ΑΔ (Galileo 2000) ΠΡΟΘ. 10min <u>ΠΔ</u> F: 26Hz, A: 12mm, D: μέχρι εξάντλησης, ζώνη 40% του βάρους, εκτ. ημικ. (90°) <u>ΟΕ</u> : όπως ΟΔ χωρίς δόνηση	πριν αμέσως μετά μετά από 10min	C130s: ↔
Robbins et al. (2012)	20 άτομα ΦΔ (14 ♂ & 6 ♀, 29 ± 10.4 ετών)	ΚΔ (Power Plate) Θ-Α. άρσεις φτερνών <u>ΠΔ</u> F: 40Hz, A: 1.9mm, D: 10σετ x 15 επαν. (1s πάνω/1s κάτω) <u>ΟΕ</u> , το ίδιο χωρίς δόνηση	πριν κατά την διάρκεια μετά 20 s	Ο2Hb: ↓ ΠΔ & ΟΕ (ΠΔ>ΟΕ) THb: ↓ ΠΔ & ΟΕ (ΠΔ>ΟΕ) THI: ↓ ΠΔ & ΟΕ (ΠΔ>ΟΕ) TOI: ↓ ΠΔ & ΟΕ (όχι διαφορά) HHb: ↑ ΠΔ & ΟΕ (όχι διαφορά) GRF: ΠΔ ↑ 6%, ↔ ΟΕ 30m : ↔ ΠΔ & ΟΕ
Roberts et al. (2009)	11 ♂ ΑΘ (21.9 ± 2.5 ετών) σπριντέρς	ΑΔ (Galileo 2000) ΠΡΟΘ. 10 min <u>ΠΔ</u> F: 26Hz, A: 4mm, D: 1σετ x 60s, Θ: όρθια με λυγισμένα γόνατα (45°), φτέρνες ελαφρά ανασυκωμένες <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	πριν & μετά	GRF 30m σπριντ
Ronnestad et al. (2011a)	9 ♂ ΑΘ (23 ± 2 ετών) ποδ.	ΚΔ (Pneu-Vibe Pro) ΠΡΟΘ. 10 min Θ-Α.: δυναμικό ημικάθισμα, 15 επαν. <u>ΠΔ1</u> F: 50Hz, A: 3mm, D: 1σετ x 30s, <u>ΠΔ2</u> F: 30Hz, A: 3mm, D: 1σετ x 30s, . <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	Πρίν & 1 min μετά	40m σπριντ 40 m : ↑ ΠΔ1, ↔ ΠΔ2 & ΠΕ
Sands et al. (2008b)	10 ♂ ΑΘ (10.7 ± 0.99 ετών) ΠΔ ΠΕ	ΚΔ (Power Plate) Θ: σπαγκάτ <u>ΟΔ</u> F: 30Hz, A: 2mm, a: 3.62 g, D: 45 s, <u>ΟΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	πριν αμέσως μετά	ΚΙΝ: ↑ ΟΔ & ΟΕ (ΟΔ>ΟΕ)
Siu et al. (2010)	10 ♂ ΦΔ (21.9 ± 2.5 ετών)	ΑΔ (Galileo) ΠΡΟΘ. 5 min <u>ΠΔ1</u> F: 26Hz, A: 4 mm, a: ~ 10g, D: 6 min (10σετ x 60 s, δ.60 s /σετ) <u>ΠΔ2</u> F: 40Hz, A: 4 mm, a: ~ 10g, D: 6 min (10σετ x 60 s, δ.60 s /σετ) <u>ΠΕ</u> , το ίδιο χωρίς δόνηση	πριν αμέσως μετά	OMP _{ΕΚ-Γ} : ↑ ΠΔ1 & ΠΔ2 (ΠΔ1>ΠΔ2) OMP _{Κ-Γ} : ↔ ΠΔ1, ΠΔ2 & ΠΕ IKEKP _{ΕΚ-Γ} : ↔ ΠΔ1, ΠΔ2 & ΠΕ IKEKP _{Κ-Γ} : ↔ ΠΔ1, ΠΔ2 & ΠΕ Μυϊκή ακαμψία(Young's modulus: ↔ ΠΔ1, ΠΔ2 & ΠΕ

Stevenson (2005)	20 ΦΔ άτομα: 13 ♂, 7 ♀ (22.9 ± 2.2 ετών) ΠΑ ΠΕ	ΚΔ (Power Plate) ΟΔ F: 26Hz, A: 5mm, D: 10min (5σετ x 60s, δ: 60s/σετ-δ: 6min-5σετ x 60s, δ: 60s/σετ), Θ: ημικάθισμα 45° ΟΕ το ίδιο χωρίς δόνηση	CMJ EMD	πριν, στο διάλειμμα και αμέσως μετά	CMJ, EMD: ↔ ΟΔ & ΟΕ
Stewart et al. (2009)	12 ♂ ΠΡ (23.7 ± 4.2 ετών), 3 Π: (ΠΑ1, ΠΑ2 & ΠΑ3)	ΑΔ (Galileo™ Sport Professional) ΠΑ1 F: 26Hz, A: 4mm, D: 2min ΠΑ2 F: 26Hz, A: 4mm, D: 4min ΠΑ3 F: 26Hz, A: 4mm, D: 6min Θ: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα (5°)	IMP _{ΕΚ-Γ} (μέγιστη) μέση; 75°	πριν Αμέσως μετά	IMP _{ΕΚΓ} (μέγιστη): ↑ 3.8% ΠΑ1, ↓ - 2.7% ΠΑ2, ↓ - 6% ΠΑ3 IMP _{ΕΚΓ} (μέση): ↑ 3.6% ΠΑ1, ↓ - 0.8% ΠΑ2, ↓ - 5.21% ΠΑ3
Sutrowiec (2012)	12 ♂ ΑΘ (29.9 ± 10 ετών) ποδηλ.	ΚΔ (Pneu-Vibe Pro) ΠΡΟΘ. 5 min Θ: όρθια με λυγισμένα γόνατα (15°), ΠΑ1 F: 30Hz, A: 2mm, D: 10 min (2σετ x 5 min, δ: 1 min /σετ) ΠΑ2 F: 20-55Hz, A: 2mm, D: 10 (2σετ x 5 min, δ: 1 min /σετ) ΠΕ το ίδιο χωρίς δόνηση	ΡΡ ΡΡ FΙ	πριν αμέσως μετά	↔ ΠΑ1, ΠΑ2 & ΠΕ: σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν
Torvinen et al. (2002b)	16 άτομα (8 ♂ & 8 ♀, 18-35 ετών), 2 Π (ΠΑ & ΠΑ)	ΠΡΟΘ ΚΔ (Kuntotary) ΠΑ F: 25-40Hz (5Hz/min), A: 2mm, D: 4min (4σετ x 60s), 6 ασκ. ΠΑ το ίδιο χωρίς δόνηση	ΔΧ IMΔ _{ΕΚ} (leg press) CMJ ΙΣ Ευκνησία	10min πριν, μετά από 2 και 60min	↔ ΠΑ & ΠΑ: σε όλες τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν
Torvinen et al. (2002c)	16 άτομα (8 ♂ & 8 ♀, 24-33 ετών), 2 Π (ΠΑ & ΠΑ)	ΠΡΟΘ ΑΔ (Galileo 2000) ΠΑ F: 15-30Hz (5Hz/min), A: 10mm, a: 3.5-14g, D: 4min (4σετ x 60s), 6 ασκ. ΠΑ το ίδιο χωρίς δόνηση	ΔΧ IMΔ _{ΕΚ} (leg press) CMJ ΙΣ ευκνησία	10min πριν & μετά από 2 και 60min	IMΔ _{ΕΚ} : ↑ 3.2% (2min) & ↑ 2.4% (60min) ΠΑ, ↔ ΠΑ CMJ: ↑ 2.5% ΠΑ (επαναφορά στα 60min), ↔ ΠΑ ΔΧ, ΙΣ & ευκνησία: ↔ ΠΑ & ΠΑ

Turner et al. (2011)	12 ♂ ΦΔ (31 ± 8 ετών)	ΠΡΟΘ: 5 min ΚΔ (Nemes-LC) Θ: ημικάθισμα 100° <u>ΠΔ1</u> F: 30 Hz, A: 8 mm, D: 30 s (1 σετ x 30s) <u>ΠΔ2</u> F: 35 Hz, A: 8 mm, D: 30 s (1 σετ x 30s) <u>ΠΔ3</u> F: 40 Hz, A: 8 mm, D: 30 s (1 σετ x 30s) <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	CMJ	πριν αμέσως μετά	CMJ: ↑ ΠΔ 3, ↔ ΠΔ1, ΠΔ2 & ΠΕ
Van Zyl et al. (2011)	52 ♀ ΑΘ. Ενοργ. (8-10 ετών) (ΠΔ1, n=15) (ΠΔ2, n=9) (ΠΔ3, n=9) (ΠΕ), n=19	ΚΔ (Power Plate) Θέση: σπαγκάτ <u>ΟΑ</u> : 10 min, σπαγκάτ <u>ΠΔ1</u> : F: 30 Hz, D: 10 min (1 σετ x 10 min, σπαγκάτ) <u>ΠΔ2</u> : 10 min σπαγκάτ + 30 s δόνηση το ίδιο με <u>ΠΔ1</u> <u>ΟΕ</u>	KIN (σπάγκατ)	πριν αμέσως μετά	KIN: ↑ ΟΑ 15.7 %, ΠΔ1 39.3 %, ΠΔ2 13.3 %, ΟΕ 5.5%
Zory et al. (2013)	11 ♂ ΦΔ (21.7 ± 1.4 ετών)	ΠΡΟΘ. ΑΔ (T-Zone, Canada) Θ: ημικάθισμα 90° D: 20min (10σετ x 30 s, δ. 30 s /σετ -δ.3 min -10σετ x 30 s) x 2 <u>ΠΔ1</u> F: 20Hz, A: 8mm, a: 1.9 g D: 20min <u>ΠΔ2</u> F: 40Hz, A: 8mm, a: 4.1 g D: 20min <u>ΠΔ3</u> F: 60Hz, A: 8mm, a: 7.2 g D: 20min <u>ΟΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	IMP _{ΕΚ-Γ} (μέγιστη) EMG _{VL,RF,BF} M _{Wave}	πριν & μετά	IMP: ↓ ΠΔ1 -8.1±9.9%, ΠΔ2 -11.9±12.7%, ΠΔ3 -7.8±9.2% & ΟΕ -9.4±6.1% (όχι διαφορά μεταξύ των ομάδων) EMG _{DF} : ↑ ΠΔ2 & ΠΔ3, ↔ ΠΔ1 & ΟΕ EMG _{VL,RF} : ↔ ΠΔ1, ΠΔ2, ΠΔ3 & ΟΕ M _{Wave} : ↔ ΠΔ1, ΠΔ2, ΠΔ3 & ΟΕ
Κορατράντου και συν. (2008)	16 ♀ ΦΔ (20.59 ± 1.9 ετών), 2Π (ΠΔ & ΠΕ)	ΑΔ (Galileo Fitness) <u>ΠΔ</u> F: 25Hz, A: 4mm, D: 6min, Θ: γόνατα λυγισμένα 10° <u>ΠΕ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	KIN. (sit & reach)	πριν αμέσως μετά μετά από 15min	KINpre-post: ΠΔ ↑ 4.5%, ΠΕ ↔ KINpre-after15min: ↑ ΠΔ, ΠΕ ↔

Πισπρικό και συν. (2009)	16 ♀ ΦΔ (20.59 ± 1.9 ετών), 2 Π (ΠΔ & ΠΕ)	ΑΔ (Galileo Fitness) ΠΔ F: 25Hz, A: 8mm, D: 6min, Θ: γόνατα λυγισμένα (10° ΠΕ το ίδιο χωρίς δόνηση	SJ CMJ	πριν αμέσως μετά μετά από 15min	SJ: ↔ ΠΔ & ΠΕ CMJ: ↔ ΠΔ & ΠΕ
--------------------------	---	---	-----------	---------------------------------------	---------------------------------

ΑΠ: απροπρόγητα άτομα, ΑΘ: αθλητές/τριες, ♀♂: γυναικείες, ♂: ανδρικές, ΠΔ: πρωτόκολλο δόνησης, ΚΔ: κατακόρυφη δόνηση, Θ: θέση, δ.: διάλειμμα, F-frequency: συχνότητα, A-amplitude: πλάτος τάλαντώσης, D-duration: διάρκεια, Θ-A: θέση-άσκηση, CMJ-counter movement jump: άλμα με αντίθετη κίνηση, ↑: αύξηση, ΟΔ: ομάδα δόνησης, ΑΔ: αμφίπλευρη δόνηση, ↓: μείωση, Π: πρωτόκολλο, ΠΡΟΘ: προθέρμανση, ΠΕ: πρωτόκολλο ελέγχου, ↔: καμία μεταβολή, ΦΔ: άτομα με φυσική δραστηριότητα, w: ισχύς, T: τεστοστερόνη, GH: αναπτυξιακή ορμόνη, C: κορτιζόλη, SJ-squat jump: άλμα από ημικάθισμα, KIN: κινητικότητα, ΠΟΔ: ποδήλατο, CMJHF: άλμα με αντίθετη κίνηση με ελεύθερα χέρια, ΔX: δύναμη χειρολαβής, ΠΡ: προπονημένα άτομα, ΠΛ: ομάδα εικονικής δόνησης, Ξ.HM: ισομετρικό ημικάθισμα, IRM: μια μέγιστη επανάληψη με ελεύθερα χέρια, IM_{ΕΚ-Γ}: ισομετρική δύναμη εκτεινόντων μύων της άρθρωσης του γόνατος, RFD-rate of force development: ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης, IMP_{ΕΚ-Γ}: ισομετρική ροπή δύναμης εκτεινόντων μύων της άρθρωσης του γόνατος, RTD-rate of torque development: ρυθμός ανάπτυξης ροπής, ΚΣ: καρδιακή συχνότητα, IK-OMP_{ΕΚ-Κ-Γ}: ομόκεντρο ισοκίνητική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μύων της άρθρωσης του γόνατος, ΙΚΕΚΡ_{ΕΚ-Γ}: έκκεντρο ισοκίνητική ροπή δύναμης εκτεινόντων μύων της άρθρωσης του γόνατος, ΙΣ: ισορροπία, ΥΚ: ύπτια κατάκλιση, PP-peak power: μέγιστη ισχύς, MP-mean power: μέση δύναμη εκτεινόντων μύων της άρθρωσης του γόνατος, ΙΚΕΚΡ_{Κ-Γ}: έκκεντρο ισοκίνητική ροπή δύναμης καμπτήρων μύων της άρθρωσης του γόνατος, C_{J10}-continuous jump: συνεχόμενα άλματα 30s, C_{J10}-continuous jump: 10 συνεχόμενα άλματα, Ξ: ισορροπία, ΥΚ: ύπτια κατάκλιση, PP-peak power: μέγιστη ισχύς, MP-mean power: μέση ισχύς, RP-relative power: σχετική ισχύς, BL-blood lactate: γαλακτικό οξύ αίματος, MT-muscle temperature: θερμοκρασία μυ, PC-pedal cadence: ρυθμός ποδηλάτησης, RW-relative work: σχετικό έργο, EMG_{VL}-Electromyography of vastus lateralis: Ηλεκτρομιογράφημα πλάγιου μύ, EMG_G-Electromyography of quadriceps: Ηλεκτρομιογράφημα τετρακεφάλου, DS-dynamic stiffness: δυναμική ακαμψία, JPS-Joint position sense: δείκτης κιναισθησίας, EMD-electromechanical delay: λανθάνων χρόνος απόκρισης, RTT- resting muscle twitch torque: μυϊκή ροπή ηρεμίας, VMA-voluntary muscle activation: εκούσια μυϊκή ενεργοποίηση, V_{av}- average velocity: μέση ταχύτητα απογείωσης, MΔ-μέγιστη δύναμη, RPE-rate of perceiving exertion: κλίμακα υποκειμενικής κόπωσης, EMG_{VL,GM,VM,BF}- Electromyography of vastus lateralis, vastus medialis,gastrocnimious medialis, diceps femoris: Ηλεκτρομιογράφημα πλάγιου, μέσου πλάγιου, μέσου γαστροκνήμιου, δικέφαλος μηριαίος, VJT-vertec jump test: κάθετο άλμα με αντίθετη κίνηση, ROM_{RF-DF}-range of motion plantarflexor & dorsiflexor: μέγιστο εύρος κίνησης εκτεινόντων και καμπτήρων μύων ποδοκνημικής, ΙΚ-OMP_{ΕΚ-Κ-Π}: ισοκίνητική ομόκεντρο ροπή εκτεινόντων & καμπτήρων ποδοκνημικής, ΓΙΚΟΡ_{Ε-Π-Π}: γωνία μέγιστης ισοκίνητικής ομόκεντρος ροπής εκτεινόντων & καμπτήρων ποδοκνημικής, ΚΜΠ:καθυστηρημένος μυϊκός πόνος, ΜΠ: μυϊκή περιμετρος, ΟΑ: ομάδα άσκησης, GRF_ ground reaction force: αντιδραστική δύναμη ώθησης, FI-fatigue index:δείκτης κόπωσης, BS-Ballspeed:ταχύτητα μπάλας, BLA- ball launch ankle γωνία χτυπήματος μπάλας, GBGF- golf ball carried during flight: απόσταση πτήσης μπάλας, TDB-total distance of ball: σύνολο απόστασης, AGB-accuracy of golf ball: ακρίβεια χτυπήματος, VO₂: πρόσληψη οξυγόνου, VO_{2max}: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ΟΑΔ: ομάδα αμφίπλευρης δόνησης, ΟΚΔ: ομάδα κατακόρυφης δόνησης, DF-diceps femoris: δικέφαλος μηριαίος, RF-rectus femoris: ορθός μηριαίος, VO_{2A-T}: μέση & ολική πρόσληψη οξυγόνου, ΑΠ: αναπνευστικό πηλίκιο, ΗΗb: διοξυαιμογλοβίνη, Ο2Hb: οξυαιμογλοβίνη, ΤHb: ολική αιμογλοβίνη, ΤΟΙ: οξειδωτικός δείκτης ιστού, ΤΗΙ: σταθμισμένος δείκτης αιμογλοβίνης ιστού.

Πίνακας 3. Βραχύχρονη επίδραση προγραμματών άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα, τη δύναμη, την ταχύτητα, την ανθεκτικότητα και αερόβια ικανότητα.

Συγγραφείς	Δείγμα	Πρόγραμμα Παρέμβασης		Αξιολόγηση	Μέτρηση	Αποτελέσματα
		Διάρκεια	Στοιχεία Επιβάρυνσης-Τύπος Δόνησης			
Bosco et al. (1998)	14 ΦΔ <u>OA</u> (n=7) <u>OE</u> (n=7)	10ΠΜ	AA (Galileo 2000) <u>OA</u> : F: 26Hz, A: 10mm, a: 54m/s ² , D: 5σετ x 2min (δ. 40s/σετ), Θ-A: 5 ασκ <u>OE</u> -	CMJ 5s CJ	Πριν και μετά	OA: ↔CMJ & ↑5s CJ OE: ↔CMJ & 5s CJ
Cochrane et al. (2004)	24 ΦΔ (16♂ & 8♀, 23.9±5.9ετών) <u>OA</u> (n=12) <u>OE</u> (n=12)	9ΠΜ (5WBV-2δ- 4WBV)	AA (Galileo 2000) ΠΡΟΘ. & ΑΠΟΘ.: 10min <u>OA</u> : F: 26Hz, A: 11mm, D: 5σετ x 2min (δ. 40s/σετ), Θ-A: 5 ασκήσεις <u>OE</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	SJ CMJ 5,10,20m σπριντ Ευκινησία (505, up and back test)	Πριν και 2 ημέρες μετά	OA & OE: ↔
Cronin et al. (2004a)	15 ♀ΑΘ χορεύτριες (20.5±4.0ετών)	10ΠΜ	AA (Galileo™ 2000) <u>OA</u> : F: 26Hz, A: 5.2mm, D: 5σετ x 90- 120s (δ. 40s/σετ), Θ-A: 5 ασκήσεις <u>OHA</u> :το ίδιο χωρίς δόνηση <u>OE</u> -	CMJ DJ	Πριν και 2 ημέρες μετά	OA: DJ & CMJ↑ (1.4-8.7%)
De Ruiter et al. (2003b)	10ΑΠ (♂ & ♀, 23.3±4.2ετ ών)	6ΠΜ	AA (Galileo 2000) F: 30Hz, A: 8mm, D: 5σετ x 1min (δ. 2min/σετ), Θ-A: όρθια με τα γόνατα λειτουργούμενα (110°)	IM _{ΕΚ-Γ} RFD	Πριν και 3 ημέρες μετά	↔ IM _{ΕΚ-Γ} & RFD
Epperson (2009)	44 φοιτ. (31♂ & 13♀, 22.5±1.8ετών) 4Π(ΟΠΑ,ΟΑΔ,ΟΔ ,OE)	15 ΠΜ (σε 21 μέρες)	AA (Galileo 2000) <u>OA</u> : F: 26Hz, A: 4mm, D: 2.30 (5σετ x 30s, δ. 30s/σετ), Θ-A: δίπλωση κορμού με τα γόνατα ελαφρά λειτουργούμενα <u>OHA</u> : το ίδιο χωρίς δόνηση <u>OA</u> : F: 26Hz, A: 4mm, D: 2.30 (5σετ x 30s, δ. 30s/σετ), Θ-A: όρθια με τα γόνατα λειτουργούμενα (30°-40°) <u>OE</u> : -	KIN _{LPKE}	Πριν, κατά τη διάρκεια 1,2, 3 εβδ. Μετά 1,2 & 3εβδ.	↑ KIN _{LPKE} : ΟΑΔ & ΟΠΑ (ΟΑΔ>ΟΠΑ), ↔ ΟΔ & OE ↑ KIN _{LPKE} : ΟΑΔ & ΟΠΑ διατήρηση 21 μέρες μετά (όχι διαφορά μεταξύ ΟΑΔ & ΟΠΑ)

Feland et al. (2010)	34 ΦΔ φοιτ. (22 ♂ & 12 ♀, 23.4±1.7ετών) 3Π (ΟΑ, ΟΑΔ, ΟΕ)	20ΠΜ (5ΠΜ-δ.2μ.) x 4 εβδ.	ΑΔ (Galileo 2000) ΟΑΔ: F: 26Hz, A: 4mm, D: 5σετ x 30 s (δ. 30 s /σετ), Θ-A: διτλώση κορμού με τα γόνατα ελαφρά λυγισμένα ΟΑ: το ίδιο χωρίς δόνηση ΟΕ: -	KIN _{LRKE}	Πριν, μετά, μετά από 1,2 & 3 εβδ.	KIN _{LRKE} : ΟΑΔ ↑ 22% & ΟΑ ↑ 14%, (όχι διαφορές μεταξύ ΟΑΔ & ΟΑ), ↔ ΟΕ Επαναφορά μετά 3 εβδ.
Kararantou et al. (2013)	26 ΦΔ♀ (20.40±0.27 ετών) ΟΑ (n=13) ΟΕ (n=13)	16ΠΜ (σε 22 μέρες)	ΑΔ (Galileo Fitness) ΠΡΟΘ. 10min ΟΑ F: 25Hz, A: 6mm, D: 10min (2σετ x 5min, δ. 2min/σετ), Θ-A: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα (10°) ΟΕ -	IKOMP _{EK-K-T} IKEKP _{EK-K-T} IMP _{EK-K-T} IKEKP _{K-T} /IKOMP _{E-T} SJ, CMJ KIN (sit-and-reach)	Πριν, 2 ημέρες μετά & μετά από 21 ημέρες	ΟΔ: IKOMP _{K-T} , IKEKP _{K-T} & IMP _{K-T} ↑ ΟΔ: IKEKP _{K-T} /IKOMP _{E-T} ↑ ΟΔ: KIN, ↑ 13% ΟΔ & ΟΕ: SJ & CMJ ↔ Επαναφορά 21 μέρες μετά
Καρατράντου (2010)	26 ΦΔ♀ (18-24 ετών) ΟΑ (n=13) ΟΕ (n=13)	16ΠΜ (σε 22 ημέρες)	ΑΔ (Galileo Fitness) ΟΑ: F: 25Hz, A: 6mm, D: 10min (2σετ x 5min, δ. 2min/σετ), Θ-A: όρθια με τα γόνατα λυγισμένα (10°) ΟΕ: -	IKOMP _{EK-K-T} IKEKP _{EK-K-T} IMP _{EK-K-T} SJ, CMJ & DJ MI & MI/kg (wingate-test) KIN (sit-and-reach)	Πριν, 2 ημέρες μετά & μετά από 22 ημέρες	ΟΔ & ΟΕ: ↔
Sarshin et al. (2011)	60 ♂ ΑΘ φοιτ. (22-26 ετών) ΟΔΚ (n=15) ΟΔΚΠ (n=15) ΟΔ (n=15) ΟΕ (n=15)	10ΠΜ	ΤΔΑ Θ-A. 6 ασκ. ΟΔΚ: F: 20-35 Hz, A: 5-10mm ΟΔΚΠ: το ίδιο με ΟΔΚ ΟΔ: το ίδιο με ΟΔΚ ΟΕ:	IRM _{Leg Press} SJT 60 m σπριντ	Πριν και μετά	↑ RM: ΟΔΚ, ΟΔΚΠ & ΟΔ: ↑ SJT : ΟΔΚ, ΟΔΚΠ & ΟΔ (όχι διαφορές μεταξύ ΟΔΚ, ΟΔΚΠ & ΟΔ) ↑ 60 m: ΟΔΚ ↔ ΟΕ

ΦΔ: άτομα με φυσική δραστηριότητα, ΑΘ:αθλητές/τριες, ΟΔ: ομάδα δόνησης, ΟΕ: ομάδα ελέγχου, ΠΜ: προπονητική μονάδα, ΑΔ: αμφίπλευρη δόνηση, F-frequency: συχνότητα, A-amplitude: πλάτος ταλάντωσης, a-acceleration: επιτάχυνση, D-duration: διάρκεια, Θ-A: θέση-άσκηση, CMJ-counter movement jump, CI-continuous jump: συνεχόμενα άλματα, ↔: καμία μεταβολή, †: αύξηση, ♂: άνδρες, ♀: γυναίκες, WBV-Whole body vibration: ολόσωμη δόνηση, δ.: διάλειμμα, ΠΡΟΘ.: προθέρμανση, ΑΠΟΘ.: αποθεραπεία, SJ-squat jump: άλμα από ημκάθισμα, ΑΘ: αθλητές/τριες, ΟΠΛ: ομάδα πλάσιμτο, DJ-drop jump: άλμα βάρους, ΑΠ: απορόνητα άτομα, IM_{EK-T}: ισομετρική δύναμη εκτεινόντων μόνων της άρθρωσης του γόνατος, RFD-rate of force development: ρυθμός ανάπτυξης της δύναμης, IKOMP_{EK-K-T}: ομόκεντρη ισοκινητική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μόνων της άρθρωσης του γόνατος, RFD-ισοκινητική έκεντρη ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μόνων της άρθρωσης του γόνατος, IM_{EK-K-T}: ισομετρική ροπή δύναμης εκτεινόντων μόνων της άρθρωσης του γόνατος, MI: μέγιστη ισχύς, MI/kg: μέγιστη ισχύς/σωματική μάζα, KIN: κινητικότητα, LPKE-Lying passive knee extension:παθητική διάταση εκτεινόντων γόνατος, ΟΔΚ: Ομάδα δόνησης & κρεατίνης, ΟΔΚΠ: ομάδα δόνησης & πλάσιμτο κρεατίνης, IRM_{Leg Press}: 1 μέγιστη επανώληνη πιέσεως ποδιών, SJT:seigeant jump test, ΟΔΑ: Ομάδα δόνησης και άσκησης, ΤΔΑ: τύπος δεν αναφέρεται.

Πίνακας 4. Μακρόχρονη επίδραση προγραμματιών άσκησης με ολόσωμη δόνηση (~40 προπονητικές μονάδες) στην κινητικότητα, τη δύναμη, την ισχύ, την ταχύτητα, την αναιρόβια και αερόβια ικανότητα

Συγγραφείς	Δεγμάμα	Πρόγραμμα Παρέμβασης		Αξιολόγηση	Μέτρηση	Αποτελέσματα
		Διάρκεια	Στοιχεία Επιβάρυνσης-Τύπος Δόνησης			
Annino et al. (2007)	22 ♀ μπαλαρίνες (21.25±1.5ετών) ΟΔ (n=11) ΟΕ (n=11)	24 ΠΙΜ (8 εβδ., 3φ./εβδ)	ΚΔ (Nemes LC) <u>ΟΔ</u> F: 30Hz, A: 5mm, D: 5σετ x 40s, δ. 60s/σετ, Θ-A: στατικό ημικάθισμα (100°) <u>ΟΕ</u> -	CMJ Leg press με 50, 70 & 100kg αντιστάση (AF, AP & AV)	πριν και 3 ημέρες μετά τη λήξη	CMJ: ↑ 6.3% ΟΔ, ↔ ΟΕ AF, AP & AV (70 & 100kg): ↑ ΟΔ, ↔ ΟΕ AP & AV (50kg): ↑ ΟΔ, ↔ ΟΕ
Cheng et al. (2012)	24 ♂ ΑΘ (20.0±1.7 ετών) ΟΔ (n=11) ΠΔ (n=12)	24 ΠΙΜ (8 εβδ., 3φ./εβδ.)	ΚΔ (AV-001A, Taiwan) <u>ΟΔ</u> F: 30Hz, A: 1-2mm, D: 3-10min, 10σετ x 30s-1min, δ. 60s/σετ, Θ-A: στατικό ημικ. 120° <u>ΠΔ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	IMΔ _{ΕΚ-Κ-Π} 120° RFD _{ΕΚ-Κ-Γ} RFD _{ΕΚ-Κ-Π} RE	πριν και μετά από 8 εβδ.	IMΔ _{ΕΚ-Κ-Γ} : ↔ ΟΔ & ΠΔ IMΔ _{ΕΚ-Κ-Π} : ↑ ΟΔ IMΔ _{Κ-Π} : ↑ ΠΔ (όχι διαφορά) RFD _{ΕΚ-Κ-Γ} : ↔ ΟΔ & ΠΔ RFD _{ΕΚ-Κ-Π} : ↑ ΟΔ, ↔ ΠΔ RE: ↑ ΟΔ ~5%-8%, ↔ ΠΔ
Cole et al. (2010)	8 φουτ. ΠΡ, 6 ♂ & 2 ♀ ΟΑΔ ΟΑ	10 ΠΙΜ (5 εβδ., 2φ./εβδ.)	ΚΔ (Powerplate) <u>ΟΑΔ</u> F: 30-50Hz, A: 2-6mm, D: 3-4 min, δ. 2/ασκ, Θ-A: 4 δυναμικές & στατικές ασκήσεις (κάτω άκρων) <u>ΟΑ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	KIN(sit-and-reach test) VJ 40 m σπριντ	πριν, μετά 5 & 10 εβδ.	KIN: ↔ ΟΔ & ΟΑ VJ: ↑ ΟΔΔ, ↔ ΟΑ 40 m: ↑ ΟΔΔ, ↔ ΟΑ
Colson et al. (2010)	18 ΑΘ μπάσκετ, 13 ♂ & 5 ♀ (18-24 ετών) ΟΔ (n=10) ΟΕ (n=8)	12 ΠΙΜ (4 εβδ., 3φ./εβδ.)	ΚΔ (Silverplate) <u>ΟΔ</u> F: 40Hz, A: 4mm, D: 20min, Θ-A: 10 στατικές ασκήσεις (κάτω άκρων) <u>ΟΕ</u> (Προπόνηση καλαθοσφαίρισης)	IMΔ _{ΕΚ-Γ} SJ CMJ DJ CJ30s 10m σπριντ	πριν και μετά από 4εβδ.	IMΔ _{ΕΚ-Γ} : ↑ ΟΔ, ↔ ΟΕ SJ: ↑ ΟΔ, ↔ ΟΕ CMJ, DJ & CJ30s: ↔ ΟΔ, ΟΕ 10m σπριντ: ↔ ΟΔ & ΟΕ
Dastmenash et al. (2010)	31 ♂ φουτ. (24.5±3.6) ΟΔ (n=10) ΟΑ (n=11) ΟΑΔ (n=10)	18 ΠΙΜ (6 εβδ., 3φ./εβδ.)	ΚΔ (Nemes OMP) <u>ΟΔ</u> 28Hz, A: 10mm, D: 6σετ x 30s, δ. 30s/σετ, Θ-A: στατικό ημικάθισμα (90°) <u>ΟΑ</u> (3σετ x 30s) 2 ασκ. PNF <u>ΟΑΔ</u> το ίδιο με δόνηση	KIN _{A-T-Π}	πριν, μετά 3, 6 εβδ. 3 εβδ. μετά τη λήξη	KIN _{A-T-Π} : ↑ ΟΔ, ΟΑ, ΟΑΔ (ΟΔΔ>ΟΑ&ΟΔ) 3 & 6 εβδ. KIN _{A-T-Π} : ↓ ΟΔ, ΟΑ & ΟΑΔ (ΟΔ<ΟΔΔ&ΟΑ), μετά τη λήξη

Da Silva-Grigoletto et al. (2009)	45 ΦΔ ♂ (19.7±1.9ετών) ΟΔ1, ΟΔ2 & ΟΕ	12ΠΜ (4 εβδ., 3φ./εβδ.)	ΚΔ (Nemes) ΟΔ1 F: 30Hz, A: 4mm, D: 6σετ x 60s (δ. 60s/σετ), Θ-A: ημικαθ. (100°) ΟΔ2 F: 30Hz, A: 4mm, Δ: 6σετ x 60s (δ.120s/σετ), Θ-A: ημικαθ. (100°) ΟΕ -	SJ CMJ Ισχύς 4RM	3 ημέρες πριν και 3 ημέρες μετά	SJ, CMJ & Ισχύς: ↑ ΟΔ1 & ΟΔ2 (ΟΔ1>ΟΔ2) 4RM: ↑ ΟΔ1 & ΟΔ2
Delecluse et al. (2005)	20 Α σπριντ (17- 30 ετών) ΟΔ (n=10, 6♂,4♀) ΟΕ (n =10,7♂,3♀)	15ΠΜ (5 εβδ., 3φ./εβδ.)	ΚΔ (Powerplate) ΟΔ F: 35-40Hz, A: 1.7-2.5mm, D: 9- 18min (6 ασκ. x 3σετ x 30-60s, δ. 60-5s) Θ-A: 6 στατικές & δυναμικές ασκήσεις ΟΕ -	IMP _{ΕΚ-Κ-Γ} : 90 & 130° IKP _{ΕΚ-Κ-Γ} : 100°/s CMJ Σπριντ 30m (χρόνος εκκίνησης [ms], ορίζοντα ταχύτητα [m/s] & ορίζοντα επιτάχυνση[m/s ²])	πριν και μετά	↔ ΟΔ & ΟΕ σε καμία από τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν
Di Giminiani et al. (2009)	30 ΦΔ 15♀ & 15♂ (22 ετών) ΟΔ1 (n = 9) ΟΔ2 (n = 10) ΟΕ (n = 11)	24ΠΜ (8 εβδ., 3φ./εβδ)	ΚΔ (Nemes LC) ΟΔ1 F:20-45Hz (ατομική για κάθε δοκιμαζόμενο), A: 2mm, D: 10min (5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ-δ.4min-5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ), Θ-A: στατ. ημικ (90°) ΟΔ2 F: 30Hz, A: 2mm, D: 10min (5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ-δ.4min-5 σετ x 60s, δ. 60s/σετ), Θ-A: στατ. ημικ (90°) ΟΕ -	SJ CMJ CJ10s (ύψος άλματος & ισχύς)	πριν, 4 ^η εβδ, 8 ^η εβδ και 1 εβδ μετά τη λήξη (9 ^η εβδ)	SJ: ↑ 11% ΟΔ1, 3% ΟΔ2, 2% ΟΕ CMJ: ↔ ΟΔ1, ΟΔ2 & ΟΕ CJ10s (cm): ↑22% ΟΔ1, ↔ΟΔ2 & ΟΕ CJ10s (ισχύς): ↑ 18% ΟΔ1, ↔ΟΔ2 & ΟΕ
Elmantaser et al. (2012)	10 ΑΠ (29-49 ετών) ΟΔ1 (n=5) ΟΔ2 (n=5)	24 ΠΜ (8 εβδ., 3φ./εβδ)	ΑΔ (Galileo) ΟΔ1 F: 18-22Hz, A: 4mm, a: 2.6-3.8 g, D:9 min (3σετ x 3 min, δ. 1min /σετ) Θ-A: όρθια θέση με ελαφρά λογισμένα γόνατα ΚΔ (Juventus 1000) ΟΔ2 F: 32-37 Hz, A: 0.085mm, a: 0.3 g, D:10-20 min Θ-A: όρθια θέση	CMJ(ύψος άλματος & ισχύς) MI MI/kg ΔX GH, CK, C, I, IGF-1, T, L BMI % FAT	πριν μετά 4 & 8 εβδ. 4 εβδ. μετά τη λήξη	GH: ↑ ΟΔ1 C: ↓ ΟΔ1 ↔ ΟΔ1 & ΟΔ2 σε καμία από τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν

Fagnani et al. (2006)	24 ♀A (21-27ετών) OA (n = 13) OA (n = 11)	24 ΠΜ (8 εβδ., 3φ./εβδ)	ΚΔ (Nemes) <u>OA</u> F:35Hz, A: 4mm, D: 3-4 σετ x 15-60s/ασκ., δ. 30-60s/σετ), Θ-A: 2 στάρ. ασκ. <u>OA</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	πριν και μετά τη λήξη	CMJ KIN (sit-and-reach test) MΔ _{ΕΚ-Γ} (leg press)	CMJ: ↑ 8.7% OA, ↔ OE KIN: ↑ 13% OA, ↔ OE MΔ _{ΕΚ-Γ} : ↑ 11.2% OA, ↔ OE
Khadraji (2012)	24 ♀ φοιτ. φ.α.(19-21 ετών) OA (n = 12, 20.45±1.27 ετών) OE (n = 12, 20.28±1.53 ετών)	24 ΠΜ (8 εβδ., 3φ./εβδ)	ΚΔ (ΔA) <u>OA</u> F:25-50Hz, A: 2-4mm, Θ-A: 6 στάρ. & δυν. ασκ. <u>OE</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	πριν και μετά τη λήξη	KIN (sit-and-reach test) SJT 30m σπριντ MΔ _Κ MΔ _{Α-Κ} MΔ _{Κ-Α} MΔ _{Ο-Ρ}	KIN: ↑ 40.76% OA, 5.87% OE SJT: ↑ 29.30% OA, ↔ OE 30m: ↑ 6.45 % OA, ↔ OE MΔ _Κ : ↑ 24.46% OA ↔ OE MΔ _{Α-Κ} : ↑ 19.08% OA, 4.72% OE MΔ _{Κ-Α} : ↑ 16.72% OA, 5.0% OE MΔ _{Ο-Ρ} : ↑ 16.25% OA, 3.59% OE
Liu et al. (2013)	30 ♂ ΦΔ φοιτ. OA (n=10 19.4±0.84 ετών) OΔA1 (n=10, 18.7±0.48 ετών) OΔA2 (n=10, 20.3±0.82 ετών)	30 ΠΜ (10 εβδ., 3φ./εβδ)	ΑΔ(ΔA) <u>OA</u> (5σετ x 20 s, δ.2 min /σετ) Θ-A. δυναμικό ημικάθισμα 70% 1RM <u>OΔA1</u> F: 0.5Hz, A:1.4 mm, D: 1.40 min (5σετ x 20 s, δ.2 min /σετ) Θ-A. δυναμικό ημικάθισμα 70% 1RM <u>OΔA2</u> F: 2.5Hz, A:1.4 mm, D: 1.40 min (5σετ x 20 s, δ.2 min /σετ) Θ-A. δυναμικό ημικάθισμα 70% 1RM	πριν και μετά	SJT DJ CJ ₅ (ύψος & ισχύς) 30m σπριντ SSC _p	VJ: ↑ 3.30% OΔA1 & 3.56% OΔA2, ↔ OA DJ: ↑ 1.3% OΔA1 & 6 % OΔA2, ↔ OA CMJ _{5(ισχύς)} : ↑ OA, OΔA1 & OΔA2 (οχι διαφορές) 30m: ↑ OA, OΔA1 & OΔA2, (OΔA2 > OΔA1 & OA) SSC _p : ↑ 10.63% OΔA2, ↔ OA & OΔA1
Mahieu et al. (2006)	33 A σκι (12♂, 21 ♂, 12,4±1.7 ετών) OA (n = 17) OA (n = 16)	18ΠΜ (6 εβδ., 3φ./εβδ)	ΚΔ (Fitvibe) <u>OA</u> F:24-28Hz, A: 2-4mm, D: 4.5-13.3min (διαλ.), Θ-A: στάρ. & δυν. ασκ. <u>OA</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	πριν και μετά	IKP _{ΠOΔ} 30 & 120°/s IKP _{ΕΚ-Κ-Γ} 60 & 180°/s EΔ: 90s άλματα από κουτί 30cm ΙΣ	IKP _{ΠOΔ} , IKP _{ΕΚ-Κ-Γ} & EΔ: ↑ OΔ & OA (IKP _{ΠOΔ} 30°/s & EΔ: OΔ > OA) ΙΣ: ↔ OΔ & OA
Martinez-Pardo et al. (2013)	38 ΦΔ άτομα (30 ♂ & 8 ♀) OΔ1 (n = 11, 20.5±1 ετών) OΔ2 (n = 16,	12ΠΜ (6 εβδ., 2φ./εβδ)	ΚΔ(Powerplate) Θ-A. ισομ. ημικ. ¼ <u>OA1</u> F: 50 Hz, A: 2 mm, D: 8 min (8σετ x 60s, δ. 60 s / σετ) <u>OA2</u> F: 50 Hz, A: 4 mm, D: 8 min	πριν και μετά	SJ CMJ(ύψος & ισχύς) IK-OMP _{ΕΚ-Κ-Γ} 60,180 & 270°/s OM	SJ: ↔ OΔ1, OΔ2 & OE CMJ: ↔ OΔ1, OΔ2 & OE IKOMP: ↑ OΔ1 & OΔ2 (OΔ2 > OΔ1), ↔ OE AM: ↑ OΔ1, ↔ OΔ1 & OE

