



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ



**Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΟΛΟΣΩΜΗ ΔΟΝΗΣΗ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ
ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΑΡΩΝ ΓΥΝΑΙΚΩΝ**

της

Βασιλοπούλου Θεοδώρας-Ευαγγελίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Γεροδήμος Βασίλειος

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Άσκηση και Υγεία» του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

Γεροδήμος Βασίλειος, Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΠΘ

Τσιόκανος Αθανάσιος, Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΦΑΑ-ΠΘ

Ζήση Βασιλική, Λέκτορας, ΤΕΦΑΑ-ΠΘ

Τρίκαλα, 2009

©2009
Θεοδώρας-Ευαγγελίας Βασιλοπούλου
ALL RIGHTS RESERVED

Στον ΑΝΘΡΩΠΟ και καθηγητή Βασίλη Γεροδήμο

για την υπομονή και ολόψυχη υποστήριξή του.

Στη Νάντια για την ανεκτίμητη προσφορά γνώσεων

Και στην Ελένη για την πολύτιμη βοήθειά της

Περίληψη

Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΟΛΟΣΩΜΗ ΔΟΝΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΑΡΩΝ ΓΥΝΑΙΚΩΝ

Η ολόσωμη δόνηση είναι μια νέα μορφή άσκησης που χρησιμοποιείται τις τελευταίες δεκαετίες ως μέσο αποκατάστασης και βελτίωσης της φυσικής απόδοσης. Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να εξετάσει την άμεση επίδραση της αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης διαφορετικών συχνοτήτων στην κατακόρυφη αλτικότητα και την κινητικότητα, καθώς επίσης και να διερευνήσει το χρονικό διάστημα που διαρκεί η επίδραση αυτή, αν υπάρχει. Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά 20 νεαρές γυναίκες ($20,30 \pm 2,0$ ετών), φυσικά δραστήριες, οι οποίες πραγματοποίησαν με τυχαία σειρά πέντε πρωτόκολλα: τέσσερα δόνησης διαφορετικών συχνοτήτων (15,20,25,30Hz) και ένα ελέγχου. Τα πρωτόκολλα δόνησης (6min, πλάτος:6mm) πραγματοποιήθηκαν σε πλατφόρμα ολόσωμης δόνησης (Galileo Fitness) με τις συμμετέχουσες να στέκονται όρθιες πάνω στο μηχάνημα με τα γόνατα ελαφρώς λυγισμένα (10^0). Το πρωτόκολλο ελέγχου ήταν το ίδιο με τη διαφορά ότι δεν υπήρχε δόνηση. Οι δοκιμασίες για την αξιολόγηση της κινητικότητας (sit & reach) και της κατακόρυφης αλτικότητας (άλμα από ημικάθισμα και άλμα με αντίθετη κίνηση), πραγματοποιήθηκαν πριν, αμέσως μετά και 15min μετά το πέρας των πρωτοκόλλων. Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA, πρωτόκολλο x μέτρηση, 5 x 3), με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες. Επιπρόσθετα, για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των πρωτοκόλλων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση κατά Tukey, όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $\alpha = 0.05$. Από την επεξεργασία των

αποτελεσμάτων για την κινητικότητα, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων πρωτόκολλο και μέτρηση ($p < 0,001$). Οι αρχικές μετρήσεις δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους για τα πέντε πρωτόκολλα. Σε όλα τα πρωτόκολλα άσκησης παρουσιάστηκε σημαντική διαφορά μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης ($p < 0,05$), εκτός απ' το πρωτόκολλο ελέγχου. Σε κανένα πρωτόκολλο δεν επανήλθαν οι αρχικές τιμές κατά την 3η μέτρηση (1η vs 3ης $p < 0,05$). Σχετικά με την κατακόρυφη αλτικότητα, τόσο για το άλμα από ημικάθισμα, όσο και για το άλμα με αντίθετη κίνηση, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων πρωτόκολλο και μέτρηση. Δεν παρατηρήθηκαν, επίσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων, ούτε και μεταξύ των μετρήσεων. Συμπερασματικά, παρατηρήσαμε ότι η εφαρμογή πρωτοκόλλου αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης για 6min είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της κινητικότητας, χωρίς ταυτόχρονη μεταβολή της κατακόρυφης αλτικότητας. Τα 15min δεν είναι αρκετά για την επαναφορά της κινητικότητας στις αρχικές της τιμές. Τέλος, η μεταβολή της συχνότητας δεν φαίνεται να επηρεάζει τις άμεσες επιδράσεις της WBV.

Λέξεις κλειδιά: αμφίπλευρη δόνηση, sit and reach, άλμα με αντίθετη κίνηση, άλμα με ημικάθισμά

Abstract

THE ACUTE EFFECTS OF DIFFERENT WHOLE-BODY VIBRATION FREQUENCIES ON FLEXIBILITY AND VERTICAL JUMPING PERFORMANCE OF YOUNG FEMALES

Whole-body vibration is a type of exercise that has been used during the last decades as a method of rehabilitation and a mean of improving physical performance. The aim of our study was to investigate the acute effects of different frequency side-to-side whole-body vibration on vertical jumping performance and flexibility, and the timecourse of these effects. The participants were 20 young females ($20,30 \pm 2,0$ years), physically active, who performed five vibration protocols in a randomized balanced design: four vibration protocols of various frequencies (15, 20, 25, 30 Hz) and one control. The vibration protocols (6 min, 6 mm) were performed on a whole-body vibration platform (Galileo Fitness), while the participants maintained an upright position with their knees slightly bent (10°). The control protocol was the same with no vibration. The tests for the evaluation of the flexibility (sit and reach) and the vertical jumping performance (squat jump and counter movement jump), were performed before, immediately after and 15 min after the end of the protocol. For the statistical analysis of the results, we used a two-way analysis of variance (two-way ANOVA, protocol x measurement, 5×3), with repeated measures for both factors. Additionally, in order to locate the differences between the protocols Tukey's analysis was used, where it was necessary. The level of significance was set at $\alpha = 0,05$. The results, showed statistically significant interaction between the factors protocol and measurement ($p < 0,001$). The initial measurements didn't differ between the five protocols. In all the vibration protocols significant difference appeared between the initial and the final measurement ($p < 0,05$),

except for the control protocol. In none protocol did the flexibility return to its initial values during the third measurement (1st vs 3rd $p < 0,05$). Regarding the vertical jumping performance, on squat jump and on counter movement jump, there wasn't observed statistically significant interaction between the factors of protocol and measurement. There were, also, no statistically significant differences between the protocols or between the measurements. In conclusion, we observed that the application of the protocol of side-to-side whole-body vibration for 6 min resulted in the increase of flexibility, without simultaneous change of the vertical jumping performance. The 15 min are not enough for the restoration of the flexibility to the initial rates. Finally, the variation of the frequency doesn't seem to affect the immediate impacts of the whole-body vibration.

Key words: rotational vibration, sit and reach, countermovement jump, squat jump.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT.....	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	10
ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	11
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ.....	12
ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Χαρακτηριστικά δόνησης.....	15
1.2 Ολόσωμη-τοπική δόνηση.....	15
1.3 Κατακόρυφη-αμφίπλευρη δόνηση.....	15
1.4 Επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.....	16
1.5 Μακροχρόνιες επιδράσεις.....	17
1.6 Άμεσες επιδράσεις.....	18
1.7 Ασθενείς και δόνηση.....	19
1.8 Επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα.....	19
1.9 Επιδράσεις της δόνησης στην κατακόρυφη αλτικότητα.....	20
1.10 Διάρκεια των άμεσων επιδράσεων.....	21
1.11 Σχέση συχνότητας- επίδρασης.....	21
1.12 Σκοπός της έρευνας.....	22
1.13 Μηδενικές υποθέσεις	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1 Κινητικότητα.....	22
<i>Παράγοντες που επηρεάζουν την κινητικότητα.....</i>	<i>23</i>
<i>Μηχανισμοί.....</i>	<i>23</i>
<i>Ερευνητικά δεδομένα.....</i>	<i>24</i>
<i>Άμεσες επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα.....</i>	<i>24</i>
<i>Διάρκεια των επιδράσεων.....</i>	<i>26</i>
2.2 Κατακόρυφη αλτικότητα.....	27
<i>WBV και κατακόρυφη αλτικότητα.....</i>	<i>28</i>
<i>Μακροχρόνιες επιδράσεις.....</i>	<i>28</i>
<i>Βραχυχρόνιες επιδράσεις.....</i>	<i>28</i>
<i>Άμεσες επιδράσεις.....</i>	<i>29</i>
<i>Μηχανισμοί μεταβολής κατακόρυφης αλτικότητας.....</i>	<i>34</i>
<i>Τονικό αντανακλαστικό της δόνησης.....</i>	<i>34</i>
<i>Άλλοι μηχανισμοί.....</i>	<i>35</i>
2.3 Σημαντικότητα της έρευνας	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Δείγμα.....	36
3.2 Περιγραφή εξοπλισμού.....	37
3.3 Μετρήσεις.....	37
<i>Σωματομετρικά χαρακτηριστικά.....</i>	<i>37</i>

<i>Ανάστημα</i>	37
<i>Σωματική μάζα</i>	37
<i>Αξιολόγηση κατακόρυφης αλτικότητας</i>	38
<i>Άλμα από ημικάθισμα</i>	38
<i>Άλμα με αντίθετη κίνηση</i>	39
<i>Αξιολόγηση κινητικότητας</i>	39
3.4 Πρωτόκολλο άσκησης	40
3.5 Διαδικασία	40
3.6 Στατιστική ανάλυση	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Κινητικότητα	42
4.2 Κατακόρυφη αλτικότητα	44
<i>Άλμα από ημικάθισμα</i>	44
<i>Άλμα με αντίθετη κίνηση</i>	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Κινητικότητα	48
<i>Σύγκριση με άλλες έρευνες</i>	48
<i>Μηχανισμοί</i>	49
<i>Διάρκεια των επιδράσεων</i>	51
<i>Επίδραση συχνότητας</i>	53
5.2 Κατακόρυφη αλτικότητα	54
<i>Σύγκριση με άλλες έρευνες</i>	54
<i>Σχέση συχνότητας- κατακόρυφης αλτικότητας</i>	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	57
---------------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58
---------------------------	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Σελ.

Πίνακας 1: Έρευνες σχετικές με την άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα.....	31
Πίνακας 2: Ηλικία και σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος.....	36
Πίνακας 3: Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία της κινητικότητας ανά πρωτόκολλο και μέτρηση.....	42
Πίνακας 4: Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία του άλματος από ημικάθισμα ανά πρωτόκολλο και μέτρηση.....	44
Πίνακας 5: Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία του άλματος με αντίθετη κίνηση ανά πρωτόκολλο και μέτρηση.....	46

ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ**Σελ.**

Γράφημα 1: Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών γυναικών στην κινητικότητα ανά πρωτόκολλο και μέτρηση.....	43
Γράφημα 2: Μεταβολή (%) της κινητικότητας μεταξύ των μετρήσεων.....	44
Γράφημα 3: Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών γυναικών στο άλμα με ημικάθισμα ανά πρωτόκολλο και μέτρηση.....	45
Γράφημα 4: Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών γυναικών στο άλμα με αντίθετη κίνηση ανά πρωτόκολλο και μέτρηση.....	47

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ

WBV.....Whole-Body Vibration

RV.....Rotational Vibration

VV.....Vertical Vibration

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

	Σελ.
Σχήμα 1: Η επίδραση της αμφίπλευρης δόνησης στο σώμα.....	16
Σχήμα 2: Οι επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης και η ενδεχόμενη αλληλεπίδραση μεταξύ τους.....	17
Σχήμα 3: Τονικό αντανακλαστικό δόνησης.....	34
Σχήμα 4: Θεωρία της Πύλης του Πόνου.....	50

Η ΑΜΕΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΟΛΟΣΩΜΗ ΔΟΝΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΕΑΡΩΝ ΓΥΝΑΙΚΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έκθεση του ανθρώπου στη δόνηση, με την έννοια της παλμικής περιοδικής κίνησης, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής του ζωής. Πηγή δόνησης αποτελούν τα μέσα μεταφοράς, όπως αυτοκίνητα, τραίνα, πλοία, αεροπλάνα, καθώς επίσης και εργαλεία δουλειάς, όπως αλυσοπρίονα, κομπρεσέρ, και διάφορα άλλα μηχανήματα (Mester, Spitznfeil, Schwarzer & Seifriz, 1999). Τις επιδράσεις της δόνησης βιώνουμε επίσης σε διάφορα αθλήματα, όπως το σκι, το ποδήλατο βουνού και η ιστιοπλοΐα, στα οποία ασκούνται στο σώμα μας ποικίλες εξωτερικές δυνάμεις αυτής της μορφής (Cardinale & Wakeling, 2005). Η ερευνητική μελέτη των επιδράσεων αυτών στον άνθρωπο, οδήγησε σε παρατηρήσεις και συμπεράσματα άλλοτε θετικά και άλλοτε αρνητικά.

Η δόνηση, ως προπονητικό μέσο, χρησιμοποιήθηκε αρχικά από Ρώσους επιστήμονες που ανακάλυψαν ότι αυτή ήταν αποτελεσματική στην αύξηση της δύναμης σε καλά προπονημένα άτομα (Issurin & Tenenbaum, 1999). Έκτοτε, έχει υλοποιηθεί πληθώρα ερευνών που αναφέρουν ότι η εφαρμογή δόνησης στο ανθρώπινο σώμα, είτε άμεσα, σε τένοντες και σκελετικούς μυς, είτε έμμεσα, μέσω συσκευών ολόσωμης δόνησης, αυξάνει σε πολλές περιπτώσεις τη μυϊκή δραστηριότητα και κατά συνέπεια και τη μυϊκή απόδοση, τόσο άμεσα, όσο και μακροχρόνια (Dolny & Reyes, 2008).

Χαρακτηριστικά δόνησης

Η δόνηση αποτελεί ένα μηχανικό ερέθισμα που έχει χαρακτηριστικά ταλάντωσης. Τα στοιχεία επιβάρυνσης που καθορίζουν αυτή την περιοδική κίνηση, είναι το πλάτος και η συχνότητα (Cardinale & Wakeling, 2005). Πλάτος ονομάζεται η απόσταση μεταξύ των δύο ακραίων θέσεων (από μέγιστο σε μέγιστο) της ταλάντωσης και μετριέται σε mm (Cardinale & Rittweger, 2006), ενώ συχνότητα είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων που ολοκληρώνονται στη μονάδα του χρόνου, και μετριέται σε Hz.

Ολόσωμη- τοπική δόνηση

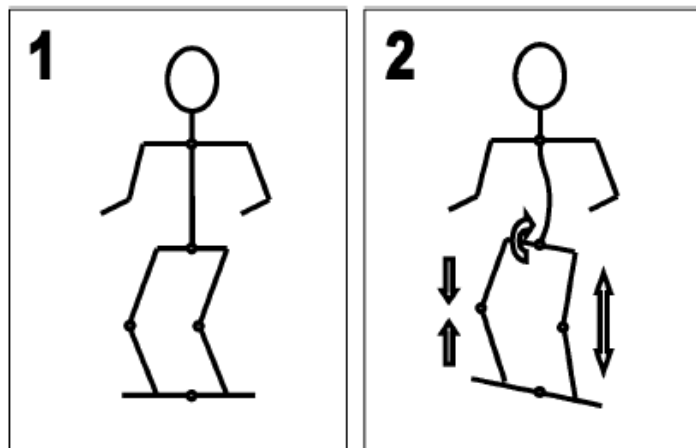
Σε ό,τι αφορά στην ταξινόμηση της δόνησης, ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής της στο σώμα, διακρίνουμε δύο τύπους: την ολόσωμη και την τοπική. Η πρώτη προκαλείται όταν ολόκληρο το σώμα υπόκειται σε παλμική περιοδική κίνηση, ενώ η δεύτερη όταν η δόνηση εφαρμόζεται μόνο σε ένα συγκεκριμένο μέρος του σώματος (Cardinale & Pope, 2003). Η ολόσωμη δόνηση μεταδίδεται στο σώμα μέσω ειδικών συσκευών που ονομάζονται ‘πλατφόρμες δόνησης’ (Rehn, Lidstrom, J., Skoglund & Lidstrom, B., 2007). Οι πλατφόρμες αυτές παράγουν δόνηση με συχνότητες 5-60Hz και πλάτος 1-14mm. Για την τοπική δόνηση χρησιμοποιείται ειδικός εξοπλισμός, όπως τροχαλίες και δονούμενα αλτηράκια που παράγουν δόνηση διαφόρων συχνοτήτων και υποβάλλουν σε δόνηση, συνήθως μεμονωμένα, τα κάτω ή τα άνω άκρα (Cardinale & Pope, 2003).

