

**ΘΕΣΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΗΣ  
ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

του

**Αντωνάκη Εμμανουήλ**

Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Άσκηση και Ποιότητα Ζωής» των Τμημάτων Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Παν/μίου Θράκης και του Παν/μίου Θεσσαλίας στην κατεύθυνση «Μεγιστοποίηση Αθλητικής Επίδοσης και Απόδοσης».

ΚΟΜΟΤΗΝΗ

2006

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

1<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

2<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Δούδα Ελένη, Επίκουρη Καθηγήτρια

3<sup>ος</sup> Επιβλέπων: Πυλιανίδης Θεόφιλος, Επίκουρος Καθηγητής



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 5111/1  
Ημερ. Εισ.: 30-11-2006  
Δωρεά:  
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ  
613.7  
ΑΝΤ



© 2006  
Αντωνάκης Εμμανουήλ  
ALL RIGHTS RESERVE

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντωνάκης Εμμανουήλ: Οξεία επίδραση της άσκησης με δονήσεις σε παραμέτρους της φυσικής κατάστασης  
(Υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Τοκμακίδη Σάββα)

Σκοπός της παρούσης έρευνας ήταν να μελετήσει τις προσαρμογές που προκαλούν οι μηχανικές δονήσεις διαφορετικής συχνότητας στην αλτική ικανότητα, την ευκαμψία και την κυκλική ταχύτητα. Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά οκτώ φοιτητές ηλικίας  $25 \pm 2.87$  ετών, ύψους  $184 \pm 11.04$  cm και σωματικής μάζας  $85.87 \pm 8.83$  kg και οκτώ φοιτήτριες ηλικίας  $22,25 \pm 1.04$ , ύψους  $170 \pm 5.85$  και σωματικής μάζας  $59.12 \pm 4.67$ . Οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν με ισοσταθμισμένη τυχαία σειρά τρία διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης με δονήσεις συχνότητας 25Hz, 35Hz και 45Hz. Κάθε πρωτόκολλο περιελάμβαναν 5 σετ του ενός λεπτού, με διάλειμμα επίσης ενός λεπτού ανάμεσα στα σετ. Πριν την έναρξη κάθε πρωτοκόλλου μετρήθηκε το άλμα με ταλάντευση, με ημικάθισμα και το άλμα βάθους από 40 cm, η ευκαμψία καθώς και η κυκλική ταχύτητα των συμμετεχόντων. Οι ίδιες μετρήσεις επαναλήφθηκαν 10 και 20 λεπτά μετά το τέλος του τελευταίου σετ άσκησης με δονήσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει κύρια επίδραση του παράγοντα *φύλο* και του παράγοντα *συνθήκη* σε όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν. Επιπλέον, στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση διαπιστώθηκε μεταξύ των *συνθηκών δόνησης* και της *χρονικής στιγμής* των μετρήσεων στην αλτική ικανότητα ( $p < 0.001$ ), την κυκλική ταχύτητα ( $p < 0.0001$ ) και στην ευκαμψία ( $p < 0.0001$ ). Στη συχνότητα των 25Hz, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην αλτική ικανότητα ( $p < 0.001$ ) στην ευκαμψία ( $p < 0.001$ ) και στην κυκλική ταχύτητα ( $p < 0.001$ ). Ακόμα, όταν η συχνότητα αυξήθηκε στα 35Hz και 45Hz παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική μείωση στην αλτική ικανότητα ( $p < 0.001$ ), στην ευκαμψία ( $p < 0.001$ ) και στην κυκλική ταχύτητα ( $p < 0.001$ ). Τα αποτελέσματα αυτά φανερώνουν την άμεση επίδραση της άσκησης με δονήσεις στη βελτίωση της αλτικής ικανότητας, της ταχύτητας και της ευκαμψίας η οποία εξαρτάται από τη συχνότητα του ερεθίσματος των δονήσεων.

Λέξεις κλειδιά: νευρομυϊκή απόδοση, άλμα με ταλάντευση, ευκαμψία, συχνότητα δόνησης

## ABSTRACT

Antonakis Emmanouel: Acute effects after vibration exercise on physical fitness attributes

(Under the supervision of Professor Dr. Tokmakidis Savvas)

The purpose of the present study was to investigate the effects of vibration exercise of different frequencies on jumping ability, velocity and flexibility. Eight male students, age  $25 \pm 2.87$  yrs, height  $184 \pm 11.04$  cm and body mass  $85.87 \pm 8.83$  kg, and eight female students, age  $22,25 \pm 1.04$  yrs, height  $170 \pm 5.85$  cm and body mass  $59.12 \pm 4.67$  kg, underwent 5 sets of one minute vibration and one minute rest intervals between set. Three exercise protocols of consisted of vibration frequencies of 25Hz, 35Hz and 45Hz were randomly assigned. Before the beginning of each protocol as well as at 10 and 20 minutes after the last set of vibration intervention, countermovement jump, squat jump, drop jump, velocity and flexibility were measured. The analysis of data (Two-way Anova with repeated measures, condition X time) showed significant statistical effects of condition and sex on all tests that measured. A significant statistical interaction (condition X time) was also detected in jumping ability ( $p < 0.001$ ), velocity and ( $p < 0.001$ ) and flexibility ( $p < 0.001$ ). In addition, at the frequency of 25Hz, a statistical significant increase of jumping ability ( $p < 0.001$ ), velocity ( $p < 0.001$ ) and flexibility ( $p < 0.001$ ) was also observed. When the frequency increased at 35Hz and 45Hz, a statistical significant decrease jumping ability ( $p < 0.001$ ), velocity ( $p < 0.001$ ) and flexibility ( $p < 0.001$ ) was observed. These results reveal the effects of the vibration training on vertical jumping ability, velocity and flexibility. The major factor of these effects was the frequency of the vibration stimulation. Furthermore, vibration exercise is a new type of exercise that can increase neuromuscular performance of the athletes and other groups of population.

Key words: neuromuscular performance, counter movement jump, flexibility, vibration frequency

*Στο Νίκο, που έφυγε νωρίς...*

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ.....	xv
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	5
Σχετική νευροφυσιολογία.....	5
Νευρικός έλεγχος της ανθρώπινης κίνησης.....	5
Η μυϊκή άτρακτος.....	6
Μυοτατικό αντανακλαστικό.....	8
Τα τενόντια όργανα Golgi.....	9
Η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στην αθλητική απόδοση.....	10
Η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στο νευρομυϊκό μηχανισμό.....	11
Οξεία αύξηση της νευρομυϊκής δραστηριότητας ύστερα από προπόνηση με δονήσεις.....	14
Ορμονικές προσαρμογές ύστερα από προπόνηση με δονήσεις.....	15
Επίδραση της προπόνησης με δονήσεις ύστερα από μακροχρόνια προγράμματα.....	16
Επίδραση της παρατεταμένης προπόνησης με δονήσεις σε παραμέτρους της φυσικής κατάστασης.....	21
Οξεία επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στη δύναμη και την ισχύ.....	23
Επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στην ευκαμψία.....	29
Άλλες φυσιολογικές ανταποκρίσεις έπειτα από την εφαρμογή του δονητικού ερεθίσματος.....	30

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	33
Δείγμα.....	33
Όργανα Μέτρησης.....	33
Διαδικασία Μέτρησης.....	34
Σχεδιασμός της έρευνας.....	35
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	36
Άλμα με ταλάντευση.....	36
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο» στο άλμα με ταλάντευση.....	38
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη» στο άλμα με ταλάντευση.....	38
Άλμα από ημικάθισμα.....	40
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο» στο άλμα από ημικάθισμα.....	42
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη» στο άλμα από ημικάθισμα.....	43
Άλμα βάθους από ύψος 40 εκατοστών.....	44
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη» στο άλμα βάθους.....	46
Χρόνος επαφής άλματος βάθους.....	48
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο» στο χρόνο επαφής του άλματος βάθους.....	50
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη» στο χρόνο επαφής του άλματος βάθους.....	50
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «χρονική στιγμή» στο χρόνο επαφής του άλματος βάθους.....	52
Παραγόμενη ισχύς άλματος βάθους.....	54
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο» της παραγόμενης ισχύος άλματος βάθους.....	56
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη» της παραγόμενης ισχύος άλματος βάθους.....	57
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «χρονική στιγμή» της παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους.....	58
Κυκλική ταχύτητα.....	60
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο» κυκλικής ταχύτητας.....	62
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη» κυκλικής ταχύτητα.....	63



Διαφορές ως προς τον παράγοντα «χρονική στιγμή» κυκλικής ταχύτητας.....	64
Διαφορές ανδρών-γυναικών ως προς τον παράγοντα «χρονική στιγμή» στην κυκλική ταχύτητα.....	66
Ευκαμψία.....	68
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο» στην ευκαμψία.....	70
Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη» στην ευκαμψία.....	71
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	73
Οξεία επίδραση της προπόνησης με δονήσεις διαφορετικής συχνότητας στη νευρομυϊκή απόδοση αθλητών ερασιτεχνικού επιπέδου.....	74
Οξείες προσαρμογές του νευρομυϊκού συστήματος ύστερα από την εφαρμογή προπόνησης με δονητικά κύματα.....	76
Η προπόνηση με δονήσεις και «η θεωρία του μυϊκού συντονισμού».....	78
Επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα.....	79
Βλαβερές συνέπειες ύστερα από την έκθεση σε δονητικά κύματα.....	81
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	83
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	85

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Αποτελέσματα ερευνών μακροχρόνιων προγραμμάτων με δονήσεις.....	20
Πίνακας 2.2. Αποτελέσματα ερευνών μετά από οξεία επίδραση.....	28
Πίνακας 3.1. Χαρακτηριστικά του δείγματος.....	33
Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα του άλματος με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δυο παράγοντες.....	36
Πίνακας 4.1.1. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών του άλματος με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος δείγματος (n=16).....	37
Πίνακας 4.1.2. Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές του άλματος με ταλάντευση.....	38
Πίνακας 4.1.3. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων του άλματος με ταλάντευση.....	39
Πίνακας 4.1.4. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή του άλματος με ταλάντευση.....	39
Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα του άλματος από ημικάθισμα για στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δυο παράγοντες.....	40
Πίνακας 4.2.1. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών του άλματος από ημικάθισμα στο σύνολο του δείγματος (n=16).....	41

Πίνακας 4.2.2. Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές του άλματος από ημικάθισμα.....	42
Πίνακας 4.2.3 Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων του άλματος από ημικάθισμα.....	43
Πίνακας 4.2.4.Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή του άλματος από ημικάθισμα.....	43
Πίνακας 4.3.Αποτελέσματα του άλματος βάθους στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες.....	44
Πίνακας 4.3.1. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max των τιμών του άλματος βάθους στο σύνολο του δείγματος (n=16).....	45
Πίνακας 4.3.2. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων του άλματος βάθους.....	46
Πίνακας 4.3.3.Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή του άλματος βάθους.....	46
Πίνακας 4.4. Αποτελέσματα του χρόνου επαφής του άλματος βάθους στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δυο παράγοντες.....	48
Πίνακας 4.4.1. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max των τιμών του χρόνου επαφής του άλματος βάθους.....	49
Πίνακας 4.4.2 Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές του χρόνου επαφής του άλματος βάθους.....	50



Πίνακας 4.4.3. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων του χρόνου επαφής του άλματος βάθους.....	51
Πίνακας 4.4.4. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή του χρόνου επαφής του άλματος βάθους.....	51
Πίνακας 4.4.5. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων του χρόνου επαφής του άλματος βάθους ως προς τη χρονική στιγμή.....	52
Πίνακας 4.4.6. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε χρονική στιγμή του χρόνου επαφής του άλματος βάθους.....	53
Πίνακας 4.5. Αποτελέσματα της παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δυο παράγοντες.....	54
Πίνακας 4.5.1. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών της παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους.....	55
Πίνακας 4.5.2. Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές. της παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους.....	56
Πίνακας 4.5.3. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων της παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους.....	57
Πίνακας 4.5.4. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή της παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους.....	57

Πίνακας 4.5.5. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων παραγόμενη ισχύος του άλματος βάθους ως προς τη «χρονική στιγμή».....	58
Πίνακας 4.5.6. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη, ισχύος του άλματος βάθους.....	59
Πίνακας 4.6. Αποτελέσματα κυκλικής ταχύτητας στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες .....	60
Πίνακας 4.6.1. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών της κυκλικής ταχύτητας.....	61
Πίνακας 4.6.2. Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές της κυκλικής ταχύτητας.....	62
Πίνακας 4.6.3. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων της κυκλικής ταχύτητας. ....	63
Πίνακας 4.6.4. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή της κυκλικής ταχύτητας.....	63
Πίνακας 4.6.5. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κυκλικής ταχύτητας.....	64
Πίνακας 4.6.6. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη.....	65
Πίνακας 4.6.7. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ανδρών και γυναικών στην κυκλική ταχύτητα.....	66

Πίνακας 4.6.8.Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη στους άνδρες και στις γυναίκες στην κυκλική ταχύτητα.....	67
Πίνακας 4.7. Αποτελέσματα ευκαμψίας στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες .....	68
Πίνακας 4.7.1 Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών της ευκαμψίας.....	69
Πίνακας 4.7.2. Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στην ευκαμψία..	70
Πίνακας 4.7.3. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων στην ευκαμψία.....	71
Πίνακας 4.7.4. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή στην ευκαμψία.....	71

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1. Η μυϊκή άτρακτος.....	7
Σχήμα 2.2. Αναπαράσταση των συνδέσεων των κεντρομόλων και των φυγόκεντρων νευρώνων της μυϊκής ατράκτου σε ωτιαίο επίπεδο: E, κινητικός νευρώνας των εκτεινόντων μυών, F, κινητικός νευρώνας των καμπτήρων μυών.....	9
Σχήμα 2.3. Σχηματική παρουσίαση του νευρομυϊκού μηχανισμού ο οποίος ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της προπόνησης με δονήσεις.....	13
Σχήμα 4.1. Αποτελέσματα άλματος με ταλάντευση μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16).....	40
Σχήμα 4.2. Αποτελέσματα άλματος από ημικάθισμα μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16).....	44
Σχήμα 4.3. Αποτελέσματα άλματος βάθους μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές στο σύνολο του δείγματος (n=16).....	47
Σχήμα 4.4.. Αποτελέσματα του χρόνου επαφής του άλματος βάθους μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16).....	52
Σχήμα 4.5.. Αποτελέσματα παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16).....	58
Σχήμα 4.6.. Αποτελέσματα της κυκλικής ταχύτητας μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16).....	64
Σχήμα 4.7.. Αποτελέσματα ευκαμψίας μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16).....	72

