



### Ολόσωμη Δόνηση και Άσκηση

Κωνσταντίνα Χάνου, Βασίλης Γεροδήμος, Νάντια Καρατράντου, Βασιλική Ζήση,  
Αθανάσιος Τζιαμούρτας, Αθανάσιος Τσιόκανος, & Θεοδώρα Κρική  
ΤΕΦΑΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

#### Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η ανασκόπηση, τόσο των επιδράσεων της ολόσωμης δόνησης στη φυσική κατάσταση υγιών ατόμων, όσο και των πιθανών μηχανισμών που σχετίζονται με τον τρόπο που η δόνηση επιδρά στο ανθρώπινο σώμα. Από τη μελέτη της μακροχρόνιας επίδρασης της άσκησης με δόνηση προέκυψε ότι υπάρχει αύξηση της ισοκινητικής (IK-) και ισομετρικής (IM-) ροπής δύναμης των εκτεινόντων μυών του γόνατος (MF<sub>EF</sub>), αλλά και του κατακόρυφου άλματος για την ομάδα που εκτέλεσε άσκηση με δόνηση. Η περιορισμένη βιβλιογραφία, δεν επιτρέπει ασφαλή συμπεράσματα ως προς τις προσαρμογές σε ότι αφορά στην κινητικότητα, το ορμονικό και ερειστικό σύστημα και την ισορροπία. Φαίνεται όμως ότι η ηλικία, η διάρκεια του προγράμματος και τα χαρακτηριστικά της δόνησης επηρεάζουν σημαντικά την ισορροπία και την οστική πυκνότητα. Τα αποτελέσματα των μελετών ως προς την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στη δύναμη είναι αντικρουόμενα, με έρευνες να αναφέρουν είτε αύξηση είτε μείωση είτε καμία επίδραση στην IK- MF<sub>EF</sub>. Ασαφή συμπεράσματα προκύπτουν για το ορμονικό σύστημα, φαίνεται όμως πως η διαλειμματική άσκηση επηρεάζει την έκκριση ορμονών όπως η τεστοστερόνη, η αυξητική ορμόνη και η κορτιζόλη. Η κατακόρυφη αλτικότητα αυξάνεται μετά από ολιγόλεπτη εφαρμογή δόνησης, χωρίς τα αποτελέσματα να διατηρούνται μετά το τέλος του προγράμματος. Παρόλο που η ισορροπία και η κινητικότητα φαίνεται πως βελτιώνονται, η βιβλιογραφία δεν οδηγεί σε ασφαλή συμπεράσματα. Τέλος, η ολιγόλεπτη άσκηση με δόνηση, φαίνεται πως προκαλεί αύξηση της καρδιακής συχνότητας, η οποία είναι μικρότερη συγκρινόμενη με άλλες μορφές άσκησης όπως το στατικό ποδήλατο. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα πάνω στις επιδράσεις της άσκησης με δόνηση.

Λέξεις κλειδιά: *δύναμη, ισορροπία, κινητικότητα, κατακόρυφη αλτικότητα, ορμόνες, καρδιακή συχνότητα, μακροχρόνια επίδραση, άμεση επίδραση*

#### Whole Body Vibration Training

Konstantina Chanou, Vassilis Gerodimos, Nantia Karatrantou, Vasiliki Zisi, Athanasios Tziamourtas,  
Athanasios Tsiokanos, & Theodora Kriki

Department of Physical Education and Sport Sciences, University of Thessaly, Trikala, Hellas

#### Abstract

The aim of this study was to review the effects of whole-body vibration training on the physical performance of healthy subjects, as well as the possible mechanisms responsible for those effects. Exploration of the long-term effects of whole-body vibration revealed an increase of the isometric and dynamic knee extensor strength, as well as of the vertical jump of the vibration group. The literature regarding vibration effects on the flexibility, the hormonal and skeletal system as well as balance is limited, thus, safe conclusions referring to adaptations cannot yet be drawn. It seems, however, that the age, the program duration and the vibration characteristics may significantly affect balance and bone density. The results regarding the acute effects of whole-body vibration on strength are controversial, with studies reporting increase or decrease or no effect on the dynamic knee extensor strength. No conclusions can be drawn when exploring the hormonal system; it seems, though, that interval training can affect the secretion of hormones such as testosterone, growth hormone and cortisol. The vertical jump is improved after a few bouts of vibration training, im-

provements which are not maintained after the program completion. Furthermore, although balance and flexibility seem to improve, the current literature is rather poor, therefore, more research is required. Finally, vibration seems to increase the heart rate, relatively less, however, compared to other exercise types like the stationary cycling. Despite the large number of studies conveyed on vibration training, no valuable conclusions can yet be made, therefore, further research is necessary.

*Key words: strength, balance, flexibility, vertical jump, hormones, heart rate, acute effects, long-term effects*

## Γενική εισαγωγή

Η έκθεση του ανθρώπου στη δόνηση χρονολογείται από την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης (περίπου το 18<sup>ο</sup> αιώνα), όταν άρχισαν να κατασκευάζονται και να χρησιμοποιούνται ογκώδη μηχανήματα και εργαλεία, με σκοπό να κάνουν την εργασία του ευκολότερη (Crafts, 1996). Παρά τα αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα που προέκυπταν από τη χρήση τους, παρατηρήθηκε ότι η πολυώρη έκθεση του ατόμου στη δόνηση είχε αρνητική επίδραση στο μυοσκελετικό και καρδιαγγειακό σύστημα (Buckle & Devereux, 2002). Πράγματι, μελέτες σε οδηγούς μεγάλων οχημάτων (Nishiyama, Taoda, & Kitahara, 1998) και σε χειριστές κομπρεσέρ (Gerhardsson, Balogh, Lambert, Hjortsberg, & Karlsson, 2005), έδειξαν ότι παρουσίαζαν προβλήματα στην οσφυϊκή μοίρα και τα αγγεία των άνω άκρων τους, αντίστοιχα, λόγω της πολυετούς έκθεσής τους στη δόνηση. Αυτή η παρατήρηση οδήγησε τους ερευνητές σε εκτενείς μελέτες προκειμένου να καθορίσουν την ασφαλή δόσολογία (διάρκεια, ένταση) της έκθεσης στη δόνηση (Kaneko, Hagiwara, & Maeda, 2005). Μέσα από αυτές τις έρευνες παρατηρήθηκε ότι η έκθεση σε δόνηση χαμηλής συχνότητας και πλάτος ταλάντωσης (Cardinale & Bosco, 2003) μπορεί να επιδράσει θετικά στο μυοσκελετικό σύστημα.

Η δόνηση ως προπονητικό μέσο εφαρμόστηκε αρχικά από Ρώσους επιστήμονες, χρησιμοποιώντας πλατφόρμες, με σκοπό να διατηρήσουν την οστική μάζα αστροναυτών σε φυσιολογικά επίπεδα, ενώ βρίσκονταν σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας (Issurin, Liebermann, & Tenenbaum, 1994). Αργότερα, η χρήση της δόνησης εδραιώθηκε στους αθλητικούς χώρους για την προπόνηση αθλητών υψηλών, κυρίως, επιδόσεων (Cardinale & Wakeling, 2005; Delecluse, Roelants, & Verschueren, 2003), αλλά και σε διάφορα κέντρα για την αποκατάσταση παθήσεων όπως η οσφυαλγία (Egwu, Ojeyinka, & Oloagun, 2007), η οστεοπόρωση (Iwamoto, Takeda, Sato, & Uzawa, 2005; Rittweger, Beller, & Felsenberg, 2000) και η νόσος του Parkinson (Rickards & Cody, 1997). Η άσκηση με δόνηση είναι αρκετά διαδεδομένη τα τελευταία χρόνια και βρίσκει εφαρμογές τόσο στη μυϊκή ενδυνάμωση (Luo, McNamara, & Moran, 2005), όσο και στην αύξηση του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης (Jordan, Norris, Smith, & Herzog, 2005), ενώ έχει επίσης αναφερθεί η χρήση της για λόγους χαλάρωσης (Issurin, 2005).

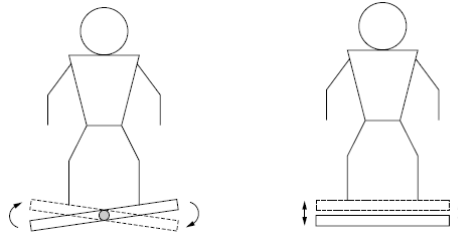
Η άσκηση με δόνηση αποτελεί ένα μηχανικό ερέθισμα, το οποίο έχει χαρακτηριστικά ταλάντωσης και καθορίζεται από τον τύπο της δόνησης, τη συχνότητα και το πλάτος ταλάντωσης (Cardinale & Pope, 2003). Ο τύπος της δόνησης διακρίνεται με βάση το σημείο εφαρμογής της, στη δόνηση που εφαρμόζεται απευθείας στη μάζα ή τον τένοντα ενός μυ και ονομάζεται άμεση (Luo et al., 2005) ή τοπική (Cardinale & Pope, 2003) και σε αυτή που εφαρμόζεται σε ολόκληρο το σώμα και ονομάζεται έμμεση ή ολόσωμη δόνηση (Luo et al., 2005). Η ολόσωμη δόνηση μεταδίδεται στο σώμα μέσω ειδικών συσκευών, τις πλατφόρμες δόνησης (Rehn, Lidstrom, Skoglund, & Lindstrom, 2007). Ο τύπος της δόνησης διακρίνεται, επίσης, με βάση τον τρόπο μετάδοσής της από την πλατφόρμα, σε κάθετο και αμφίπλευρο (Cardinale & Wakeling, 2005). Έρευνες έχουν δείξει ότι η αμφίπλευρη δόνηση είναι προτιμότερη καθώς φαίνεται ότι περιορίζει, όσο αυτό είναι δυνατό, τη μεταφορά του ερεθίσματος της δόνησης στον εγκέφαλο και τα εσωτερικά όργανα (Abercromby, Amonette, Layne, McFarlin, Hinman, & Paloski, 2007). Φυσικά, ένας τέτοιος ισχυρισμός χρίζει περαιτέρω μελέτης προκειμένου να γίνει αποδεκτός ή να απορριφθεί από την επιστημονική κοινότητα.

Στα χαρακτηριστικά της δόνησης συγκαταλέγονται επίσης η συχνότητα, η οποία αναφέρεται στον αριθμό των ταλαντώσεων της πλατφόρμας στη μονάδα του χρόνου και μετριέται σε Hz, όπως επίσης το πλάτος ταλάντωσης, που αναφέρεται στην απόσταση μεταξύ των δύο ακραίων θέσεων που παίρνει η πλατφόρμα κατά την ταλάντευση και μετριέται σε mm (Cardinale & Rittweger, 2006; Conway, Szalma, & Hancock, 2007). Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι πλατφόρμες δόνησης χρησιμοποιούνται ευρέως, τόσο στον τομέα της άθλησης όσο και στην αποκατάσταση, η παρούσα μελέτη θα αναφερθεί στην εφαρμογή της δόνησης σε ολόκληρο το σώμα. Επιπλέον, για λόγους συντομίας, από εδώ και στο εξής όπου χρησιμοποιείται ο όρος «δόνηση» αυτός θα είναι ταυτόσημος με τον όρο «ολόσωμη δόνηση».

Οι πλατφόρμες που κυκλοφορούν στο εμπόριο τα τελευταία χρόνια (Nemes, Bosco System, OMP, Italy; Galileo 2000 device, Novotec, Germany; Powerplate, North America Inc, America), έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό την ημιτονοειδή ταλάντωση (Jordan et al., 2005) υψηλής συχνότητας και μικρού πλάτους ταλάντωσης (Rehn et al., 2007), η οποία

αποτελεί ισχυρό ερεθίσμα για τους σκελετικούς μυς (Cardinale & Bosco, 2003). Συγκεκριμένα, η συχνότητα της δόνησης ποικίλει από 15 ως 60Hz και το πλάτος ταλάντωσης από 1 ως 14mm, ανάλογα με τη συσκευή (Cardinale & Rittweger, 2006). Η διαφορά

μεταξύ των συσκευών έγκειται στον τύπο της δόνησης που παρέχει η πλατφόρμα, αφού για παράδειγμα η Powerplate παράγει κάθετη, ενώ η Galileo αμφίπλευρη δόνηση (Abercromby et al., 2007, Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Τύποι δόνησης (τροποποιημένο από Cardinale & Wakeling, 2005)

Παράγοντες οι οποίοι είναι πιθανόν να επηρεάζουν τη μεταβίβαση του ερεθίσματος της δόνησης στο σώμα, είναι η ηλικία, το φύλο και η φυσική κατάσταση των ασκούμενων (π.χ., αθλητές, υγιείς, ασθενείς), καθώς επίσης η θέση του σώματος κατά την εφαρμογή της (Mester, Kleinoder, & Yue, 2006; Rubin et al., 2003). Πράγματι, οι ασκούμενοι μπορούν να εκτελέσουν στατικές ή δυναμικές ασκήσεις από διάφορες θέσεις πάνω στην πλατφόρμα δόνησης (Roelants, Delecluse, & Verschueren, 2004). Φαίνεται ότι το ημικάθισμα αποτελεί την καλύτερη θέση πάνω στην πλατφόρμα, αφού σπάνια δημιουργεί προβλήματα σε υγιή άτομα και σε ηλικιωμένους (Cardinale & Rittweger, 2006). Λαμβάνοντας υπόψη όλους αυτούς τους παράγοντες, γίνεται αντιληπτό ότι απαιτείται συστηματική έρευνα προκειμένου να διερευνηθεί πλήρως η συσχέτισή τους με τη δόνηση.

Το γεγονός ότι η μελέτη της άσκησης με δόνηση είναι ακόμη υπό εξέλιξη, οδήγησε τόσο τους κατασκευαστές όσο και τους ερευνητές (Delecluse et al., 2003; Torvinen et al., 2003), στον καθορισμό αντενδείξεων, όπως είναι η εγκυμοσύνη, καθώς επίσης παθήσεις του καρδιαγγειακού και μυοσκελετικού, κυρίως, συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, δε συνιστάται η άσκηση με δόνηση σε άτομα με καρδιαγγειακές παθήσεις, πιθανότητα θρόμβωσης, πρόσφατα κατάγματα ή εγχειρήσεις καθώς και οξείες φλεγμονές και πόνο στην οσφυϊκή μοίρα (Cardinale & Rittweger, 2006).