21.5±5.2) OE (n =11, 21.5±3.8 ετών)	(8σετ x 60s, δ. 60 s / σετ) OE-	AM ΑΠ	OM: ↔ OΔ1, OΔ2 & OE AM: ↔ OΔ1, OΔ2 & OE
Mazo (2010) 7 ♂ AΘ (21.5±5.5)	9 ΠΙΜ (3εβδ., 3φ./εβδ)	SJ CMJ CJ _{30s} KIN (sit-and-reach test)	πριν και μετά τη λήξη SJ: ↔ OΔ CMJ: ↔ OΔ CJ _{30s} : ↔ OΔ KIN: ↑ OΔ
Oosthuysen et al.(2013) 17 AΘ. ποδηλ. (12 ♂, 5 ♀ OΔ+A (n=9, 43.7±8.6 ετών) OΑ (n=9, 37±9.4 ετών)	30ΠΙΜ (10 εβδ., 3φ./εβδ.)	W _{max} VO _{2PEAK} OBLA PP MP FI	W _{max} : ↔ OΔA & OΑ VO _{2PEAK} : ↓ OΔA -6%, ↔ OΑ OBLA: ↓ OΔA -4%, ↔ OΑ PP: ↑ OΔA 6%, ↔ OΑ MP: ↑ OΔA 2%, ↔ OΑ FI: ↑ OΑ, ↔ OΔ+A
Paradisis et al. (2007) 24 άτομα (12 ♀, 12 ♂, 21.3±1.2 ετών) OΔ (n = 12) OE (n = 12)	18ΠΙΜ (6 εβδ., 3φ./εβδ)	CMJ CJ30s σπριντ (60m): χρόνος στα 10, 20, 40, 50, 60m σπριντ, ΜΔ & ΣΔ	πριν και 72h μετά CMJ: ↑ OΔ (3.3%), ↔OE CJ30s: ↑ OΔ (7.8%), ↔OE χρόνος 10-60m: ↑ OΔ (2.1- 4.3%), ↔OE ΜΔ: ↑ OΔ (5.6%), ↔OE ΣΔ: ↑ OΔ (3.9%), ↔OE
Petit et al. (2010) 32 ♂ φοιτ. φ.α OΔ1 (n = 12, 21±1.6 ετών) OΔ2 (n = 10, 20.4±3.4 ετών) OE (n = 10, 21.1±3.4)	18 ΠΙΜ (6 εβδ., 3φ./εβδ)	SJ CMJ IMP _{EK-K-Γ} 60° IK-EKP _{EK-K-Γ} (60°/s) IK-OMP _{EK-K-Γ} (60-180°/s) EMG _{VL,VM,RF}	πριν και μετά τη λήξη SJ: ↑ 9.7% OΔ1, ↔ OΔ2&OE CMJ: ↑ 4.8% OΔ1, ↔ OΔ2&OE IMP _{K-Γ} : ↑ 13.2% OΔ1, ↔ OΔ2&OE IMP _{EK-Γ} : ↔ OΔ1, OΔ2&OE EKP _{EK-Γ} : ↑ 16.3% OΔ1, ↔ OΔ2&OE OMP _{EK-Γ} : ↑ OΔ1, OΔ2&OE (όχι διαφορά) EMG: ↔ OΔ1, OΔ2&OE

Preatoni et al. (2012)	18 ♂ ΑΘ ΟΔ (n=6, 24.0±5.4 ετών) ΟΑ (n=6, 22.2 ±2.1 ετών) ΟΔΔ (n=6, 26.3±5.1 ετών)	16 ΠΙΜ (8 εβδ., 2φ./εβδ)	ΚΔ (Nemes) ΠΡΟΘ. 10 min Θ-A: δυν. ημικ. 90° <u>ΟΔ</u> F:25-35Hz (5 Hz /εβδ), A: 4mm, D: (6σετ x 6 επαν., δ.3 min /σετ) <u>ΟΑ</u> : (6 σετ x 6 επαν., δ.3 min /σετ, 60% σωμ. μάζας, 6%/εβδ) <u>ΟΔΔ</u> F:25-35Hz (5 Hz /εβδ), A: 4mm, D: (6σετ x 6 επαν., δ.3 min /σετ, 30% σωμ. μάζας, 3%/εβδ)	CMJ CMJ _{15s} IMΔ ₉₀ ⁰ XIMΔ ₃₀₋₅₀₋₉₀ IMΔ _{100-120-140-160-180-200-Σ-M}	CMJ: ↑ OA, ↔ OΔ&OΔΔ CMJ _{15s} : ↑ OA, ↔ OΔ&OΔΔ IMΔ ₉₀ ⁰ : ↑ OΔ, OA & OΔΔ (όχι διαφορά) XIMΔ: ↔ OΔ, OA & OΔΔ IMΔ: ↔ OΔ, OA & OΔΔ
Ronnestad (2004)	14 ♂ Π.Δ (21-40 ετών) ΟΔ (n=7) ΟΑ (n=7)	13 ΠΙΜ (5 εβδ., 2- 3φ./εβδ)	ΠΡΟΘ (10min) ΚΔ (Nemes) <u>ΟΔ</u> F: 40Hz, A: ΔΑ, D & Θ-A: 3-4 σετ x 10-6RM ημικαθ. με μπάρα <u>ΟΑ</u> το ίδιο χωρίς δόνηση	IRM ημικαθ (90°) CMJ	CMJ: ↑ OΔ, ↔ OE (όχι διαφορές μεταξύ OΔ & OE) IRM: ↑ OΔ & OE (όχι διαφορές μεταξύ OΔ & OE)
Sarshin et al. (2010)	20 ♂ φοιτ. ΟΔ (n=10, 21.3±1.44 ετών) OE (n=10, 21.1±1.03 ετών)	12 ΠΙΜ (4 εβδ., 3φ./εβδ)	ΠΡΟΘ. (10min) ΚΔ (Nemes) <u>ΟΔ</u> F:30Hz, A: 10, D: 5min (5σετ x 1 min, δ.1 min /σετ) Θ-A: στατικό ημικαθ. 110° <u>OE</u> -	SJT 5, 10, 20 m σπριντ	SJT: ↑ OΔ 9.7%, ↔ OE 5, 10, 20 m: ↑ OΔ, ↔ OE
Savelberg et al. (2007)	28 άτομα (20-27 ετών) ΟΔ1 (n=8), ΟΔ2 (n=8), ΟΔ3 (n=7) ΟΔ4 (n=5)	12 ΠΙΜ (4 εβδ., 3φ./εβδ)	ΑΔ (Galileo 900) <u>ΟΔ1</u> F:20Hz, A: 5-9mm, D: 3-4σετ x 60-120s, δ.60s/σετ, Θ-A: όρθια θέση 10° <u>ΟΔ2</u> F:27Hz, A: 5-9mm, D: 3-4σετ x 60-120s, δ.60s/σετ, Θ-A: όρθια θέση 10° <u>ΟΔ3</u> F: 34Hz, A: 5-9mm, D: 3-4σετ x 60-120s, δ.60s/σετ, Θ-A: όρθια θέση 10° <u>ΟΔ4</u> F: 20Hz, A: 5-9mm, D: 3-4σετ x 60-120s, δ.60s/σετ, Θ-A: ημικ. 70°	IMP _Γ Γωνία επίτευξης ΜΡ	↑ IMP _Γ (9.4%)

Van den Tillaar (2006)	19 άτομα (12 ♀, 7 ♂, 21.5±2 ετών) OAA (n = 10) OE (n = 9)	12ΠΜ (4εβδ., 3φ./εβδ)	ΚΔ (Nemes) ΟΔΔ F: 28Hz, A: 10mm, D: 6σετ x 30s, Θ-A: ημικαθ., σε συνδυασμό (3σετ x 5s ισομ. συστ. - 30s στατ. διατ., σε κάθε πόδι) ΟΕ 3σετ x 5s ισομ. συστ. - 30s στατ. διατ., σε κάθε πόδι	εύρος κίνησης δικέφαλον μηριαίων μυών	↑ ΟΔΑ: (30%) & ΟΕ (14%)
Wyon et al. (2010)	18 ♀ ΦΔ χορ. OA (n = 9, 19.0±0.78) OE (n = 9, 21.1±0.67)	12ΠΜ (6 εβδ., 2φ./εβδ)	ΠΡΟΘ. (5 min) (ΚΔ) Θ-A, 5 ειδ. Ασκ. χορού ΟΔ F: 35 Hz, A: 4mm, D: 5 min (5 ασκ. x 2σετ x 30s) ΟΕ το ίδιο χωρίς δόνηση	πριν και μετά τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν	VJ : ↑ OA, ↔ OE ↔ OA & OE σε καμία από τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν

AΘ: αθλητές/τριες, ♂: άνδρες, ♀: γυναίκες, **OA**: ομάδα δόνησης, **OE**: ομάδα ελέγχου, **OA**: ομάδα άσκησης, **ODΔ**: ομάδα δόνησης και άσκησης, **PM**: προπονητική μονάδα, **↓**: μείωση, **εβδ.**: εβδομάδα, **φ/εβδ**: φορές/εβδομάδα, **ΚΔ**: κατακόρυφη δόνηση, **ΔΔ**: αμφίπλευρη δόνηση, **F-frequency**: συχνότητα, **A-amplitude**: πλάτος ταλάντωσης, **D-duration**: διάρκεια, **διάρκεια**, **Θ-A**: θέση-άσκηση, **IMΔ_{ΕΚ-Κ-Γ}**: μέγιστη ισομετρική δύναμη εκτεινόντων μυών του γόνατος, **SJ-squat jump**: άλμα από ημικάθισμα, **CMJ-counter movement jump**: άλμα με αντήθετη κίνηση, **DJ-drop jump**: άλμα βάρους, **CJ-continuous jump**: συνεχόμενα άλματα, **SJT-sergeant jump test**: κάθεται άλμα, **↑**: αύξηση, **↔**: καμία μεταβολή, **ΦΔ**: άτομα με φυσική δραστηριότητα, **OA1**: ομάδα δόνησης 1, **OA2**: ομάδα δόνησης 2, **δ.**: διάλειμμα, **IMP_{ΕΚ-Κ-Γ}**: ισομετρική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος, **IKP_{ΕΚ-Κ-Γ}**: ισοκινητική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος, **IP-Δ**: προπονημένοι στη δύναμη, **IKP_{ΠΟΔ}**: ισοκινητική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος, **IP-Δ**: προπονημένοι στη δύναμη, **IKP_{ΠΟΔ}**: ισοκινητική ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος, **ΣΔ**: συχρότητα διασκελισμού, **ΠΡΟΘ**: προθέρμανση, **OA3**: ομάδα δόνησης 3, **OA4**: ομάδα δόνησης 4, **ΔΔ**: αμφίπλευρη δόνηση, **MP**: μέγιστη ισομετρική δύναμη εκτεινόντων & καμπτήρων μυών του πέλματος, **IMΔ_{ΕΚ-Κ-Γ}**: μέγιστη ισομετρική δύναμη εκτεινόντων του γόνατος, **VO_{2PRAK}**: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, **OBLA**: κατώφλι γαλακτικού οξέος, **PP**: μέγιστη ισχύς, **MP**: μέση ισχύς, **FI**: δείκτης κόπωσης, **AF-average force**: μέση δύναμη, **AP-average power**: μέση ισχύς, **AV-average velocity**: μέση ταχύτητα, **ΑΠ**: απροπόνητα άτομα, **KIN**: κινητικότητα, **CJ-continuous jump**: συνεχόμενα άλματα, **-**: δεν ακολούθησε κάποιο πρόγραμμα παρέμβασης, **OM**: Οστική μάζα, **AM**: Άλιπη μάζα, **ΛΜ**: Λιπώδης μάζα, **KIN_{A-T-Π}**: άρση τεντωμένου ποδιού, **SSCp-H(CMJ)/H(SJ)**: δείκτης αποτελεσματικότητας του κύκλου διάτασης βράχυνσης, **MI**: μέγιστη ισχύς, **MI/kg**: μέγιστη ισχύς/σωματική μάζα, **ΔX**: δύναμη χειρολαβής, **GH-growth hormone**: ανξηρική ορμόνη, **Creatine Kinase**: κρεατινική κινάση, **Cortizol**: κορτιζόλη, **Insulin**: ινσουλίνη, **IGF-Insulin like growth factor-1**: ινσουλινομιμητικός παράγοντας-1, **Testosterone**: τεστοστερόνη, **Leptin**: λεπτίνη, **BMI-body mass index**: δείκτης μάζας σώματος, **% FAT**: % λίπος, **MA_K**: μυϊκή αντοχή κοιλιακών, **MA_{A-K}**: μέγιστη αντοχή άνω άκρων, **MA_{O-P}**: μέγιστη δύναμη οπίσθιων ραχιαίων, **ΔA**: δεν αναφέρεται, **EMG_{VL,VM,RF}** - Electromyography of vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris: Ηλεκτρομιογράφημα πλάγιου, μέσου πλάσι μυ, ορθός μηριαίος, **IK-EKP_{ΕΚ-Κ-Γ}**: ισοκινητική έκκεντρα ροπή εκτεινόντων & καμπτήρων δόνατος, **CMJ_{1.5s}**: συνεχόμενα άλματα για 1.5s, **IMΔ_{100-120-140-160-180-200-Σ.Μ.}**: ισομετρική μέγιστη δύναμη με το 100-200% της σωματικής μάζας, **PM**: περίμετρος μηρού, **ΠΠ**: περίμετρος γαστροκνήμιου μυ, **VJ**: κάθεται άλμα, **IK-OMP_{ΕΚ-Κ-Γ}**: ισοκινητική ομόκεντρη ροπή δύναμης εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Στην έρευνα έλαβαν μέρος εθελοντικά 60 νεαροί άνδρες (18-22 ετών) με φυσική δραστηριότητα, φοιτητές της Σχολής Ικάρων, οι οποίοι χωρίστηκαν τυχαία σε 3 ομάδες: την ομάδα βραχύχρονης άσκησης (short-term) με ολόσωμη δόνηση (20 άτομα), την ομάδα μακρόχρονης άσκησης (long-term) με ολόσωμη δόνηση (20 άτομα), και την ομάδα ελέγχου (Control group) (20 άτομα). Η επιλογή του δείγματος έγινε με κριτήριο το ειδικό ενδιαφέρον και τις υψηλές απαιτήσεις της Πολεμικής Αεροπορίας σε σχέση με το επίπεδο της φυσικής κατάστασης των φοιτητών και ιδιαίτερα των Ιπαμένων. Οι συμμετέχοντες πριν την έναρξη της μελέτης ενημερώθηκαν προφορικά και υπέγραψαν τη σχετική φόρμα συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους στην έρευνα. Η παρούσα έρευνα εγκρίθηκε από το Εκπαιδευτικό Συμβούλιο της Σχολής Ικάρων και την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας του ΤΕΦΑΑ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Στον πίνακα 5 παρουσιάζονται η ηλικία και τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος.

Πίνακας 5. Ηλικία και σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Χαρακτηριστικά	Ομάδες		
	ΟΒΔ (n=20)	ΟΜΔ (n=20)	ΟΕ (n=20)
Ηλικία (έτη)	20.70 \pm 1.15	20.28 \pm 1.61	20.43 \pm 1.37
Σωματική μάζα (Kg)	77.43 \pm 7.58	75.71 \pm 6.89	78.98 \pm 9.81
Ανάστημα (m)	1.76 \pm 0.04	1.77 \pm 0.04	1.77 \pm 0.05
ΔΜΣ (kg/m ²)	24.70 \pm 1.85	24.13 \pm 2.16	25.08 \pm 2.41

*ΔΜΣ: δείκτης μάζας σώματος = σωματική μάζα/ανάστημα², ΟΒΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, ΟΜΔ: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, ΟΕ: ομάδα ελέγχου

Περιγραφή οργάνων άσκησης-μέτρησης

Ζυγός: Η μέτρηση της σωματικής μάζας των δοκιμαζομένων πραγματοποιήθηκε σε ζυγό ακριβείας (Seca model 770, Germany) με ακρίβεια 0,1kg.

Αναστημόμετρο: Η μέτρηση του αναστήματος των δοκιμαζομένων πραγματοποιήθηκε σε ειδικό σταθερό αναστημόμετρο (Seca model 770, Germany).

Δερματοπτυχόμετρο: Η μέτρηση των δερματοπτυχών των δοκιμαζομένων πραγματοποιήθηκε με δερματοπτυχόμετρο (John Bull, England).

Στατικό Ποδήλατο: Για την προθέρμανση, την αποθεραπεία καθώς και για την αξιολόγηση της αναερόβιας ισχύος (Wingate test) χρησιμοποιήθηκε στατικό ποδήλατο (Monark 818 E, Vanberg, Sweden).

Ολυμπιακές μπάρες, δίσκοι βαρών, ορθοστάτες, ζώνες: Για την ειδική προθέρμανση καθώς και για την αξιολόγηση της μέγιστης δύναμης χρησιμοποιήθηκαν ολυμπιακές μπάρες (Eleiko, Sweden), δίσκοι βαρών (Eleiko, Sweden), ζώνες άρσης βαρών (Record man, Greece) και ορθοστάτες (Pangkos, Greece).

Κιβώτιο (box): Για τη μέτρηση της κινητικότητας χρησιμοποιήθηκε ειδικό κιβώτιο (sit and reach flex tester, Novel Products Inc, Rockton, IL).

Φορητός ηλεκτρονικός τάπητας: Για τη μέτρηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας των συμμετεχόντων χρησιμοποιήθηκε το Ergo jump-Bosco system (G. I, Codogno, Italy).

Συσκευή αναπαραγωγής ήχου (CD Player) και ηλεκτρονικός δίσκος (CD): Για την εκτίμηση της αερόβιας ικανότητας χρησιμοποιήθηκαν φορητή συσκευή αναπαραγωγής (CD Player) (Sony, CDFSOI, EU) και ηλεκτρονικός δίσκος (CD) (20-m shuttle run test CD, Loughborough University, UK).

Δέσμη φωτοκύτταρων: Για τη μέτρηση της ικανότητας ταχύτητας των συμμετεχόντων χρησιμοποιήθηκε σύστημα χρονομέτρησης, αποτελούμενο από δυο ζεύγη φωτοκύτταρων και ψηφιακό χρονόμετρο (Tag Heuer, Marin, Switzerland).

Πλατφόρμα δόνησης: Για την πραγματοποίηση των προγραμμάτων παρέμβασης των πειραματικών ομάδων χρησιμοποιήθηκε πλατφόρμα κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης (Power plate Pro7TM). Στη συγκεκριμένη πλατφόρμα: η συχνότητα δόνησης κυμαίνεται από 25 έως 50Hz και το πλάτος ταλάντωσης από χαμηλό (2-4 mm) έως υψηλό (4-6 mm).

Γωνιόμετρο: Για τον έλεγχο της θέσης των μηρών στην μέτρηση της 1RM και κατά τη διάρκεια της άσκησης με δόνηση χρησιμοποιήθηκε γωνιόμετρο (Gollehon, Lafayette).

Περιγραφή δοκιμασιών

Μέτρηση σωματικής μάζας: Για τη μέτρηση της σωματικής μάζας οι δοκιμαζόμενοι ελαφρά ντυμένοι στέκονταν στο κέντρο του ζυγού, με το βάρος του σώματος να κατανέμεται εξίσου στα δύο πόδια. Η μέτρηση έγινε με ακρίβεια μισού κιλού (0.5kg) και επαναλήφθηκε 2 φορές (Lohman, Roche, & Martorell, 1988).

Μέτρηση αναστήματος: Οι εξεταζόμενοι στέκονταν όρθιοι, με το βάρος του σώματος να κατανέμεται εξίσου στα δύο πόδια, τα χέρια να κρέμονται ελεύθερα στα πλάγια, τα πέλματα (ενωμένα) και το κεφάλι (όρθιο). Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε 2 φορές με ακρίβεια εκατοστού (1cm) (Lohman et al., 1988).

Μέτρηση δερματοπτυχών: Η εκτίμηση της σωματικής πυκνότητας και της σωματικής σύστασης των εξεταζόμενων έγινε με την μέθοδο του αθροίσματος των δερματοπτυχών και με τη χρήση των εξισώσεων Jackson και Pollock (1985) και Siri (1961), αντίστοιχα. Η μέτρηση του πάχους των επτά δερματοπτυχών (τρικέφαλου, υποπλάτιου, κοιλιακού, υπερλαγόνιου, μηρού, θωρακικού και μεσομασχαλιαίου) πραγματοποιήθηκε δύο φορές και στη συνέχεια ο μέσος όρος κάθε μέτρησης χρησιμοποιήθηκε στο άθροισμα των δερματοπτυχών (ACSM, 2007). Η μέτρηση των δερματοπτυχών έχει υψηλή εγκυρότητα ($r \geq 80$) (ACSM, 2005) και αξιοπιστία ($R=0.966-0.991$) (Buford, Rossi, Smith & Warren, 2007) σε νέους μη αθλητές.

Δίπλωση μπροστά από την εδραία θέση, (SRT): Για τη μέτρηση της κινητικότητας της άρθρωσης του ισχίου και της οσφυϊκής μοίρας χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία «δίπλωση του κορμού μπροστά από εδραία θέση» (sit-and-reach test) (Gerodimos, Zafeiridis, Karatrantou, Vasilopoulou, Chanou & Pispirikou, 2010). Οι εξεταζόμενοι κάθονταν χωρίς παπούτσια στο πάτωμα με τα γόνατα τεντωμένα και τα πέλματα να εφάπτονται στην εσωτερική επιφάνεια ειδικού κιβωτίου. Οι εξεταζόμενοι, έχοντας ως αρχική θέση την παραπάνω, εκτελούσαν προοδευτική δίπλωση του κορμού μπροστά, πάνω στην αριθμημένη επιφάνεια του κιβωτίου, τεντώνοντας όσο το δυνατόν περισσότερο και τα δύο τους χέρια, χωρίς να λυγίζουν τα γόνατα και διατηρώντας την τελική τους θέση για 2s (Fagnani et al., 2006). Έγιναν δύο προσπάθειες και καταγράφηκε η καλύτερη (Cochrane et al., 2005). Μεταξύ των δύο προσπαθειών μεσολαβούσε διάλειμμα 10s (ACSM, 2007; Cochrane et al., 2005). Η συγκεκριμένη δοκιμασία έχει μεσαία έως υψηλή εγκυρότητα ($r=0.51-0.89$) (Davis, Quinn, Whiteman, Williams & Young, 2008; Jackson & Langford, 1989; Lopez-Minarro, De

Baranda Andujar & Rodriguez-Garcia, 2009; Liemohn, Sharpe & Wasserman, 1994) και υψηλή αξιοπιστία (ICC=0.94-0.99) (Davis et al., 2008; Gadde, Bennell, Wajswelner & Finch, 2004; Jackson et al., 1989; Lopez-Minarro et al. 2009; Liemohn et al. 1994; Hui & Yuen, 2000) σε νέους άνδρες και γυναίκες μη αθλητές.

Κατακόρυφη αλτική ικανότητα: Για την αξιολόγηση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας, πραγματοποιήθηκαν κατά σειρά: άλμα από ημικάθισμα (Squat Jump, SJ) (Bosco, Luhtanen & Komi, 1983; Tsimahidis et al., 2010) και άλμα με αντίθετη κίνηση (Counter movement jump, CMJ) (Tsimahidis et al., 2010). Η εγκυρότητα των κατακόρυφων αλμάτων (SJ, CMJ) κυμαίνεται μεταξύ ($r=0.76-0.87$) (Markovic, Dizdar, Jukic & Cardinale, 2004). Αξιολογήθηκε το ύψος άλματος κατά Bosco (1995), σε απόλυτες και σχετικές τιμές (cm επίδοσης / kg σωματικού λίπους). Πραγματοποιήθηκαν 3 προσπάθειες σε κάθε άλμα και καταγράφηκε η καλύτερη (Gerodimos et al., 2010). Μεταξύ των προσπαθειών και των αλμάτων παρεμβάλλονταν διάλειμμα 60s (Bradley, Olsen & Portas, 2007) και 2 min (Bosco, 1995; Γεροδήμος και συν., 2006), αντίστοιχα.

Άλμα από ημικάθισμα, (SJ): Οι δοκιμαζόμενοι ξεκινώντας από τη θέση του ημικαθίσματος (90°) με όρθιο τον κορμό, τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων και τα χέρια στη μέση, εκτελούσαν μέγιστο κατακόρυφο άλμα, χωρίς αντιθετική κίνηση προς τα κάτω. Η προσγείωση γινόταν με τις μύτες των ποδιών στο σημείο απογείωσης (Bosco et al., 1983; Bosco, 1995; Γεροδήμος και συν., 2006). Η δοκιμασία SJ έχει υψηλή αξιοπιστία ($\alpha=0.97$) (Markovic et al., 2004), (ICC=0.91-0.94) (Moir, Button, Glaister & Stone, 2004; Tricoli, Lamas, Carvevalle & Ugrinowitsch, 2005) σε νέους μη αθλητές.

Άλμα με αντίθετη κίνηση, (CMJ): Οι εξεταζόμενοι από όρθια θέση, με τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων και τα χέρια στη μέση εκτελούσαν μέγιστο κατακόρυφο άλμα μετά από μια αντιθετική κίνηση προς τα κάτω (τα γόνατα λυγίζουν μέχρι τις 90°). Η προσγείωση γινόταν στις μύτες των ποδιών στο σημείο απογείωσης (Bosco et al., 1983; Bosco, 1995; Γεροδήμος και συν., 2006). Η δοκιμασία CMJ έχει υψηλή αξιοπιστία ($\alpha=0.98$) (Markovic et al., 2004), (ICC=0.93-0.96) (Moir et al., 2004; Slinde, Suber, Suber & Edwen, 2008; Tricoli et al., 2005) σε νέους μη αθλητές.

Δρόμος ταχύτητας 30m, (30m DSS): Για την αξιολόγηση της δρομικής ταχύτητας χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία «δρόμος ταχύτητας 30m» (30m dash standing start)

(Cronin & Hansen, 2005). Οι δοκιμαζόμενοι κάλυπταν τη διαδρομή με τρέξιμο μέγιστης έντασης από όρθια εκκίνηση (ελαφρά κλίση κορμού μπροστά, δυνατό πόδι 30cm πριν την γραμμή εκκίνησης). Τα φωτοκύτταρα τοποθετήθηκαν στο ύψος των ώμων στη γραμμή εκκίνησης και τερματισμού των 30m για την αποφυγή εσφαλμένης ενεργοποίησής τους από κινήσεις των χεριών ή των ποδιών (Ζαφειρίου, Χριστοφορίδης, Καμπάς, Ντουρουντός & Ταξιλδάρης, 2007). Για την αποφυγή της επιβράδυνσης πριν τη γραμμή τερματισμού των 30m ως τερματισμός της δοκιμασίας ορίστηκε η απόσταση των 40m (Papaiakonou et al., 2009). Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις προσπάθειες με ενδιάμεσο διάλειμμα 3min και καταγράφηκε η καλύτερη επίδοση (ο μικρότερος χρόνος) (Papaiakonou et al., 2009; Tsimahidis et al., 2010). Η δοκιμασία «δρόμος ταχύτητας 30m» έχει υψηλή αξιοπιστία σε νέους άνδρες μη αθλητές ($r \geq 0.90$) (Harris, Stone, O'Bryant, Proulx & Johnson, 2000b).

Ημικάθισμα 90⁰ (PBS): Η μέγιστη δύναμη των εκτεινόντων μυών των κάτω άκρων αξιολογήθηκε με τη δοκιμασία «ημικάθισμα 90⁰ από όρθια θέση με ελεύθερα βάρη» (Parallel Back Squat, PBS) για την εύρεση της μιας μέγιστης επανάληψης (1RM) (Baechle & Earle, 2000), σε απόλυτες και σχετικές τιμές (kg επίδοσης / kg σωματικού λίπους). Οι δοκιμαζόμενοι από όρθια θέση, με τα πόδια στο άνοιγμα των ώμων και την μπάρα στους ώμους πίσω από τον αυχένα (αρχική θέση), εκτελούσαν ημικάθισμα 90⁰ (γόνατα 90⁰, μηροί παράλληλοι, σπονδυλική στήλη σε ευθεία σχεδόν κάθετη στο έδαφος) και επανέρχονταν στην αρχική τους θέση (γόνατα σε πλήρη έκταση, 180⁰). Για τον έλεγχο της θέσης των μηρών κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας χρησιμοποιήθηκε γωνιόμετρο. Η διαδικασία μέτρησης της 1RM ολοκληρώθηκε σε 3-6 προσπάθειες με ενδιάμεσο διάλειμμα 3-5min. Σε όλους τους δοκιμαζόμενους δίνονταν αναλυτικές οδηγίες για τη σωστή εκτέλεση της δοκιμασίας και τη βελτίωση της απόδοσης. Επίσης, κατά τη διάρκεια της μέτρησης υπήρξε λεκτική παρακίνηση, η οποία ήταν ίδια για όλους τους δοκιμαζόμενους (ένταση φωνής, ίδιες λέξεις κλειδιά κ.α.) (Izquierdo et al., 2001; Masamoto, Larson, Gates and Faigenbaum, 2003). Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε μια φορά. Η μέτρηση της 1RM με τη δοκιμασία «ημικάθισμα 90⁰» είναι έγκυρη (Hoffman, 2006) και έχει υψηλή αξιοπιστία ($R \geq 0.90-0.95$) (Mazzetti et al., 2000; Peterson, Dodd, Alvar, Rhea and Favre, 2008) σε νέους μη αθλητές.

Δοκιμασία αναερόβιας ικανότητας (Wingate test, WAnT): Για την εκτίμηση της αναερόβιας ισχύος και ικανότητας χρησιμοποιήθηκε η κυκλοεργομετρική δοκιμασία

«Wingate» (Dotan, 2006; Dotan & Bar-Or, 1983; Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996). Αφού ρυθμίστηκε το ύψος του καθίσματος στο εργοποδήλατο και πριν την έναρξη της προσπάθειας έγινε προθέρμανση 3-4 min, όπου τα τελευταία 5 s περιελάμβαναν ποδηλάτηση μέγιστης προσπάθειας για εξοικείωση με τη δοκιμασία. Οι δοκιμαζόμενοι μετά από ηχητικό σήμα έκαναν ποδήλατο με μέγιστη ταχύτητα για 30 s, και αντίσταση (7.5% της σωματικής μάζας), χωρίς να σηκωθούν από το κάθισμα σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας (Wilson, Snyder & Dorman, 2009). Σε όλους τους δοκιμαζόμενους δίνονταν αναλυτικές οδηγίες για τη σωστή εκτέλεση της δοκιμασίας. Επιπρόσθετα, κατά τη διάρκεια της μέτρησης υπήρξε λεκτική παρακίνηση, η οποία ήταν ίδια για όλους τους δοκιμαζόμενους (ένταση φωνής, ίδιες λέξεις κλειδιά κ.α.) (Geron & Inbar, 1980). Πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια και αξιολογήθηκε η μέγιστη και η μέση ισχύς τόσο σε απόλυτες όσο και σε σχετικές τιμές.

Η μέγιστη ισχύς των δοκιμαζομένων εμφανίζεται συνήθως στα πρώτα 3-5 s και αποτελεί δείκτη αξιολόγησης του βραχυπρόθεσμου ενεργειακού συστήματος, της ικανότητας παραγωγής ενέργειας από τα αποθηκευμένα φωσφαγόνα (Dotan, 2006; McArdle et al., 2001; Tong, Lu, Chung & Quach, 2008). Η μέση ισχύς είναι ο αριθμητικός μέσος όρος της συνολικής ισχύος που επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια των 30 s της δοκιμασίας και αντιπροσωπεύει την γλυκολυτική-αναερόβια ικανότητα (Dotan, 2006; McArdle et al. 2001; Tong et al. 2008). Η δοκιμασία «Wingate» έχει υψηλή αξιοπιστία ($R=0.93$) (Del Coso & Mora-Rodriguez, 2006), ($r=0.89-0.99$) (Inbar et al. 1996; Tong et al. 2008) σε νέους άνδρες και γυναίκες μη αθλητές.

Παλίνδρομο τρέξιμο αντοχής 20m: Για την εκτίμηση της αερόβιας ικανότητας χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία «παλίνδρομο τρέξιμο 20m» (Multistage 20m shuttle run test, MSRT 20m) (Brewer, Ramsbottom & Williams, 1988; Euro fit, 1992). Οι εξεταζόμενοι παλινδρομούσαν (αρχική ταχύτητα, 8.0 km/h^{-1}) ανάμεσα σε δύο παράλληλες γραμμές που απέιχαν μεταξύ τους 20m με αυξανόμενο ρυθμό (0.5 km/h^{-1}) που επέβαλε το ηχητικό σήμα (beep) προσπαθώντας κάθε φορά ταυτόχρονα με αυτό να βρίσκονται πάνω στη μία ή στην άλλη γραμμή. Η δοκιμασία τερματιζόταν όταν ο εξεταζόμενος δεν κατάφερε σε δυο συνεχόμενες διαδρομές να ακολουθήσει τον ρυθμό ή εγκατέλειπε την προσπάθεια.

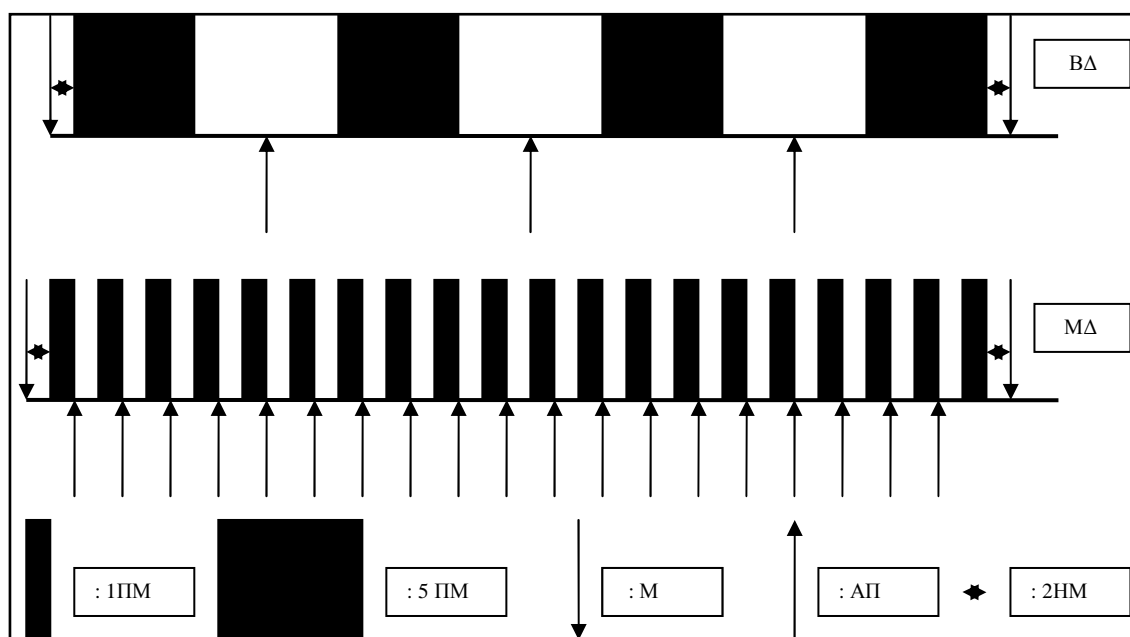
Η δοκιμασία παλίνδρομο τρέξιμο 20m έχει υψηλή εγκυρότητα ($r=0.84-0.93$) (Leger and Gadoury, 1989; Leger, Mercier, Gadoury & Lampert, 1988; Palicska,

Nichols & Boreham, 1987; Ramsbottom, Brewer & Williams, 1988) και αξιοπιστία ($r=0.82-0.96$) (Lamp & Rogers, 2007; Leger et al. 1988; Matsuzaka et al. 2004; Ramsbottom et al. 1988) σε νέους άνδρες και γυναίκες μη αθλητές. Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε μια φορά και καταγράφηκε το σύνολο της διανυόμενης απόστασης (20m x αριθμός διαδρομών) για κάθε εξεταζόμενο (Stojjanovic, Stojjanovic, Ostojevic and Fratric, 2007).

Πρόγραμμα παρέμβασης

Η συνολική διάρκεια του προγράμματος παρέμβασης ήταν 20 προπονητικές μονάδες (ΠΜ), 5 ΠΜ και 3 ΠΜ ανά εβδομάδα για τις ομάδες βραχύχρονης (ΒΔ) και μακρόχρονης δόνησης (ΜΔ) αντίστοιχα (Σχεδιάγραμμα 1). Η προπονητική διαδικασία υλοποιήθηκε στο προπονητικό κέντρο της Σχολής Ικάρων και οι συμμετέχοντες της ομάδας ΒΔ ασκούσαν Δευτέρα έως Παρασκευή, ενώ της ΜΔ Δευτέρα, Τετάρτη και Παρασκευή. Η διάρκεια της κάθε ΠΜ ήταν 40 min και περιελάμβανε 10 min προθέρμανση [5 min συνεχόμενο τρέξιμο 120-140 σφ./min και 5 min διατάσεις], 20 min άσκηση με δόνηση (10 min άσκηση/10 min ανάληψη) και 10 min αποθεραπεία [5 min περπάτημα-χαλαρό τρέξιμο ≤ 120 σφ./min και 5min διατάσεις]. Δεν επιτρέπεται στους συμμετέχοντες η εκτέλεση επιπλέον ασκήσεων ενδυνάμωσης για το κάτω μέρος του σώματος. Τα πρωτόκολλα άσκησης πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμα κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης (Power Plate Pro7™) που φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική, συγκριτικά με την πλατφόρμα αμφίπλευρης δόνησης στην επίτευξη προπονητικών προσαρμογών (Marin et al., 2010b). Οι συμμετέχοντες στέκονταν όρθιοι πάνω στην πλατφόρμα (1/4 κάθισμα) με τα πόδια παράλληλα, στο άνοιγμα των ώμων χωρίς παπούτσια (για να αποφευχθεί η απορρόφηση της δόνησης), φορώντας αντιολισθητικές κάλτσες (Καρατράντου, Γεροδήμος, Σωτηριάδης, Χάνου & Παπαϊωάννου, 2008). Τα γόνατα ήταν λυγισμένα στις 110°, γωνία (έλεγχος με γωνιόμετρο) στην οποία έχει παρατηρηθεί ο μεγαλύτερος ερεθισμός και ενεργοποίηση των μυϊκών ομάδων των κάτω άκρων (Fratini, Cesarelli, Bifulco, La Gatta & Pasquariello, 2009a) και η μικρότερη μετάδοση της δόνησης στα γόνατα, στη σπονδυλική στήλη και το κεφάλι (Hazarin et al., 1998). Τα στοιχεία επιβάρυνσης του πρωτοκόλλου ολόσωμης δόνησης ήταν: συνολική διάρκεια άσκησης 10 min [(1 min άσκηση x 5 επαναλήψεις) x 2 σετ, με διάλειμμα 1min μεταξύ των ασκήσεων και 2 min μεταξύ των σετ], πλάτος ταλάντωσης 5 mm και συχνότητα 25-35 Hz (Πίνακας 5). Προηγούμενες έρευνες στην

προπόνηση ολόσωμης δόνησης υποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα συχνοτήτων μεταξύ 25-45 Hz (Totosy et al., 2009), εύρους ταλάντωσης 2- 10 mm (Donly et al., 2008), καθώς και την διαλειμματική άσκηση στην προαγωγή των νευρομυϊκών προσαρμογών (Bongiovanni, Hagbarth, & Stjernberg, 1990b). Η διάρκεια 1 min του μεμονωμένου δονητικού ερεθίσματος κρίνεται αποτελεσματική και επαρκής (Curry & Clelland, 1981; Kleinoder, 2009), ενώ ταυτόχρονα ή ισομετρική άσκηση δεν επιτρέπει τον εκούσιο υποβιβασμό ή αναστολή του τονικού αντανακλαστικού δόνησης (Hagbarth & Eklund, 1969). Η αποκατάσταση ορίσθηκε σε 1 min και 2 min μεταξύ των επαναλήψεων και των σετ αντίστοιχα (Da Silva-Grigoletto et al., 2009). Η αύξηση της έντασης στην άσκηση ολόσωμης δόνησης πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την αρχή της προοδευτικής αύξησης της επιβάρυνσης (Niewiadomski et al., 2005), αυξάνοντας τη συχνότητα δόνησης, καθώς έχει προταθεί πως η συχνότητα είναι η σημαντικότερη προπονητική μεταβλητή (Issurin, 2005) που επιδρά στο τονικό αντανακλαστικό δόνησης (Curry et al., 1981). Έχει υποστηριχθεί ότι η συνολική διάρκεια 10 min του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης επιφέρει θετικά αποτελέσματα (Kleinoder, 2009) και βρίσκεται στα επιτρεπτά όρια ημερήσιας έκθεσης σύμφωνα με τις διεθνείς οδηγίες ασφάλειας (Cardinale et al., 2006). Η ομάδα ελέγχου (OE) ακολούθησε το πρόγραμμα Φυσικής Αγωγής (ΦΑ) της Σχολής (3 φορές την εβδομάδα/4 εβδομάδες) που για το χρονικό διάστημα της παρέμβασης είχε ως στόχο την μυϊκή ενδυνάμωση και τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας.