Κατακόρυφη- αμφίπλευρη δόνηση

Η ολόσωμη δόνηση διακρίνεται σε δύο τύπους ανάλογα με την κίνηση της πλατφόρμας, οπότε διαχωρίζεται σε κατακόρυφη (Vertical- VV) και αμφίπλευρη (Rotational RV) δόνηση. Στην VV η πλατφόρμα κινείται σε κατακόρυφη κατεύθυνση, με αποτέλεσμα τη συμμετρική κίνηση του σώματος ως προς τον κατακόρυφο άξονα. (Abercromby et al, 2007). Αντίθετα,

στην RV η φύση της δόνησης είναι ασύγχρονη, καθώς έχουμε αμοιβαίες κάθετες μετατοπίσεις των δύο άκρων της πλατφόρμας γύρω από ένα υπομόχλιο-άξονα (Cardinale & Rittweger, 2006). Στην περίπτωση αυτή, η τοποθέτηση των ποδιών σε μεγαλύτερη απόσταση εκατέρωθεν του άξονα έχει ως αποτέλεσμα ταλάντωση μεγαλύτερου πλάτους (Abercromby et al, 2007).

Η αμφίπλευρη δόνηση θεωρείται πιο ασφαλής για τους ασκούμενους, καθώς κατά την εφαρμογή της περιορίζεται η μετάδοση της δόνησης στο κεφάλι. Πιο συγκεκριμένα, σε έρευνα των Abercromby et al (2007), υπολογίστηκε ότι κατά την κατακόρυφη δόνηση η



μετάδοση της μηχανικής ενέργειας της δόνησης στον άνω κορμό και το

Σχήμα 1: Η επίδραση της αμφίπλευρης δόνησης στο σώμα (τροποποιημένο από Rittweger et al., 2001)

κεφάλι είναι κατά 71-189% μεγαλύτερη απ' ό,τι στην αμφίπλευρη. Η παρατήρηση αυτή πιθανώς να οφείλεται στη μεγαλύτερη απορρόφηση των κυμάτων της ταλάντωσης, κατά την αμφίπλευρη δόνηση, λόγω της συνεχούς εναλλαγής μικρής κάμψης και έκτασης των κάτω άκρων με ταυτόχρονη στροφή της λεκάνης (Rittweger, Schiessl & Felsenberg, 2001) (Σχήμα 1).

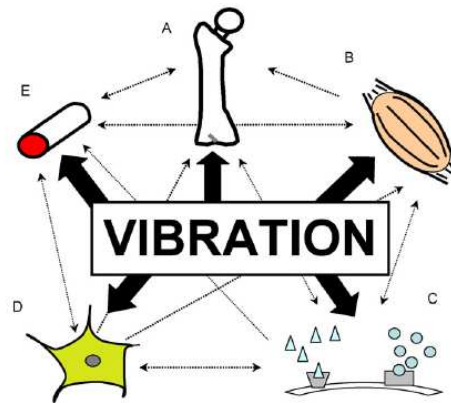
Επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό

Οι επιδράσεις της δόνησης στο ανθρώπινο σώμα ενδέχεται να επηρεάζονται από τα χαρακτηριστικά της δόνησης, το πλάτος και τη συχνότητα (Cardinale & Lim, 2003). Έχει παρατηρηθεί, επίσης, ότι σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η διάρκεια έκθεσης του σώματος στο ερέθισμα της δόνησης καθώς επίσης και η θέση ή η άσκηση που εκτελείται πάνω στην πλατφόρμα δόνησης. Στην έρευνα των Rubin et al.(2003) για την ολόσωμη δόνηση,

αναφέρεται ότι όταν οι δοκιμαζόμενοι βρίσκονταν σε εντελώς όρθια θέση πάνω στην πλατφόρμα δόνησης η ένταση της δόνησης στην άρθρωση του ισχίου υπολογίστηκε στο 130% της αρχικής έντασης (στη βάση της πλατφόρμας). Όταν αντίθετα οι εξεταζόμενοι στέκονταν με μικρή κάμψη γονάτων (περίπου 20 μοίρες) το ποσοστό αυτό μειωνόταν στο 50%.

Άλλοι παράγοντες που είναι πιθανό να επηρεάζουν τις επιδράσεις της δόνησης στο σώμα είναι: η ηλικία, το φύλο και η φυσική κατάσταση των ασκούμενων, καθώς τα αποτελέσματα των ερευνών είναι διαφορετικά για απροπόνητους, φυσικά δραστήρια άτομα και αθλητές (Mester, Kleinoder & Yue, 2006).

Οι επιδράσεις της άσκησης με δόνηση στα διάφορα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού (Σχήμα 2) έχουν μελετηθεί εκτεταμένα τα τελευταία χρόνια. Στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν αναφορές ερευνητών, τόσο σε μακροχρόνιες και βραχυχρόνιες επιδράσεις (διάρκεια προγράμματος: λίγες ημέρες έως 2 εβδομάδες), όσο και σε άμεσες.



Σχήμα 2:
Οι επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης και η ενδεχόμενη αλληλεπίδραση μεταξύ τους
A: σκελετικό, B: μυϊκό, C: ενδοκρινικό,
D: νευρικό και E: κυκλοφορικό
(Τροποποιημένο από Prisby et al., 2008)

Μακροχρόνιες επιδράσεις

Σχετικά με τις μακροχρόνιες επιδράσεις, έχει αναφερθεί ότι με την εφαρμογή κατάλληλου πρωτοκόλλου άσκησης, η δόνηση προκαλεί: βελτίωση της ευλυγισίας (Fagnani, Giombini, Cesare, Pigozzi & Di Salvo, 2006; Van den Tillaar, 2006), της ισορροπίας (Bautmans, Van Hees, Lemper & Mets, 2005; Bogaerts et al, 2009; Roelants et al, 2004), της δύναμης (Fagnani et al., 2006), της κατακόρυφης αλτικότητας (Annino et al, 2007; Raimundo et al, 2009; Paradisis & Zacharogiannis, 2007; Torvinen et al., 2002) και της λειτουργίας του

καρδιαγγειακού συστήματος (Yue & Mester, 2007), καθώς επίσης και αύξηση της οστικής μάζας, συμβάλλοντας στην πρόληψη της οστεοπώρωσης και οστεοπενίας (Verschueren et al., 2004). Ωστόσο, υπάρχουν και ερευνητές που αναφέρουν αρνητικές επιδράσεις της άσκησης με δόνηση, όπως δυσλειτουργίες της σπονδυλικής στήλης και πιθανές αγγειακές διαταραχές (Cardinale & Pope, 2003).

Σε κάθε περίπτωση, οι επιδράσεις της δόνησης στον οργανισμό εξαρτώνται από παράγοντες όπως το πρωτόκολλο άσκησης, ο τύπος δόνησης (κατακόρυφη ή αμφίπλευρη), η ηλικία και η φυσική κατάσταση των ασκούμενων.

Άμεσες επιδράσεις

Σχετικά με τις άμεσες επιδράσεις της άσκησης με δόνηση, έχουν αναφερθεί τα ακόλουθα: βελτίωση της ευλυγισίας-ευκαμψίας (Cochrane & Stannard, 2005; Καρατράντου και συν.,2008; Jacobs & Burns, 2009), της δύναμης και της κατακόρυφης αλτικότητας (Bosco et al., 2000; Cardinale & Lim,2003), αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος (Kershan-Scindl et al., 2001) και ορμονικές μεταβολές (Bosco et al., 2000).

Στον αντίποδα των αποτελεσμάτων αυτών, υπάρχουν έρευνες που αναφέρονται στις αρνητικές άμεσες επιδράσεις της δόνησης στον ανθρώπινο οργανισμό, όπως: διαταραχή της ισορροπίας και της ιδιοδεκτικότητας (Capicicova, Rocchi, Hlavacka, Chiari & Cappello, 2006), μείωση της κατακόρυφης αλτικότητας (Rittweger, Beller & Felsenberg, 2000; Artero et al. 2009), οίδημα και ερύθημα των κάτω άκρων, μείωση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (Rittweger, Beller & Felsenberg, 2000), μείωση της μυϊκής απόδοσης των κάτω άκρων (Jackson & Turner, 2003) και διαταραχή της κιναισθησίας (Inglis & Frank, 1990).

Ασθενείς και δόνηση

Σύμφωνα με μελέτες η άσκηση με δόνηση έχει ευεργετικές επιδράσεις και σε άτομα που πάσχουν από διάφορες ασθένειες. Βελτιώνει την οστική πυκνότητα ατόμων που πάσχουν από οστεοπόρωση (Gusi, Raimundo & Leal, 2006), βοηθάει στο έλεγχο της γλυκόζης σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II (Baum, Votteler & Schiab, 2007), παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα σε ασθενείς με σκλήρυνση κατά πλάκας (Schuhfried, Jovanovic, Pieber & Paternostro- Sluga, 2007), νόσο του Parkinson (Haas, Turbanski, Kessler & Schimidtbleicher, 2006), και άτομα που υπέστησαν εγκεφαλικό επεισόδιο (Tihanyi, T., Horvath, Fazekas, Hortobagyi & Tihanyi, J., 2007), βελτιώνει την ισορροπία σε περιπτώσεις που είναι διαταραγμένη (Cheung et al., 2007) και μειώνει τον πόνο μυοσκελετικής αιτιολογίας (Lundeberg, Nordemar & Ottoson, 1984).

Επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες που εξετάζουν τις επιδράσεις της άσκησης με δόνηση, μακροχρόνιες και άμεσες, σε ικανότητες της φυσικής κατάστασης, όπως η δύναμη, η ισχύς και η κινητικότητα. Σε ό,τι αφορά στα μακροχρόνια αποτελέσματα στην κινητικότητα, έχει παρατηρηθεί σημαντική βελτίωση με χρήση τόσο ολόσωμης (Bautmans et al., 2005; Fagnani et al., 2006; Van den Tillar, 2006), όσο και τοπικής δόνησης (Issurin, Liebermann & Tenenbaum, 1994; Sands, McNeal, Stone, Russell & Jemni, 2006). Παρόμοιες είναι και οι άμεσες επιδράσεις, όπου έχουμε αναφορές για αύξηση της κινητικότητας με χρήση τοπικής δόνησης (Cronin, Nash & Whatman, 2007; Kinser et al., 2008; Sands et al., 2006) και ολόσωμης (Cochrane & Stannard, 2005; Jacobs & Burns, 2009; Καρατράντου και συνεργάτες, 2008).

Επιδράσεις της δόνησης στην κατακόρυφη αλτικότητα

Τα αποτελέσματα της άσκησης με δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα, είναι αντικρουόμενα. Σε ό,τι αφορά στις μακροχρόνιες επιδράσεις, έχουμε αναφορές για αύξηση της τάξεως του 3,3 έως και 19,4% (Annino et al., 2007; Bosco et al., 1998; Cardinale, 2002; Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003; Fagnani et al., 2006; Paradisis & Zacharogiannis, 2007; Ronnestad, 2004; Roelants, Delecluse & Verschueren, 2004; Torvinen et al., 2002; Torvinen et al., 2003). Ωστόσο, υπάρχει και ένας αριθμός μελετητών που αναφέρει ότι η άσκηση με ολόσωμη δόνηση δεν έχει καμία μακροχρόνια επίδραση στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα (Cochrane, Legg & Hooker, 2004; Delecluse, Roelants, Diels, Koninckx & Verschueren, 2005; Ruiters, Raaij, Schilperoort, Hollander & Haan, 2003).

Εξίσου αντικρουόμενα είναι και τα αποτελέσματα των ερευνών που αφορούν στις άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην κατακόρυφη αλτικότητα. Έτσι, έχουμε ερευνητές που αναφέρουν βελτίωση 0,7-8,1% (Bosco et al., 2000; Cardinale & Lim, 2003; Cochrane & Stannard 2005; Cormie, Deane, Triplett & McBride, 2006; Torvinen et al., 2002), μείωση έως και 9,1% (Artero, 2007; Rittweger, Mutschelknauss & Felsenberg, 2003) ή και καμία στατιστικά σημαντική επίδραση (Bullock et al., 2008; Kvorning, Bagger, Caserotti & Madsen, 2006; Torvinen et al., 2002; Rittweger et al., 2003; Stevenson, 2005).

Η μεγάλη ποικιλομορφία των αποτελεσμάτων ενδεχομένως να οφείλεται στην αντίστοιχη ποικιλομορφία των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιήθηκαν. Έτσι παρατηρούνται διαφορές ως προς τον τύπο της δόνησης (τοπική ή ολόσωμη, αμφίπλευρη ή κάθετη), ως προς τα χαρακτηριστικά της (συχνότητα, πλάτος, διάρκεια), τις ασκήσεις που γίνονται πάνω στην πλατφόρμα, την προθέρμανση, το δείγμα (φυσικά δραστικές, απροπόνητες, αθλήτριες) ή και το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ παρέμβασης και τελικής μέτρησης (Jordan, Norris, Smith & Herzog, 2005).

Διάρκεια των άμεσων επιδράσεων

Η διάρκεια των άμεσων επιδράσεων της άσκησης με ολόσωμη δόνηση, είναι μία παράμετρος που δεν έχει διαλευκανθεί απόλυτα. Σχετικά με την κατακόρυφη αλτικότητα έχουν γίνει κάποιες μελέτες για διάρκεια των επιδράσεων αυτών, και έχουμε αναφορές για διάρκεια από 2 έως 60min μετά την παρέμβαση (Adams et al., 2009; Bazett-Jones, Finch & Dugan, 2008; Cormie et al., 2006; Torvinen et al., 2002). Αναφορικά με την κινητικότητα, τα ερευνητικά δεδομένα που υπάρχουν είναι ελάχιστα. Μόνον η Καρατράντου και οι συνεργάτες της (2008) μελέτησαν τη συγκεκριμένη παράμετρο και αναφέρουν ότι μετά από 15min οι άμεσες επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα συνεχίζουν να είναι στατιστικά σημαντικές.

Σχέση συχνότητας- επίδρασης

Η επίδραση της μεταβολής των χαρακτηριστικών της δόνησης (πλάτος- συχνότητα) στα αποτελέσματά της στο ανθρώπινο σώμα δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Πιο συγκεκριμένα, μικρός αριθμός ερευνών αναφέρεται στην άμεση επίδραση της δόνησης διαφορετικών συχνοτήτων στην κατακόρυφη αλτικότητα, μόνον όμως σε ό,τι αφορά τη χρήση κατακόρυφης δόνησης. Έτσι, ο Adams και οι συνεργάτες του (2009), οι Cardinale & Lim (2003), και οι Bazett- Jones, Finch και Dugan (2008), στις έρευνές τους αναφέρονται σε συχνοτήτες από 30-50Hz, ενώ ο Da Silva et al. (2006) στα 20 και 40Hz. Όλοι καταλήγουν στο συμπέρασμα ό,τι η μεταβολή της συχνότητας επηρεάζει τα αποτελέσματα της δόνησης. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουν οι Cardinale & Lim (2003), σχετικά με την επίδραση της μεταβολής της συχνότητας στην κινητικότητα. Ωστόσο, τα πρωτόκολλα άσκησης που εφάρμοσαν περιλαμβάνουν και πάλι κατακόρυφη δόνηση. Δεν υπάρχουν αντίστοιχα ερευνητικά δεδομένα που να αφορούν στην αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση.

Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να καλύψει το κενό αυτό, εξετάζοντας την επίδραση της αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης διαφορετικών συχνοτήτων στην κατακόρυφη αλτικότητα και την κινητικότητα, καθώς επίσης και να διερευνήσει το χρονικό διάστημα που διαρκεί η επίδραση αυτή, αν υπάρχει.