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η ανασκόπηση των θετικών ή αρνητικών επιδράσεων της ολόσωμης δόνησης στη φυσική κατάσταση υγιών ατόμων, εξετάζοντας την κινητικότητα, τη δύναμη, την αερόβια ικανότητα και την ισορροπία. Επιπλέον, στόχος είναι να διερευνηθούν, μέσω της βιβλιογραφίας, οι πιθανοί μηχανισμοί που σχετίζονται με τη δόνηση και τον τρόπο που η τελευταία επιδρά στο ανθρώπινο σώμα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν έχει γίνει κάποια παρόμοια μελέτη στην Ελλάδα,

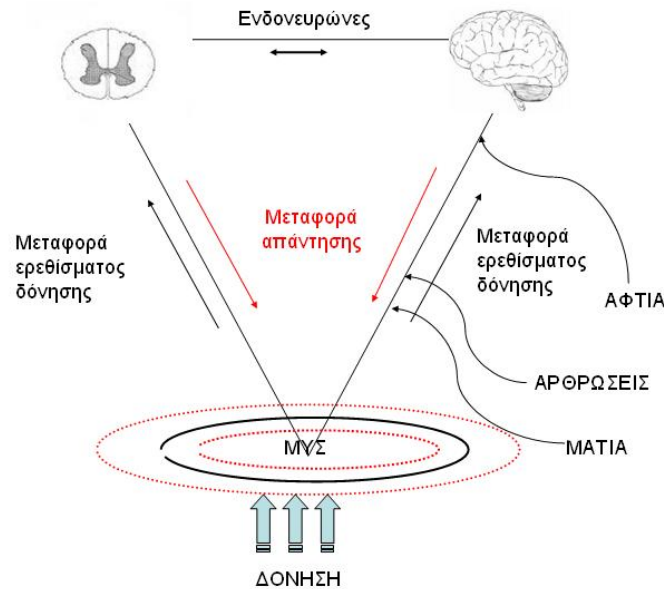
οι συγγραφείς ελπίζουν ότι η ανασκόπηση αυτή θα προσφέρει γνώση σε ειδικούς και μη, που θέλουν να εμβαθύνουν πάνω σε αυτή τη μορφή άσκησης.

### Σχετικές Θεωρίες

Παρόλο που υπάρχουν πολλές έρευνες οι οποίες αναφέρονται στην επίδραση της άσκησης με δόνηση στο ανθρώπινο σώμα, οι μηχανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τα αποτελέσματα των μηχανικών ερεθισμάτων της δεν είναι ακόμη πλήρως αποσαφηνισμένοι (Mester et al., 2006). Είναι όμως γενικά αποδεκτό, ότι η μηχανική δόνηση που εφαρμόζεται στη μυϊκή μάζα ή τον τένοντα ενός μυός, προκαλεί μια αντανάκλαστική μυϊκή σύσπαση που είναι γνωστή ως Τονικό Αντανάκλαστικό Δόνησης (ΤΑΔ), (Eklund & Hegbarth, 1966). Ο μηχανισμός ενεργοποίησης του ΤΑΔ, όπως πιθανολογείται από τους Cardinale και Bosco (2003), σχετίζεται με τις μυϊκές ατράκτους, οι οποίες περιέχουν πρωτεϊνικές και δευτερεύουσες νευρικές απολήξεις, που μεταφέρουν ερεθίσματα σχετικά με τη μεταβολή του μήκους της ατράκτου, αλλά και την ταχύτητα μεταβολής του μήκους της (Lindsay, 1996). Τα ερεθίσματα μεταφέρονται μέσω μονοσυναπτικών και πολυσυναπτικών οδών στα διάφορα κέντρα του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ), προκειμένου να υπάρξει απάντηση μέσω της κινητικής οδού (Romaine, Vedel, Azulay, & Pagni, 1991). Ταυτόχρονα, ενεργοποιείται η γ-κινητική οδός για προστατευτικούς λόγους, μέσω της οποίας προκαλείται σύσπαση ολόκληρου του μυ και όχι μερικών μόνο μυϊκών ινών (Guyton, 2001). Επιπλέον, τα τενόντια όργανα του Golgi που βρίσκονται στο σημείο ένωσης του μυ με τον τένοντα, ακριβώς λόγω της θέσης τους έχουν τη δυνατότητα να «αντιλαμβάνονται» την αλλαγή στην τάση ολόκληρου του μυός στέλνοντας εντολή στον αγωνιστή μυ να χαλαρώσει, ενώ στον ανταγωνιστή να συσπαστεί (Lindsay, 1996). Στην αντίληψη του ε-

ρεθίσματος συμβάλλουν επίσης μηχανοϋποδοχείς που βρίσκονται στο δέρμα και τις αρθρώσεις (Ribot-Ciscar, Rossi-Durand, & Roll, 1998), δίνοντας παράλληλα πληροφορίες για τη θέση και την κίνηση του σώματος στο χώρο. Ερεθίσματα φτάνουν στο

ΚΝΣ επίσης από το οπτικό, το αιθουσαίο και το ακουστικό σύστημα. Ο συνδυασμός και η επεξεργασία όλων των πληροφοριών γίνεται ταχύτατα και οδηγεί στην κατάλληλη απάντηση από τα διάφορα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Μηχανισμός δράσης της δόνησης.

Παρόλο που δεν έχει ακόμη αποδειχτεί, είναι πιθανόν ο παραπάνω μηχανισμός να είναι υπεύθυνος και για κάποιες περιφερικές απαντήσεις που εμφανίζονται ως αποτέλεσμα της άσκησης με δόνηση. Συγκεκριμένα, σε αρκετές έρευνες έχει παρατηρηθεί αύξηση στη ροή αίματος (Kerschanschindl et al., 2001) και στην ενδομυϊκή θερμοκρασία (Bosco, Colli, Cardinale, Tsarpela, & Bonifazi, 1999; Kerschanschindl et al., 2001). Γνωρίζοντας από τη φυσιολογία ότι οι λείοι μύς έχουν παρόμοια μορφολογία με αυτή των σκελετικών μυών (Guyton, 2001), θα μπορούσε να υποθεθεί ότι με παρόμοιο τρόπο, κατά τη διάρκεια εφαρμογής της δόνησης, τασεοϋποδοχείς λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την αύξηση της πίεσης στα τοιχώματα των αγγείων και μέσω του αυτόνομου νευρικού συστήματος (ΑΝΣ) δίνεται εντολή για αγγειοδιαστολή και συνεπώς αύξηση στη ροή του αίματος, με επερχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας. Παρόλο που στη μελέτη των Mester et al. (2006) αναφέρονται πληροφορίες σχετικά με την αγγειοδιαστολή, η παραπάνω υπόθεση χρίζει περαιτέρω έρευνας, προκειμένου να αποδειχθεί ή να απορριφθεί ως μηχανισμός απάντησης των λείων μυών και του καρδιαγγειακού συστήματος γενικότερα, στο ερέθισμα της δόνησης.

Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να εξηγηθεί επίσης από τη φυσιολογία, αφού όπως είναι γνωστό, οι σκελετικοί μύς αποδίδουν πολύ λίγο κινητικό έργο, μόνο 20%, ενώ το υπόλοιπο 80%

είναι θερμικές απώλειες (Guyton, 2001). Επιπλέον, οι Yue, Kleinoder, de Marees, Wahl και Mester (2007), υποστηρίζουν ότι η αύξηση της ροής του αίματος και κατ' επέκταση της θερμοκρασίας, είναι αποτέλεσμα της επίδρασης μηχανικών και χημικών παραγόντων. Συγκεκριμένα, υποθέτουν ότι κατά την άσκηση με δόνηση, προκαλείται άτακτη κίνηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων μέσα στο αγγείο, με συνέπεια τη σύγκρουση μεταξύ τους, αλλά και στα τοιχώματα του αγγείου και την απελευθέρωση μονοξειδίου του αζώτου (NO), μια ουσία που ενεργοποιεί την αγγειοδιαστολή. Παράλληλα, οι Blottner et al. (2006), σε έρευνά τους έδειξαν ότι η δόνηση μπορεί να επηρεάσει τα επίπεδα της συνθάσης του NO. Παρόλα αυτά όμως χρειάζεται μια πιο εμπεριστατωμένη μελέτη προκειμένου να εξεταστεί επισταμένως η σχέση μεταξύ δόνησης, NO και αγγειοδιαστολής.

### Ανασκόπηση Σχετικών Ερευνών

Η έκθεση στη δόνηση επηρεάζει όλα τα συστήματα του ανθρώπινου σώματος με διαφορετικό τρόπο και ένταση το καθένα (Jordan et al., 2005). Στις έρευνες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα, η επίδραση της δόνησης στον άνθρωπο διαχωρίζεται στη μακροχρόνια (long-term και short-term effect; Torvinen et al., 2003; Sands, McNeal, Stone, Russell, & Jemni, 2006) και την άμεση (acute effect; Bazett-Jones, Finch, & Dugan, 2008; Cardinale, Leiper,

Erskine, Milroy, & Bell, 2006). Ο όρος «μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με δόνηση» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα αποτελέσματα που προκαλούνται από την εφαρμογή ενός προγράμματος άσκησης με δόνηση διάρκειας από λίγες ημέρες (πχ. 10 ημέρες, short-term; Bosco et al., 1998) έως μερικούς μήνες (πχ. 24 μήνες, long-term; Bogaerts, Verschueren, Delecluse, Claessens, & Boonen, 2007). Αντίθετα, ο όρος «άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση», αναφέρεται στα αποτελέσματα που προκύπτουν αμέσως μετά από το τέλος μιας μόνο εφαρμογής προγράμματος άσκησης με δόνηση (Roelants et al., 2004). Για την καλύτερη δόμηση της παρούσας μελέτης, η ανασκόπηση των ερευνών έγινε με βάση τον παραπάνω διαχωρισμό. Επιπλέον, για κάθε μια από τις δύο κατηγορίες, οι επιδράσεις της άσκησης με δόνηση ομαδοποιήθηκαν με βάση τις νευρομυϊκές, καρδιαγγειακές, ορμονικές και οστικές προσαρμογές που προκαλούνται στον ανθρώπινο οργανισμό.

#### *Μακροχρόνια Επίδραση της Άσκησης με Δόνηση*

Σε όλες τις μελέτες, όπου η μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με δόνηση αξιολογήθηκε με την πλατφόρμα δόνησης PowerPlate (North America Inc, USA), η συχνότητα και το πλάτος της ταλάντωσής της κυμάνθηκε από 35-40 Hz και 1.7-5mm, αντίστοιχα (Πίνακας 1). Αντίθετα, στις έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν οι διάφορες πλατφόρμες της Galileo (Novotec, Germany), φαίνεται πως υπήρχε μεγαλύτερη ποικιλία, τόσο στη συχνότητα, όσο και στο πλάτος ταλάντωσης, με τιμές να κυμαίνονται από 10Hz ως 30Hz (Bruyere et al., 2005; deRuiter, van der Linden, van der Zijden, Hollander, & de Haan, 2003) και από 3mm ως 14mm, αντίστοιχα (Bruyere et al., 2005; Runge, Rehfled, & Resnicek, 2000). Ανεξάρτητα από την πλατφόρμα δόνησης, στις περιπτώσεις των ερευνών που τα παραπάνω χαρακτηριστικά διατηρήθηκαν σταθερά, η δυναμική της επιβάρυνσης ρυθμιζόταν από τη διάρκεια εφαρμογής της δόνησης, καθώς επίσης από τον αριθμό και τη δυσκολία των ασκήσεων που εκτελούνταν από του συμμετέχοντες (Luo et al., 2005). Στις έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα ανασκόπηση, η διάρκεια του προγράμματος κυμάνθηκε από 9 ημέρες (Cochrane, Legg & Hooker, 2004) ως 48 εβδομάδες (Bogaerts et al., 2007) και οι ασκήσεις εκτελούνταν, τόσο με το ένα, όσο και με τα δύο πόδια. Ποικιλία υπήρχε επίσης σε ότι αφορά στα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, οι οποίοι ήταν κυρίως νεαρά (9-27 ετών, Delecluse et al., 2003; Fagnani, Giombini, Pigozzi, & Di Salvo, 2006; Mahieu et al., 2006) ή ηλικιωμένα άτομα (>60 ετών, Cheung et al., 2003; Verschueren et al., 2004).

*Νευρομυϊκές προσαρμογές.* Οι νευρομυϊκές προσαρμογές αφορούν στην απάντηση του νευρικού και

μυϊκού συστήματος στο ερέθισμα της δόνησης και εξετάζονται μέσω της αξιολόγησης ικανοτήτων και δεξιοτήτων όπως η μυϊκή δύναμη, η κατακόρυφη αλτικότητα, η κινητικότητα, η ισορροπία και η βάρδιση. Σε ότι αφορά στη δύναμη, αυτή αξιολογήθηκε με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα, μέσω της ισομετρικής (IM-MF<sub>EF</sub>) ή της ισοκινητικής ροπής δύναμης των εκτεινόντων μυών του γόνατος (IK-MF<sub>EF</sub>) ή των πελματιαίων καμπητήρων μυών (IK-MF<sub>PK</sub>). Κάποιοι από τους ερευνητές αξιολόγησαν τη δύναμη χρησιμοποιώντας τον ένα (Fagnani et al., 2006; Torvinen et al., 2002a) ή και τους τρεις τρόπους που προαναφέρθηκαν (Bautmans, Van Hees, Lemper, & Mets, 2005; Roelants et al., 2004; Verschueren et al., 2004).