Σχεδιάγραμμα 1. Συχνότητα άσκησης (ΒΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, ΜΔ: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, ΠΜ: προπονητική μονάδα, ΑΠ: αποκατάσταση, Μ: μετρήσεις, ΗΜ: ημέρα)

Πίνακας 6. Πρωτόκολλα ολόσωμης δόνησης

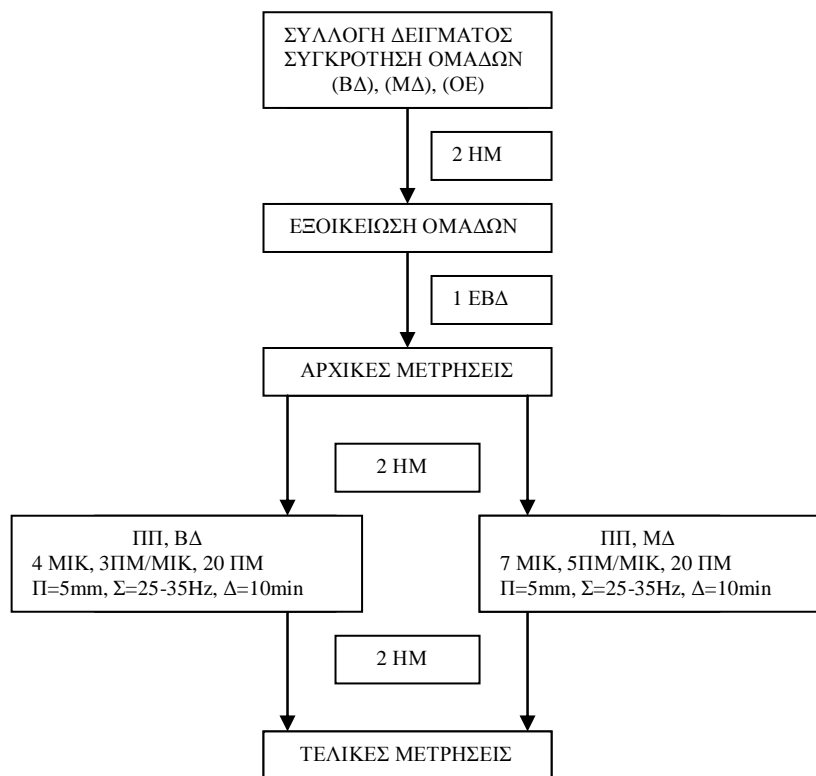
Α/Α	ΟΜΑΔΕΣ	
	ΟΒΑ	ΟΜΔ
	Μεταβλητές επιβάρυνσης	Μεταβλητές επιβάρυνσης
1ΠΜ-3ΠΜ	(1min x5)x2σετ, Σ:25Hz, Α:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ	(1min x5)x2σετ, Σ:25Hz, Π:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ
4ΠΜ-6ΠΜ	(1min x5)x2σετ, Σ:30Hz, Α:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ	(1min x5)x2σετ, Σ:30Hz, Π:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ
7ΠΜ-9ΠΜ	(1min x5)x2σετ, Σ:30Hz, Α:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ	(1min x5)x2σετ, Σ:30Hz, Π:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ
10ΠΜ-12ΠΜ	(1min x5)x2σετ, Σ:35Hz, Α:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ	(1min x5)x2σετ, Σ:35Hz, Π:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ
13ΠΜ-15ΠΜ	(1min x5)x2σετ, Σ:35Hz, Α:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ	(1min x5)x2σετ, Σ:35Hz, Π:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ
16ΠΜ-18ΠΜ	(1min x5)x2σετ, Σ:35Hz, Α:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ	(1min x5)x2σετ, Σ:35Hz, Π:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ
19ΠΜ-20ΠΜ	(1min x5)x2σετ, Σ:35Hz, Α:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ	(1min x5)x2σετ, Σ:35Hz, Π:5mm, Δ:10min, δ:60s/E, δ:2min/σετ

ΠΜ: Προπονητική Μονάδα, ΟΒΔ: Ομάδα βραχύχρονης δόνησης, ΟΜΔ: Ομάδα μακρόχρονης δόνησης, Π:πλάτος ταλάντωσης, Σ: συχνότητα, Δ:διάρκεια, δ:διάλειμμα

Διαδικασία μέτρησης

Πριν την έναρξη της έρευνας πραγματοποιήθηκε στο εργομετρικό και προπονητικό κέντρο της Σχολής Ικάρων, ενημέρωση και εξοικείωση των συμμετεχόντων με τα μηχανήματα άσκησης-αξιολόγησης και τις μετρήσεις. Οι μετρήσεις των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, της κινητικότητας, της δύναμης, της ισχύος, της ταχύτητας, της κατακόρυφης αλτικότητας και της αερόβιας ικανότητας των νεαρών ανδρών πραγματοποιήθηκαν σε μια εβδομάδα, δύο ημέρες πριν την έναρξη του προγράμματος παρέμβασης και σε μια εβδομάδα, δύο ημέρες μετά τη λήξη του, με την ίδια σειρά, από τον ίδιο εξεταστή και την ίδια ώρα για να μειωθεί η επίδραση των κιρκάδιων ρυθμών στην απόδοση των δοκιμαζομένων (Marin et al., 2012) (Σχεδιάγραμμα 2). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε 3 ημέρες (1 ημέρα μέτρησης/1 ημέρα ανάληψης) με την εξής σειρά: την 1^η ημέρα αξιολογήθηκε το ανάστημα, η σωματική μάζα, η κινητικότητα (sit-and-reach test) και η κατακόρυφη αλτικότητα (SJ, CMJ), τη 2^η ημέρα η ταχύτητα (30m DSS), και η αναερόβια ισχύς

(WAnT), ενώ την 3^η ημέρα η μέγιστη δύναμη των μυών της άρθρωσης του γόνατος (1RM, PBS), και η αερόβια ικανότητα (MSRT). Πριν την έναρξη των μετρήσεων έγινε 15 min προθέρμανση (10 min στατικό ποδήλατο 50W, 60rpm, ή συνεχόμενο τρέξιμο 120-140σφ./ min και 5 min διατάσεις).



Σχεδιάγραμμα 2. Διαδικασία μετρήσεων της έρευνας (ΒΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, ΜΔ: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, ΟΕ: ομάδα ελέγχου, ΗΜ: ημέρα, ΕΒΔ: εβδομάδα, ΠΠ: πρωτόκολλο παρέμβασης, ΜΙΚ: μικρόκυκλος, ΠΜ: προπονητική μονάδα, Π: Πλάτος ταλάντωσης, Σ: συχνότητα δόνησης, Δ: διάρκεια)

Σχεδιασμός της έρευνας

Ανεξάρτητες μεταβλητές:

Ομάδα

Επίπεδα (3):

Ομάδα βραχύχρονης δόνησης.

Ομάδα μακρόχρονης δόνησης.

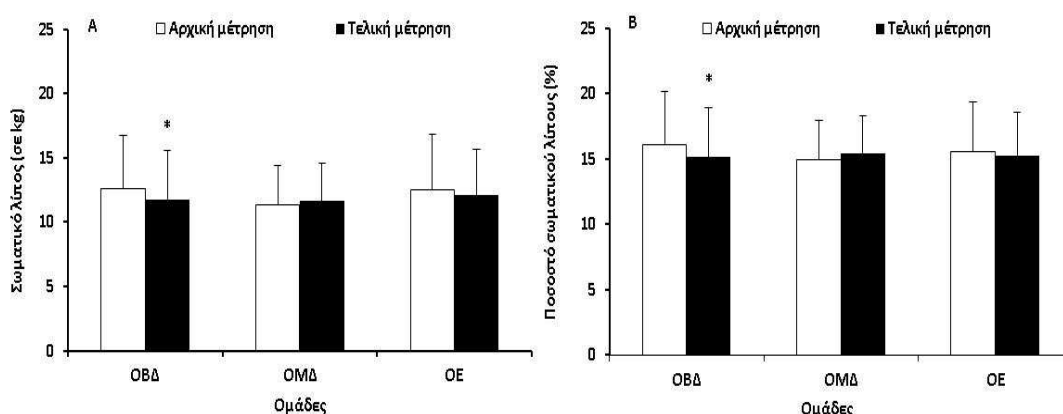
Ομάδα ελέγχου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σωματικό λίπος

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» τόσο στο σωματικό λίπος (σε kg) ($F_{2,57} = 3,98, p < 0,05$, Σχεδιάγραμμα 3α) όσο και στο ποσοστό σωματικού λίπους (%) ($F_{2,57} = 5,06, p < 0,01$, Σχεδιάγραμμα 3β) των νεαρών αντρών. Στο σωματικό λίπος (σε kg και %), στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p < 0,05$), ενώ στην ομάδα μακρόχρονης δόνησης και στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p = 0,11-0,36$ και $p = 0,40-0,50$ για το σωματικό λίπος σε kg και %, αντίστοιχα). Πιο αναλυτικά, στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης το σωματικό λίπος (σε kg και %) των νεαρών αντρών μειώθηκε μετά το πέρας του προγράμματος παρέμβασης -6,23 και -5,3 για το σωματικό λίπος σε kg και %, αντίστοιχα.

Όσον αφορά στις διαφορές μεταξύ των ομάδων, από την ανάλυση διακύμανσης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στο σωματικό λίπος, μεταξύ των ομάδων σε καμία από τις μετρήσεις. Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές του σωματικού λίπους (σε kg και %) των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.



Σχεδιάγραμμα 3α,β. Σύγκριση του σωματικού λίπους σε kg (Α) και % (Β), των νεαρών αντρών, ανά ομάδα και μέτρηση. Όπου * $p < 0,05$ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης. OBΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, OΜΔ: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, ΟΕ: ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 7. Το σωματικό λίπος (σε kg και %) των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

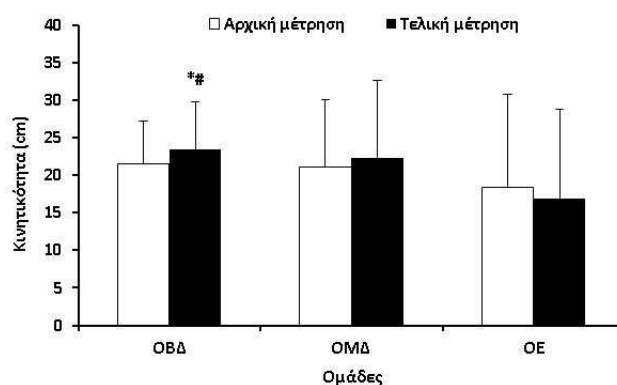
	Σωματικό λίπος (kg)		Σωματικό λίπος (%)	
	1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση	1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση
ΟΒΔ (n=20)	12,59 ± 4,14	11,76 ± 3,83	16,04 ± 4,06	15,13 ± 3,78
ΟΜΔ (n=20)	11,36 ± 2,99	11,61 ± 2,97	14,90 ± 3,06	15,40 ± 2,89
ΟΕ (n=20)	12,52 ± 4,29	12,07 ± 3,55	15,58 ± 3,77	15,23 ± 3,31

ΟΒΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, ΟΜΔ: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, ΟΕ: ομάδα ελέγχου.

Κινητικότητα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» ($F_{2,57} = 9,19$, $p < 0,001$, Σχεδιάγραμμα 4) στην κινητικότητα των νεαρών αντρών. Στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p < 0,01$), ενώ στην ομάδα μακρόχρονης δόνησης και στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p = 0,35$ και $p = 0,16$ για την ομάδα μακρόχρονης δόνησης και την ομάδα ελέγχου, αντίστοιχα). Συγκεκριμένα, η κινητικότητα των νεαρών αντρών αυξήθηκε +10,43 % μετά το πέρας του προγράμματος παρέμβασης βραχύχρονης δόνησης.

Όσον αφορά στις διαφορές μεταξύ των ομάδων, η αρχική μέτρηση δε διέφερε στατιστικά σημαντικά. Αντίθετα, στη δεύτερη μέτρηση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Συγκεκριμένα, η ΟΒΔ διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ΟΕ ($p < 0,001$). Στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της κινητικότητας των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.



Σχεδιάγραμμα 4. Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών αντρών στην κινητικότητα ανά ομάδα και μέτρηση. Όπου * $p < 0,01$ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης και # $p < 0,001$ με την ομάδα ελέγχου. ΟΒΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, ΟΜΔ: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, ΟΕ: ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 8. Η απόδοση των νεαρών αντρών στην κινητικότητα ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

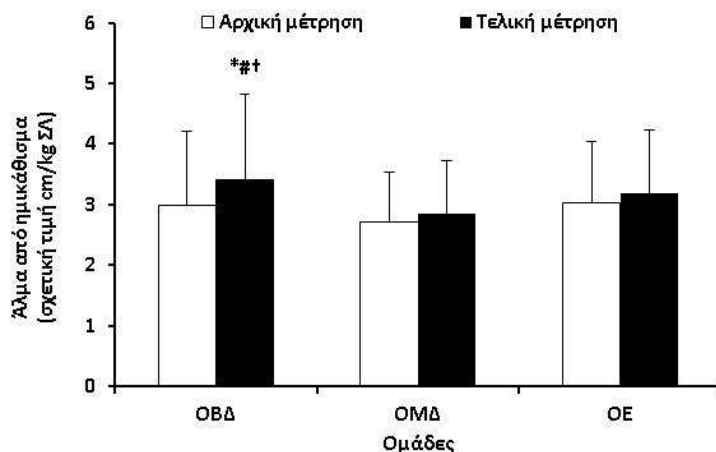
	1 ^η μέτρηση (cm)	2 ^η μέτρηση (cm)
Ομάδα βραχύχρονης δόνησης (n=20)	21,43 ± 5,76	23,40 ± 6,33
Ομάδα μακρόχρονης δόνησης (n=20)	21,10 ± 9,00	22,29 ± 10,32
Ομάδα ελέγχου (n=20)	18,38 ± 12,40	16,93 ± 11,76

Κατακόρυφη αλτικότητα

Απόλυτες τιμές: Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» τόσο στο άλμα από ημικάθισμα ($F_{2,57} = 0,35, p=0,71$) όσο και στο άλμα με αντίθετη κίνηση ($F_{2,57} = 0,26, p=0,80$) των νεαρών αντρών. Τόσο στο άλμα από ημικάθισμα όσο και στο άλμα με αντίθετη κίνηση δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των ομάδων ούτε μεταξύ των μετρήσεων. Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της κατακόρυφης αλτικότητας (άλμα από ημικάθισμα και άλμα με αντίθετη κίνηση) των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.

Σχετικές τιμές: Η ανάλυση διακύμανσης διπλής κατεύθυνσης έδειξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» στο άλμα από ημικάθισμα των νεαρών αντρών ($F_{2,57} = 3,43, p<0,05$, Σχεδιάγραμμα 5), ενώ αντίθετα στο άλμα με αντίθετη κίνηση δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» ($F_{2,57} = 1,14, p=0,33$). Όσον αφορά στο άλμα από ημικάθισμα, στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p<0,001$), ενώ στην ομάδα μακρόχρονης δόνησης και στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p=0,18$ και $p=0,09$ για την ομάδα μακρόχρονης δόνησης και την ομάδα ελέγχου, αντίστοιχα). Πιο αναλυτικά, στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης η κατακόρυφη αλτικότητα (άλμα από ημικάθισμα) των νεαρών αντρών αυξήθηκε μετά το πέρας του προγράμματος παρέμβασης 15,11 %. Όσον αφορά στις διαφορές μεταξύ των ομάδων, η αρχική μέτρηση δε διέφερε στατιστικά σημαντικά. Αντίθετα, στη δεύτερη μέτρηση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Συγκεκριμένα, η ΟΒΔ διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ΟΜΔ ($p<0,001$) και

την ΟΕ ($p < 0,05$). Αντίθετα, στο άλμα με αντίθετη κίνηση δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ούτε μεταξύ των ομάδων ούτε μεταξύ των μετρήσεων. Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της κατακόρυφης αλτικότητας των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.



Σχεδιάγραμμα 5. Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών αντρών στο άλμα από ημικάθισμα (σχετικές τιμές) ανά ομάδα και μέτρηση. Όπου * $p < 0,001$ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης, # $p < 0,001$ με την ομάδα μακρόχρονης δόνησης και † $p < 0,05$ με την ομάδα ελέγχου. OBA: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, OMA: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, OE: ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 9. Η απόδοση των νεαρών αντρών στο άλμα από ημικάθισμα και στο άλμα με αντίθετη κίνηση (απόλυτες και σχετικές τιμές) ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Δοκιμασίες	Ομάδα	1η μέτρηση	2η μέτρηση
Απόλυτες τιμές			
Άλμα από ημικάθισμα (cm)	OBA	33,82 \pm 8,12	35,82 \pm 7,36
	OMA	28,79 \pm 2,83	30,75 \pm 3,62
	OE	34,09 \pm 5,03	35,24 \pm 4,93
Άλμα με αντίθετη κίνηση (cm)	OBA	38,15 \pm 10,14	38,71 \pm 8,55
	OMA	35,31 \pm 4,71	39,03 \pm 8,42
	OE	36,88 \pm 5,77	37,96 \pm 5,63
Σχετικές τιμές			
Άλμα από ημικάθισμα (cm/kg)	OBA	2,98 \pm 1,23	3,41 \pm 1,42
	OMA	2,72 \pm 0,81	2,85 \pm 0,88
	OE	3,02 \pm 1,03	3,18 \pm 1,05
Άλμα με αντίθετη κίνηση (cm/kg)	OBA	3,38 \pm 1,44	3,69 \pm 1,60
	OMA	3,18 \pm 1,07	3,65 \pm 1,44
	OE	3,27 \pm 1,12	3,43 \pm 1,19

OBA: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, OMA: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, OE: ομάδα ελέγχου.

Αναερόβια ισχύς

Η ανάλυση διακύμανσης διπλής κατεύθυνσης δεν έδειξε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» στη μέγιστη ($F_{2,57} = 0,33$, $p=0,72$ απόλυτη και $F_{2,57} = 0,67$, $p=0,59$ σχετική τιμή), στη μέση ($F_{2,57} = 0,50$, $p=0,62$ απόλυτη και $F_{2,57} = 2,99$, $p=0,06$ σχετική τιμή) και στην ελάχιστη ($F_{2,57} = 2,93$, $p=0,06$ απόλυτη και $F_{2,57} = 0,90$, $p=0,40$ σχετική τιμή) αναερόβια ισχύ των νεαρών αντρών. Επίσης, δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» στην πτώση της ισχύος % ($F_{2,57} = 1,65$, $p=0,20$). Πιο αναλυτικά, τόσο στις ομάδες άσκησης (ομάδα βραχύχρονης δόνησης και ομάδα μακρόχρονης δόνησης) όσο και στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης σε καμία από τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν ($p=0,07-0,86$). Όσον αφορά στις διαφορές μεταξύ των ομάδων, από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην αναερόβια ισχύ, μεταξύ των ομάδων σε καμία από τις μετρήσεις. Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της αναερόβιας ισχύος των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.

Πίνακας 10. Η απόδοση των νεαρών αντρών στην αναερόβια ισχύ ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

Δοκιμασίες	Ομάδα	1η μέτρηση	2η μέτρηση
Ισχύς - Απόλυτες τιμές			
Μέγιστη ισχύς (W)	OBA	931,49 \pm 114,75	956,07 \pm 125,50
	OMA	888,80 \pm 155,91	896,10 \pm 118,92
	OE	962,75 \pm 179,74	976,13 \pm 165,29
Μέση ισχύς (W)	OBA	626,00 \pm 58,08	634,56 \pm 68,06
	OMA	587,15 \pm 48,41	596,90 \pm 47,04
	OE	651,75 \pm 101,13	638,90 \pm 93,31
Ελάχιστη ισχύς (W)	OBA	392,80 \pm 41,19	408,25 \pm 47,19
	OMA	390,15 \pm 46,98	377,35 \pm 46,05
	OE	397,82 \pm 59,10	401,70 \pm 62,94
Ισχύς - Σχετικές τιμές			
Μέγιστη ισχύς (W/kg)	OBA	12,11 \pm 1,56	12,54 \pm 1,50
	OMA	11,76 \pm 2,01	11,86 \pm 1,60
	OE	12,15 \pm 1,54	12,42 \pm 1,20
Μέση ισχύς (W/kg)	OBA	8,13 \pm 0,71	8,32 \pm 0,66

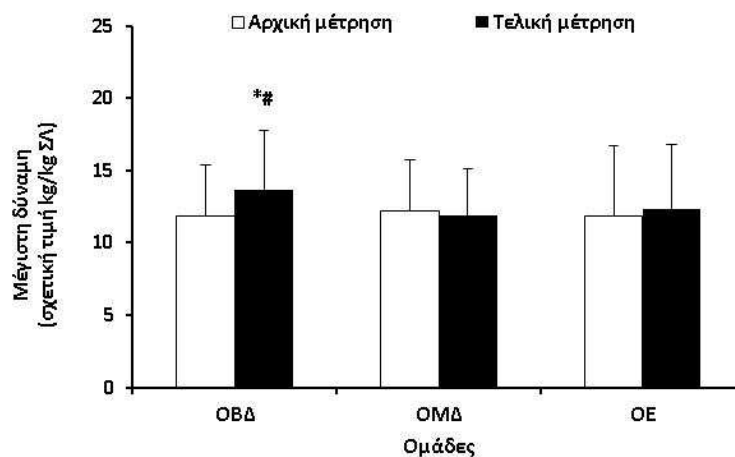
	ΟΜΔ	7,77 ± 0,65	7,90 ± 0,61
	ΟΕ	8,24 ± 0,78	8,14 ± 0,59
	ΟΒΔ	5,09 ± 0,49	5,36 ± 0,67
<i>Ελάχιστη ισχύς (W/kg)</i>	ΟΜΔ	5,17 ± 0,66	4,99 ± 0,60
	ΟΕ	5,07 ± 0,69	5,13 ± 0,56
	ΟΒΔ	57,50 ± 5,28	56,88 ± 6,33
<i>Πτώση ισχύος %</i>	ΟΜΔ	54,91 ± 9,16	57,28 ± 6,94
	ΟΕ	58,00 ± 5,55	58,47 ± 4,82

ΟΒΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, ΟΜΔ: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, ΟΕ: ομάδα ελέγχου.

Μέγιστη δύναμη

Απόλυτες τιμές: Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» στη μέγιστη δύναμη ($F_{2,57} = 2,47$, $p < 0,09$) των νεαρών αντρών. Πιο αναλυτικά, στη μέγιστη δύναμη δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των ομάδων ούτε μεταξύ των μετρήσεων. Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της μέγιστης δύναμης των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.

Σχετικές τιμές: Από την ανάλυση διακύμανσης διπλής κατεύθυνσης προέκυψε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» στη σχετική δύναμη των νεαρών αντρών ($F_{2,57} = 10,38$, $p < 0,001$, Σχεδιάγραμμα 6). Στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p < 0,001$), ενώ στην ομάδα μακρόχρονης δόνησης και στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p = 0,76$ και $p = 0,50$ για την ομάδα μακρόχρονης δόνησης και την ομάδα ελέγχου, αντίστοιχα). Πιο αναλυτικά, στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης η σχετική δύναμη των νεαρών αντρών αυξήθηκε μετά το πέρας του προγράμματος παρέμβασης +17,07 %. Όσον αφορά στις διαφορές μεταξύ των ομάδων, η αρχική μέτρηση δε διέφερε στατιστικά σημαντικά. Αντίθετα, στη δεύτερη μέτρηση παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Συγκεκριμένα, η ΟΒΔ διέφερε στατιστικά σημαντικά από την ΟΜΔ και την ΟΕ ($p < 0,001$), οι οποίες δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους. Στον Πίνακα 11 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της σχετικής δύναμης των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.



Σχεδιάγραμμα 6. Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών αντρών στη σχετική δύναμη ανά ομάδα και μέτρηση. Όπου * $p < 0,001$ μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης στην ομάδα βραχύχρονης δόνησης, # $p < 0,001$ με την ομάδα μακρόχρονης δόνησης και την ομάδα ελέγχου. OBΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, OMA: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, OE: ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 11. Η απόδοση των νεαρών αντρών στη μέγιστη δύναμη (απόλυτες και σχετικές τιμές) ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση).

	Απόλυτη μέγιστη δύναμη (kg)		Σχετική δύναμη (kg/kg ΣΛ)	
	1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση	1 ^η μέτρηση	2 ^η μέτρηση
OBΔ (n=20)	137,75 \pm 21,97	147,40 \pm 15,76	11,88 \pm 3,52	13,68 \pm 4,05
OMA (n=20)	129,75 \pm 19,16	129,80 \pm 13,97	12,18 \pm 3,58	11,86 \pm 3,21
OE (n=20)	134,25 \pm 30,10	137,65 \pm 24,23	11,87 \pm 4,86	12,34 \pm 4,42

OBΔ: ομάδα βραχύχρονης δόνησης, OMA: ομάδα μακρόχρονης δόνησης, OE: ομάδα ελέγχου.

Ταχύτητα (σπριντ 30 m)

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» ($F_{2,57} = 0,53$, $p=0,59$) στην ταχύτητα των νεαρών αντρών. Πιο αναλυτικά, τόσο στις ομάδες άσκησης (ομάδα βραχύχρονης δόνησης και ομάδα μακρόχρονης δόνησης) όσο και στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ($p=0,16-0,94$). Όσον αφορά στις διαφορές μεταξύ των ομάδων, από την ανάλυση διακύμανσης διπλής κατεύθυνσης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στην ταχύτητα, μεταξύ των ομάδων σε καμία από τις μετρήσεις. Στον Πίνακα 12 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της ταχύτητας των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.

Πίνακας 12. Η απόδοση των νεαρών αντρών στην ταχύτητα ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

	1 ^η μέτρηση (s)	2 ^η μέτρηση (s)
Ομάδα βραχύχρονης δόνησης (n=20)	4,63 ± 0,19	4,63 ± 0,20
Ομάδα μακρόχρονης δόνησης (n=20)	4,72 ± 0,20	4,75 ± 0,22
Ομάδα ελέγχου (n=20)	4,64 ± 0,21	4,67 ± 0,24

Αερόβια ικανότητα (παλίνδρομο τρέξιμο)

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «ομάδα» και «χρόνος» ($F_{2,57} = 2,45, p=0,09$) στη συνολική διανυόμενη απόσταση κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας «παλίνδρομο τρέξιμο» των νεαρών αντρών. Πιο αναλυτικά, τόσο στις ομάδες άσκησης (ομάδα βραχύχρονης δόνησης και ομάδα μακρόχρονης δόνησης) όσο και στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης. Όσον αφορά στις διαφορές μεταξύ των ομάδων, από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων δε βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, στη συνολική διανυόμενη απόσταση κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας «παλίνδρομο τρέξιμο», μεταξύ των ομάδων σε καμία από τις μετρήσεις. Στον Πίνακα 13 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της συνολικής διανυόμενης απόστασης κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας «παλίνδρομο τρέξιμο» των νεαρών αντρών ανά ομάδα και μέτρηση.

Πίνακας 13. Η απόδοση των νεαρών αντρών στη δοκιμασία του παλίνδρομου τρεξίματος (συνολική διανυόμενη απόσταση) ανά ομάδα και μέτρηση (μέσος όρος ± τυπική απόκλιση).

	1 ^η μέτρηση (m)	2 ^η μέτρηση (m)
Ομάδα βραχύχρονης δόνησης (n=20)	1567,00 ± 196,42	1699,00 ± 240,57
Ομάδα μακρόχρονης δόνησης (n=20)	1489,00 ± 292,32	1529,00 ± 327,57
Ομάδα ελέγχου (n=20)	1515,00 ± 310,53	1547,00 ± 319,89

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν: α) να διερευνήσει την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος (short term) άσκησης με ΟΔ στη φυσική κατάσταση (κινητικότητα, δύναμη, ταχύτητα, κατακόρυφη αλτικότητα, ισχύ, αναερόβια και αερόβια ικανότητα) νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών, β) να διερευνήσει την επίδραση ενός μακρόχρονου προγράμματος (long term) άσκησης με ΟΔ στη φυσική κατάσταση νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών και γ) να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα των δύο προγραμμάτων στη φυσική κατάσταση νεαρών, φυσικά δραστήριων, ανδρών. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε στην ομάδα ΒΔ στατιστικά σημαντική επίδραση της άσκησης με ΟΔ στην κινητικότητα, στη σχετική δύναμη και στη σχετική κατακόρυφη αλτικότητα (SJ) υιοθετώντας έτσι τις εναλλακτικές υποθέσεις. Επιπρόσθετα, φάνηκε στην ομάδα ΒΔ μείωση του λίπους. Καμιά άλλη μεταβολή δεν παρατηρήθηκε στις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν μετά την παρέμβαση σε όλες τις ομάδες και συνεπώς υιοθετούνται οι μηδενικές υποθέσεις. Η παρούσα μελέτη είναι η πρώτη στη βιβλιογραφία στην οποία αξιολογήθηκαν δυο διαφορετικά προγράμματα άσκησης (βραχύχρονο-μακρόχρονο) με ΟΔ ίσης ποσότητας και έντασης, αλλά διαφορετικού χρόνου ανάληψης μεταξύ των ΠΜ στη φυσική κατάσταση, νεαρών ανδρών, με φυσική δραστηριότητα.

Επιδράσεις βραχύχρονων προγραμμάτων άσκησης με ολόσωμη δόνηση

Οι μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία που εξέτασαν τη βραχύχρονη επίδραση της άσκησης με ΟΔ στη φυσική κατάσταση (κινητικότητα, δύναμη, ταχύτητα, κατακόρυφη αλτικότητα, ισχύ, αναερόβια ικανότητα) είναι λίγες, με αντικρουόμενα αποτελέσματα, ενώ δε βρέθηκε μελέτη που να ασχολήθηκε με την αερόβια ικανότητα. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων φάνηκε στατιστικά σημαντική βελτίωση της κινητικότητας, της σχετικής δύναμης, της σχετικής κατακόρυφης αλτικότητας (SJ) και του σωματικού λίπους στην ομάδα ΒΔ, ενώ η ταχύτητα, η κατακόρυφη αλτικότητα (CMJ), η ισχύς, η αναερόβια και αερόβια ικανότητα παρέμειναν αμετάβλητες. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε αύξηση 17,07 %, 10,43 % και 15,11 % της σχετικής δύναμης, της κινητικότητας και της σχετικής κατακόρυφης αλτικότητας (SJ) αντίστοιχα, ενώ μειώθηκε το λίπος -6,23 kg και συνολικά ως ποσοστό της σωματικής μάζας κατά -5,3 %. Επιπρόσθετα, η άλιπη μάζα παρέμεινε

αμετάβλητη και η μείωση κατά μέσο όρο 1 kg της σωματικής μάζας στην ομάδα ΒΔ δεν έφθασε το όριο της στατιστικής σημαντικότητας ($p < .05$).

Αν και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα με αυτά άλλων μελετών, γιατί διαφέρουν ως προς τα χαρακτηριστικά του δείγματος και τα στοιχεία της επιβάρυνσης, φαίνεται ότι συμφωνούν με τους Karatrantou και συν. (2013), Epperson και συν. (2009), Feland και συν. (2010) και Sarshin και συν. (2011), που αναφέρουν ότι μετά την εφαρμογή βραχύχρονων προγραμμάτων άσκησης με ΟΔ παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μεταβολή στις φυσικές ικανότητες των νεαρών ατόμων που αξιολογήθηκαν. Συγκεκριμένα, οι Karatrantou και συν. (2013) παρατήρησαν σημαντική αύξηση της ισομετρικής, ισοκινητικής ομόκεντρης και έκκεντρης ροπής δύναμης των καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος και της κινητικότητας (13%), μετά την ολοκλήρωση ενός βραχύχρονου προγράμματος ΟΔ διάρκειας 16 ΠΜ νεαρών γυναικών με φυσική δραστηριότητα. Παρόμοια, ο Epperson και συν. (2009) και ο Feland και συν. (2010) ανέφεραν βελτίωση της κινητικότητας σε νεαρά άτομα μετά την εφαρμογή βραχύχρονων προγραμμάτων ΟΔ 15 ΠΜ και 20 ΠΜ αντίστοιχα. Επιπλέον, ο Sarshin και συν. (2011), διαπίστωσαν ότι ένα βραχύχρονο πρόγραμμα άσκησης ΟΔ (10ΠΜ) βελτιώνει τη δύναμη και την κατακόρυφη αλτικότητα (SJT) σε νεαρούς αθλητές.

Όσον αφορά στην κινητικότητα η βελτίωση που παρατηρήθηκε στην παρούσα έρευνα είναι μικρότερη από αυτή άλλων μελετών και ενδεχομένως οφείλεται στο διαφορετικό πρωτόκολλο άσκησης, το διαφορετικό τύπο δόνησης, την προθέρμανση όπως και το διαφορετικό δείγμα (άνδρες-γυναίκες) (Jordan et al., 2005; Luo et al., 2005b; Καρατράντου και συν., 2008). Επιπρόσθετα, μελέτες αναφέρουν ότι τα συνδυαστικά προγράμματα άσκησης ΟΔ και διατακτών ασκήσεων επιφέρουν μεγαλύτερη ποσοστιαία βελτίωση (22-30%) της κινητικότητας (Feland et al., 2010; Karatrantou et al., 2013; Van den Tillaar, 2006). Σύμφωνα με τους Karatrantou και συν. (2013), οι μηχανισμοί που εμπλέκονται στη βελτίωση της κινητικότητας μετά την εφαρμογή άσκησης ΟΔ δεν έχουν απολύτως διασαφηνιστεί. Ωστόσο, έχουν προταθεί κυκλοφορικοί, θερμορυθμιστικοί και νευρικοί παράγοντες στην άσκηση με ΟΔ που επηρεάζουν θετικά την κινητικότητα (Gerodimos et al., 2010; Issurin, 2005; Karatrandou et al., 2013). Αναλυτικότερα, μελέτες υποδεικνύουν ότι η άσκηση ΟΔ προκαλεί προσαρμογές, όπως αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος (Kerschanschindl et al., 2001; Καρατράντου και συν., 2008), της ενδομυϊκής θερμοκρασίας

(Kerschman-Schindl et al., 2001; Καρατράντου και συν., 2008) και της μυϊκής ελαστικότητας (Dolny et al., 2008; Cronin et al., 2004a; Καρατράντου και συν., 2008), που πιθανόν οδηγούν στη βελτίωση της κινητικότητας. Επιπλέον, η άνοδος στο κατώφλι του αντιλαμβανόμενου πόνου (Dolny et al., 2008; Καρατράντου και συν., 2008; Zoppi et al., 1991) καθώς και η αυτογενής αναστολή (Dolny et al., 2008; Karatrandou et al., 2013) ως αποτέλεσμα εφαρμογής πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ ενδεχομένως βελτιώνουν την κινητικότητα.

Οι απαντήσεις του ανθρωπίνου σώματος στο μηχανικό ερέθισμα της δόνησης καθορίζονται μεταξύ άλλων από τη συχνότητα ταλάντωσης (Koenig et al., 2008), η οποία διαφοροποιεί την ένταση του ΤΑΔ (Rittweger et al., 2003) και πιθανόν την αποτελεσματικότητα του προπονητικού ερεθίσματος. Τα αποτελέσματα μελέτης έδειξαν ότι το δονητικό ερέθισμα υψηλής συχνότητας απορροφάται από τα μαλακά μέρη του μυός ενώ αντίθετα η δόνηση χαμηλής συχνότητας μεταδίδεται μέσω των ιστών του σώματος (Issurin, 2005; Pyyko, Farkilla, Toivanen, Korhonen & Hyvarinen, 1976). Έχει υποστηριχθεί ότι χαμηλές συχνότητες δόνησης μεταδίδουν υψηλότερα ποσά ενέργειας, αυξάνουν το πλάτος ταλάντωσης του σώματος και οδηγούν σε αύξηση του φορτίου που δέχεται ο ανθρώπινος οργανισμός (Guo, Zhang, Zhang & Teo, 2009). Ερευνητές ανέφεραν ότι χαμηλότερες συχνότητες δόνησης διαταράσσουν την ομοιόσταση και επηρεάζουν την απόδοση σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι υψηλότερες στην προπόνηση ΟΔ (Conway et al., 2007). Σύμφωνα με τους Wakeling Liphardt και Nigg (2003), η φυσική συχνότητα ταλάντωσης των μαλακών ιστών στα κάτω άκρα κυμαίνεται από 10 έως 50 Hz. Επιπρόσθετα, έχει υποδειχθεί ότι ταύτιση της συχνότητας δόνησης με τη συχνότητα συντονισμού του ασκούμενου μυός (27 Hz κάτω άκρα) επιφέρει μεγιστοποίηση των προπονητικών προσαρμογών (Van Erck et al., 2009). Από την άλλη πλευρά στην άσκηση με ΟΔ η εφαρμογή συχνοτήτων σε μικρό βαθμό υψηλότερων από τη συχνότητα συντονισμού οδηγεί σε αύξηση της εσωτερικής επιβάρυνσης του οργανισμού (Mester et al., 2006; Yue et al., 2004), που πιθανόν προάγει τις προπονητικές προσαρμογές. Τόσο στην παρούσα όσο και στις προαναφερθείσες μελέτες (Epperson, 2009; Feland et al., 2010; Karatrantou et al., 2013) χρησιμοποιήθηκαν πρωτόκολλα δόνησης με εύρος συχνότητας από 25 έως 35 Hz. Πιθανόν η εφαρμογή των παραπάνω συχνοτήτων στα προγράμματα άσκησης ΟΔ οδήγησε σε συντονισμό των ασκούμενων μυών, αύξησε την ένταση του ερεθίσματος της δόνησης και βελτίωσε το επίπεδο δύναμης (σχετική δύναμη, σχετική

κατακόρυφη αλτικότητα) και κινητικότητας των συμμετεχόντων. Η παραπάνω υπόθεση φαίνεται ότι υποστηρίζεται από μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία (Bosco et al., 1998; Cronin et al., 2004a; Epperson, 2009; Feland et al., 2010; Sarshin et al., 2011) που προτείνουν στην άσκηση ΟΔ συχνότητες από 25 έως 35 Hz για νεαρά υγιή άτομα και αθλητές.

Στην παρούσα έρευνα η βελτίωση της δύναμης, αν και δεν μπορεί να συγκριθεί άμεσα, είναι μικρότερη από αυτή άλλων μελετών (έως 50 %) (Mester et al., 2006), και παρόμοια με την αύξηση (20 %) που αναφέρθηκε μετά από προπόνηση αντιστάσεων σε άτομα με φυσική δραστηριότητα (Deschenes, & Kraemer, 2002). Αντίθετα, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, σχετικά με τη δύναμη, δεν συμφωνούν με τους De Ruiters και συν. (2003b), Καρατράντου (2010) και Karatrantou και συν. (2013), οι οποίοι δεν παρατήρησαν καμιά αλλαγή στις φυσικές ικανότητες των συμμετεχόντων που αξιολογήθηκαν μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων άσκησης με ΟΔ. Αναλυτικότερα, οι De Ruiters και συν. (2003b), ανέφεραν ότι ένα βραχύχρονο πρόγραμμα άσκησης ΟΔ (6ΠΜ) δεν επιφέρει θετικές επιπτώσεις στην ισομετρική δύναμη και το ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης νεαρών απροπόνητων ατόμων. Παρόμοια, οι Karatrantou και συν. (2013), διαπίστωσαν ότι η βραχύχρονη άσκηση ΟΔ (16ΠΜ) δε μεταβάλλει την ισομετρική, ισοκινητική, ομόκεντρη και έκκεντρη ροπή δύναμης των εκτεινόντων μυών της άρθρωσης του γόνατος, νεαρών φυσικά δραστήριων γυναικών. Έχει υποστηριχθεί ότι μεταβολικοί, νευρομυϊκοί και ορμονικοί παράγοντες καθορίζουν το επίπεδο βελτίωσης της δύναμης στην προπόνηση αντιστάσεων (Harridge, 2007). Διαφορετικά, η αύξηση της δύναμης εξαρτάται στο αρχικό στάδιο της προπόνησης (3 έως 5 εβδομάδες) από νευρογενείς (Behm et al., 2006; Enoka, 1997;), ενώ αργότερα συνεισφέρουν και μυογενείς παράγοντες (Deschenes et al., 2002; Moritani & De Vries, 1979). Ωστόσο, οι μηχανισμοί που εμπλέκονται στη προπόνηση ΟΔ για τη βελτίωση της νευρομυϊκής απόδοσης δεν έχουν καθορισθεί με σαφήνεια (De Ruiters et al., 2003a; Lorenzen, 2007; Rønnestad, 2004). Σύμφωνα με τον Bosco (2000), η άσκηση ΟΔ ενεργοποιεί τον κύκλο διάτασης βράχυνσης παρόμοια με την πλειομετρική άσκηση, η οποία έχει προταθεί ως αποτελεσματική μέθοδος προπόνησης για τη βελτίωση της δύναμης (Saez-Saez de Villarreal, Requena & Newton, 2010). Στην άσκηση με ΟΔ που προσομοιάζει με την προπόνηση αντιστάσεων (Hopkins et al., 2008), δυνάμεις υπερβαρύτητας (Bosco et al., 1998), ενεργοποίηση του ΤΑΔ, ορμονικοί παράγοντες

και διαφοροποίηση της διέγερσης των ιδιοδεκτικών υποδοχέων πιθανόν επιφέρουν θετικές επιπτώσεις στη δύναμη (Da Silva-Grigoletto et al., 2009; Karatrantou et al., 2013). Επιπρόσθετα, νευρικές προσαρμογές στην προπόνηση ΟΔ, αν και είναι δύσκολο να διακριβωθούν (De Ruiter et al., 2003b), όπως βελτίωση της ικανότητας μέγιστης μυϊκής ενεργοποίησης, συγχρονισμού των κινητικών μονάδων, μυϊκής συνενεργοποίησης (ενδομυϊκός & μεσομυϊκός συντονισμός) και αύξηση του επιπέδου διέγερσης των εγκεφαλονωτιαίων μονοπατιών, ενδεχομένως επιδρούν θετικά στη νευρομυϊκή απόδοση (Cardinale et al., 2003c; Lorenzen, 2007). Συνεπώς φαίνεται να ενισχύεται η υπόθεση εφαρμογής της άσκησης με ΟΔ ως εναλλακτική ή/και συμπληρωματική μορφή της προπόνησης αντιστάσεων (Mahieu et al., 2006; Roelants, et al., 2004a) στη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος (Cardinale et al., 2003c; Marin, et al., 2010a; Marin et al., 2010b).

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν βελτίωση του άλματος από ημικάθισμα (SJ) αντίθετα με άλλες μελέτες (Cochrane et al., 2004; Karatrantou et al., 2013), στις οποίες φάνηκε ότι η κατακόρυφη αλτική ικανότητα (SJ) παρέμεινε αμετάβλητη μετά την εφαρμογή βραχύχρονων προγραμμάτων (9-16 ΠΜ) άσκησης αμφίπλευρης ΟΔ. Έχει καλά τεκμηριωθεί ότι ο τύπος της φυσικής άσκησης προκαλεί εξειδικευμένες προπονητικές προσαρμογές στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) (Adkins et al., 2006), ενώ η επανάληψή της τροποποιεί τις δομικές και λειτουργικές ιδιότητες των κινητικών νευρώνων (Gardiner et al., 2006). Σύμφωνα με τους Roelands και συν. (2004b), η άσκηση ΟΔ προκαλεί βιολογικές προσαρμογές οι οποίες συσχετίζονται θετικά με το φαινόμενο της μεταδιεγερτικής διευκόλυνσης και είναι παρόμοιες με αυτές της προπόνησης αντιστάσεων και εκρηκτικής δύναμης. Αναλυτικότερα, η άσκηση ΟΔ επιφέρει νευρικές προσαρμογές (Roelands et al., 2004b) όπως: α) αύξηση του ρυθμού και αποδοτικότερο συγχρονισμό της πυροδότησης των κινητικών μονάδων (Carroll, Riek & Carson, 2001; Johnson, 2007), β) αποτελεσματικότερη χρήση της ανιούσας ιδιοδεκτικής πληροφόρησης (Roelands et al., 2004b), γ) διαφοροποίηση του πρότυπου επιστράτευσης των κινητικών μονάδων και αύξηση της νευρομυϊκής διέγερσης (Rittweger et al., 2003) και δ) επιλεκτική ενεργοποίηση των ινών ΙΙβ (Ushiyama et al., 2005), οι οποίες πιθανόν επιφέρουν θετικές επιπτώσεις στην εκρηκτική δύναμη.