Μηδενικές υποθέσεις

Η άσκηση με αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση δεν επηρεάζει την κινητικότητα.

Η άσκηση με αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση δεν επηρεάζει την κατακόρυφη αλτικότητα.

Η μεταβολή της συχνότητας δεν επηρεάζει τις άμεσες επιδράσεις της αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα.

Οι άμεσες επιδράσεις της αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης δεν επανέρχονται μετά από 15min.

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

A.Κινητικότητα

Μία από τις ικανότητες της φυσικής κατάστασης είναι η κινητικότητα. Ως ‘κινητικότητα’, στις επιστήμες υγείας και άθλησης, ορίζουμε το εύρος κίνησης (ROM) μίας άρθρωσης ή μίας ομάδας αρθρώσεων (όπως η ωμική ζώνη) (Alter, 1988). Πρόκειται για μία ικανότητα, που δε σχετίζεται μόνο με την αθλητική απόδοση, αλλά και με την ευρωστία, την υγεία και την ποιότητα ζωής (Κλεισούρας, 2001). Η κινητικότητα είναι ένας όρος σύνθετος, που περιλαμβάνει τόσο την ευλυγισία, όσο και την ευκαμψία. Η έννοια της ευλυγισίας σχετίζεται με την ικανότητα διάτασης των, μαλακών μορίων της άρθρωσης, μυών, τενόντων,

συνδέσμων και αρθρικών θυλάκων (Αναστασιάδης και Γιδάρης, 1993). Αντίθετα, η ευκαμψία έχει σχέση με το εύρος κίνησης της ίδιας της άρθρωσης και τη σχετική κίνηση των αρθρικών επιφανειών μεταξύ τους. Πρόκειται για δύο έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους, που στην πράξη δύσκολα διαχωρίζονται.

Παράγοντες που επηρεάζουν την κινητικότητα

Η κινητικότητα εξαρτάται και επηρεάζεται από μία σειρά παραγόντων, όπως είναι το φύλο, η φυλή, η γενετική προδιάθεση, η ηλικία, η θερμοκρασία και η προθέρμανση, η ύπαρξη τραυματισμού, η ώρα της ημέρας, η ψυχολογική ένταση και η κόπωση. Η βελτίωση της κινητικότητας μπορεί να επιτευχθεί μέσω των μυϊκών διατάσεων, που διαχωρίζονται σε τρεις βασικούς τύπους: τις στατικές διατάσεις (ενεργητικές και παθητικές), τις βαλλιστικές διατάσεις και την ιδιοδεκτική νευρομυϊκή διευκόλυνση (διατάσεις PNF) (Κλεισούρας, 2001). Τα τελευταία χρόνια ερευνάται η χρήση της δόνησης -τοπικής και ολόσωμης- για τη βελτίωση της κινητικότητας, είτε ως μοναδική μέθοδος (Καρατράντου και συν., 2008; Kinser et al., 2008; Jacobs & Burns, 2009), είτε σε συνδυασμό με κάποιον τύπο διατάσεων (Kinser et al., 2008; Sands et al., 2006; Van den Tillaar, 2006).

Μηχανισμοί

Οι μηχανισμοί που ενεργοποιούνται κατά την άσκηση με δόνηση και οδηγούν σε αύξηση της κινητικότητας δεν έχουν διαλευκανθεί απόλυτα. Θεωρείται πιθανόν ότι η δόνηση προκαλεί μείωση της αίσθησης του πόνου μέσω αύξησης στο κατώφλι του (Zoppi, Voegelin, Signorini & Zamponi, 1991; Lundeborg et al., 1984), αύξησης της ενδομυϊκής θερμοκρασίας και της ροής του αίματος των κάτω άκρων (Kerschman-Schindl et al., 2001; Lohman, Petrofsky, Maloney-Hinds, Betts-Schwab & Thorpe, 2007) και αναχαίτιση της μυϊκής συστολής μέσω διέγερσης των τενόντιων οργάνων του Golgi (Issurin et al., 1994).

Ερευνητικά δεδομένα

Οι έρευνες που πραγματοποιήθηκαν μέχρι σήμερα αφορούν τόσο στις μακροχρόνιες, όσο και στις άμεσες επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα. Πιο συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί βελτίωση της κινητικότητας μετά από μακροχρόνια εφαρμογή πρωτοκόλλων άσκησης με τη χρήση τοπικής δόνησης (Issurin et al., 1994; Sands et al., 2006), καθώς επίσης και ολόσωμης δόνησης (Bautmans et al., 2005; Fagnani et al., 2006; Van den Tillaar, 2006). Κάποια από τα πρωτόκολλα άσκησης περιλάμβαναν ‘παραδοσιακές’ τεχνικές διατάσεων σε συνδυασμό με δόνηση, και τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά (Sands et al., 2006; Van den Tillaar., 1994). Ο Issurin et al. (1994), περιλάμβανε στην έρευνά του ένα πρωτόκολλο κλασικών ενεργητικών διατάσεων, και ένα πρωτόκολλο που συνδύαζε κλασικές ενεργητικές διατάσεις και δόνηση. Στα αποτελέσματά του ανέφερε τη σαφή υπεροχή της δεύτερης μεθόδου (8,7% έναντι 2,4%) σε ό,τι αφορά στη βελτίωση της κινητικότητας.

Άμεσες επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα

Πενιχρός είναι ο αριθμός των ερευνών που αναφέρονται στις άμεσες επιδράσεις της τοπικής δόνησης στην κινητικότητα. Αναλυτικότερα, σε ό,τι αφορά στην εφαρμογή πρωτοκόλλων τοπικής δόνησης, ο Sands και οι συνεργάτες του (2006), σε μετρήσεις τους σε 10 νεαρούς αθλητές ενόργανης γυμναστικής (10 ετών), παρατήρησαν αύξηση του εύρους κίνησης στη θέση ‘σπαγκάτ’ μετά την εφαρμογή πρωτοκόλλων τοπικής δόνησης με διάρκεια 4min, συχνότητα 30Hz και πλάτος 2mm. Στη δεύτερη μελέτη του είδους, οι Cronin, Nash και Whatman (2007), εφάρμοσαν σε 10 άνδρες (23 ετών) τέσσερις διαφορετικούς συνδυασμούς πλάτους- συχνότητας δόνησης (14-44Hz, 3-5mm), για 30s, και διαπίστωσαν στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις (1,6- 2,1%) του δυναμικού εύρους κίνησης των δικέφαλων μηριαίων μυών. Πιο πρόσφατα, τέλος, ο Kinser και οι συνεργάτες του (2008), συνέκριναν τις άμεσες επιδράσεις της τοπικής δόνησης και του συνδυασμού τοπικής δόνησης – διατάσεων σε 22

νεαρές γυναίκες αθλήτριες (χαρακτηριστικά δόνησης: 30Hz, 2mm, 4 x 10s, 5s διάλειμμα). Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι το συνδυαστικό πρόγραμμα υπερείχε σημαντικά, καθώς προκάλεσε αύξηση του εύρους κίνησης στη θέση 'σπαγκάτ' κατά 18,5%, ενώ τα ποσοστά για τις διατάσεις και τη δόνηση χωριστά ήταν μικρότερα (2 και 9,5% αντίστοιχα).

Περιορισμένες σε αριθμό είναι οι μελέτες σχετικά με τις άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα. Συγκεκριμένα, οι Cardinale & Lim (2003), ερεύνησαν την άμεση επίδραση δύο διαφορετικών συχνοτήτων (20 και 40Hz) ολόσωμης δόνησης (Nemes LC, The Bosco System, Italy) (4mm, 5 x 1min με 1min διάλειμμα, στάση: ημικάθισμα). Το δείγμα αποτελούνταν από 15 φυσικά δραστήρια άτομα (2 γυναίκες, 13 άνδρες, 21±2 ετών), που χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες για τις δύο διαφορετικές συχνότητες. Οι δύο ομάδες, πριν την έναρξη των μετρήσεων, δεν παρουσίαζαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Πριν από την εφαρμογή των πρωτοκόλλων ολόσωμης δόνησης πραγματοποιήθηκε προθέρμανση 10min. Τα αποτελέσματα ήταν αντικρουόμενα για τις δύο συχνότητες, καθώς για τα 20Hz παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του εύρους κίνησης της οσφυϊκής μοίρας και των ισχίων (10,1%), ενώ για τα 40Hz παρατηρήθηκε ότι δεν έχουν καμία επίδραση σ' αυτό το εύρος κίνησης. Σύμφωνα λοιπόν με τη συγκεκριμένη έρευνα, είναι πιθανόν η συχνότητα να είναι ένα χαρακτηριστικό της δόνησης που επηρεάζει άμεσα τις επιδράσεις της στην κινητικότητα.

Στην έρευνα των Cochrane & Stannard (2005) εξετάστηκε η άμεση επίδραση της ολόσωμης δόνησης στην κατακόρυφη αλτικότητα και την κινητικότητα 18 παικτριών χόκεϋ υψηλού επιπέδου (22±6έτων). Οι παίκτριες ακολούθησαν πρόγραμμα άσκησης με ολόσωμη δόνηση (Galileo Sport Machine) που περιλάμβανε 6 διαφορετικές ασκήσεις πάνω στην πλατφόρμα. Τα χαρακτηριστικά της δόνησης ήταν: συχνότητα 26Hz, πλάτος 6mm, διάρκεια

5min. Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε σημαντική αύξηση του εύρους κίνησης 8,2%.

Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα στην έρευνα των Jacobs & Burns (2009), όπου μελετήθηκε η δύναμη και η κινητικότητα των κάτω άκρων με την επίδραση ολόσωμης δόνησης (Galileo 2000, White Plains, New York) και στατικού εργομετρικού ποδηλάτου (Cateye EC-1600 Japan). Στην έρευνα συμμετείχαν 20 άτομα φυσικά δραστήρια (10 γυναίκες 10 άνδρες, $28,6 \pm 9,73$ ετών) που ολοκλήρωσαν, με τυχαία σειρά, μια συνεδρία 6min ποδήλατο και μια συνεδρία 6min άσκηση με ολόσωμη δόνηση (26Hz σταθερά μετά από σταδιακή αύξηση 0-26Hz στο πρώτο λεπτό, 16cm απόσταση μεταξύ των ποδιών, στάση όρθια με ελάχιστη κάμψη γονάτων $170-175^{\circ}$ έκταση) με ενδιάμεσο χρονικό διάστημα 48-72 ώρες μεταξύ τους. Η κινητικότητα μετά το ποδήλατο αυξήθηκε μόλις κατά 2,6%, σε αντίθεση με αύξηση 16,2% μετά την εφαρμογή ολόσωμης δόνησης. Τέλος, η Καρατράντου και οι συνεργάτες της (2008) μελέτησαν την άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα 16 νεαρών, φυσικά δραστήριων γυναικών (18-24 ετών). Οι εξεταζόμενες πραγματοποίησαν ένα πρωτόκολλο ελέγχου και ένα ολόσωμης δόνησης (Galileo Fitness, Novotec, Germany) διάρκειας 6min. Το πλάτος της δόνησης ήταν 4mm και η συχνότητα 25Hz (σταθερή για 5min μετά το πρώτο λεπτό όπου ανέβαινε σταδιακά από 5-25Hz). Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε στατιστικά σημαντική αύξηση της κινητικότητας μόνο για το πρωτόκολλο δόνησης (4,5%).

Διάρκεια των επιδράσεων

Ένα στοιχείο που δεν έχει διευκρινιστεί με σαφήνεια, σχετικά με τις άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα, είναι η διάρκεια τους μετά το τέλος της παρέμβασης. Έχουν γίνει έρευνες, που μας δίνουν πληροφορίες σε σχέση με τη διάρκεια των επιδράσεων προγραμμάτων ‘παραδοσιακών’ διατάσεων. Έτσι, οι Avela, Kyrolainen & Komi (1999)

αναφέρουν τα 15min ως χρονικό διάστημα που απαιτείται για την πλήρη επαναφορά των οπίσθιων μυών της κνήμης στην αρχική τους ευλυγισία μετά από διατάσεις. Σε άλλες έρευνες, οι De Pino, Webright & Arnold (2000) και Spornoga, Uhi, Arnold & Gansneder (2001) αναφέρουν ως απαιτούμενο διάστημα για την επαναφορά των δικέφαλων μηριαίων τα 6min.

Σε ό,τι αφορά στη δόνηση, μόνο ο Cronin και οι συνεργάτες του (2007), εφάρμοσαν τοπική δόνηση στους δικέφαλους μηριαίους μυς, εξέτασαν το δυναμικό τους εύρος και υποστήριξαν ότι οποιαδήποτε νευρομυϊκή προσαρμογή που προέρχεται από την άσκηση με δόνηση χάνεται 15min μετά το πέρας της άσκησης, χωρίς όμως να το εξετάσουν ερευνητικά. Αντίθετα, στην έρευνα της Καρατράντου και των συνεργατών της (2008), αναφέρεται ότι μετά την εφαρμογή προγράμματος ολόσωμης δόνησης για την αύξηση της κινητικότητας της οσφυϊκής μοίρας και των ισχίων, τα 15min δεν είναι αρκετά για επαναφορά στις αρχικές τιμές.

B. Κατακόρυφη αλτικότητα

Η κατακόρυφη αλτικότητα αποτελεί μία σύνθετη κινητική δεξιότητα, μέσω της οποίας εκφράζεται η εκρηκτική δύναμη των κάτω άκρων (Πισπιρίκου, 2008). Επηρεάζεται από μια ποικιλία παραγόντων, όπως είναι η ηλικία, το φύλο, η αναλογία των μυϊκών ινών στα κάτω άκρα, το ανάστημα, η σωματική μάζα και η τεχνική (Temfemo et al., 2008; Wyon et al., 2006). Μπορεί να βελτιωθεί μέσω της προπόνησης ισχύος, που περιλαμβάνει προπόνηση με βάρη και πλειομετρικές ασκήσεις. Το βασικό μειονέκτημα των προπονητικών αυτών μεθόδων, είναι ότι απαιτούν χρόνο, ένταση και όγκο προπόνησης. Αυτοί οι παράγοντες τις καθιστούν μη ελκυστικές στον πληθυσμό που επιδιώκει βελτίωση φυσικής κατάστασης με

στόχο την υγεία, όπως επίσης και σε αθλητές που διαθέτουν έντονο το στοιχείο του ανταγωνισμού και περιορισμένα χρονικά περιθώρια (Adams et al., 2009).

WBV και κατακόρυφη αλτικότητα

Η πιθανή επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα δεν έχει διαλευκανθεί απόλυτα, καθώς άλλοι ερευνητές αναφέρουν θετική (Annino et al, 2007; Cormie et al., 2006; Torvinen et al., 2002), άλλοι αρνητική (Artero et al., 2007; Cardinale & Lim, 2003) και άλλοι καμία επίδραση (Rittweger et al., 2003; Stevenson, 2005).

Μακροχρόνιες επιδράσεις

Σχετικά με τις μακροχρόνιες επιδράσεις της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα, έχει πραγματοποιηθεί πληθώρα ερευνών, στις οποίες αναφέρεται αύξηση από 3,3 έως και 19,4%, με προγράμματα διάρκειας από 5 εβδομάδες μέχρι και 8 μήνες (Annino et al., 2007; Delecluse et al., 2003; Fagnani et al., 2006; Mahieu et al., 2006; Paradisis & Zacharogiannis, 2007; Roelants et al., 2004; Ronnestad, 2004; Torvinen et al., 2002).

Βραχυχρόνιες επιδράσεις

Τα αποτελέσματα που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία και αφορούν στη βραχυχρόνια επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα είναι περιορισμένα και διφορούμενα. Πιο συγκεκριμένα, οι Bosco et al. (1998), και Cardinale (2002), αναφέρουν σημαντική βελτίωση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας μετά από καθημερινή προπόνηση συνολικής διάρκειας 10 ημερών, ενώ οι Cochrane et al. (2004) δεν παρατήρησαν καμία στατιστικά σημαντική μεταβολή στην επίδοση μετά από 9 ημέρες άσκησης με δόνηση.