Ανεξάρτητα από τον τύπο της μυϊκής σύσπασης που μελετήθηκε, η ανασκόπηση έδειξε ότι στις περισσότερες έρευνες υπήρξε εμφανής βελτίωση στη δύναμη για την ομάδα που εκτελούσε άσκηση με δόνηση. Αντιπροσωπευτική είναι η μελέτη των Delecluse et al. (2003), οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση της άσκησης με δόνηση σε 67 μη ασκούμενες νεαρές γυναίκες. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε ομάδα άσκησης με δόνηση (ΟΔ), ομάδα εικονικής παρέμβασης (ΟΕΠ), ομάδα άσκησης με αντίσταση (ΟΑ) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ). Οι τρεις πρώτες ομάδες εκτέλεσαν για διάστημα 12 εβδομάδων (3 φ/εβ) στατικές και δυναμικές ασκήσεις έκτασης γόνατος. Οι ασκήσεις για τις ΟΔ και ΟΕΠ έγιναν πάνω σε πλατφόρμα δόνησης, με τη διαφορά ότι στην ΟΕΠ η δόνηση ήταν πλασματική. Η ΟΕ δεν εκτέλεσε άσκηση. Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα, υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωση για τις ΟΔ και ΟΑ τόσο στη IM-MF<sub>EF</sub> όσο και στη IK-MF<sub>EF</sub>, με την ΟΔ να εμφανίζει μεγαλύτερες επιδόσεις και στις δύο μετρήσεις (16.6±10.8% έναντι 14.4±5.3% και 9.0±3.2% έναντι 7.0±6.2%, αντίστοιχα), ενώ δεν υπήρξε καμία βελτίωση στις άλλες 2 ομάδες. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα άλλων ερευνών (Bautmans et al., 2005; Rees, Murphy, & Watsford, 2007; Verschueren et al., 2004). Στην έρευνα των Roelants et al. (2004), αντίθετα, βρέθηκε ότι σε πρόγραμμα 24 εβδομάδων (3 φ/εβ) που εφαρμόστηκε σε 69 μη ασκούμενες γυναίκες, η ΟΑ είχε μεγαλύτερη βελτίωση από την ΟΔ κατά την αξιολόγηση της IK-MF<sub>EF</sub> (16.8±2.9% έναντι 12.4±2.1%) στις πρώτες 12 εβδομάδες, ενώ δεν υπήρχε καμία επιπλέον βελτίωση και για τις 2 ομάδες στις επόμενες 12 εβδομάδες. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως και οι 2 ομάδες ερευνητών που προαναφέρθηκαν είχαν παρόμοιο πρωτόκολλο παρέμβασης (Πίνακας 1), με μοναδική διαφορά το συνολικό χρόνο παρέμβασης, ο οποίος κυμαίνονταν από 3 ως 10min στην έρευνα των Roelants et al. (2004) και από 3 ως 20min στους Delecluse et al. (2003). Φαίνεται, λοιπόν, πως ο χρόνος εφαρμογής της δόνησης αποτελεί σημαντικό παράγοντα για

τον καθορισμό της μακροχρόνιας επίδρασης της άσκησης με δόνηση στη δύναμη.

Σημαντικά είναι επίσης τα αποτελέσματα των Torvinen et al. (2002a; 2003), οι οποίοι μελέτησαν 52 μη ασκούμενα άτομα και βρήκαν ότι υπήρξε στατιστικά σημαντική βελτίωση της ΟΔ μόνο κατά τους πρώτους 2 μήνες άσκησης, ενώ δεν υπήρξε επιπλέον βελτίωση μετά τους 4 (2002a) και 8 μήνες άσκησης (2003). Αντίθετα είναι τα αποτελέσματα των de Ruiter et al. (2003), οι οποίοι μελέτησαν 19 νεαρούς ασκούμενους άνδρες και βρήκαν ότι 11 εβδομάδες άσκησης με δόνηση δεν είχαν καμία επίδραση στη δύναμη των εκτεινόντων μυών του γόνατος. Από τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι η διάρκεια του προγράμματος δόνησης μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη δύναμη, όμως απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την αξιολόγηση ενός τέτοιου ισχυρισμού.

Σε ότι αφορά στη μελέτη της κατακόρυφης αλτικότητας, οι περισσότερες έρευνες δείχνουν πως η μακροχρόνια άσκηση με δόνηση αυξάνει το κατακόρυφο άλμα (Bosco et al., 1998; Delecluse et al., 2003; deRuiter et al., 2003; Fagnani et al., 2006; Paradisis & Zacharogiannis, 2007; Roelants et al., 2004; Torvinen et al., 2003). Αντιπροσωπευτική είναι η έρευνα των Torvinen et al. (2002a), οι οποίοι βρήκαν ότι η ΟΔ βελτίωσε το κατακόρυφο άλμα της, τόσο μετά από 8, όσο και μετά από 16 εβδομάδες άσκησης. Αντίθετα, οι Roelants et al. (2004), βρήκαν πως το κατακόρυφο άλμα βελτιώθηκε μόνο κατά τις πρώτες 12 εβδομάδες άσκησης και για τις 2 ομάδες ( $16.0 \pm 2.8\%$  για ΟΔ έναντι  $12.1 \pm 2.9\%$  για ΟΑ), ενώ δεν υπήρξε επιπλέον βελτίωση κατά τις επόμενες 12 εβδομάδες άσκησης. Δυστυχώς, δεν μπορεί να υπάρξει σύγκριση μεταξύ των 2 ερευνών, γιατί έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικές πλατφόρμες δόνησης, αλλά και οι συμμετέχοντες είχαν διαφορετικά χαρακτηριστικά, με αποτέλεσμα να απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να εξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα. Αξίζει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι όλες οι παραπάνω έρευνες, με εξαίρεση αυτή των Bosco et al. (1998), χρησιμοποίησαν μικρό πλάτος ταλάντωσης που κυμαίνονταν από 2-5mm. Αντίθετα, οι de Ruiter et al. (2003) και οι Cochrane et al. (2004) που χρησιμοποίησαν μεγάλο πλάτος ταλάντωσης (8mm και 11mm, αντίστοιχα), δε βρήκαν καμία επίδραση στην κατακόρυφη αλτικότητα. Είναι εμφανές ότι, παρόλο που χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές πλατφόρμες δόνησης σε όλες τις προαναφερθείσες μελέτες, το πλάτος ταλάντωσης παίζει σημαντικό ρόλο στην επίδραση της άσκησης με δόνηση στην κατακόρυφη αλτικότητα. Ενδεχομένως, μια έρευνα που θα μελετούσε πρωτόκολλα με έμφαση στο διαφορετικό πλάτος ταλάντωσης, να αποσαφήνιζε την παραπάνω υπόθεση. Τέλος, η δύναμη χειρολαβής, η οποία εξετάστηκε από διάφορους ερευνητές

(Bautmans et al., 2005; Torvinen et al., 2002a; Torvinen et al., 2003), δε φαίνεται να επηρεάζεται από τη μακροχρόνια άσκηση με δόνηση.

Η κινητικότητα είναι μια ικανότητα η οποία δεν έχει ερευνηθεί σε μεγάλο βαθμό. Στις δύο από τις τρεις έρευνες που μελετήθηκαν στην παρούσα ανασκόπηση, χρησιμοποιήθηκαν νεαρά φυσικά δραστήρια άτομα (Fagnani et al., 2006), ενώ μόνο σε μια αξιολογήθηκαν οι επιδόσεις ηλικιωμένων ατόμων (Bautmans et al., 2005). Ανεξάρτητα όμως από το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε, βρέθηκε ότι η ΟΔ είχε καλύτερα αποτελέσματα, και στις τρεις μελέτες, τόσο σε επίπεδο βελτίωσης του εύρους κίνησης μιας άρθρωσης όσο και σε επίπεδο λειτουργικότητας, γενικότερα. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι οι συμμετέχοντες και στις τρεις έρευνες ήταν σχετικά λίγοι αφού κυμαίνονταν από 9 ως 11 άτομα για κάθε μια από τις δύο ομάδες παρέμβασης (Fagnani et al., 2006; Van der Tillaar, 2006). Περαιτέρω έρευνα απαιτείται προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της άσκησης με δόνηση στην κινητικότητα.

Η ισορροπία είναι μια λειτουργική ικανότητα που έχει μελετηθεί αρκετά με θετικά, κυρίως, αποτελέσματα. Μελετήθηκε επί το πλείστον σε ηλικιωμένα άτομα προκειμένου να εξεταστεί αν η δόνηση μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της ισορροπίας των ατόμων και, επομένως, στη μείωση του κινδύνου για πτώσεις (Bautmans et al., 2005; Bogaerts et al., 2007; Bruyere et al., 2005; Cheung et al., 2003; Gusi, Raimundo & Leal, 2006; Verschueren et al., 2004). Χαρακτηριστική είναι η έρευνα των Bogaerts et al. (2007), οι οποίοι μελέτησαν 161 άτομα ηλικίας 60-80 ετών χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο παρέμβασης με μεταβαλλόμενη τη διάρκεια εφαρμογής της δόνησης και του παρεμβαλλόμενου διαλείμματος (Πίνακας 1). Μετά από 48 εβδομάδες άσκησης με δόνηση, οι ερευνητές βρήκαν ότι υπήρχε θετική επίδραση τόσο στην ΟΔ όσο και στην ΟΑ, αλλά καμία επίδραση στην ΟΕ. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα και στις υπόλοιπες έρευνες με εξαίρεση τους Torvinen et al. (2002a; 2003) και τους Mahieu et al. (2006), οι οποίοι δε βρήκαν καμία επίδραση της άσκησης με δόνηση στην ισορροπία των εξεταζόμενων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι τελευταίες αυτές τρεις έρευνες έγιναν σε άτομα νεαρής ηλικίας, 19-38 ετών (Torvinen et al., 2002a; Torvinen et al., 2003) και 15 ετών (Mahieu et al., 2006). Έτσι, εικάζεται πως η ηλικία μπορεί να επηρεάζει τη μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με δόνηση στην ισορροπία. Φυσικά, περαιτέρω έρευνα απαιτείται τόσο σε νεαρά όσο και σε μεσήλικα άτομα, προκειμένου να αξιολογηθεί ολοκληρωμένα η σχέση ανάμεσα στην ηλικία, στην άσκηση με δόνηση και την ισορροπία.

*Καρδιαγγειακές προσαρμογές.* Στις καρδιαγγειακές προσαρμογές περιλαμβάνονται αντιδράσεις του



καρδιαγγειακού συστήματος στο ερέθισμα της δόνησης. Δυστυχώς, δε βρέθηκαν έρευνες που να μελετούν τη μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με δόνηση στο ανθρώπινο καρδιαγγειακό σύστημα.

*Ορμονικές προσαρμογές.* Οι ορμονικές προσαρμογές αφορούν στην αύξηση ή τη μείωση της έκκρισης μιας σειράς ορμονών του ανθρώπινου σώματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι μόνο μια έρευνα βρέθηκε που να μελετά τις προσαρμογές που συμβαίνουν στο ορμονικό σύστημα εξαιτίας της μακροχρόνιας επίδρασης της άσκησης με δόνηση (Kvorning, Bagger, Caserotti, & Madsen, 2006). Συγκεκριμένα, στην έρευνα αυτή μελετήθηκαν 28 νεαροί άνδρες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε 3 ομάδες: την ομάδα άσκησης με δόνηση (ΟΔ), την ομάδα άσκησης με βαθύ κάθισμα (ΟΣ) και την ομάδα που συνδύασε και τους δύο τρόπους άσκησης (ΟΔΣ). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρξε αύξηση των επιπέδων της ορμόνης τεστοστερόνης για όλες τις ομάδες μετά το τέλος του προγράμματος των 9 εβδομάδων, ενώ όσον αφορά στην αυξητική ορμόνη και την κορτιζόλη, παρατηρήθηκε αύξηση μόνο για την ομάδα ΟΔΣ. Επειδή όμως το δείγμα ήταν μικρό (περίπου 9 άτομα ανά ομάδα), κρίνεται απαραίτητη περαιτέρω έρευνα, ώστε να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα σχετικά με τις ορμονικές προσαρμογές ως απάντηση στη μακροχρόνια άσκηση με δόνηση.

*Προσαρμογές στο ερειστικό σύστημα.* Οι προσαρμογές στο ερειστικό σύστημα περιλαμβάνουν απαντήσεις των οστών στο ερέθισμα της δόνησης. Το γεγονός ότι, φυσιολογικά, για να αυξηθεί η αντοχή ενός οστού, απαιτούνται δυνάμεις συμπίεσης (Carlsoo, 1982), σε συνδυασμό με το ότι κατά την ημιτονοειδή δόνηση ο ρυθμός της μέγιστης συμπίεσης αυξάνεται γραμμικά με τη συχνότητα (Cardinale & Rittweger, 2006), μπορεί να αποτελέσει ισχυρή ένδειξη της θετικής επίδρασης της άσκησης με δόνηση στον οστίτη ιστό. Από τις έρευνες φάνηκε πως είναι πολύ πιθανό η διάρκεια εφαρμογής του προγράμματος να διαδραματίζει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στις παραπάνω παρατηρήσεις. Συγκεκριμένα, οι Torvinen et al. (2003), μελέτησαν 53 μη ασκούμενα, νεαρά άτομα (25Hz, 2mm) και μετά από πρόγραμμα 32 εβδομάδων δε βρήκαν καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στη μάζα, τη δομή και τη μηχανική αντοχή του μηριαίου οστού. Αντίθετα είναι τα αποτελέσματα των Gusi et al. (2006), οι οποίοι μελέτησαν 28 ηλικιωμένες γυναίκες και μετά από πρόγραμμα 32 εβδομάδων (12Hz, 3mm) βρήκαν ότι η οστική πυκνότητα του αυχένα του μηριαίου οστού αυξήθηκε για την ΟΔ (4.3%,  $p=.011$ ), ενώ δεν υπήρξε καμία διαφοροποίηση για την ΟΕ. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα των Verschueren et al. (2004), οι οποίοι μελέτησαν την επίδραση της άσκησης με δόνηση σε 70 ηλικιωμένες γυναίκες για 24 εβδομάδες και βρήκαν ότι

στην ΟΔ βελτιώθηκε η οστική πυκνότητα του μηριαίου οστού τους κατά 0.93% ( $p=.03$ ), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στις ΟΑ και ΟΕ. Συγκρίσεις δε μπορούν να γίνουν μεταξύ των ερευνών καθότι χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές πλατφόρμες δόνησης, μπορεί όμως να παρατηρηθεί ότι στις έρευνες που η συχνότητα και το πλάτος ταλάντωσης ήταν σε χαμηλά επίπεδα (12Hz, 3mm), (Gusi et al., 2006) τα αποτελέσματα ήταν καλύτερα. Επιπλέον, είναι πιθανό η ηλικία των εξεταζόμενων να επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα των ερευνών, όμως χρειάζεται περισσότερη έρευνα προκειμένου να προκύψει κάποιο ασφαλές συμπέρασμα

#### *Άμεση Επίδραση της Άσκησης με Δόνηση*

Εκτός από τις μακροχρόνιες, αρκετές είναι και οι έρευνες που έχουν γίνει πάνω στις άμεσες επιδράσεις της άσκησης με δόνηση στο ανθρώπινο σώμα. Στις έρευνες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την ανασκόπηση, η συχνότητα και το πλάτος ταλάντωσης της δόνησης κυμάνθηκαν από 15Hz (Torvinen et al., 2002b), έως 50 Hz (Bazett-Jones et al., 2008) και από 1.5mm (Cardinale et al., 2006) έως 10.5mm (Rittweger, Beller, & Felsenberg, 2000), αντίστοιχα, (Πίνακας 2). Χρησιμοποιήθηκαν 3 μοντέλα πλατφόρμας: η PowerPlate (North America Inc, USA), η Nemes (KB Ergotest, Mikkeli, Finland) και η Galileo (Novotec, Germany). Ανεξάρτητα από την πλατφόρμα, η διάρκεια εφαρμογής της δόνησης κυμάνθηκε από 30s (Bazett-Jones et al., 2008) έως 20min (Cardinale et al., 2006). Οι συμμετέχοντες σε κάθε έρευνα ήταν νεαρά άτομα, η ηλικία των οποίων δεν ξεπερνούσε τα 35 έτη. Ανάλογα με το πρωτόκολλο κάθε μελέτης, οι εξεταζόμενοι όφειλαν να εκτελούν είτε στατικές (Cochrane & Stannard, 2005) είτε δυναμικές ασκήσεις πάνω στην πλατφόρμα δόνησης (Cormie, Deane, Triplett, & McBride, 2006).