Οι προαναφερθείσες μελέτες (Cochrane et al., 2004; Karatrantou et al., 2013) συγκριτικά με την παρούσα έρευνα παρουσιάζουν διαφορές τόσο στο δείγμα όσο και

στα στοιχεία της επιβάρυνσης. Ειδικότερα τα προγράμματα (πρωτόκολλα άσκησης) της παρούσας έρευνας και των παραπάνω μελετών (Cochrane et al., 2004; Karatrantou et al., 2013) μεταξύ άλλων (δείγμα, στοιχεία επιβάρυνσης) διαφέρουν ως προς τον τύπο δόνησης και πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμες κατακόρυφης και αμφίπλευρης δόνησης, αντίστοιχα. Επίσης, έχει προταθεί ότι η σύγκριση αποτελεσμάτων μελετών με παρόμοια στοιχεία επιβάρυνσης αλλά διαφορετικό τύπο δόνησης ενδεχομένως δεν οδηγεί σε ασφαλή συμπεράσματα (Adams et al., 2009; Gerodimos et al., 2010). Σύμφωνα με τους Abercromby και συν. (2007a), ο τύπος δόνησης (κατακόρυφη-αμφίπλευρη) πιθανόν οδηγεί σε διαφορετικές νευρομυϊκές απαντήσεις στην άσκηση ΟΔ, καθώς διαφοροποιεί την ένταση της μυϊκής διάτασης και το επίπεδο μετάδοσης του ερεθίσματος της δόνησης στους μυς των κάτω άκρων. Επομένως, ο διαφορετικός τύπος δόνησης πιθανόν ευθύνεται για τα αντικρουόμενα αποτελέσματα. Η παραπάνω υπόθεση φαίνεται να υποστηρίζεται από μελέτες μετανάλυσης που προτείνουν ότι η κατακόρυφη δόνηση είναι περισσότερο αποτελεσματική συγκριτικά με την αμφίπλευρη στη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος (Marin et al., 2010a; Marin et al., 2010b).

Όσον αφορά στην κατακόρυφη αλτικότητα (CMJ), ταχύτητα, αναερόβια ισχύ και αναερόβια ικανότητα τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, αν και δεν είναι συγκρίσιμα, φαίνεται ότι συμφωνούν εν μέρει με την Καρατράντου (2010), τους Karatrantou και συν. (2013), τους Bosco και συν. (1998) και Cochrane και συν. (2004), που αναφέρουν ότι μετά την εφαρμογή βραχύχρονων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ οι φυσικές ικανότητες των νεαρών ατόμων που αξιολογήθηκαν παρέμειναν αμετάβλητες. Συγκεκριμένα, η Καρατράντου (2010) και Karatrantou και συν. (2013), μετά την ολοκλήρωση βραχύχρονων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (16ΠΜ) δεν παρατήρησαν αλλαγές στο άλμα με αντίθετη κίνηση, την αναερόβια ισχύ και ικανότητα νεαρών γυναικών με φυσική δραστηριότητα. Παρόμοια, οι Bosco και συν. (1998) και Cochrane και συν. (2004), παρατήρησαν ότι βραχύχρονα προγράμματα άσκησης ΟΔ 10 ΠΜ και 9 ΠΜ αντίστοιχα δεν επιφέρουν βελτίωση στην ταχύτητα (5,10,20 m σπριντ) και στο άλμα με αντίθετη κίνηση (CMJ) νεαρών ανδρών και γυναικών με φυσική δραστηριότητα.

Σύμφωνα με το Semler και συν. (2008), η άσκηση με ΟΔ επιφέρει βελτίωση στον ενδομυϊκό και μεσομυϊκό συντονισμό (νευρικοί παράγοντες), που οδηγεί σε αύξηση της νευρομυϊκής απόδοσης. Έχει προταθεί ότι: α) ο ενδομυϊκός συντονισμός (ιδανικό

επίπεδο διέγερσης κινητικών νευρώνων, επιστράτευση γρήγορων μυϊκών ινών, ρυθμός πυροδότησης, μεταδιεγερτική διευκόλυνση) (Delecluse et al., 2005; Paradisis et al., 2007; Young, 2006), β) ο μεσομυϊκός συντονισμός (συνεργασία συναγωνιστών και ανταγωνιστών μυών, αύξηση ενεργοποίησης αγωνιστών-συναγωνιστών και αναστολή συνενεργοποίησης ανταγωνιστών μυών) (Grosser και συν., 2000; Young, 2006) και γ) η υπερτροφία (Young, 2006) επηρεάζουν την απόδοση στην ταχύτητα και την κατακόρυφη αλτικότητα (CMJ). Επίσης, η δύναμη και οι μεταβολικές προσαρμογές (αύξηση ενεργειακών υποστρωμάτων και ενζύμων μετά από 10-14 ΠΜ) επιφέρουν θετικές επιπτώσεις στην αναερόβια απόδοση (Grosser και συν., 2000; Hartmann & Tünneman, 1989; Wilmore και συν., 2006). Στις προγενέστερες έρευνες (Bosco et al., 1998; Cochrane et al., 2004) πραγματοποιήθηκε περιορισμένος αριθμός ΠΜ (9-10), ο οποίος πιθανόν δεν ήταν επαρκής στην πρόκληση προσαρμογών στις φυσικές ικανότητες που αξιολογήθηκαν (Cochrane et al., 2004; Paradisis et al., 2007). Η παραπάνω υπόθεση φαίνεται να ενισχύεται από μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία, που αναφέρουν ότι για την εμφάνιση νευρικών προσαρμογών (ενδομυϊκός-μεσομυϊκός συντονισμός) στη δύναμη απαιτούνται 9 έως 12 ΠΜ, ενώ για μυϊκή υπερτροφία 15 έως 18 ΠΜ (Deschenes et al., 2002; Καρατράντου, 2010). Στην παρούσα μελέτη, όπως και στη μελέτη των Karatrantou et al., (2013), χρησιμοποιήθηκε μεγαλύτερος αριθμός ΠΜ (από 16 έως 20), ο οποίος ωστόσο φαίνεται ότι δεν ήταν αρκετός ώστε να παρατηρηθούν αλλαγές στην απόδοση των συμμετεχόντων.

Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι η απόδοση στο CMJ, αντίθετα με το SJ, δε μεταβλήθηκε μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Σύμφωνα με τους Da Silva και συν. (2006), το SJ αξιολογεί την ταχυδύναμη των κάτω άκρων και την ικανότητα επιστράτευσης των κινητικών μονάδων. Από την άλλη πλευρά εκρηκτική δύναμη και ικανότητα επαναχρησιμοποίησης (απελευθέρωσης) της αποθηκευμένης ελαστικής ενέργειας που επαυξάνεται από το μυοτατικό αντανακλαστικό αξιολογείται μέσω της δοκιμασίας CMJ (Da Silva et al., 2006). Επίσης το SJ είναι καθαρά σύγκεντρη κίνηση (σύσπαση), που εδράζεται στην ικανότητα αποτελεσματικής χρήσης των συσταλών στοιχείων του μυός (Kinser et al., 2008). Αντίθετα, το CMJ αποτελεί χαρακτηριστική κίνηση (κινητικό & κινηματικό πρότυπο) του κύκλου διάτασης-βράχυνσης (μετά την αρχική έκκεντρη ακολουθεί ομόκεντρη μυϊκή σύσπαση), που εξαρτάται από τα συσταλτά στοιχεία, τις ελαστικές ιδιότητες του μυός και τον

συνδετικό ιστό (Kinser et al., 2008). Έχει υποστηριχθεί ότι η άσκηση ΟΔ αυξάνει το ρυθμό της επιστράτευσης των κινητικών μονάδων (Carroll et al., 2001) και βελτιώνει την κινητικότητα (Karatrantou et al., 2013), μέσω της ενεργοποίησης του μηχανισμού που αναστέλλει το μυοτατικό αντανακλαστικό και το H-Reflex (παράδοξο της δόνησης) (Thompson et al., 2002; Wyon et al., 2010). Μελέτες υποδεικνύουν ότι το επίπεδο μυϊκής σκληρότητας του μυοτενόντιου συμπλέγματος επηρεάζει την αποθήκευση και χρήση της ελαστικής ενέργειας στον κύκλο διάτασης βράχυνσης (Rønnestad, 2009b). Επίσης ερευνητές αναφέρουν ότι η αύξηση της ακαμψίας του συμπλέγματος «μυς-τένοντας» επιφέρει θετικές επιπτώσεις στην ταχυδύναμη και σε κινήσεις, που απαιτούν την ενεργοποίηση του κύκλου διάτασης βράχυνσης, όπως το CMJ (Rønnestad, 2009b; Spurr, Murphy & Watsford, 2003). Συγκεκριμένα, η βελτίωση της απόδοσης στο CMJ καθορίζεται από το επίπεδο σκληρότητας του μυοτενόντιου συμπλέγματος πριν τη σύγκεντρη φάση της κίνησης (Anderson, 1996). Ενδεχομένως, οι παραπάνω επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ ευθύνονται για τη βελτίωση της απόδοσης στο SJ και την απουσία προσαρμογών που παρατηρήθηκε στο CMJ. Η παραπάνω υπόθεση φαίνεται να υποστηρίζεται από μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία, που αναφέρουν ότι πιθανοί μηχανισμοί που εμπλέκονται στη βελτίωση της κινητικότητας μετά από άσκηση ΟΔ ταυτόχρονα επηρεάζουν αρνητικά την εκρηκτική δύναμη (Eklund et al., 1966; Kinser et al., 2008). Τέλος, η επιλεγθείσα άσκηση (ισομετρικό ημικάθισμα 110°) στο πρωτόκολλο άσκησης ΟΔ της παρούσας μελέτης πιθανόν επηρέασε την έκβαση των αποτελεσμάτων. Η προαναφερθείσα υπόθεση ενισχύεται από τα αποτελέσματα έρευνας των Colson και συν. (2010), στην οποία αναφέρθηκε ότι στην προπόνηση ΟΔ η εκτέλεση ισομετρικής άσκησης δεν επιφέρει θετικές επιπτώσεις στον κύκλο διάτασης-βράχυνσης και δε μεταβάλλει το CMJ. Παρόμοια, έχει υποδειχθεί ότι στην προπόνηση ΟΔ η εκτέλεση δυναμικών και λιγότερο στατικών ασκήσεων οδηγεί σε μεγιστοποίηση των νευρομυϊκών προσαρμογών (Issurin, 2005).

Έχει υποστηριχθεί ότι η επιτάχυνση της δόνησης, η οποία εξαρτάται από την αλληλεπίδραση της συχνότητας και του πλάτους ταλάντωσης, καθορίζει τις αποκρίσεις στην άσκηση με ΟΔ (Bazett-Jones et al., 2008; Luo et al., 2005b). Ένας από τους περιορισμούς της παρούσας έρευνας ήταν η μη χρήση επιταχυνσιόμετρου για την αξιολόγηση και καθοδήγηση της επιτάχυνσης στην άσκηση ΟΔ. Από τις έρευνες που παρουσιάστηκαν προγενέστερα στο πίνακα 2, μόνο οι Bosco και συν.

(1998) αναφέρουν τιμή επιτάχυνσης, που φαίνεται όμως να μην είναι απολύτως ακριβής. Αναλυτικότερα, η επιτάχυνση (a_{max}) και η επιτάχυνση της βαρύτητας (g) στην άσκηση ΟΔ μπορεί να εκτιμηθούν σύμφωνα με την εξίσωση α) $a_{max}=A(2pf)^2$ (Dolny et al., 2008; Lorenzen, 2007) και β) $g=A(2pf)^2/9,81$ αντίστοιχα (Furness & Maschette, 2009; Lorenzen, 2007). Ωστόσο, η εφαρμογή της παραπάνω εξίσωσης (α) στην προαναφερθείσα μελέτη (Bosco et al., 1998) (A: 5 mm, F: 26 Hz) έχει ως αποτέλεσμα επιτάχυνση $133,5 \text{ m.s}^2$ και όχι 54 m.s^2 όπως εμφανίζεται, γεγονός που είναι δύσκολο να εξηγηθεί (Lorenzen, Maschette, Koh & Wilson, 2009). Επιπρόσθετα, σε άλλη μελέτη του ίδιου ερευνητή (Bosco et al., 2000) (A: 2 mm, F: 26 Hz) η επιτάχυνση που αναφέρθηκε 17 g δε συμφωνεί με αυτήν $5,4 \text{ g}$ όπως προκύπτει μετά την εφαρμογή της παραπάνω εξίσωσης (β) για τον υπολογισμό των δυνάμεων g (Lorenzen, 2007). Κρίνεται λοιπόν απαραίτητη η χρήση επιταχυνσιόμετρου σε μελλοντικές έρευνες για την επίδραση της άσκησης ΟΔ, ώστε αφενός να υπάρξει αποτελεσματικότερη καθοδήγηση της επιβάρυνσης και αφετέρου τα αποτελέσματα παρόμοιων μελετών να είναι συγκρίσιμα.

Αντίθετα, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης όσον αφορά την ταχύτητα, και την κατακόρυφη αλτικότητα (CMJ) εν μέρει δε φαίνεται να συμφωνούν με τους Cronin και συν. (2004a) και Sarshin και συν. (2011), οι οποίοι παρατήρησαν θετική επίπτωση της βραχύχρονης άσκησης ΟΔ στις φυσικές ικανότητες που αξιολογήθηκαν. Ειδικότερα, στην έρευνα των Cronin και συν. (2004a), υποστηρίχθηκε ότι ένα βραχύχρονο πρόγραμμα ΟΔ (10ΠΜ) βελτιώνει την απόδοση στο άλμα με αντίθετη κίνηση (CMJ) και στο άλμα βάθους (DJ) νεαρών έμπειρων χορευτριών. Παρόμοια, οι Sarshin και συν. (2011) αναφέρουν βελτίωση της ταχύτητας (60m) νεαρών αθλητών μετά την ολοκλήρωση βραχύχρονης άσκησης (10 ΠΜ) με ΟΔ .

Στις έρευνες των Cronin και συν. (2004) και Sarshin και συν. (2011), συμμετείχαν έμπειρες αθλήτριες χορού και άνδρες αθλητές αντίστοιχα, ενώ στην παρούσα μελέτη και σε προγενέστερες (De Ruyter et al., 2003b; Karatrantou et al., 2013) έλαβαν μέρος νεαρά άτομα (άνδρες, γυναίκες) με φυσική δραστηριότητα. Έχει προταθεί ότι η προπονητική ηλικία (Di Giminiani et al., 2009) και το επίπεδο της φυσικής κατάστασης των συμμετεχόντων καθορίζει και διαφοροποιεί αντίστοιχα τις φυσιολογικές απαντήσεις στην άσκηση ΟΔ (Maikala & Bhamhani, 2006). Σύμφωνα με τους Crewther και συν. (2004), η διαδικασία και το μέγεθος των προπονητικών

προσαρμογών στην άσκηση ΟΔ πιθανόν επηρεάζεται από την επίκαιρη προπονητική κατάσταση και διαφέρει σημαντικά μεταξύ προπονημένων και απροπόνητων ατόμων. Η παραπάνω υπόθεση ενισχύεται από έρευνα των Issurin και συν. (1999), στην οποία παρατηρήθηκε μεγαλύτερη βελτίωση της ισχύος σε αθλητές υψηλού επιπέδου συγκριτικά με τους ερασιτέχνες αθλητές μετά την εφαρμογή προγράμματος άσκησης ΟΔ. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι αυτό οφείλεται στη μεγαλύτερη ευαισθησία των μυϊκών υποδοχέων και του ΚΝΣ των αθλητών υψηλού επιπέδου στο προπονητικό ερέθισμα της δόνησης (Issurin et al., 1998; Καρατράντου 2010). Επίσης, οι Luo και συν. (2005b), αναφέρουν ότι τα οφέλη από την άσκηση ΟΔ είναι μεγαλύτερα σε κορυφαίους αθλητές σε σχέση με αυτά ερασιτεχνών αθλητών. Πιθανόν, το αρχικό επίπεδο φυσικής κατάστασης των ασκούμενων ευθύνεται για τα αντικρουόμενα αποτελέσματα μετά από βραχύχρονα προγράμματα άσκησης με ΟΔ.

Η παρούσα μελέτη είναι η μόνη στη βιβλιογραφία που εξέτασε την επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος με ΟΔ στην αερόβια ικανότητα. Έχει υποστηριχθεί ότι η άσκηση ΟΔ ενεργοποιεί το αερόβιο σύστημα παραγωγής ενέργειας και οδηγεί στην ανασύνθεση του ATP μέσω της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης (Zange, Haller, Muller, Liphardt & Mester, 2009a). Η δόνηση αυξάνει την καρδιακή συχνότητα (Kjellberg, 1990) και την κυκλοφορία του αίματος (Zhang, Ericson & Styf, 2003), προκαλεί υπεραερισμό (Van der Merwe, 2007), αγγειοδιαστολή (Mester et al., 2006; Rittweger et al., 2000), αγγειογένεση (Mester et al., 2006), καθώς και αύξηση της πρόσληψης O₂ (Griffin, 1990; Rittweger et al., 2001). Επίσης, οι φυσιολογικές απαντήσεις του οργανισμού στο ερέθισμα της δόνησης, όπως η αύξηση του καρδιακού ρυθμού, της αναπνευστικής συχνότητας, του αερισμού και της πρόσληψης O₂, παρατηρούνται ταυτόχρονα (Guignard, 1985). Αντίθετα, αποτελέσματα μελέτης κατέδειξαν ότι η κατακόρυφη άσκηση ΟΔ προκαλεί ανεπαίσθητη καρδιοαγγειακή πίεση (επιβάρυνση), καθώς δε μεταβάλλει την αρτηριακή πίεση, τον καρδιακό ρυθμό και την αιματική κυκλοφορία σε νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα (Hazell, Thomas, De Guire & Lemon, 2008). Έχει αναφερθεί ότι η περιοδική δόνηση (F: 5Hz, a:2m/s² rms) οδηγεί σε οξεία αύξηση κατά 14.3-32.1 % της πρόσληψης O₂ σε καθήμενους εθελοντές (Magnusson, Pope, Lindell, Svensson & Andersson, 1996). Από την άλλη πλευρά, μελέτη υποδεικνύει ότι η αρχική αύξηση της πρόσληψης O₂ δε διατηρείται κατά τη διάρκεια έκθεσης στην ΟΔ και σταδιακά υποχωρεί (Toshima & Endo, 2006). Σύμφωνα με τον Griffin (1990), η έκθεση του ατόμου στην κατακόρυφη δόνηση με

συχνότητα 2-20 Hz επιφέρει καρδιαγγειακές απαντήσεις παρόμοιες με αυτές που προκύπτουν κατά τη διάρκεια της μέτριας άσκησης όπως το βάδισμα με μεσαία ένταση (1km σε 15 min) (Da Silva et al., 2007; Rittweger et al., 2001; Roelands et al., 2004a). Η προαναφερθείσα διαπίστωση φαίνεται να ενισχύεται από μελέτη των Rittweger και συν. (2000), οι οποίοι ανέφεραν ότι η άσκηση ΟΔ μέχρι την εξάντληση αυξάνει την πρόσληψη O₂ σε ποσοστό ~50 % της VO_{2max} και ασκεί μέτρια πίεση στο καρδιαγγειακό σύστημα σε νεαρά υγιή άτομα. Τέλος, έχει υποδειχθεί ότι η άσκηση ΟΔ είναι χαμηλής κρούσης δραστηριότητα (Wyon et al., 2010) και αναποτελεσματικό προπονητικό ερέθισμα στη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής σε νεαρά άτομα (Cochrane et al., 2008a), καθώς δεν προκαλεί έντονο μυϊκό έργο στους μυς των κάτω άκρων (Zange et al., 2009a). Πιθανόν, η απουσία προσαρμογών στην αερόβια ικανότητα που παρατηρήθηκε στην παρούσα έρευνα οφείλεται στην ανεπάρκεια του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης. Η παραπάνω υπόθεση υποστηρίζεται από μελέτες οι οποίες υποδεικνύουν ότι για τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας απαιτείται άσκηση με ένταση 60 % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και διάρκεια όχι μικρότερη των 20 min σε κάθε ΠΜ (Fleck, 2003).

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση βρέθηκε μια μελέτη (Jarska et al., 2009), που αφορά στην επίδραση της βραχύχρονης άσκησης ΟΔ στη σωματική σύσταση. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, αν και δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα, εν μέρει συμφωνούν με τους Jarska και συν. (2009), οι οποίοι δεν παρατήρησαν καμιά αλλαγή στην άλιπη μάζα μετά την εφαρμογή βραχύχρονης άσκησης ΟΔ (10 ΠΜ) σε νεαρές φοιτήτριες με φυσική δραστηριότητα. Αντίθετα, οι ίδιοι ερευνητές (Jarska et al., 2009) αναφέρουν μείωση ή καμιά μεταβολή στη σωματική και λιπώδη μάζα, αντίστοιχα. Έχει υποστηριχθεί ότι το σωματικό λίπος αποτελεί σε μεγάλο ποσοστό κληρονομικό χαρακτηριστικό, το οποίο διαφοροποιείται γενεαλογικά ή/και εθνολογικά (Bouchard, 1991). Σύμφωνα με τους Martin και Daniel (1993), παράλληλα με τη φυσική δραστηριότητα και τη θερμιδική πρόσληψη, αρκετοί περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν το ορμονικό προφίλ που πιθανόν μεταβάλλει τη σωματική σύσταση. Η προπόνηση ΟΔ έχει φανεί ότι επιφέρει θετική επίπτωση στα επίπεδα της αυξητικής ορμόνης (Bosco et al., 2000; Kvorning et al., 2006;), τεστοστερόνης (Bosco et al., 2000), αδρεναλίνης και νορεπινεφρίνης (Di Loreto et al., 2004). Επιπρόσθετα, μελέτες κατέδειξαν ότι η αύξηση στα επίπεδα συγκέντρωσης της αυξητικής ορμόνης, της τεστοστερόνης, της αδρεναλίνης, της

επιπεφρίνης και της νορεπιπεφρίνης (κατεχολαμίνες), προάγει την λιπόλυση και μειώνει τη λιπώδη μάζα (Di Loreto et al., 2004; Goto & Takamatsu, 2005; Jarska et al., 2009; Miller, 2009). Συνεπώς, ορμονικοί παράγοντες, οι οποίοι δεν εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα, πιθανόν επηρέασαν την έκβαση των αποτελεσμάτων. Τέλος, έχει προταθεί ότι άσκηση με ΟΔ (20 Hz) διάρκειας 9 min ισοδυναμεί με 180 min βάδισμα κανονικού ρυθμού (Rauch, 2009). Από την άλλη πλευρά, περπάτημα (150-325 min/εβδομάδα) με κανονικό ή γρήγορο ρυθμό φαίνεται ότι μειώνει το δείκτη μάζας σώματος, τη σωματική και λιπώδη μάζα (Murphy, Nevill, Murtagh & Holder, 2007). Επίσης, έχει υποδειχθεί ότι περπάτημα 40 min με κανονικό ρυθμό ενεργοποιεί την «καύση» λίπους αποτελεσματικότερα από ότι 30 min τρέξιμο (McArdle, Katch & Katch, 1991). Διαφορετικά, βάδισμα 1 mile σε 20 min προκαλεί ισόποση ενεργειακή δαπάνη όπως το τρέξιμο της ίδιας απόστασης σε 10 min. (Hancock, 2014). Στην παρούσα μελέτη η συνολική διάρκεια έκθεσης στη δόνηση ήταν 200 min (10 min δόνηση είναι ίση με 200 min /ΠΜ περπάτημα κανονικού ρυθμού), που πιθανόν ευθύνεται για τη μείωση στη λιπώδη μάζα.

Επιδράσεις μακρόχρονων προγραμμάτων άσκησης με ολόσωμη δόνηση

Επισταμένη αρθρογραφική ανασκόπηση ανέδειξε περιορισμένο αριθμό μελετών που εξέτασαν τις επιπτώσεις της μακρόχρονης άσκησης ΟΔ στις φυσικές ικανότητες (κινητικότητα, δύναμη, ταχύτητα, κατακόρυφη αλτικότητα, ισχύ, αναερόβια ικανότητα) με αντικρουόμενα αποτελέσματα. Οι προγενέστερες μελέτες (Annino et al., 2007; Cheng et al., 2012; Cole et al., 2010; Colson et al., 2010; Dastmenash et al., 2010; Da Silva Grigoletto et al., 2009; Delecluse et al., 2005; Di Giminiani et al., 2009; Elmantaser et al., 2012; Fagnani et al., 2006; Khadrajy, 2012; Mahieu et al., 2006; Martinez-Pardo et al., 2013; Paradisis et al., 2007; Petit et al., 2010; Preatoni et al., 2012; Ronnestad et al., 2004; Sarshin et al., 2010; Savelberg et al., 2007; Van den Tillaar, 2006; Wyon et al., 2010) εφάρμοσαν παρόμοιο αριθμό ΠΜ (12-24 ΠΜ) με την παρούσα μελέτη, οι οποίες όμως πραγματοποιήθηκαν σε χρονικό διάστημα 4 έως 8 εβδομάδων και με συχνότητα από 2 έως 3 ΠΜ την εβδομάδα. Στη διεθνή βιβλιογραφία δε βρέθηκαν έρευνες για τη μακρόχρονη επίδραση της άσκησης με ΟΔ στην αερόβια ικανότητα. Ωστόσο, οι Cheng και συν. (2012), παρατήρησαν βελτίωση της δρομικής οικονομίας (~5-8,5 %) μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος μακρόχρονης άσκησης ΟΔ. Επίσης, με εξαίρεση τις μελέτες των Elmantaser και συν.

(2012) και Oosthuysen και συν. (2013), δε βρέθηκαν άλλες έρευνες, που να εξετάζουν την επίδραση μακρόχρονου προγράμματος άσκησης ΟΔ στην αναερόβια ικανότητα. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης κατέδειξαν ότι η κινητικότητα, η κατακόρυφη αλτικότητα (SJ, CMJ), η δύναμη, η ταχύτητα, η ισχύς, η αναερόβια και η αερόβια ικανότητα παρέμειναν αμετάβλητες μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής παρέμβασης.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, αν και δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα, φαίνεται να είναι εν μέρει σε συμφωνία με αυτά άλλων ερευνητών (Cole et al., 2010; Cheng et al. 2012; Delecluse et al., 2005; Di Giminiani et al., 2009; Elmantaser et al., 2012; Martinez-Pardo et al., 2013; Petit et al., 2010; Preatoni, et al., 2012), οι οποίοι δεν ανέφεραν καμιά αλλαγή στην κινητικότητα, δύναμη, κατακόρυφη αλτικότητα (SJ, CMJ) και ισχύ, μετά την εφαρμογή 10 έως 24 ΠΜ άσκησης ΟΔ (5-8 εβδομάδες, 2-3 φορές/εβδομάδα) σε νεαρά άτομα με διαφορετικό επίπεδο αρχικής φυσικής κατάστασης. Παρόμοια, οι De Ruiter και συν. (2003a) δεν παρατήρησαν μεταβολή στη δύναμη, κατακόρυφη αλτική ικανότητα (CMJ) και ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης μετά την ολοκλήρωση προγράμματος αμφίπλευρης ΟΔ (33 ΠΜ) σε νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα. Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με αυτά προγενέστερων ερευνών, στις οποίες δεν παρατηρήθηκε βελτίωση της ταχύτητας (Colson et al., 2010; Delecluse et al., 2005) και της αναερόβιας ικανότητας (Elmantaser et al., 2012) μετά την εφαρμογή 12 έως 24 ΠΜ άσκησης ΟΔ (4-8 εβδομάδες, 3 φορές/εβδομάδα) σε απροπόνητα άτομα και αθλητές.

Σύμφωνα με τους Grosser και συν. (2000) και Letzelter (1988), θεμελιώδης προπονητική αρχή στην κατεύθυνση εξασφάλισης των προσαρμογών είναι η *«αρχή της ιδανικής διαμόρφωσης επιβάρυνσης και ανάληψης»* η οποία βασίζεται στο βιολογικό μηχανισμό του υπερσυμψηφισμού (Martin, Carl & Lehnertz, 2000). Η διαδικασία προσαρμογής εξαρτάται από την ευνοϊκότερη εναλλαγή μεταξύ επιβάρυνσης και ανάληψης και απαιτεί η νέα επιβάρυνση να τεθεί την ιδανική χρονική στιγμή, κάτω από ευνοϊκές προϋποθέσεις για τη δημιουργία προσαρμογών (Grosser et al., 2000; Κέλλης, 2012). Επιπρόσθετα, πρέπει να τονιστεί ότι μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία προτείνουν 24 h αποκατάσταση μεταξύ των ΠΜ άσκησης με δόνηση (Adamo et al., 2002). Στην παρούσα ερευνητική προσπάθεια το χρονικό διάστημα της αποκατάστασης μεταξύ των ΠΜ άσκησης μακρόχρονης ΟΔ ήταν μεγαλύτερο των 24 h και συνεπώς μπορεί να υποθεθεί ότι η επιλεχθείσα χρονική

διάρκεια αποκατάστασης δεν ήταν κατάλληλη (προσανατολισμένη στην ανάληψη) ώστε να προκληθούν προπονητικές προσαρμογές στις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν.

Η άσκηση ΟΔ αποτελεί έντονο προπονητικό ερεθίσμα (Da Silva-Grigoletto et al., 2009), του οποίου πιθανότερος μηχανισμός δράσης θεωρείται το ΤΑΔ (Pollock, et al., 2011). Ωστόσο, το ΤΑΔ μπορεί να επιφέρει αλλαγές στον έλεγχο, τη μεταβλητότητα και την αντιλαμβανόμενη αίσθηση της δύναμης (Adamo et al., 2002; Gauthier, Roll, Martin, Harley, 1981), φαινόμενα τα οποία ενδέχεται να οδηγήσουν σε μυϊκό στρες και έντονη κόπωση (Adamo et al., 2002; Mester et al., 1999). Επίσης, κατά την άσκηση ΟΔ η αύξηση του χρόνου διέγερσης των μυϊκών ατράκτων οδηγεί σε μυϊκή κόπωση και μείωση του ρυθμού πυροδότησης των κινητικών μονάδων (Torvinen et al., 2002c). Τα παραπάνω φαίνεται να ενισχύονται από μελέτη, στην οποία παρατηρήθηκε κόπωση του νευρομυϊκού συστήματος μετά από διαλειμματική άσκηση κατακόρυφης ΟΔ διάρκειας 10 min (Stevenson, 2005). Έχει προταθεί ότι η κόπωση ως αποτέλεσμα της άσκησης ΟΔ επέρχεται πιο γρήγορα (Martin et al., 1997), επιφέρει υποβιβασμό της διέγερσης των α-κινητικών νευρώνων (Gandevia, 2001; Delliaux et al., 2006), μείωση της έντασης του ΤΑΔ (Avela, Kyrolainen & Komi, 2001) και πιθανόν της αποτελεσματικότητας του ερεθίσματος της δόνησης. Επιπρόσθετα, οι Erskine και συν. (2007), ανέφεραν μείωση της μέγιστης εκούσιας συστολής μετά την εφαρμογή διαλειμματικής άσκησης με ΟΔ. Στην παρούσα μελέτη η διάρκεια έκθεσης στη δόνηση των συμμετεχόντων ήταν 10 min, παρόμοια με αυτή άλλων μελετών (9-18 min) (Delecluse et al., 2005; Elmantaser et al., 2012; Martinez-Pardo et al., 2013), η οποία πιθανόν προκάλεσε κόπωση κατά την άσκηση ΟΔ, επηρέασε αρνητικά την ένταση του ΤΑΔ και επομένως την αποτελεσματικότητα του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης. Η παραπάνω υπόθεση υποστηρίζεται από μελέτη των Luo και συν. (2005b), που υποδεικνύει περιορισμό στη χρονική διάρκεια του ερεθίσματος της δόνησης για την αποφυγή μυϊκής κόπωσης, που οδηγεί σε μείωση της δύναμης και της κινητικής απόδοσης (Issurin, 2005).

Η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης αποτελεί ερευνητικό πεδίο των αθλητικών επιστημών, καθώς η απόδοση είναι αποτέλεσμα πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων αντιληπτικών, γνωστικών και μεταβολικών διαδικασιών (Borg, 1998). Σύμφωνα με τους Noble και Robertson (1996), υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης είναι η ικανότητα αντίχενωσης και απόκρισης του ατόμου στην αισθητική πληροφόρηση που

λαμβάνεται από τις φυσιολογικές απαντήσεις του οργανισμού στην άσκηση. Η κλίμακα αντιλαμβανόμενης κόπωσης κατά Borg εκφράζει τη λειτουργική επιβάρυνση του οργανισμού (Eston, 2012; Marin, Santos-Lozano, Santin-Medeiros, Robertson & Garatachea, 2012a) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης έντασης και διαταραχής της ομοιοστασίας, τόσο στην προπόνηση αντιστάσεων (Eston, 2012; Robertson et al., 2003), όσο και στην άσκηση με ΟΔ (Marin et al., 2012a). Πολλές έρευνες υποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της κλίμακας Borg στη ρύθμιση της έντασης (Eston, 2012), στη μέτρηση, καταγραφή και αξιολόγηση της επιβάρυνσης και των προπονητικών προσαρμογών (Marin et al., 2012a). Ωστόσο, στην παρούσα έρευνα δεν υπήρξε ατομικός καθορισμός της έντασης στα πρωτόκολλα άσκησης ΟΔ, γεγονός που πιθανόν επηρέασε την έκβαση των αποτελεσμάτων. Η προαναφερθείσα υπόθεση φαίνεται να ενισχύεται από μελέτη των Di Giminiani και συν. (2009), η οποία κατέδειξε την αποτελεσματικότητα καθορισμού της ατομικής επιβάρυνσης στην άσκηση ΟΔ.

Αντίθετα, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, αν και δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα, δεν είναι σε συμφωνία με αυτά άλλων μελετών (Dastmenash et al., 2010; Fagnani et al., 2006; Khadrajy, 2012; Van den Tillaar, 2006) στις οποίες αναφέρθηκε σημαντική βελτίωση στην κινητικότητα νεαρών ατόμων (άνδρες, γυναίκες) μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων μακρόχρονης άσκησης ΟΔ (12-24 ΠΜ, διάρκειας 4-8 εβδομάδων, με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα). Παρόμοια, σε έρευνες (Annino et al., 2007; Cheng et al., 2012; Colson et al., 2010; Da Silva Grigoletto et al., 2009; Fagnani et al., 2006; Khadrajy, 2012; Mahieu et al., 2006; Martinez-Pardo et al., 2013; Petit et al., 2010; Preatoni, et al., 2012; Ronnestad et al., 2004; Savelberg et al., 2007) που πραγματοποιήθηκαν 12 έως 24 ΠΜ άσκησης με ΟΔ (4-8εβδομάδων, με συχνότητα 2-3 φορές την εβδομάδα) παρατηρήθηκε, ανεξάρτητα από τον τρόπο αξιολόγησης, σημαντική βελτίωση της δύναμης. Για παράδειγμα κάποιοι ερευνητές αξιολόγησαν τη δύναμη μέσω ισομετρικής (Colson et al., 2010) ή ισοκινητικής ροπής εκτεινόντων και καμπτήρων του γόνατος (Martinez-Pardo et al., 2013; Petit et al., 2010; Mahieu et al., 2006) ή της ποδοκνημικής άρθρωσης (Mahieu et al., 2006). Αντιπροσωπευτική είναι η μελέτη των Mahieu και συν. (2006), στην οποία παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της μέγιστης ισοκινητικής ροπής δύναμης των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών της άρθρωσης του γόνατος (60 & 180°/s) και της ποδοκνημικής (30 & 120°/s) μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος άσκησης με κατακόρυφη ΟΔ (18 ΠΜ, 6 εβδομάδων, με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα) σε

νεαρά άτομα, αθλητές και αθλήτριες χιονοδρομίας. Επιπρόσθετα, σε πρόσφατη μελέτη αναφέρθηκε ότι ένα συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης αντιστάσεων και κατακόρυφης ΟΔ (26 ΠΜ, 13 εβδομάδων, με συχνότητα 2 φορές την εβδομάδα) οδηγεί σε αύξηση 63.5 %, 76.7 %, 15 %, 51.5 % στη μέγιστη ισομετρική δύναμη, μέγιστη ομόκεντρη ροπή των εκτεινόντων μυών του γόνατος, κατακόρυφη αλτικότητα (CMJ) και στη μέγιστη ισομετρική ροπή των εκτεινόντων της οσφυϊκής μοίρας αντίστοιχα σε ενήλικα απροπόνητα άτομα (Osawa & Oguma, 2013).

Σύμφωνα με τους Moschioni, Saggin και Tarabini (2009), κάθε αλλαγή στη στάση του σώματος πάνω στην πλατφόρμα δόνησης μεταβάλλει το κέντρο πίεσης των πελμάτων, επηρεάζει τη δονούμενη μάζα, η οποία καθορίζει τη μεταδοτικότητα και απορρόφηση της δόνησης. Επιπρόσθετα, η ενέργεια που απορροφά το ανθρώπινο σώμα από το μηχανικό ερέθισμα της δόνησης αποτελεί δείκτη κόπωσης ή/και λειτουργικής επιφόρτισης του οργανισμού (Griffin, 1990; Shibata, Maeda, & Ishimatsu, 2009), η οποία καθορίζει το μέγεθος των προπονητικών προσαρμογών (Conway et al., 2007). Τέλος, έχει προταθεί ότι ασκήσεις δυναμικού χαρακτήρα (προβολές, μονοποδικό ημικάθισμα, βαθύ κάθισμα) είναι περισσότερο αποτελεσματικές στη μετάδοση της δόνησης στους ασκούμενους μυς σε σχέση με το «κλασικό» ισομετρικό ημικάθισμα (Rees, Murphy & Watsford, 2008). Στην παρούσα μελέτη οι συμμετέχοντες εκτελούσαν ισομετρικό ημικάθισμα 110° ενώ στις προαναφερθείσες μελέτες (Annino et al., 2007; Cheng et al., 2012; Colson et al., 2010; Da Silva Grigoletto et al., 2009; Mahieu et al., 2006) έχει χρησιμοποιηθεί ποικιλία ασκήσεων (στατικές, δυναμικές, 100°-120° γωνία γονάτων). Ενδέχεται λοιπόν η επιλογή της θέσης-άσκησης των συμμετεχόντων στην πλατφόρμα δόνησης να οδήγησε σε υποβιβασμό της μεταδιδόμενης και απορροφημένης ενέργειας, με αποτέλεσμα τη μείωση της έντασης του ερεθίσματος της δόνησης και των προσαρμογών. Η παραπάνω υπόθεση υποστηρίζεται από μελέτη των Gomez και συν. (2003), οι οποίοι ανέφεραν ότι η μεταβλητότητα στην απορρόφηση της μηχανικής ενέργειας δόνησης μεταξύ των ασκούμενων επηρεάζει τις απαντήσεις στην άσκηση ΟΔ.

Επίσης, σε προαναφερθείσες μελέτες (Annino et al., 2007; Colson et al., 2010; Da Silva Grigoletto et al., 2009; Di Giminiani et al., 2009; Fagnani et al., 2006; Khadrajy, 2012; Paradisis et al., 2007; Petit et al., 2010; Preatoni et al., 2012; Ronnestad et al., 2004; Sarshin et al., 2010; Wyon et al., 2010) παρατηρήθηκε βελτίωση της

κατακόρυφης αλτικότητας (SJ, CMJ, VJ, SVT, SJT) και της ισχύος, μετά την εφαρμογή 12 έως 24 ΠΜ άσκησης με ΟΔ (4-8 εβδομάδες, 2-3 φορές/εβδομάδα). Στο πρωτόκολλο άσκησης ΟΔ της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε χαμηλότερη συχνότητα δόνησης (25-35 Hz) έναντι υψηλότερης (25-50 Hz), που εφαρμόστηκε στα προγράμματα κατακόρυφης άσκησης ΟΔ άλλων μελετών (Khadraji, 2012; Petit et al., 2010; Ronnestad et al., 2004). Σύμφωνα με τους Bluthner, Seidel και Hinz (2001), αργές και γρήγορες μυϊκές ίνες απαντούν στο ερέθισμα της δόνησης σε διαφορετικές συχνότητες. Έχει υποδειχθεί από ερευνητές ως κατάφλι πυροδότησης των γρήγορων και αργών μυϊκών ινών, συχνότητες 40-60 Hz και 15-30 Hz αντίστοιχα (Da Silva et al., 2006; Ronnestad, 2009; Ezenwa et al., 2011). Ωστόσο, στη διεθνή βιβλιογραφία έχουν προταθεί διαφορετικές συχνότητες πυροδότησης γρήγορων (20-70 Hz) και αργών (≤ 20 Hz) μυϊκών ινών (Stewart, Karman, Montgomery & McLeod, 2005). Επιπρόσθετα, αν και η αποτελεσματικότερη συχνότητα στην άσκηση ΟΔ για την πρόκληση στοχευμένων (εξειδικευμένων) προπονητικών προσαρμογών δεν έχει καθορισθεί (Luo et al., 2005b), φαίνεται ότι συχνότητες δόνησης 50-60 Hz είναι απαραίτητες για τη βελτίωση της εκρηκτικής δύναμης (Lin & Chen 2012). Πιθανόν η επιλεγείσα συχνότητα δόνησης ήταν ανεπαρκής και οδήγησε στην απουσία προσαρμογών στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα και ισχύ. Τέλος, μπορεί να υποτεθεί ότι η επιλογή της θέσης-άσκησης (ισομετρικό ημικάθισμα 110°) των συμμετεχόντων στην πλατφόρμα δόνησης ήταν αναποτελεσματική στη βελτίωση της κατακόρυφης αλτικότητας. Η προαναφερθείσα υπόθεση υποστηρίζεται από μελέτη στη διεθνή βιβλιογραφία που αναφέρει ότι στην άσκηση ΟΔ το ισομετρικό ημικάθισμα προκαλεί συν-ενεργοποίηση αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών και δεν οδηγεί στη βελτίωση της απόδοσης σε δραστηριότητες βαλλιστικού και δυναμικού χαρακτήρα, όπως τα άλματα (Dolny et al., 2008).