Σχήμα 5.5. Κινήσεις του κορμού έπειτα από αυξανόμενη συχνότητα δονητικών κυμάτων (Mester et al, 1999).....	83
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- CMJ: [άλμα με ταλάντευση (countermovement jump)]  
5s CJ: [συνεχόμενα άλματα για 5 δευτερόλεπτα (5 seconds continuous jumps)]  
HBJ: [μέγιστο εύρος κέντρου της βαρύτητας (highest rise of center of gravity)]  
AP: [μέση ισχύς (average power)]  
FFM: [μη λιπώδης ιστός (fat free mass)]  
BMD: [οστική πυκνότητα (bone mineral density)]  
EMG: [ηλεκτρομυογράφημα (electromyography)]  
MVC: [μέγιστη ισομετρική δύναμη (maximal isometric force production)]  
MRFR: [(maximal rate of force rise)]

## ΟΞΕΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Οι σκελετικοί μύες αποτελούν έναν ειδικό ιστό ο οποίος τροποποιεί τη συνολική λειτουργική του ικανότητα ως ανταπόκριση στη χρόνια άσκηση με υψηλά φορτία (McDonald & Davies, 1984). Η εντατική και παρατεταμένη προπόνηση δύναμης είναι γνωστό ότι προκαλεί συγκεκριμένες νευρομυϊκές και ορμονικές προσαρμογές στο ανθρώπινο σώμα ύστερα από μερικούς μήνες, ενώ αλλαγές στη μορφολογική δομή του μυϊκού ιστού εμφανίζονται αργότερα (Guezennec et al., 1986; Sale et al., 1988). Ωστόσο, ο ακριβής μηχανισμός που ρυθμίζει τον τρόπο με τον οποίο το σώμα ανταποκρίνεται στα συγκεκριμένα ερεθίσματα είναι ακόμη άγνωστος.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι εξειδικευμένα προγράμματα τα οποία στοχεύουν στην αύξηση της δύναμης και της ισχύος βασίζονται σε ασκήσεις που εκτελούνται με γρήγορες και έντονες κινήσεις οι οποίες περιορίζονται από την επιτάχυνση της βαρύτητας (Bosco et al., 1992). Επίσης, αλλαγές στις συνθήκες της βαρύτητας μπορούν να προκληθούν μέσω μηχανικών δονήσεων οι οποίες επηρεάζουν όλο το σώμα. Η άσκηση με δονήσεις αποτελεί ένα νέο είδος άσκησης το οποίο έχει σχεδιαστεί με βάση την ενεργοποίηση των μυών μέσω του νωτιαίου αντανακλαστικού. Σχετικές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί είτε σε αθλητές υψηλού επιπέδου (Bosco et al., 1999), είτε σε άτομα που πάσχουν από οστεοπόρωση (Spitzenpfeil et al., 1997; Mester et al., 1997; Rubin et al., 1998, 2001) ή χρόνιο πόνο στην μέση (Rittweger et al., 2002b).

Η δόνηση είναι ένα μηχανικό ερέθισμα το οποίο χαρακτηρίζεται από μια ταλαντωτική κίνηση. Οι βιομηχανικοί παράγοντες που καθορίζουν την ένταση της είναι η μετατόπιση, η συχνότητα και το μέγεθος της ταλάντωσης. Η έκταση της ταλαντωτικής αυτής κίνησης καθορίζει τη μετατόπιση της δόνησης (εκφράζεται σε mm), ο αριθμός των επαναλήψεων των κυκλικών κινήσεων της ταλάντωσης καθορίζει τη συχνότητα της δόνησης (μετράται σε Hz) και η επιτάχυνση ορίζει το μέγεθος της δόνησης (μετράται σε g, όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας και είναι ίση με  $9,81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ).

Ένα πρόγραμμα προπόνησης με δονήσεις χαμηλής συχνότητας και μικρής μετατόπισης είναι αποτελεσματικό και ασφαλές για την βελτίωση της μυϊκής δύναμης. Πρόσφατες έρευνες κάνουν λόγο για αύξηση της μυϊκής δύναμης και ισχύος ύστερα από ένα πρόγραμμα το οποίο εκτελείται σε ένα ειδικά σχεδιασμένο εξοπλισμό. Οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις έχουν μελετηθεί σε άτομα τα οποία προπονούνταν σε δονητικά πιάτα που παρήγαγαν ημιτονοειδείς δονήσεις. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της άσκησης με δονήσεις κυμαίνονται από 15Hz έως 44Hz, ενώ η μετατόπιση από 3mm έως 10mm. Οι τιμές της επιτάχυνσης, η οποία εκφράζεται σε g (όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας) κυμαίνονται από 3.5g έως 15g.

Όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία, διαφορετικά προπονητικά πρωτόκολλα άσκησης με δονητικά κύματα προκαλούν ποικίλες προσαρμογές οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την ένταση, τη μετατόπιση και τη διάρκεια του ερεθίσματος καθώς και με το προπονητικό επίπεδο των συμμετεχόντων. Σκοπός της παρούσης εργασίας ήταν να μελετήσει τις οξείες προσαρμογές που προκαλεί η άσκηση με δονήσεις, διαφορετικής συχνότητας, σε παραμέτρους της φυσικής κατάστασης καθώς σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες δεν υπάρχει μια σαφής εικόνα για τις ανταποκρίσεις που προκαλούνται έπειτα από την εφαρμογή διαφορετικών προπονητικών πρωτοκόλλων. Πιο συγκεκριμένα, οι συχνότητες στις οποίες πραγματοποιήθηκε η άσκηση είναι 25Hz, 35Hz, 45Hz, ενώ οι παράμετροι της φυσικής κατάστασης που εξετάστηκαν ήταν η κατακόρυφη αλτική ικανότητα (άλμα από ημικάθισμα, άλμα βάθους και άλμα με ταλάντευση, η ταχύτητα και ευκαμψία)

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι οι μηχανικές δονήσεις αποτελούν μια πηγή ερεθίσματος στην οποία το ανθρώπινο σώμα είναι εκτεθειμένο κατά τη διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων. Αυτό που διαφέρει είναι η προέλευση των δονήσεων. Για παράδειγμα, οι δονήσεις μπορεί να προέρχονται από τα μέσα μεταφοράς, όπως είναι τα οχήματα, τα τρένα, τα αεροπλάνα, καθώς και από διάφορα εργαλεία ή μηχανήματα όπως είναι το σφυρί, το κομπρεσέρ και το πριόνι (Griffin, 1996). Επίσης, και ο μυϊκός ιστός δονείται τόσο κατά την ηρεμία όσο και κατά την άσκηση, σε διαφορετικές συχνότητες.

Οι μηδενικές υποθέσεις της παρούσας έρευνας είναι :

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στο άλμα με ταλάντευση.

Ho: CMJpre=CMJpost (1) Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στο άλμα από ημικάθισμα.

Ho: SJpre=SJpost (2)

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στο άλμα βάθους.

Ho: DJpre=DJpost (3)

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στο χρόνο επαφής του άλματος βάθους.

Ho: Contact time pre=Contact time post (4)

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στην παραγόμενη ισχύ του άλματος βάθους.

Ho: Ppre=Ppost (5)

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στην ταχύτητα.

Ho: Vpre=Vpost (6)

Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στην ευκαμψία.

Ho: Fpre=Fpost (7)

Οι ερευνητικές υποθέσεις της παρούσης έρευνας είναι:

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στο άλμα με ταλάντευση.

Hi: CMJpre≠CMJpost (1)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στο άλμα από ημικάθισμα.

Hi: SJpre≠SJpost (2)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στο άλμα βάθους.

Hi: DJpre≠DJpost (3)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στο χρόνο επαφής του άλματος βάθους.

H<sub>1</sub>: Contact time pre ≠ Contact time post (4)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στην παραγόμενη ισχύ του άλματος βάθους.

H<sub>1</sub>: Ppre ≠ Ppost (5)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στην ταχύτητα.

H<sub>1</sub>: Vpre ≠ Vpost (6)

Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αντρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές στην ευκαμψία.

H<sub>1</sub>: Fpre ≠ Fpost (7)

Οι περιορισμοί και οι οριοθετήσεις της παρούσας έρευνας ήταν οι εξής: Κανένας από τους φοιτητές και τις φοιτήτριες που έλαβαν μέρος στην παρούσα έρευνα δεν συμμετείχαν συστηματικά σε προπόνηση κάποιου αθλήματος όπως επίσης σε κάποιο πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης, ισχύος ή αντοχής. Άτομα τα οποία προέρχονταν από μυϊκό τραυματισμό ή κατάγματα, αποκλείστηκαν από την παρούσα έρευνα. Τέλος, καθένας από τους συμμετέχοντες στην έρευνα, πριν την έναρξη της, πραγματοποίησαν 2 συνεδρίες προπόνησης με δονήσεις προκειμένου να εξοικειωθούν με το μηχάνημα το οποίο παρήγαγε το δονητικό ερέθισμα.

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρεται η σχετική βιβλιογραφία των ερευνών στις οποίες εφαρμόστηκε προπόνηση με δονήσεις είτε σε ολόκληρο το σώμα (Whole Body Vibration, WBV), είτε σε συγκεκριμένες μυϊκές ομάδες. Επίσης, μελετώνται οι οξείες επιδράσεις έπειτα από την εφαρμογή δονητικών ερεθισμάτων, καθώς και οι προσαρμογές μετά από παρεμβατικά προγράμματα, σε παραμέτρους της φυσικής κατάστασης.

### *Σχετική νευροφυσιολογία*

Για την κατανόηση του μηχανισμού ο οποίος ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια προπόνησης με δονήσεις, είναι απαραίτητη η γνώση βασικών στοιχείων νευροφυσιολογίας καθώς και στοιχείων που σχετίζονται με το κινητικό σύστημα και ιδιαίτερα με το νωτιαίο αντανακλαστικό. Για το λόγο αυτό παρακάτω αναφέρονται ορισμένα στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία των μηχανισμών του νευρομυϊκού συστήματος, οι οποίοι ενεργοποιούνται κατά τη μυϊκή συστολή.

### *Νευρικός έλεγχος της ανθρώπινης κίνησης*

Όλες οι κινήσεις, εκούσιες και μη, χρειάζονται κάτι πολύ περισσότερο από την απλή συστολή συγκεκριμένων μυών. Η εφαρμογή της κατάλληλης δύναμης για μια δεδομένη κίνηση, όπως για παράδειγμα το σερβίς στην αντισφαίριση, η πάσα στο ποδόσφαιρο ή το σουτ στην καλαθοσφαίριση, εξαρτάται από μια σειρά συντονισμένων νευρικών σημάτων και τη σωστή επιστράτευση συγκεκριμένων μυϊκών ινών. Τα νευρωνικά κυκλώματα στον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό, τα οποία ρυθμίζουν την αλληλεπίδραση νευρικού και μυϊκού συστήματος, αποτελούν κάτι ανάλογο με ένα σύγχρονο ηλεκτρονικό υπολογιστή, μολονότι η δομή ολοκλήρωσης και οργάνωσης του ανθρώπινου νευρικού συστήματος είναι πολύ πιο προχωρημένη από οποιονδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Απαντώντας στα διάφορα εσωτερικά και εξωτερικά ερεθίσματα μικροποσότητες αισθητικών δεδομένων μεταβιβάζονται ταχέως για επεξεργασία μέσω των αλληλεπιδρώντων μηχανισμών ελέγχου. Τόσο οι απλές κινήσεις που απαιτούν μικρή δύναμη, όσο και οι περίπλοκες που απαιτούν μεγάλη δύναμη



βασίζονται στα εισερχόμενα νευρικά ερεθίσματα που οργανώνονται, επεξεργάζονται με τον κατάλληλο τρόπο και αναμεταδίδονται στα εκτελεστικά όργανα που είναι οι μύες.

### ***Η μυϊκή άτρακτος***

Οι γραμμωτοί μύες έχουν δυο ειδών μυϊκές ίνες: τις εξωκαψικές και τις ενδοκαψικές. Οι εξωκαψικές μυϊκές ίνες συγκεκριμένα δημιουργούν ένταση για κίνηση και στήριξη του σώματος, ενώ οι ενδοκαψικές ίνες αντιδρούν στην αλλαγή του μήκους των εξωκαψικών ινών. Η λειτουργία τους είναι η διοργάνωση πληροφοριών και η μετάδοση αυτών από τις κεντρομόλες ίνες προς το κεντρικό νευρικό σύστημα.

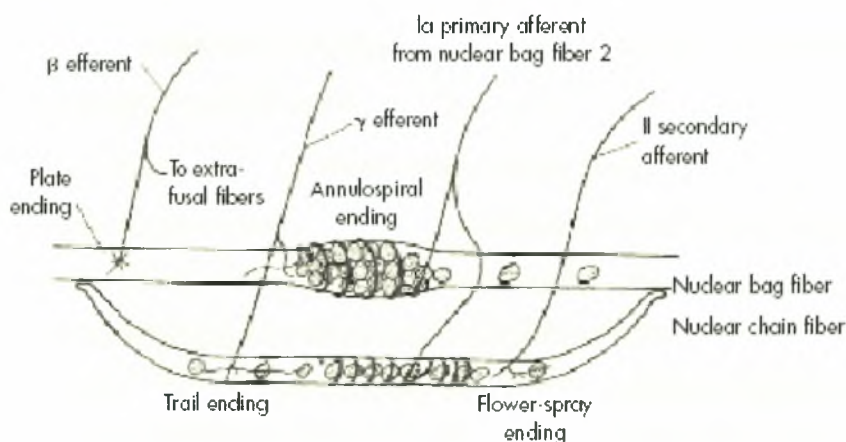
Ο κύριος αισθητικός υποδοχέας, υπεύθυνος για τη γρήγορη επιμήκυνση των μυϊκών ινών, είναι η μυϊκή άτρακτος που έχει την ικανότητα να αντιδρά και στο μέγεθος και στο βαθμό αλλαγής του μήκους των μυϊκών ινών. Ο αισθητικός υποδοχέας, είναι το τενόντιο όργανο Golgi, βρίσκεται στο τενόντιο μέρος των μυών και αντιδρά στην υπερβολική τάση η οποία μπορεί να είναι αποτέλεσμα είτε μιας δυναμικής συστολής, είτε μιας υπερβολικής διάτασης του μυός. Κάθε μυϊκή άτρακτος αποτελείται από μικρό αριθμό λεπτών μυϊκών ινών η οποίες αναφέρονται ως ενδοκαψικές ίνες. Τα κεντρικά τμήματα των ινών αυτών δεν έχουν την ικανότητα της συστολής καθώς δεν περιέχουν τις συσταλτές πρωτεΐνες ακτίνη και μυοσίνη. Ωστόσο, τα τελικά τμήματα των ενδοκαψικών ινών, τα οποία είναι συνδεδεμένα με τα τενόντια τμήματα των σκελετικών μυϊκών ινών, περιέχουν ακτίνη και μυοσίνη οπότε και μπορούν να συσταλούν.