Άμεσες επιδράσεις

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα των άμεσων επιδράσεων της ολόσωμης δόνησης στην κατακόρυφη αλτικότητα, καθώς άλλοι ερευνητές αναφέρουν αύξηση, άλλοι μείωση και άλλοι καμία μεταβολή. Στους ερευνητές που παρατήρησαν βελτίωση της κατακόρυφης αλτικότητας με τη χρήση ολόσωμης δόνησης συμπεριλαμβάνεται ο Bosco με τους συνεργάτες του (2000), οι οποίοι μετά την εφαρμογή ολόσωμης δόνησης (Nemes 30L, χαρακτηριστικά δόνησης: 26Hz,4mm, τύπος δόνησης: κατακόρυφη) σε 14 φυσικά δραστήριους άνδρες, παρατήρησαν βελτίωση της κατακόρυφης αλτικής τους ικανότητας. Οι Cardinale & Lim (2003), αφού εφάρμοσαν ολόσωμη δόνηση (Nemes LC, The Bosco System, Italy) δύο διαφορετικών συχνοτήτων (20-40Hz, 4mm, 5 x 1min με 1min διάλειμμα, κατακόρυφη δόνηση) σε 15 φυσικά δραστήρια άτομα (2 γυναίκες,13 άνδρες, 21 ±2 ετών), παρατήρησαν αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας μόνο όμως για τη χαμηλότερη συχνότητα κατά 4%, ενώ για την υψηλότερη τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά. Βελτίωση της κατακόρυφης αλτικότητας παρατήρησαν επίσης οι Cochrane & Stannard (2005), που αναφέρουν αύξηση του κατακόρυφου άλματος σε 18 γυναίκες παίκτριες του χόκεϋ κατά 8,1% αμέσως μετά από πρόγραμμα ασκήσεων πάνω σε πλατφόρμα ολόσωμης δόνησης (Galileo Sport Machine, χαρακτηριστικά δόνησης: 26Hz, 6mm, αμφίπλευρη δόνηση). Επίσης, ο Cormie και οι συνεργάτες του (2006), εξέτασαν την άμεση επίδραση της ολόσωμης δόνησης (Power Plate North America Inc, Northbrook,IL, χαρακτηριστικά δόνησης: 30 Hz,2,5mm, στάση: ημικάθισμα, κατακόρυφη δόνηση) στην κατακόρυφη αλτικότητα 9 φυσικά δραστήριων ανδρών (19-23 ετών) και παρατήρησαν στατιστικά σημαντική αύξηση. Πιο πρόσφατα, οι Bazett-Jones, Finch και Dugan (2008), εφάρμοσαν πρόγραμμα ασκήσεων ολόσωμης δόνησης (Power Plate Next Generation) σε 48 απροπόνητα άτομα (40 άνδρες, 20,1±2,1 ετών και 18 γυναίκες, 18,8±1 ετών). Επιλέχθηκαν τέσσερις διαφορετικοί συνδυασμοί πλάτους και συχνότητας δόνησης (30-50Hz και 2-

6mm, άσκηση: ημικαθίσματα, κατακόρυφη δόνηση). Τα αποτελέσματα ήταν στατιστικά σημαντικά μόνο για τις γυναίκες, όπου παρατηρήθηκε βελτίωση του άλματος κατά 8,3 έως 9%, ενώ για τους άντρες τα αποτελέσματα δεν ήταν στατιστικά σημαντικά. Τέλος, ο Adams και οι συνεργάτες του (2009), εξέτασαν 22 απροπόνητα άτομα (9 γυναίκες, 11 άνδρες, 23-39 ετών), στα οποία εφάρμοσαν πρωτόκολλο άσκησης με ολόσωμη κατακόρυφη δόνηση (Power Plate) διαφορετικών συχνοτήτων (30-50Hz), διάρκειας (30-60s) και πλάτους (2-6mm), και διαπίστωσαν στατιστικά σημαντική αύξηση του άλματος με αντίθετη κίνηση.

Στον αντίποδα των αποτελεσμάτων αυτών, βρίσκονται οι ερευνητές που αναφέρουν μείωση της κατακόρυφης αλτικής ικανότητας αμέσως μετά την εφαρμογή άσκησης με ολόσωμη αμφίπλευρη δόνηση. Ο Rittweger και οι συνεργάτες του (2000), παρατήρησαν 9,2% μείωση στην κατακόρυφη αλτικότητα των ανδρών, μετά από εφαρμογή πρωτοκόλλου ολόσωμης δόνησης. Ακόμη, ο Artero και οι συνεργάτες του (2007), μετά το πέρας του προγράμματος άσκησης με ολόσωμη δόνηση (Galileo 900, Novotec, Pforzheim, Germany), διαφόρων συνδυασμών συχνότητας και πλάτους, παρατήρησαν ότι η αλτικότητα των 114 δοκιμαζόμενων τους (37 ανδρών και 77 γυναικών, ηλικίας $19,6 \pm 2$) μειώθηκε σημαντικά.

Τέλος, δεν είναι λίγοι και οι ερευνητές που δεν παρατηρούν καμία μεταβολή της κατακόρυφης αλτικότητας με την εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης σε πλατφόρμα ολόσωμης δόνησης. Έτσι, η Πισπιρίκου (2008) στην έρευνά της εφάρμοσε ένα πρωτόκολλο αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης (Galileo Fitness, χαρακτηριστικά δόνησης: 25Hz, 8mm, 6min, Θέση: όρθια με μικρή κάμψη γονάτων) σε 16 νεαρές γυναίκες ηλικίας $20,6 \pm 2$ ετών και δεν παρατήρησε καμία μεταβολή στην κατακόρυφη αλτικότητα μετά την παρέμβαση. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Torvinen et al., (2002), Rittweger et al., (2003), Stevenson (2005), και Bullock et al. (2008).

Οι έρευνες σχετικά με τις άμεσες επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην κατακόρυφη αλτικότητα, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Έρευνες σχετικές με την άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα

Συγγραφείς	Δείγμα	Πρωτόκολλο άσκησης	Μετρήσεις μυϊκής απόδοσης	Αποτελέσματα
Adams et al.(2009)	20 ♂♀, MA 11♂:32,3±3,5 ετών 9♀:29,1±3,5 ετών	Κατακόρυφη Δόνηση, Power Plate Συνδυασμός των ακόλουθων: A:2-4mm,4-6mm, Δ:30,45,60s F:30,35,40,50Hz	CMJ (αμέσως μετά,1,5,10min μετά)	↑CMJ αμέσως μετά,1, και 5min μετά
Artero et al.(2007)	114(37♂,77♀) 19,6±2,0 ετών 5 ομάδες	Αμφίπλευρη Δόνηση, Galileo 900 A:6mm 1 ^η ομάδα (F:20Hz,Δ:90s) 2 ^η ομάδα (F:25Hz,Δ:90s) 3 ^η ομάδα (F:30Hz,Δ:90s) 4 ^η ομάδα (F:20Hz,Δ:120s) 5 ^η ομάδα (F:25Hz,Δ:120s) Θ:ημικάθισμα 120 ⁰ στα δάκτυλα Ημικάθισμα 120 ⁰ ολόκ.πόδι Καθίσματα 90 ⁰ με κίνηση	CMJ (πριν, αμέσως μετά,1,2min μετά)	↓CMJ μόνο αμέσως μετά
Bazett-Jones et al.(2008)	44 ♂♀, MA ♂:20,2±2,1 ♀:18,8±1,0	Κατακόρυφη Δόνηση, Power Plate F:0Hz, A:0mm F:30Hz,A:2-4mm F:40Hz,A:2-4mm F:34Hz,A:4-6mm F:50Hz,A:4-6mm Δ:45s	CMJ(πριν, αμέσως μετά, 5 & 10min μετά)	↑8,3-9% CMJ Μόνο για ♀, Επαναφορά μετά από 5min

Bosco et al. (2000)	14♂, Ας 21,5±4,6 ετών	Κατακόρυφη Δόνηση, Nemes 30L F:26Hz, A:4mm Δ: 10 X 60s 60s διάλειμμα (6 x 10=6min) Θ: Ημικάθισμα 100 ⁰	CMJ (πριν και αμέσως μετά)	↑4% CMJ
Bullock et al. (2008)	6♀1♂, Ας 24,9±4,7ετών	Κατακόρυφη Δόνηση, Nemes LC F:30Hz, A:4mm Δ: 3 X 60s Θ: όρθια στα δάκτυλα 100 ⁰ Κάμψη γονάτων	SJ, CMJ, (πριν, μετά από 5min)	↔CMJ ↓SJ
Cardinale & Lim (2003)	13♂ & 2♀, MA X.E.: 7(20,4±0,5ετών) Y.E.:8 (21±2,2ετών)	Κατακόρυφη Δόνηση, Nemes LC A:4mm 2 πρωτόκολλα: X.E.:20Hz, Y.E.:40Hz Δ:5 x 60s, 60s διάλειμμα	CMJ & SJ(πριν και 60s μετά)	X.E.: ↑3,9% SJ, ↔CMJ Y.E.: ↓3,6% CMJ & ↓3,8% SJ
Cochrane & Stannard (2005)	18♀, Ας 21,8±5,9ετών ΟΔ, ΟΕ, ΟΚ	Αμφίπλευρη δόνηση, Galileo Sport F:26Hz, A:6mm, Δ:5min για την ΟΔ Θ: 6 διαφορετικές ΟΕ: ομοίως χωρίς δόνηση ΟΚ: άσκηση σε εργομετρικό ποδήλατο (Monark818E, 50rpm, 5min, 50W)	ACMJ (πριν και 15s μετά)	ΟΔ: ↑8,1±5,8% ΟΕ, ΟΚ: ↔
Cormie et al. (2006)	9♂, Ας 19-23 ετών ΟΔ, ΟΕ	Κατακόρυφη δόνηση, Power Plate F:30Hz, A:2,5mm, Δ:30s ΟΕ: ομοίως χωρίς δόνηση Θ: ημικάθισμα 100 ⁰	CMJ(πριν, αμέσως μετά, 5, 15 και 30min μετά)	ΟΔ: ↑ CMJ αμέσως μετά ΟΕ: ↔ CMJ
Rittweger et al. (2000)	21♂ & 16♀ M.O.: 23,5 ετών	Αμφίπλευρη δόνηση, Galileo 2000 a ⁰ : 1,05cm, F:26Hz Δ: μέχρι εξαντλήσεως Με ζώνη 35-40% του βάρους τους, 30s ακίνητοι, έπειτα ημικαθίσματα	CMJ (πριν, αμέσως μετά)	↓9,1% CMJ ↓♂CMJ > ↓♀CMJ

Rittweger et al. (2003)	9♂ (24,4±2,8 ετών) 16♀(21,8±2,7 ετών) ΟΔ,ΟΕ	ΟΔ: Αμφίπλευρη δόνηση, Galileo 2000 F: 26Hz Δ: μέχρι εξάντλησης Θ: ημικαθίσματα 90 ⁰ με ζώνη 40% του βάρους τους ΟΕ: ομοίως χωρίς δόνηση	Μέγιστα CJ για 30s	ΟΔ,ΟΕ: ↔
Stevenson (2005)	13♂ & 7♀, Ασ 22,9±2,2 ετών ΟΔ,ΟΕ	ΟΔ: Κατακόρυφη δόνηση, Power Plate F:26Hz,A:5mm Δ:5 x 60s→60s διάλειμμα →5 x 2min WBV Θ: ημικαθίσματα 90 ⁰ με ζώνη 40% του βάρους τους ΟΕ: ομοίως χωρίς δόνηση	CMJ (πριν, στο διάλειμμα και αμέσως μετά)	ΟΔ,ΟΕ: ↔
Torvinen et al. (2002)	ΟΔ: 8♂ & 8♀ Ασ (28.1±2.5) ΟΕ: 8♂ & 8♀ (28.1±2.5 ετών)	ΟΔ: Αμφίπλευρη δόνηση, Galileo 2000 A: 10mm F: 15-30Hz Δ: 4min 60s διάλειμμα, ΟΕ: ομοίως χωρίς δόνηση	CMJ (10min πριν, 2 και 60min μετά)	ΟΔ:↑2.5% CMJ ΟΕ: ↔CMJ Επαναφορά μετά από 2min
Πισπιρίκου (2008)	16♀,Ασ 20,59±1,9 ετών ΟΕ,ΟΔ	Αμφίπλευρη δόνηση, Galileo Fitness F:25Hz,A:8mm,Δ:6min Θ: όρθια, 10 ⁰ κάμψη γονάτων ΟΕ:ομοίως χωρίς δόνηση	SJ & CMJ (Πριν, αμέσως μετά και 15min μετά)	ΟΔ,ΟΕ:↔SJ,CMJ

Ας: ασκούμενοι, ΜΑ: μη ασκούμενοι, ΑCΜJ=άλμα με αντίθετη κίνηση με αιώρηση των χεριών, CΜJ: άλμα με αντίθετη κίνηση, SJ=άλμα από ημικάθισμα, CJ: συνεχόμενα άλματα, A= εύρος μετατόπισης σε mm, F=συχνότητα, Δ: διάρκεια, a_o=εύρος μετατόπισης σε cm, ΟΔ= ομάδα δόνησης, ΟΕ= ομάδα ελέγχου, ΟΚ= ομάδα εργομετρικού ποδηλάτου

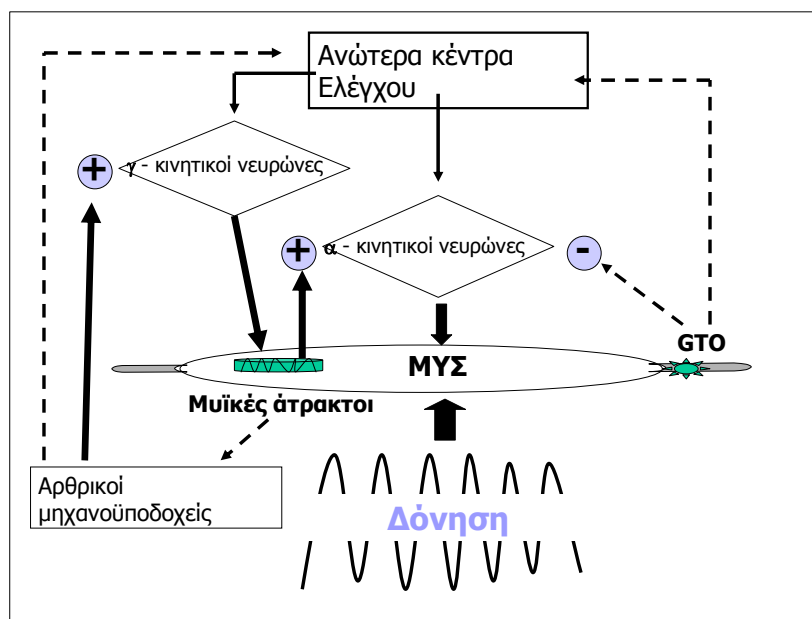
↑ αύξηση, ↓ μείωση, ↔ διατήρηση, Χ.Ε.: Χαμηλής έντασης, Υ.Ε.: Υψηλής Έντασης, Θ: Θέση

Μηχανισμοί μεταβολής κατακόρυφης αλτικότητας

Οι ερευνητές που υποστηρίζουν ότι η άσκηση με ολόσωμη δόνηση αυξάνει την κατακόρυφη αλτικότητα, αναφέρουν ότι η μεταβολή αυτή είναι πιθανόν να οφείλεται στην ενεργοποίηση των ακόλουθων μηχανισμών.

Τονικό αντανακλαστικό της δόνησης (ΤΑΔ)

Πρωταρχικό ρόλο στην αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας θεωρείται ότι διαδραματίζει η ενεργοποίηση του 'τονικού αντανακλαστικού της δόνησης' (ΤΑΔ), μέσω της διέγερσης των Ια ιών της μυϊκής ατράκτου (Σχήμα 3). Το ΤΑΔ προκαλεί αυξημένη επιστράτευση κινητικών μονάδων και πολυσυναπτική ενεργοποίηση (Cochrane & Stannard, 2005).