Τα αποτελέσματα μελέτης κατέδειξαν διαφορά μεταξύ επιλεγμένης συχνότητας και συχνότητας που μετρήθηκε στην επιφάνεια παρόμοιων συσκευών κατακόρυφης δόνησης (Nataletti, Morgia, Lunghi, Di Giovanni, & Marchetti, 2009). Επιπρόσθετα, η ενέργεια που παράγεται στην επιφάνεια δόνησης οφείλεται κατά 30 % σε συχνότητες επακόλουθες της συχνότητας επιλογής σε πλατφόρμες κατακόρυφης δόνησης (Nataletti et al., 2009). Συνεπώς, μπορεί να υποτεθεί ότι η συχνότητα δόνησης στο πρωτόκολλο άσκησης κατακόρυφης ΟΔ της παρούσας έρευνας ήταν διαφορετική, ενδεχομένως χαμηλότερη από αυτήν που εμφανιζόταν στον πίνακα ελέγχου της πλατφόρμας και ως εκ τούτου η ποσότητα της μεταδιδόμενης ενέργειας

στους ασκούμενους μύες ήταν πιθανόν ανεπαρκής για την πρόκληση προπονητικών προσαρμογών. Η παραπάνω υπόθεση υποστηρίζεται από έρευνα, στην οποία παρατηρήθηκε αφενός διαφορά στη συχνότητα δόνησης μεταξύ πλατφόρμας και ασκούμενου και αφετέρου μείωση (υποβιβασμό) κατά 15-20 % των συχνοτήτων (30-50 Hz), που οδήγησε σε μείωση 30-35 % των δυνάμεων g (Wilcock et al., 2009).

Όσον αφορά στην ταχύτητα, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δε συμφωνούν με αυτά παρόμοιων ερευνών (Khadraji, 2012; Paradisis et al., 2007; Sarshin et al., 2010), στις οποίες παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων μακρόχρονης άσκησης ΟΔ (12-24 ΠΜ, διάρκειας 4-8 εβδομάδων, με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα) σε νεαρά άτομα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η αλληλεπίδραση της συχνότητας και του πλάτους ταλάντωσης καθορίζει την επιτάχυνση της δόνησης και διαφοροποιεί την ένταση της προπονητικής επιβάρυνσης στην άσκηση ΟΔ (Bazett-Jones et al., 2008; Gerodimos et al., 2010). Ειδικότερα, έχει υποστηριχθεί ότι διπλάσιο πλάτος ταλάντωσης οδηγεί σε διπλασιασμό της επιτάχυνσης και αύξηση της πίεσης (επιβάρυνσης) του προπονητικού ερεθίσματος στην άσκηση ΟΔ (Lorenzen, 2007). Σύμφωνα με τους Luo και συν. (2005b), το μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης ενεργοποιεί αποτελεσματικότερα τους μύς των κάτω άκρων, διαφοροποιεί το πρότυπο επιστράτευσης των μυϊκών ινών και οδηγεί σε αύξηση της νευρομυϊκής διέγερσης (Marin, Bunker, Rhea, Ayllon, 2009; Rittweger et al., 2003). Επίσης, είναι σημαντικό να τονισθεί ότι σε δυο παρόμοιες μελέτες (Torvinen et al., 2002b; Torvinen et al., 2002c) το μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης (10 έναντι 2 mm) στην άσκηση ΟΔ πιθανόν αύξησε την επιφόρτιση του νευρομυϊκού συστήματος (Mester et al., 2003) και οδήγησε στην εμφάνιση προπονητικών προσαρμογών (Luo et al., 2005a). Στη παρούσα έρευνα το πλάτος ταλάντωσης ήταν μικρότερο (5 mm) σε σύγκριση με αυτό που χρησιμοποιήθηκε (10 mm) στο πρόγραμμα άσκησης ΟΔ της παραπάνω μελέτης (Sarshin et al., 2010). Συνεπώς μπορεί να υποτεθεί ότι η επιλογή του πλάτους ταλάντωσης επηρέασε την έκβαση των αποτελεσμάτων.

Σύμφωνα με τους Mileva, Bowtell και Kossev (2009), η άσκηση ΟΔ (30 Hz) επιφέρει θετικές επιπτώσεις στην πλαστικότητα του ΚΝΣ, που συσχετίζεται θετικά με την πρόκληση νευρικών προσαρμογών, όπως αύξηση της διέγερσης των εγκεφαλονωτιαίων μονοπατιών και ευόδωση των κινητικών δυναμικών ενέργειας (Kossev, Siggelkow, Schubert, Wohlfarth & Dengler, 1999). Τα αποτελέσματα ερευνών έδειξαν ότι η μακρόχρονη δόνηση διεγείρει τις πρωτοταγείς νευρικές

απολήξεις των μυϊκών ατράκτων και προκαλεί μεταβολές στην λειτουργία του κινητικού φλοιού (Rosenkranz et al., 2003). Αντίθετα, άλλες έρευνες (Colson et al., 2009; Petit et al., 2010) δεν αναφέρουν μεταβολές του ΚΝΣ και της διέγερσης των εγκεφαλονωτιαίων μονοπατιών μετά την εφαρμογή προγραμμάτων (1-18 ΠΜ) κατακόρυφης άσκησης ΟΔ (30-50 Hz) σε νεαρά άτομα. Από την άλλη πλευρά ευρήματα μελετών καταδεικνύουν την ευαισθησία των κινητικών νεύρων του εγκεφαλικού φλοιού στην ανιούσα ιδιοδεκτική πληροφόρηση που μεταβιβάζεται από τις κεντρομόλες Ια ίνες (Fourment, Chenneville, Belhaj-Saif & Maton, 1996; Steyvers et al., 2003). Έχει επαρκώς τεκμηριωθεί στον άνθρωπο ότι η τροποποίηση της προσαγωγού πληροφόρησης των Ια ινών μπορεί να διαφοροποιήσει το επίπεδο διέγερσης των εγκεφαλονωτιαίων μονοπατιών (Carson & Riek, 2000) και να οδηγήσει στην ενεργοποίηση των φλοιϊκών κινητικών περιοχών (Steyvers et al., 2003). Επίσης, αρκετοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η αλληλεπίδραση του ατομικού επιπέδου ενεργοποίησης και του προτύπου κεντρομόλου ερεθίσματος καθορίζει τις πλαστικές προσαρμογές του ΚΝΣ (Rosenkranz & Rothwell, 2004), οι οποίες εξακολουθούν να είναι εμφανείς περισσότερο από 24 h μετά την παύση της δόνησης (Recanzone, Merzenich & Jenkins, 1992). Ωστόσο, στην παρούσα μελέτη δεν εξετάστηκαν πιθανοί μηχανισμοί που επηρεάζουν τις απαντήσεις του εγκεφαλικού φλοιού στη μακρόχρονη άσκηση ΟΔ και ενδεχομένως επιφέρουν θετικές επιπτώσεις στην απόδοση. Σε μελλοντικές έρευνες πρέπει να διερευνηθεί η επίπτωση της μακρόχρονης άσκησης ΟΔ στην πλαστικότητα του εγκεφαλικού φλοιού για τον καθορισμό του αποτελεσματικότερου και ασφαλέστερου προγράμματος άσκησης ΟΔ τόσο σε υγιείς όσο και σε ειδικούς πληθυσμούς.

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας σχετικά με την αναερόβια ικανότητα είναι σε συμφωνία με αυτά προγενέστερης μελέτης (Elmantaser et al., 2012), στην οποία δεν παρατηρήθηκε καμιά μεταβολή μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων κατακόρυφης και αμφίπλευρης άσκησης ΟΔ (24 ΠΜ) σε υγιείς ενήλικες. Αντίθετα, οι Oosthuysen και συν. (2013), αναφέρουν βελτίωση 2 % της αναερόβιας ικανότητας μετά από εφαρμογή συνδυαστικού προγράμματος ποδηλασίας και κατακόρυφης άσκησης ΟΔ (30 ΠΜ) σε ποδηλάτες. Η συνολική διάρκεια δόνησης στα προγράμματα άσκησης ΟΔ ήταν 200 και 300 min στην παρούσα μελέτη και στην προαναφερθείσα (Oosthuysen et al., 2013) αντίστοιχα. Επιπλέον, στη μελέτη αυτή συμμετείχαν έμπειροι αθλητές (προπονητική ηλικία 8 ετών) ποδηλασίας, ενώ στην

παρούσα έρευνα πήραν μέρος νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα. Τέλος, οι συμμετέχοντες στη μελέτη των Oosthuysen και συν. (2013) κατά τη διάρκεια της πειραματικής παρέμβασης εκτελούσαν παράλληλα με την άσκηση ΟΔ συμπληρωματικά και ποδηλατικό πρόγραμμα προπόνησης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί η διάρκεια έκθεσης στη δόνηση (Cochrane, 2011a) και το αρχικό επίπεδο φυσικής κατάστασης (Rønnestad, 2009b) επηρεάζουν τις απαντήσεις στην άσκηση ΟΔ. Πιθανόν, η συμπληρωματική άσκηση, το επίπεδο της φυσικής κατάστασης των ασκούμενων, καθώς και η διάρκεια της δόνησης να ευθύνονται για τα αντικρουόμενα αποτελέσματα των μακρόχρονων προγραμμάτων.

Όσον αφορά στην αερόβια ικανότητα τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν ότι παρέμεινε αμετάβλητη, ενώ μείωση -6 % της VO_{2max} παρατηρήθηκε μετά την ολοκλήρωση συνδυαστικού προγράμματος ποδηλασίας και άσκησης ΟΔ (30 ΠΜ) σε ποδηλάτες (Oosthuysen et al., 2013). Αντίθετα, οι Bogaerts και συν. (2009), ανέφεραν βελτίωση 18.2 % της καρδιοαναπνευστικής αντοχής (VO_{2max}) μετά την εφαρμογή ενός μακρόχρονου προγράμματος άσκησης κατακόρυφης ΟΔ διάρκειας 1 έτους, με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα σε υπερήλικες (60-80 ετών). Επίσης, άλλοι ερευνητές παρατήρησαν αύξηση στη VO_{2max} κατά τη διάρκεια (Rittweger et al., 2002a; Signorile, Serravalle, Edwards, Skidmore & Roos, 2008; Sperlich et al., 2009) ή αμέσως μετά την εκτέλεση πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ με ή χωρίς επιπλέον επιβάρυνση (Gojanovic et al., 2012; Rittweger et al., 2000; Rittweger et al., 2001; Signorile et al., 2008). Για παράδειγμα, σε μελέτη των Gojanovic και συν. (2012), παρατηρήθηκε αύξηση σε ποσοστό 69.8 % και 45 % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και VO_{2max} αντίστοιχα μετά την εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου 20 min αμφίπλευρης άσκησης ΟΔ σε νεαρές απροπόνητες γυναίκες. Παρόμοια, ο Rittweger και συν. (2000), παρατήρησαν ότι η άσκηση ΟΔ με επιπλέον επιβάρυνση μέχρι την εξάντληση αυξάνει την πρόσληψη O_2 σε ποσοστό ~50 % της VO_{2max} σε νεαρά άτομα. Ωστόσο, άλλοι ερευνητές ανέφεραν ότι η άσκηση ΟΔ με επιπλέον επιβάρυνση και ταυτόχρονη εκτέλεση του χειρισμού Jendrassik, επιφέρει άμεση αύξηση στην πρόσληψη O_2 από 27 % έως 63 % της VO_{2max} σε νεαρά και ηλικιωμένα άτομα (Cochrane et al., 2008a). Επιπρόσθετα, έχει φανεί ότι για τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας απαιτείται συνεχόμενη άσκηση 18 ΠΜ (3 φορές την εβδομάδα) με ένταση επιβάρυνσης ~65 % της μέγιστης καρδιακής συχνότητας και διάρκεια 140 min ανά εβδομάδα (Laursen & Jenkins, 2002). Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η διαλειμματική μέθοδος και η συνολική διάρκεια της επιβάρυνσης ήταν 200 min

κατανομημένη σε ~7 εβδομάδες. Πιθανόν, η ανεπάρκεια του προπονητικού ερεθίσματος της άσκησης ΟΔ ευθύνεται για την απουσία προσαρμογών στην αερόβια ικανότητα. Η παραπάνω υπόθεση φαίνεται να ενισχύεται από μελέτη, που προτείνει για τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας, αερόβια άσκηση, συνεχόμενη ή διαλειμματική, τουλάχιστον 75 (υψηλή ένταση) ή 150 min (μέτρια ένταση) την εβδομάδα (Garber et al., 2012).

Με εξαίρεση τις μελέτες των Annino και συν. (2007), Cheng και συν. (2012), Elmantaser και συν. (2012), Martinez-Pardo και συν. (2013), Paradisis και συν. (2007), η πλειοψηφία των ερευνών (Cole et al., 2010; Colson et al., 2010; Dastmenash et al., 2010; Da Silva-Grigoletto et al., 2009; Di Giminiani et al., 2009; Fagnani et al., 2006; Khadrajy, 2012; Mahieu et al., 2006; Petit et al., 2010; Preatoni et al., 2012; Ronnestad et al., 2004; Sarshin et al., 2010; Savelberg et al., 2007; Van den Tillaar, 2006) δεν εξέτασε τις επιπτώσεις της μακρόχρονης άσκησης ΟΔ στη σωματική σύσταση. Τα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας είναι εν μέρει σε συμφωνία με αυτά άλλων μελετών, στις οποίες δεν παρατηρήθηκε μεταβολή στη σωματική (Annino et al., 2007; Cheng et al., 2012; Elmantaser et al., 2012; Paradisis et al., 2007) και λιπώδη μάζα (Martinez-Pardo et al., 2013; Paradisis et al., 2007) μετά την ολοκλήρωση προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (18-24 ΠΜ). Επίσης, σε μελέτη των Roelants και συν. (2004a), αναφέρθηκε ότι η σωματική και λιπώδης μάζα παρέμειναν αμετάβλητες μετά την ολοκλήρωση προγράμματος άσκησης κατακόρυφης ΟΔ (72 ΠΜ) σε νεαρές απροπόνητες γυναίκες. Παρόμοια, οι Wyon και συν. (2010), ανέφεραν ότι η περίμετρος του μηρού και του γαστροκνημίου παρέμεινε αμετάβλητη μετά την ολοκλήρωση προγράμματος άσκησης ΟΔ (12 ΠΜ) σε χορεύτριες. Αντίθετα, σε μελέτη των Martinez-Pardo και συν. (2013) και Verschueren και συν. (2004), παρατηρήθηκε αύξηση στην άλιπη και μείωση στη λιπώδη μάζα μετά την εφαρμογή 12 ΠΜ και 72 ΠΜ κατακόρυφης ΟΔ σε νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα και μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (-2,3 %). Επιπλέον, σε παλαιότερη μελέτη (Hettinger, 1956), παρατηρήθηκε (μυϊκή υπερτροφία) αύξηση της εγκάρσιας μυϊκής διατομής και μείωση στο ενδομυϊκό λίπος μετά την εφαρμογή πρωτοκόλλου δόνησης (F: 50 Hz, D: 2-5 h την ημέρα, a: 10 g) (Kersch-Schindl et al., 2001; Zheng et al., 2009). Σύμφωνα με τον Seidel (1993), τρέξιμο 2 h (συχνότητα 2.5 Hz) προκαλεί 19440 κυκλικές επιφορτίσεις στο ανθρώπινο σώμα ισοδύναμες με 19440 ισομετρικές συσπάσεις των μυών των κάτω άκρων, του κορμού και των πελμάτων που οδηγούν σε υψηλή ενεργειακή

κατανάλωση και εξάντληση. Επίσης, ο ίδιος ερευνητής αναφέρει ότι έκθεση 2 h στη δόνηση (8 Hz), μολονότι προκαλεί 57600 κυκλικές φορτίσεις, δεν επιφέρει παρά ελάχιστη μυϊκή ενεργοποίηση και χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση (Seidel, 1993). Επιπρόσθετα, μολονότι έχει παρατηρηθεί οξεία αύξηση του μεταβολικού ρυθμού (Da Silva et al., 2007; Garatachea et al., 2007), φαίνεται ότι η κατανάλωση ενέργειας στην άσκηση ΟΔ είναι ισόποση με αυτή του βαδίσματος με χαμηλό και μεσαίο ρυθμό (1 km σε ~13.5 min) (Cardinale et al., 2006; Rittweger et al., 2000; Roelants et al., 2004a). Τέλος, οι Roelants και συν. (2004b), αναφέρουν ότι αν και η άσκηση ΟΔ μπορεί να αυξήσει το μεταβολικό ρυθμό αυτό δεν επηρεάζει τη λιπώδη μάζα. Πιθανόν, η ανεπάρκεια του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης ευθύνεται για τη μη μεταβολή της σωματικής σύστασης των συμμετεχόντων. Η παραπάνω υπόθεση φαίνεται να ενισχύεται από μελέτη, στην οποία αναφέρθηκε ότι η άσκηση ΟΔ δεν αποτελεί αποτελεσματικό ερέθισμα στη μεταβολή της σωματικής σύστασης (Prisby et al., 2008).

Σύγκριση επιδράσεων βραχύχρονων-μακρόχρονων προγραμμάτων άσκησης με ολόσωμη δόνηση

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, αν και δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα, κατέδειξαν ότι η βραχύχρονη άσκηση κατακόρυφης ΟΔ ήταν περισσότερο αποτελεσματική σε σχέση με τη μακρόχρονη στη βελτίωση της κινητικότητας, της δύναμης, της κατακόρυφης αλτικότητας (SJ) και της σωματικής σύστασης (λιπώδης μάζα) σε νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα. Ωστόσο, η ταχύτητα, η σωματική μάζα, η άλιπη μάζα, η κατακόρυφη αλτικότητα-ισχύς (CMJ), η αερόβια και αναερόβια ικανότητα παρέμειναν αμετάβλητες (ανεξάρτητα από τον ερευνητικό σχεδιασμό της πειραματικής παρέμβασης, βραχύχρονη-μακρόχρονη) μετά την ολοκλήρωση της βραχύχρονης και μακρόχρονης πειραματικής παρέμβασης.

Έχει προταθεί σε μελέτη ανασκόπησης ότι δεν υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις για την επίτευξη προπονητικών προσαρμογών στη δύναμη και κατακόρυφη αλτική ικανότητα μετά την ολοκλήρωση βραχύχρονων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ σε νεαρά άτομα και ηλικιωμένους (Rehn, Lidstrom, Skoglund & Lindstrom, 2007). Αντίθετα, όσον αφορά στην κινητικότητα, φαίνεται ότι επηρεάζεται θετικά (+10,43-13,1 %) μετά την εφαρμογή βραχύχρονων πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ (15-20 ΠΜ) (Epperson et al., 2009; Feland et al., 2010; Karatrantou et al., 2013). Σύμφωνα με τον Issurin (2005),

τόσο η βραχύχρονη άσκηση ΟΔ όσο και η μακρόχρονη, επιφέρουν θετικές επιπτώσεις στο επίπεδο της κινητικότητας. Από την άλλη πλευρά, σχετικά με την επίπτωση της βραχύχρονης άσκησης ΟΔ στην ταχύτητα, τα αποτελέσματα μελετών είναι διφορούμενα (Cochrane et al., 2004; Sarshin et al., 2011) και δεν οδηγούν σε σταθερά συμπεράσματα.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψε ότι η πλειοψηφία των ερευνών που εξέτασαν τις επιπτώσεις της μακρόχρονης άσκησης ΟΔ (10-24 ΠΜ) στη νευρομυϊκή απόδοση, αναφέρουν γενικά βελτίωση στη δύναμη, ταχύτητα, κατακόρυφη αλτικότητα και ισχύ (Annino et al., 2007; Cheng et al., 2012; Cole et al., 2010; Colson et al., 2010; Da Silva-Grigoletto et al., 2009; Fagnani et al., 2006; Khadrajy, 2012; Mahieu et al., 2006; Martinez-Pardo et al., 2013; Oosthuysen et al., 2013; Paradisis et al., 2007; Petit et al., 2010; Preatoni et al., 2012; Sarshin et al., 2010; Savelberg et al., 2007; Wyon et al., 2010) σε νεαρά άτομα με διαφορετικό επίπεδο φυσικής κατάστασης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε βελτίωση που κυμάνθηκε από 10 έως 50 %, 2,1-6,45 %, 3,3-29,30 %, 5-25 % στη δύναμη (Mester et al., 2006), ταχύτητα (Oosthuysen et al., 2013; Paradisis et al., 2007), κατακόρυφη αλτικότητα (SJ, CMJ, SVJ) (Annino et al., 2007; Colson et al., 2010; Delecluse et al., 2003; Rønnestad, 2004) και ισχύ (Annino et al., 2007; Di Giminiani et al., 2009; Paradisis et al., 2007; Preatoni et al., 2012), αντίστοιχα. Αντίθετα, ο μικρός αριθμός μελετών και τα αντικρουόμενα αποτελέσματα δεν επιτρέπουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τις βραχύχρονες αλλά και τις μακρόχρονες επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ στην σωματική σύσταση, αερόβια και αναερόβια ικανότητα (Annino et al., 2007; Bogaerts et al., 2009; Cheng et al., 2012; Elmantaser et al., 2012; Καρατράντου, 2010; Martinez-Pardo et al., 2013; Oosthuysen et al., 2013). Ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι το προπονητικό ερέθισμα της δόνησης είναι ανεπαρκές στη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και της σωματικής σύστασης, καθώς επιφέρει μέτριες καρδιοαναπνευστικές απαντήσεις, και ελάχιστη μείωση της λιπώδους μάζας (1 h άσκηση ΟΔ οδηγεί σε μείωση ~10 g λίπους) σε νεαρά υγιή άτομα (Cardinale et al., 2006; Rittweger, 2010). Τέλος, όσον αφορά στην αναερόβια ικανότητα τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης φαίνεται ότι δεν επιβεβαιώνουν, χωρίς να εξετάσουν, τις μεταβολικές απαντήσεις (αύξηση καταβολισμού PCr και πρωτεϊνοσύνθεσης) που πιθανόν ευθύνονται για την βελτίωση της αγαλακτικής και

γλυκολυτικής ικανότητας μετά την εφαρμογή βραχύχρονων και μακρόχρονων προγραμμάτων άσκησης ΟΔ (Issurin, 2005).

Πρόσφατη μελέτη ανασκόπησης υποδεικνύει ότι η διαφοροποίηση στη μεθοδολογία προπόνησης επηρεάζει τις βραχύχρονες και μακρόχρονες επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ στη νευρομυϊκή απόδοση (Luo et al., 2005b). Η ποσότητα, η ένταση και η συχνότητα των ΠΜ αποτελούν θεμελιώδεις μεταβλητές του προγράμματος προπόνησης ΟΔ, οι οποίες καθορίζουν το μέγεθος των προσαρμοστικών απαντήσεων και επιφέρουν αύξηση ή μείωση στην ικανότητα απόδοσης των αθλουμένων (Hawley, 2008). Έχει υποστηριχθεί ότι οι αρχές της ατομικότητας και της εξειδίκευσης διέπουν την καθοδήγηση του προπονητικού σχεδιασμού και καθορίζουν την αποκατάσταση (Da Silva-Grigoletto et al., 2009; Siff & Verkhoshansky, 1996). Σύμφωνα με τους Da Silva-Grigoletto και συν. (2009), ενδογενείς (ηλικία, τύπος μυϊκών ινών, υπερτροφία) και εξωγενείς παράγοντες (προπονητική ηλικία) των ασκουμένων καθορίζουν τη διάρκεια και τον τύπο της αποκατάστασης του προγράμματος προπόνησης. Επιπρόσθετα, η ένταση και η αποτελεσματικότητα του προπονητικού ερεθίσματος στην άσκηση με ΟΔ διαφοροποιείται, μεταξύ άλλων, από τη διάρκεια του διαλείμματος μεταξύ των επαναλήψεων ή/και των ΠΜ (Adamo et al., 2002; Da Silva-Grigoletto et al., 2009). Τέλος, η μυϊκή κόπωση που προκαλείται από το ΤΑΔ ως απάντηση στην άσκηση ΟΔ (Astrom, Lindkvist, Burstrom, Sundelin & Karlsson, 2009), πιθανόν επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της προπονητικής επιβάρυνσης, καθώς διαφοροποιεί τις βιοδυναμικές απαντήσεις του ανθρώπινου σώματος στη δόνηση (Abercromby et al., 2007) και υποκινεί νευρομυϊκές προσαρμογές (Jackson & Turner, 2003). Στην παρούσα μελέτη, τόσο το βραχύχρονο όσο και το μακρόχρονο πρόγραμμα άσκησης ΟΔ διήρκησαν 20 ΠΜ, αλλά διέφεραν σημαντικά ως προς τη συχνότητα και το χρόνο ανάληψης μεταξύ των ΠΜ άσκησης ΟΔ. Ειδικότερα, η χρονική διάρκεια της αποκατάστασης μεταξύ των ΠΜ βραχύχρονης (5 ΠΜ/εβδομάδα) και μακρόχρονης (3 ΠΜ/εβδομάδα) άσκησης με ΟΔ ήταν 24 και 48 h, αντίστοιχα. Επομένως, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η εμφάνιση των προπονητικών προσαρμογών σε επιλεγμένες φυσικές ικανότητες (κινητικότητα, δύναμη, κατακόρυφη αλτικότητα) οφείλεται αφενός στη μεγαλύτερη συχνότητα και αφετέρου στη μικρότερη διάρκεια αποκατάστασης μεταξύ των ΠΜ του βραχύχρονου προγράμματος άσκησης ΟΔ, η οποία πιθανόν αύξησε την ένταση και την αποτελεσματικότητα του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης. Η παραπάνω

υπόθεση φαίνεται να ενισχύεται από μελέτη των Bosco και συν. (1998), στην οποία προτάθηκε ότι η διάρκεια και η ένταση του προπονητικού ερεθίσματος της άσκησης βραχύχρονης ΟΔ (10 ΠΜ, διάρκεια έκθεσης 100 min) ισοδυναμεί με την εκτέλεση 200 αλμάτων βάθους, 2 φορές την εβδομάδα για 12 μήνες! Διαφορετικά, 10 min άσκησης ΟΔ (1ΠΜ) επιφέρουν διάρκεια και ένταση προπονητικής επιβάρυνσης ίση με αυτή που προκύπτει μετά από εκτέλεση 150 πύσεων ποδιών ή ημικαθισμάτων με επιπλέον επιβάρυνση τριπλάσια του σωματικού βάρους, 2 φορές την εβδομάδα, για 5 εβδομάδες (Bosco et al., 1999b)!

Σύμφωνα με τους Jordan και συν. (2005), πιθανοί μηχανισμοί δράσης και επιπτώσεις της αλληλεπίδρασης των στοιχείων της επιβάρυνσης (συχνότητα, πλάτος ταλάντωσης, διάρκεια) στην άσκηση ΟΔ δεν έχουν επαρκώς κατανοηθεί. Από την άλλη πλευρά, οι ακριβείς φυσιολογικές απαντήσεις στο ερέθισμα της δόνησης είναι δύσκολο να προβλεφθούν λόγω της μεταβλητότητας των στοιχείων της επιβάρυνσης (πλάτος ταλάντωσης, συχνότητα, τύπος δόνησης) (Griffin, 1996) και αύξησης της αμοιβαίας αναστολής στην άσκηση ΟΔ (De Ruiter et al., 2003a). Επίσης, στην άσκηση ΟΔ η εφαρμογή σταθερής επιτάχυνσης που προκύπτει από διαφοροποιημένο συνδυασμό (αλληλεπίδραση διαφοροποιημένης) της συχνότητας και του πλάτους ταλάντωσης επιφέρει διαφορετικές νευρομυϊκές απαντήσεις (Chen, Liu, Chuang, Chung & Shiang, 2014). Επιπρόσθετα, οι βιολογικοί και βιομηχανικοί δείκτες που φανερώνουν τη λειτουργική υπερφόρτωση του οργανισμού και το επίπεδο ετοιμότητας για την εφαρμογή περαιτέρω προπονητικής επιβάρυνσης στην άσκηση ΟΔ δεν έχουν καθορισθεί (Crewther et al., 2004). Έχει αναφερθεί, ότι στην άσκηση ΟΔ νευρογενείς παράγοντες αρχικά συνεισφέρουν σημαντικά στα οφέλη της νευρομυϊκής απόδοσης (Behm et al., 2006; Cochrane, 2011a; Roelands et al., 2006). Η βραχύχρονη άσκηση ΟΔ διαφοροποιεί το πρότυπο στρατολόγησης, αυξάνει το συγχρονισμό και τον αριθμό των επιστρατευμένων κινητικών μονάδων (Jordan et al., 2005; Issurin et al., 1999; Rehn, et al., 2007). Αντίθετα, έχει προταθεί ότι η άσκηση ΟΔ δεν αυξάνει το μέγεθος επιστράτευσης των μυϊκών ινών ούτε πιθανόν στρατολογεί επιλεκτικά τις μεγάλες (γρήγορες) κινητικές μονάδες (De Ruiter et al., 2003a). Βασικός περιορισμός της παρούσας μελέτης ήταν η μη αξιολόγηση των βραχύχρονων νευρικών προσαρμογών, στις οποίες πιθανόν οφείλεται η βελτίωση επιλεγμένων ικανοτήτων της φυσικής κατάστασης. Συνεπώς, είναι σημαντικό σε μελλοντικές έρευνες να εξετασθεί η επίπτωση της επιτάχυνσης ως αποτέλεσμα

αλληλεπίδρασης διαφορετικής συχνότητας και πλάτους ταλάντωσης στις νευρικές ανταποκρίσεις (συγχρονισμός κινητικών μονάδων, συχνότητα πυροδότησης, επιστράτευση κινητικών μονάδων) μετά την εφαρμογή βραχύχρονων πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ.

Ερευνητές στη διεθνή βιβλιογραφία προτείνουν ότι η διάρκεια έκθεσης στο προπονητικό ερέθισμα της δόνησης καθορίζει την εμφάνιση και το μέγεθος των προσαρμογών του νευρομυϊκού συστήματος (Delecluse et al., 2003; Li et al., 2008; Viru & Viru, 2005). Σύμφωνα με τους Roelants και συν. (2004a), μακρόχρονη άσκηση ΟΔ οδηγεί σε αύξηση του επιπέδου διέγερσης του νευρομυϊκού συστήματος λόγω της αυξημένης ευαισθησίας των διατακτικών αντανακλαστικών. Πιθανόν, η αύξηση της διάρκειας δόνησης οδηγεί στο μέγιστο επίπεδο ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων (Delecluse et al., 2005), προκαλεί κόπωση και επακόλουθα βελτιώνει τη δύναμη (Delecluse et al., 2003; Sale, 1987). Επιπρόσθετα, οι μακροχρόνιες επιδράσεις της άσκησης ΟΔ που προσομοιάζουν στην προπόνηση εκρηκτικής δύναμης καθορίζονται από τη διάρκεια των πρωτοκόλλων άσκησης (Calvisi et al., 2006). Σύμφωνα με τους Dolny και συν. (2008), η άσκηση ΟΔ επηρεάζει σε μικρό βαθμό ή καθόλου τη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος συγκριτικά με την άσκηση χωρίς δόνηση σε νεαρά άτομα με καλή φυσική κατάσταση, ενώ αυξάνει την απόδοση σε ηλικιωμένα και απροπόνητα άτομα. Έχει υποστηριχθεί σε μελέτη ανασκόπησης (Rehn et al., 2007), ότι η μακρόχρονη άσκηση ΟΔ επιφέρει θετικές επιπτώσεις στη μυϊκή απόδοση των κάτω άκρων σε απροπόνητα άτομα και ηλικιωμένες γυναίκες. Οι Luo και συν. (2005b), υποδεικνύουν ότι η μακρόχρονη άσκηση ΟΔ επιφέρει θετικές επιπτώσεις στη δύναμη και την κατακόρυφη αλτική ικανότητα (ισχύ) σε απροπόνητα άτομα (Luo et al., 2005b). Παρόμοια, σε πρόσφατη έρευνα μετανάλυσης αναφέρθηκε ότι η μακρόχρονη άσκηση ΟΔ οδηγεί σε βελτίωση της δύναμης των εκτεινόντων μυών του γόνατος και της κατακόρυφης αλτικότητας (CMJ) σε νεαρά και ηλικιωμένα άτομα με διαφορετικό επίπεδο φυσικής κατάστασης (Osawa, Oguma & Ishii, 2013a). Αντίθετα, άλλοι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άσκηση ΟΔ δεν προσθέτει επιπλέον οφέλη συγκριτικά με τις «παραδοσιακές» μεθόδους προπόνησης (Nordlund et al., 2007). Επίσης, μελέτη κατέδειξε ότι η μακρόχρονη άσκηση ΟΔ επιφέρει μικρά οφέλη στη δύναμη και κατακόρυφη αλτικότητα (ισχύ) (CMJ), ενώ δεν επηρεάζει την ταχύτητα σε αθλητές (Wilcock et al., 2009). Τέλος, η μακρόχρονη άσκηση ΟΔ (15-33

ΠΜ) δεν επιφέρει θετικές επιπτώσεις στη δύναμη, υπερτροφία, κατακόρυφη αλτικότητα (CMJ) και στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης (ισχύς) σε νεαρά άτομα, με φυσική δραστηριότητα και αθλητές (De Ruiter et al., 2003a; Delecluse et al., 2005; Donly et al., 2008). Φαίνεται λοιπόν ότι τα αντικρουόμενα αποτελέσματα για τις επιπτώσεις της μακρόχρονης άσκησης ΟΔ στις φυσικές ικανότητες, μπορεί εν μέρει να εξηγηθούν από τα διαφορετικά στοιχεία επιβάρυνσης (συχνότητα, πλάτος ταλάντωσης, τύπος δόνησης, διάρκεια) των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιήθηκαν (Mester et al., 2006), την ηλικία και το επίπεδο φυσικής κατάστασης των συμμετεχόντων (Jordan et al., 2005). Συνεπώς, δεν είναι εφικτή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τις επιδράσεις της μακρόχρονης ΟΔ στον άνθρωπο (Warman, Humphries & Purton, 2002).

Έχει υποδειχθεί ότι η μακρόχρονη άσκηση ΟΔ μπορεί να επιφέρει δομικές προσαρμογές στο μυϊκό ιστό, οι οποίες οδηγούν στη βελτίωση της απόδοσης (Rehn et al., 2007). Σύμφωνα με τους Kemertzis και συν. (2008), οι δομικές προσαρμογές, οι οποίες βελτιώνουν τη δύναμη και μεταβάλλουν τη μηκο-δυναμική σχέση του μυός πιθανόν βασίζονται αφενός στη φυσιολογική αύξηση της εγκάρσιας διατομής του μυός και αφετέρου στη μυϊκή επιμήκυνση. Έχει καλά τεκμηριωθεί ότι η πλειομετρική άσκηση μπορεί να μετατοπίσει τη μηκο-δυναμική σχέση του μυός και να οδηγήσει την εκδήλωση της μέγιστης ροπής άρθρωσης σε μεγαλύτερο μυϊκό μήκος (Brockett et al., 2001). Επιπλέον, η άσκηση ΟΔ προσομοιάζει με πλειομετρική άσκηση (Rittweger, 2010), η οποία επιφέρει θετικές επιπτώσεις στον κύκλο διάτασης βράχυνσης, όπως στο άλμα με αντίθετη κίνηση (Issurin, 2005). Ωστόσο, η επίδραση ενός μακρόχρονου πρωτοκόλλου ΟΔ στη μηκο-δυναμική σχέση του μυός ήταν πέρα από το σκοπό της παρούσας μελέτης. Συνεπώς, η μελλοντική διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών πρωτοκόλλων μακρόχρονης άσκησης ΟΔ (πλάτος ταλάντωσης, συχνότητα, διάρκεια, τύπος δόνησης) στη μηκο-δυναμική σχέση του μυός αποτελεί σημαντικό ερευνητικό πεδίο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Με βάση του περιορισμούς της παρούσας έρευνας τα κυριότερα συμπεράσματα ήταν τα παρακάτω:

α) Το βραχύχρονο πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ επιφέρει αύξηση της δύναμης και της κατακόρυφης αλτικότητας (άλμα από ημικάθισμα), επιδρά θετικά στο επίπεδο της κινητικότητας και βελτιώνει τη σωματική σύσταση (μείωση λίπους) σε νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα. Τα παραπάνω έχουν υποστηριχθεί και από άλλες μελέτες (Cronin, et al., 2004a; Epperson et al., 2009; Feland et al., 2010; Karatrantou et al., 2013; Sarshin et al., 2011).

β) Το βραχύχρονο πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ φαίνεται ότι δεν επηρεάζει την ταχύτητα, την κατακόρυφη αλτική ικανότητα (άλμα με αντίθετη κίνηση), την ισχύ, την αναερόβια και αερόβια ικανότητα σε νεαρά φυσικά δραστήρια άτομα. Τα προαναφερθέντα ενισχύονται από ερευνητές στη διεθνή βιβλιογραφία (Bosco et al., 1998; Cochrane et al., 2004; De Ruiter et al., 2003b; Karatrantou et al., 2013; Καρατράντου, 2010).

γ) Το μακρόχρονο πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ φαίνεται ότι δεν επιφέρει θετικές επιπτώσεις στην κινητικότητα, την ταχύτητα, την κατακόρυφη αλτική ικανότητα (άλμα από ημικάθισμα, άλμα με αντίθετη κίνηση), τη δύναμη, την ισχύ, τη σωματική σύσταση, την αναερόβια και αερόβια ικανότητα σε νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα. Η παραπάνω διαπίστωση είναι σε συμφωνία με άλλες μελέτες (Annino et al., 2007; Cheng et al., 2012; Cochrane et al., 2008a; Cole et al., 2010; Colson et al., 2010; Delecluse et al., 2005; De Ruiter et al., 2003a; Di Giminianni et al., 2009; Elmantaser et al., 2012; Mardinez-Pardo et al., 2013; Petit et al., 2010; Preatoni et al., 2012).

δ) Το βραχύχρονο πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ είναι περισσότερο αποτελεσματικό από το μακρόχρονο ίσης ποσότητας και έντασης στη βελτίωση της δύναμης, της κατακόρυφης αλτικότητας (SJ), της κινητικότητας και της σωματικής σύστασης (μείωση λιπώδους μάζας) σε νεαρά άτομα με φυσική δραστηριότητα. Από

την βιβλιογραφική ανασκόπηση δε βρέθηκε παρόμοια συγκριτική μελέτη για τις επιπτώσεις διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ (βραχύχρονο-μακρόχρονο) στη φυσική κατάσταση νεαρών ανδρών και συνεπώς το προαναφερθέν συμπέρασμα δεν μπορεί να διατυπωθεί με ασφάλεια.

Η άσκηση ΟΔ αποτελεί σχετικά νέα και αρκετά διαδεδομένη μορφή άσκησης, στην οποία τα στοιχεία της επιβάρυνσης του αποτελεσματικότερου προγράμματος δεν έχουν απολύτως διασαφηνιστεί. Η κατανόηση των πιθανών μηχανισμών δράσης και του τρόπου επίδρασης της άσκησης ΟΔ στις επιμέρους φυσικές ικανότητες θα βοηθήσει στο σχεδιασμό και την καθοδήγηση πιο αποτελεσματικών και ασφαλών προγραμμάτων άσκησης, με στόχο τόσο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης όσο και την προαγωγή της υγείας (πρόληψη και αντιμετώπιση ασθενειών και τραυματισμών) και συνεπώς της ποιότητας ζωής.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προέκυψαν αντικρουόμενα αποτελέσματα για την επίδραση τόσο των βραχύχρονων όσο και των μακρόχρονων προγραμμάτων άσκησης με ΟΔ στις διάφορες φυσικές ικανότητες που αξιολογήθηκαν. Επιπρόσθετα, δε βρέθηκε μελέτη στην οποία εξετάσθηκε η επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης ΟΔ στην αερόβια ικανότητα. Η παρούσα μελέτη προσθέτει νέα δεδομένα όσον αφορά στην επίδραση της βραχύχρονης και μακρόχρονης άσκησης ΟΔ στις φυσικές ικανότητες νεαρών ανδρών με φυσική δραστηριότητα.

Στην προπονητική διαδικασία η εφαρμογή της αρχής του ατομικού καθορισμού της επιβάρυνσης οδηγεί στη βελτιστοποίηση του προπονητικού αποτελέσματος. Η χρήση της κλίμακας αντιλαμβανόμενης κόπωσης αποτελεί εύχρηστο και αξιόπιστο τρόπο καθοδήγησης της προπονητικής επιβάρυνσης. Συνεπώς, σε μελλοντικές έρευνες πρέπει να εξετασθεί η επίδραση της άσκησης ΟΔ συνδυαστικά με τη χρήση της κλίμακας (OMNI-VIBRO) για τον καθορισμό της επιβάρυνσης στη μεγιστοποίηση των προσαρμογών.

Όπως έχει αναφερθεί προγενέστερα ο πιθανός μηχανισμός δράσης στην άσκηση ΟΔ είναι το ΤΑΔ του οποίου η ένταση μεταξύ άλλων, καθορίζεται από τη συνενεργοποίηση άλλης μυϊκής ομάδας καθώς και από την ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων. Ο χειρισμός Jendrassik (ισομετρική σύσπαση μυών άνω άκρων και προσώπου) αυξάνει την ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων, προάγει τα νωτιαία αντανακλαστικά των κάτω άκρων και πιθανόν διευκολύνει την εκδήλωση του ΤΑΔ.

Είναι λοιπόν λογικό να υποτεθεί πως η άσκηση ΟΔ με ταυτόχρονη εκτέλεση του χειρισμού μπορεί να αυξήσει την ένταση του ΤΑΔ και να επιφέρει βελτίωση της δύναμης. Η προαναφερθείσα υπόθεση πρέπει να ερευνηθεί ώστε ο σχεδιασμός προγραμμάτων άσκησης με ΟΔ να καταστεί περισσότερο αποδοτικός στην επίτευξη των προπονητικών προσαρμογών.