Οι ενδοκαψικές ίνες διακρίνονται σε δυο διαφορετικούς τύπους: τις πυρηνικές ασκοειδείς (με μεγάλους κεντρικούς σάκους) και τις πυρηνικές αλυσοειδείς (μικρότερες σε διάμετρο). Για την νεύρωση της μυϊκής ατράκτου, η οποία είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, συμμετέχουν μαζί αισθητικά και κινητικά νεύρα. Η κύρια αισθητική νεύρωση βρίσκεται στα κέντρα των πυρηνικών σάκων των πυρηνικών ασκοειδών ινών. Οι απολήξεις αυτές σχηματίζουν μια ελικοειδή κατασκευή (σπειροδακτυλιοειδείς απολήξεις), γύρω από τις ενδοκαψικές ίνες και είναι οι πραγματικοί υποδοχείς των διαφοροποιήσεων του μήκους των ενδοκαψικών. Καθώς οι ενδοκαψικές ίνες είναι σταθερά συνδεδεμένες με τις απολήξεις τους πάνω στα κυτταρικά τοιχώματα των σκελετικών μυϊκών ινών, μια επιθετούμενη επιμήκυνση οδηγεί στην επιμήκυνση τόσο των ενδοκαψικών όσο και των εξωκαψικών ινών.

Σε κάθε άτρακτο υπάρχουν δυο τύποι αισθητήριων απολήξεων: οι πρωτογενείς (δακτυλοσπειροειδείς) και οι δευτερογενείς (ανθοκραμβοειδείς) απολήξεις. Τα αισθητικά νεύρα που συνδέονται με τους κύριους υποδοχείς είναι μεγάλα σε διάμετρο και είναι ικανά να μεταφέρουν νευρικές ώσεις στο νωτιαίο μυελό και στον εγκέφαλο με μεγάλη ταχύτητα. Οι δευτερογενείς υποδοχείς είναι συνδεδεμένοι μόνο με τα συσταλά τμήματα των πυρηνικών αλυσοειδών ενδοκαψικών ινών ενώ η διάμετρος τους είναι μικρότερη σε σχέση με τους κύριους υποδοχείς.

Τα τελικά τμήματα των ενδοκαψικών ινών είναι συνδεδεμένα με τις σκελετικές μυϊκές ίνες. Οι άτρακτοι έρχονται σε επαφή με τις εξωκαψικές ίνες στα δυο τελικά τους άκρα. Κάθε επιμήκυνση των εξωκαψικών ινών προκαλεί διάταση των ενδοκαψικών και ξετύλιγμα των σπειροδακτυλιοειδών απολήξεων των κύριων υποδοχέων δημιουργώντας σειρά νευρικών ώσεων. Οι νευρικές αυτές ώσεις στέλνονται από τις κεντρομόλες ίνες στο νωτιαίο μυελό και συνεπώς οδηγούν σε σύσπαση του μυός που έχει διαταχθεί.

Οι αισθητικές νευρικές ίνες που απολήγουν με τη μορφή σπειροδακτυλιοειδούς απόληξης πραγματοποιούν την εκτέλεση του μυοτατικού αντανακλαστικού. Οι κεντρομόλες ίνες που απολήγουν με τη μορφή ανθοκραμβοειδείς απολήξεις στα μη συσταλά τμήματα των πυρηνικών αλυσοειδών πραγματοποιούν μυϊκή αίσθηση και εκτέλεση άλλων πολύπλοκων αντανακλαστικών. Στο σχήμα 2.1 παρουσιάζεται σχηματικά η μυϊκή άτρακτος.



Σχήμα 2.1: Η μυϊκή άτρακτος. Review of Medical Physiology. Ganong WF, 1995.



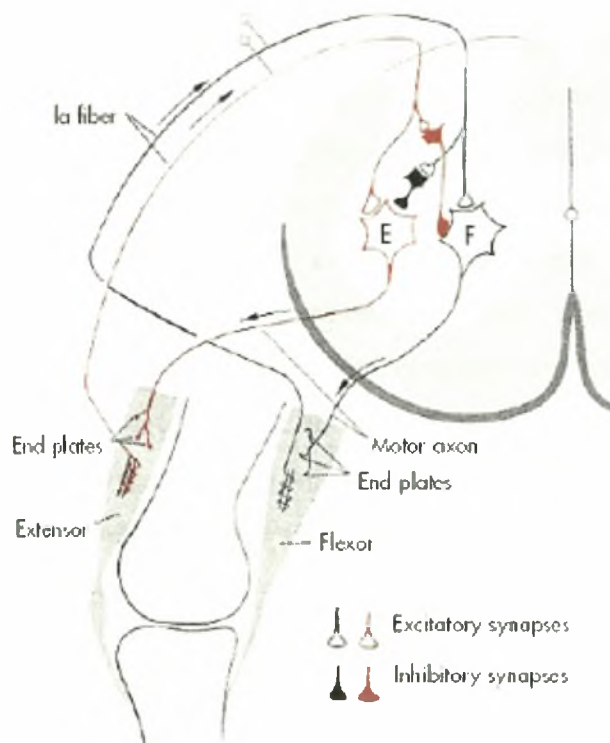
### *Το μυοτατικό αντανακλαστικό*

Η μυϊκή άτρακτος αποτελεί τη βάση του μυοτατικού αντανακλαστικού, το οποίο με τη σειρά του παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της στάσης του σώματος, δηλαδή έχει σα στόχο τη διατήρηση του μήκους του μυός. Για παράδειγμα, όταν κάποιος βρίσκεται σε θέση ημικαθίσματος, οι μύες του τετρακέφαλου συσπώνται αντανακλαστικά με σκοπό να διατηρήσουν τη συγκεκριμένη στάση του σώματος. Όταν προστεθεί κάποιο βάρος στη μπάρα, παρατηρείται μια ταυτόχρονη αυξημένη σύσπαση με σκοπό να διατηρηθεί η συγκεκριμένη στάση. Κατά τη διαδικασία αυτή η μυϊκή άτρακτος παίζει πολύ σημαντικό ρόλο. Οι μύες του τετρακέφαλου διατείνονται καθώς το βάρος αυξάνεται κάτι που όμως γίνεται αντιληπτό από την άτρακτο, η οποία με τη σειρά της στέλνει σήματα στο νωτιαίο μυελό μέσω των Ia κεντομόλων νευρώνων. Στο νωτιαίο μυελό λαμβάνει χώρα μονοσυναπτική διέγερση των  $\alpha$  φυγόκεντρων ινών με αποτέλεσμα ο μυς να συσπάται και η στάση του σώματος να παραμένει σταθερή.

Το αντανακλαστικό αυτό δρα ταχύτατα χάρις τους Ia κινητικούς νευρώνες. Επιπλέον, οι κεντρομόλοι νευρώνες νευρώνουν, μέσω μονοσυναπτικών οδών, και εμποδίζουν τη δράση των ανταγωνιστών μυών. Η σύνδεση της μυϊκής άτρακτος με τους φυγόκεντρους νευρώνες στο νωτιαίο μυελό φαίνεται στο σχήμα 2.2. Η μυϊκή άτρακτος των εκτεινόντων μυών ανιχνεύει τη διάταση και σαν ανταπόκριση αυξάνεται η συχνότητα των νευρικών διεγέρσεων των Ia νευρώνων των  $\alpha$  φυγόκεντρων νευρώνων του μυός. Επιπλέον, σχεδόν ταυτόχρονα οι  $\alpha$  φυγόκεντροι νευρώνες των ανταγωνιστών μυών εμποδίζονται από τη δράση ενός άλλου νευρώνα.

Η αντίθετη διαδικασία λαμβάνει χώρα στους καμπτήρες μύες: η άτρακτος ανιχνεύει τη βράχυνση κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της διεγερσιμότητας των Ia νευρώνων. Οι  $\alpha$  νευρώνες των ανταγωνιστών μυών εμφανίζουν μειωμένη δραστηριότητα με αποτέλεσμα να αναστέλλεται η δράση των καμπτήρων. Γίνεται, λοιπόν, αντιληπτό ότι έχουμε μια διπλή ανταπόκριση των μυϊκών ατράκτων: αρχικά μια στατική ανταπόκριση, η οποία αυξάνεται ανάλογα με την επιμήκυνση του μυός και επιπλέον, μια δυναμική ανταπόκριση, η οποία εμφανίζεται λόγω της ξαφνικής αλλαγής του μήκους του μυός. Η ανταπόκριση αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλή συχνότητα και έχει σαν αποτέλεσμα την ενεργοποίηση της μυϊκής ατράκτου. Όταν το μήκος του μυός αλλάζει αργά, η στατική ανταπόκριση διεγείρει τις μυϊκές ίνες βραδείας συστολής, ενώ όταν η

αλλαγή του μήκους του μύος είναι γρήγορη ενεργοποιούνται οι μυϊκές ίνες βραδείας και ταχείας συστολής.



Σχήμα 2.2: Αναπαράσταση των συνδέσεων των κεντρομόλων και των φυγόκεντρων νευρώνων της μυϊκής ατράκτου σε νωτιαίο επίπεδο: E, κινητικός νευρώνας των εκτεινόντων μύων, F, κινητικός νευρώνας των καμπτήρων μύων (Human Physiology).

Το μυοτατικό αντανακλαστικό κατά τη διάρκεια τυχαίων κινήσεων δεν ενεργοποιείται ή ενεργοποίηση του είναι περιορισμένη. Εξάλλου, η πραγματοποίηση τέτοιων κινήσεων δεν θα ήταν δυνατή αν είχαμε ενεργοποίηση του αντανακλαστικού.

Ο μηχανισμός, ο οποίος ευθύνεται για τη διαδικασία αυτή, ονομάζεται συνενεργοποίηση των α-γ νευρώνων ή διαφορετικά σύστημα του γ-βρόγχου. Κατά τη διάρκεια της ισοτονικής σύσπασης ενεργοποιούνται ταυτόχρονα τόσο οι α όσο και οι γ νευρώνες, δηλαδή το σύστημα του γ-βρόγχου. Αλλά και κατά την ισομετρική σύσπαση έχουμε συνενεργοποίηση των α και γ νευρώνων. Στην περίπτωση όμως αυτή το μήκος του μύος δεν αλλάζει οπότε και η μυϊκή άτρακτος δε βραχύνεται.

### ***Τα τενόντια όργανα του Golgi***

Αντίθετα με τις μυϊκές ατράκτους, οι οποίες βρίσκονται παράλληλα με τις εξωκαπικές ίνες, τα τενόντια σώματα του Golgi συνδέονται σε σειρά με τουλάχιστον 25

εξωκαψικές ίνες. Αυτοί οι αισθητικοί υποδοχείς εντοπίζονται επίσης στους συνδέσμους των αρθρώσεων και η κύρια ευθύνη τους είναι ο εντοπισμός των μεταβολών βασικά της τάσης και επιπλέον του μήκους των μυών. Τα σωματίδια αυτά ανταποκρίνονται μέσω ανατροφοδοτικού ελέγχου για την εκφόρτιση ώσεων υπό μια από τις ακόλουθες δυο συνθήκες: α) απάντηση στην τάση που δημιουργείται στο μυ, όταν αυτός βραχύνεται, και β) απάντηση στην τάση του μυός όταν αυτός διατείνεται παθητικά.

Όταν ενεργοποιηθούν από υπερβολική τάση ή διάταση, οι υποδοχείς του Golgi, αποστέλλουν ταχύτατα τα σήματα τους ώστε να δημιουργήσουν ένα ανασταλτικό αντανακλαστικό, στους μύες που εξυπηρετούν. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της υπερκαλύπτουσας επίδρασης των ανασταλτικών νωτιαίων συνάψεων στους διάμεσους κινητικούς νευρώνες που επικοινωνούν με το μυ. Εάν η μεταβολή στην τάση ή διάταση του μυός είναι μεγάλη έχουμε αύξηση της αισθητικής εκπόλωσης. Αυτό οδηγεί σε επιπλέον καταστολή της δραστηριότητας των κινητικών νευρώνων και μειώνει την τάση που αναπτύσσεται στις μυϊκές ίνες. Εάν με τη μυϊκή συστολή αυξηθεί λίγο η τάση, οι υποδοχείς του Golgi ενεργοποιούνται ασθενικά με αποτέλεσμα να έχουν μικρή επίδραση στη μυϊκή λειτουργία. Η τελική λειτουργία των σωματιδίων αυτών είναι η προστασία των μυών και κατά συνέπεια των γειτονευόντων με αυτούς ιστών από κακώσεις που οφείλονται σε υπερβολική αύξηση του εξωτερικού φορτίου.

### ***Η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στην αθλητική απόδοση***

Η εφαρμογή της προπόνησης με δονήσεις με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης είναι σχετικά μια πρόσφατη ιδέα. Η πρώτη εφαρμογή της δόνησης ως προπόνηση πραγματοποιήθηκε από Ρώσους επιστήμονες οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η προπόνηση με δονήσεις έχει θετικές επιδράσεις στην βελτίωση της δύναμης σε καλά προπονημένους αθλητές (Issurin et al., 1994; 1999). Επιπλέον, οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις έχουν εξεταστεί ύστερα από οξείες και χρόνιες εφαρμογές στις οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά πρωτόκολλα.

Σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Issurin και τους συνεργάτες (1999) παρατηρήθηκε οξεία αύξηση της μηχανικής ισχύος του δικέφαλου βραχιόνιου τόσο κατά την έκταση όσο και κατά την κάμψη. Το ερευνητικό πρωτόκολλο αποτελούνταν από προπόνηση με δονήσεις, συχνότητας 44Hz, μετατόπισης 3mm, επιτάχυνσης 3,05g, ενώ το δείγμα αποτέλεσαν 28 αθλητές (14 υψηλού επιπέδου και 14 ερασιτεχνικού επιπέδου). Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική αύξηση της μέγιστης ισχύος του δικέφαλου

βραχιόνιου τόσο στους αθλητές υψηλού επιπέδου (10,4%) όσο και στους αθλητές ερασιτεχνικού επιπέδου (7,9%).

Επιπλέον, η προπόνηση με δονήσεις όλου του σώματος, που πραγματοποιείται μέσω συγκεκριμένων δονητικών συσκευών, προκάλεσε αύξηση του κάθετου άλματος κατά 3,8% καθώς και αύξηση στην παραγωγή μηχανικής ισχύος των κάτω άκρων κατά 7% ενώ παρατηρήθηκε μετατόπιση τόσο της καμπύλης δύναμης-ταχύτητας όσο και της καμπύλης ισχύος-ταχύτητας προς τα δεξιά, σύμφωνα με σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Bosco και συνεργάτες (2000). Το πρόγραμμα περιελάμβανε 10 σετ ημιτονοειδών δονήσεων διάρκειας ενός λεπτού με διάλειμμα ενός λεπτού, ενώ 6 λεπτά διάλειμμα ακολούθησαν τα 5 πρώτα σετ. Η συχνότητα του συγκεκριμένου προγράμματος ήταν 26Hz ενώ η μετατόπιση 4mm και η επιτάχυνση 17g. Επίσης, σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε επαγγελματίες πυγμάχους παρατηρήθηκε αύξηση της μέσης ισχύος των καμπτηρών του αγκώνα κατά 13% ύστερα από ένα πρόγραμμα συνολικού χρόνου 5 λεπτών συχνότητας 30Hz και μετατόπισης 6mm (Bosco et al., 1999a)

Τέλος, σε πρόσφατη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε αθλήτριες πετοσφαίρισης επαγγελματικού επιπέδου εξετάστηκε η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στη μηχανική συμπεριφορά των σκελετικών μυών. Από τα αποτελέσματα προέκυψε στατιστικά σημαντική αύξηση της μέσης ταχύτητας, της μέσης δύναμης και της μέσης ισχύος ενώ οι καμπύλες ταχύτητας-δύναμης καθώς και ισχύος-δύναμης μετατοπίστηκαν προς τα δεξιά μετά την εφαρμογή του δονητικού ερεθίσματος (Bosco et al, 1999b). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι μετατόπιση της καμπύλης δύναμης-ταχύτητας παρατηρείται ύστερα από προπόνηση δύναμης αρκετών εβδομάδων (Hakkinen & Komi, 1985). Η βελτίωση της σχέσεως δύναμης-ταχύτητας αποδόθηκε στη βελτίωση της νευρομυϊκής συμπεριφοράς η οποία προκλήθηκε από την αυξημένη ενεργοποίηση των ανώτερων κινητικών κέντρων (Milner-Brown et al., 1975).