Σχήμα 3: Τονικό αντανακλαστικό δόνησης. Τροποποιημένο από Cardinale & Bosco, (2003)

Επιπρόσθετα, η ολόσωμη δόνηση ασκεί αυξημένες βαρυτικές δυνάμεις στο σώμα, με αποτέλεσμα τις γρήγορες και μικρές μεταβολές στο μήκος του μυοτενόντιου συμπλέγματος, και την ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων στην προσπάθεια να απορροφήσουν τα κύματα της δόνησης. Ο ίδιος μηχανισμός αυξάνει και τα επίπεδα ανδρογόνων και αυξητικής ορμόνης στο αίμα (Adams et al., 2009).

Άλλοι μηχανισμοί

Έχει διατυπωθεί, επίσης, η άποψη, ότι η ολόσωμη δόνηση ευαισθητοποιεί το αντανακλαστικό διάτασης, το οποίο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον κύκλο διάτασης-βράχυνσης και συμβάλλει στην παραγωγή ισχύος κατά τη διάρκεια των αλμάτων (Komi, 2000). Τέλος, οι μηχανοϋποδοχείς των αρθρώσεων και του δέρματος αλλά και οι δευτερεύουσες απολήξεις της μυϊκής ατράκτου, ‘αντιλαμβάνονται’ το ερέθισμα τα δόνησης και ενισχύουν τη νευρική διέγερση της πρωτεύουσας απόληξης της μυϊκής ατράκτου, μέσω της δραστηριοποίησης των γ- κινητικών νευρώνων (Ribot- Ciscar, Roll & Gilhodes, 1996)

Σημαντικότητα της έρευνας

Από τα παραπάνω στοιχεία γίνεται εμφανές ότι τα αποτελέσματα των ερευνών που αφορούν στις επιδράσεις της ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα είναι συγκεχυμένα. Αυτό, ενδεχομένως, οφείλεται στη χρήση πολλών διαφορετικών συνδυασμών σε ό,τι αφορά στα χαρακτηριστικά της δόνησης, τη διάρκεια, το πλάτος και τις ασκήσεις που εκτελούνται πάνω στην πλατφόρμα δόνησης, καθώς επίσης και στον τύπο της δόνησης (κατακόρυφη- αμφίπλευρη).

Σκοπός της έρευνας αυτής είναι να εξετάσει την άμεση επίδραση ολόσωμης δόνησης διαφορετικών συχνοτήτων στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα, καθώς επίσης και τη διάρκεια της επίδρασης αυτής.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν εθελοντικά 20 νεαρές γυναίκες (18-24 ετών), φοιτήτριες του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (Τ.Ε.Φ.Α.Α.) του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συμμετοχή τους ήταν να μην είναι αθλήτριες. Από την έρευνα αποκλείστηκαν άτομα με καρδιαγγειακά προβλήματα και ιστορικό υπέρτασης (Mester et al, 2005), θρόμβωση, εγκυμοσύνη, επιληψία, ημικρανίες, προβλήματα στο ουροποιητικό σύστημα, προχωρημένη αρθροπάθεια, πρόσφατα ράμματα, τεχνητό μέλος, προβλήματα στην οσφυϊκή μοίρα και οξεία φλεγμονή ή λοίμωξη (Cardinale & Pope, 2003). Οι συμμετέχουσες έδωσαν έγγραφη συγκατάθεση για τη συμμετοχή τους στην έρευνα, η οποία εγκρίθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής και Δεοντολογίας (ΕΒΔ) του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η ηλικία και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Ηλικία και σωματομετρικά χαρακτηριστικά του δείγματος

N=20	M±SD
Ηλικία (έτη)	20,30±2
Σωματική μάζα (kgr)	59,88±7,51
Ανάστημα (m)	1,66±0,06
ΔΜΣ (kgr/m ²)	21,73±2,62

(ΔΜΣ: Δείκτης Μάζας Σώματος = σωματική μάζα/ανάστημα²)

Περιγραφή εξοπλισμού

Για την πραγματοποίηση της παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε πλατφόρμα ολόσωμης δόνησης (Galileo Fitness, Novotec, Germany). Η συγκεκριμένη πλατφόρμα παράγει αμφίπλευρη δόνηση και ημιτονοειδή ταλάντωση, με συχνότητες από 5 έως 30Hz και πλάτος ταλάντωσης από 0 έως 10,4mm.

Για την αξιολόγηση της κινητικότητας χρησιμοποιήθηκε κιβώτιο Fitness Giant, με διαστάσεις: μήκος 21cm, πλάτος 13cm και ύψος 13cm (sit-and-reach tester, Fitness Giant).

Για την αξιολόγηση της κατακόρυφης αλτικότητας χρησιμοποιήθηκε σταθερό δυναμοδάπεδο Bertec (Corp, Worthington, OH).

Μετρήσεις

A. Σωματομετρικά χαρακτηριστικά

Ανάστημα

Το ανάστημα μετρήθηκε με μετροταινία σταθεροποιημένη στον τοίχο. Τα εξεταζόμενα άτομα ήταν σε όρθια θέση, χωρίς παπούτσια, με τα πέλματα ενωμένα μεταξύ τους και εφαπτόμενα στον τοίχο, όπως επίσης και οι γλουτοί, οι ωμοπλάτες και το κεφάλι. Για την ακρίβεια της μέτρησης χρησιμοποιήθηκε ορθογώνιο τρίγωνο, η μία πλευρά του οποίου εφάπτονταν στη μετροταινία και η κάθετη της στο κεφάλι της εξεταζόμενης. Ακρίβεια μέτρησης: 1cm. Η μέτρηση επαναλήφθηκε δύο φορές (Lohman, Roche, & Martorell, 1988).

Σωματική μάζα

Η σωματική μάζα μετρήθηκε με ζυγό ακριβείας Seca. Οι εξεταζόμενες στέκονταν στο κέντρο του ζυγού, ακίνητες, με το βάρος του σώματος να κατανέμεται εξίσου στα δύο πόδια.

Η μέτρηση έγινε με ακρίβεια μισού κιλού (0.5kg) και επαναλήφθηκε δύο φορές (Lohman, et al., 1988).

Το ανάστημα μετρήθηκε μόνο μία φορά κατά τη συνεδρία εξοικείωσης, ενώ η σωματική μάζα μετριόταν στην αρχή κάθε μέτρησης.

B. Αξιολόγηση κατακόρυφης αλτικότητας

Η αξιολόγηση της κατακόρυφης αλτικότητας έγινε σε σταθερό δυναμοδάπεδο (Bertec). Τα άλματα, σύμφωνα με τη σειρά εκτέλεσης ήταν: άλμα από ημικάθισμα (Squat Jump, SJ) και άλμα με αντίθετη κίνηση (Counter movement jump, CMJ), δοκιμασίες με υψηλή αξιοπιστία (Markovic, Dizdar, Jukic & Cardinale, 2004). Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής:

Άλμα από ημικάθισμα (SJ)

Οι εξεταζόμενες με τα χέρια στις λαγόνιες ακρολοφίες, το βλέμμα μπροστά, τα πόδια παράλληλα μεταξύ τους και στο άνοιγμα των ώμων, έλαβαν ως αρχική θέση το ημικάθισμα, με ιδανική γωνία μηρού κνήμης τις 90 μοίρες. Από τη θέση αυτή, με κατάλληλο παράγγελμα (κοινό για όλες τις εξεταζόμενες), εκτέλεσαν μέγιστο κατακόρυφο άλμα (Bosco, Luthanen & Komi, 1983). Κατά τη φάση πτήσης, τα κάτω άκρα έφταναν σε πλήρη έκταση, τόσο στην άρθρωση του ισχίου και του γόνατος, όσο και της ποδοκνημικής. Η προσγείωση γινόταν πάντα με τις μύτες των ποδιών να προηγούνται. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στο να αποφευχθεί η κίνηση ταλάντωσης από την αρχική θέση του ημικαθίσματος.

Άλμα με αντίθετη κίνηση (CMJ)

Οι εξεταζόμενες, από την όρθια θέση, με τα χέρια στις λαγόνιες ακρολοφίες και το βλέμμα μπροστά, τα πόδια παράλληλα μεταξύ τους και στο άνοιγμα των ώμων, έλαβαν ως αρχική θέση την όρθια και έπρεπε να εκτελέσουν μέγιστο κατακόρυφο άλμα, μετά από αντίθετη κίνηση προς τα κάτω (τα γόνατα έπρεπε να λυγίσουν μέχρι τις 90 μοίρες), όσο πιο γρήγορα και εκρηκτικά μπορούσαν. Η προσγείωση γινόταν με τα δάκτυλα των ποδιών στο σημείο από όπου ξεκίνησε το άλμα (Γεροδήμος & συν., 2006; Bosco et al., 1995).

Το κάθε άλμα εκτελέστηκε τρεις φορές και αναλύθηκε η καλύτερη προσπάθεια. Από τις μετρήσεις αξιολογήθηκε το ύψος των αλμάτων, με βάση το χρόνο πτήσης. Μεταξύ των τριών διαδοχικών προσπαθειών μεσολαβούσε διάλειμμα 1min (Bradley, Olsen & Portas, 2007).

Γ. Αξιολόγηση κινητικότητας

Για την αξιολόγηση της κινητικότητας της κατώτερης θωρακικής μοίρας, της οσφυϊκής μοίρας και των ισχίων χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία της δίπλωσης του κορμού από μακρύ κάθισμα (sit-and-reach test) σε ειδικό κιβώτιο. Οι εξεταζόμενες έλαβαν ως αρχική θέση το μακρύ κάθισμα με τα πόδια ενωμένα μεταξύ τους, τα γόνατα σε έκταση και τα πέλματα (χωρίς παπούτσια) σε επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του κιβωτίου. Με αργό και σταθερό ρυθμό εκτέλεσαν κάμψη κορμού και τέντωσαν τα άνω άκρα, όσο γινόταν περισσότερο μπροστά, πάνω στην αριθμημένη επιφάνεια του ειδικού κιβωτίου που χρησιμοποιήθηκε. Τα γόνατα, κατά την εκτέλεση, διατηρήθηκαν σε πλήρη έκταση, τόσο ενεργητικά, όσο και παθητικά, με στήριξη από τον εξεταστή. Οι εξεταζόμενες έμειναν στην τελική θέση για 2s (Fagnani et al., 2006). Πραγματοποιήθηκαν δύο διαδοχικές μετρήσεις σε κάθε εξεταζόμενη, με διάλειμμα 10s μεταξύ τους, και καταγράφηκε η καλύτερη (Cochrane et al., 2005).

Πρωτόκολλο άσκησης

Οι συμμετέχουσες στέκονταν όρθιες πάνω στο μηχάνημα, με τα γόνατα ελαφρώς λυγισμένα (10°), χωρίς παπούτσια (για να αποφευχθεί η απορρόφηση της δόνησης), φορώντας αντιολισθητικές κάλτσες. Τα πρωτόκολλα ολόσωμης δόνησης περιλάμβαναν τα εξής κοινά στοιχεία επιβάρυνσης: διάρκεια 6min και πλάτος ταλάντωσης 6mm, ενώ η συχνότητα μεταβαλλόταν σε κάθε μέτρηση και πήρε τις εξής τιμές: 0Hz (μέτρηση ελέγχου), 15, 20, 25 και 30Hz. Η συχνότητα έναρξης καθορίστηκε στα 5Hz και στο πρώτο λεπτό ανέβαινε σταδιακά κατά 5Hz στα εξής διαστήματα: για τη συχνότητα των 15Hz κάθε 30s, για τη συχνότητα των 20 Hz κάθε 20s, για τη συχνότητα των 25Hz κάθε 15s και για τη συχνότητα των 30Hz κάθε 15s με συχνότητα έναρξης τα 10Hz. Για τα υπόλοιπα 5min η συχνότητα παρέμενε σταθερή. Το πρωτόκολλο ελέγχου ήταν ακριβώς το ίδιο, αλλά χωρίς δόνηση (0Hz, 0mm, 6min).

Διαδικασία

Μία εβδομάδα πριν από την έναρξη των μετρήσεων οι εξεταζόμενες συμμετείχαν σε μία συνεδρία εξοικείωσης με την πλατφόρμα δόνησης, κατά την οποία έγινε επίδειξη και εξάσκηση της τεχνικής των αλμάτων και μέτρηση των σωματομετρικών χαρακτηριστικών, εκτός της σωματικής μάζας, η οποία, όπως προαναφέραμε, μετριόταν στην αρχή κάθε συνεδρίας.

Τα άλματα και η κινητικότητα μετρήθηκαν πριν, αμέσως μετά και 15min μετά την εφαρμογή της WBV. Το χρονικό διάστημα των 15min μετρήθηκε με χρονόμετρο, το οποίο ενεργοποιήθηκε τη στιγμή της απομάκρυνσης από την πλατφόρμα. Στο διάστημα αυτό, οι εξεταζόμενες παρέμειναν σε καθιστή θέση, με πόδια και χέρια σε ουδέτερη, χαλαρή θέση.

Η κατανομή σε διαφορετικές συχνότητες έγινε με τυχαία επιλογή, ισοκατανομή, όμως, του δείγματος για κάθε συχνότητα. Μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων μεσολαβούσε χρονικό διάστημα 7 ημερών. Πριν από κάθε μέτρηση είχε απαγορευτεί στις εξεταζόμενες να συμμετάσχουν σε οποιαδήποτε μορφή φυσικής δραστηριότητας, για να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων, όπως επίσης και η εκτέλεση οποιουδήποτε προγράμματος προθέρμανσης (Cochrane & Stannard, 2005). Για να μην υπάρχουν διαφοροποιήσεις σε ό, τι αφορά στους ημερήσιους βιορυθμούς, η μέτρηση γινόταν κάθε φορά την ίδια ώρα (Alter, 1998).

Στατιστική ανάλυση

Για την εξέταση της επίδρασης των διαφορετικών συχνοτήτων της WBV στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες (two-way ANOVA, πρωτόκολλο x μέτρηση, 5 x 3), με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο παράγοντες. Επιπρόσθετα, για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των πρωτοκόλλων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση κατά Tukey, όπου αυτό ήταν απαραίτητο. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $\alpha = 0.05$.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

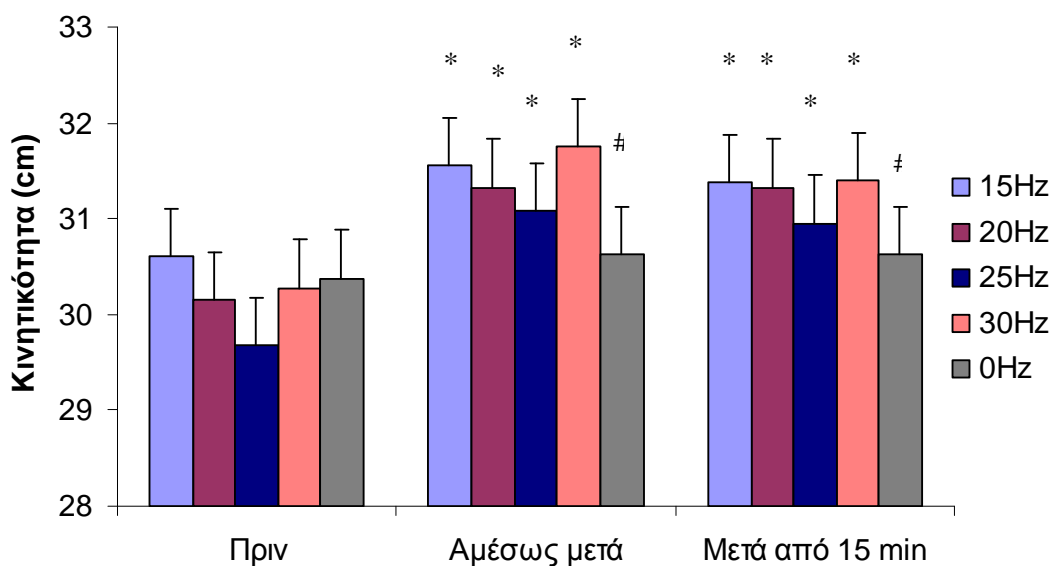
Κινητικότητα

Τα αποτελέσματα της απόδοσης των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία της κινητικότητας του ισχίου και της οσφυϊκής μοίρας (πριν, αμέσως μετά και 15min μετά την εφαρμογή του κάθε πρωτοκόλλου) παρουσιάζονται στον πίνακα 3