*Νευρομυϊκές προσαρμογές.* Η άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στη δύναμη μελετήθηκε από αρκετούς ερευνητές. Οι Torvinen et al. (2002b) μελέτησαν 16 νεαρά άτομα και βρήκαν αύξηση της IM-MF<sub>EF</sub> στο πρωτόκολλο δόνησης (ΠΔ), 2 λεπτά μετά το τέλος του προγράμματος, επίδραση η οποία δε διατηρήθηκε μετά από 1 ώρα. Αύξηση στην IM-MF<sub>EF</sub> για το ΠΔ βρήκαν και οι Bosco et al. (2000) στη μελέτη 14 νεαρών ανδρών, μετά από 10λεπτη εφαρμογή δόνησης. Σε άλλη έρευνα των ιδίων (Bosco et al., 1999), εφαρμόστηκε δόνηση στο ένα πόδι 6 νεαρών κοριτσιών, ενώ το άλλο χρησιμοποιήθηκε ως πόδι ελέγχου και παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης δύναμης, μόνο στο πόδι που εφαρμόστηκε η δόνηση. Επιπλέον, οι Jacobs και Burns (2008), μελέτησαν 20 νεαρά άτομα, τα οποία ακολούθησαν ένα ΠΔ και ένα πρωτόκολλο με άσκηση σε

**Πίνακας 1.** Μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με δόνηση

Έρευνα	Χαρακτηριστικά συμμετεχόντων	Ομάδες	Πρωτόκολλο			Αξιολόγηση	Αποτελέσματα
			Τύπος πλατφόρμας	Συχνότητα Εύρος	Ποσοτικά στοιχεία		
Bautmans et al. (2005)	21 (♂ & ♀), 77.5±11.0 ετών	2 (ΟΔ, ΟΑ)	PowerPlate	35-40Hz 2-5mm	6 ασκ, (1-3)σετ x (30-60)s + (30-60)s δ, 3 φ/εβ, 6 εβ	Στατικές & δυναμικές ασκήσεις ΕΓ, ισορροπία, κινητικότητα, δύναμη χειρολαβής	<b>IK-MF<sub>EF</sub></b> : ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΔ>ΟΑ) <b>IS</b> : ↑ ΟΔ & ↓ ΟΑ <b>KIN</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΑ <b>ΔX</b> : ∅ ΟΔ & ΟΑ <b>IS</b> : ↑ ΟΔ & ΟΑ, ∅ ΟΕ
Bogaerts et al. (2007)	161 (♂ & ♀), 60-80 ετών	3 (ΟΔ, ΟΑ, ΟΕ)	PowerPlate	35-40Hz, 2.5-5mm	8 ασκ, 8σετ x (30-60)s + (15-60)s δ, 3 φ/εβ, 48 εβ	Ισορροπία	<b>KA</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ
Bosco et al. (1998)	14 (♂ & ♀), A, 19-21 ετών	2 (ΟΔ, ΟΕ)	Galileo 2000	26Hz, 10mm	5 ασκ, 5σετ x 90s + 40s δ, 7φ/εβ, 10 ημ.	Κατακόρυφο άλμα	<b>KA</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ
Bruyere et al. (2005)	42 (♂ & ♀), 63-98 ετών	2 (ΟΔ+Φ, ΟΦ)	Galileo 2000	10-26Hz, 3-7mm	4σετ x 1min+90s δ, 3 φ/εβ, 6 εβ	Ισορροπία, ταχύτητα κίνησης	<b>IS</b> : ↑ ΟΔ+Φ & ↓ στην ΟΦ <b>TK</b> : ↑ ΟΔ+Φ & ΟΦ (ΟΔ+Φ>ΟΦ)
Cheung et al. (2003)	69 ♀, MA, >60 ετών	2 (ΟΔ, ΟΕ)	Galileo 900	20Hz, 4mm	3min, 3 φ/εβ, 12 εβ	Ισορροπία, ταχύτητα κίνησης	<b>IS</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ <b>TK</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ
Cochrane et al. (2004)	24 (♂ & ♀), A, 23.9±5.9 ετών	2 (ΟΔ, ΟΕ)	Galileo 2000	26Hz, 11mm	5 ασκ, 5σετ x 2min + 40s δ, 9 ημ (5ημ +2δ+4ημ)	Κατακόρυφο άλμα	<b>KA</b> : ∅ ΟΔ & ΟΕ
Delecluse et al. (2003)	67 ♀, MA, 21,4±2,1 ετών	4 (ΟΔ, ΟΕ, ΟΕΠ, ΟΑ)	PowerPlate	35-40Hz 2.5-5mm	3-20min/φ, 3 φ/εβ, 12 εβ	Στατικές & δυναμικές ασκήσεις ΕΓ	<b>KA</b> : ↑ ΟΔ & ∅ στις ΟΕ, ΟΕΠ, ΟΑ <b>IK-MF<sub>EF</sub></b> : ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΔ>ΟΑ) <b>IM-MF<sub>EF</sub></b> : ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΔ>ΟΑ)
De Ruiter et al. (2003)	19 (♂ & ♀), A, ≈20 ετών	2 (ΟΔ, ΟΕ)	Galileo 2000	30Hz, 8mm	(5-8)σετ x 1min+1min δ, 3 φ/εβ, 11 εβ	Κατακόρυφο άλμα, στατικές ασκήσεις ΕΓ	<b>KA</b> : ∅ ΟΔ & ΟΕ <b>IM-MF<sub>EF</sub></b> : ∅ ΟΔ & ΟΕ
Fagnani et al. (2006)	22 ♀, A, 21-27 ετών	2 (ΟΔ, ΟΕ)	Nemes	35Hz 4mm	2 ασκ, (3-4)σετ x (15-60)s + (30-60)s δ, 3 φ/εβ, 8 εβ	Κατακόρυφο άλμα, δυναμικές ασκήσεις ΕΓ, κινητικότητα	<b>IK-MF<sub>EF</sub></b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ <b>KA</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ <b>KIN</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ
Gusi et al. (2006)	28 ♀, ≈66 ετών	2 (ΟΔ, ΟΒ)	Galileo 2000	12Hz, 3mm	6σετ x 1min+1min δ, 3φ/εβ, 32εβ	Οστική πυκνότητα, ισορροπία	<b>ΟΠ (μηριαίου)</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΒ <b>IS</b> : ↑ ΟΔ, ∅ ΟΒ
Kvorning et al. (2006)	28 ♂, A, ≈ 23 ετών	3 (ΟΔ, ΟΔS, ΟS)	Galileo 2000	20-25Hz, 4mm	ΠΡΟΘ, 6σετ x 8επαν x 30s +2min δ	κατακόρυφο άλμα, δύναμη ΕΓ, ορμόνες	<b>IK-MF<sub>EF</sub></b> : ↑ ΟΔS & ΟS (ΟS>ΟΔS) <b>KA</b> : ∅ ΟΔS & ΟS & ΟΔ <b>OP</b> : ↑ T για ΟΔ & ΟΔS & ΟS, ↑ ΑΟ & ΚΟ για ΟΔS & ΟS, ∅ ΟΔ
Mahieu et al. (2006)	33 (♂ & ♀), σκιέρ, 9-15 ετών	2 (ΟΔ, ΟΑ)	Fitvibe	24-28Hz, 2-4mm	8 ασκ, (2-4)σετ x (30-60)s+1min δ, 3 φ/εβ, 6εβ	Δυναμικές ασκήσεις ΕΓ & ΠΚ	<b>IK-MF<sub>EF</sub></b> : ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΔ> ΟΑ) <b>IK--MF<sub>IK</sub></b> : ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΔ>ΟΑ) <b>IS</b> : ∅ ΟΑ & ΟΔ



Πίνακας 2. (συνέχεια)

Έρευνα	Χαρακτηριστικά συμμετεχόντων	Ομάδες	Πρωτόκολλο			Αξιολόγηση	Αποτελέσματα
			Τύπος πλατφόρμας	Συχνότητα Εύρος	Ποσοτικά στοιχεία		
Paradisus & Zacharogiannis (2007)	24 (♂ & ♀), A, 21.3±1.2 ετών	2 (ΟΔ, ΟΕ)	PowerPlate	30Hz, 2.5mm	4 ασκ, 3σετ x 8 επαν, 3 φ/εβ, 6 εβ	Κατακόρυφο άλμα, ταχύτητα κίνησης	<b>KA:</b> ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ <b>TK:</b> ↑ ΟΔ, ∅ ΟΕ
Rees et al. (2007)	43 (♂ & ♀), A, 66-85 ετών	3 (ΟΔ, ΟΑ, ΟΕ)	Galileo Sport	26Hz, 8mm	5- 6σετ x (45-80)s + (45-80)s δ, 3φ/εβ, 8 εβ	Ταχύτητα κίνησης (TK), δυναμικές ασκήσεις ΠΚ	<b>TK:</b> ↑ ΟΔ, ∅ ΟΑ & ΟΕ <b>IK-MF<sub>IK</sub>:</b> ↑ ΟΔ & ΟΑ, ∅ ΟΕ
Roelants et al. (2004)	69 ♀, MA, 58-74 ετών	3 (ΟΔ, ΟΑ, ΟΕ)	PowerPlate	35-40Hz, 2.5-5mm	3-10min/φ, 3 φ/εβ, 24 εβ	Στατικές ασκήσεις ΕΓ, κατακόρυφο άλμα, δυναμικές ασκήσεις ΕΓ	<b>IM-MF<sub>EF</sub>:</b> 12 εβ: ∅ ΟΕ, ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΑ>ΟΔ), 24 εβ: □ ΟΑ&ΟΔ, ↓ ΟΕ <b>KA:</b> 12 εβ: ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΔ>ΟΑ), ∅ ΟΕ/ 24εβ: □ ΟΑ & ΟΔ & ΟΕ <b>IK-MF<sub>EF</sub>:</b> 12 εβ: ↑ ΟΔ & ΟΑ, ∅ ΟΕ/ 24 εβ: ↑ ΟΔ, ∅ ΟΑ & ΟΕ
Torvinen et al. (2002a)	52 (♂ & ♀), MA, 19-38 ετών	2 (ΟΔ, ΟΕ)	Kuntotary	25-40Hz, 2mm	6 ασκ, 4σετ x 60s+1min δ, 3-5φ/εβ, 16 εβ	Κατακόρυφο άλμα, δύναμη χειρολαβής, στατικές ασκήσεις ΕΓ, ισορροπία	<b>KA:</b> 8 εβ: ↑ ΟΔ & ↓ ΟΕ/ 16 εβ: ↑ ΟΔ & ΟΕ (ΟΔ>ΟΕ) <b>ΔX:</b> 8 εβ & 16 εβ: ∅ ΟΔ & ΟΕ <b>IM-MF<sub>EF</sub>:</b> 8 εβ: ↑ ΟΔ & ΟΕ (ΟΔ>ΟΕ)/ 16 εβ: ΟΔ & ΟΕ <b>ΙΣ:</b> 8 εβ & 16 εβ: ∅ ΟΔ & ΟΕ
Torvinen et al. (2003)	53 (♂ & ♀), MA, 19-38 ετών	2 (ΟΔ, ΟΕ)	Kuntotary	25-45Hz, 2mm	4x60s, 3-5 φ/εβ, 32 εβ	Οστική πυκνότητα, κατακόρυφο άλμα, στατικές ασκήσεις ΕΓ, ισορροπία, δύναμη χειρολαβής	<b>ΟΠ:</b> ∅ μάζα, δομή & μηχανική αντοχή του οστού <b>KA:</b> ↑ ΟΔ & ΟΕ (ΟΔ>ΟΕ) <b>IM-MF<sub>EF</sub>:</b> ∅ ΟΔ & ΟΕ <b>ΙΣ:</b> ∅ ΟΔ & ΟΕ <b>ΔX:</b> ∅ ΟΔ & ΟΕ <b>KIN:</b> ↑ ΟΔ+ΔΤ & ΟΔΤ (ΟΔ+ΔΤ > ΟΔΤ)
Van der Tillaar (2006)	18 (♂ & ♀), A, 21.5±2.0 ετών	2 (ΟΔ+ΔΤ, ΟΔΤ)	Nemes	28Hz, 10mm	30s, 3 φ/εβ, 4 εβ	Κινητικότητα	
Verschuieren et al. (2004)	70 ♀, 58-74 ετών	3 (ΟΔ, ΟΑ, ΟΕ)	PowerPlate	35-40Hz, 1.7-2.5mm	5 ασκ, 3 φ/εβ, 24 εβ	Στατικές & δυναμικές ασκήσεις ΕΓ, οστική πυκνότητα, ισορροπία, άλυπη σωματική μάζα	<b>IM-MF<sub>EF</sub>:</b> ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΑ>ΟΔ), ∅ ΟΕ <b>IK-MF<sub>EF</sub>:</b> ↑ ΟΔ & ΟΑ (ΟΔ>ΟΑ), ∅ ΟΕ <b>ΟΠ (μηριαίου):</b> ↑ ΟΔ, ∅ ΟΑ & ΟΕ <b>ΙΣ:</b> ↓ εύρος μετατόπισης ΟΔ & ΟΑ, ∅ ΟΕ <b>Λίπος:</b> ↓ ΟΔ & ΟΑ (ΟΔ<ΟΑ), ∅ ΟΕ

στατικό ποδήλατο (ΠΠΟΔ) και βρήκαν ότι η  $IK-MF_{EF}$  βελτιώθηκε στο ΠΔ, ενώ μειώθηκε στο ΠΠΟΔ. Τα ίδια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για τους καμπτήρες του γόνατος (Jacobs & Burns, 2008).