### ***Η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στο νευρομυϊκό μηχανισμό***

Σε σχετικές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί γίνεται λόγος για βελτίωση της δύναμης και της ισχύος έπειτα από προπόνηση με δονήσεις. Η βελτίωση αυτή είναι όμοια με αυτή που προκαλείται ύστερα από προπόνηση με εξωτερικές αντιστάσεις (Bosco 1998, 1999). Η ομοιότητα των θετικών αυτών επιδράσεων είναι πιθανόν να σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά του φορτίου που προκαλούνται από την εφαρμογή της προπόνησης με δονήσεις, τα οποία εμφανίζονται ύστερα από πλειομετρικές ασκήσεις καθώς και ασκήσεις δύναμης. Έτσι, το νευρομυϊκό σύστημα προσαρμόζεται ανάλογα ως ανταπόκριση στο



επιπλέον φορτίο που προκαλεί η βαρύτητα. Η άσκηση με δονήσεις, όπως προκύπτει από σχετικές έρευνες (Bosco, 1998; 1999; 2002; Torvinen 2002), αυξάνει το φορτίο που προκαλείται από τη βαρύτητα πάνω από 14g.

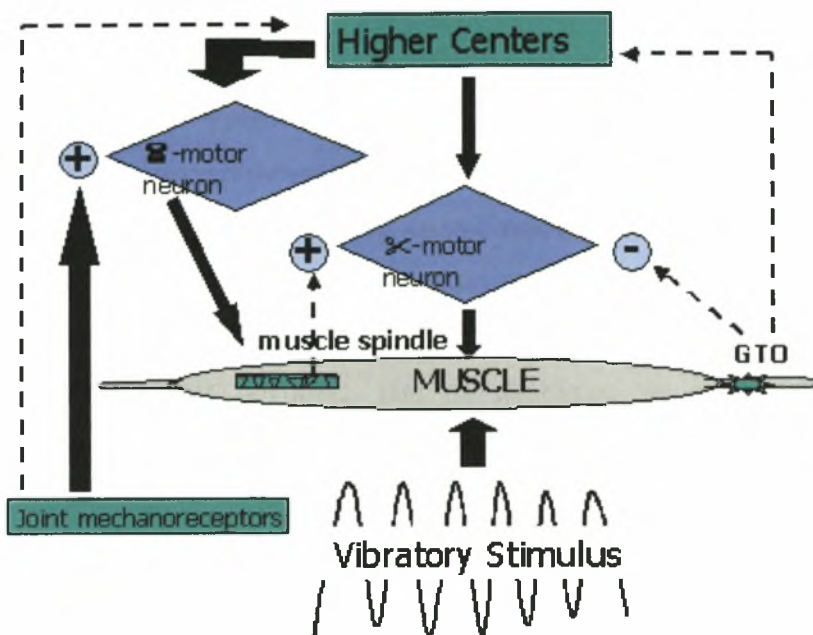
Οι σκελετικοί μύες αποτελούν ένα ιστό, ο οποίος τροποποιεί τη συνολική του ικανότητα ως ανταπόκριση στα διάφορα ερεθίσματα. Η επίδραση του φορτίου της βαρύτητας στη μυϊκή απόδοση είναι υψίστης σημασίας. Σε φυσιολογικές συνθήκες οι μύες, που υποβάλλονται στις καθημερινές επιβαρύνσεις της βαρύτητας, έχουν την δυνατότητα να διατηρήσουν τις ικανότητες της απόδοσης τους. Όταν το φορτίο της βαρύτητας μειώνεται (μικροβαρύτητα), παρατηρείται μια μείωση της μυϊκής μάζας και της ικανότητας παραγωγής δύναμης (Fitts, 2001). Αντίθετα, μια αύξηση του φορτίου της βαρύτητας προκαλεί μια αύξηση της εγκάρσιας διατομής καθώς και ικανότητας παραγωγής δύναμης του μυός.

Τα διάφορα προγράμματα με ασκήσεις με εξωτερικές αντιστάσεις, που στοχεύουν στην αύξηση της δύναμης και της ισχύος, αποτελούνται από ασκήσεις κατά τη διάρκεια των οποίων ο ασκούμενος πρέπει να υπερνικήσει την επιβάρυνση της βαρύτητας. Αυτού του είδους οι ασκήσεις προκαλούν συγκεκριμένες θετικές προσαρμογές στο μυϊκό ιστό, συμπεριλαμβανομένου και τους μορφολογικούς και νευρικούς παράγοντες. Τα αρχικά οφέλη της άσκησης με εξωτερικές αντιστάσεις στην ικανότητα παραγωγής δύναμης, αποδίδονται σε προσαρμογές του νευρικού συστήματος καθώς δεν εμφανίζεται αύξηση στην εγκάρσια διατομή του μυός κατά τις πρώτες εβδομάδες της προπόνησης (Duchateau, 2002).

Κατά τη διάρκεια της άσκησης με δονήσεις προκαλείται αυξημένη δραστηριότητα της βαρύτητας λόγω των υψηλών επιταχύνσεων (Bosco 1998; 1999; 2002; Issurin 1994; 1999; Torvinen 2002). Ο μηχανικός ρόλος της δόνησης είναι να προκαλεί ταχείς και μικρές αλλαγές στο μήκος του μυοτενόντιου συμπλέγματος. Η διαδικασία αυτή εντοπίζεται από τους αισθητήριους υποδοχείς, οι οποίοι ρυθμίζουν τη στυφνότητα του μυός μέσω αντανακλαστικών της μυϊκής δραστηριότητας και αμβλύνουν τα δονητικά κύματα.

Οι μηχανικές δονήσεις, που εφαρμόζονται στους μύες ή στους τένοντες, μπορούν να προκαλέσουν μια αντανακλαστική μυϊκή σύσπαση η οποία ονομάζεται τονικό δονητικό αντανακλαστικό (Tonic Vibration Reflex, TVR) (Hagbarth, 1965). Η παραμόρφωση των μαλακών ιστών, που προκαλείται από τις δονήσεις, είναι ικανή να ενεργοποιήσει τις μυϊκές ατράκτους καθώς και τον κύκλο διάτασης-βράχυνσης. Έτσι η διεγερτική τάση κατά τη διάρκεια του δονητικού ερεθίσματος είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αντανακλαστική

ενεργοποίηση των  $\alpha$ -κινητικών νευρώνων. Στο σχήμα 2.3 παρουσιάζεται σχηματικά ο νευρομυϊκός μηχανισμός ο οποίος ενεργοποιείται κατά την εφαρμογή των δονητικών ερεθισμάτων.



Σχήμα 2.3: Σχηματική παρουσίαση του νευρομυϊκού μηχανισμού ο οποίος ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια της προπόνησης με δονήσεις.

Κατά τη διάρκεια άσκησης με δονήσεις παρατηρείται αυξημένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα με τιμές υψηλότερες από αυτές που παρατηρούνται κατά την εκούσια μυϊκή σύσπαση. Από σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε πυγμάχους προέκυψε διπλάσια ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του δικέφαλου βραχιόνιου κατά την άσκηση με δονήσεις συγκριτικά με εκούσια σύσπαση (Bosco, 1999). Η επίδραση αυτή ίσως σχετίζεται με έναν αυξημένο συγχρονισμό κινητικών μονάδων ως ανταπόκριση στην εφαρμοσμένη δόνηση. Η αντανακλαστική μυϊκή δραστηριότητα αντικατοπτρίζει την προσαρμογή του νευρομυϊκού συστήματος στο έντονο ερέθισμα που προκαλεί η μηχανική δόνηση. Η ανταπόκριση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί διαμέσου των μονοσυναπτικών καθώς και των πολυσυναπτικών οδών.

Σε σχετική έρευνα, η οποία πραγματοποιήθηκε από τους Cardinale και Lim (2003), μελετήθηκε η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω πλατύ μυ κατά την εφαρμογή προπόνησης με δονήσεις όλου του σώματος διαφορετικών συχνοτήτων (30Hz, 40Hz, 50Hz), ενώ η γωνία του γόνατος ήταν 100°. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας

παρατηρήθηκε αυξημένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα του έξω πλατύ μυ σε κάθε μια από τις συχνότητες του δονητικού ερεθίσματος που εφαρμόστηκε, συγκριτικά με τις τιμές που καταγράφηκαν κατά την ισομετρική σύσπαση. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η μέγιστη ενεργοποίηση του έξω πλατύ μυ παρατηρήθηκε στη συχνότητα των 30Hz. Το γεγονός αυτό οδήγησε τους συγγραφείς στο συμπέρασμα ότι κατά τη συγκεκριμένη θέση του σώματος (στάση ημικαθίσματος όπου η γωνία γόνατος ήταν 100°), η συχνότητα που προκαλεί τη μέγιστη ενεργοποίηση του έξω πλατύ είναι αυτή των 30Hz.

Οι αρχικές απολήξεις των μυϊκών ατράκτων εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαισθησία σε σχέση με τις δευτερεύουσες απολήξεις καθώς και τα τενόντια όργανα του Golgi. Η δόνηση παρατηρείται όχι μόνο στις νευρομυϊκές ατράκτους, αλλά και στο δέρμα, στις αρθρώσεις και τις δευτερεύουσες απολήξεις (Ribot-Ciscar, 1989). Τέλος, όταν εφαρμόζεται προπόνηση με δονήσεις, είτε σε ολόκληρο το σώμα, είτε τοπικά, οι αισθητήριες δομές συνήθως διευκολύνουν την ενεργοποίηση των γ-κινητικών νευρώνων κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την ευαισθητοποίηση των αρχικών απολήξεων.

### ***Οξεία αύξηση της νευρομυϊκής δραστηριότητας ύστερα από προπόνηση με δονήσεις***

Η οξεία βελτίωση της νευρομυϊκής απόδοσης ύστερα από άσκηση με δονήσεις είναι πιθανό να σχετίζεται με την αυξημένη ευαισθησία του μυοτατικού αντανακλαστικού. Επιπλέον, οι δονήσεις φαίνεται να εμποδίζουν την ενεργοποίηση των ανταγωνιστών μυών μέσω των Ia νευρώνων με αποτέλεσμα να μειώνεται η επιβραδυντική ισχύ η οποία αναπτύσσεται γύρω από τις αρθρώσεις στις οποίες εφαρμόζεται το δονητικό ερέθισμα. Έτσι, από σχετική πιλοτική έρευνα προέκυψε αύξηση του κατακόρυφου άλματος καθώς και του εύρους κίνησης της άρθρωσης του ισχίου ύστερα από άσκηση με δονήσεις ως αποτέλεσμα της αυξημένης ελαστικότητας του δικέφαλου μηριαίου.

Ένα ακόμη πολύ σημαντικό σημείο είναι να εξεταστεί η επίδραση των δονήσεων στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Ως γνωστόν, ο πρωτογενής και ο δευτερογενής σωματοαισθητικός φλοιός του εγκεφάλου καθώς και η συμπληρωματική περιοχή ευθύνονται για την επεξεργασία των κεντρομόλων μηνυμάτων. Σύμφωνα, με σχετική έρευνα του Naito (2000), εφαρμογή προπόνησης με δονήσεις διαφορετικών συχνοτήτων είναι ικανή να προκαλέσει κιναισθητικές παραισθήσεις με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση της συμπληρωματικής κινητικής περιοχής του κερκοφόρου πυρήνα καθώς και της 4a περιοχής του εγκεφάλου. Επιπλέον, η συμπληρωματική κινητική περιοχή του εγκεφάλου ενεργοποιείται όχι μόνο κατά τη διάρκεια των δονήσεων αλλά και κατά τη διάρκεια των

εκούσιων κινήσεων (Cunnington, 2002). Στη συνέχεια, το δονητικό ερέθισμα διεγείρει τις περιφερειακές και κεντρικές δομές, οι οποίες ίσως διευκολύνουν τις επακόλουθες εκούσιες κινήσεις.

Σε σχετικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν παρατηρήθηκε αύξηση της αλτικής ικανότητας κατά 2,5% ύστερα από 4 λεπτά δόνησης (Torvinen, 2002) και 3,8% ύστερα από 10 λεπτά (Cunnington, 2002), καθώς και αύξηση της μέσης ισχύος κατά 13% των καμπηρών του αγκώνα (Bosco, 2000) ύστερα από προπόνηση με δονήσεις διάρκειας 5 λεπτών. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι οι βελτιώσεις αυτές της απόδοσης εξαφανίστηκαν 60 λεπτά μετά την άσκηση. Είναι πολύ πιθανό τα μέγιστα επίπεδα της ισχύος έπειτα από άσκηση με δονήσεις να οφείλονται στην αυξημένη ενεργοποίηση του μυοτατικού αντανακλαστικού καθώς και στη σωματοαισθητικής περιοχής του εγκεφάλου. Τα μέχρι τώρα στοιχεία ωστόσο δεν επιτρέπουν μια σαφή εξήγηση των νευρικών ανταποκρίσεων που συνοδεύουν την προπόνηση με δονήσεις.

Σε πρόσφατες σχετικές έρευνες γίνεται λόγος για μειωμένης διάρκειας θετικές επιδράσεις ύστερα από μια προπόνηση με δονήσεις. Το γεγονός αυτό φαίνεται πως εξαρτάται από τη διάρκεια του δονητικού ερεθίσματος. Σχετικά μικρής διάρκειας προπόνηση με δονήσεις (4-5 λεπτά, χωρισμένα σε σετ του ενός λεπτού με διάλειμμα ένα λεπτό ανάμεσα στα σετ) προκαλεί αύξηση των επόμενων εκούσιων μυϊκών προσπαθειών. Αντίθετα, μακράς διάρκειας δόνηση μειώνει την ικανότητα παραγωγής δύναμης του μυός (Rittweger, 2000) γεγονός που ίσως οφείλεται στη μειωμένη ευαισθητοποίηση της μυϊκής ατράκτου ως αποτέλεσμα της εξασθένησης των νευροδιαβιβαστών.