Η μυϊκή δύναμη, η ισχύς και η κινητικότητα αποτελούν παράγοντες της φυσικής κατάστασης, η βελτίωση των οποίων είναι αναγκαία για την ικανοποίηση των ειδικών απαιτήσεων των Ενόπλων Δυνάμεων, τη διατήρηση της υγείας, την αποφυγή εκφυλιστικών παθήσεων και επαγγελματικών ασθενειών. Από την άλλη πλευρά η άσκηση κατακόρυφης ΟΔ μειώνει το χρόνο προπόνησης και επιφέρει σε μικρό χρονικό διάστημα θετικές επιπτώσεις στις φυσικές ικανότητες. Ως εκ τούτου η άσκηση κατακόρυφης ΟΔ μπορεί και πρέπει να εμπεριέχεται στο σχεδιασμό προγραμμάτων με στόχο την βελτίωση της φυσικής κατάστασης των σπουδαστών τόσο κατά την φοίτηση στα ΑΣΕΙ όσο και μετέπειτα στην κατεύθυνση της δια βίου άσκησης.

Τα αποτελέσματα από την παρούσα μελέτη αλλά και από άλλες παρόμοιες ήταν πολύ ενθαρρυντικά και πιθανώς μπορεί να αποτελέσουν τη βάση για το σχεδιασμό βραχύχρονων προγραμμάτων άσκησης με ΟΔ. Θεωρείται λοιπόν απαραίτητη η γνώση και η διάδοση των προαναφερθέντων αποτελεσμάτων στους καθηγητές φυσικής αγωγής-προπονητές και πιο συγκεκριμένα στους υπηρετούντες στα ΑΣΕΙ για την εφαρμογή εναλλακτικών ή συμπληρωματικών προγραμμάτων άσκησης μυϊκής ενδυνάμωσης των νεαρών σπουδαστών/τριών.

Είναι γενικά αποδεκτό στην επιστημονική κοινότητα ότι η φυσική δραστηριότητα και άσκηση επιφέρει θετικές επιπτώσεις στην υγεία μολονότι αυξάνει τις αντιδρώσες (δραστικές) ελεύθερες και μη ρίζες O_2 και N , οι οποίες ενέχονται στην πρόκληση οξειδωτικού stress. Από την άλλη πλευρά τόσο η προπόνηση αντιστάσεων όσο και η αερόβια άσκηση φαίνεται ότι αυξάνουν το επίπεδο των αντιοξειδωτικών ενζύμων και βελτιώνουν την αντιοξειδωτική αμυντική ικανότητα του οργανισμού. Η άσκηση ΟΔ με ή χωρίς επιπλέον επιβάρυνση αυξάνει τη δύναμη και πρόσληψη O_2 σε νεαρά άτομα, ενώ βελτιώνει την αερόβια ικανότητα σε υπερήλικες. Ωστόσο, η επίπτωση της άσκησης με ΟΔ στους δείκτες του οξειδωτικού stress δεν έχει εξετασθεί. Επομένως, η διερεύνηση των επιδράσεων της άσκησης ΟΔ (άμεσων, βραχύχρονων, μακρόχρονων)

στους δείκτες του οξειδωτικού stress και στην επακόλουθη ή μη βιομοριακή καταστροφή (DNA, πρωτεΐνες, λιπίδια) σε νεαρά υγιή και ηλικιωμένα άτομα αποτελεί μελλοντικά σημαντικό ερευνητικό πεδίο.

Η άσκηση ΟΔ επιφέρει παρόμοιες νευρικές και φυσιολογικές προσαρμογές, όπως αυτές που παρατηρούνται μετά από προπόνηση αντιστάσεων. Η επιλεκτική επιστράτευση των μυϊκών ινών τύπου ΙΙβ, η αύξηση του ρυθμού πυροδότησης των κινητικών νευρώνων, ο μεσομυϊκός συντονισμός, η αύξηση της τεστοστερόνης και άλλων αναβολικών ορμονών, αποτελούν προπονητικές προσαρμογές της άσκησης ΟΔ. Ωστόσο, οι μετρήσεις αυτών των αλλαγών ήταν πέρα από το σκοπό της παρούσας μελέτης. Η μελλοντική αξιολόγηση των παραπάνω νευρο-φυσιολογικών προσαρμογών θα συνεισφέρει θετικά στην αποκωδικοποίηση των μηχανισμών που εμπλέκονται στην άσκηση με ΟΔ.

Η συχνότητα δόνησης, το πλάτος ταλάντωσης, η διάρκεια έκθεσης και ο τύπος δόνησης είναι στοιχεία της προπονητικής επιβάρυνσης στην άσκηση ΟΔ, η ένταση της οποίας καθορίζεται από την επιτάχυνση που εφαρμόζει η συσκευή δόνησης στους ασκούμενους μυς. Σε επόμενες μελέτες η χρήση επιταχυνσιόμετρου στην επιφάνεια δόνησης της συσκευής θα συμβάλλει στην αξιολόγηση και ρύθμιση της επιβάρυνσης, θα διευκολύνει τη συγκριτική ανάλυση παρόμοιων μελετών και θα οδηγήσει στην εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων όσον αφορά τις επιπτώσεις της άσκησης ΟΔ.

Η μετάδοση της δόνησης στους μυς στόχους επηρεάζεται μεταξύ άλλων από τα σωματομετρικά-ανατομικά-βιομηχανικά χαρακτηριστικά (ανάστημα, λίπος, συχνότητα συντονισμού, αρχιτεκτονική μυών), τον φαινότυπο των μυών καθώς και από την μυϊκή κατανομή. Σύμφωνα με μελέτες, οι γυναίκες σε σύγκριση με τους άνδρες έχουν μικρότερο ανάστημα, μεγαλύτερη γωνία Q, μικρότερη συχνότητα συντονισμού μυών κάτω άκρων, αυξημένο ποσοστό λίπους και μεγαλύτερο αριθμό μυών τύπου Ι. Έτσι μπορεί να υποθεθεί ότι το ποσοστό μετάδοσης της δόνησης και πιθανόν το ύψος του προπονητικού ερεθίσματος διαφέρει μεταξύ των φύλων στην άσκηση ΟΔ. Σε μελλοντικές έρευνες πρέπει να διερευνηθεί η επίδραση του φύλου στην αποτελεσματικότητα του προπονητικού ερεθίσματος της δόνησης, ώστε στο σχεδιασμό των πρωτοκόλλων άσκησης να λαμβάνονται υπόψη πιθανές διαφοροποιήσεις στις αποκρίσεις των γυναικών στην άσκηση ΟΔ.

Έχει καλά τεκμηριωθεί ότι η εφαρμογή περιοδικών πρωτοκόλλων στην άσκηση αντιστάσεων επιδρά θετικά στις φυσικές ικανότητες. Ειδικότερα, φαίνεται ότι διάφορα μοντέλα περιοδικότητας (γραμμικό, μη γραμμικό, ημερήσιο μη γραμμικό) επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της προπονητικής διαδικασίας. Προτείνεται λοιπόν η εφαρμογή διαφορετικών μοντέλων περιοδικότητας στην άσκηση ΟΔ, ώστε να διερευνηθεί περαιτέρω η αποτελεσματικότητα πρωτοκόλλων άσκησης ΟΔ τόσο στο γενικό όσο και σε ειδικούς πληθυσμούς (αθλητές, κ. α).

Η παρούσα έρευνα υποδεικνύει ότι το βραχύχρονο πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ επιφέρει θετικές επιπτώσεις στη δύναμη, την κατακόρυφη αλτικότητα (άλμα από ημικάθισμα), την κινητικότητα και τη σωματική σύσταση (μείωση λίπους), ενώ φαίνεται ότι δεν επηρεάζει την ταχύτητα, την κατακόρυφη αλτικότητα (άλμα με αντίθετη κίνηση), την αναερόβια ισχύ, την αναερόβια και αερόβια ικανότητα νεαρών ανδρών με φυσική δραστηριότητα. Επιπρόσθετα, καμιά μεταβολή δεν παρατηρήθηκε μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος μακρόχρονης άσκησης κατακόρυφης ΟΔ στις φυσικές ικανότητες που αξιολογήθηκαν. Τέλος, φαίνεται ότι το βραχύχρονο πρόγραμμα άσκησης κατακόρυφης ΟΔ σε σχέση με το μακρόχρονο είναι περισσότερο αποτελεσματικό στη βελτίωση επιλεγμένων φυσικών ικανοτήτων (δύναμη, κατακόρυφη αλτικότητα, κινητικότητα). Ωστόσο, για την εξαγωγή σαφέστερων και πιο γενικευμένων συμπερασμάτων είναι απαραίτητη η διεξαγωγή περαιτέρω έρευνας για τις επιπτώσεις τόσο της βραχύχρονης όσο και της μακρόχρονης άσκησης ΟΔ, σε άνδρες και γυναίκες, σε συνδυασμό με τις νευροφυσιολογικές αλλαγές, καθώς και τους διατροφικούς χειρισμούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology*, 93, 1318-1326.
- Abercromby, A. F. J., Amonette, W. E., Layne, C. S., McFarlin, B. K., Hinman, M. R., & Paloski, W. H. (2007). Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1794-1800.
- Abercromby, A. F. J., Amonette, W. E., Layne, C. S., McFarlin, B. K., Hinman, M. R. and Paloski, W. H. (2007a) Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39, 1642-1650.
- ACSM. (2007). *Κατευθύνσεις Σχεδιασμού Προγραμμάτων Άσκησης και Αξιολόγησης*. Αθήνα, Αθλότυπο.
- Adamczyk, J. G. (2011). The estimation of the RAST test usefulness in monitoring the anaerobic capacity of spinters in athletics. *Polish Journal of Sport & Tourism*, 18, 214-223.
- Adamo, D.E., Martin, B.J., & Johnson, P.W. (2002). Vibration induced muscle fatigue a possible contribution to musculoskeletal injury. *European journal of Applied Physiology*, 88, 134-140.
- Adams, J. B., Edwards, D., Serviette, D., Bedient, A.M., Huntsman, E., Jacobs, K.A., et al., (2009). Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 237-245.
- Adkins, D. L., Boychuk, J., Remple, M. S., Kleim, J. A. (2006). Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex. *Journal of Applied Physiology*, 101, 1776-1782.
- Ahlborg, L., Andersson, C., Julin, P. (2006). Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motorperformance in adults with cerebral palsy. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 38, 302-308.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., Hakkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 555-563.
- Alentorn-Geli, E., Padilla, J., Moras, G., Lazaro, H. C., Fernandez-Sola, J. (2008). Six weeks of whole-body vibration exercise improves pain and fatigue in women with fibromyalgia. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 14, 975-981.

- Amann, M. (2012). Significance of Group III and IV muscle afferents for the endurance exercising human. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 39, 831–835.
- Aminian-Far, A., Hadian, M., Olyaei, G., Talebian, S., Bakhtiary, A. H. (2011). Whole-body vibration and the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*, 46, 43–49.
- Andersen, L. L. & Aagaard, P. (2006). Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European Journal of applied physiology*, 96, 46-52.
- Anderson, T. (1996). Biomechanics and running economy. *Sports Medicine*, 22, 76-89.
- Annino, G., Padua, E., Castagna, C., Salvo, V., Minichella, S., Tsarpela, O., et al., (2007). Effect of Whole Body Vibration Training on Lower Limb Performance in Selected High- Level Ballet Students. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 1072-1076.
- Artero, G., Espana-Romero, V., Ortega, F. B., Jimenez-Pavon, D., Carreno-Galvez, F., Ruiz, J. R., et al., (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.
- Ashby, P., Stalberg, E., Winkler, T., Hunter, J. P. (1987). Further observations of the depression of group Ia facilitation of motoneurons by vibration in man. *Experimental Brain Research*, 69, 1-6.
- Ashton-Miller, J. A., Wojtys, E. M., Huston, L. J., Fry-Welch, D. (2001). Can proprioception really be improved by exercises? *Knee Surgery Sports Traumatology and Arthroscopy*, 9, 128-136.
- Asikainen, T. M., Kukkonen-Harjula, K., Miilunpalo, S. (2004). exercise for health for early postmenopausal women: a systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, 34, 753-778.
- Astrand, P. O. & Rodahl, K. (1986). *Textbook of work physiology*. New York: McGraw-Hill.
- Astrom, C. (2008). *The effects of vibration on muscles in the neck and upper limbs*. Unpublished Medical Dissertation, University of Umea. Umea, Sweden.
- Astrom, C., Lindkvist, M., Burstrom, L., Sundelin, G., Karlsson, J. S. (2009). Changes in EMG activity in the upper trapezius muscle due to local vibration exposure. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19, 407-415.
- Avela, J., Kyrolainen, H., Komi, P. V. (2001). Neuromuscular changes after long lasting mechanically and electrically elicited fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 85, 317-325.
- Avelar, N. C. P., Costa, S. J., Da Fonseca, S. F., Tossige-Gomes, R., Gripp, F. J., Coimbra, C. C., et al., (2012). The effects of passive warm-up vs. wholebody vibration on high-intensity performance during sprint cycle exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2997-3003.

- Bacon, S. L., Sherwood, A., Hinderliter, A., Blumenthal, J. A. (2004). Effects of exercise, diet and weight loss on high blood pressure. *Sports Medicine*, 34, 307-316.
- Baker, J. S. Baily, D. M., Davies, B. (2001). The relationship between total body mass, fat free mass and cycle ergometry power components during 20 seconds of maximal exercise. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 4, 1-9.
- Baker, J. S., Davies, B., Buchan, D., Kilgore, L. (2013). Anaerobic performance in obese populations: Under estimation of power profiles. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4, 82-83.
- Baquet, G., Van Praagh, E., Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine*, 33, 1127-1143.
- Baum, K., Votteler, T., & Schiab, J. (2007). Efficiency of vibration exercise for glycemic control in type 2 diabetes patients. *International Journal of Medical Sciences*, 4, 159-163.
- Bautmans, I., Van Hees, E., Lemper, J. C., Mets, T. (2005). The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BMC Geriatrics*, 5, 17-20.
- Bazett-Jones, D. M., Finch, H. W., Dugan, E. L. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 144-150.
- Beachle, R. T. & Earle, W. R. (2000). *Essentials of strength training and conditioning* (2 Ed.) Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bedient, A., Adams, J., Edwards, D., Serravite, D., Huntsman, E., Mow, S., et al. (2009). Displacement and frequency for maximizing power output resulting from a bout of whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1683-1687.
- Beer, F. P., Johnston, E. R. Mechanical Vibrations. (1987). In A. Duffy & D. A. Damstra (Eds.), *Mechanics for Engineers* (pp. 838-888). Toronto: Mc Graw-Hill.
- Behm, D. G, Bambury, A., Cahill, F., Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine and in Sports and Exercise*, 36, 1397-1402.
- Behm, D. G. & Anderson, K. G. (2006). The role of instability with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 716-722.
- Behm, D. G., Faigenbaum, A. D., Falk, B., Klentrou, P. (2008). Canadian society for exercise physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology & Nutrition Metabolism*, 33, 547-561.
- Belavy, D. L., Wilson, S. J., Armbricht, G., Rittweger, J., Felsenberg, D., Richardson, C. A. (2012). Resistive vibration exercise during bed-rest reduces motor

- control changes in the lumbo-pelvic musculature. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22, 21–30.
- Berg, K. (2003). Endurance training and performance in runners: Research limitations and unanswered questions. *Sports Medicine*, 33, 59-73.
- Bird, S. P., Tarpinning, K. M., Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. *Sports Medicine*, 35, 841-851.
- Bishop, B. (1975). Vibratory stimulation part III: possible applications of vibration in treatment of motor dysfunctions. *Physical Therapy*, 55, 139–143.
- Bjor, B., Bunstrom, L., Karlsson, M., Nilsson, T., Naslund, U., Winklund, U. (2007). Acute effects on heart rate variability when exposed to hand transmitted vibration and noise. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 81, 193-199.
- Blazevich, A., Gill, N., Bronks, Newton, R. (2003). Training specific muscle architecture adaptation after 5wk training in athletes. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 35, 2013-2022.
- Blottner, D., Salanova, M., Püttmann, B., Schiffli, G., Felsenberg, D., Buehring, B., et al., (2006). Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, 97, 261-271.
- Bluthner, R., Seidel, H., Hinz, B. (2001). Myoelectric response of back muscles to vertical random whole vibration – methodical approach and first results. *Clinical Biomechanics*, 16, 25-30.
- Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A., Troosters, T., Boonen, S., & Vershueren, S. (2009). Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (a 1-year randomised controlled trial). *Age and Ageing*, 38, 448-454.
- Bojsen-Moller, J., Magnusson, S. P., Rasmussen, L. R., Kjaer, M., Aagaard, P. (2005). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of applied physiology*, 99, 986–994.
- Bongiovanni, L. G. & Hagbarth, K. E. (1990a). Tonic vibration reflex elicited during fatigue from maximal voluntary contraction in man. *Journal of Physiology (London)*, 423, 1-14.
- Bongiovanni, L. G., Hagbarth, K. E., Stjernberg, L. (1990b). Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contraction in man. *Journal of Physiology*, 423, 15-26.
- Borg G. (1998). *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bosco, C. (1995). *Αξιολόγηση της ταχυδύναμης*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O. (1999a). 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., Tsarpela, O., Colli, R., Tihanyi, J., von Duvillard, SP., et al., (1998). The influence of whole body vibration on jumping performance. *Biology of Sport*, 15, 157-164.
- Bosco, C., Colli, R., Introini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., Madella, A., Tihanyi, J., Viru, A. (1999b). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, 19, 183–187.
- Bosco, C., Lacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., et al., (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 449-454.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*; 50, 273-282.
- Boshulzen, H. C., Bongers, P. M. & Hulshof, C. T. (1992). Self-reported back pain in folk-lift truck and freight- container tractor drivers exposed to whole body vibration. *Spine*, 17, 59-65.
- Bosquet, L., Leger, L., Legros, P. (2002). Methods to determine aerobic endurance. *Sports Medicine*, 32, 675-700.
- Bouchard, C. (1991). Is weight fluctuation a risk factor? *The New England Journal of Medicine*, 324, 1887-1888.
- Bouchard, C., Perusse, L., Deriaz, O., Despres, J. P., Tremblay, A. (1993). Genetic influences on energy expenditure in humans. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, 33, 345-50.
- Bovenzi, M. (2008). A follow up study of vascular disorders in vibration-exposed forestry workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 81, 401-408.
- Bovenzi, M., Hulshof, C. T. (1999). An Updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole body vibration and low back pain (1986-1997). *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 72, 351-365.
- Bovenzi, M., Lindsell, C. L., Griffin, M. J. (2000). Acute vascular responses to the frequency of vibration transmitted to the head. *Occupational and Environmental Medicine*, 57, 422-430.
- Bradley, P., Olsen, P., & Portas, M. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 223-226.
- Brerrow-saby, C., Delliaux, S., Steinberg, J. G., Jammes, Y. (2008). Fatigue-induced changes in tonic vibration response (TVR) in humans: relationships between electromyographic and biochemical events. *Muscle Nerve*, 38, 1481–1489.
- Bressel, E., Smith, G., & Branscomb, J. (2010). Transmission of whole body vibration in children while standing. *Clinical Biomechanics*, 25, 181-186.

- Brewer J, Ramsbottom R, Williams, C. (1988). *Multistage fitness test: progressive shuttle-run test for the prediction of maximum oxygen uptake*. Leeds: National Coaching Foundation.
- Brigitte Wirth, B., Zurfluh, S. & Muller, R. (2011). Acute effects of whole-body vibration on trunk muscles in young healthy adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21, 450–457.
- Brockett, C. L., Morgan, D. L. & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 33, 783–790.
- Bruyere, O., Wuidart, M. A., di Palma, E., Gourlay, M., Ethgen, O., Richey, F., et al., (2005). Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 303-307.
- Buchan, D. S., Ollis, S., Thomas, N. E., Buchanan, N., Cooper, S.- M., Malina, R. M. et al. (2011). Physical activity interventions: Effects of duration and intensity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21, 341-350.
- Buford, W. T., Rossi, J. S., Douglas, B. S., Warren, J. A. (2007). A comparison of periodization models during nine weeks with equated volume and intensity for strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 1245-1250.
- Bullock, N., Martin, D. T., Ross, A., Rosemond, C. D., Jordan, M. J., Marino, F. (2008). Acute effect of whole-body vibration on sprint jumping performance in elite skeleton athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1371–1374.
- Bullock, N., Martin, D., Ross, A., Rosemond, D., Jordan, M., Marino, F. (2009). An acute bout of whole-body vibration on skeleton start and 30-m sprint performance. *European Journal of Sport Science*, 9, 35-39.
- Bunker, D. J., Rhea, M. R., Simons, T., Marin, P. J. (2011). The use of whole-body vibration as a golf warm-up. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 293-297.
- Burke, D, Hagbarth, K. E, Lofstedt, L., Wallin, B. G. (1976). The responses of human muscle spindle endings to vibration during an isometric contraction. *Journal of Physiology*, 261, 695–711.
- Busko, K. (2011). Influence of two high-intensity intermittent training programmes on anaerobic capacity in humans. *Biology of Sport*, 28, 23-30.
- Buttifant, D., Crow, J., Kearney, S., Hrysmallis, C. (2011). Whole body vibration vs. glutealmuscle activation: what are the acute effects on explosive power? *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25 (Supl. 1), S14-S15.
- Calvin-figuere, S., Romaguere, P., Gilhodes, J. C., Roll, J. P. (1999). Antagonist motor responses correlate with kinesthetic illusions induced by tendon vibration. *Experimental Brain Research*, 124, 342-350.

- Calvisi, V., Angelozzi, M., Franco, A., Mottola, L., Crisostomi, S., Corsica, C. et al., (2006). Influence of whole body vibration static exercise on quadriceps oxygenation. *Advances in experimental Medicine & Biology*, 578, 137-141.
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., et al. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 50-60.
- Cardinale M, Leiper J, Erskine J, Milroy M, 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. & Bosco, C. (2003a). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31, 3-7.
- Cardinale, M. & Lim, J. (2003c). Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 621-624.
- Cardinale, M. & Rittweger, J. (2006). Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or fiction? *The Journal of the British Menopause Society*, 12, 12-18.
- Cardinale, M. P. & Pope, M. H. (2003b). The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Acta Physiologica Hungarica*, 90, 195-206.
- Cardinale, M., & Lim, J. (2003e). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Medicina dello Sport*, 56, 287-292.
- Cardinale, M., & Wakeling, J. (2005). Whole-body vibration exercise: are vibrations good for you? *British Journal of Sports Medicine*, 39, 585-589.
- Cardinale, M., Rittweger, J. (2006). Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or friction. *Journal of the British menopause Society*, 12, 12-18.
- Carrasco, L., Sanudo, B., De Hoyo, M., Pradas, F., Da Silva, M .A. (2011). Effectiveness of low-frequency vibration recovery method on blood lactate removal, muscle contractile properties and on time to exhaustion during cycling at VO₂max power output. *European Journal of Applied physiology*, 111, 2271-2279.
- Carroll, S. & Dudfield, M. (2004). What is the relationship between exercise and metabolic abnormalities? A review of the metabolic syndrome. *Sports Medicine*, 34, 371-418.
- Carroll, T. J., Riek, S., Carson, R, G. (2001). Neural adaptations to resistance training: implication for movement control. *Sports Medicine*, 31, 829-840.

- Carson, R. G. & Riek, S. (2000). Musculo-skeletal constraints on corticospinal input to upper limb motoneurons during coordinated movements. *Human Movement Science*, 19, 451-474.
- Carson, R. G., Riek, S., Mackey, D. C., Meichenbaum, D. P., Willms, K., Forner, M., Byblow, W. D. (2004). Excitability changes in human forearm corticospinal projections and spinal reflex pathways during rhythmic voluntary movement of the opposite limb. *Journal of Physiology-London*, 560, 929-940.
- Casale, P., Ring, H. & Rainoldi, A. (2009). High frequency vibration conditioning stimulation centrally reduces myoelectrical manifestation of fatigue in healthy subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19, 998–1004.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., Christensen, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100, 126-131.
- Cesarelli, M., Fratini, A., Bifulco, P., La Gatta, A., Romano, M., Pasquariello, G. (2010). Analysis and modelling of muscles motion during whole body vibration. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2010, 972353.
- Chang, S. H., Dudley-Javoroski, S., Shields, R. K. (2011). Gravitational force modulates muscle activity during mechanical oscillation of the tibia in humans. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21, 847–853.
- Chanou, K., Gerodimos, V., Karatrantou, K., Jamurtas, A. (2012). Whole-body vibration and rehabilitation of chronic diseases: A review of the literature. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 187-200.
- Chappell, J. D., Herman, D. C., Knight, B. S., Kirkendall, D. T., Garrett, W. E., Yu, B. (2005). Effect of fatigue on knee kinetics and kinematics in stop-jump tasks. *American Journal of Sports Medicine*, 33, 1022–1029.
- Chen, C-H., Liu, C., Chuang, L-R., Chung, P-U., Shiang, T-Y. (2014). Chronic effects of whole body vibration on jumping performance and body balance using different frequencies and amplitudes with identical acceleration load. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 17, 107-112.
- Cheng, C. F., Cheng, K. H., Lee, Y. M., Huang, H. W., Kuo, Y. H., Lee, H. J. (2012). Improvement in running economy after 8 weeks of whole-body vibration training. *Journal of Strength Conditioning Research*, 26, 3349-3357.
- Cheung, W., Mok, H., Oin, L., Sze, P., Lee, K., & Leung, K. (2007). High- Frequency Whole- Body Vibration Improves Balancing Ability in Elderly Women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 852-857.
- Chevront, S. N., Carter, R., Deruisseau, K. C., Moffatt, R. J. (2005). Running performance differences between men and women:an update. *Sports Medicine*, 35, 1017-1024.
- Chuang, L. R., Shiang, T. Y. (2007). The training effects of 10 weeks whole body vibration (WBV) stimulus on Shan-shou athletes. *Journal of Biomechanics*, 40, Suppl 2, S356.
- Cochrane, D. (2010). Shaking weight loss away - Can vibration exercise reduce body fat? *Journal of Human Sport & Exercise*, 6, 33-39.

- Cochrane, D. J. (2011a). The potential neural mechanisms of acute indirect vibration. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 19-30.
- Cochrane, D. J. (2011b). Vibration exercise: The potential benefits. *International Journal of Sports Medicine*, 32, 75-99.
- Cochrane, D. J. (2011c). The sports performance application of vibration exercise for warm-up, flexibility and sprint speed. *European Journal of Sport Science*, 13, 256-271.
- Cochrane, D. J. (2012). Is vibration exercise a useful addition to a weight management program? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22, 705-713.
- Cochrane, D. J., Legg, S. J., & Hooker M. J. (2004). The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 828-832.
- Cochrane, D. J., Santor, F., Winwood, K., Stannard, S. R., Narici, M. V., Rittweger, J. (2008a). A comparison of the physiologic effects of acute whole body vibration exercise in young and older people. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, 89, 815-821.
- Cochrane, D. J., 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.
- Cochrane, D. J., Stannard, S. R., Sargeant, A. J., Rittweger, J. (2008). The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 103, 441-448.
- Cole, K. J. & Mahoney, S. E. (2010). Effect of five weeks of whole body vibration training on speed, power, and flexibility. *Clinical Kinesiology*, 64, 1-7.
- Cole, S., (1982). *Vibration and linear acceleration*. In: Singleton, W. T. (Ed.), *The Body at Work* (pp. 201-234). Cambridge, Cambridge University Press.
- Colson, S. S. & Petit, P. D. (2013). Lower limbs power and stiffness after whole body vibration. *International Journal of Sports Medicine*, 34, 318-323.
- Colson, S. S., Pensini, M., Espinosa, J., Garrandes, F., Legros, P. (2010). Whole-body vibration training effects on the physical performance of basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 999-1006.
- Colson, S. S., Petit, P. D., Hébreard, L., Tessaro, J., Pensini, M. (2009). Whole body vibration does not enhance muscle activation. *International Journal of Sports Medicine*, 30, 841-844.
- Constantino, C., Pogliacomi, F., Soncini, G. (2006). Effect of the vibration board on the strength of ankle dorsal and plantar flexor muscles: a preliminary randomized controlled study. *Acta Biomedica*, 77, 10-16.

- Conway, G. E., Szalma, J. L., Hancock, P. A. (2007). A quantitative meta-analytic examination of whole-body vibration effects on human performance. *Ergonomics*, 50, 228-245.
- Cordo, P., Gandevia, S. C., Hales, J. P., Burke, D., Laird, G. (1993). Force and displacement-controlled tendon vibration in humans. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 89, 45-53.
- Cordo, P., Ingils, J. T., Verschueren, S., Collins, J. J., Merfeld, D. M., Rosenblum, S., Bukley, S., Moss, F. (1996). Noise in human muscle spindles. *Nature*, 383, 769-770.
- Cormie, P., Deane R. S., Triplett N. T., & McBride J. M. (2006). Acute effects of whole- vibration on muscle activity, strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 257-261.
- Craig, A. D. (1995). Distribution of brainstem projections from spinal lamina I neurons in the cat and the monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 361, 225-248.
- Crewther, B., Cronin, L., Keogh, J. (2004). Gravitational forces and whole body vibration: implication for prescription of vibratory stimulations. *Physical Therapy in Sport*, 5, 37-43.
- Cronin, B. J., Hansen, T. K. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Strength and Conditioning Research*, 19, 349-357.
- Cronin, J., McLaren, A., & Bressel, E. (2004a). The effects of whole body vibration on jump performance in dancers. *Journal of Human Movement Studies*, 47, 237-251.
- Cronin, J., Nash, M., Whatman, C. (2008). The acute effects of hamstring stretching and vibration on dynamic knee joint range of motion and jump performance. *Physical Therapy in Sport*, 9, 89-96.
- Cronin, J., Oliver, M., McNair, P. (2004b). Muscle stiffness and injury effects of whole body vibration. *Physical Therapy in Sport*, 5, 68-74.
- Crow, J. F., Buttifant, D., Kearny, S. G., Hrisomallis, C. (2012). Low load exercises targeting the gluteal muscle group acutely enhance explosive power output in elite athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 438-442.
- Crow, J., Buttifant, D., Kearney, S., Hrysomallis, C. (2012). Low load exercises targeting the gluteal muscle group acutely enhance explosive power output in elite athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 438-442.
- Curry, L. E., 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, 487-495.
- Curtis, D. & Eccles, J. (1960). Synaptic actions during and after repetitive stimulation. *Journal of physiology*, 150, 374-398.
- Da Silva, M. A., Fernandez, J. M., Castillo, E., Nunez, V. M., Vaamonde, D. M., Poblador, M. S. et al., (2007). Influence of vibration training on energy

- expenditure in active men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 470-475.
- Da Silva, M., Nunez, V., Vaamonde, D., Fernandez, J., Poblador, M., Garcia- Manso, J., et al., (2006). Effects of different frequencies of whole body vibration on muscular performance. *Biology of Sport*, 23, 267-282.
- Da Silva-Grigoletto, M. E. D., De Hoyo, M., Sanudo, B., Carrasco, L., Garsia-Manso, J. M. (2011). Determining the optimal whole-body vibration dose–response relationship for muscle performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 3326-3333.
- Da Silva-Grigoletto, M. E., Vaamonde, D. M., Castillo, E., Poblador, M. S., Garcia-Manso, J. M., Lancho, J. L. (2009). Acute and cumulative effects of different times of recovery from whole body vibration exposure on muscle performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2073-2082.
- Dahlin, L., Lund, I., Lundeberg, T., Molander, C. (2006). Vibratory stimulation increase the electro-cutaneous sensory detection and pain thresholds in women but not in men. *BMC Complementary & Alternative Medicine*, 6, 20-20.
- Dastmenash, S., Van Den Tillaar, R., Jacobs, P., Shafiee, G. H., Shojaedin, S. S. (2010). The Effect of Whole Body Vibration, Pnf Training or a Combination of Both on Hamstrings Range of Motion. *World Applied Sciences Journal*, 11, 744-751.
- Davis, D. S., Quinn, O. R., Whiteman, T. C., Williams, D. J., Young, R. C. (2008). Concurrent validity of four clinical tests used to measure hamstring flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 583-588.
- De Gail, P., Lance, J. W. & Neilson, P. D. (1966). Differential effects on tonic and phasic reflex mechanisms produced by vibration of muscles in man. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 29, 1-11.
- De Hoyo-Lora, M., Granedos, S. R., Coralles, B. S., Paez, L. C. (2010). Whole body vibration: acute and residual effect on the explosive strength. *Journal of Human Sport & Exercise*, 5, 188-195.
- De Luca, C. J. & Kline, J. C. (2012). Influence of proprioceptive feedback on the firing rate and recruitment of motoneurons (in press). *Journal of Neural Engineering*.
- De Luca, C. J. (1985). Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. *CRC Critical Reviews of Biomedical Engineering*, 11, 251-279.
- De Ruiter, C. J., Van Raak, S. M., Schilperoort, J. V., Hollander, A. P. De Haan A. (2003a). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *European Journal in Applied Physiology*, 90, 595-600.
- De Ruiter, C., van der Linden, R., van der Zijden, M., Hollander, A. & de Haan, A. (2003b). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric extensor force and rate of force rise. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 472-475.

- Deane, R. S., Chow, J. W., Tillman, M. D., Fournier, K. A. (2005). Effects of hip flexor training on sprint, shuttle run, and vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 615-621.
- Del Coso, J., Mora-Rodriguez, R. (2006). Validity of cycling peak power as measured by a short-sprint test versus the Wingate anaerobic test. *Applied physiology and Nutrition metabolism*, 31, 186-189.
- Delecluse, C., Roelants, M, Diels, R., Koninckx, E. & Verschueren, S. (2005). Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 662-668.
- Delecluse, C., Roelants, M., Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole body vibration compared with resistance training. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 35, 1033-1041.
- Delliaux, S. & Jammes, Y. (2006). Effects of hypoxia on muscle response to tendon vibration in humans. *Muscle Nerve*, 34, 754-761.
- Delwade, P. J. (1973). *Human monosynaptic reflexes and presynaptic inhibition*. In: Desmedt, J. E. (Ed.), *New development in electromyography and clinical neurophysiology* (pp. 508-522). Basel: Karger.
- Desmedt, J. E., Godaux, E. (1978). Mechanism of the vibration Paradox: excitatory and inhibitory effects of tendon vibration on single soleus muscle motor unit in man. *Journal of Physiology*, 285, 197-207.
- Di Giminiani, R., Masedu, F., Tihanyi, J., Scrimaglio, R., Valenti, M. (2013). The interaction between body position and vibration frequency on acute response to whole body vibration. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23, 245-251.
- Di Giminiani, R., Tihanyi, J., Safar, S., Scrimaglio, R. (2009). The effects of vibration on explosive and reactive strength when applying individualized vibration frequencies. *Journal of Sports Sciences*, 27, 169-177.
- Di Iorio, F., Cesarelli, M., Bifulco, P., Fratini, A., Roveda, E., Ruffo, M. (2012). The effect of whole body vibration on oxygen uptake and electromyographic signal of the rectus femoris muscle during static and dynamic squat. *Journal of Exercise Physiology*, 15, 18-3.
- Di Loreto, C., Ranchelli, A., Lucidi, P., Murdolo, G., Parlanti, N., De Cicco, A., et al., (2004). Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men. *Journal of endocrinological investigation*, 27, 323-327.
- Docherty, D. (1996). *Field Tests and Test Batteries*. In D. Docherty (ed.), *Measurement in Pediatric exercise science* (pp. 285-330). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Donly, D. G. & Reyes, G. F. C. (2008). Whole Body Vibration Exercise: Training and Benefits. *Current Sports Medicine Reports*, 7, 152-157.
- Dotan, R. & Bar-Or, O. (1983). Load optimization for the Wingate anaerobic test. *European Journal of Applied Physiology*, 51, 409-417.

- Dotan, R. (2006). The Wingate anaerobic test's past future and the compatibility of mechanically versus electro-magnetically braked cycle-ergometers. *European journal of Applied Physiology*, 98, 113-116.
- Duchateau, J and Enoka, R. M. (2002). Neural adaptations with chronic activity patterns in able-bodied humans. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, S17-S27.
- Dupuis, H. (1989). Biodynamic behavior of the trunk and the abdomen during whole-body vibration. *Acta Anesthesiologica Scandinavica*, 33, 34-38.
- Dupuis, H. (1994). Medical and occupational preconditions for vibration induced spinal disorders: Occupational disease number 2110 in Germany. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 66, 303-308.
- Duysens, J., Beerepoot, V. P., Veltink, P. H, et al. (2008). Proprioceptive perturbations of stability during gait. *Clinical Neurophysiology*, 38, 399-410.
- Ebben, W. P., Hintz, M. J., Simenz, C. J. (2005). Strength and conditioning practices of major league baseball strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 538-546.
- Ebersbach, G., Edler, D., Kaufhold, O., Wissel, J. (2008). Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in Parkinson's disease. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 89, 399-403.
- Edge, J., Mundel, T., Weir, K., Cochrane, D. J. (2009). The effects of acute whole body vibration as a recovery modality following high intensity interval training in well-trained, middle aged runners. *European Journal of applied Physiology*, 105, 421-428.
- Eger, T., Harmish, C., Oliver, M., Dickey, J. (2009). Predicted health risks associated with vibration exposure in the steel making industry. *Proceedings of 4th International Conference on Whole Body Vibration Injuries*. Montreal: Concordia University.
- Eklund, G. & Hagbarth, K. E. (1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental Neurology*, 16, 80-92.
- Elmantaser, M., Mc Millan, M., Smith, K., Khanna, S., Chantler, D., Panarelli, M. et al. (2012). A comparison of the effect of two types of vibration exercise on the endocrine and musculoskeletal system. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interaction*, 12, 144-154.
- Enoka, R. M. (1997). Neural adaptations with chronic physical activity. *Journal of Biomechanics*, 30, 447-455.
- Epperson, T. A. (2009). *The effect of whole body vibration platform training on hamstring flexibility*. Unpublished Master Thesis, Brigham Young University. Provo, Utah, USA.
- Erikssen, G. (2001). Physical fitness and changes in mortality: The survival of the fittest. *Sports Medicine*, 31, 571-576.
- Erskine, J., Smillie, I., Leiper, J., Ball, D., & Cardinale, M. (2007). Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole-body vibration exercise

- in health young men. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 27, 242-248.
- Eston, R. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 175-182.
- Euro fit. (1992). *Για την αξιολόγηση της φυσικής κατάστασης, Συμβούλιο της Ευρώπης, επιτροπή για την ανάπτυξη των σπορ*. Θεσσαλονίκη: Σάλτο.
- Ezenwa, B. & Yeoh, H. T. (2011). Multiple vibration displacements at multiple vibration frequencies stress impact on human femur computational analysis. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 48, 179-190.
- Fagnani, F., Giombini, A., Di Cesare, A., Pigozzi, F. & 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 & Rehabilitation*, 85, 956-962.
- Fallon, J. B. & Macefield, V. G. (2007). Vibration sensitivity of human muscle spindles and golgi tendon organs. *Muscle Nerve*, 36, 21-29.
- Fatouros, I. G., Kambas, A., Katrabasas, I., Nikolaidis, K., Chatzinikolaou, A., Leontsini D. et al. (2005). Strength training and detraining effects on muscular strength, anaerobic power, and mobility of inactive older men are intensity dependent. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 776-780.
- Fazalbhoy, A., Macefield, V. G., Birznieks, I. (2013). Tonic muscle pain does not increase fusimotor drive to human leg muscles: implications for chronic muscle pain. *Experimental Physiology*, 98, 1125-1132.
- Feland, J. B., Hawks, M., Hopkins, J. T., Hunter, I., Johnson, A. W., Eggett, D. L. (2010). Whole Body Vibration as an Adjunct to Static Stretching. *International journal of sports medicine*, 31, 584-589.
- Feland, J., Hopkins, T., Hunter, I., Johnson, W. (2008). Hamstring stretching using a whole body vibration platform. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 491-548.
- Feldman, A. G. & Latash, M. L. (1982). Inversions of vibration-induced sensorimotor events caused by supraspinal influences in man. *Neuroscience Letters*, 31, 147-151.
- Ferguson, S. L., Kim, E., Seo, D. I., Bembem, M. G. (2013). Comparing the effects of 3 weeks of upper body vibration training, vibration and stretching, and stretching alone on shoulder flexibility in college-aged males. *Journal of Strength and Conditioning Research* (in press).
- Fernandez-Rio, J., Terrados, N., Fernandez-Garcia, B., Suman, O. E. (2010). Effects of vibration training on force production in female basketball players. *Journal of Strength Conditioning Research*, 24, 1373-1380.
- Filingeri, D., Jemni, M., Bianco, A., Zeinstra, E., Jimenez, A. (2012). The effects of vibration during maximal graded cycling exercise: A pilot study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 423-429.
- Finn, J., Gatin, P., Withers, R., Green, S. (2000). Estimation of Peak Power and Anaerobic Capacity of Athletes. In C. J. Gore (Ed.), *Physiological Tests for Elite Athletes* (pp. 37-49). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Fitts, R. H., Riley, D. R., Widrick, J. J. (2001). Functional and structural adaptations of skeletal muscle to microgravity. *Journal of Experimental Biology*, 204, 3201–3208.
- Fleck, S. J. (2003). *Cardiovascular responses to strength training*. In P. V. Komi. (Ed.), *Strength and power in sport (pp. 387-406)*. Oxford: Blackwell Science.
- Flor, H. (2003). Cortical reorganisation and chronic pain: implications for rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 35, 66–72.
- Fourment, A., Chenneville, J. M., Belhaj-Saif, A., Maton, B. (1996). Responses of motor cortical cells to short trains of vibration. *Experimental Brain Research*, 111, 208-214.
- Fowles, J. R., Sale, D. G., MacDougall, J. D. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1179-1188.
- Franchignoni, F., Vercelli, S., Ozkakar, L. (2013). Hematuria in a runner after treatment with whole body vibration: A case report. *Scandinavian Journal of medicine & Science in Sports*, 23, 383-385.
- Fratini, A., Cesarelli, M., Bifulco, P., La Gatta, A., Pasquariello, G. (2009a). Analysis of muscle motion during whole body vibration training. *Gait and posture*, 30 Supp 1, S67-S68.
- Fratini, A., La Gatta, A., Bifulco, P., Romano, M., Cesarelli, M. (2009b). Muscle motion and EMG activity in vibration treatment. *Medical Engineering & Physics*, 31, 1166-1172.
- Freund, H. J. (1983). Motor unit and muscle activity in voluntary motor control. *Physiological review*, 63, 387-427.
- Fricke, O., Semler, O., Land, C., Beccard, R., Thoma, P., Schoenau, E. (2009). Hormonal and metabolic responses to whole body vibration in healthy adults. *The Endocrinologist*, 19, 24-30.
- Friday, J. & Beckmann, P. (1993). Warm-up and flexibility for basketball. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 15, 57-60.
- Fritz, M. (2005). Dynamic properties of the biomechanical model of the human body-influence of posture and direction of vibration stress. *Journal of low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 24, 233-249.
- Furness, T. P. & Maschette, W. E. (2009). Influence of whole body vibration platform frequency on neuromuscular performance of community-Dwelling older adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1508-1513.
- Furness, T. P. (2007). *Effects of whole body vibration on neuromuscular performance of community dwelling older adults*. Unpublished Master Thesis, Australian Catholic University. Fitzroy, Victoria, Australia.
- Gadde, J. B., Bennell, L. K., Wajswelner, H., Finch, F. C. (2004). Reliability of common lower extremity musculoskeletal screening tests. *Physical Therapy in Sports*, 5, 90-97.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiology Reviews*, 81, 1725-1789.