Πίνακας 3: Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία της κινητικότητας (sit- and -reach) ανά πρωτόκολλο και μέτρηση (Μ.Ο. ± Τοπική απόκλιση)

Πρωτόκολλα	Μετρήσεις (κινητικότητα σε cm)		
	Πριν	Αμέσως μετά	Μετά από 15min
15Hz	30,60±5,62	31,55±5,37	31,38±5,51
20Hz	31,15±5,86	31,33±5,10	31,33±5,06
25Hz	29,68±6,21	31,08±5,93	30,95±5,84
30Hz	30,28±6,06	31,75±5,58	31,40±5,62
0Hz	30,38±5,72	30,63±5,59	30,62±5,62

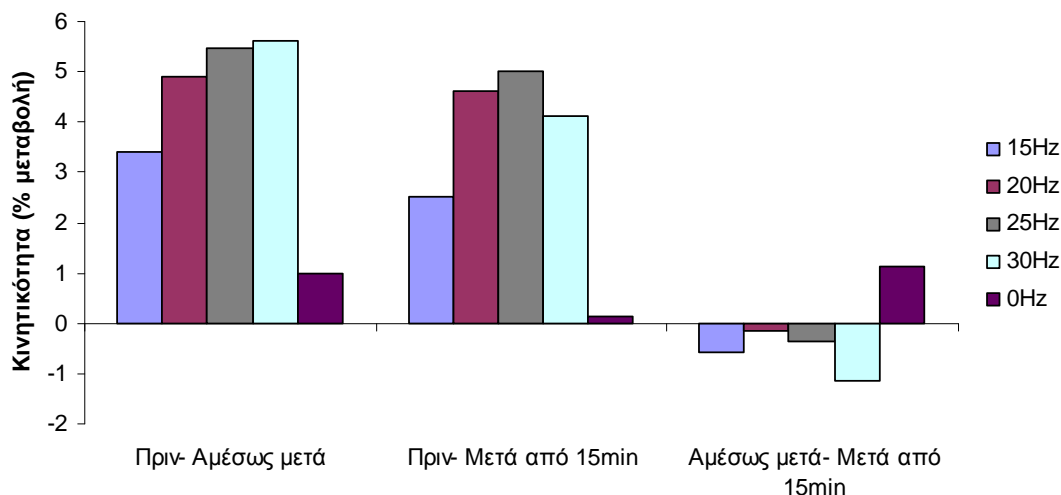
Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων σε ότι αφορά στην κινητικότητα, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων πρωτόκολλο και μέτρηση ($F_{8,152}=3,59$, $p<0,001$). Σχετικά με τις αρχικές μετρήσεις, παρατηρήθηκε ότι δε διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους για τα πέντε πρωτόκολλα. Αντίθετα, στη δεύτερη και τρίτη μέτρηση, ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών σε συχνότητα πρωτοκόλλων δόνησης, υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων δόνησης και ελέγχου ($p<0,05$) (Γράφημα 1).



*Γράφημα 1: Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών γυναικών στην κινητικότητα ανά πρωτόκολλο και μέτρηση (όπου * $p < 0,01$ μεταξύ 1^{ης} και 2^{ης}, και 1^{ης} και 3^{ης} μέτρησης ανά ομάδα, και όπου # $p < 0,05$ μεταξύ πρωτοκόλλου ελέγχου και όλων των πρωτοκόλλων άσκησης).*

Στα πρωτόκολλα ολόσωμης δόνησης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μετρήσεων, ($F_{2,38}=24,89$, $p < 0,05$) ενώ στο πρωτόκολλο ελέγχου δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά σε καμία από τις μετρήσεις. Μεταξύ της δεύτερης και τρίτης μέτρησης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κανένα πρωτόκολλο, δόνησης ή ελέγχου ($F_{4,76}=2,0$, $p > 0,05$).

Στο ακόλουθο γράφημα (Γράφημα 2) παρατηρούμε τις μεταβολές της κινητικότητας για τις διάφορες συχνότητες δόνησης, μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων. Η μικρότερη μεταβολή μεταξύ της αρχικής μέτρησης και της μέτρησης που έγινε αμέσως μετά την παρέμβαση ήταν της τάξεως του $3,42 \pm 3,5\%$ (για τη συχνότητα των 15Hz), ενώ η μεγαλύτερη ήταν $5,6 \pm 6\%$ (για τη συχνότητα των 30Hz). Η διαφορά μεταξύ των μεταβολών αυτών δεν ήταν στατιστικά σημαντική ($p > 0,05$), αν και παρατηρούμε μία τάση μεγαλύτερης βελτίωσης για τη μεγαλύτερη συχνότητα.



Γράφημα 2 : Μεταβολή (%) της κινητικότητας μεταξύ των μετρήσεων

Κατακόρυφη αλτικότητα

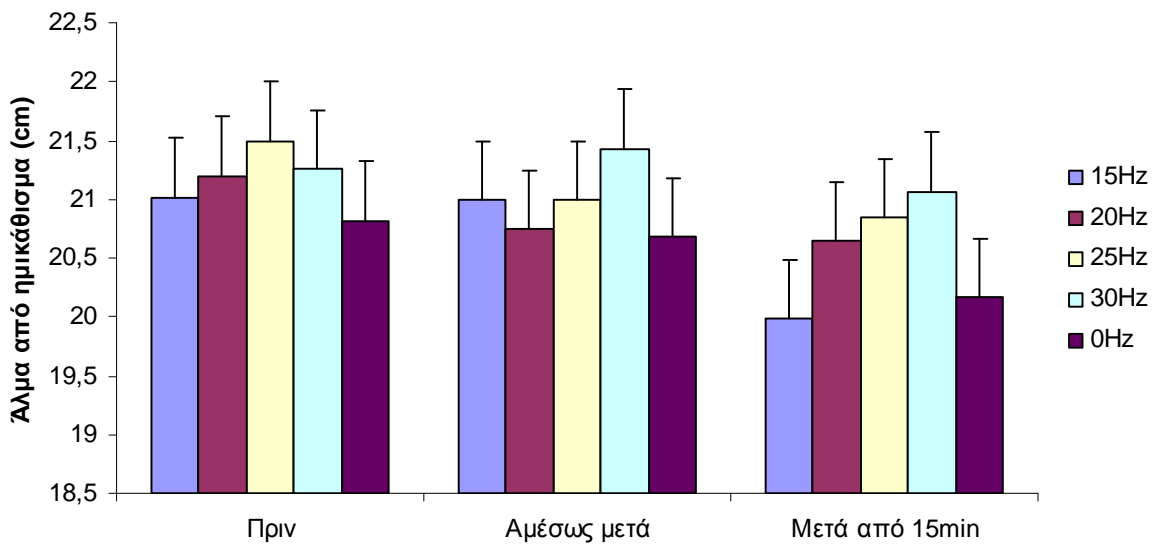
Άλμα με ημικάθισμα

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 4) φαίνεται η απόδοση του δείγματος στο άλμα από ημικάθισμα στις διαδοχικές μετρήσεις

Πίνακας 4: Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία του άλματος από ημικάθισμα (Squat Jump-SJ) ανά πρωτόκολλο και μέτρηση (Μ.Ο. ± Τυπική απόκλιση)

Πρωτόκολλα	Μετρήσεις (άλμα από ημικάθισμα)(σε cm)		
	Πριν	Αμέσως μετά	Μετά από 15min
15Hz	21,02±3,91	21,00±4,05	19,99±4,05
20Hz	21,20±4,47	20,75±4,57	20,65±4,43
25Hz	21,50±4,32	21,01±4,56	20,84±4,60
30Hz	21,26±3,72	21,43±3,93	21,07±3,92
0Hz	20,82±4,21	20,68±4,27	20,17±4,47

Για το άλμα από ημικάθισμα δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων πρωτόκολλο και μέτρηση ($F_{8,152}=1,65$, $p>0,05$). Δεν παρατηρήθηκαν, επίσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων ($F_{4,76}=1,72$, $p>0,05$), ούτε και μεταξύ των μετρήσεων ($F_{2,38}=11,97$, $p>0,05$) (Γράφημα 3).



Γράφημα 3 : Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών γυναικών στο άλμα με ημικάθισμα (Squat jump- SJ) ανά πρωτόκολλο και μέτρηση

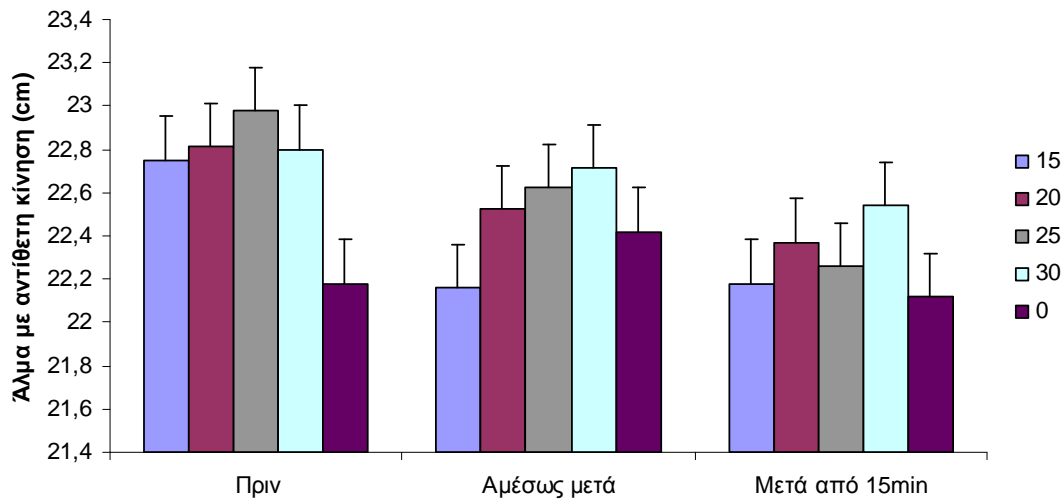
Άλμα με αντίθετη κίνηση

Στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας 5) φαίνεται η απόδοση του δείγματος στο άλμα με αντίθετη κίνηση στις διαδοχικές μετρήσεις.

Πίνακας 5 : Η απόδοση των νεαρών γυναικών στη δοκιμασία του άλματος με αντίθετη κίνηση (Countermovement Jump- CMJ) ανά πρωτόκολλο και μέτρηση (Μ.Ο. ± Τοπική απόκλιση)

Πρωτόκολλα	Μετρήσεις (άλμα με αντίθετη κίνηση)(σε cm)		
	Πριν	Αμέσως μετά	Μετά από 15min
15Hz	22,75±4,23	22,16±4,35	22,18±4,59
20Hz	22,81±4,73	22,52±4,69	22,37±4,47
25Hz	22,98±4,58	22,62±4,39	22,26±4,31
30Hz	22,80±4,68	22,71±4,48	22,54±4,05
0Hz	22,18±4,57	22,42±4,57	22,12±4,66

Σε ό,τι αφορά στο άλμα με αντίθετη κίνηση, δεν παρατηρήθηκε, επίσης, στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων πρωτόκολλο και μέτρηση ($F_{8,152}=0,95$, $p>0,05$). Δεν παρατηρήθηκαν, επίσης, στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πρωτοκόλλων ($F_{4,76}=1,09$, $p>0,05$), ούτε και μεταξύ των μετρήσεων ($F_{2,38}=4,59$, $p>0,05$) (Γράφημα 4).



Γράφημα 4 : Σύγκριση της απόδοσης των νεαρών γυναικών στο άλμα με αντίθετη κίνηση (Countermovement Jump- CMJ) ανά πρωτόκολλο και μέτρηση

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει την άμεση επίδραση της ολόσωμης δόνησης διαφορετικών συχνοτήτων στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα.

Από τις μηδενικές υποθέσεις που διατυπώσαμε υιοθετούνται οι εξής: Η άσκηση με αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση δεν επηρεάζει την κατακόρυφη αλτικότητα, οι άμεσες επιδράσεις της δόνησης στην κινητικότητα επανέρχονται μετά από 15min, και η μεταβολή της συχνότητας δεν επηρεάζει τις άμεσες επιδράσεις της αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα και την κατακόρυφη αλτικότητα. Αντίθετα, καταρρίπτεται η εξής υπόθεση: Η άσκηση με αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση δεν επηρεάζει την κινητικότητα.

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η άσκηση με ολόσωμη δόνηση συχνοτήτων 15-30Hz επιφέρει στατιστικά σημαντική βελτίωση της κινητικότητας από 3,41-5,6% για τις διάφορες συχνότητες, χωρίς όμως να παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων συχνοτήτων. Σχετικά με το χρόνο που απαιτείται για την επαναφορά της κινητικότητας στα επίπεδα που παρουσίαζε πριν από την εφαρμογή του κάθε πρωτοκόλλου, αποδείχτηκε ότι το χρονικό διάστημα των 15min δεν ήταν αρκετό. Σε ό,τι αφορά στις επιδράσεις της δόνησης στην κατακόρυφη αλτικότητα, από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η κατακόρυφη αλτικότητα δεν επηρεάστηκε από την εφαρμογή των συγκεκριμένων πρωτοκόλλων αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης.

Κινητικότητα

Σύγκριση με άλλες έρευνες

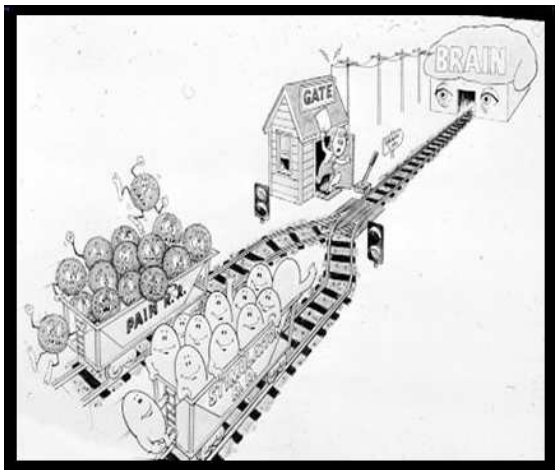
Οι μελέτες που έχουν γίνει έως τώρα, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, αναφέρουν αύξηση της κινητικότητας μετά την εφαρμογή πρωτοκόλλου άσκησης με ολόσωμη δόνηση. Έτσι, οι Cochrane & Stannard (2005), παρατήρησαν αύξηση της τάξεως του 8.2%, οι Jacobs & Burns (2009), 16.2% και οι Cardinale & Lim (2003), 10.1% (για τα 20Hz). Με τις μελέτες αυτές

συμφωνούμε ως προς το αποτέλεσμα, τη βελτίωση, δηλαδή, της κινητικότητας. Η διαφορά μας με αυτές τις έρευνες έγκειται μόνο στο ποσοστό της αύξησης, αφού για εμάς προέκυψε σαφώς μικρότερο, της τάξεως του 3,41-5,6%, κάτι που είναι πιθανό να οφείλεται στο διαφορετικό τύπο δόνησης, καθώς οι προαναφερόμενοι ερευνητές χρησιμοποίησαν πλατφόρμα κατακόρυφης δόνησης. Η μοναδική έρευνα με την οποία συγκλίνουμε περισσότερο ως προς το επίπεδο της επίδρασης είναι αυτή της Καρατράντου και συν. (2008) (αύξηση 4.5%). Μόνον οι Cardinale & Lim (2003), αναφέρουν ότι η άσκηση με δόνηση υψηλής συχνότητας (40Hz) δεν είχε καμία επίδραση στην κινητικότητα, στο πρωτόκολλό τους όμως χρησιμοποίησαν κατακόρυφη ολόσωμη δόνηση.