Τέλος, το δονητικό ερέθισμα γίνεται δεκτό από διαφορετικές αισθητήριες δομές οι οποίες διεγείρουν το νευρομυϊκό σύστημα προκαλώντας ενεργοποίηση του μυοτατικού αντανακλαστικού. Εάν το δονητικό ερέθισμα είναι σχετικά μικρής διάρκειας, τότε η θετική επίδραση του είναι βέλτιστη όσον αφορά τις εκούσιες μυϊκές συστολές. Η σχετική σπουδαιότητα των διαφόρων αυτών μηχανισμών μπορεί να γίνει καλύτερα κατανοητή εξετάζοντας κάποιες άλλες παραμέτρους, όπως την επίδραση των δονήσεων στη διακρανιακή μαγνητική διέγερση (Cardinale & Bosco, 2003).

### ***Ορμονικές προσαρμογές ύστερα από προπόνηση με δονήσεις***

Είναι γνωστό ότι το ενδοκρινικό σύστημα παίζει σημαντικό ρόλο σε όλους τους μηχανισμούς λειτουργίας των κυττάρων, ενώ η δράση του αν και εμφανίζεται σχετικά καθυστερημένα, διαρκεί για περισσότερο χρονικό διάστημα. Το δονητικό ερέθισμα επηρεάζει σε πολύ σημαντικό βαθμό τα επίπεδα των ορμονών ακόμα και ύστερα από μια



συνεδρία. Σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Bosco (2000) μελετήθηκε η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στις συγκεντρώσεις των ορμονών στο αίμα. Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική αύξηση των επιπέδων της τεστοστερόνης (7%) και της αυξητικής ορμόνης (360%) σε σχέση με τα επίπεδα ηρεμίας, ενώ οι τιμές της κορτιζόλης μειώθηκαν (32%).

Η μείωση αυτή της κορτιζόλης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι ορμονικές ανταποκρίσεις που προκαλούνται από την προπόνηση με δονήσεις οφείλονται είτε στο γενικό στρες, είτε σε αντιδράσεις οι οποίες είναι συνηθισμένες σε καταστάσεις όπου η ένταση είναι υψηλή (Vigu, 1994). Κατά τη διάρκεια της άσκησης, η γρήγορη ενεργοποίηση των ενδοκρινών αδένων πυροδοτείται μέσω κεντρικών κινητικών εντολών οι οποίες προέρχονται από τον υποθάλαμο και τα αυτόνομα νευρικά κέντρα.

Οι αναβολικές ορμόνες, τεστοστερόνη και αυξητική ορμόνη, συμβάλλουν σημαντικά στην διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης και κατ' επέκταση στη δημιουργία του μυϊκού ιστού. Επιπλέον, η κορτιζόλη, η οποία αποτελεί την κυριότερη ορμόνη από την οικογένεια των γλυκοκορτικοειδών, επιδρά στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπών. Σε καταστάσεις έντονης φυσικής δραστηριότητας η παρουσία της κορτιζόλης είναι καταλυτική προκειμένου ο οργανισμός να μπορεί να αντεπεξέλθει στην αυξημένη πίεση την οποία δέχεται. Όταν η άσκηση χαρακτηρίζεται από μεγάλη διάρκεια και υψηλή ένταση τα επίπεδα της κορτιζόλης αυξάνονται σημαντικά σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας.

Όπως προκύπτει λοιπόν από τις σχετικές έρευνες, η προπόνηση με δονήσεις μπορεί να προκαλέσει προσαρμογές και να ενεργοποιήσει αρκετούς από τους ιστούς του σώματος, όπως τον μυϊκό, το νευρικό και τον τενοντώδη. Ωστόσο, υπάρχουν ελλείψεις πληροφορίες όσον αφορά τις οξείες επιδράσεις της άσκησης με δονήσεις, διαφορετικών συχνοτήτων και μετατοπίσεων, σε διάφορες παραμέτρους της φυσικής κατάστασης.

### ***Οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις ύστερα από μακροχρόνια προγράμματα***

Από τη διεθνή βιβλιογραφία συμπεραίνουμε πως αρκετές είναι οι έρευνες στις οποίες μελετήθηκαν οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις ύστερα από μια συνεδρία. Αντίθετα, περιορισμένα είναι τα στοιχεία που σχετίζονται με τις βιολογικές προσαρμογές οι οποίες προκαλούνται έπειτα από μακροχρόνια προγράμματα προπόνησης με δονητικά ερεθίσματα. Σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Weber (1997) μελετήθηκαν οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις σε αθλητές της γυμναστικής

υψηλού επιπέδου. Πιο συγκεκριμένα, οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν προπόνηση με δονήσεις και εξωτερικό φορτίο, δυο φορές την εβδομάδα, για 12 εβδομάδες. Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική αύξηση της μέγιστης δύναμης της τάξεως του 24%-34% παρόλο που το βάρος του φορτίου που χρησιμοποιήθηκε ήταν σχετικά χαμηλό. Επίσης, ο Runge και οι συνεργάτες (2000), κάνουν λόγο για βελτίωση της μυϊκής απόδοσης ηλικιωμένων ύστερα από την μακροχρόνια εφαρμογή δονητικών ερεθισμάτων (3 φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες).

Αντίθετα ήταν τα αποτελέσματα παρόμοιων ερευνών που πραγματοποιήθηκαν από τον Issurin και τους συνεργάτες (1989; 1994) (Issurin & Tenenbaum, 1999). Σε μια αυτές (Issurin et al, 1994), μελετήθηκαν οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις τόσο στην ισχύ όσο και στην ευκαμψία ύστερα από 3 εβδομάδες προπόνησης με δονήσεις συχνότητας 44Hz και μετατόπισης 3mm συγκριτικά με ένα συνηθισμένο πρόγραμμα δύναμης και ευκαμψίας το οποίο εκτέλεσε η ομάδα ελέγχου. Παρατηρήθηκε λοιπόν, πολύ μεγάλη αύξηση της μέγιστης δύναμης της τάξεως του 49,8% καθώς και της ευκαμψίας κατά 8,7%, ενώ οι αντίστοιχες τιμές της ομάδας ελέγχου ήταν 16,1% και 2,4%. Τα παραπάνω αποτελέσματα αποδόθηκαν από τους ερευνητές στην αυξημένη στρατολόγηση κινητικών μονάδων ως ανταπόκριση στο δονητικό ερέθισμα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να πούμε ότι άλλοι ερευνητές, οι οποίοι χρησιμοποίησαν μικρότερες συχνότητες δονήσεων δεν κατάφεραν να προκαλέσουν αύξηση της δύναμης κατά την μέγιστη ισομετρική συστολή (Samuelson et al., 1989). Η συχνότητα που χρησιμοποιήθηκε από τον Issurin ήταν ικανή να προκαλέσει στρατολόγηση περισσότερων κινητικών μονάδων καθώς και καλύτερο συγχρονισμό αυτών, πράγμα το οποίο είναι πολύ σημαντικό όσον αφορά την ανάπτυξη της δύναμης. Εξάλλου, είναι γνωστό ότι η αρχική αύξηση της δύναμης οφείλεται σε νευρικές προσαρμογές, ενώ αύξηση της εγκάρσιας διατομής του μυός παρατηρείται έπειτα από μερικές εβδομάδες προπόνησης (Klauser, 1990). Φαίνεται λοιπόν, ότι οι προσαρμογές αυτές του νευρικού συστήματος εμφανίζονται γρηγορότερα μετά την εφαρμογή προπόνησης με δονήσεις.

Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα έρευνας η οποία πραγματοποιήθηκε από τον Torvinen και τους συνεργάτες (2002), κατά την οποία μελετήθηκε η επίδραση ενός μακροχρόνιου προγράμματος προπόνησης με δονήσεις, στη μυϊκή απόδοση και ισορροπία σε άτομα τα οποία ασχολούνταν ερασιτεχνικά με τον αθλητισμό. Σημαντική βελτίωση παρουσιάστηκε στο κατακόρυφο άλμα του οποίου η τιμή αυξήθηκε 10,2% συγκριτικά με την αρχική, 2 μήνες μετά την έναρξη του προγράμματος, ενώ η αντίστοιχη τιμή 4 μήνες

μετά ήταν 8,5%. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μικρή αύξηση της δύναμης των κάτω άκρων (2,5%) ύστερα από περίοδο 2 μηνών, αντίθετα με την ισορροπία η οποία παρέμεινε αμετάβλητη. Η γρήγορη αυτή βελτίωση της αλτικής ικανότητας οφείλεται σε νευρικές προσαρμογές οι οποίες προκαλούνται από την εφαρμογή του δονητικού ερεθίσματος.

Ο Bosco και οι συνεργάτες (1998), μελέτησαν την επίδραση 10 συνεχόμενων προπονητικών μονάδων, οι οποίες περιελάμβαναν 5 σετ κάθετων ημιτονοειδών δονήσεων διάρκειας 90 δευτερολέπτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση του ύψους και της μηχανικής ισχύος κατά την εκτέλεση 5 επαναλαμβανόμενων αλμάτων, κάτι το οποίο οφείλεται σε νευρικές προσαρμογές όμοιες με αυτές που προκαλούνται ύστερα από προπόνηση εκρηκτικής δύναμης. Ωστόσο, 10 προπονητικές μονάδες δεν είναι αρκετές ώστε να μελετηθούν καλύτερα οι μακροπρόθεσμες προσαρμογές που προκαλούνται από την προπόνηση με δονήσεις.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η πλειοψηφία των ερευνών, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί, δεν περιλαμβάνουν ομάδα ελέγχου με αποτέλεσμα να είναι αδύνατο να καθοριστεί αν οι προσαρμογές αυτές οφείλονται αποκλειστικά στην προπόνηση με δονήσεις ή σε άλλους παράγοντες, ενώ σε ακόμη λιγότερες γίνεται σύγκριση ανάμεσα στην προπόνηση με εξωτερικές αντιστάσεις και στην προπόνηση με δονήσεις. Σε μια από αυτές, μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν οι επιδράσεις της προπόνησης με αντιστάσεις και της προπόνησης με δονητικά ερεθίσματα ύστερα από διάστημα 12 εβδομάδων (Delecluse et al., 2003). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η ομάδα η οποία πραγματοποίησε προπόνηση με αντιστάσεις παρουσίασε αύξηση της δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου κατά 14,4%, ενώ η ομάδα που έκανε προπόνηση με δονήσεις κατά 16,6%. Επιπλέον, παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της τιμής του άλματος με αιώρηση των χεριών (7,6%) μόνο για την ομάδα η οποία πραγματοποίησε προπόνηση με δονήσεις, ενώ η μέγιστη ταχύτητα της κίνησης δεν μεταβλήθηκε σημαντικά. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως η προπόνηση με δονήσεις και οι μυϊκές συσπάσεις που προκαλεί αποτελεί μια αποδοτική μέθοδο προπόνησης για την βελτίωση της δύναμης.

Η προπόνηση με δονήσεις, οι οποίες προκαλούνται σε όλο το σώμα (WBV, whole body vibration), αποτελεί μια εναλλακτική μέθοδο που ίσως έχει θετικές επιδράσεις τόσο στη σύσταση σώματος όσο και στη μυϊκή μάζα. Κατά τη διάρκεια της προπόνησης, ο ασκούμενος εκτελεί στατικές και δυναμικές ασκήσεις πάνω σε μια πλατφόρμα η οποία παράγει κάθετες ημιτονοειδείς δονήσεις σε διάφορες συχνότητες (Cardinale et al., 2003; Delecluse et al., 2003; Rittweger et al., 2000; 2002). Τα μηχανικά αυτά ερεθίσματα μεταφέρονται σε ολόκληρο το σώμα και διεγείρουν τις μυϊκές ατράκτους με αποτέλεσμα

την ενεργοποίηση του α κινητικού νευρώνα και την σύσπαση των μυών (Cardinale et al., 2003).

Σε μια πρόσφατη έρευνα, ο Roelants και οι συνεργάτες (2004) μελέτησαν τις επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις στη σύσταση του σώματος και στη μυϊκή δύναμη απροπόνητων γυναικών νεαρής ηλικίας ( $21,3 \pm 2$  ετών), έπειτα από ένα πρόγραμμα διάρκειας 24 εβδομάδων. Από τα αποτελέσματα δεν προέκυψε καμία μείωση του λιπώδη ιστού, ενώ η τιμή της δύναμης των εκτεινόντων του γονάτου αυξήθηκε σημαντικά ( $24,4 \pm 5,1\%$ ) λόγω αυξημένης νευρομυϊκής ενεργοποίησης. Η αύξηση αυτή της δύναμης συνοδεύτηκε και από μια σημαντική αύξηση της μυϊκής μάζας κατά 2,2%. Το καρδιακό στρες που προκάλεσε η προπόνηση με δονήσεις, στη συγκεκριμένη έρευνα, ήτα σχετικά μικρό και περίπου ίσο με αυτό κατά τη διάρκεια του περπατήματος. Ίσως για το λόγο αυτό οι ερευνητές να μην κατάφεραν να προκαλέσουν μείωση του σωματικού βάρους ή μείωση του υποδόριου λίπους. Στον πίνακα 2.1. παρουσιάζονται οι σχετικές έρευνες που εφάρμοσαν μακροχρόνια προγράμματα με δονήσεις και αναφέρονται στην ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.

**Πίνακας 2.1.** Αποτελέσματα ερευνών μακροχρόνιων προγραμμάτων με δονήσεις

Συγγραφέας	Δείγμα (n)	Ηλικία (yr)	Πρόγραμμα	Αποτελέσματα
Issurin et al. 1994	28 αθλητές	19-25 έτη	Συχνότητα: 4,4Hz Μετατόπιση: 3mm Επιτάχυνση: Σετ: Διάρκεια: 3 εβδομάδες/3φορές	↑ 49,8% μέγιστη ισοτονική δύναμη ↓ 8,7% ευκαμψία
Bosco et al. 1998	14 αθλητές	20,4±1,1	Συχνότητα: 26Hz Μετατόπιση: 10mm Επιτάχυνση: 5,5g Σετ: 5X90s-120s Διάρκεια: 10 ημέρες	↑ 5sCJ Μέση παραγωγή ισχύος ↑ HBJ Μέση τιμή ύψους του άλματος 12% - CMJ
Torvinen et al. 2002	56 άτομα	19-38 έτη	Συχνότητα: 25-45Hz Μετατόπιση: 2mm Επιτάχυνση: 2,5-6,4g Σετ: 4X1' Διάρκεια: 4 μήνες, 3-5 φορές/εβδομάδα	↑ 10,2% κατακόρυφο άλμα ↑ 3,7% δύναμη - ισορροπία, παλίνδρομο τρέξιμο, δύναμη καρπού
Torvinen et al. 2003	56 άτομα	19-38 έτη	Συχνότητα: 25-45Hz Μετατόπιση: mm Επιτάχυνση: 2-8g Σετ: 4X1' Διάρκεια: 8 εβδομάδες, 3-5 φορές	↑ 7,8% κατακόρυφο άλμα - επίδραση στα οστά (BMD, δομή, δύναμη)
Delecluse et al. 2003	67 αγύμναστες γυναίκες	21,4±1,8 έτη	Συχνότητα: 35-40Hz Μετατόπιση: 2,5-5mm Επιτάχυνση: 2,23-5,09g Σετ: Διάρκεια: 12 εβδομάδες, 3 φορές/εβδομάδα	↑ 16,6% δύναμη ↑ CMJ 7,6% - ταχύτητα κίνησης
Roelants et al. 2004	48 αγύμναστες γυναίκες		Συχνότητα: 35-40Hz Μετατόπιση: 2,5-5mm Επιτάχυνση: 2,23-5,09g Σετ: Διάρκεια: 24 εβδομάδες, 3φορές/εβδομά δα	↑ δύναμη ↑ FFM (fat free mass)



### ***Η επίδραση της παρατεταμένης προπόνησης με δονήσεις σε παραμέτρους της φυσικής κατάστασης***

Η άσκηση με δονήσεις αποτελεί μια νέα μέθοδο προπόνησης, η οποία έχει σχεδιαστεί με σκοπό να διεγείρει τους μύες μέσω του νωτιαίου αντανακλαστικού. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όχι μόνο για την αύξηση της απόδοσης αθλητών (Bosco et al, 1999), αλλά και για την θεραπεία διαφόρων ασθενειών, όπως για παράδειγμα της οστεοπόρωσης (Rubin et al, 1998; 2001; Spitzenpfeil & Mester 1997) των χρόνιων πόνων στη μέση (Rittweger et al, 2002b).