- Garatachea, N., Jimenez, A., Bresciani, G., Marino, N. A., Gonzalez-Gallego, J., De Paz, J. A. (2007). The effects of movement velocity during squatting on energy expenditure and substrate utilization in whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 594-598.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., et al. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43, 1334-1359.
- Gardiner, P., Dai, Y., Heckman, C. J. (2006). Effects of exercise training on a-motoneurons. *Journal of Applied Physiology*, 101, 1228-1236.
- Gardner, E. P., Martin, J.H., Jessell, T.M. (2000). *The bodily senses*. In: Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M (Eds.), *Principles of Neural Science* (pp 430-450). New York: McGraw-Hill.
- Garhammer, J. & Gregor, R. (1992). Propulsion forces as a function of intensity for weightlifting and vertical jumping. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6, 129-134.
- Garhammer, J. (1980). Power production by Olympic weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 54-60.
- Garcia-Lopez, D., Garatachea, N., Marin, P. J., Martin, T., Herrero, A. J. (2012). Acute effects of whole-body vibrations on balance, maximal force and perceived exertion: Vertical platform versus oscillating platform. *European Journal of Sports Science*, 12, 425-430.
- Gastin, P. B. (1994). Quantification of anaerobic capacity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 4, 91-112.
- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, 31, 725-741.
- Gauthier, G. M., Roll, J. P., Martin, B. J., Harley, F. (1981). Effects of whole body vibrations on sensory motor system performance in man. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 52, 473-479.
- Geertsen, S. S., Lundbye-Jensen, J., Nielsen, J. B. (2008). Increased central facilitation of antagonist reciprocal inhibition at the onset of dorsiflexion following explosive strength training. *Journal of Applied Physiology*, 105, 915-922.
- Gerodimos, V., Zafeiridis, A., Karatrantou, K., Vasilopoulou, T., Chanou, K., Pispirikou, E. (2010). The acute effects of different whole-body vibration amplitudes and frequencies on flexibility and vertical jumping performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 438-443.
- Geron, E., Inbar, O. (1980). *Motivation and anaerobic performance*. In U. Simri (Ed.), *Art and science of coaching* (pp. 107-117). Netanaya: Wingate Institute, Israel.

- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 35, 757-777.
- Godfrey, R. G., Madgwick, Z., Whyte, G. P. (2003). The exercise-induced growth hormone response in athletes. *Sports medicine*, 33, 599-613.
- Gojanovic, B. & Henchoz, Y. (2012). Whole-body vibration training: Metabolic cost of synchronous, side-alternating or no vibrations. *Journal of sports Sciences*, 30, 1397-1403.
- Gojanovic, B., Feihl, F., Liaudet, L., Gremion, G., Waeber, B. (2011). Whole body vibration training elevates creatine kinase levels in sedentary subjects. *Swiss Medical Weekly*, 141, w13222.
- Gomez, A. L., Volek, J. S., Rubin, M. R., French, D. N., Ratamess, N. A., Sharman, M. J., et al. (2003). Physiological and functional effects of acute low frequency hand arm vibration. *Journal of Strength and Conditioning Journal*, 17, 686-693.
- Gonzales-Aguero, A., Matute-Liorente, A., Comez-Cabello, A., Casajus, J. A., Vicente-Rodriguez, G. (2013). Effects of whole body vibration on body composition in adolescents with Down syndrome. *Research in developmental disabilities*, 34, 1426-1433.
- Goodwill, A. M. & Kidgell, D. J. (2012). The effects of whole-body vibration on the cross-transfer of strength. *The Scientific World Journal*, 2012, 504837.
- Goto, K., & Takamatsu, K. (2005). Hormone and lipolytic responses to whole body vibration in young men. *Japanese Journal of Physiology*, 55, 279-284.
- Govindaraju, R. S., Curry, D. B., Bain, J. L., Riley, D. A. (2006). Comparisons of continuous and intermittent vibration on rat tail artery and nerve. *Muscle and Nerve*, 34, 197-204.
- Govindaraju, R. S., Curry, D. B., Bain, J. L., Riley, D. A. (2008). Nerve damage occurs at wide range of vibration frequencies. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 687-692.
- Griffin, M. (1996). *Handbook of human vibration*. Academic Press: London.
- Griffin, M. J. (1981). Biodynamic Response to Whole-Body Vibration. *The Shock and Vibration Digest*, 13, 3-12.
- Griffin, M. J. (1990). *Handbook of Human Vibration*. London: Academic Press.
- Griffin, M. J. (1994). *Handbook of human vibration (2nd Ed.)*. San Diego: Academic Press.
- Griffin, M. J. (2004). Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. *Occupational and Environmental Medicine*, 61, 387-397.
- Griffin, M. J., Welsh, A. J. & Bovenzi, M. (2006). Acute response of finger circulation to force and vibration applied to the palm of the hand. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 32, 383-391.

- Grosser, M. & Starischka, S. (2000). *Προπόνηση φυσικής κατάστασης*. Θεσσαλονίκη: SALTO.
- Guggenheimer, J. D., Dickin, D. C., Reyes, G. F., Dolny, D. J. (2009). The effects of specific preconditioning activities on acute sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1135-1139.
- Guignard, J. C. (1985). *Vibration*. In: *Cralley & Cralley (Eds.), Patty's industrial hygiene and toxicology. Biological Responses (2nd)* (pp. 653-724). New York: Wiley.
- Guo, L. X., Zhang, M., Zhang, Y. M., Teo, E. C. (2009). Vibration modes of injured spine at resonant frequencies under vertical vibration. *Spine*, 34, 682-688.
- Gusi, N., Raimundo, A. & Leal, A. (2006). Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 7, 92-80.
- Gomez-Cabello, A., Gonzalez-Aguero, A., Ara, I., Casajus, J. A., Vicente-Rodriguez, G. (2013). Effects of a short-term whole body vibration intervention on physical fitness in elderly people. *Maturitas*, 74, 276-278.
- Haas, C. T. & Schimdtbleicher, D. (2003). Effects of whole body vibration on motor control in Parkinson's disease. *Journal of Neural Transmission*, 110, 66.
- Haas, C. T., Turbanski, S., Kessler, K., Schmidtbleicher, D. (2006). The effects of random whole-body-vibration on motor symptoms in Parkinson's disease. *Neurorehabilitation*, 21, 29-36.
- Hagbarth, K. E. & Eklund, G. (1966). *Motor effects of vibratory stimuli in man*. In: *Granit, T., (Ed.), Muscular Afferent and Motor Control* (pp. 177-186). Stockholm: Almquist & Wiskell.
- Hagbarth, K. E. & Eklund, G. (1968). The effects of muscle vibration in spasticity, rigidity, and cerebellar disorders. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 31, 207-213.
- Hagbarth, K. E. & Eklund, G. (1969). The muscle vibrator: A useful tool in neurological therapeutic work. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 1, 26-34.
- Hagberg, M. (2002). Clinical Assessment of Musculoskeletal Disorders in Workers Exposed to Hand-Arm Vibration. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75, 97-105.
- Hagberg, M., Burstrom, L., Ekman, A., Wilhelmsson, R. (2006). The association between whole body vibration exposure and musculoskeletal disorders in the Swedish work force is confounded by lifting and posture. *Journal of Sound and Vibration*, 298, 492-498.
- Han, J., Jung, J., Lee, J., Kim, E. (2013). Effects of vibration stimuli on the knee joint reposition error of elderly women. *Journal of Physical Therapy Science*, 25, 93-95.

- Hancock, C. The benefits of regular walking for health, well-being and the environment. Ημερομηνία ανάκτησης: 13/3/2014. <http://www.c3health.org/wp-content/uploads/2009/09/C3-report-on-walking-v-1-0120911.pdf>.
- Hancock, R. (2007). *The influence of magnitude posture and language on subjective workload while reading and writing during multi axis vibration*. Unpublished Master Thesis, University of Loughborough. Loughborough, UK.
- Hannah, R., Minshull, C., Folland, J. P. (2013). Whole body vibration does not influence knee joint neuromuscular function or proprioception. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23, 96-104.
- Harman, E., Garhammer, J., Pandoff, C. (2000). Administration, Scoring, and Interpretation, of Selected Tests. In T. R. Beachle & R. W. Earle (Eds.), *Essentials of Strength training and Conditioning* (pp.287-317). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Harms-Ringdahl, K. (1986). On Assessment of Shoulder Exercise and Load-elicited pain in the cervical spine. Biomechanical analysis of Load -EMG-methodological studies of pain provoked by extreme position. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, Supl.14, 1-40.
- Harridge, S. D. (2007). Plasticity of human skeletal muscle: gene expression to in vivo function. *Experimental Physiology*, 92, 783-797.
- Harris, N. K., Cronin, J. B., Hopkins, W. J. (2007). Power outputs of a machine squat-jump across a spectrum of loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 1260-1264.
- Harris, R. G., Stone, H. M., O'Bryant, S. H., Proulx, C. M., Johnson, I. R. (2000b). Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *Strength and Conditioning Research*, 14, 14-20.
- Harris, T. R., Dudley, G. Neuromuscular Anatomy and Adaptations to Conditioning. (2000a). In T. R. Beachle & R. W. Earle (Eds.), *Essentials of Strength training and Conditioning* (pp.15-23). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hartmann, J. & Tünneman, H. (1989). *Σύγχρονη προπόνηση δύναμης* (Ομάδα Συγγραφέων επιμέλεια για την Ελληνική έκδοση). Θεσσαλονίκη: SALTO. (Δημοσίευση πρωτοτύπου 1988).
- Hasan, Z. & Stuart, D. G. (1984). *Mammalian muscle receptors*. New York: Dekker.
- Hasset, L. M., Harmer, A. R., Moseley, A. M., Mackey, M. G. (2007). Validity of the modified 20-metre shuttle test: Assessment of cardiorespiratory fitness in people who have sustained a traumatic brain injury. *Brain Injury*, 21, 1069-1077.
- Hawkey, A. (2012). Whole body vibration training improves muscular power in a recreationally active population. *SportLogia*, 8, 116-122.
- Hawkins, S. A. & Wiswell, R. A. (2003). Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: Implications for exercise training. *Sports Medicine*, 33, 877-888.

- Hawley, J. A. (2008). Specificity of training adaptation: time for a rethink? *The Journal of Physiology*, 586, 1-2.
- Hayashi, S., Shimura, K. & Kasai, T. (2006). Modulations of use-dependent excitability changes of human motor cortex (M1) by practice condition. *Perceptual and Motor Skills*, 103, 697-702.
- Hayward, L. F., Nielsen, R. P., Heckman, C. J. & Hutton, R. S. (1986). Tendon vibration- induced inhibition of human and cat triceps surae group I reflexes: evidence of selective Ib afferent fiber activation. *Experimental Neurology*, 94, 333-347.
- Hazarin, B., Grzesik, J. (1998). The Transmission of Vertical Whole Body Vibration to the Body Segments of Standing Subjects. *Journal of Sound and Vibration*, 215, 775-787.
- Hazell, T. J. & Lemon, P. W. R. (2012). Synchronous whole-body vibration increases VO₂ during and following acute exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 413-420.
- Hazell, T. J., Kenno, K. A. & Jakobi, J. M. (2010). Evaluation of muscle activity for loaded and unloaded dynamic squats during vertical whole-body vibration. *Journal of Strength Conditioning Research*, 24, 1860–1865.
- Hazell, T. J., Thomas, G. W. R., De Guire, J. R., Lemon, P. W. R. (2008). Vertical whole body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 104, 903-908.
- Hedrick, A. (1993). Flexibility and the conditioning program. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 15, 62-66.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., Hoff, J. (2004). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 1925-1931.
- Herrick, A. L. (2005). Pathogenesis of Reynaud's phenomenon. *Rheumatology*, 44, 587-596.
- Hettinger, T. (1956). Der einflub sinussförmiger schwingungen auf die skelettmuskulatur. *Internationale Zeitschrift für Angewandte Physiologie*, 16, 192-197.
- Hoff, J. & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports Medicine*, 34, 165-180.
- Hoffman, J. R. (2006). *Norms for fitness, performance and health*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Holloway, K. M., Meir, R. A., Brooks, L. O., Phillips, C. J. (2008). the triple-120 meter shuttle test: a sport-specific test for assessing anaerobic endurance fitness in rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 633-639.
- Hong, J. (2008). *The effects of whole body vibration on the neuromuscular system*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Oregon. Eugene, Oregon , USA.

- Hopkins, T., Pak, J. O., Robertshaw, A. E., Feland, J. B., Hunter, I., Gage, M. (2008). Whole Body Vibration and Dynamic Restraint. *International Journal of Sports Medicine*, 29, 424-428.
- Huber, G., Skrzypiec, D., Klein, A., Puschel, K., Morlock, M. (2009). High cycle fatigue behavior of functional spinal units. *Proceedings of 4th International Conference on Whole Body Vibration Injuries*. Montreal: Concordia University.
- Hubley-Kozey, C.L. (1991). *Testing Flexibility*. In J. D., MacDongall, H. A. Wenger & H. J. Green (eds.), *Physiological Testing of the High-Performance Athlete* (pp. 309-359). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hui, S. C., Yuen, P. Y. (2000). Validity of the modified back-saver sit-and-reach test: a comparison with other protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1655-1659.
- Hultborn, H., Meunier, S., Pierrot-Deseilligny, E. & Shindo, M. (1987). Changes in presynaptic inhibition of human Ia fibers at the onset of voluntary contraction in man. *Journal of physiology*, 389, 757-772.
- Hunter, J. P. & Marshall, R. N. (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 478-486.
- Hutton, R. S. & Atwater, S. W. (1992). Acute and chronic adaptations of muscle proprioceptors in response to increased use. *Sports Medicine*, 14, 406-421.
- Inbar, O., Bar-Or, O., Skinner, J. S. (1996). *The Wingate Anaerobic test*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ishihara, Y., Izumizaki, M., Atsumi, T., Homma, I. (2004). Aftereffects of mechanical vibration and muscle contraction on limb position-sense. *Muscle Nerve*, 30, 486-492.
- Issurin V., & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal of Sports Sciences*, 17, 177-182.
- Issurin, V. B. (2005). Vibrations and their application in sport: A review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45, 324-336.
- Issurin, V. B., Liebermann, D. G., & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of Sports and Sciences*, 12, 561-566.
- Iwamoto, J., Takeda, T., Sato, Y., & Uzawa, M. (2005). Effect of whole-body vibration exercise on lumbar bone mineral density, bone turnover and chronic back pain in post-menopausal osteoporotic women treated with alendronate. *Aging Clinical and Experimental Research*, 17, 157-163.
- Izquierdo, M., Hakkinen, J., Ibanez, M., Garrues, A., Anton, A., Zunika, A., Larrion, J. L., Gorostiaga, E. M. (2001). Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older man. *Journal of Applied Physiology*, 90, 1497-1507.

- Jackson K. J., Merriman, H. L., Vanderburgh, P. M., Brahler, C. J. (2008). Acute effects of whole body vibration on lower extremity muscle performance in persons with multiple sclerosis. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 32, 171-176.
- Jackson, A. S., Pollock, M. L. (1985). Practical assessment of body composition. *Physician and Sports Medicine*, 13, 76-80, 82-90.
- Jackson, A. W., Langford, N. J. (1989). The criterion- related validity of the sit and reach test: Replication and extension of previous findings. *Research Quarterly for Exercise and Science*, 384-385.
- Jackson, S. W. & Turner, D. L. (2003). Prolonged muscle 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.
- Jacobs, P. L., & Burns, P. (2009). Acute enhancement of lower-extremity dynamic strength and flexibility with whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 51-57.
- Jami, L. (1992). Golgi tendons organs in mammalian skeletal muscle functional properties and central actions. *Physiological Review*, 72, 623-666.
- Jarska, K., Szczepanowska, E., Chudecka, M., Sienko, E., Drozdowski, R. (2009). Changes in body composition and heart rate in women after systematic static physical exertion on a vibraplate. *Medycyna Sportowa*, 25, 106-114.
- Johanning, E. (1991). Back Disorders and Health Problems among subway train operators exposed to whole body vibration. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 17, 414-419.
- Johansson, H., Djupsjobacka, M., Sjolander, P. (1993). Influences on the gamma-muscle spindle system from muscle afferents stimulated by KCl and lactic acid. *Neuroscience Research*, 16, 49-57.
- Johnson, A. W. (2007). *Whole body vibration compared to traditional physical therapy in individuals with total knee arthroplasty*. Unpublished Doctoral Dissertation, Brigham Young University. Provo, Utah, US.
- Jones, A. M. & Carter, H. (2000). The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 29, 373-386.
- Jones, M. T., Parker, B. M., Cortes, N. (2011). The effect of whole-body vibration training and conventional strength training on performance measures in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 2434-2441.
- Jordan, M. J., Norris, S. R., Smith, D. J., Herzog, W. (2005). Vibration training: an overview of the area, training consequences and future considerations. *Journal of Strength and Conditional Research*, 19, 459-466.
- Jordan, M. J., Norris, S. R., Smith, D. J., Herzog, W. (2010). Acute effects of whole-body vibration on peak isometric torque, muscle twitch torque and voluntary muscle activation of the knee extensors. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20, 535-540.

- Kadi, F. & Thornell, L. E. (2000). Concomitant increases in myonuclear and satellite cell content in female trapezius muscle following strength training. *Histochemistry & Cell Biology*, 113, 99-103.
- Karatrantou, K., Gerodimos, V., Dipla, K., Zafeiridis, A. (2013). Whole-body vibration training improves flexibility, strength profile of knee flexors, and hamstrings-to-quadriceps strength ratio in females. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19, 477-481.
- Kasai, T., Kawanishi, M. & Yahagi, S. (1992). The effects of wrist muscle vibration on human voluntary elbow flexion-extension movements. *Experimental Brain Research*, 90, 217-220.
- Kaufman, (2011). The exercise pressor reflex in animals. *Experimental Physiology*, 97, 51-58.
- Kaufman, M. P., & Rybicki, K. J. (1987). Discharge properties of group III and IV muscle afferents: their responses to mechanical and metabolic stimuli. *Circulation Research*, 61, 160-165.
- Kaufman, M. P., Forster, H. V. (1996). *Reflexes controlling circulatory, ventilator and airway responses to exercise*. In: Rowell, L. B., Shepherd, J. T. (Eds.), *Handbook of Physiology Section 12: Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems* (pp 381-447). New York: Oxford University Press.
- Kaufman, M. P., Hayes, S. G., Adreani, C. M., Pickar, J. G. (2002). Discharge properties of group III and IV muscle afferents. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 508, 25-32.
- Kavanaugh, A., Ramsey, M. W., Sands, W. A., Haff, G. G., Stone, M. H. (2011). Acute whole-body vibration does not affect static jump performance. *European Journal of Sports Science*, 11, 19-25.
- Kawamori, N. & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 675-684.
- Kelly, S. B., Alvar, B. A., Black, L. E., Dodd, D. J., Carothers, K. F., Brown, L. E. (2010). The effect of warm-up with whole-body vibration vs. cycle ergometry on isokinetic dynamometry. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 3140-3143.
- Kemertzis, M. A., Lytgho, N. D., Morgan, D. L., Galea, M. P. (2008). Ankle flexors produce peak torque at longer muscle lengths after whole body vibration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 1977-1983.
- Kemmler, W. & Von Stengel, S. (2012). Alternative exercise technologies to fight against sarcopenia at old age: A series of studies and review. *Journal of Aging Research*, 2012, 109013.
- Kennis, E., Verschueren, S. M., Bogaerts, A., Coudyzer, W., Boonen, S., Delecluse, D. (2013). Effects of fitness and vibration training on muscle quality: A 1-year postintervention follow-up in older men. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* (in press).
- Kersch-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., et al., (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology*, 21, 377-382.

- Khadraji, H. A. A. (2012). Effect of Vibration Training on Some Physical Variables and Level of the Skill Performance on a Horse Jumping. *World Journal of Sport Sciences*, 6, 134-139.
- Kiiski, J., Heinonen, A., Jarvinen, T. L., Kannus, P., Sievanen, H. (2008). Transmission of vertical whole body vibration to the human body. *Journal of Bone and Mineral Research*, 23, 1318-1325.
- Kinser, A. M., Ramsey, M. W., O'Bryant, H. S., Ayres, C. A., Sands, W. A., Stone, M. H. (2008). Vibration and stretching effects on flexibility and explosive strength in young gymnasts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40, 133-140.
- Kipp, K., Johnson, S. T., Doeringer, J. R., Hoffman, M. A. (2011). Spinal reflex excitability and homosynaptic depression after a bout of whole-body vibration. *Muscle Nerve*, 43, 259-262.
- Kjellberg, A. (1990). Psychological aspects of occupational vibration. *Scandinavian Journal of Work & Environmental Health*, 16, 39-43.
- Kleinoder, H. (2009). Vibration training in elite tennis. *ITF Coaching and Sport Science Review*, 47, 2-4.
- Kodama, S., Kazumi, S., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M. et al., (2009). cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: A meta-analysis. *Journal of American Medical Association*, 301, 2024-2035.
- Koenig, D., Chiaramonte, M. S., Balbinot, A. (2008). Wireless Network for Measurement of Whole- Body Vibration. *Sensors*, 8, 3067-3081.
- Kosar, C. A., Gandow, G. D., Putland, T. J. (2012). Potential beneficial effects of whole-body vibration for muscle recovery after exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2907-2911.
- Kossev, A., Siggelkow, S., Schubert, M., Wohlfarth, K., Dengler, R. (1999). Muscle vibration: different effects on transcranial magnetic and electrical stimulation. *Muscle & Nerve*, 22, 946-948.
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 36, 674-688.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 35, 339-361.
- Krajnak, K., Johnson, C., Miller, R., Waugh, S. (2009). Vibration alters serum markers on bone turnover in rats. *Proceedings of 4th International Conference on Whole Body Vibration Injuries*. Montreal: Concordia University.
- Krol, P., Piecha, M., Slomka, K., Sobota, G., Polak, A., Juras, G. (2011). The effect of whole-body vibration frequency and amplitude on the myoelectric activity of vastus medialis and vastus lateralis. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 169-174.

- Kubo, K., Kanehisa, H., Fukunaga, T. (2001). Effects of different duration isometric contractions on tendon elasticity in human quadriceps muscles. *Journal of Physiology*, 536, 649-655.
- Kubukeli, Z. N., Noakes, T. D., Dennis, S. C. (2002). Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Medicine*, 32, 489-509.
- Kuitunen, S., Komi, P. V., Kyrolainen, H. (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 34, 166-173.
- Kvorning, T., Bagger, M., Caserotti, P. & Madsen, K. (2006). Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 615-625.
- Lachance, C., Weir, P., Kenno, K. & Horton, S. (2012). Is whole-body vibration beneficial for seniors? *European Reviews of Aging & Physical Activity*, 9, 51-62.
- Lam, F. M. H., Lau, R. W. K., Chung, R. C. K., Pang, M. Y. C. (2012). The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, 72, 206-213.
- Lamont, H. S., Cramer, J. T., Bembem, D. A., Shehab, R. L., Anderson, M. A., Bembem, M. G. (2011). Effects of a 6-week periodized squat training with or without whole-body vibration upon short-term adaptations in squat strength and body composition. *Journal of Strength Conditioning Research*, 25, 1839-1848.
- Lamont, H. S., Cramer, J. T., Bembem, D. A., Shehab, R. L., Anderson, M. A., Bembem, M. G. (2010). The acute effect of whole-body low-frequency vibration on countermovement vertical jump performance in college-aged men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 3433-3442.
- Lamp, L. K., Rogers, L. (2007). A re-appraisal of the reliability of the 20 m multi-stage shuttle run test. *European journal of applied physiology*, 100, 287-292.
- Lance. J. W., De Gail, P., Neilson, P. D. (1966). Differential effects on tonic and phasic reflex mechanisms produced by vibration of muscles in man. *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry*, 29, 1-11.
- Lau, W. Y and Nosaka, K. (2011). Effect of vibration treatment on symptoms associated with eccentric exercise-induced muscle damage. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90, 648-657.
- Laursen, P. B. & Jenkins, D. G. (2002). The scientific basis for high intensity interval training. *Sports Medicine*, 32, 53-73.
- Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6, 93-101.
- Léger, L. and Gadoury, C. (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO₂max in adults. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 14, 21-26.
- Leigh, L. & Scherer, J. (2008). Balance falls and whole body vibration. *Journal on Active Aging*, 7, 50-54.

- Letzelter, M. (1988). *Προπονητική* (Κέλλης, Σ. Επιμέλεια για την ελληνική έκδοση). Θεσσαλονίκη: ΣΑΛΤΟ. (Δημοσίευση πρωτοτύπου 1978).
- Lewis, G. N., Byblow, W. D., Carson, R. G. (2001). Phasic modulation of corticomotor excitability during passive movement of the upper limb: Effects of movement frequency and muscle specificity. *Brain Research*, 900, 282-294.
- Li, L., Lamis, F., Wilson, S. A. (2008). Whole body vibration alters proprioception in the trunk. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 792-800.
- Liemohn, W. P., Sharpe, G. L., Wasserman, J. (1994). Criterion- related validity of the sit and reach test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8, 91-94.
- Light, A. R., White, A. T., Hughen, R. W., Light, K. C. (2009). Moderate exercise increases expression for sensory, adrenergic, and immune genes in chronic fatigue syndrome patients but not in normal subjects. *Journal of Pain*, 10, 1099-1112.
- Lin, J. & Chen, T. (2012). Diversity of strength training methods: A theoretical approach. *Strength & Conditioning Journal*, 34, 42-49.
- Lindsay, D.T. (1996). *Functional Human Anatomy*. Mosby Publications.
- Liphardt, A. M. (2008). *The Potential of Whole Body Vibration Training during 14-Days of 6°-Head Down Tilt Bed Rest to Counteract Effects on Muscle Performance, Balance and Articular Cartilage*. Unpublished Doctoral Dissertation, Deutschen Sporthochschule Köln. Köln, Germany.
- Liu, C., Chen, C. S., Ho1, W. H., Füle, R. J., Chung, P. H., Shiang, T. Y. (2013). The effects of passive leg press training on jumping performance, speed, and muscle power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 1479-1486.
- Liu, P. Y., Brummel-Smith, K., Ilich, J. Z. (2011). Aerobic Exercise and Whole-Body Vibration in Offsetting Bone Loss in Older Adults. *Journal of Aging Research*, 2011, 379674.
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Knight, T. J., Janse de Jonge, X. A. K. (2012). The effects of different speed training protocols on sprint acceleration kinematics and muscle strength and power in field sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 1539-1550.
- Lohman, E. B., Petrofsky, J. S., Maloney-Hinds, C., Betts-Schwab, H., Thorpe, D. (2007). The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects. *Medicine Science Monitoring*, 13, CR71–CR76.
- Lohman, T. G., Roche, A., Martorell, R. (1988). Anthropometric Standardization Reference Manual. *Champaign, IL: Human Kinetics*.
- Lopez- Minarro, A. P., De Baranda Andujar, P. S., Rodriguez-Carcia, L. P. (2009). A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 116-122.

- Lorenzen, C., Maschette, W., Koh, M., Wilson, C. (2009). Inconsistent use of terminology in whole body vibration exercise research. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 12, 676-678.
- Lorenzen, H. C. (2007). *The response of elderly female fast gait to whole body vibration*, Faculty of Health Science. Fitzroy, Victoria, Australia.
- Lovell, R., Midgley, A., Barrett, S., Carter, D., Small, K. (2013). Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power and dynamic strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23, 105-113.
- Lundstrom, R. & Holmund, P. (1998). Absorption of Energy during Whole Body Vibration Exposure. *Journal of Sound and Vibration*, 215, 789-799.
- Luo, J., McNamara, B. P. & Moran, K. (2005a). A portable vibrator for muscle performance enhancement by means of direct muscle tendon stimulation. *Medical Engineering & Physics*, 27, 513-522.
- Luo, J., McNamara, B. P. & Moran, K. (2005b). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine*, 35, 23-41.
- Luo, J., McNamara, B. P., Moran, K. (2007). Influence of Resistance Load on Electromyography Response to Vibration Training with Sub-Maximal Isometric Contractions. *International Journal of Sports Science & Engineering*, 1, 45-54.
- Macaluso, A. & De Vito, G. (2004). Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *European Journal of Applied Physiology*, 91, 450-472.
- Macefield, G., Hagbarth, K., Gorman, R., Gandevia, S. C., Burke, D. (1991). Decline in spindle support to alpha-motoneurons during sustained voluntary contractions. *Journal of Physiology*, 440, 497-512.
- Magnusson, M. L., Pope, M. H., Lindell, V., Svensson, M., Andersson, G. (1996). The metabolic cost of various occupational exposures. *Ergonomics*, 30, 55-60.
- Mahieu, N. N., Witvrouw, E., Van de Voorde, D., Michilsens, D., Arbyn, V., Den Broecke, W. (2006). Improving strength and postural control in young skiers: whole-body vibration versus equivalent resistance training. *Journal of Athletic Training*, 41, 286-293.
- Maikala, R. V. & Bhambhani, Y. N. (2006). In vivo lumbar erector spinae oxygenation and blood volume measurements in healthy men during seated whole-body vibration. *Experimental Physiology*, 91, 853-866.
- Mansfield, N. J. (2005). *Human response to vibration*. CRC Press: Boca Raton.
- Mansfield, N. J. (2004). *Human Response to Vibration*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Mardsen, C. D., Meadows J. C., Hodgson, H. J. (1969). Observations on the reflex response to muscle vibration in man and its voluntary control. *Brain*, 92, 829-846.

- Marieb, E. (1995). *Human anatomy and physiology (3rd Ed.)*. Benjamin-Cummings Publishing Company: Redwood City.
- Marin, J. P., Zarzuela, P., Zarzosa, F., Herrero, J. A., Garatachea, N., Rhea, R. M., Lopez, D. G. (2012). Whole-body vibration as a method of recovery for soccer players. *European Journal of Sport Science*, 12, 2-8.
- Marin, P. J., & Rhea, M. (2010a). Effects of vibration training on muscle power: A meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 24, 871-878.
- Marin, P. J., & Rhea, M. (2010b). Effects of vibration training on muscle strength: A meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 24, 548-556.
- Marin, P. J., Bunker, D., Rhea, M., Ayllon, F. N. (2009). Neuromuscular activity during whole-body vibration of different amplitudes and footwear conditions: implications for prescription of vibratory stimulation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2311-2316.
- Marin, P. J., Martin-Lopez, A., Vicente-Campos, D., Angulo-Carrere, M. T., Garsia-Pastor, T., Garatachea, N., et al., (2011b). Effects of vibration training and detraining on balance and muscle strength in older adults. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 559-564.
- Marin, P. J., Santos-Lozano, A., Santin-Medeiros, F., Delecluse, C., Garatachea, N. (2011a). A comparison of training intensity between whole-body vibration and conventional squat exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21, 616-621.
- Marin, P. J., Santos-Lozano, A., Santin-Medeiros, F., Robertson, R. J., Garatachea, N. (2012a). Reliability and validity of the OMNI-vibration exercise scale of perceived exertion. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 438-443.
- Mark, L. L. (1998). *Neurophysiological Basis of Movement*. Illinois: Human Kinetics.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 551-555.
- Marks, R. & Quinney, H. A. (1993). Effect of fatiguing maximal isokinetic quadriceps contractions on ability to estimate knee-position. *Perceptual Motor Skills*, 77, 1195-1202.
- Marshall, L. C. & Wyon, M. A. (2012). The effect of whole-body vibration on jump height and active range of movement in female dancers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 789-783.
- Martin, A. & Daniel, M. (1993). *Regional adiposity and the sex hormones*. In Dyquet, W. & Day, J. (Eds.), *Kinanthropometry IV* (pp. 19-41). London: E. & F. N. Spon.
- Martin, B. J. & Park, H. S. (1997). Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75, 504-511.

- Martin, B. J., Roll, J.P. & Gauthier, G. M. (1984). Spinal reflex alternation as a function of intensity and frequency of vibration applied to the feet of a seated subjects. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 55, 8-12.
- Martin, D., Carl, K., Lehnertz, K. (2000). *Εγχειρίδιο προπονητικής* (Γ' Έκδ) (Ταξιιδάρης, Κ & Γούργουλης, Β. Επιμέλεια για την ελληνική έκδοση). Κομοτηνή: ΑΛΦάΒΗΤΟ. (Δημοσίευση πρωτοτύπου 1991).
- Martinez-Pardo, E., Romero-Arenas, S., Alcaraz, P. E. (2013). Effects of different amplitude (High vs Low) of whole body vibration training in active adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 1798-1806.
- Masamoto, N., Larson, R., Gates, T., Faigenbaum, A. (2003). Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 68-71.
- Matsuzaka, A., Takahashi, Y., Yamazoe, M., Kumakura, N., Ikeda, A., Wilk, B., Oded Bar-Or. (2004). Validity of the Multistage 20-M Shuttle-Run Test for Japanese Children, Adolescents, and Adults. *Paediatric Exercise Science*, 16, 113-125.
- Mazo, L. (2010). Effects of the training with vibro platform in sportsmen of high performance. *Cronos*, 18, 69-75.
- Mazzeo, R. S. & Tanaka, H. (2001). Exercise prescription for the elderly: current recommendations. *Sports Medicine*, 31, 809-818.
- Mazzetti, A. S., Kraemer, J. W., Volek, S. J., Duncan, D. N., Ratamess, A. N., Gomez, L. A., Newton, U. R., Hakkinen, K., Fleck, J. S. (2000). The influence of direct supervision of resistance training on strength performance, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1175-1184.
- McArdle, D. W., Katch, I. F., Katch, L. V. (2001). *Φυσιολογία της άσκησης*. Αθήνα, Πασχαλίδη.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. (1991). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. Malvern (USA): Lea & Febiger.
- McLain, R. F. & Weinstein, J. N. (1994). Effects of whole body vibration on dorsal root ganglion neurons: Changes in neuronal nuclei. *Spine*, 19, 1455-1461.
- McNeal, J. R., Edgerly, S., Sands, W. A., Kawaguchi, J. (2011). Acute effects of vibration-assisted stretching are more evident in the non-dominant limb. *European Journal of Sports Science*, 11, 45-50.
- Medbo, J. I. & Burgers, S. (1990). Effect of training on the anaerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 501-507.
- Melchiorri, G., Andreoli, A., Padua, E., Sorge, R., De Lorenzo, A. (2007). Use of vibration exercise in spinal cord injury patients who regularly practise sport. *Functional Neurology*, 22, 151-154.

- Mero, A. (1998). *Power and speed training during childhood*. In E. Van Praagh (Ed.), *Pediatric Anaerobic Performance* (pp. 241-267). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Mester, J., Spintzenfeil, P. & Yue, Z. (2003). *Vibration loads: Potentials for strength and power development*. In P. V. Komi. (Ed.), *Strength and power in sport* (pp. 488-501). Oxford: Blackwell Science.
- Mester, J., Kleinoder, H., & Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks. *Journal of Biomechanics*, 39, 1056-1065.
- Mester, J., Spitzenfeil, P., Schwarzer, J., Seifriz, F. (1999). Biological reaction to vibration-implication for sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2, 211-226.
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? *Sports Medicine*, 36, 117-132.
- Milanese, C., Piscitelli, F., Zenti, M. G., Moghetti, P., Sandri, M., Zancanaro, C. (2013). Ten-week whole-body vibration training improves body composition and muscle strength in obese women. *International Journal of Medical Sciences*, 10, 307-311.
- Miller, K. K (2009). Androgen efficiency: effects on body composition. *Pituitary*, 12, 116-124.
- Minahan, C. & Wood, C. (2008). Strength training improves supramaximal cycling but not anaerobic capacity. *European Journal of Applied Physiology*, 102, 659-666.
- Mishi, M. & Cardinale, M. (2009). The effects of a 28-Hz vibration on arm muscle activity during isometric contraction. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 41, 645-652.
- Miyazaki, Y. (2000). Adverse Effects of Whole-Body Vibration on Gastric Motility. *Kurume Medical Journal*, 47, 79-86.
- Moir, G., Button, C., Glaister, M., Stone, H. M. (2004). Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 276-280.
- Moritani, T., & De Vries, H. A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine*, 58, 115-130.
- Moschioni, G., Saggin, B., Tarabini, M. (2009). Effects of the feet contact area compliance on the apparent mass of a standing person. *Proceedings of 4th International Conference on Whole Body Vibration Injuries*. Montreal: Concordia University.
- Muceli, S., Farina, D., Kirkesola, G., Katch, F., Falla, D. (2011). Reduced force steadiness in women with neck pain and the effect of short term vibration. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21, 283-290.

- Muir, J., Kiel, D. P., Rubin, C. T. (2013). Safety and severity of accelerations delivered from whole body vibration exercise devices to standing adults (in press). *Journal of Science and Medicine in Sport*.
- Murphy, E.M., Nevill, A. M., Murtagh, E. M., Holder, R. L. (2007). The effect of walking on fitness, fatness and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive Medicine*, 44, 377-385.
- Musa, D. I., Adeniran, S. A., Dikko, A. U., Sayers, S. P. (2009). The effect of a high-intensity interval training program on high-density lipoprotein cholesterol in young men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 587-592.
- Myers, J. B. & Lephart, S. M. (2000). The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *Journal of Athletic Training*, 35, 351-363.
- Nakamura, H., Morojo, T., Nohara, S., Nakamura, M., & Okada, A. (1992). Activation of cerebral dopaminergic systems by noise and whole body vibration. *Environmental Research*, 57, 10-18.
- Nataletti, P., Morgia, F., Lunghi, A., Di Giovanni, R, Marchetti, E. (2009). Vibrating plates: are whole body vibration good or not? *Proceedings of 4th International Conference on Whole Body Vibration Injuries*. Montreal: Concordia University.
- Nazarov, V. T. & Zilinsky, L.V. (1984). Enhanced development of shoulder-joint flexibility in athletes. *Theory and practice of physical culture*, 10, 28-30.
- Necking, L. (2003). *Vibration-induced muscle injury in the head*. Malmo: Lund.
- Necking, L. E., Dahlin, L. B., Friden, J., Lundborg, G., Lundsrom, R., Thonlell, L. E. (1992). Vibration-induced muscle injury. An experimental model and preliminary findings. *Journal of hand Surgery*, 17, 270-274.
- Niewiadomski, W., Cardinale, M., Gasiorowska, A., Cybulski, G., Karuss, B., Strasz, A. (2005). Could Vibration Training Be an Alternative to Resistance Training in Reversing Sarcopenia? *Journal of Human Kinetics*, 14, 3-20.
- Niewiadomski, W., Laskowska, D., Gasiorowska, A., Cybulski, G., Strasz, A., Langfort, J. (2008). Determination and prediction of one repetition maximum (1RM): safety considerations. *Journal of Human Kinetics*, 19, 109-120.
- Nigg, B. & Wakeling, J. M. (1985). Impact forces and muscle tuning: a new paradigm. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29, 37-41.
- Nigg, B. M. (1997). Impact forces in running. *Current Opinion Orthopedics*, 8, 43-47.
- Nindl, B. & Pierce, J. (2010). Insulin-like growth factor I as biomarker of health, fitness, and training status. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 42, 39-49.
- Noble, B.J. and Robertson, R.J. (1996) *Perceived Exertion*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Nordlund, M. M. & Thorstensson, A. (2007). Strength training effects of whole-body vibration? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 17, 12-17.
- Norkowski, H., Kuder, A., Hucinski, T., Przybylski, S. (2010). Effects of interval training of maximal effort intensity. *Baltic Journal of Health & Physical Acivity*, 2, 36-42.
- Nowak, D. A., Rosenkranz, K., Hermsdorfer, J., Rothwell, J. (2004). Memory for fingertip forces: passive hand muscle vibration interferes with predictive grip force scaling. *Experimental Brain Research*, 156, 444-450.
- Okamoto, T., Masuhara, M., Ikuta, K. (2009). Upper but not lower limb resistance training increases arterial stiffness in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 107, 127-134.
- Oosthuysen, T., Viedge, A., McVeigh, J., Avidon, I. (2013). Anaerobic power in road cyclists is improved after 10 weeks of whole-body vibration training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 485-494.
- Osawa, Y. & Oguma, Y. (2013). Effects of resistance training with whole-body vibration on muscle fitness in untrained adults. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23, 84-95.
- Osawa, Y., Oguma, Y., Ishii, N. (2013a). The effects of whole-body vibration on muscle strength and power: a meta-analysis. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 13, 342-352.
- Palicska, V. J., Nichols, A. K., Boreham, C. A. G. (1987). A multi-stage shuttle nm as a predictor of running performance and maximal oxygen uptake in adults. *British Journal of Sport Medecine*, 21, 338-342.
- Papaiakovou, G., Giannakos, A., Michailidis, C., Patikas, D., Bassa, E., Kalopisis, B., Anthrakidis, N., Kotzamanidis, C. (2009). The effect of chronological age and gender on the development of sprint performance during childhood and puberty. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2568–2573.
- Paradisis, G. & 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.
- Park, H. S. & Martin, B. J. (1993). Contribution of the tonic vibration reflex to muscle stress and muscle fatigue. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, 19, 35-42.
- Paschold, W. H. & Mayton, G. A. (2011). Whole body vibration: Building awareness in SH & E. *Professional Safety*, 56, 30-34.
- Paschold, W. H. (2008). Occupational Hazards: An emerging topic for the SH & E profession. *Professional Safety*, 53, 52-57.
- Pel, J. J. M., Bagheri, J., van Dam, L. M., van den Berg-Emons, H. J. G., Horemans, H. L. D., Stam, H. J., et al. (2009). Platform accelerations of three different whole-body vibration devices and the transmission of vertical vibrations to the lower limbs. *Medical Engineering & Physics*, 31, 937–944.