Αντίθετα ήταν τα αποτελέσματα των Erskine, Smillie, Leiper, Ball και Cardinale (2007), οι οποίοι εξέτασαν 9 νεαρούς άνδρες που συμμετείχαν, τόσο σε ΠΔ, όσο και σε πρωτόκολλο ελέγχου (ΠΕ). Συγκεκριμένα, τα άτομα εκτέλεσαν ισομετρικές εκτάσεις γόνατος και βρέθηκε ότι υπήρξε μείωση της  $IM-MF_{EF}$  για το ΠΔ, τόσο αμέσως μετά ( $229.4 \pm 53.2Nm$ ), όσο και μετά από 1 και 2 ώρες ( $231.6 \pm 59.9Nm$  και  $233.0 \pm 56.4Nm$ , αντίστοιχα) από το τέλος του προγράμματος, σε σχέση με την αρχική μέτρηση ( $252.7 \pm 56.4Nm$ ). Οι Cormie et al. (2006), εφάρμοσαν σε 9 ασκούμενους άνδρες, 4 διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης, εκ των οποίων τα δύο περιελάμβαναν δόνηση. Τα άτομα εκτέλεσαν, είτε κατακόρυφα άλματα με δόνηση (ΠΚΑΔ) ή χωρίς δόνηση (ΠΚΑ), είτε βαθύ κάθισμα με δόνηση (ΠΣΔ) ή χωρίς δόνηση (ΠΣ) και δε βρέθηκε καμία άμεση επίδραση σε κανένα από τα 4 πρωτόκολλα, τόσο αμέσως μετά, όσο και μετά από 5, 15 και 30 λεπτά από το τέλος του προγράμματος. Παρόμοια, οι Kvorning et al. (2006) μελέτησαν 28 νεαρούς ασκούμενους άνδρες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες, κάθε μια από τις οποίες εφάρμοσε ένα από τα παρακάτω πρωτόκολλα άσκησης: δόνηση (ΠΔ), βαθύ κάθισμα, (ΠΣ) και βαθύ κάθισμα με δόνηση (ΠΣΔ). Κανένα από τα 3 πρωτόκολλα άσκησης δε φάνηκε να επηρεάζει τη δύναμη των εκτεινόντων μυών του γόνατος. Κρίνεται απαραίτητη περαιτέρω έρευνα με έμφαση, ενδεχομένως, στην επίδραση διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης με δόνηση στη δύναμη.

Σε ότι αφορά στη δύναμη χειρολαβής, αυτή αξιολογήθηκε από διάφορους ερευνητές, οι οποίοι δε βρήκαν καμία άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση σε καμία ομάδα (Cochrane & Stannard, 2005; Torvinen et al., 2002b).

Η μελέτη της κατακόρυφης αλτικότητας δε φαίνεται να οδηγεί σε κάποιο σαφές συμπέρασμα. Σε αρκετές μελέτες υπάρχει ένδειξη θετικής επίδρασης της άσκησης με δόνηση (Bazett-Jones et al., 2008; Bosco et al., 2000; Cardinale & Lim, 2003; Cochrane & Stannard, 2005; Cormie et al., 2006; Torvinen et al., 2002b). Τα πρωτόκολλα άσκησης που χρησιμοποιήθηκαν στις παραπάνω μελέτες ποικίλουν και περιλαμβάνουν, είτε μια ομάδα δόνησης στην οποία εφαρμόστηκε σταθερό (Bosco et al., 2000) ή μεταβαλλόμενο (Bazett-Jones et al., 2008) πρωτόκολλο, είτε περισσότερες της μιας ομάδας, στις οποίες εκτελέστηκε διαφορετικού τύπου άσκησης πχ. ποδήλατο (Cochrane & Stannard, 2005) η οποία λειτούργησε ως ομάδα ελέγχου (Torvinen et al., 2002b). Πιο συγκεκριμένα, στη μελέτη τους οι Bosco et al. (2000), βρήκαν αύξηση του κατακόρυφου

άλματος μετά το τέλος του προγράμματος. Χαρακτηριστική είναι, επίσης, η έρευνα των Bazett-Jones et al. (2008) οι οποίοι μελέτησαν 44 μη ασκούμενα άτομα χρησιμοποιώντας σταθερό χρόνο εφαρμογής, αλλά μεταβάλλοντας τη συχνότητα και το πλάτος ταλάντωσης της δόνησης (Πίνακας 2). Είναι αξιοσημείωτο ότι, ενώ υπήρξε βελτίωση για τις γυναίκες σε κάποια πρωτόκολλα (34Hz, 4-6mm και 50Hz, 4-6mm), δεν υπήρξε βελτίωση στους άνδρες σε κανένα από τα 4 πρωτόκολλα. Οι Torvinen et al. (2002b) χρησιμοποίησαν μία ομάδα 16 νεαρών ατόμων η οποία συμμετείχε σε 2 πρωτόκολλα, τόσο σε ΠΔ όσο και σε ΠΕ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, για το ΠΔ υπήρξε στατιστικά σημαντική αύξηση της κατακόρυφης αλτικότητας για τα πρώτα 2 λεπτά, αύξηση η οποία δε διατηρήθηκε 1 ώρα μετά το τέλος του προγράμματος.

Επιπλέον, υπήρξαν έρευνες στις οποίες η άσκηση με δόνηση συγκρινόταν με άλλου είδους εφαρμογές όπως πχ. με ασκήσεις ενδυνάμωσης σε ποδήλατο (Cormie et al., 2006), ή με το βάρος του σώματος (Cochrane & Stannard, 2005). Οι Cochrane και Stannard (2005), βρήκαν αύξηση του κατακόρυφου άλματος στο ΠΔ, ενώ οι Cormie et al. (2006), βρήκαν ότι μόνο τα άτομα που εκτέλεσαν κατακόρυφα άλματα με δόνηση (ΠΚΑΔ) είχαν αύξηση αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος, σε σχέση με εκείνα που εκτέλεσαν μόνο κατακόρυφα άλματα (ΠΚΑ) ή μόνο βαθύ κάθισμα (ΠΣ) ή βαθύ κάθισμα με δόνηση (ΠΣΔ), (Πίνακας 2). Στην έρευνα των Rittweger, Mutschelknauss και Felsenberg (2003), αντίθετα, δε βρέθηκε καμία επίδραση στην κατακόρυφη αλτικότητα, παρόλο που το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν παρόμοιο με αυτό των προαναφερθέντων ερευνών. Τέλος, αρνητικά ήταν τα αποτελέσματα των Artero et al. (2007), οι οποίοι μελέτησαν 114 νεαρά ασκούμενα άτομα, τα οποία χώρισαν σε 5 ομάδες, κάθε μια από τις οποίες εκτέλεσε ένα διαφορετικό πρωτόκολλο με συχνότητα που κυμάνθηκε από 20-30Hz, χρόνο εφαρμογής 90 ή 120s και σταθερό πλάτος ταλάντωσης 6mm. Παρόλο που τα αποτελέσματα σε ότι αφορά στην κατακόρυφη αλτικότητα φαίνεται να είναι θετικά στις περισσότερες έρευνες, απαιτείται περισσότερη μελέτη, προκειμένου αφενός να επιβεβαιωθεί το παραπάνω συμπέρασμα και αφετέρου να καθοριστούν τα πρωτόκολλα εκείνα που με τη χρήση τους βελτιώνονται περισσότερο οι επιδόσεις στο κατακόρυφο άλμα.

Όσον αφορά στην κινητικότητα, στις έρευνες που εξετάστηκαν σε αυτή την ανασκόπηση χρησιμοποιήθηκε η δοκιμασία αναδίπλωσης του κορμού (sit-and-reach), (Cardinale & Lim, 2003; Cochrane & Stannard, 2005; Jacobs & Burns, 2008; Καρταράντου, Γεροδήμος, Σωτηριάδης, & Χάνου, 2008). Οι Cardinale και Lim (2003) μελέτησαν 15 μη ασκούμενα άτομα, τα οποία χώρισαν σε 2 ομάδες δό-

νησης, με σταθερό πλάτος ταλάντωσης (4mm) και μεταβαλλόμενη συχνότητα (20Hz και 40Hz). Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ευλυγισία των ισχιοκνημιαίων των συμμετεχόντων, μόνο όταν συμμετείχαν στο πρωτόκολλο με τη χαμηλή συχνότητα (20Hz). Παρόμοια, οι Cochrane και Stannard (2005) μελέτησαν 18 παίκτριες του χόκεϊ υψηλού επιπέδου, οι οποίες ακολούθησαν 3 διαφορετικά πρωτόκολλα: άσκηση στο ποδήλατο (ΠΠΟΔ), άσκηση πάνω στην πλατφόρμα δόνησης με και χωρίς την εφαρμογή δόνησης. Στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε μόνο όταν το δείγμα ακολούθησε το πρωτόκολλο της άσκησης με δόνηση (8.2±5.4%), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική επίδραση στα άλλα δύο πρωτόκολλα (Cochrane & Stannard, 2005). Οι Καρατράντου και συν. (2008), μελέτησαν 16 νεαρές γυναίκες οι οποίες συμμετείχαν σε πρωτόκολλο δόνησης (ΠΔ), (25Hz, 4mm) και πρωτόκολλο ελέγχου (ΠΕ). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο πρωτοκόλλων, τόσο ανά ομάδα, όσο και ανά μέτρηση, με την ομάδα δόνησης να εμφανίζει συνολικά αύξηση της κινητικότητας κατά 4.5±3.5%. Τέλος, οι Jacobs και Burns (2008), μελέτησαν 20 νεαρά άτομα που ακολούθησαν 2 πρωτόκολλα και βρήκαν ότι η κινητικότητα βελτιώθηκε περισσότερο στο ΠΔ παρά στο ΠΠΟΔ (33.7±7.9cm έναντι 31.1±8.9cm, αντίστοιχα). Παρόλο που από τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι η δόνηση επιδρά θετικά στην κινητικότητα της άρθρωσης του ισχίου, κρίνεται απαραίτητη περαιτέρω μελέτη προκειμένου να επιβεβαιωθεί το παραπάνω αποτέλεσμα.

Η ισορροπία δεν έχει μελετηθεί εκτενώς σε ότι αφορά στον τρόπο που επηρεάζεται άμεσα από την άσκηση με δόνηση. Μόνο οι Torvinen et al. (2002b) εξέτασαν 16 άτομα και βρήκαν μείωση στο ΠΔ και αύξηση στο ΠΕ, 2 λεπτά μετά το τέλος του προγράμματος, μεταβολές οι οποίες δε διατηρήθηκαν 1 ώρα μετά το τέλος του προγράμματος. Είναι εμφανές ότι χρειάζεται εκτενέστερη μελέτη προκειμένου να ληφθούν πιο αξιόπιστα συμπεράσματα.

*Καρδιαγγειακές προσαρμογές.* Λίγες είναι οι έρευνες που μελετούν την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στο καρδιαγγειακό σύστημα. Σε αυτές αξιολογήθηκε, κυρίως, η καρδιακή συχνότητα, (Cardinale et al., 2006; Jacobs & Burns, 2008; Kerschanschindl et al., 2001; Rittweger et al., 2000), όπως επίσης η αρτηριακή πίεση και η πρόσληψη οξυγόνου (Rittweger et al., 2000). Πιο συγκεκριμένα, οι Cardinale et al. (2006) παρατήρησαν αύξηση της καρδιακής συχνότητας και στα 3 πρωτόκολλα που ακολούθησαν οι 9 άνδρες του δείγματος, ενώ δεν προέκυψε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά κατά τη σύγκριση των πρωτοκόλλων μεταξύ τους. Οι Rittweger et al. (2000), μελέτησαν 37 άτομα τα οποία εκτέλεσαν την πρώτη μέρα πρωτόκολλο σε

στατικό ποδήλατο (ΠΠΟΔ), ενώ τις άλλες δύο πρωτόκολλο δόνησης (ΠΔ<sub>1</sub> & ΠΔ<sub>2</sub>). Χρησιμοποιώντας επιπλέον επιβάρυνση, έδωσαν εντολή στους εξεταζόμενους να εκτελέσουν βαθύ κάθισμα μέχρι εξαντλήσεως και βρήκαν αύξηση στην καρδιακή συχνότητα, αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος, τόσο στο ΠΠΟΔ, όσο και στα ΠΔ<sub>1</sub> και ΠΔ<sub>2</sub>, με την καρδιακή συχνότητα του ΠΠΟΔ να είναι μεγαλύτερη από τις άλλες ομάδες (171±16 bpm σε σχέση με 128±22bpm για ΠΔ<sub>1</sub> και 129±23 bpm για ΠΔ<sub>2</sub>). Δεκαπέντε λεπτά από το τέλος του προγράμματος, τα επίπεδα της καρδιακής συχνότητας ήταν παρόμοια με αυτά που είχαν οι εξεταζόμενοι πριν την έναρξη αυτού. Τα ίδια αποτελέσματα προέκυψαν από την έρευνα των Jacobs και Burns (2008), οι οποίοι βρήκαν ότι, όταν το δείγμα ακολούθησε το ΠΠΟΔ είχε μεγαλύτερη αύξηση στην καρδιακή συχνότητα (104.9±12.3bpm) σε σχέση με το ΠΔ (93.2±22.6bpm). Αντίθετα, οι Kerschanschindl et al. (2001) μελέτησαν 20 νεαρά άτομα και βρήκαν ότι το πρωτόκολλό τους (26Hz, 3mm, 9min, 3 θέσεις) δεν επέδρασε στην καρδιακή συχνότητα. Είναι φανερό από τα παραπάνω αποτελέσματα, ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα, προκειμένου να ληφθεί ένα σαφές συμπέρασμα σχετικά με την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στην καρδιακή συχνότητα.

Εκτός από την καρδιακή συχνότητα, οι Rittweger et al. (2000) μελέτησαν την αρτηριακή πίεση 37 ατόμων και βρήκαν αύξηση της συστολικής αρτηριακής πίεσης και μείωση της διαστολικής αρτηριακής πίεσης και για τις 3 ομάδες, με το ΠΠΟΔ να προηγείται (148±18, 65±15mmHg) σε σχέση με το ΠΔ<sub>1</sub> (132±16, 52±14mmHg) και το ΠΔ<sub>2</sub> (135±16, 50±20mmHg). Η παραπάνω διαφορά δε διατηρήθηκε σε επαναμέτρηση στα 15 λεπτά. Παρόμοιες ήταν και οι μετρήσεις για την πρόσληψη οξυγόνου, η οποία βρέθηκε μεγαλύτερη για το ΠΠΟΔ (44.8±7.9ml min<sup>-1</sup>Kg<sup>-1</sup>) και μικρότερη για τα ΠΔ<sub>1</sub> και ΠΔ<sub>2</sub> (21.3±4.0ml min<sup>-1</sup>Kg<sup>-1</sup> και 22.1±4.1ml min<sup>-1</sup>Kg<sup>-1</sup>, αντίστοιχα). Δεν έχει βρεθεί κάποια άλλη έρευνα που να μελετά την αρτηριακή πίεση και την πρόσληψη οξυγόνου, έτσι ώστε να μπορέσουν να γίνουν συγκρίσεις. Φαίνεται όμως ότι η άσκηση με δόνηση μέχρι εξαντλήσεως του εξεταζόμενου, μπορεί να προκαλέσει ήπια ενεργοποίηση του καρδιαγγειακού συστήματος. Περαιτέρω έρευνα θα οδηγήσει σε πιο ασφαλή συμπεράσματα.