Αρκετές έρευνες κάνουν λόγο για την επίδραση της παρατεταμένης προπόνησης με δονήσεις σε διάφορες παραμέτρους της φυσικής κατάστασης. Από τη διεθνή βιβλιογραφία προκύπτει ότι η παρατεταμένη προπόνηση με δονήσεις προκαλεί μείωση της κινητικής απόδοσης καθώς και εξασθένηση του νωτιαίου αντανακλαστικού (Lance et al, 1966). Πιο πρόσφατα, ο Bongiovanni και οι συνεργάτες (1990), κατέληξαν ότι η προπόνηση με δονητικά κύματα προκαλεί μυϊκό κάματο μέσω των νωτιαίων μηχανισμών, καθώς και μείωση της μέγιστης εκούσιας συστολής των μυών στους οποίους εφαρμόζεται το ερέθισμα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη μειωμένη ικανότητα που εμφανίζουν οι μύες αυτοί να ενεργοποιήσουν τις αντίστοιχες κινητικές μονάδες καθώς παρατηρήθηκε μειωμένη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί ότι η μείωση αυτή της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας συνοδεύεται από μειωμένη ικανότητα διατήρησης της υψηλής συχνότητας ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων. Επίσης, ο Kouzaki και οι συνεργάτες (2000) ύστερα από την εφαρμογή παρατεταμένης προπόνησης δονήσεων, συχνότητας 30Hz, παρατήρησε σημαντική μείωση της μέγιστης ισομετρικής ικανότητας κατά την έκταση του γονάτου. ενώ ο Samuelson (1989) αναφέρει μείωση της ικανότητας κατά τη διάρκεια προσπάθειας στο κυκλοεργόμετρο, όταν οι δονήσεις εφαρμόζονταν κατακόρυφα μέσω των πεταλιών.

Η έκθεση όλου του σώματος ή ορισμένων μόνο μυών, για παρατεταμένο χρονικό διάστημα προκαλεί διάφορες προσαρμογές στην πρόσληψη οξυγόνου, τη μυϊκή απόδοση, την καρδιακή συχνότητα, την αρτηριακή πίεση και τα επίπεδα γαλακτικού οξέος. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αποσαφηνιστεί η διαφορά ανάμεσα στο τονικό δονητικό αντανακλαστικό (TVR) και στην άσκηση με δονήσεις. Πιο συγκεκριμένα, για την πρόκληση του τονικού δονητικού αντανακλαστικού οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται είναι πάνω από 100Hz, ενώ κατά την προπόνηση με δονήσεις οι συχνότητες είναι πολύ

μικρότερες καθώς το ερέθισμα εφαρμόζεται σε ολόκληρο το σώμα (Rittweger et al, 2000). Επιπλέον, η προπόνηση με δονήσεις συνδυάζεται με αργές εκούσιες κινήσεις οι οποίες συνήθως διακόπτουν το αντανακλαστικό αυτό.

Σε μια από τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, εξετάστηκαν οι οξείες φυσιολογικές επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις μέχρι εξάντλησης (Rittweger et al, 2000). Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική αύξηση της καρδιακής συχνότητας, της συστολικής πίεσης καθώς και των επιπέδων του γαλακτικού οξέος, ύστερα από την πραγματοποίηση άσκησης με δονήσεις σε σχέση με τις τιμές ηρεμίας, ενώ η διαστολική πίεση μειώθηκε. Επίσης, η πρόσληψη οξυγόνου κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των δονήσεων έφτασε σε επίπεδα που αντιστοιχούσαν στο 50% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου ( $VO_{2max}$ ), ενώ και η μέγιστη καρδιακή συχνότητα, η οποία ήταν 130 παλμοί, αντιστοιχεί στο ίδιο ποσοστό της  $VO_{2max}$  (Rowell, 1971). Το γεγονός αυτό φαίνεται να απορρίπτει περαιτέρω πιθανές επιδράσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα (McCloskey et al., 1972; Schulz et al., 1983).

Ωστόσο, σύμφωνα με το συγγραφέα, η κόπωση η οποία μπορεί να προκληθεί έπειτα από προπόνηση με δονήσεις, δεν οφείλεται στην ανεπάρκεια της καρδιακής παροχής, αλλά σε παράγοντες που σχετίζονται στο νευρομυϊκό σύστημα. Επιπλέον, η αύξηση που παρατηρήθηκε στα επίπεδα του γαλακτικού οξέος ήταν μικρότερη από αυτή που παρατηρείται κατά την προσπάθεια στο κυκλοεργόμετρο. Από τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι ακόμα και αν η προπόνηση με δονήσεις φτάνει στα επίπεδα της εξάντλησης, οι επιδράσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα είναι σχετικά μέτριες, ενώ οι τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν επανήλθαν στα επίπεδα ηρεμίας 15 λεπτά μετά το πέρας της προσπάθειας.

Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας κατά την οποία μελετήθηκαν και συγκρίθηκαν οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις και της άσκησης του ημικαθίσματος στην απόλυτη πρόσληψη οξυγόνου (Rittweger et al, 2001). Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική αύξηση της απόλυτης τιμής της πρόσληψης οξυγόνου ( $sVO_2$ ) και της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια προπόνησης με δονήσεις, συχνότητας 26Hz και μετατόπισης 6mm, συγκριτικά με την άσκηση του ημικαθίσματος. Ο υπολογισμός της απόλυτης τιμής της πρόσληψης οξυγόνου, σε σταθερές συνθήκες, δίνει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί ο ενεργειακός μεταβολισμός του οργανισμού (Margaria 1968; McArdle et al, 1991; Stegemann 1991), καθώς αν αφαιρεθούν οι τιμές ηρεμίας μπορεί να υπολογιστεί η μεταβολική ισχύς που παράγεται κατά την άσκηση. Η μεταβολική ισχύς

κατά τη διάρκεια της άσκησης με δονήσεις αντιστοιχεί σε αυτήν κατά τη διάρκεια ήπιου βαδίσματος (Zamparo et al, 1992).

Οι ανταποκρίσεις του οργανισμού ύστερα από προπόνηση με δονήσεις εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη συχνότητα, τη μετατόπιση καθώς και το βάρος του εξωτερικού φορτίου, εάν υπάρχει. Σε σχετική έρευνα, ο Rittweger και οι συνεργάτες (2002) μελέτησαν τις επιδράσεις των παραγόντων αυτών στην πρόσληψη οξυγόνου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, καθώς η συχνότητα των δονήσεων αυξάνεται, η απόλυτη τιμή της πρόσληψης οξυγόνου αυξάνεται προοδευτικά, ενώ ανάλογα είναι τα αποτελέσματα μετά την αύξηση της μετατόπισης καθώς μετά από αύξηση του εξωτερικού φορτίου, το οποίο επηρεάζει σημαντικά την ενεργοποίηση των μυών που επιβαρύνονται κατά τη διάρκεια της προπόνησης.

Τέλος, σύμφωνα με τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας (Jackson et al, 2003), η παρατεταμένη εφαρμογή δονητικών ερεθισμάτων στον ορθό μηριαίο μειώνει σημαντικά τη μέγιστη ισομετρική έκταση του γονάτου όχι μόνο στο πόδι που δονείται αλλά και στο αντίθετο. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με το ότι οι προσαρμογές του κεντρικού νευρικού συστήματος δεν επικεντρώνονται μόνο στο μέλος το οποίο ασκείται, αλλά και στο ετερόπλευρο μέλος (Zhou, 2000). Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια σύσπασης των μυών που εκτελούν έκταση ενός μέλους, προκαλείται ταυτόχρονη διέγερση και των μυών που εκτελούν κάμψη του ετερόπλευρου μέλους.

### ***Η οξεία επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στη δύναμη και την ισχύ***

Η εκρηκτική δύναμη, ή η ικανότητα παραγωγής δύναμης μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, αποτελεί ένα πολύ σημαντικό στοιχείο το οποίο είναι μέγιστης σημασίας σε όλα σχεδόν τα αθλήματα. Για τη βελτίωση της εκρηκτικής δύναμης τα περισσότερα προγράμματα περιλαμβάνουν ασκήσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης με εξωτερικά φορτία και ένταση που αντιστοιχεί στο 50%-70% της μιας μέγιστης επανάληψης (Vrijens, 1990). Οι άμεσες επιδράσεις από την εκτέλεση τέτοιων ασκήσεων μπορούν να εκτιμηθούν λαμβάνοντας υπ' όψη την ισχύ την οποία παράγει ο αθλητής κατά την εκτέλεση μιας κίνησης. Επιπλέον, διάφορες πρόσθετες τεχνικές έχουν χρησιμοποιηθεί προκειμένου να δοθεί έμφαση στην προπόνηση βελτίωσης της ισχύος: ηλεκτρικά ερεθίσματα, προδιάταση των μυών πριν τη συστολή καθώς και τεχνικές βιοανατροφοδότησης. Αυτές οι μέθοδοι έχουν σα στόχο να απλοποιήσουν τα οφέλη της κινητικής μάθησης και να αυξήσουν την μυϊκή ικανότητα (Torguey, 1985).



Σύμφωνα με αποτελέσματα σχετικής έρευνας, παρόμοια ευεργετικά αποτελέσματα μπορούν να προκληθούν χρησιμοποιώντας δονητικά ερεθίσματα (Issurin et al, 1994). Τα ερεθίσματα αυτά προκαλούν μέσω των τενόντων την διέγερση των μαλακών μορίων του μυός (Brown et al, 1967). Επίσης, σύμφωνα με τον Granit (1970) το ερέθισμα που παράγεται από τις δονήσεις ενεργοποιεί τις κεντρικές νευρικές διαδικασίες οι οποίες είναι υπεύθυνες για τον νευρικό-κινητικό έλεγχο.

Τα στοιχεία που αφορούν τη βελτίωση της δύναμης και της ισχύος μέσω της προπόνησης με δονήσεις, είτε αυτές εφαρμόζονται σε όλο το σώμα είτε σε συγκεκριμένες μυϊκές ομάδες, δεν είναι καινούρια. Βασικά, οι πρώτες σχετικές έρευνες πραγματοποιήθηκαν από Ρώσους επιστήμονες οι οποίοι εφάρμοσαν τη συγκεκριμένη μέθοδο προπόνησης. Πιο συγκεκριμένα οι Nazarov και Spivak (1985) σε σχετική έρευνα που πραγματοποίησαν κάνουν λόγο για ένα "ρυθμικό νευρομυϊκό ερέθισμα" ή "βιομηχανικό μυϊκό ερέθισμα" το οποίο έχει σα στόχο να βελτιώσει τη δύναμη και την ευκαμψία. Επιπλέον, αναφέρεται ότι συνεχείς, έκκεντρες δονήσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από μικρή μετατόπιση έχουν ευεργετικές επιδράσεις καθώς επιτυγχάνεται καλύτερος συγχρονισμός των κινητικών μονάδων.

Οι Kunnemeyer και Schmidtbleicher (1997) στην προσπάθειά τους να αξιολογήσουν την παραπάνω προσέγγιση εφάρμοσαν δονητικά ερεθίσματα στους εκτείνοντες μύες του γονάτου και μελέτησαν την επίδραση τους στο χρόνο επαφής και στο ύψος του άλματος κατά την εκτέλεση αλμάτων βάθους. Από τα αποτελέσματα προέκυψε μείωση του ύψους του άλματος, αύξηση του χρόνου επαφής καθώς και μείωση της ηλεκτρομυογραφικής δραστηριότητας. Όπως γίνεται σαφές, τα αποτελέσματα αυτά δεν μπορούν να ερμηνευτούν ως θετικά όσον αφορά τη δύναμη και την ισχύ.

Η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στην ανάπτυξη της δύναμης έχει εξεταστεί από πολλούς ερευνητές. Οι Hagbarth και Eklund (1966), ο Johnston (1970) και ο Arcangel (1971), κάνουν λόγο για αύξηση της ισχύος ύστερα από την εφαρμογή δονητικού ερεθίσματος στους μύες ή τους τένοντες. Με τους παραπάνω ερευνητές είναι σύμφωνος και ο Armstrong (1987), ο οποίος παρατήρησε αύξηση της ισχύος των μυών του καρπού κατά 52% ύστερα από την εφαρμογή προπόνησης με δονήσεις. Επιπλέον, ο Matyas (1986) αναφέρει αύξηση της μέγιστης εκούσιας συστολής ύστερα από προπόνηση με δονήσεις συχνότητας 50Hz η οποία εφαρμόστηκε στους τένοντες ημιπληγικών ασθενών.

Αντίθετα, ο Samuelson και συνεργάτες (1989) κάνει λόγο για μείωση της αντοχής κατά τη διάρκεια μέγιστης ισομετρικής σύσπασης καθώς και για μείωση της μέγιστης ισχύος ύστερα από προπόνηση συχνότητας 20Hz. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονίσουμε

το γεγονός ότι το δονητικό ερέθισμα έχει μεγαλύτερη επίδραση όταν εφαρμόζεται σε μύες οι οποίοι έχουν διαταθεί. Στην έρευνα του Samuelson και των συνεργατών του οι δονήσεις εφαρμόστηκαν σε τέτοια γωνία της άρθρωσης κατά την οποία οι μύες δεν είχαν διαταθεί και ίσως για το λόγο αυτό παρατηρήθηκε μείωση της μέγιστης ισομετρικής σύσπασης. Επιπλέον, η συχνότητα των 20Hz δεν ήταν επαρκής ώστε να προκαλέσει κάποιες θετικές προσαρμογές.