Μηχανισμοί

Οι μηχανισμοί που ενεργοποιούνται κατά την άσκηση με ολόσωμη δόνηση είναι πολλοί και αλληλοσυμπληρώνονται μεταξύ τους. Έτσι, έχουμε επιδράσεις της δόνησης στο νευρικό σύστημα (Fagnani et al., 2006; Issurin et al., 1994; Cochrane & Stannard, 2005; Lundeberg et al., 1984), στο κυκλοφορικό σύστημα (Cardinale & Bosco, 2003; Cochrane & Stannard, 2005; Fagnani et al., 2006; Issurin et al., 1994; Cronin et al., 2004) και τη θερμορρύθμιση, καθώς επίσης και σε νευροφυσιολογικούς παράγοντες. Πιο αναλυτικά, έχουν διατυπωθεί απόψεις που αναφέρουν ότι η δόνηση μειώνει την αίσθηση του πόνου, αυξάνοντας το κατώφλι του (Pantaleo, Duranti & Bellini, 1986; Zoppi et al., 1991). Η δόνηση έχει αναλγητική επίδραση κατά τη διάρκεια και μετά την εφαρμογή της σε μυ, τένοντα ή ολόκληρο το σώμα. Στην έρευνα του Issurin και των συνεργατών του (1994), τα άτομα ανέφεραν ότι η αίσθηση του πόνου μειώθηκε 10-15s μετά την έναρξη της διάτασης, όταν αυτή γινόταν ταυτόχρονα με την εφαρμογή της δόνησης. Ο μηχανισμός αυτός ενδεχομένως έχει τη βάση του στη 'θεωρία της πύλης ελέγχου' ή αλλιώς 'θεωρία της βαλβίδας του πόνου'. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, που διατυπώθηκε από τους Melzack και Wall (1982), οι σωματικές αισθήσεις (αφή, πίεση,

δόνηση, κλπ) και ο πόνος μεταδίδονται με διαφορετικού τύπου αισθητικές ίνες: Α ίνες για τις σωματικές αισθήσεις, Αδ και C για τον πόνο. Όλες οι αισθητικές ώσεις, μετά τη δίοδό τους δια μέσου των περιφερικών νεύρων, περνούν από μία περιοχή στο οπίσθιο κέρασ του νωτιαίου μυελού, που ονομάζεται ‘πηκτωματώδης ουσία’. Στην περιοχή αυτή οι διαφορετικού τύπου αισθητικές ίνες ασκούν μία αρνητική παλίνδρομη ρύθμιση η μία στην άλλη. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο μεταξύ του πόνου και των άλλων



Σχήμα: Θεωρία της Πύλης του Πόνου. Οι δύο αισθήσεις αλληλεπιδρούν και μόνο μία περνάει την πύλη (<http://nursegr.blogspot.com/2009/03/b.html>)

σωματικών αισθήσεων. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, οι νευρικοί μηχανισμοί στο οπίσθιο κέρασ του Ν.Μ. δρουν σαν μία πύλη, η οποία επιτρέπει να περάσει μόνο ένα είδος αισθητικών ώσεων (Σχήμα 4), με αποτέλεσμα η αγωγή μέσω της πύλης των σωματικών αισθήσεων, όπως της αφής, της πίεσης και της δόνησης να αναστέλλει τον πόνο (Φραγκοράπτης, 1994). Έτσι,

θεωρείται ότι η δόνηση διεγείρει αισθητικές ίνες μεγάλης διαμέτρου, που αλληλεπιδρούν με τη διάδοση του πόνου, ανακουφίζοντας τον πόνο. Η διάδοση των ερεθισμάτων αυτών ξεκινάει από επιφανειακούς και υποδόριους μηχανοϋποδοχείς που είναι ευαίσθητοί στη δόνηση, όπως τα σωματία Paccini, και οι αρχικές απολήξεις των μυϊκών ατράκτων (Lundeberg, 1984). Στη θεωρία αυτή, άλλωστε, βασίζεται ήδη η λειτουργία μηχανημάτων ηλεκτροθεραπείας στον τομέα της φυσικοθεραπείας (T.E.N.S.), τα οποία θεωρούνται ότι έχουν αναλγητική δράση (Φραγκοράπτης, 1994).

Ένας ακόμη μηχανισμός που ενεργοποιείται μέσω της δόνησης και οδηγεί σε αύξηση της κινητικότητας είναι η αύξηση της ροής του αίματος και η συνεπακόλουθη αύξηση της ενδομυϊκής θερμοκρασίας, που αυξάνει την εκτατικότητα του μυ (Bosco et al., 1999; Sands

et al., 2006). Ο Kerschman- Schindl και οι συνεργάτες του (2001), εφάρμοσαν σε 20 άτομα (25-35 ετών), πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης διάρκειας 9min και συχνότητας 26Hz. Από τα αποτελέσματά τους προέκυψε αύξηση της κυκλοφορίας στην περιφέρεια, η οποία σύμφωνα με τον Issurin και τους συνεργάτες του (1994), αυξάνει την ενδομυϊκή θερμοκρασία. Η αύξηση αυτή, οδηγεί σε μείωση της μυϊκής σκληρότητας (Cronin et al., 2004) και αύξηση της ευλυγισίας και κατ' επέκταση και της κινητικότητας (Peres, Draper, Knight & Ricard, 2002; Draper et al., 2004).

Τέλος, μία εξίσου σημαντική παράμετρος του μηχανισμού που ενεργοποιείται από την εφαρμογή δόνησης και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της κινητικότητας, είναι ο νευρικός και νευροφυσιολογικός μηχανισμός που προκαλεί χαλάρωση του μυ και αποτελεσματικότερη διάταξη. Σύμφωνα με τους Cardinale & Bosco (2003) και Cochrane et al., (2005), η δόνηση διεγείρει τους Ia αναχαιτιστικούς νευρώνες, οι οποίοι προκαλούν αλλαγές στον ενδομυϊκό συντονισμό, μειώνοντας τις δυνάμεις διάτμησης γύρω από τις οποίες εφαρμόζεται η δόνηση, με αποτέλεσμα την αύξηση του εύρους κίνησής τους. Από τη δόνηση, επίσης, διεγείρονται και τα τενόντια όργανα του Golgi (Issurin et al., 1994), τα οποία βρίσκονται στους τένοντες κοντά στην πρόσφυσή τους με τους μυς (Vander, Sherman, Luciano & Τσακόπουλος, 2001), και προκαλούν με τη σειρά τους διέγερση των κινητικών νευρώνων των ανταγωνιστών μυών, με αποτέλεσμα την αναχαίτιση της σύσπασης και τη χαλάρωση του μυ (Spernoga et al., 2001; Lundeberg et al., 1984).

Διάρκεια των επιδράσεων

Σε ό,τι αφορά στη διάρκεια των αποτελεσμάτων της δόνησης στην κινητικότητα, από την έρευνά μας φάνηκε ότι τα 15min δεν είναι αρκετά για την πλήρη επαναφορά των τιμών στα αρχικά τους επίπεδα. Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε απόλυτη συμφωνία με αυτά της Καρατράντου και των συνεργατών της (2008), η οποία κατέληξε στα ίδια συμπεράσματα για

το διάστημα των 15min. Είναι, επίσης, άμεσα συγκρίσιμα, καθώς το δείγμα είχε παρόμοια χαρακτηριστικά (νεαρές γυναίκες) και χρησιμοποιήθηκε αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση, συνολικής διάρκειας 6min. Στην έρευνά μας, το ίδιο αποτέλεσμα προέκυψε για όλες τις συχνότητες (15-30Hz), μέσα στις οποίες βρίσκεται και αυτή που χρησιμοποίησε η συγκεκριμένη ερευνήτρια (25Hz). Διαφορά υπήρχε μόνο ως προς το πλάτος της δόνησης (6mm έναντι 4mm), δε φαίνεται όμως να προκάλεσε σημαντικές αλλαγές. Αυτή είναι και η μοναδική μελέτη με την οποία τα αποτελέσματά μας ταυτίζονται και είναι συγκρίσιμα σε ό,τι αφορά στην ολόσωμη δόνηση.

Στον αντίποδα των αποτελεσμάτων μας βρίσκεται η έρευνα του Cronin et al.,(2007), ο οποίος χρησιμοποίησε τοπική δόνηση και ανέφερε ότι κάθε νευρομυϊκή προσαρμογή χάνεται μετά το πέρας των 15min, χωρίς όμως να εξετάσει την υπόθεση αυτή ερευνητικά.

Όσον αφορά στη διάρκεια των επιδράσεων άλλων μορφών άσκησης στην κινητικότητα, η Avela με τους συνεργάτες της (1999) μελέτησε τις στατικές διατάσεις και αναφέρει, ότι 15min είναι αρκετά για την πλήρη επαναφορά της στις αρχικές τιμές. Ωστόσο, το πρωτόκολλο άσκησης που χρησιμοποίησε, εκτός από την αύξηση που προκαλεί στην κινητικότητα, δεν παρουσιάζει καμία ομοιότητα με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνά μας.

Σε μικρότερο ακόμη χρονικό διάστημα κάνουν αναφορά οι De Pino et al.,(2001), και Spermoga et al., (2001) καθώς από τις έρευνές τους για τη χρήση στατικών διατατικών ασκήσεων προκύπτει πλήρης επαναφορά στα αρχικά επίπεδα μετά από 3-6min. Το ενδιαφέρον στην έρευνα του Spermoga και των συνεργατών του (2001), είναι ότι αναφέρει και τον ενδεχόμενο μηχανισμό για την επαναφορά της κινητικότητας. Την αποδίδει στο 'θιξοτροπισμό', μία ιδιότητα των ιστών να γίνονται πιο ρευστοί μετά από την κίνηση και να επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση, όταν βρίσκονται σε ηρεμία. Η επαναφορά αυτή θεωρείται ότι απορρέει από την αύξηση των σταθερών δεσμών των νηματίων ακτίνης και

μυοσίνης κατά την ηρεμία, οπότε και αυξάνεται η σκληρότητα του μυ. Στην έρευνά μας, αν και οι δοκιμαζόμενες βρίσκονταν σε ηρεμία για 15min, η κινητικότητά τους δεν επανήλθε στις αρχικές της τιμές. Είναι πιθανόν, λοιπόν, ο μηχανισμός του θιξοτροπισμού να μην ενεργοποιείται μέσω άσκησης με ολόσωμη δόνηση.

Αναφερόμενος σε έναν από τους μηχανισμούς που πιθανόν να προκαλούν αύξηση της κινητικότητας, την αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος, ο Lohman και οι συνεργάτες του (2007), ανέφεραν ότι 10 min μετά την εφαρμογή πρωτοκόλλου άσκησης τοπικής δόνησης στα κάτω άκρα, η ροή του αίματος στο δέρμα παρέμενε αυξημένη κατά 200% (έναντι 250% αμέσως μετά την παρέμβαση). Καθώς δεν πραγματοποίησαν μετρήσεις μετά την ολοκλήρωση των 10min, υπολόγισαν με βάση τις μετρήσεις τους σε αυτό το διάστημα (των 10min) ότι η επαναφορά της κυκλοφορίας στα αρχικά της επίπεδα πιθανόν να γινόταν μετά από 15-20min. Συνεπώς, και η αύξηση της κινητικότητας που παρατηρήσαμε στην έρευνά μας, και είναι πιθανόν να οφείλεται εν μέρει σε αυτό το μηχανισμό, ενδέχεται να έχει ανάλογη διάρκεια.

Επίδραση συχνότητας

Τέλος, σε ό,τι αφορά στην αλληλεπίδραση συχνότητας x αποτελέσματος, παρατηρήσαμε ότι, η μεταβολή της συχνότητας δεν ήταν αντίστοιχη της μεταβολής της κινητικότητας, καθώς δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφόρων συχνοτήτων. Στο σημείο αυτό διαφωνούμε με τους Cardinale & Lim (2003), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση δύο διαφορετικών συχνοτήτων (20-40Hz) ολόσωμης δόνησης στην κινητικότητα, και η διαφορά στα αποτελέσματά τους ήταν στατιστικά σημαντική. Η διαφορά των απόψεών μας στο σημείο αυτό, ενδέχεται να οφείλεται στο διαφορετικό τύπο δόνησης που χρησιμοποιήσαμε, καθώς οι Cardinale & Lim (2003) χρησιμοποίησαν πρωτόκολλο κατακόρυφης δόνησης, ενώ στην έρευνά μας χρησιμοποιήθηκε αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση.

Κατακόρυφη αλτικότητα

Σύγκριση με άλλες έρευνες

Ένα ακόμη συμπέρασμα που προέκυψε από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων μας, ήταν το ότι η κατακόρυφη αλτικότητα δεν επηρεάστηκε από το πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης που χρησιμοποιήσαμε. Στο σημείο αυτό διαφωνούμε με τους Adams et al (2009), Bazett-Jones et al (2008) και Cormie et al (2006), οι οποίοι όμως χρησιμοποίησαν κατακόρυφη δόνηση. Η παρατήρησή μας αυτή είναι σύμφωνη με τα αποτελέσματα των Torvinen et al., (2002), Rittweger et al., (2003), Stevenson (2005), Bullock et al.,(2008), και Πισπιρίκου (2008). Παρ'όλ'αυτά, με τους περισσότερους από αυτούς παρουσιάζουμε σημαντικές διαφορές ως προς τα χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου δόνησης και τη σύσταση του δείγματος. Έτσι, οι Bullock et al., (2008) εξέτασαν αθλητές υψηλού επιπέδου, που είχαν ήδη αναπτύξει προσαρμογές για την απορρόφηση κραδασμών, οπότε και ελάχιστη αντίδραση σε ερεθίσματα ολόσωμης δόνησης. Μόνο με την Πισπιρίκου (2008) τα αποτελέσματα είναι άμεσα συγκρίσιμα και σύμφωνα, καθώς τα πρωτόκολλα έχουν κοινά χαρακτηριστικά ως προς το δείγμα, τη διάρκεια, τη στάση και το είδος της δόνησης.

Δεδομένου ότι στην έρευνά μας το ίδιο πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης προκάλεσε αύξηση της κινητικότητας, προκύπτει ότι κάποιοι από τους μηχανισμούς που αυξάνουν το εύρος κίνησης, αναχαιτίζουν ταυτόχρονα την εκρηκτική δύναμη (Kinser et al., 2008). Στην έρευνα των Kinser και συνεργατών της (2008), παρατηρήθηκε ότι, μία ομάδα που έκανε μόνο διατακτικές ασκήσεις παρουσίαζε μείωση στην κατακόρυφη αλτικότητα, σε αντίθεση με άλλη, που ακολούθησε ταυτόχρονα και πρόγραμμα με δόνηση, η οποία διατήρησε την αλτικότητα σε σταθερά επίπεδα. Οι παρατηρήσεις αυτές, καθιστούν την άσκηση με δόνηση ευνοϊκή επιλογή σε περιπτώσεις όπου χρειαζόμαστε αύξηση ελαστικότητας χωρίς ταυτόχρονη μείωση της αλτικής ικανότητας.

Σε ό,τι αφορά στους ερευνητές που αναφέρουν αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας (Adams et al., 2009; Bazett-Jones et al., 2008; Bosco et al., 2000; Cormie et al., 2006 και Cardinale & Lim, 2003), κοινό σημείο στις έρευνές τους αποτελεί η χρήση κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης, σε αντίθεση με τη δική μας μελέτη όπου χρησιμοποιήθηκε αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση. Η κατακόρυφη δόνηση παράγει άμεσα κατακόρυφη επιτάχυνση στο κέντρο βάρους του σώματος, με αποτέλεσμα την ευνοϊκή επίδραση στην κατακόρυφη αλτικότητα. Αυτό όμως το χαρακτηριστικό, καθιστά ταυτόχρονα την αμφίπλευρη δόνηση ασφαλέστερη από την κατακόρυφη, καθώς δεν ασκεί παθητικές δυνάμεις στις αρθρώσεις, ιδιαίτερα της σπονδυλικής στήλης. Αντίθετα, με την εναλλασσόμενη παλμική κίνηση στα κάτω άκρα, ενεργοποιεί αντανακλαστικά διατήρησης της όρθιας στάσης. Μία ακόμη διαφορά της έρευνάς μας με τους προαναφερόμενους ερευνητές, είναι η διάρκεια του πρωτοκόλλου άσκησης με δόνηση, η οποία στις έρευνές τους ήταν ή σημαντικά μικρότερη από τη δική μας (30- 60s), είτε εμφάνιζε διαλειμματική μορφή (5 x 60s με 60s διάλειμμα, 10 x 60s με 60s διάλειμμα). Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ίσως η διάρκεια του πρωτοκόλλου να ήταν πολύ μεγάλη, με αποτέλεσμα η συνεχής διέγερση των μυϊκών ατράκτων να οδηγήσει σε κόπωση. Η άποψη αυτή ενισχύεται από την παρατήρηση του Torvinen et al.,(2002), ο οποίος εφάρμοσε ένα πρωτόκολλο αμφίπλευρης ολόσωμης δόνησης και κατέγραψε ηλεκτρομυογραφικά μείωση της ενεργοποίησης στον έξω πλατύ και το μέσο γλουτιαίο. Εξαιρέση στις παρατηρήσεις αυτές αποτελεί η έρευνα των Cochrane & Stannard (2005), οι οποίοι, αν και εφάρμοσαν πρωτόκολλο άσκησης ανάλογης διάρκειας με το δικό μας, χρησιμοποίησαν εναλλασσόμενες στάσεις και ασκήσεις, με πιθανό αποτέλεσμα την ταυτόχρονη εναλλαγή των μυών που ενεργοποιούνται και διεγείρονται από τη δόνηση, και την αποφυγή της κόπωσης.