*Ορμονικές προσαρμογές.* Αναλογικά με τις μελέτες της μακροχρόνιας επίδρασης, φαίνεται πως ο αριθμός των ερευνών που αξιολογούν την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στο ανθρώπινο ορμονικό σύστημα είναι περισσότερες. Οι ορμόνες που εξετάστηκαν επί το πλείστον ήταν η τεστοστερόνη, η αυξητική ορμόνη και η κορτιζόλη. Στην έρευνά τους οι Bosco et al. (2000) μελέτησαν 14 νεαρούς άνδρες και βρήκαν αύξηση της τεστοστερόνης και

**Πίνακας 3.** Άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση (ΠΔ<sub>1</sub>-ΠΔ<sub>5</sub>: 5 διαφορετικά πρωτόκολλα δόνησης, ΕΠΑΝ: επαναξιολόγηση, ΑΜ: αμέσως μετά, ΚΑ: κατακόρυφη αλτικότητα, ↓: μείωση, Ø: καμία επίδραση, ΜΑ: μη ασκούμενοι, ΠΔ: πρωτόκολλο δόνησης, ΠΡΟΘ: προθέρμανση, ↑: αύξηση, Α: ασκούμενοι, δ: διάλειμμα, επαν: επανάληψες, δ/επαν: διάλειμμα/ επανάληψη, ΠΕ: πρωτόκολλο ελέγχου, ΕΓ: εκτεινόντες γόνατος, ΙΜ-ΜΓ<sub>ΕΓ</sub>: ισομετρική ροπή δύναμης των ΕΓ, ΟΡ: ορμόνες, ΚΟ: κορτιζόλη, Τ: τεστοστερόνη, ΑΟ: αυξητική ορμόνη, ΧΠΔ: χαμηλής συχνότητας δόνηση, ΥΠΔ: υψηλής συχνότητας δόνηση, Δ/Α: δεν αναφέρεται, ΚΣ: καρδιακή συχνότητα, ΑΠΙ: αυξητικός παράγων ινσουλίνης, ΚΙΝ: κινητικότητα, ΕΙΣΧ: ευλυγισία ισχιοκνημιαίων, ΠΠΟΔ: πρωτόκολλο ποδηλάτου, ΔΧ: δύναμη χειρολαβής, ΠΚΑΔ: πρωτόκολλο κατακόρυφου άλματος σε συνδυασμό με δόνηση, ΠΚΑ: πρωτόκολλο κατακόρυφου άλματος, ΠΔΣ: πρωτόκολλο squat σε συνδυασμό με δόνηση, ΠΣ: πρωτόκολλο squat, ΕΠ: επινεφρίνη, ΝΕΠ: νορ-επινεφρίνη, ΛΙ: λιπίδια, ΕΛΟ: ελεύθερα λιπίδια, ΚΓ: καμπιτήρες γόνατος, ΙΚ-ΜΓ<sub>ΕΓ</sub>: ισοκίνητική ροπή δύναμης των ΕΓ, ΙΚ-ΜΓ<sub>ΚΓ</sub>: ισοκίνητική ροπή δύναμης των ΚΓ, ΓΟ: γαλακτικό οξύ, +Β: επιπλέον βάρους, ΣΑΠ: συστολική αρτηριακή πίεση, ΔΑΠ: διαστολική αρτηριακή πίεση, ΠΟ<sub>2</sub>: πρόσληψη Ο<sub>2</sub>, ΙΣ: ισορροπία)

Έρευνα	Χαρακτηριστικά Συμμετεχόντων	Ομάδες/ (πρωτόκολλα)	Τύπος πλατφόρμας	Πρωτόκολλο			Αξιολόγηση	Αποτελέσματα
				Συχνότητα Εύρος	Ποσοτικά στοιχεία			
Artero et al. (2007)	114 (♂ & ♀), 19.6±2.0 ετών	5 (ΠΔ <sub>1</sub> , ΠΔ <sub>2</sub> , ΠΔ <sub>3</sub> , ΠΔ <sub>4</sub> , ΠΔ <sub>5</sub> )	Galileo 900	20Hz 25Hz 30Hz } 6mm	90s για (20,25,30Hz) 120s για (20,25Hz, 3 θέσεις, ΕΠΑΝ: ΑΜ, 2min	Κατακόρυφο άλμα	ΚΑ: ↓ για όλες τις ομάδες, Ø αλληλεπίδραση μεταξύ των ομάδων, πλήρους επαναφορά μετά τα 2min	
Bazett-Jones et al. (2008)	44 (♂&♀), ΜΑ, ♂: 20.2±2.1 ♀: 18.8±1.0	1 (ΠΔ)	PowerPlate	0 Hz, 0mm, 30Hz, 2-4mm, 40Hz, 2-4mm, 34Hz, 4-6mm, 50Hz, 4-6mm	5min ΠΡΟΘ + 9x5s, 90° ΚΓ ΕΠΑΝ: ΑΜ, 5, 10min	Κατακόρυφο άλμα	ΚΑ: ↑ στις ♀ στα 34Hz, 4-6mm (p=.0064) ↑ στις ♀ στα 50Hz, 4-6mm (p=.0125) Ø στους ♂ σε όλες τις κατηγορίες	
Bosco et al. (2000)	14 ♂, Α, 21.5±4.6 ετών	1 (ΠΔ)	Nemes	26Hz, 4mm	10min ΠΡΟΘ, 10x60s + 60s δ, (=10min), 6min δ/επαν	Ορμόνες, κατακόρυφο άλμα, δύναμη ΕΓ	ΙΜ-ΜΓ <sub>ΕΓ</sub> : ↑ ΠΔ ΚΑ: ↑ ΠΔ ΟΡ: ↓ ΚΟ, ↑ Τ & ΑΟ	
Bosco et al. (1999)	6 ♀, Α, 19.5±2.1 ετών	1 (ΠΔ+ΠΕ)	Galileo 2000	26 Hz, 10 mm	10min ΠΡΟΘ + 10x60s+1min δ/επαν	Ταχύτητα, δύναμη, ισχύς	Μέση δύναμη: ↑ στο ΠΔ, Ø στο ΠΕ Μέση ταχύτητα: ↑ στο ΠΔ, Ø στο ΠΕ Μέση ισχύς: ↑ στο ΠΔ, Ø στο ΠΕ	
Cardinale et al. (2006)	9 ♂, Α, 22±2 ετών	1 (ΠΕ, ΧΠΔ, ΥΠΔ)	Δ/Α	30Hz, 1.5-3mm	6min ΠΡΟΘ, 2 σετ, 10x60s καθίσματα + 60s δ/επαν, 5min δ, 10x60s+60s δ/επαν	ορμόνες, ΚΣ	ΟΡ: Ø στις Τ & ΑΠΙ για ΠΕ & ΧΠΔ & ΥΠΔ ΚΣ: ↑ ΠΕ & ΧΠΔ & ΥΠΔ/ Ø κατά τη σύγκριση των ομάδων	
Cardinale & Lim (2003)	15 (♂&♀) ΜΑ, ΠΔ <sub>1</sub> :21±2.2 ετών ΠΔ <sub>2</sub> :20.4±0.5 ετών	1 (ΠΔ <sub>1</sub> , ΠΔ <sub>2</sub> )	Nemes	20Hz,4mm (ΠΔ <sub>1</sub> ) 40Hz,4mm (ΠΔ <sub>2</sub> )	10min ΠΡΟΘ, 5x60s+60s δ/επαν	κατακόρυφο άλμα, ελαστικότητα	ΚΙΝ: ↑ ΕΙΣΧ για ΠΔ <sub>1</sub> (13.5%), Ø για ΠΔ <sub>2</sub> ΚΑ: ↑ για ΠΔ <sub>1</sub> (3.9%), Ø για ΠΔ <sub>2</sub>	
Cochrane & Stannard (2005)	18 ♀, Α, 21.8±5.9 ετών	1 (ΠΔ,ΠΕ, ΠΠΟΔ)	Galileo Sport	26Hz, 6mm	6 θέσεις, 5min/ ομάδα	κατακόρυφο άλμα, ελαστικότητα, δύναμη χειρολαβής	ΚΑ: ↑ ΠΔ, Ø ΠΕ & ΠΠΟΔ ΚΙΝ: ↑ ΠΔ, Ø ΠΕ & ΠΠΟΔ ΔΧ: Ø για ΠΔ & ΠΕ & ΠΠΟΔ	
Cormie et al. (2006)	9 ♂, Α, (19-23 ετών)	1 (ΠΚΑΔ, ΠΚΑ, ΠΔΣ, ΠΣ)	PowerPlate	30Hz, 2.5mm	5min ΠΡΟΘ + 30s, 100° ΚΓ ΕΠΑΝ: ΑΜ,5,15,30min	Βαθό κάθισμα, κατακόρυφη αλτικότητα	ΚΑ: ↑ ΠΚΑΔ (ΑΜ), Ø ΠΚΑ, ΠΔΣ, ΠΣ (ΑΜ), Ø ΠΚΑΔ, ΠΚΑ, ΠΔΣ & ΠΣ στα 5,15,30min Μέγιστη δύναμη: Ø σε ΠΚΑΔ, ΠΚΑ, ΠΔΣ & ΠΣ στα 5,15,30min Μέγιστη ισχύς: Ø σε ΠΚΑΔ, ΠΚΑ, ΠΔΣ & ΠΣ στα 5,15,30min	

Πίνακας 2. (συνέχεια)

Έρευνα	Χαρακτηριστικά Συμμετεχόντων	Ομάδες/ (πρωτόκολλα)	Πρωτόκολλο				Αξιολόγηση	Αποτελέσματα
			Τύπος πλατφόρμας	Συχνότητα Εύρος	Ποσοτικά στοιχεία			
Erskine et al. (2007)	7 ♂, 22.3±2.7 ετών	1 (ΠΔ, ΠΕ)	Nemes	30Hz, 4mm	5min ΠΡΟΘ, 10x60s+60s δ/επαν, ΕΠΑΝ: AM, 1h, 2h & 24h	ορμόνες, δύναμη ΕΓ	<b>ΟΡ:</b> ∅ T & ΚΟ για ΠΕ & ΠΔ στη 1h, 2h, 24h <b>ΙΜ-ΜF<sub>ΕΓ</sub>:</b> ↓ ΠΔ (229.4±53.2Nm AM, 231.6±59.9Nm 1h, 233.0±56.4Nm 2h) <b>ΟΡ:</b> ↑ ΕΠ & ΝΕΠ για ΠΔ AM, ↓ ΔΙ για ΠΔ & ΠΕ στα 150min, ↑ ΕΛΛ για ΠΔ στα 150, 180 & 210 min	
Goto & Takamatsu (2005)	8 ♂, MA, 23.4±0.9 ετών	1 (ΠΔ, ΠΕ)	Galileo 900	26Hz, 2.5mm	10x60s+60s δ/επαν, ΕΠΑΝ: AM, 20, 60, 120, 150, 180 & 210 min	ορμόνες	<b>ΟΡ:</b> ↑ ΕΠ & ΝΕΠ για ΠΔ AM, ↓ ΔΙ για ΠΔ & ΠΕ στα 150min, ↑ ΕΛΛ για ΠΔ στα 150, 180 & 210 min	
Jacobs & Burns (2008)	20 (♂&♀), A, 28.6±7.3 ετών	1 (ΠΔ, Π-ΠΟΔ)	Galileo 2000	26Hz, Δ/A	6min	Κινητικότητα, ΚΣ, δύναμη ΕΓ & ΚΓ	<b>ΚΙΝ:</b> ↑ ΠΔ & ΠΠΟΔ (ΠΔ>ΠΠΟΔ) <b>ΚΣ:</b> ↑ ΠΠΟΔ & ΠΔ (ΠΠΟΔ>ΠΔ) <b>ΙΚ-ΜF<sub>ΕΓ</sub>:</b> ↑ ΠΔ & ↓ ΠΠΟΔ <b>ΙΚ-ΜF<sub>ΚΓ</sub>:</b> ↑ ΠΔ & ↓ ΠΠΟΔ <b>ΚΙΝ:</b> ↑ ΠΔ συνολικά (4.5±3.5%cm) ΠΔ>ΠΕ για 2 <sup>η</sup> και 3 <sup>η</sup> μέτρηση	
Καρατράντου & συν. (2008)	16 ♀, A, 20.59±1.9 ετών	1 (ΠΔ, ΠΕ)	Galileo	25Hz, 4mm	6min, ΕΠΑΝ: AM, 15min	Κινητικότητα	<b>ΚΣ:</b> ∅ για ΠΔ ↑ αριθμού διακριτών αγγείων διαμέτρου ≥2mm για 4κέφαλο & γαστροκνήμιο	
Kersch-Schindl et al. (2001)	20 (♂&♀), MA, 25-35 ετών	1 (ΠΔ)	Galileo 2000	26 Hz, 3 mm	3 θέσεις, 3x3min (=9min), χωρίς δ.	ΚΣ, εύρος αυλού αγγείων	<b>ΚΣ:</b> ∅ για ΠΔ ↑ αριθμού διακριτών αγγείων διαμέτρου ≥2mm για 4κέφαλο & γαστροκνήμιο	
Kvorning et al. (2006)	28 ♂, A, ≈ 23 ετών	3 (ΠΔ, ΠΔS, ΠS)	Galileo 2000	20-25Hz, 4mm	ΠΡΟΘ, 6σετ x 8επαν x 30s +2min δ/επαν	κατακόρυφο άλμα, δύναμη ΕΓ, ορμόνες	<b>ΙΚ-ΜF<sub>ΕΓ</sub>:</b> ∅ ΠΔS & ΠS & ΠΔ <b>ΟΡ:</b> ↑ T για ΠΔ, ΠΔS & ΠS, ↑ ΑΟ για ΠΔ, ΠΔS & ΠS, ↑ ΚΟ για ΠΔS	
Rittweger et al. (2003)	19 (♂&♀), ♀: 21.8±2.7 ετών, ♂: 24.4±2.8 ετών	1 (ΠΔS, ΠS)	Galileo 2000	26Hz, 12mm	10min ΠΡΟΘ, ΕΠΑΝ: AM, 10min	δύναμη ΕΓ, κατακόρυφο άλμα	<b>ΟΡ:</b> ↑ ΓΟ ΠΔS & ΠΔ (ΠΔS≈ΠΔ) <b>ΚΑ:</b> ∅ ΠΔ & ΠΔS	
Rittweger et al. (2000)	37 (♂&♀), 23.5±2.7 ετών	1 (ΠΠΟΔ, ΠΔ <sub>1</sub> , ΠΔ <sub>2</sub> )	Galileo	26Hz, Δ/A	30s όρθιοι, n x 6s OS(μέχρι εξάντληση) (+B) ΕΠΑΝ: AM, 15min	ΣΑΠ, ΔΑΠ, ΚΣ, πρόσληψη οξυγόνου, ροή αίματος σε ΓΚ, δύναμη ΕΓ	<b>ΣΑΠ:</b> ↑ ΠΠΟΔ & ΠΔ <sub>1</sub> & ΠΔ <sub>2</sub> (ΠΠΟΔ>ΠΔ <sub>2</sub> , ΠΔ <sub>1</sub> ) / ∅ 15min <b>ΔΑΠ:</b> ↓ ΠΠΟΔ & ΠΔ <sub>1</sub> & ΠΔ <sub>2</sub> / ∅ 15min <b>ΚΣ:</b> ↑ ΠΠΟΔ & ΠΔ <sub>1</sub> & ΠΔ <sub>2</sub> (ΠΠΟΔ>ΠΔ <sub>2</sub> , ΠΔ <sub>1</sub> ) / ∅ 15min <b>ΠΟ<sub>2</sub>:</b> ↑ ΠΠΟΔ & ΠΔ <sub>1</sub> & ΠΔ <sub>2</sub> (ΠΠΟΔ>ΠΔ <sub>2</sub> >ΠΔ <sub>1</sub> ) <b>ΚΑ:</b> ↑ ΠΔ, ∅ ΠΕ στα 2min/ ∅ ΠΕ & ΠΔ στα 60min <b>ΔΧ:</b> ∅ για ΠΔ & ΠΕ στα 2min & 60 min <b>ΙΜ-ΜF<sub>ΕΓ</sub>:</b> ↑ ΠΔ & ↓ ΠΕ στα 2min/ ∅ ΠΔ & ΠΕ στα 60min <b>ΙΣ:</b> ↑ ΠΕ & ↓ ΠΔ στα 2min/ ∅ ΠΔ & ΠΕ στα 60min	
Torvinen et al. (2002b)	16 (♂&♀), 24-33 ετών	1 (ΠΔ, ΠΕ)	Galileo 2000	15-30Hz, 10mm	4min ΠΡΟΘ, 6 ασκ, 4x60s(=4min) ΕΠΑΝ: 2, 60min	ισορροπία, δύναμη χειρολαβής, δύναμη ΕΓ, κατακόρυφο άλμα	<b>ΚΑ:</b> ↑ ΠΔ, ∅ ΠΕ στα 2min/ ∅ ΠΕ & ΠΔ στα 60min <b>ΔΧ:</b> ∅ για ΠΔ & ΠΕ στα 2min & 60 min <b>ΙΜ-ΜF<sub>ΕΓ</sub>:</b> ↑ ΠΔ & ↓ ΠΕ στα 2min/ ∅ ΠΔ & ΠΕ στα 60min <b>ΙΣ:</b> ↑ ΠΕ & ↓ ΠΔ στα 2min/ ∅ ΠΔ & ΠΕ στα 60min	