Υπάρχουν στοιχεία από τα οποία προκύπτει ότι μια αύξηση της συχνότητας των δονήσεων, μπορεί να προκαλέσει μια ανάλογη αύξηση της μυϊκής τάσης (Matthews, 1966). Έτσι, όταν το δονητικό ερέθισμα είναι μεγάλης συχνότητας απορροφάται από τα μαλακά μόρια του μυός, ενώ η δόνηση χαμηλής συχνότητας μεταδίδεται μέσω των ιστών του σώματος (Pyykko et al, 1976). Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η επίδραση του δονητικού ερεθίσματος εξαρτάται από τη συχνότητα που εφαρμόζεται, ενώ η χαμηλής συχνότητας δονήσεις μεταδίδονται μέσω της κινητικής αλυσίδας στις κεντρικές μυϊκές ομάδες τις οποίες και ενεργοποιεί. Σύμφωνα με τους Issurin και Temnov (1990) δονητικό ερέθισμα συχνότητας 40-50Hz ίσως είναι το βέλτιστο για το συνδυασμό δυο διαφορετικών στόχων : α) για τη μετάδοση των δονήσεων, και β) για τη μυϊκή ενεργοποίηση πριν και κατά τη διάρκεια της εκούσιας σύσπασης.

Σε σχετική έρευνα μελετήθηκε η οξεία επίδραση της προπόνησης με δονήσεις συγκρίνοντας αθλητές υψηλού επιπέδου και άτομα τα οποία ασχολούνταν με το μαζικό αθλητισμό (Issurin et al, 1999). Οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν 2 διαφορετικές προπονητικές συνεδρίες, με τυχαία σειρά. Κατά την πρώτη συνεδρία οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν ένα πρόγραμμα προπόνησης δύναμης, το οποίο περιελάμβανε 3 σετ των 3 επαναλήψεων με διάλειμμα 2-3 λεπτά ανάμεσα στα σετ με φορτίο το οποίο αντιστοιχούσε στο 65%-70% της μιας μέγιστης επανάληψης. Στη διάρκεια της δεύτερης συνεδρίας οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν προπόνηση με δονήσεις συχνότητας 44Hz και μετατόπισης 1,5mm. Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική αύξηση της ισχύος έπειτα από το δεύτερο σετ του δονητικού ερεθίσματος (10%), ενώ μια μείωση που παρατηρήθηκε ύστερα από το τρίτο σετ οφείλεται στην κόπωση. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε πως η αύξηση αυτή ήταν μεγαλύτερη στους αθλητές υψηλού επιπέδου, κάτι το οποίο οφείλεται στην αυξημένη ευαισθητοποίηση των υποδοχέων του μυός καθώς και στην ανταπόκριση του κεντρικού νευρικού συστήματος στα διάφορα ερεθίσματα.

Επίσης, σε μια πρόσφατη έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε από τους Cardinale και Lim (2003), εξετάστηκε η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις δυο διαφορετικών συχνοτήτων (20Hz και 40Hz) στην αλτική ικανότητα ατόμων που ασχολούνταν ερασιτεχνικά με τον αθλητισμό. Από τα αποτελέσματα προέκυψε αύξηση του άλματος βάθους και του άλματος με ταλάντευση κατά 3,9% και 2,3% αντίστοιχα, στη συχνότητα των 20Hz, ενώ παρατηρήθηκε μικρή μείωση των αντίστοιχων τιμών στη συχνότητα των 40Hz. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις εξαρτώνται κυρίως από τη συχνότητα του δονητικού ερεθίσματος. Σε σχετικές έρευνες αναφέρεται ότι συχνότητες κάτω από 20 Hz προκαλούν μυϊκή χαλάρωση, ενώ συχνότητες πάνω από 50 Hz είναι πολύ πιθανό να προκαλέσουν κάματο ειδικά όταν η δόνηση εφαρμόζεται σε απροπόνητα άτομα (Rittweger et al, 2003). Όταν η ένταση των δονήσεων δεν είναι ικανή να προκαλέσει κάματο και έχει σχετικά μικρή διάρκεια, τότε παρατηρείται αύξηση τόσο της διεγερσιμότητας του κεντρικού νευρικού συστήματος όσο και της ικανότητας παραγωγής ισχύος (Cardinale & Bosco, 2003).

Η βελτίωση της απόδοσης που παρατηρείται όταν η συχνότητα του δονητικού ερεθίσματος είναι χαμηλή μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Βασικά, είναι πολύ πιθανό μια χαμηλή συχνότητα δονήσεων να μην είναι ικανή να προκαλέσει μυϊκό κάματο και να ενεργοποιήσει σε μικρό βαθμό το τονικό δονητικό αντανακλαστικό (TVR). Αντίθετα, υψηλής συχνότητας δονήσεις προκαλούν αυξημένη ενεργοποίηση του αντανακλαστικού καθώς και αύξηση της νευρομυϊκής διέγερσης, σε τέτοιο βαθμό που οι μύες δεν είναι σε θέση να αντεπεξεέλθουν λόγω της μυϊκής κόπωσης (Cardinale & Lim, 2003).

Όσον αφορά την επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στην ισομετρική δύναμη τα αποτελέσματα των διαφόρων ερευνών δεν συμφωνούν μεταξύ τους. Τα αντιφατικά αυτά αποτελέσματα ίσως να οφείλονται στο γεγονός ότι το δονητικό ερέθισμα εφαρμόζεται είτε απευθείας στο μυ ή στον τένοντα, είτε σε ολόκληρο το σώμα του ασκούμενου με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η μεταδοτικότητα των δονητικών κυμάτων. Η ικανότητα μετάδοσης του ερεθίσματος εξαρτάται τόσο από το αρχικό μήκος του μυός, όσο και από τη γωνία της άρθρωσης (Griffin, 1996; Wakeling & Nigg, 2001). Σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Bosco και συνεργάτες, παρατηρήθηκε αύξηση της ικανότητας παραγωγής ισχύος στο μεγαλύτερο εύρος κίνησης της κάμψης του αγκώνα, ενώ ο Gabriel (2002) αναφέρει αύξηση της ισομετρικής δύναμης κατά 10% σε γωνίες 170° και 90°.

Επιπλέον, σε μια άλλη έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε από το Rittweger και συνεργάτες (2000) αναφέρεται μείωση της παραγωγής ισχύος σε γωνία γόνατος 90°, ενώ δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα ύστερα από την εφαρμογή δονήσεων συχνότητας 26Hz. Παρομοίως, ο Torvinen και συνεργάτες (2001) σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε άτομα που ασχολούνταν ερασιτεχνικά με τον αθλητισμό, δεν παρατήρησαν καμία μεταβολή στην ισομετρική δύναμη του τετρακέφαλου στη γωνία των 90°, στο ύψος του κάθετου άλματος καθώς και στην δύναμη των μυών του καρπού. Το προπονητικό πρωτόκολλο περιελάμβανε 4 λεπτά προπόνησης με δονήσεις συχνότητας 25-40Hz και μετατόπισης 2mm, ενώ από την ανάλυση του ηλεκτρομυογραφήματος προκύπτουν κάποια στοιχεία μυϊκής κόπωσης ιδιαίτερα στους μύες του καρπού. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση της δραστηριότητας του έξω πλατύ μύ και του μέσου γλουτιαίο, ενώ δεν μεταβλήθηκε η δραστηριότητα του πελματικού μυ. Το γεγονός αυτό ίσως να οφείλεται στο ότι το δονητικό ερέθισμα που εφαρμόστηκε ήταν αρκετό ώστε να επηρεάσει το ηλεκτρομυογράφημα, αλλά όχι και για να προκαλέσει αλλαγές στη μυϊκή απόδοση.

Με τα ευρήματα των Rittweger (2000) και Torvinen (2001) συμφωνεί και ο Humphries και συνεργάτες (2004) ύστερα από σχετική έρευνα στην οποία εξετάστηκε η επίδραση της προπόνησης με δονητικά κύματα στην μυϊκή ενεργοποίηση και στη μέγιστη ισομετρική συστολή του ορθού μηριαίου μυ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφορά όσον αφορά τη μέγιστη τιμή της ισομετρικής δύναμης και το μέγιστο εύρος ανάπτυξης της δύναμης. Το γεγονός αυτό ίσως να οφείλεται στην αρχιτεκτονική δομή του μυός. Πιο συγκεκριμένα, όταν το ερέθισμα εφαρμόζεται σε μεγάλους μύες, οι οποίοι καταλήγουν σε χοντρούς και μακρύς τένοντες, τότε η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις είναι σαφώς μεγαλύτερη συγκριτικά με μικρότερους μύες.

Μια ακόμη έρευνα από την οποία δεν προκύπτουν θετικές επιδράσεις ύστερα από την εφαρμογή προπόνησης με δονήσεις είναι αυτή του de Ruitter και των συνεργατών (2003). Το προπονητικό πρωτόκολλο περιελάμβανε 5 σετ του ενός λεπτού σε συχνότητα 30Hz, ενώ το διάλειμμα ανάμεσα στα σετ ήταν 2 λεπτά. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε μια μικρή μείωση στην τιμή της μέγιστης ισομετρικής συστολής, 90 δευτερόλεπτα μετά το τέλος της προπονητικής μονάδας, ενώ η τιμή του μέγιστου εύρους ανάπτυξης της δύναμης των εκτεινόντων μυών του γόνατου δεν παρουσίασε καμία σημαντική μεταβολή ακόμα και 3 ώρες μετά το πέρας της συνεδρίας. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στη αύξηση της θερμοκρασίας των μυών από το δονητικό ερέθισμα κάτι το οποίο οδήγησε σε κάματο κατά τη διάρκεια της μέγιστης ισομετρικής συστολής. Στον



πίνακα 2.2. παρουσιάζονται οι έρευνες μετά από την εφαρμογή μίας προπόνησης με δονήσεις και αναφέρονται στην ανασκόπηση βιβλιογραφίας.

**Πίνακας 2.2.** Αποτελέσματα ερευνών μετά από οξεία επίδραση.

Συγγραφέας	Δείγμα (n)	Ηλικία (yr)	Πρόγραμμα	Αποτελέσματα
Kunnemeyer & Schmidtbleicher 1997			Συχνότητα:3Hz Μετατόπιση: Επιτάχυνση: Σετ:3x2λεπτό Διάλειμμα:	↓ EMG
Bosco et al. 1999a	12 πυγμάχοι		Συχνότητα:30Hz Μετατόπιση:6mm Επιτάχυνση:3,4g Σετ:5x1λεπτό Διάλειμμα:	↑ Μέση δύναμη ↑ Μέση ισχύς
Bosco et al. 1999b	6 αθλήτριες πετοσφαίρισης	19,5±2,1 έτη	Συχνότητα:26Hz Μετατόπιση:10mm Επιτάχυνση:5,5g Σετ:10x1λεπτό Διάλειμμα:	↑ Ισχύς ↓ EMG/Ισχύς
Issurin et al. 1999	28 άνδρες, 14 αθλητές/14 μη αθλητές	21,3±4,1 έτη 25,8±7,3 έτη	Συχνότητα:44Hz Μετατόπιση:3mm Επιτάχυνση:3,05g Σετ:3x1λεπτό	Αθλητές:↑ Μέγιστη ισχύς 10,4%/↑ Μέση ισχύς 10,2% Μη αθλητές: ↑ 7,9%/↑10,7%
Bosco et al. 2000	14 άνδρες	25±4,6 έτη	Συχνότητα:26Hz Μετατόπιση:10mm Επιτάχυνση:17,3g Σετ:10x1λεπτό Διάλειμμα:	↑ CMJ 4% ↑ Μέση παραγωγή μηχανικού έργου 7%/ ↑ τεστοστερόνης, κορτιζόλης, αυξητικής ορμόνης
Torvinen et al. 2002	16 άτομα μη αθλητές, 8 άνδρες/8 γυναίκες	24-33 έτη	Συχνότητα:15-30Hz Μετατόπιση:10mm Επιτάχυνση:3,5g-14g Σετ:4x1λεπτό	↑ CMJ 2,5%/ ↑ισορροπία 15,7% ↓ ισομετρική 3,2%
De Ruitter et al. 2003	12 φοιτητές, 7 άνδρες/5 γυναίκες	23,3±4,2 έτη	Συχνότητα:30Hz Μετατόπιση:8mm Επιτάχυνση: Σετ:5x1λεπτό Διάλειμμα:	↓ MVC 7% - MRFR
Cardinale et al. 2003	15 άτομα μη αθλητές, 2 γυναίκες/13 άνδρες	20,4±0,5 έτη (1°γκρουπ) 21±2,2 έτη (2° γκρουπ)	Συχνότητα:20Hz-40Hz Μετατόπιση:4mm Επιτάχυνση:6,4g-25,7g Σετ:4x1λεπτό	↑ ευκαμψία 10,1%/SJ 4% ↓ CMJ 3,6%/SJ 3,8%
Humphries et al. 2004	16 άτομα	22±4,4 έτη	Συχνότητα:50Hz Μετατόπιση:5mm Επιτάχυνση:1,3g Σετ:	- Μεγ. Ισομετρική

### ***Η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στην ευκαμψία***

Οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις στην ευκαμψία, έχουν γίνει αντικείμενο μελέτης λίγων επιστημόνων. Σε μια από τις πρώτες έρευνες που σχετίζονται με τα οφέλη της άσκησης με δονήσεις, ο Nazarov (1987) μελέτησε τις επιδράσεις του δονητικού ερεθίσματος και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι όταν οι διατάσεις γίνονται σε συνδυασμό με δονήσεις αυξάνεται η ευκαμψία σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με απλές διατάσεις. Οι ασκήσεις που στοχεύουν στην αύξηση του εύρους κίνησης των αρθρώσεων, σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, θα πρέπει να εκτελούνται μέχρι το κατώφλι του πόνου (Lycholat, 1990). Σύμφωνα με τον Lundeberg και τους συνεργάτες (1984), η προπόνηση με δονήσεις επηρεάζει τους αισθητήρες του πόνου, αυξάνοντας και το κατώφλι. Με βάση τις μέχρι τώρα έρευνες, η προπόνηση με δονήσεις ίσως να μπορεί να αποτελέσει μια νέα μέθοδο για την βελτίωση της φυσικής κατάστασης.

Σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Issurin και τους συνεργάτες (1994), μελετήθηκε η επίδραση του δονητικού ερεθίσματος στην ευκαμψία νεαρών αθλητών. Από τα αποτελέσματα προκύπτει στατιστικά σημαντική αύξηση της ευκαμψίας κατά 8,7%, ύστερα από ένα πρόγραμμα με δονήσεις, οι οποίες εφαρμόζονταν τοπικά στους μύες, διάρκειας 3 εβδομάδων. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε 3 βασικούς παράγοντες: α) στην αύξηση του κατωφλίου του πόνου, β) στην αύξηση της αιματικής ροής που έχει σαν αποτέλεσμα και την αύξηση της θερμοκρασίας των μυών, και γ) στην χαλάρωση που προκαλεί η εφαρμογή των δονήσεων στους συγκεκριμένους μύες. Η μείωση του πόνου κατά την εκτέλεση διατακτικών ασκήσεων, σύμφωνα με τον Issurin, αποτελεί το βασικότερο παράγοντα, ο οποίος συνεισφέρει στα θετικά αποτελέσματα έπειτα από την εκτέλεση προπόνησης με δονήσεις.