Τέλος, σε ό,τι αφορά στις έρευνες που αναφέρουν μείωση της κατακόρυφης αλτικότητας, ο Rittweger et al., (2000), χρησιμοποιώντας επιπρόσθετο βάρος κατά το πρωτόκολλο ολόσωμης δόνησης, παρουσιάζει σαφές ενδεχόμενο πρόκλησης κόπωσης.

Σχέση συχνότητας- κατακόρυφης αλτικότητας

Σχετικά με την εφαρμογή ολόσωμης δόνησης διαφορετικών συχνοτήτων, τόσο οι Cardinale & Lim (2003), όσο και ο Adams et al., (2009), ανέφεραν αλληλεπίδραση μεταξύ συχνότητας και αποτελέσματος. Σύμφωνα με τους πρώτους, η συχνότητα των 20Hz συγκριτικά με αυτή των 40Hz παρουσίασε καλύτερα αποτελέσματα, καθώς η δεύτερη, κατά τον ερευνητή, προκαλεί κόπωση. Ο Adams et al., (2009), συνδύασε διαφορετικά πλάτη ταλάντωσης, με διαφορετικές συχνότητες και παρατήρησε ότι καλύτερα αποτελέσματα παρουσίαζαν, όταν συνδυάζονταν οι υψηλές συχνότητες με μεγάλα πλάτη και οι χαμηλές συχνότητες με μικρά πλάτη. Επίσης, μεταξύ της συχνότητας των 40 και των 50Hz, παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά σε ό,τι αφορά στις επιδράσεις, με τα 50Hz να έχουν φτωχότερο αποτέλεσμα, κάτι που και πάλι εξηγείται με τη θεωρία της κόπωσης. Η βασική διαφορά των ερευνητών αυτών με τη δική μας μελέτη, έγκειται στη χρήση κατακόρυφης ολόσωμης δόνησης, έναντι της σαφώς ασφαλέστερης αμφίπλευρης που χρησιμοποιήσαμε στο πρωτόκολλό μας.

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, σχετικά με την κινητικότητα παρατηρήσαμε ότι, αν και υπήρξε στατιστικά σημαντική άμεση βελτίωσή της με την εφαρμογή πρωτοκόλλου ολόσωμης αμφίπλευρης δόνησης, για τις συχνότητες 15-30Hz δεν παρατηρήθηκε αλληλεπίδραση μεταξύ συχνότητας και αποτελέσματος. Επομένως, η χρήση των μεγαλύτερων συχνοτήτων, που ενδεχομένως προκαλούν μεγαλύτερη δυσφορία στον εξεταζόμενο, σε πρωτόκολλα που έχουν ως στόχο την αύξηση της κινητικότητας, δεν έχει νόημα, καθώς η βελτίωση αυτή είναι πιθανόν να μην είναι ανάλογη της αύξησης της συχνότητας. Θα πρέπει επομένως να ερευνηθούν εκτενέστερα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της δόνησης (πλάτος και διάρκεια) για να βρεθεί η σχέση αναλογίας (αν υπάρχει) μεταξύ δοσολογίας και αποτελέσματος.

Η διάρκεια των επιδράσεων της αμφίπλευρης δόνησης, δεν έχει διαλευκανθεί ακόμη απόλυτα. Έχουν τεθεί αδιαμφισβήτητα οι βάσεις για την περαιτέρω μελέτη, καθώς παρατηρήσαμε ότι τα 15min δεν είναι αρκετά για την επαναφορά στις αρχικές τιμές, οπότε κάτι τέτοιο θα πρέπει να διερευνηθεί για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Η κατακόρυφη αλτικότητα δεν επηρεάστηκε από το πρωτόκολλο δόνησης που χρησιμοποιήσαμε. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς η αμφίπλευρη ολόσωμη δόνηση θα μπορούσε ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για να εξυπηρετήσει το στόχο της αύξησης της κινητικότητας, χωρίς ταυτόχρονα να μειώσει την κατακόρυφη αλτικότητα, όπως συμβαίνει με τις κλασικές διατάξεις.

Εν κατακλείδι, συμπεραίνουμε ότι η ολόσωμη δόνηση είναι μία μορφή διέγερσης του νευρομυϊκού συστήματος, που μπορεί να επιφέρει αξιοσημείωτα αποτελέσματα, αν χρησιμοποιηθεί μεθοδευμένα και με σύνεση. Η εκτενέστερη μελέτη των μηχανισμών και των διαφόρων παραμέτρων της δόνησης θα διαλευκάνει τα συγκεκριμένα και αμφιλεγόμενα στοιχεία που αφορούν τη χρήση της.

Βιβλιογραφία

- Αναστασιάδης, Α., & Γιδάρης, Δ. (1993). Η Γυμναστική στην Εκπαίδευση. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Μαίανδρος.
- Abercromby, A., Amonette, W., Layne, C., McFarlin, B., Hinman, M., & Paloski, W. (2007). Vibration Exposure and Biodynamic Responses during Whole- Body Vibration Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39,(10),1794-1800.
- Adams, J., Edwards, D., Serviette, D., Bedient, A., Huntsman, E., Jacobs, K., Rossi, G., Roos, B., & Signorile, J. (2009). Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute Whole- Body Vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research* (in press).
- Annino, G., Padua, E., Castagna, C., Salvo, V., Minichella, S., Tsarpela, O., Manzi, V & Ottavio, S. (2007). Effect of Whole Body Vibration Training on Lower Limb Performance in Selected High- Level Ballet Students. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (4), 1072-1076.
- Artero, E., España-Romero, V., Ortega, F., Jiménez-Pavón, D., Carreño-Gálvez, F., Ruiz J., Gutiérrez, A. & Castillo, M. (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.
- Avela, J., Kyrolainen, H. & Komi, P. (1999). Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *Journal of Applied Physiology*, 86(4), 1283-1291.
- 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.V., 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. *Biomechanics Medicine Central Geriatrics*, 5, 1-8.
- Bazett-Jones,D., Finch,H., & Dugan,E. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *Journal of Sports Science and Medicine*,7, 144-150.

- Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A., & Verschueren, S. (2009). Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (A 1-year randomized controlled trial). *Age and ageing*, 1-7.
- Bosco, C., Cardinale, M., & Tsarpela, O. (1999). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 79,306-311.
- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A., & Viru, A. (2000). Hormonal responses to whole body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 449-454.
- Bosco,C, Luhtanen,P, & Komi, PV. (1983). A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *Eur J Appl Phys*, 50,273-282.
- Bosco,C., Belli,A., Astrua,M., Tihanyi,J., Pozzo,R., Kellis,S., Tsarpela,O., Foti,C., Manno,R., & Tranquilli,C. (1995). A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*,70(5), 379-386.
- 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(1), 223-226.
- Bullock, N., Martin, D., Ross, A., Rosemond, C., Jordan, M. & Marino, F. (2008). Acute Effect of Whole- Body Vibration on Sprint and Jumping Performance in Elite Skeleton Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1371-1374.
- Capicikova, N., Rocchi, L., Hlavacka, F., Chiari, L., & Cappello, A. (2006). Human Postural Response to Lower Leg Muscle Vibration of Different Duration. *Physiological Research*, 55(1), 129-134.
- Cardinale, M. (2002). The effects of vibration on human performance and hormonal profile. *Ph. D. Thesis*.

- Cardinale, M., & Lim, J. (2003). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Medicina dello Sport*, 56, 287-292.
- Cardinale, M., & Pope, M.H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: Dangerous or advantageous? *Acta Physiologica Hungarica*, 90, 195-206.
- Cardinale, M., & Rittweger, J. (2006). Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or fiction? *Journal of the British Menopause Society*, 12, 12- 18.
- Cardinale, M., & Wakeling, J. (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *British Journal of Sports Medicine*, 39, 585-589.
- Cheung, W., Mok, H., Oin, L., Sze, P., Lee, K., & Leung, K. (2007). High- Frequency Whole- Body Vibration Improves Balancing Ability in Elderly Women. *Arch of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 852-857.
- Cochrane, D. & Stannard, S. (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., 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 (4), 828-832.
- Corbin ,C., Lindsey, R., & Welk, G. (2001). Άσκηση, Ευρωστία, Υγεία. (Β. Κλεισούρας: Επιμέλεια για την ελληνική έκδοση). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδη (Δημοσίευση πρωτοτύπου 2001).
- Cormie, P., Deane R.S., Triplett N.T. & McBride J.M. (2006). Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (2), 257-261.
- Cronin, J., Nash, M., & Whatman, C. (2007). The effect of four different vibratory stimuli on dynamic range of motion of the hamstrings. *Physical Therapy in Sport*, 8, 30-36.

- Da Silva, M., Nunez, V., Vaamonde, D., Fernandez, J., Poblador, M., Garcia- Manso, J., & Lancho, J. (2006). Effects of different frequencies of whole body vibration on muscular performance. *Biology of Sport*, 23(3).
- De Ruiter, C. J., Van Raak, S. M., Schilperoort, J. V., Hollander, A. P. & De Haan A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *European Journal in Applied Physiology*, 90, 595–600.
- Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S. (2003). Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 1033-1041.
- DePino, G.M., Webright, W.G., & Arnold, B.L. (2000). Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *Journal of athletic training*, 35, 56-59.
- Dolny, D., & Reyes, C. (2008). Whole Body Vibration Exercise: Training and Benefits. *Current Sports Medicine Reports*, 7(3), 152-157. flexibility more than prolonged stretching alone. *Journal of Orthopedic Sports Physical Treatment*, 34(1), 13-20.
- Draper, D., Castro, J., Feland, B., Schulthies, S., & Eggett, D. (2004). Shortwave Diathermy and Prolonged stretching increase hamstring
- 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.
- Φραγκοράπτης, Ε. (1994). Διαδερμική Ηλεκτρική Νευροδιέγερση Τ.Ε.Ν.Σ. In: Μάρκος Ξανθός. *Εφαρμοσμένη Ηλεκτροθεραπεία*, (pp:124-127). Θεσσαλονίκη.
- 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 (3), 449-454.

- 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, 92-100.
- Haas, C.T., Turbanskia, S., Kessler, K. & Schmidtbleicher, D. (2006). The effects of random whole-body-vibration on motor symptoms in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*, 21, 29–36.
- Inglis, J., & Frank, J. (1990). The effect of agonist/ antagonist muscle vibration on human position sense. *Experimental Brain Research*, 81, 573-580.
- Issurin, V.B., Liebermann, D.G., & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of Sports Science*, 1
- 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.
- Jackson, S., & Turner, D. (2003). Prolonged muscle vibration reduces maximal voluntary knee extension performance in both the ipsilateral and the contralateral limb in men. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 380-386.
- Jacobs,P., & Burns,P. (2008). Acute enhancement of lower-extremity dynamic strength and flexibility with whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*. (in press).
- 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 Conditioning Research*, 19 (2), 459–466.

- Kerschman-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., & Imhof, H. (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology*, 21, 377-382.
- 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.
- Καρατράντου,Κ., Γεροδήμος,Β., Σωτηριάδης, Σ.,& Χάνου,Κ.(υπό δημοσίευση). Η άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή και τον Αθλητισμό*.
- Komi, P. (2000) Stretch- shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33, 1197- 1206.
- 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.
- Lohman, E.B., Petrofesky, 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 Monitor*, 13, 71-76.
- Lundeberg, T., Nordemar, R., & Ottoson, D. (1984). Pain alleviation by vibratory stimulation. *Pain*, 20, 25-44.
- Marcovic,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(3), 551-555.
- Melzack, R., & Wall, P. (1982). *The Challenge of Pain*. Basic Book Publishers, New York.
- Mester, J., Kleinoder, H., & Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks. *Journal of Biomechanics*, 39, 1056-1065.

- Pantaleo, T., Duranti, R., & Bellini, F. (1986). Effects of vibratory stimulation on muscular pain threshold and blink response in human subjects. *Pain*, 24, 239-50.
- 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.
- Peres, S., Draper, D., Knight, K., & Ricard, M. (2002). Pulsed Diathermy and Prolonged Long-Duration Stretching Increase Dorsiflexion Range of Motion More than Identical Stretching Without Diathermy. *Journal of Athletic Training*, 37(1), 43-50.
- Raimundo, A., Gusi, N., & Tomas-Carus, P. (2009). Fitness Efficacy of Vibratory Exercise Compared to Walking in Postmenopausal Women. *European Journal of Applied Physiology*, DOI 10.1007/s00421-009-1067-9.
- 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 & Science in Sports*, 17, 2–11.
- 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
- Rittweger, J., Beller, G. & Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical Physiology*, 20 (2), 134-142.
- 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.
- Rittweger, J., Just, K, Kautzsch, K., Reeg, P., & Felsenberg, D. (2002). Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole body vibration exercise. *Spine*, 27, 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 & Func Im*, 23, 81–86.
- Roelants, M., Delecluse, C. & Verschueren, S. (2004). Whole-Body-Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women. *JAGS*, 52 (6), 901–908.
- Ronnestad, 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 (4), 839-845.
- Sands, W.A., McNeal, J.R., Stone, M.H., Russell, E.M., & Jemni, M. (2006). Flexibility enhancement with vibration: acute and long-term. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, 720-725.
- Spernoga, S.G., Uhl, T.L., Arnold, B.L., & Gansneder, B.N. (2001). Duration of maintained hamstring flexibility after a one time modified hold-relax stretching protocol. *Journal of Athletic Training*, 36, 44-48.
- Stevenson, D. (2005). Whole-body vibration and its effects on electromechanical delay and vertical jump performance. *Master thesis*
- Tihanyi, T.K., Fazekas, MHG, 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.
- Torvinen, S. (2003). Effect of whole body vibration on muscular performance, balance, and bone. *Academic dissertation*.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., Jarvinen, T.L.N., Jarvinen, M., Oja, P. & Vuori, I. (2002). Effect of a vibration exposure on

muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clinical Physiology & Func Im*, 22, 145-152.

- Torvinen, S., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S. & Kannus, P. (2002). Effect of a 4-min Vertical Whole Body Vibration on Muscle Performance and Body Balance. *International journal of sports medicine*, 23, 374-379.
- 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.
- Vander, A., Sherman, J., Luciano, D., & Τσακόπουλος, Μ. (2001). Φυσιολογία του Ανθρώπου. Μηχανισμοί της Λειτουργίας του Οργανισμού Ι. (Ν. Γελαδάς, Μ. Τσακόπουλος: Επιμέλεια για την ελληνική έκδοση). Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδη (Δημοσίευση πρωτοτύπου 2001).
- Wyon, M., Allen, N., Angioi, M., Nevill, A. & Twitchett, E. (2006). Anthropometric Factors Affecting Vertical Jump Height in Ballet Dancers, *Journal of Dance Medicine & Science*, 10 (3 & 4), 106-110.
- 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.
- Zoppi, M., Voegelin, M.R., Signorini, M., & Zamponi, A. (1991). Pain threshold changes by skin vibratory stimulation in healthy subjects. *Acta Physiol Scand.*, 143, 439-443.
- <http://nursegr.blogspot.com/2009/03/b.html>