της αυξητικής ορμόνης και μείωση της κορτιζόλης μετά από 10 λεπτά ολόσωμης δόνησης. Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα των Kvorning et al. (2006), οι οποίοι μελέτησαν 28 νεαρούς άνδρες και βρήκαν ότι, τόσο η τεστοστερόνη, όσο και η αυξητική ορμόνη, αυξήθηκαν μετά από 24 λεπτά διαλειμματικής άσκησης με δόνηση, τόσο στην ομάδα που εκτέλεσε πρωτόκολλο δόνησης (ΠΔ), όσο και στις ομάδες που εκτέλεσαν βαθύ κάθισμα (ΠΣ) και βαθύ κάθισμα με δόνηση (ΠΣΔ), ενώ η κορτιζόλη αυξήθηκε στατιστικά σημαντικά μόνο για το ΠΔΣ. Αντίθετα ήταν τα αποτελέσματα των Cardinale et al. (2006), οι οποίοι μελέτησαν 9 νεαρούς άνδρες και βρήκαν ότι χρησιμοποιώντας, είτε υψηλή είτε χαμηλή συχνότητα, δεν υπάρχει άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στην έκκριση της τεστοστερόνης και επιπλέον του αυξητικού παράγοντα ινσουλίνης. Όμοια, οι Erskine et al. (2007) μελέτησαν 7 νεαρούς άνδρες και δεν βρήκαν καμία επίδραση στην έκκριση της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης, τόσο αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος, όσο και μετά από 1, 2 και 24 ώρες για το ΠΔ, αλλά και το πρωτόκολλο ελέγχου (ΠΕ). Αξιζει να σημειωθεί ότι και στις τρεις μελέτες, χρησιμοποιήθηκε παρόμοιο πρωτόκολλο. Διαφορά υπήρξε, κυρίως, ως προς τη χρονική στιγμή που εφαρμόστηκε η δόνηση καθώς και τη διάρκεια που είχε (Πίνακας 2). Αυτή η παρατήρηση, σε συνδυασμό με την αριθμητική διαφορά των συμμετεχόντων, αποτελεί ένδειξη μιας πιθανής σχέσης ανάμεσα στη διαλειμματική άσκηση και την έκκριση των παραπάνω ορμονών, η οποία χρίζει περαιτέρω διερεύνησης.

Άλλες ορμόνες που μελετήθηκαν ήταν η επινεφρίνη και νορ-επινεφρίνη, η λιπάση, τα ελεύθερα λιπίδια και το γαλακτικό οξύ, (Goto & Takamatsu, 2005; Rittweger et al., 2003). Πράγματι, οι Goto και Takamatsu (2005) μελέτησαν 8 νεαρούς άνδρες και παρατήρησαν αύξηση της επινεφρίνης και νορ-επινεφρίνης για το ΠΔ, αμέσως μετά το τέλος του προγράμματος, μείωση της λιπάσης και για τις δύο ομάδες μετά από 150 λεπτά από το τέλος του προγράμματος και αύξηση των ελεύθερων λιπιδίων για το ΠΔ, μετά από 150, 180 και 210 λεπτά από το τέλος του προγράμματος. Οι Rittweger et al. (2003) μελέτησαν 19 άτομα νεαρής ηλικίας και βρήκαν σχεδόν ίδια αύξηση του γαλακτικού οξέος, τόσο στο ΠΣΔ, όσο και στο ΠΣ. Όπως φαίνεται, η άσκηση με δόνηση επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο την έκκριση κάθε ορμόνης, ενώ είναι πιθανό να εξαρτάται και από την ηλικία και το φύλο. Κρίνεται ότι μελέτες σε νεαρές γυναίκες, καθώς επίσης σε μεγαλύτερης ηλικίας άτομα, θα οδηγήσουν σε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, σε ότι αφορά στην επίδραση της άσκησης με δόνηση στο ορμονικό σύστημα.

*Προσαρμογές στο ερειστικό σύστημα.* Δεν έχουν βρεθεί έρευνες που να εξετάζουν την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στον ανθρώπινο σκελετό. Λαμ-

βάνοντας υπόψη το μεγάλο χρονικό διάστημα που απαιτείται για την αποκατάσταση του οστίτη ιστού σε κατάγματα ή στην οστεοπόρωση (Συμεωνίδης, 1997), είναι, ενδεχομένως, εύλογο πως η ολιγόλεπτη άσκηση με δόνηση δε θα επηρεάζει ούτε αρνητικά ούτε θετικά τα οστά.

## Σχόλια και Συζήτηση

Στην παρούσα ανασκόπηση αξιολογήθηκαν έρευνες που αφορούσαν, τόσο στην άμεση, όσο και στη μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με δόνηση στον ανθρώπινο οργανισμό. Επιπλέον, μελετήθηκαν, εν συντομία, οι πιθανοί μηχανισμοί μέσω των οποίων το σώμα εντοπίζει, μεταφέρει και επεξεργάζεται το ερέθισμα της δόνησης, προκαλώντας την άμεση ή έμμεση προσαρμογή του μυοσκελετικού, του νευρικού ή του ορμονικού συστήματος. Το γεγονός ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένο αισθητήριο όργανο της δόνησης όπως πχ. υπάρχει για την όραση, δυσχεραίνει περισσότερο το έργο των ερευνητών κατά την αναζήτηση των πιθανών μηχανισμών δράσης της δόνησης. Η λειτουργία της μυϊκής ατράκτου φαίνεται, πάντως, ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και πιθανολογείται ως ένας από τους μηχανισμούς που μπορούν να εξηγήσουν επαρκώς τη δράση της δόνησης, χωρίς όμως η ορθότητα του παραπάνω ισχυρισμού να είναι πλήρως αποδεδειγμένη.

Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι στις έρευνες όπου χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Powerplate, φαίνεται να υπάρχει συμφωνία μεταξύ των ερευνητών ως προς τις τιμές που παίρνει η συχνότητα και το πλάτος ταλάντωσης (35-40Hz και 2-5mm, αντίστοιχα). Δεν μπορεί να ειπωθεί το ίδιο για τα πρωτόκολλα που εφαρμόστηκαν σε πλατφόρμα Galileo αφού, όπως φάνηκε από την ανασκόπηση, υπήρξε μεγάλη ποικιλία, τόσο ως προς τις συχνότητες, όσο και ως προς το πλάτος ταλάντωσης που χρησιμοποιήθηκαν. Παρά τις διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στα διάφορα πρωτόκολλα, συστήνεται από τη βιβλιογραφία, να μην εφαρμόζονται πρωτόκολλα δόνησης με συχνότητες μικρότερες των 20Hz, προκειμένου να αποφεύγονται πιθανά προβλήματα συντονισμού (Mester et al., 2006) και να προλαμβάνονται τραυματισμοί.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη της μακροχρόνιας επίδρασης είναι πιο ξεκάθαρα σε σχέση με εκείνα της άμεσης επίδρασης της άσκησης με δόνηση. Πράγματι, φαίνεται ότι η μακροχρόνια άσκηση με δόνηση έχει θετικά αποτελέσματα στη δύναμη και την κατακόρυφη αλτικότητα, τόσο στην περίπτωση σύγκρισης δύο ομάδων (Bautmans et al., 2005; Bosco et al., 1998; De Ruiter et al., 2003; Fagnani et al., 2004; Mahieu et al., 2006; Paradisis & Zacharogiannis, 2007; Torvinen et al., 2002a), όσο και στην περίπτωση σύγκρισης περισσότερων των δύο ομάδων (Delecluse et al.,

2003; Kvorning et al., 2006; Roelants et al., 2004). Θετικά φαίνεται πως είναι τα αποτελέσματα σε ότι αφορά στην κινητικότητα, συμπεράσμα το οποίο χρίζει περαιτέρω μελέτης, δεδομένης της περιορισμένης βιβλιογραφίας που υπάρχει σε αυτόν τον τομέα. Παρόμοια, η μοναδική έρευνα που αξιολόγησε τη μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με δόνηση στο ορμονικό σύστημα (Kvorning et al., 2006), παρόλο που είχε θετικά αποτελέσματα, δεν μπορεί να εξασφαλίσει την ορθότητα ενός ισχυρισμού ότι η δόνηση επηρεάζει θετικά το ορμονικό σύστημα. Τα αποτελέσματα σχετικά με την ισορροπία είναι αμφιλεγόμενα αφού με βάση κάποιες έρευνες φαίνεται ότι υπάρχει (Bautmans et al., 2005; Bogaerts et al., 2007; Bruyere et al., 2005; Cheung et al., 2003), ενώ με βάση κάποιες άλλες ότι δεν υπάρχει (Mahieu et al., 2006; Torvinen et al., 2002a; Torvinen et al., 2003; Verschueren et al., 2004) μακροχρόνια επίδραση της άσκησης με δόνηση. Τέλος, σε ότι αφορά στο ερειστικό σύστημα, τα αποτελέσματα ποικίλουν, αφού σε έρευνες που έγιναν σε ηλικιωμένα άτομα (>60 ετών), φαίνεται πως υπάρχει επίδραση της άσκησης στα οστά (Gusi et al., 2006; Verschueren et al., 2004), ενώ σε έρευνα που έγινε σε νεαρότερα άτομα (19-38 ετών) δεν υπήρξε καμιά επίδραση (Torvinen et al., 2003). Η παραπάνω παρατήρηση αποτελεί ένδειξη της σημασίας που έχει η ηλικία στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε μελλοντικές μελέτες.

Αντικρουόμενα φαίνεται πως είναι τα αποτελέσματα σε ότι αφορά στην άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση στη δύναμη και την κατακόρυφη αλτικότητα, με κάποιες μελέτες να έχουν θετικά και κάποιες αρνητικά αποτελέσματα. Όσον αφορά στην κατακόρυφη αλτικότητα, πρέπει να σημειωθεί ότι η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων εξαρτάται από αρκετούς αστάθμητους παράγοντες, ένας εκ των οποίων είναι η τεχνική του άλματος, γεγονός που μπορεί να αποτελεί εσωτερική απειλή στην εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Έτσι, η εξοικείωση των συμμετεχόντων με όλες τις δοκιμασίες που θα πραγματοποιήσουν πριν από την έναρξη του προγράμματος είναι επιβεβλημένη. Η ισορροπία και η κινητικότητα δεν έχουν ερευνηθεί αρκετά, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Ασαφή συμπεράσματα προκύπτουν και από τη μελέτη της επίδρασης της δόνησης στο ορμονικό σύστημα όπου δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό κατά πόσο η άσκηση με δόνηση επιδρά στην έκκριση της αυξητικής ορμόνης, της τεστοστερόνης και της κορτιζόλης. Παρόμοια, παρά τις προσπάθειες των ερευνητών να μελετήσουν την άμεση επίδραση της άσκησης με δόνηση, κυρίως, στην καρδιακή συχνότητα, δεν προκύπτουν σαφή συμπεράσματα.