- Perez-Gomez, J., Rodriguez, G. V., Ara, I., Olmedillas, H., Chavarren, J., González-Henriquez, J. J., et al. (2008). Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *European Journal of Applied Physiology*, 102, 685-694.
- Perry, C. G. R., Heinghauser, J. G. F., Bonen, A., Spriet, L. L. (2008). High intensity-aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Applied Physiology & Nutrition Metabolism*, 33, 1112-1123.
- Peterson, D. M., Dodd, J. D., Alvar, A. B., Rhea, R. M., Favre, M. (2008). Undulation training for development of hierarchical fitness, and improved firefighter, job performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1683-1695.
- Petit, D. P., Pensini, M., Tessaro, J., Desnuelle, C., Legros, P., Colson, S. S. (2010). Optimal whole-body vibration settings for muscle strength and power enhancement in human knee extensors. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20, 1186-1195.
- Pianaar, C. (2010). The acute effect of whole body vibration (WBV) training on power-related measurements of field hockey players. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, 16, 594-604.
- Pollock, M. L. & Evans, W. J. (1999). Resistance training for health and disease: introduction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 10-11.
- Pollock, R. D., Provan, S., Martin, F. C., Newham, D. J. (2011). The effects of whole body vibration on balance, joint position sense and cutaneous sensation. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 3069-3077.
- Pollock, R. D., Woledge, R. C., Martin, F. C., Newham, D. J. (2012). Effects of whole body vibration on motor unit recruitment and threshold. *Journal of applied Physiology*, 112, 388-395.
- Porter, M. M. (2006). Power training for older adults. *Applied Physiology & Nutrition Metabolism*, 31, 87-94.
- Preatoni, E., Colombo, A., Verga, M., Galvani, C., Faina, M., Rodano, R., et al. (2012). The effects of whole-body vibration in isolation or combined with strength training in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26, 2495-2506.
- Prisby, R.D., Lafage-Proust, M.H., Malaval, L., Belli, A., & Vico, L. (2008). Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: What we know and what we need to know. *Ageing Research Reviews*, 7, 319-329.
- Prochazka, A. (1996). *Proprioceptive feedback and movement regulation*. New York: Oxford University Press.
- Pyyko, I., Farkilla, M., Toivanen, J., Korhonen, O., Hyvarinen, J. (1976). Transmission of vibration in the hand-arm system with special reference to changes in compression force and acceleration. *Scandinavian Journal of Work & Environmental Health*, 2, 87-95.

- Rahimi, R. (2005). Effect of different rest intervals on the exercise volume completed during squat bouts. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 361-366.
- Raimundo, A., Gusi, N., & Tomas-Carus, P. (2009). Fitness efficacy of vibratory exercise compared to walking in postmenopausal women. *European Journal of Applied Physiology*, 106, 741-748.
- Ramsbottom, R., Brewer, J., Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sport Medecine*, 22, 141-144.
- Rao, S. S. (2004). *Mechanical Vibrations (4th Ed.)*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.
- Ratamess, N. A., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., Housh, T. J., Kibler, W. B., Kraemer, W. J., et al. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 41, 687-708.
- Rauch, F. (2009). Vibration Therapy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51, 166-168.
- Rauch, F., Sievanen, H., Boonen, S., Cardinale, M., Degens, H., Felsenberg, D., et al. (2010). Reporting whole-body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 10, 193-198.
- Reaburn, P. & Dascombe, B. (2009). Anaerobic performance in masters athletes. *European Review of Aging & Physical Activity*, 6, 39-53.
- Recanzone, G. H., Merzenich, M. M., Jenkins, W. M. (1992). Frequency discrimination training engaging a restricted skin surface results in an emergence of cutaneous response zone in cortical area 3a. *Journal of Neurophysiology*, 67, 1031-1056.
- Rees, S. S., Murphy, A. J. Watsford, M. L. (2008). Effects of whole body vibration exercise on lower extremity muscle strength and power in an older population: A randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 88, 462-470.
- Regueme, S. C., Barthèlemy, J., Gauthier, G. M., Nicola, C. (2007). Changes in illusory ankle movements induced by tendon vibrations during the delayed recovery phase of stretch-shortening cycle fatigue: An indirect study of muscle spindle sensitivity modifications. *Brain Research*, 1185, 129-135.
- Rehn, B., Lidstrom, J., Skoglund, J., 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.
- Rehn, B., Nilsson, P., Norgren, M. (2008). Effects of whole-body vibration exercise on human bone density - systematic review. *Physical Therapy Reviews*, 13, 427-433.

- Rhea, M. R., Bunker, D., Marin, P. J., Lunt, K. (2009). Effect of iTonic whole-body vibration on delayed-onset muscle soreness among untrained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1677–1682.
- Ribot - Ciscar, E., Rooll, J.P., & Gilhodes, J.C. (1996). Human motor unit activity during post - vibratory and imitative voluntary muscle contractions. *Brain Research*, 716, 84 - 90.
- Ribot-Ciscar, E., Rossi-Durand, E. C., & Roll, J. P. (1998). Muscle spindle activity following muscle tendon vibration in man. *Neuroscience Letters*, 258, 147-150.
- Richardson, C. A., Jull, G. A., Hodges, P., Hides, J. (1999). A dysfunction of the deep muscles exists in low back patients. *Proceedings of the world confederation for physical therapy*. London: Washington WCPT.
- Riemann, B. L. & Lephart, S. M. (2002). The sensorimotor system, Part I: The physiologic basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training*, 37, 71-79.
- Rietchel, E., Van koningsbruggen, S., Fricke, O., Semler, O., Schoenau, E. (2008). Whole body vibration: a new therapeutic approach to improve muscle function in cystic fibrosis? *International Journal of Rehabilitation Research*, 31, 253-256.
- Rittweger, J. (2009). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be (in press). *European Journal of Applied Physiology*.
- Rittweger, J. (2010). Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential may be. *European Journal of Applied Physiology*, 108, 877–904.
- Rittweger, J., Beller, G., Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical Physiology*, 20, 134-142.
- Rittweger, J., Ehrig, J., Just, K., Mutschelknauss, M., Kirsch, K. A., Felsenberg, D. (2002a). Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 428–432.
- Rittweger, J., Karsten, J., Kautzsch, K., Reeg, P., Felsenberg, D. (2002b). Treatment of chronic Lower back Pain with Lumbar Extension and Whole Body Vibration Exercise: A Randomized Controlled Trial. *Spine*, 17, 1829-1834.
- Rittweger, J., Mutschelknauss, M., & 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., & 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.
- Ritzmann, R., Gollhofer, A., Kramer, A. (2013). The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration. *European Journal of Applied Physiology*, 113, 1-11.

- Ritzmann, R., Kramer, A., Gruber, M., Gollhofer, A., Taube, W. (2010). EMG activity during whole body vibration: motion artifacts or stretch reflexes? *European Journal of Applied Physiology*, 110, 143-151.
- Robbins, D., Elwell, C., Jimenez, A., Goss-Sampson, M. D. (2012). Localised muscle tissue oxygenation during dynamic exercise with whole body vibration. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 346-351.
- Roberts, B., Hunter, I., Hopkins, T., Feland, B. (2009). The short-term effect of whole body vibration training on sprint start performance in collegiate athletes. *International Journal of Exercise Science*, 2, 264-268.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J. et al., (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 333-341.
- Rodgers, M. M., Cavanagh, R. P. (1984). Glossary of biomechanical terms, concepts, and units. *Physical Therapy*, 12, 1886-1902.
- Roelands, M., Verschueren, S. M. P., Delecluse, C., Levin, O., Stijnen, V. (2006). Whole body vibration induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. *Journal of strength and conditioning research*, 20, 124-129.
- Roelants, M., Delecluse, C. & Verschueren, S. (2004b). Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *Journal of American Geriatric Society*, 52, 901-908.
- Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M. & Verschueren, S. (2004a). 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.
- Rogan, S., Hilfiker, R., Herren, K., Radlinger L., De Bruin, E. D. (2011). Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: a systematic review and metaanalysis. *BMC Geriatrics*, 11, 72-90.
- Rohmert, W., Wos, H., Norlander, S. & Helbig, R. (1989). Effects of vibration on arm and shoulder muscles in three body postures. *European Journal of Applied Physiology*, 59, 243-248.
- Roll, J. P., Vedel, J. P., Ribot, E. (1989). Alteration of proprioceptive messages induced by tendon vibration in man: a microneurographic study. *Experimental Brain Research*, 76, 213-222.
- Rønnestad, B. (2004). Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 839-845.
- Rønnestad, B. (2009a). Acute effects of various whole body vibration frequencies on 1RM in trained and untrained subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 2068-2072.
- Rønnestad, B. (2009b). Acute effects of various whole-body vibration frequencies on lower-body power in trained and untrained subjects. *Journal of Strength Conditioning Research*, 23, 1309-1315.

- Rønnestad, B. R. & Ellefsen, T. (2011a). The effects of adding different whole-body vibration frequencies to preconditioning exercise on subsequent sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 3306-3310.
- Rønnestad, B. R., Nygaard, H., Raastad, T. (2011b). Physiological elevation of endogenous hormones results in superior strength training adaptation. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 2249-2259.
- Rosenkranz, K. & Rothwell, J. C. (2003). Differential effect of muscle vibration on intracortical inhibitory circuits in humans. *Journal of Physiology*, 551, 649-660.
- Rosenkranz, K. & Rothwell, J. C. (2004). The effect of sensory input and attention on the sensorimotor organization of the hand area of the human motor cortex. *Journal of Physiology*, 561, 307-320.
- Ross, A., Leverit, M., Riek, S. (2001). Neural influences on sprint running. Training adaptations and acute responses. *Sports Medicine*, 31, 409-425.
- Ross, R. E., Ratamess, N. A., Hoffman, J. R., Faigenbaum, E. D., Kang, J., Chilakos, A. (2009). The effects of treadmill sprint training and resistance training on maximal running velocity and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 385-394.
- Roth, J., Wust, M., Rawer, R., Schnabel, D., Armbrecht, G., Beller, G., et al., (2008). Whole body vibration in cystic fibrosis - a pilot study. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interaction*, 8, 179-187.
- Ruan, X. Y., Jin, F. Y., Liu, Y. L., Peng, Z. L., Sun, Y. G. (2008). Effects of vibration therapy on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *Chinical Medicine Journal*, 121, 1155-1158.
- Rubin, C., Pope, M., Fritton, J. C., Magnusson, M., Hansson, T., McLeod, K. (2003). Transmissibility of 15- hertz to 35-hertz vibration to the human hip and lumbar spine: Determining the physiological feasibility of delivering low-level anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis. *Spine*, 28, 2621-2627.
- Runge, M., Rehfeld, G., Resnicek, E. (2000). Balance training and exercise in geriatric patients. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interaction*, 1, 61-65.
- Saavedra, S. L., Teulier, C., Smith, B. A., et al., (2012). Vibration-induced motor responses of infants with and without myelomeningocele. *Physical Therapy*, 92, 537-550.
- Sabzi, A. H., Abbasi, A., Rostamkhari, H., Sabzi, E. (2012). The effect of whole body vibration training on choice reaction time in male non athlete students. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 11, 862-866.
- Sackner, M. A., Gummels, E., & Adams, J. A. (2005). Nitric oxide is released into circulation with whole-body, periodic acceleration. *Chest*, 127, 30-39.
- Saez-Saez de Villarreal, E., Requena, B., Newton, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 13, 513-522.

- Sale, D. G. (1987). Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exercise & Sports Sciences Reviews*, 15, 95-151.
- Sands, W. A. (2002). *Physiology*. In: Sands, W. A., Caine, D. J. & Borms, J. (Eds.), scientific aspects of women's gymnastics (pp. 128–161). Basel: Switzerland: Karger.
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Stone, M. H., Russell, E. M., Jemni, M. (2006). flexibility enhancement with vibration: acute and long-term. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 720-725.
- Sands, W., McNeal, J., Stone, M., Haff, G., & Kinser, A. (2008b). Effect of vibration on forward split flexibility and pain perception in young male gymnasts. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 469-481.
- Sands, W., McNeal, J., Stone, M., Kimmel, W., Haff, G., Jemni, M. (2008a). The effect of vibration on active and passive range of motion in elite female synchronized swimmers. *European Journal of Sport Science*, 8, 217-223.
- Sanudo, B., Feria, A, Carrasco, L., De Hoyo, M., Santos, R., Gamboa, H. (2012). Does whole body vibration training affect knee kinematics and neuromuscular control in healthy people? *Journal of Sports Sciences*, 30, 1537–1544.
- Sargeant, A. J. (2009). Structural and functional determinants of human muscle power. *Experimental Physiology*, 92, 323–331.
- Sarshin, A., Hojjat, S., Shojaedin, S., Abbasi, A. (2011). Effect of whole body vibration training and creatine supplementation on some of fitness factors in healthy male. *Annals of Biological Research*, 2, 561-568.
- Sarshin, A., Mohammadi, S., Khadam, A. R., Sarshin, K. (2010). The effect of whole body vibration training on explosive power and speed in male non athlete students. *Physical Education and Sport*, 8, 81 – 88.
- Saunders, P. U., Pyne, D. B., Telford, R. D., Hawley, J. A. (2004). Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Medicine*, 34, 465-485.
- Savelberg, H. H. C. M., Keizer, H. A., & Meijer, K. (2007). Whole-body vibration induced adaptation in knee extensors; consequences of initial strength, vibration frequency, and joint angle. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 589-593.
- Schlee, G. & Milani, T. L. (2012). Long term whole body vibration training has no effects on plantar foot sensitivity and balance control. *Journal of Foot and Ankle Research*, 5 (Supl. 1), 022.
- Schmidtbleicher, D. (1992). *Training for power events*. In: Komi, P. V. (Eds.), Strength and power in sport (pp 381–395). London: Blackwell.
- Schuhfried, O., Mittermaier, C., Jovanovic, T., Pieber, K., Paternostro-Sluga, T. (2005). Effects of whole-body vibration in patients with multiple sclerosis: a pilot study. *Clinical Rehabilitation*, 19, 834-42.

- Sears, C. E., Choate, K. J., Paterson, D. J. (1999). NO-cGMP pathway accentuates the decrease in heart rate caused by cardiac vagal nerve stimulation. *Journal of Applied Physiology*, 86, 510-516.
- Seidel, H. & Heide, R. (1986). Long Term Effects of Whole Body Vibration: a Critical Survey of the Literature. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 8, 1-26.
- Seidel, H. (1988). Myoelectric reactions to ultra-low frequency and low-frequency whole body vibration. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 57, 219-229.
- Seidel, H. (1993). Selected health risks caused by long term whole body vibration. *American Journal of Industrial Medicine*, 23, 589-604.
- Seidel, H. (2005). On the relationship between whole body vibration exposure and spinal health risk. *Industrial Health*, 43, 361-377.
- Semler, O., Fricke, O., Vezyroglou, K., Stark, C., Stabrey, A., Schoenau, E. (2008). Results of a prospective pilot trial on mobility after whole body vibration in children and adolescents with osteogenesis imperfecta. *Clinical Rehabilitation*, 22, 387-394.
- Serussi, R. E., Wilder, D. G., Pope, M. H. (1989). Trunk muscle electromyography and whole body vibration. *Journal of Biomechanics*, 22, 219-229.
- Shawn, G., Hayes, A., Kindig, E., Kaufman, M. P. (2005). Comparison between the effect of static contraction and tendon stretch on the discharge of group III and IV muscle afferents. *Journal of Applied Physiology*, 99, 1891-1896.
- Shephard, R. J. (1994). *Aerobic Fitness and Health*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shepherd, J. All shook up- can vibration training enhance sport performance? Ημερομηνία ανάκτησης: 20-12-2010.
<http://www.pponline.co.uk/encyc/vibration-training-and-performance-33404>.
- Sheppard, J. M. & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24, 919-932.
- Sherwood, N., Griffin, M. J. (1990). Effects of whole body vibration on short term memory. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 61, 1092-1097.
- Shibata, N., Maeda, S., Ishimatsu, K. (2009). Determination of seat back angle based on biodynamic response study for prevention of low back pain. *Proceedings of 4th International Conference on Whole Body Vibration Injuries*. Montreal: Concordia University.
- Shinohara, M. (2005). Effects of prolonged vibration on motor unit activity and motor performance. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 37, 2120-2125.
- Shoenberger, W. R. (1972). Human Response to Whole Body Vibration. *Perceptual & Motor Skills*, 34, 127-160.
- Siegler, S., Hillstrom, H. H., Freedman, W., Moskowitz, G. (1985). Effect of myoelectric signal processing on the relationship between muscle force and processed EMG. *American Journal of Physical Medicine*, 64, 130-149.

- Siff, M. & Verkhoshansky, Y. V. (1996). *Supertraining. Special strength training for sporting excellence*. Escondido, CA: Sports Training.
- Signorile, J., Serravite, D., Edwards, D., Skidmore, E., Roos, B. (2008). A preliminary study using whole body vibration to increase oxygen Consumption: A possible modality to address sarcopenia obesity. *Journal of the American Geriatrics Society*, Suppl.56, S19-S20.
- Siri, W. E. (1961). Body composition from fluids spaces and density: analysis of methods. In: *techniques for Measuring Body composition*. Brozek, J., Henschel, A. (Eds). Washington, DC: National Academy of sciences National Research Council.
- Siu, P. M., Tam, B. T., Chow, D. H., Guo, J. Y., Huang, Y. P., Zheng, Y. P., et al., (2010). Immediate effects of 2 different whole-body vibration frequencies on muscle peak torque and stiffness. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 91, 1608-1615.
- Slatkovska, L., Alibhai, S. M., Beyene, J., Cheung, A. M. (2010). Effect of whole-body vibration on BMD: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporosis International*, 21, 1968-1980.
- Slinde, F., Suber, C., Suber, L., Edwen, E. C. (2008). Test-retest reliability of three different countermovement jumping tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 640-644.
- Smith, D. R. & Leggat, P. A. (2005). Whole body vibration: Health effects, measurement and minimization. *Professional Safety*, 50, 35-40.
- Solopova, I. A. & Selionov, V. A. (2012). Influence of Vibration on the Excitability of Spinal α -Motoneurons under Static Conditions and during Evoked Stepping in Humans. *Human Physiology*, 38, 168–175.
- Song, G. E., Kim, K., Lee, D. J., Joo, N. S. (2011). Whole body vibration effects on body composition in the postmenopausal Korean obese women: pilot study. *Korean journal of family Medicine*, 32, 399-405.
- Sorace, P. & La Fontaine, T. (2005). Resistance training muscle power: design programs that work! *ACSM's Health & Fitness Journal*, 9, 6-12.
- Sperlich, B., Kleinoder, H., De Marees, M., Quarz, D., Linville, J., Haegele, M. et al., (2009). Physiological and perceptual responses of adding vibration to cycling. *Journal of Exercise Physiologyonline*. www.asep.org.
- Spiliopoulou, S. I., Amiridis, I. G., Tsigganos, G., Economides, D., Kellis, E. (2010). Vibration effects on static balance and strength. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 610-616.
- Sporis, G., Ruzic, L., Leko, G. (2008). The anaerobic endurance of elite soccer players improved after a high-intensity training intervention in the 8-week conditioning program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 559-556.

- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European Journal of Applied Physiology*, 89, 1-7.
- Stevenson, D. L. (2005). *Whole body vibration and its effects on electromechanical delay and vertical jump performance*. Unpublished Master Thesis, Brigham Young University. Provo, Utah, USA.
- Stewart, J. A., Cochrane, D. J., & Morton, R. H. (2009). Differential effects of whole body vibration durations on knee extensor strength. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12, 50-53.
- Stewart, J. M., Karman, C., Montgomery, L. D., McLeod, K. J. (2005). Plantar vibration improves leg fluid in perimenopausal women. *The American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative & Comparative Physiology*, 288, 623-629.
- Steyvers, M., Levin, O., Verschueren, S. M., Swinnen, S. P. (2003). Frequency-dependent effects of muscle tendon vibration on corticospinal excitability: a TMS study. *Experimental Brain Research*, 151, 9-14.
- Stojianovic, D. M., Stojianovic, V. M., Ostojic, S., Fratric, F. (2007). Is the maximal oxygen consumption single best predictor of shuttle run test? *Serbian Journal of Sports Sciences*, 1, 67-73.
- Surakka, J. (2005). Power-type strength training in middle-aged men and women. *Journal of Sports Science & Medicine*, 4, 1-35.
- Surowiec, R. K. (2012). *The effects of whole body vibration on the wingate test for anaerobic power when applying individualized frequencies*. Unpublished Master Thesis, Ball State University, Muncie, Indiana, USA.
- Tabata, I., Nishimura, K., Motoki, L., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M. et al. (1996). Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28, 1327-1330.
- Takeuchi, T., Futatsuka, M., Imanishi, Yamada, S. (1986). Pathological changes observed in the finger biopsy of patients with vibration-induced white finger. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 12, 280-283.
- Tan, B. (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men.: a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 289-304.
- Tankisheva, E., Jonkers, I., Boonen, S., Delecluse, C., Van Lenthe, G. H., Druyts, H., et al. (2013). Transmission of whole body vibration and its effect on muscle activation (in press). *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Taskin, H. (2009). Effect of circuit training on the sprint-agility and anaerobic endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 1803-1810.

- Taylor, A. M., Christou, E. A. & Enoka, R. M. (2003). Multiple features of motor-unit activity influence force fluctuations during isometric contractions. *Journal of Neurophysiology*, 90, 1350-1361.
- Taylor, B. J. (2011). Lower Extremity Perturbation Training. *Strength and Conditioning Journal*, 33, 76-83.
- Thomas, N. E., Baker, J. S., Davies, B. (2003). Established and recently identified coronary heart disease risk factors in young people: The influence of physical activity and physical fitness. *Sports Medicine*, 33, 633-650.
- Thompson, C. & Belanger, M. (2002). Effects of vibration in inline skating on the Hoffmann reflex, force, and proprioception. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 2037-2044.
- Tidow, G. (1990). Aspects of strength training in athletics. *New Studies in Athletics*, 5, 93-110.
- Tihanyi, T. K., Fazekas, M. H. G., Hortobagyi, T., Tihanyi, J. (2007). One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clinical Rehabilitation*, 21, 782-793.
- Tomas, R., Lee, V., Going, S. (2011). The use of vibration exercise in clinical population. *ACSM's Health and fitness Journal*, 15, 25-31.
- Tong, A. K., Lu, K., Chung, K. P., Quach, B. (2008). Load assignment of Wingate test in minor over fat young adults- Is counting the fat mass a pitfall. *Journal of exercise Science and fitness*, 6, 15-20.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T. A. H., Pasanen, M., Kontulainen, S., et al., (2002a). Effect of four-month vertical whole-body vibration on performance and balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 1523-1528.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., et al., (2002c). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clinical Physiology & Functional Imaging*, 22, 145-152.
- Torvinen, S., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., & Kannus, P. (2002b). Effect of a 4-min Vertical Whole Body Vibration on Muscle Performance and Body Balance. *International journal of sports medicine*, 23, 374-379.
- Toshima, H. & Endo, Y. (2006). Effect whole body vibration on autonomic nervous system. *Autonomic Neuroscience*, 130, 65.
- Totosy de Zepetnek, J. O., Giangregorio, L. M., Craven, C. B. (2009). Whole-body vibration as potential intervention for people with low bone mineral density and osteoporosis: A review. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 46, 529-542.
- Tricoli, V., Lamas, L., Carvevale, R., Ugrinowitsch, C. (2005). Short-term effect on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 433-437.

- Tsaklis, P. (2002). Isokinetic evaluation of the knee extensors and flexors anaerobic capacity. *Isokinetics and Exercise Science*, 10, 69-72.
- Tsimahidis, K., Galazoulas, C., Skoufas, D., Papaiakevou, G., Bassa, E., Patikas, D., et al. (2010). The effect of sprinting after each set of heavy resistance training on the running speed and jumping performance of young basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2102–2108.
- Turbanski, S., Haas, C. T., Schmidtbleicher, D., Friedrich, A., Duisberg, P. (2005). Effects of random whole-body vibration on postural control in Parkinson's disease. *Research in Sports Medicine*, 13, 243-256.
- Turner, A. P., Sanderson, M. F., Attwood, L.A. (2011). The acute effect of different frequencies of whole-body vibration on countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 1592-1597.
- Ushiyama, J., Masani, K., Kouzaki, M., Kanehisa, H., Fugunaga, T. (2005). Difference in aftereffects following prolonged Achilles tendon vibration on muscle activity during maximal voluntary contraction among plantar flexor synergists. *Journal of applied Physiology*, 98, 1427-1433.
- Van den Tilaar, R. (2012). The effect of 6 months of whole body vibration training on strength in postmenopausal women. *Motricidade*, 8, 41-50.
- Van den Tillaar, R. (2006). Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20, 192-196.
- Van der Merwe, A. F. (2007). *An air suspension cushion to reduce human Exposure to vibration*. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Stellenbosch. Cape Town, South Africa.
- Van Erck, A., Van den Bossche, Witvrouw, E., Van der Kelen, V., Wojtowicz, I., Adriaenssen., et al., (2009). Effect of whole body vibration on intracompartmental pressure in the lower leg. *Journal of Orthopaedic science*, 14, 618-622.
- Van mil, E., Schoeber, N., Calvert, R., Bar Or, O. (1996). Optimization of force in the Wingate Test for children with a neuromuscular disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1087-1092.
- Van Nes, I. J, Geurts, A. C., Hendricks, H. T., Duysens, J. (2004). Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83, 867-873.
- Van Nes, I. J. W., Latour, H., Schils, F., Meijer, R., van Kuijk, A., 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.

- Van Zyl, C., De Beer, R., Bassett, S. H. (2011). The immediate effect of vibration therapy on flexibility in female junior elite gymnasts. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*, June (Suppl.), 20-28.
- Vela, C. A. (2005). Whole-body vibration training: Shake up clients' work puts with this low-impact training method. *IDEA Fit*, 2, 23–25.
- Verschueren, S. M. P., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschueren, D., 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, 352-359.
- Vescovi, J. D. (2012). Sprint speed characteristics of high-level American female soccer players: Female Athletes in Motion (FAiM) Study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15, 474-478.
- Viru, M. & Viru, A. (2005). Whole body vibration as a training mean. *Acta Academiae Olympicae Estoniae*, 13, 5-10.
- Volkel, N. & Hennig, E. M. (2012). Whole-body vibration improves the accuracy of motor performance. *Sports Medicine & Doping Studies*, S7, 001.
- Von Gierke, H. E. & Goldman, D. E. (1987). *Effects of shock and vibration on man*. In C. M. Harris. (Ed.), *Shock and Vibration Handbook* (pp. 44-58). New York: McGraw-Hill.
- Wakeling, J. M. & Liphardt, A. M. (2006). Task specific recruitment of motor units for vibration damping. *Journal of Biomechanics*, 39, 1342-1346.
- Wakeling, J. M., Nigg, B. M., Rozitis, A. I. (2002). Muscle activity damps the soft tissue resonance that occurs in response to pulsed and continuous vibrations. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1093-1103.
- Wakeling, M. J., Liphardt, A. M., Nigg, B. M. (2003). Muscle activity reduces soft tissue resonance at heel strike during walking. *Journal of Biomechanics*, 36, 1761-1769.
- Wakeling, M. J., Nigg, M. B. (2001). Soft Tissue vibrations in the quadriceps measured with skin mounted transducers. *Journal of Biomechanics*, 34, 539-543.
- Wallace, R. H. (1970). *Understanding and Measuring Vibrations*. Taylor & Francis Ltd: London.
- Warman, G., Humphries, B., Purton, J. (2002). The effects of timing and application of vibration on muscular contractions. *Aviation Space & Environmental Medicine*, 73, 119-127.
- Weier, A. T. & Kidgell, D. J. (2012). Strength training with superimposed whole body vibration does not preferentially modulate cortical plasticity. *The Scientific World Journal*, 2012, 876328.

- 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.
- Wheeler, A. A. & Jacobson, B. H. (2013). Effect of whole body vibration on delayed onset muscular soreness, flexibility, and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 2527-2532.
- Wijaya, R. A., Jonsson, P., Jofansson, O. (2003). The effect of seat design on vibration comfort. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 9, 193-210.
- Wilcock, I., Whatman, C., Harris, N., Keogh, J. (2009). Vibration training: Could it enhance the strength, power, or speed of athletes? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 593–603.
- Wilmore, J. H. & Costill, D. L. (2006). *Φυσιολογία της άσκησης & του αθλητισμού (Τόμος Ι)* (Ομάδα Συγγραφέων επιμέλεια για την Ελληνική έκδοση). Αθήνα: Πασχαλίδη. (Δημοσίευση πρωτοτύπου 2004).
- Wilson, W.W., Snyder, C. A., Dorman, C. J. (2009). Analysis of seated and standing triple Wingate tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 868-873.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., Hoff, J. (2006). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 285-288.
- Woods, K., Bishop, P., Jones, E. (2007). Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*, 37, 1089–1099.
- Wunderer, K., Schabrun, S. M. and Chipchase, L. S. (2008). The effect of whole-body vibration in common neurological conditions - a systematic review. *Physical Therapy Reviews*, 13, 434-442.
- Wyon, M., Guinan, D., Hawkey, A. (2010). Whole-body vibration training increases vertical jump height in a dance population. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 866-870.
- Yang, L., Gong, H., Zhang, M. (2012). Transmissibility of whole body vibration stimuli through human body in different standing postures. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 12, 1250047.
- Yasuda, T., Izumizaki, M., Ishihara, Y., Sekihara, C., Atsumi, T., Homma, I. (2006). Effects of quadriceps contraction on upper limb position sense errors in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 511-516.
- Young, W. B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 1, 74-83.
- Yue, Z. & Mester, J., (2007). On the Cardiovascular Effects of Whole-Body Vibration Part I. Longitudinal Effects: Hydrodynamic Analysis. *Studies in Applied Mathematics*, 119, 95-109.
- Yue, Z., Mester, J. (2004). (A model analysis of resonance during the whole body vibration. *Studies in Applied Mathematics*, 112, 293-314.

- Yue, Z., Kleinoder, H., Mester, J. (2001). A model analysis of the effects of wobbling mass on whole body vibration. *European Journal of Sport Science*, 1, 1-19.
- Zange, J., Haller, T., Muller, K., Liphardt, A-M., Mester, J. (2009a). Energy metabolism in human calf muscle performing isometric plantar flexion superimposed by 20-Hz vibration. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 265-270.
- Zange, J., Mester, J., Heer, M., Kluge, G., Liphardt, A. M. (2009). 20-Hz whole body vibration training fails to counteract the decrease in leg muscle volume caused by 14 days of 6° head down tilt bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, 105, 271-277.
- Zhang, Q., Ericson, K., Styf, J. (2003). Blood flow in the tibialis anterior muscle photoplethysmography during foot-transmitted vibration. *European Journal of Applied Physiology*, 90, 464-469.
- Zheng, A., Sakari, R., Cheng, S. M., Hietikko, A., Moilanen, P., Timonen, J., et al., (2009). Effects of a low-frequency sound wave therapy programme on functional capacity, blood circulation and bone metabolism in frail old men and women. *Clinical Rehabilitation*, 23, 897-908.
- Zintl, F. (1993). *Προπόνηση Αντοχής*. Θεσσαλονίκη: SALTO.
- Zoppi, M., Voegelin, M.R., Signorini, M., & Zamponi, A. (1991). Pain threshold changes by skin vibratory stimulation in healthy subjects. *Acta physiologica Scandinavica*, 143, 439-443.
- Zory, F. R., Aulbrook, W., Keir, A. D., Serresse, O. (2013). Occurrence of fatigue induced by a whole body vibration session is not frequency dependent. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27, 2552-2561.
- Γεροδήμος, Β., Γιαννακός, Α., Μπλέτσου, Ε., Μάνου, Β, Ιωακειμίδης, Π., Κέλλης, Σ. (2006). Σχέση κατακόρυφης αλτικότητας και ισοκινητικής ροπής δύναμης εκτεινόντων μυών του γονάτου και της ποδοκνημικής άρθρωσης σε καλαθοσφαιριστές αναπτυξιακών ηλικιών. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 4, 449-454.
- Διαμαντής, Δ. & Τσαουσίδης, Λ. (2008). *Προπόνηση Δόνησης*. Αθήνα: Gymnastika.
- Ζάκας, Α. Π. (2003). *Η ευκαμψία και η βελτίωση της*. Θεσσαλονίκη: ΖΑΚΑΣ.
- Ζαφειρίου, Π., Χριστοφορίδης, Χ., Καμπάς, Α., Ντουρουντός, Ι., Ταξιλδάρης, Κ. (2007). Σύγκριση προγραμμάτων άσκησης με και χωρίς μπάλα για τη βελτίωση της μέγιστης ταχύτητας, της αντοχής στην ταχύτητα και του κατακόρυφου άλματος σε νεαρούς ποδοσφαιριστές ηλικίας 14-15 ετών. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 5, 424-430.
- Καρατράντου, Κ. (2010). *Η Επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα, τη δύναμη και την ισχύ νεαρών γυναικών*. Δημοσίευτη Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τρίκαλα, Ελλάδα.

- Καρατράντου, Ν., Γεροδήμος, Β., Σωτηριάδης, Σ., Χάνου, Κ., Παπαϊωάννου, Ε. (2008). Η Άμεση Επίδραση της Άσκησης με Ολόσωμη Δόνηση στην Κινητικότητα του Ισχίου και της Οσφυϊκής Μοίρας. *Αναζητήσεις στην Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 6, 340-347.
- Κέλλης, Σ. (1995). *Προπονητική: σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος*. Θεσσαλονίκη: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ.
- Κέλλης, Σ. (2012). *Προπονητική: σημειώσεις από τις παραδόσεις του μαθήματος* (Επιμέλεια Μάνου Βασιλική). Θεσσαλονίκη: Τ.Ε.Φ.Α.Α, Α.Π.Θ.
- Κοσμάτος, Γ., Γεροδήμος, Β., Καρατράντου, Ν., Γούδας, Μ., Τσιόκανος, Α. (2008). Η επίδραση ενός συνδυαστικού προγράμματος καλαθοσφαίρισης και δύναμης με το βάρος του σώματος στην επίδοση εφήβων αθλητών καλαθοσφαίρισης. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 6, 249-256.
- Κοτζαμανίδης, Χ. (2007). Η άμεση και η μακρόχρονη επίδραση της προπόνησης στη δρομική ταχύτητα. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 5, 179-186.
- Μανδρούκας, Κ. (1990). *Μυϊκές διατάσεις*. Θεσσαλονίκη: SALTO.
- Πισπιρίκου, Ε., Γεροδήμος, Β., Καρατράντου, Ν., Χάνου, Κ., Παπαϊωάννου, Ε., Κρίκη, Θ. (2009). Η άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα νεαρών γυναικών. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή και τον Αθλητισμό*, 7, 161-170.
- Σπηλιοπούλου, Ι. Σ. (2012). *Οι επιπτώσεις διαφόρων τύπων προπόνησης στις μηχανικές ιδιότητες, τα νευρικά και μυοσκελετικά χαρακτηριστικά του ανθρώπου*. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Σέρρες, Ελλάδα.
- Χάνου, Χ., Γεροδήμος, Β., Καρατράντου, Ν., Ζήση, Β., Τζιαμούρτας, Α., Τσιόκανος, Α., Κρίκη, Θ. (2009). Ολόσωμη Δόνηση και Άσκηση. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 7, 39-56.
- Χρίστου, Μ., Σωτηρόπουλος, Κ., Σμήλιος, Η., Τοκμακίδης, Σ. (2007). Άσκηση με βάρη και βελτίωση της φυσικής κατάστασης κατά την αναπτυξιακή ηλικία. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 5, 41-51.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Παράρτημα Ι. Καρτέλα καταγραφής προσωπικών στοιχείων και μετρήσεων.

ΚΑΡΤΕΛΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (Α/Α):

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ			
Ομάδα:	Μέτρηση:	Ημερομηνία & ώρα μέτρησης:	
Όνοματεπώνυμο:		Ηλικία:	
Ημ/νια Γεν.:		Τηλ.:	
ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ			
Ανάστημα (m):		Σωμ. Μάζα (kg):	
ΔΜΣ (kg/m ²):	Σωμ. Λίπος (%):		Άλιπη μυϊκή μάζα (%):
	Σωμ. Λίπος (Kgr):		Άλιπη μυϊκή μάζα (Kgr):
ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ			
Sit & reach test (cm):			
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΛΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ			
Squat jump (cm):			
Counter movement jump (cm):			
ΤΑΧΥΤΗΤΑ			
Δρόμος 30 m (s):			
ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΥΝΑΜΗ			
Ημικάθισμα 90 ⁰ (1 RM) (Kgr)			
ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (Wingate test)			
Αντίσταση (kg):	(Σωματική μάζα x 0.075)	Θέση σέλας:	
Μέγιστη ισχύς (w):		Μέγιστη ισχύς/kg (w/kg):	
ΑΕΡΟΒΙΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ (Παλίνδρομο τρέξιμο 20 m)			
Διαδρομές:			

Παράρτημα II. Υπόδειγμα συναίνεσης δοκιμαζόμενου.

Τίτλος: Η επίδραση διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη φυσική κατάσταση νεαρών ανδρών.

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Σούλας Δημήτριος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

1. Σκοπός της ερευνητικής εργασίας

Η άσκηση με ολόσωμη δόνηση δεν έχει μελετηθεί επαρκώς, όσον αφορά στον τρόπο, που επηρεάζει τις φυσικές ικανότητες. Η κατανόηση του τρόπου, που η προπόνηση ολόσωμης δόνησης επηρεάζει τις φυσικές ικανότητες, καθώς και των μηχανισμών που εμπλέκονται, θα βοηθήσει στο σχεδιασμό και την καθοδήγηση αποτελεσματικότερων και ασφαλέστερων προγραμμάτων άσκησης. Συνεπώς, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξεταστεί: α) η επίδραση ενός βραχύχρονου προγράμματος άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη φυσική κατάσταση νεαρών ανδρών, β) η επίδραση ενός μακρόχρονου προγράμματος άσκησης με ολόσωμη δόνηση στη φυσική κατάσταση νεαρών ανδρών, και γ) να συγκρίνει την αποτελεσματικότητα των δύο προγραμμάτων στη φυσική κατάσταση νεαρών ανδρών.

2. Διαδικασία μετρήσεων

Οι μετρήσεις θα γίνουν στο Προπονητικό και Εργομετρικό Κέντρο της Σχολής Ικάρων. Η συμμετοχή σου στην έρευνα απαιτεί να επισκεφτείς το εργαστήριο 35 φορές για τις ομάδες άσκησης (ομάδα βραχύχρονης δόνησης ή ομάδα μακρόχρονης δόνησης) και 14 φορές για την ομάδα ελέγχου. Τις πρώτες τέσσερις φορές θα πραγματοποιηθεί, ενημέρωση και εξοικείωση με τα μηχανήματα άσκησης-αξιολόγησης και τις μετρήσεις. Οι μετρήσεις των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών, της κινητικότητας (sit-and-reach test), της κατακόρυφης αλτικότητας (άλμα από ημικάθισμα, άλμα με αντίθετη κίνηση), της ταχύτητας (δρόμος 30m), της δύναμης (ημικάθισμα 90⁰), της αναερόβιας ισχύος (wingate test), και της αερόβιας ικανότητας (παλίνδρομο τρέξιμο 20m) των νεαρών ανδρών θα πραγματοποιηθούν σε τρεις ημέρες, πριν και δύο ημέρες μετά το πέρας του προγράμματος παρέμβασης. Οι δύο ομάδες παρέμβασης (βραχύχρονης και μακρόχρονης άσκησης) θα πραγματοποιήσουν συνολικά 20 προπονητικές μονάδες άσκησης με ολόσωμη δόνηση, σε πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης. Η κάθε προπονητική μονάδα θα διαρκεί 30min και θα περιλαμβάνει: 10min προθέρμανση, 10min άσκηση με ολόσωμη δόνηση {συχνότητα: 25- 35Hz, εύρος μετατόπισης: 5-6mm, διάρκεια: (1min x 5) x 2, δ.,30s, δ.,2min/σετ)} και 10min αποθεραπεία. Η ομάδα ελέγχου δε θα ακολουθήσει κάποιο πρόγραμμα παρέμβασης.

3. Κίνδυνοι και ενοχλήσεις

Κατά τη διάρκεια της άσκησης με ολόσωμη δόνηση υπάρχει μια μικρή πιθανότητα να προκληθεί κνησμός και ερύθημα στα κάτω άκρα, τα οποία όμως εξαφανίζονται λίγα λεπτά μετά το τέλος της συνεδρίας.

4. Προσδοκώμενες ωφέλειες

Σου δίνεται η δυνατότητα να αποκτήσεις εμπειρία σε μια νέα μορφή άσκησης, όπως είναι η ολόσωμη δόνηση, και να βελτιώσεις τη φυσική σου κατάσταση. Τέλος, θα ενημερωθείς για τα αποτελέσματα της έρευνάς μας καθώς και για την εφαρμογή τους στην καθημερινή ζωή.

5. Δημοσίευση δεδομένων – αποτελεσμάτων

Η συμμετοχή σου στην έρευνα συνεπάγεται τη συμφωνία σου με τη δημοσίευση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της, με την προϋπόθεση τήρησης της ανωνυμίας των συμμετεχόντων. Τα δεδομένα, που θα συλλεχθούν, θα κωδικοποιηθούν με αριθμό, ώστε το όνομα σου δε θα φαίνεται πουθενά.

6. Πληροφορίες

Εάν και εφόσον σου δημιουργηθεί οποιαδήποτε απορία σχετικά με το σκοπό, τη μεθοδολογία και τον τρόπο πραγματοποίησης της παρούσας έρευνας, μη διστάσεις να διατυπώσεις τυχόν ερωτήσεις ή/και αμφιβολίες.

7. Ελευθερία συναίνεσης

Η συμμετοχή σου στη συγκεκριμένη έρευνα είναι εθελοντική. Είσαι ελεύθερος να μη συναινέσεις ή να διακόψεις τη συμμετοχή σου, όποτε επιθυμείς.

Διάβασα το έντυπο αυτό και κατανοώ τις διαδικασίες που θα εκτελέσω. Συναινώ να συμμετέχω στην εργασία.

Ημερομηνία: __/__/__

Όνοματεπώνυμο και
υπογραφή συμμετέχοντος

Υπογραφή ερευνητή

Όνοματεπώνυμο και
υπογραφή παρατηρητή