Είναι, λοιπόν, φανερό από όλα τα παραπάνω

ότι παρά το μεγάλο αριθμό ερευνών που έχουν γίνει πάνω στην άσκηση με δόνηση, δεν μπορούν ακόμη να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα. Παράλληλα, αντιλαμβάνεται κανείς πόσο μεγάλο ρόλο παίζουν η συχνότητα, το πλάτος ταλάντωσης, το είδος της πλατφόρμας δόνησης, ο χρόνος εφαρμογής της δόνησης και η διάρκεια του προγράμματος άσκησης, τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνδυασμό μεταξύ τους, στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων. Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τα αποτελέσματα, όπως είναι η θέση του σώματος (βαθύ κάθισμα, όρθια θέση), η στάση (πχ. χαλαρή, «σφιχτή»), η σωματική διάπλαση του εξεταζόμενου (μέγεθος απορρόφησης ενέργειας από μαλακά μόρια), η ηλικία, το φύλο και η ψυχολογική προετοιμασία του ατόμου (Jordan et al., 2005). Όλα τα παραπάνω, θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός πρωτοκόλλου άσκησης με δόνηση και να αξιολογείται η πιθανή επίδρασή τους στα αποτελέσματα. Τέλος, η κόπωση είναι ένας ακόμη παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα αποτελέσματα (Van Diemen, 2002), γι' αυτόν το λόγο είναι απαραίτητος ο προσεκτικός σχεδιασμός της διάρκειας και του είδους της επιβάρυνσης.

### Προτάσεις για Μελλοντικές Ερευνες

Είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς πως η έρευνα στον τομέα της άσκησης με δόνηση βρίσκεται ακόμη σε αρχικά στάδια. Παρόλο που έχουν γίνει κάποια βήματα, απαιτείται ακόμη πολλή έρευνα προκειμένου να είναι εφικτή η ασφαλής χρήση της στον τομέα της εκγύμνασης και της αποκατάστασης. Κρίνεται σκόπιμο να στραφεί η έρευνα σε τομείς που δεν έχουν ερευνηθεί αρκετά, όπως είναι δηλαδή η αξιολόγηση της ισορροπίας καθώς και η μελέτη του καρδιαγγειακού και ορμονικού συστήματος σε σχέση με την εφαρμογή της άσκησης με δόνηση. Είναι πιθανό τα αποτελέσματα σε αυτούς τους τομείς να αποδείξουν ότι η δόνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα ήπιο προπονητικό μέσο σε άτομα πχ. με σοβαρές καρδιοπάθειες στα πρώτα στάδια της αποκατάστασής τους. Επιπλέον, χρειάζεται διαλεύκανση σε ότι αφορά στη σχέση που μπορεί να υπάρχει ανάμεσα στην έκκριση της αυξητικής ορμόνης κατά την άσκηση με δόνηση και την πώρωση των καταγμάτων. Συγκεκριμένα, αν αποδειχθεί ότι η έκκριση της εν λόγω ορμόνης αυξάνεται, τότε ενδεχομένως η δόνηση να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταχύτερη αποκατάσταση των καταγμάτων. Τέλος, κρίνεται απαραίτητο να επεκταθεί η έρευνα σε άτομα μέσης ηλικίας και να διερευνηθεί κατά πόσο η άσκηση με δόνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο πρόληψης μυοσκελετικών και καρδιαγγειακών παθήσεων.



### Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Η άσκηση με δόνηση αποτελεί ένα καινούριο ερευνητικό πεδίο το οποίο έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον πολλών ερευνητών τα τελευταία χρόνια. Για το λόγο αυτό, η μελέτη και η κατανόηση τόσο των μηχανισμών που διέπουν τη δράση της δόνησης, όσο και των επιδράσεων που έχει η τελευταία στο ανθρώπινο σώμα, θα βοηθήσει προπονητές και φυσικοθεραπευτές στο σχεδιασμό αποτελεσματικών και ασφαλέστερων προγραμμάτων άσκησης, προπόνησης και αποκατάστασης.

### Βιβλιογραφία

- Abercromby, A.F.J., Amonette, W.E., Layne, C.S., McFarlin, B.K., Hinman, M.R., & Paloski, W.H. (2007). Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39 (10), 1794-1800.
- Artero, G., Espana-Romero, V., Ortega, F.B., Jimenez-Pavon, D., Carreno-Galvez, F., Ruiz, J.R., et al. (2007). Use of whole-body vibration as a mode of warming up before counter movement jump. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 574-575.
- Bazett-Jones, D.M., Finch, H.W., & Dugan, E.L. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 144-150.
- Bautmans, I., Van Hees, E., Lemper, J.C., & Mets, T. (2005). The feasibility of whole body vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BioMed Central Geriatrics*, 5, 17-20.
- Blottner, D., Salanova, M., Püttmann, B., Schiffl, G., Felsenberg, D., Buehring, B., et al. (2006). Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest. *European Journal of Applied Physiology*, 97(3), 261-71.
- Bogaerts, A., Verschueren, S., Delecluse, C., Claessens, A.L., & Boonen, S. (2007). Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: A 1 year randomized controlled trial. *Gait and Posture*, 26, 309-316.
- Bosco, C., Lacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., et al. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 449-454.
- Bosco, C., Colli, R., Cardinale, M., Tsarpela, O., & Bonifazi, M. (1999). The effect of whole body vibration on mechanical behavior of skeletal muscle and hormonal profile. In G. Lyritis (Ed.), *Musculo-Skeletal Interactions*, Vol. 2, Greece: Hylonome Editions, Hellenic Institute of Osteoporosis.
- Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O., Colli, R., Tihanyi, J., von Duvillard, S.P., et al. (1998). The influence of whole body vibration on jumping performance. *Biology of Sport*, 15(3), 157-164.
- Bruyere, O., Wuidart, M.A., di Palma, E., Gourlay, M., Ethgen, O., Richey, F., et al. (2005). Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86, 303-307.
- Buckle, P.W., & Devereux, J.J. (2002). The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 33(3), 207-217.
- Cardinale, M., & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(1), 3-7.
- Cardinale, M., Leiper, J., Erskine, J., Milroy, M., & Bell, S. (2006). The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 26, 380-384.
- Cardinale, M., & Lim, J. (2003). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Medicina dello Sport*, 56(4), 287-292.
- Cardinale, M., & Pope, M.H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Acta Physiologica Hungarica*, 99(3), 195-206.
- Cardinale, M., & Rittweger, J. (2006). Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact of fiction? *Journal of British Menopause Society*, 12(1), 12-18.
- Cardinale, M., & Wakeling, J. (2005). Whole-body vibration exercise: are vibrations good for you? *British Journal of Sports Medicine*, 39, 585-589.
- Carlsoo, S. (1982). The effect of vibration on the skeleton, joints and muscles. *Applied Ergonomics*, 14(4), 251-258.
- Cheung, W.H., Mok, H.W., Qin, L., Sze, P.C., Lee, K.M., & Leung, K.S. (2003). High-frequency whole-body vibration improves balancing ability in elderly women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88, 852-857.
- 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.

- Cochrane, D.J., & Stannard, S.R. (2005). Acute whole-body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 860-865.
- Conway, G.E., Szalma, J.L., & Hancock, P.A. (2007). A quantitative meta-analytic examination of whole-body vibration effects on human performance. *Ergonomics*, 50(2), 228-245.
- 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.
- Crafts, N.F.R. (1996). The First Industrial Revolution: A guided tour for growth economists. *The American Economic Review*, 86(2), 197-201.
- De Ruiter, C., van der Linden, R., van der Zijden, M., Hollander, A., & de Haan, A. (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric extensor force and rate of force rise. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 472-475.
- Delecluse, C., Roelants, M., & Verschuere, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 1035-1041.
- Egwu, M.O., Ojeyinka, A.A., & Olaogun, M.O. (2007). The effect of vertical oscillatory pressure on youths and elderly adult low back pain intensity and lumbo-sacral mobility. *Journal of the Japanese Physical Therapy Association*, 10, 17-26.
- Eklund, G., & Hegbath, K.E. (1966). Normal variability of tonic vibration reflex. *Experimental Neurology*, 16, 80-92.
- Erskine, J., Smillie, I., Leiper, J., Ball, D., & Cardinale, M. (2007). Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole-body vibration exercise in healthy young men. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 27(4), 242-248.
- Fagnani, F., Giombini, 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 Medicine and Rehabilitation*, 85(2), 956-962.
- Gerhardsson, L., Balogh, I., Lambert, P.A., Hjortsberg, U., & Karlsson, J.E. (2005). Vascular and nerve damage in workers exposed to vibrating tools. The importance of objective measurements of exposure time. *Applied Ergonomics*, 36, 55-60.
- Goto, K., & Takamatsu, K. (2005). Hormone and lipolytic responses to whole-body vibration in young men. *Japanese Journal of Physiology*, 55, 279-284.
- Gusi, N., Raimundo, A., & Leal, A. (2006). Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BioMed Central Musculoskeletal Disorders*, 7, 92-80.
- Guyton, A.C. (2001). *Η Φυσιολογία του ανθρώπου*. 5<sup>η</sup> έκδοση. Μετάφραση-Επιμέλεια: Α. Ευαγγέλου. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας.
- Issurin, V.B. (2005). Vibrations and their applications in sport: A review. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(3), 324-336.
- Issurin, V.B., Liebermann, D.G., & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *Journal of Sports and Sciences*, 12, 561-566.
- Iwamoto, J., Takeda, T., Sato, Y., & Uzawa, M. (2005). Effect of whole-body vibration exercise on lumbar bone mineral density, bone turnover and chronic back pain in post-menopausal osteoporotic women treated with alendronate. *Aging Clinical and Experimental Research*, 17, 157-163.
- Jacobs, P.L., & Burns, P. (2008). Acute enhancement of lower extremity dynamic strength and flexibility with whole body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1-7.
- Jordan, M.J., Norris, S.R., Smith, D.J., & Herzog, W. (2005). Vibration training: an overview of the area, training consequences and future considerations. *Journal of Strength and Conditional Research*, 19(2), 459-466.
- Kaneko, C., Hagiwara, T., & Maeda, S. (2005). Evaluation of whole-body vibration by the category judgment method. *Industrial Health*, 43, 221-232.
- Καρατράντου, Ν., Γεροδήμος, Β., Σωτηριάδης, Σ., & Χάνου, Κ. (2008). Η άμεση επίδραση της άσκησης με ολόσωμη δόνηση στην κινητικότητα. *Αναζητήσεις στη φυσική αγωγή και τον αθλητισμό*, 6(3), 340-347.
- Kersch-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., et al. (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology*, 21(3), 377-382.
- 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.
- Lindsay, D.T. (1996). *Functional Human Anatomy*. St Louis: Mosby Publications.
- Luo, J., McNamara, B., & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine*, 35(1), 23-41.
- Mahieu, N.N., Witvrouw, E., Van de Voorde, D., Michilsens, D., Arbyn, V., & Van den Broecke, W. (2006). Improving strength and postural control in young skiers: whole-body vibration versus equivalent resistance training. *Journal of Athletic Training*, 41(3), 286-293.
- Mester, J., Kleinoder, H., & Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks. *Journal of Biome-*

- chanics, 39, 1056-1065.
- Nishiyama, K., Taoda, K., & Kitahara, T. (1998). A decade of improvement in whole-body vibration and low back pain for freight container tractor drivers. *Journal of Sound and Vibration*, 215(4), 635-642.
- Paradis, 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.
- Rehn, B., Lidstrom, J., Skoglund, J., & Lindstrom, B. (2007). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 17, 2-11.
- Rees, S., Murphy, A., & Watsford, M. (2007). Effects of vibration exercise on muscle performance and mobility in an older population. *Journal of Aging and Physical Activity*, 15, 367-381.
- Ribot-Ciscar, E., Rossi-Durand, C., & Roll, J.P. (1998). Muscle spindle activity following muscle tendon vibration in man. *Neuroscience Letters*, 258, 147-150.
- Rickards, C., & Cody, F.W.J. (1997). Proprioceptive control of wrist movements in Parkinson's disease. Reduced muscle vibration-induced errors. *Brain*, 120, 977-990.
- 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., Mutschelknauss, M., & Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 23(2), 81-86.
- Roelants, M., Delecluse, C., & Verschueren, S. (2004). Whole-body vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52, 901-908.
- Romaiguere, P., Vedel, J.P., Azulay, J.P., & Pagni, S. (1991). Differential activation of motor units in the wrist extensor muscles during the tonic vibration reflex in man. *Journal of Physiology*, 444, 645-667.
- Rubin, C., Pope, M., Fritton, J.C., Magnusson, M., Hansson, T., & McLeod, K. (2003). Transmissibility of 15Hz to 35Hz vibrations to the human hip and lumbar spine: determining the physiologic feasibility of delivering low-level anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis. *Spine*, 28(23), 2621-2627.
- Runge, M., Rehfled, G., & Resnicek, E. (2000). Balance training and exercise in geriatric patients. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 1, 61-65.
- Russo, C.R., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Guralnik, J.M., et al. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 8, 1854-1857.
- Συμεωνιδης, Π.Π. (1997). *Ορθοπαιδική Κακώσεις και παθήσεις του μυοσκελετικού συστήματος*. 2<sup>η</sup> έκδοση. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Sands, W.A., McNeal, J.R., Stone, M.H., Russell, E.M., & Jemni, M. (2006). Flexibility Enhancement with Vibration: Acute and long-term. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 720-725.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., et al. (2002a). Effect of four-month vertical whole-body vibration on performance and balance. *Medicine and Science of Sports and Exercise*, 34 (9), 1523-1528.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A.H., Pasanen, M., Kontulainen, S., et al. (2003). Effect of 8-month vertical whole-body vibration on bone, muscle performance and body balance: a randomized controlled study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 18 (5), 876-884.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T., Pasanen, M., Oja, P., et al. (2002b). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 22, 145-152.
- Van der Tillaar, R. (2006). Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (1), 192-196.
- Van Diemen, A. (2002). *Vibration training. Mechanisms and possible mechanisms relating to structural adaptations and acute effects*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση: <http://www.powerplate.com>
- Verschueren, S.M.P., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschueren, D., & Boonen, S. (2004). Effect of 6-month whole-body vibration training on hip density, muscle strength and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19(3), 352-359.
- Yue, Z., Kleinoder, H., de Marees, M., Wahl, P., & Mester, J. (2007). On the cardiovascular effects of whole-body vibration. Part II. Lateral Effects: Statistical Analysis. *Studies in Applied Mathematics*, 119, 111-125.