Η προπόνηση δονήσεων έχει αναλγητικές επιδράσεις τόσο κατά τη διάρκεια, όσο και μετά την απευθείας εφαρμογή του ερεθίσματος στους μύες ή τους τένοντες (Lundeberg et al, 1984). Επιπλέον, οι μυϊκές δονήσεις αυξάνουν την τοπική αιματική ροή κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των καρδιακών παλμών (Wakim, 1985; Wood, 1974). Η επίδραση αυτή οδηγεί σε αύξηση της ελαστικότητας των μυών και σε περαιτέρω βελτίωση της ευκαμψίας. Από την άποψη της νευροφυσιολογίας, οι επιδράσεις της προπόνησης με δονήσεις, που παρατηρούνται κατά την εκτέλεση διατάσεων, οφείλονται στον ερεθισμό των τενόντιων οργάνων του Golgi. Αντίθετα με τις μυϊκές ατράκτους, η διέγερση των σωματιδίων αυτών έχει σαν αποτέλεσμα την αναστολή της σύσπασης και οδηγεί στην χαλάρωση των μυών. Τη μυϊκή αυτή χαλάρωση έχει σα στόχο η προπόνηση με δονήσεις όταν γίνεται σε συνδυασμό με διατακτικές ασκήσεις.

Κατά την εκτέλεση ασκήσεων, οι οποίες στοχεύουν στη βελτίωση της ευκαμψίας, η ελαστικότητα που αποκτά ο μυς δεν επιδρά στο μήκος του ή στη στιγμιαία σύσπαση του σαν ανταπόκριση στη διάταση. Η αύξηση της ευκαμψίας οφείλεται στην αύξηση της ανεκτικότητας του μυός στην εκτελούμενη διάταση (Halbertsma et al, 1999; Magnusson et al, 2000; 1998), κάτι το οποίο ίσως να συμβαίνει έπειτα από προπόνηση με δονήσεις. Η ελαστικότητα του μυός αλλάζει μόνο μετά από τη σχετική προθέρμανση, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την αυξημένη αιματική ροή των μυών (Wiemann & Hahn, 1997).

Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας του Ribot-Ciscar και συνεργατών (1998). Έπειτα από την εφαρμογή δονήσεων στους τένοντες, συχνότητας 80Hz και διάρκειας 30 δευτερολέπτων, από τα αποτελέσματα προκύπτει αυξημένη νευρική ενεργοποίηση και όχι αλλαγές στα συστατικά στοιχεία του μυός. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι η αύξηση της ανεκτικότητας των μυών στη διάταση, δεν έχει θετικές επιδράσεις στην αποφυγή τραυματισμών (Pope et al, 2000), ενώ μια σωστή προθέρμανση, η οποία δε θα περιλαμβάνει έκκεντρες συστολές, έχει καλύτερα αποτελέσματα (Wiemann & Hahn, 1997). Τέλος, η προπόνηση με δονήσεις που στοχεύει στην αύξηση του εύρους κίνησης, αφορά αθλητές των οποίων τα αθλήματα απαιτούν μεγάλη ευκαμψία, όπως είναι οι γυμναστές (Kunnemeyer & Schmidtbleicher, 1997).

### *Άλλες φυσιολογικές ανταποκρίσεις έπειτα από την εφαρμογή του δονητικού ερεθίσματος*

Το μεγαλύτερο μέρος των γνώσεων που αφορά στις χρόνιες επιδράσεις της έκθεσης σε δονητικά κύματα, βασίζεται σε έρευνες οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί σε άτομα που εκτίθονταν σε δονήσεις λόγω της εργασίας τους, (όπως για παράδειγμα οι χειριστές εργοστασιακών μηχανημάτων), ενώ αρκετές από τις «βιομηχανικές ασθένειες» οφείλονται σε αυτή την παρατεταμένη έκθεση στις δονήσεις. Ωστόσο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι φυσιολογικές και παθολογικές προσαρμογές στο περιβάλλον εργασίας, δεν εξαρτώνται μόνο από τα δονητικά ερεθίσματα, αλλά και από άλλους παράγοντες, όπως τη συχνότητα, τη μετατόπιση και τη διάρκεια των δονήσεων, καθώς επίσης και από τη στάση του σώματος, την εμπειρία και την επιδεκτικότητα του ατόμου. Για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να βγουν αξιόπιστα συμπεράσματα όσον αφορά τις επιδράσεις της έκθεσης στις δονήσεις (Griffin, 1990).

Αντίθετα με τις θετικές επιδράσεις που έχει η προπόνηση με δονήσεις στο μυοσκελετικό σύστημα και οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω, σε επιδημιολογικές έρευνες αναφέρεται ότι υπάρχει αυξημένος κίνδυνος αρνητικών συμπτωμάτων, όπως αυχενικό



σύνδρομο, πόνος της μέσης, εκφυλιστικές αλλαγές στα οστά, ιδιαίτερα σε άτομα τα οποία λόγω του επαγγέλματος τους (οδηγοί φορτηγών ή λεωφορείων, χειριστές γερανών) δέχονται έντονες δονήσεις σε όλο τους το σώμα (Bovenzi & Hulshof, 1999; Fianola et al., 1995). Σε σχετική έρευνα που έγινε από τους Bovenzi και Hulshof (1999), αναφέρεται ότι ο μέσος χρόνος έκθεσης σε δονήσεις, που μπορούν να προκαλέσουν χρόνια προβλήματα στη μέση και στους μεσοσπονδύλιους δίσκους, κυμαίνεται από 7 έως 21 χρόνια, ενώ το μέγεθος των δονήσεων από 0,25 έως 1,45 m/s<sup>2</sup>. Επιπλέον, ο μυϊκός κάματος που προέρχεται από την έκθεση σε δονήσεις, σχετίζεται με μικροκατάγματα στις τελικές πλάκες των οστών (Griffin, 1990; Pope et al., 1998).

Σε σχετικές έρευνες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε ζώα, η αλλαγή του μεγέθους των μυϊκών ινών που παρατηρήθηκε ύστερα από την εφαρμογή δονητικού ερεθίσματος (80Hz, 32 m/s<sup>2</sup>, 5 ώρες/ημέρα.), θεωρήθηκε από τον Necking και τους συνεργάτες (1992) ως αποτέλεσμα μυϊκού τραυματισμού. Αντίθετα, η εφαρμογή δονήσεων στους μύες των άκρων, έχει θεραπευτικό χαρακτήρα ιδιαίτερα σε άτομα που έχουν κινητικά προβλήματα λόγω εγκεφαλικής δυσλειτουργίας, καθώς και σε άτομα με ορθοπεδικά και μυοσκελετικά προβλήματα (Griffin, 1990).

Επιπλέον, οι αυξημένες περιπτώσεις διαταραχής των αγγείων, τα νευροαισθητικά προβλήματα καθώς και οι αλλαγές στη δομή των περιφερικών νεύρων (ινωμάτωση, οίδημα), αποδίδονται στην χρήση εργαλείων και μηχανημάτων τα οποία προκαλούν δονήσεις στα άνω άκρα (Bovenzi et al., 2000 a; b; 1998; Stromberg et al., 1997). Δονήσεις συχνότητας 31-250Hz είναι δυνατό να προκαλέσουν σημαντική μείωση της αιματικής ροής των δακτύλων (επιτάχυνσης 5,5 m/s<sup>2</sup> και διάρκειας 15 λεπτών), σύμφωνα με τον Bovenzi (2000), ενώ τα νευροαισθητικά προβλήματα αυξάνονται όταν η επιτάχυνση του ερεθίσματος ξεπερνά τις 6 m/s<sup>2</sup> και διαρκεί για 8 ώρες καθημερινά. Αντίθετα, η μικρής συχνότητας έκθεση όλου του σώματος στα δονητικά κύματα (26Hz, 9 λεπτά), προκαλεί σύμφωνα με τον Kerchan-Schindl και τους συνεργάτες (2001), αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος.

Η εφαρμογή δονητικού ερεθίσματος, μπορεί να προκαλέσει παραισθήσεις οι οποίες σχετίζονται με τη θέση των άκρων ενώ αρκετές φορές δημιουργούν προβλήματα στην ισορροπία του σώματος (Griffin, 1990; Kavounoudias et al., 1999; Wierzbicka et al., 1998). Η διέγερση του αισθητήριου συστήματος, που προκαλεί η έκθεση στις δονήσεις, είναι η αιτία των διαταραχών οι οποίες σχετίζονται με τη στάση του σώματος και την ισορροπία (Griffin, 1990; Wierzbicka et al., 1998). Επίσης, οι Manninen και Ekblom, ύστερα από σχετική έρευνα (1984), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αυξημένη ταλάντευση του σώματος, που προκαλείται από τις δονήσεις, όταν αυτό βρίσκεται σε όρθια θέση, ίσως να επηρεάζει τόσο τη λειτουργία του λαβύρινθου, όσο και του κοιλία του αυτιού.

Όσον αφορά το καρδιαγγειακό σύστημα, μέτριας και υψηλής συχνότητας (2-20Hz) κάθετες δονήσεις, έχει αναφερθεί ότι προκαλούν ανταποκρίσεις όμοιες με εκείνες που εμφανίζονται ύστερα από μέτριας έντασης άσκηση : αύξηση της καρδιακής και αναπνευστικής συχνότητας, της καρδιακής παροχής, της μέσης αρτηριακής πίεσης, καθώς και του πνευμονικού αερισμού και της πρόσληψης οξυγόνου. Οι προσαρμογές αυτές οφείλονται στο φυσιολογικό στρες ή στην αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα που προκαλεί η αυξημένη μυϊκή δραστηριότητα (Griffin, 1990; Rittweger et al., 2002). Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι ακόμα και η καρδιακή συχνότητα του εμβρύου μπορεί να αυξηθεί όταν οι δονήσεις εφαρμόζονται στην κοιλιά εγκύων (Jammes et al., 1981).

Σε ορισμένες έρευνες, γίνεται λόγος για μείωση της οπτικής οξύτητας, αδυναμία οπτικού συντονισμού, αλλαγές στο εγκεφαλογράφημα, έπειτα από την έκθεση σε δονητικά κύματα (Griffin, 1990; Ishitake et al 1998; Martin et al., 1991;; Rittweger et al., 2000; Schwarzer et al., 2000; Ullisberger & Seidel, 1980). Επιπλέον, μεγάλης διάρκειας έκθεση σε δονήσεις είναι πιθανό να προκαλούν δυσλειτουργία στα αναπαραγωγικά όργανα των γυναικών καθώς και προβλήματα κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης, ενώ σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε ζώα προκύπτουν επίπονες επιδράσεις στο έμβρυο (Griffin, 1990). Αντιθέτως, όταν το δονητικό ερέθισμα εφαρμόζεται στα τοιχώματα του στήθους, παρατηρείται αύξηση των πνευμονικών αιμοδυναμικών σε ασθενείς οι οποίοι πάσχουν από χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (Nakayama et al., 1998; Oermann et al., 2001).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### *Δείγμα*

Το δείγμα αποτέλεσαν 16 άτομα (8 άνδρες και 8 γυναίκες), φοιτητές του Τμήματος Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, τα οποία συμμετείχαν εθελοντικά αφού προηγουμένως ενημερώθηκαν αναλυτικά για το σχεδιασμό του προγράμματος. Όλοι οι συμμετέχοντες και οι συμμετέχουσες στην παρούσα έρευνα επιλέχθηκαν τυχαία με μοναδικό κριτήριο την ερασιτεχνική ενασχόληση τους με κάποια αθλητική δραστηριότητα, ενώ δεν συμμετείχαν συστηματικά σε κάποιο πρόγραμμα μυικής ενδυνάμωσης ή ισχύος. Τα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1.

**Πίνακας 3.1.** Χαρακτηριστικά του δείγματος.

ΟΜΑΔΑ	ΑΝΔΡΕΣ	ΓΥΝΑΙΚΕΣ
n	8	8
ΗΛΙΚΙΑ	25±2,87	22,25±1,04
ΎΨΟΣ	1,84±9,46	1,70±5,85
ΒΑΡΟΣ	85,87±8,83	59,12±4,67

### *Όργανα μετρήσεων*

Για τον υπολογισμό του ύψους των κάθετων αλμάτων (ανύψωση του κέντρου βάρους), χρησιμοποιήθηκε δάπεδο αγωγιμότητας (Ergojump, Junghans, Schramberg: Berg, Nurnberg, FRG) το οποίο ήταν συνδεδεμένο με ένα μικροϋπολογιστή (Psion CM), οποίο υπολογίστηκε το ύψος του άλματος από τον χρόνο πτήσης. Η ενεργοποίηση του κυκλώματος πραγματοποιήθηκε αυτόματα από το ίδιο άτομο που εκτελούσε το άλμα. Τη στιγμή της αποκόλλησης των ποδιών από τον τάπητα άνοιγε το κύκλωμα και τη στιγμή που τα πόδια άγγιζαν τον τάπητα στην προσγείωση έκλεινε το κύκλωμα και καταγραφόταν ο χρόνος πτήσης (Bosco, 1981). Εκτός από το ύψος του άλματος σε εκατοστά (cm), καταγραφόταν επίσης ο χρόνος επαφής με το έδαφος και η μηχανική ισχύς σε W/kg (Bosco, 1995).

Για τον υπολογισμό και την αξιολόγηση της ευκαμψίας χρησιμοποιήθηκε το τεστ της κάμψης μπροστά από εδραία θέση. Η μέτρηση αυτή περιελάμβανε όσο το δυνατόν πιο μεγάλη κάμψη μπροστά από την εδραία θέση. Ζητήθηκε από το δοκιμαζόμενο καθίσει στο δάπεδο, τοποθετώντας τα πόδια των ποδιών σε πλήρη επαφή με την πλευρά του κιβωτίου που ήταν ειδικά κατασκευασμένο και βαθμολογημένο για αυτή τη μέτρηση. Από την εδραία θέση ο δοκιμαζόμενος εκτελούσε μια κάμψη του κορμού μπροστά τεντώνοντας τα χέρια όσο μπορούσε περισσότερο, μετακινώντας το δείκτη που βρισκόταν στην πάνω επιφάνεια του κιβωτίου με τις άκρες των δακτύλων του. Η μετακίνηση του δείκτη καθόριζε και την επίδοση μένοντας στην τελική θέση για 2 δευτερόλεπτα. Η δίπλωση εκτελέστηκε τεντώνοντας των κορμό μπροστά αργά και προοδευτικά, χωρίς ταλαντεύσεις. Εκτελέστηκαν 2 προσπάθειες από τις οποίες αξιολογήθηκε η καλύτερη

#### *Διαδικασία μέτρησης*

Η ερευνητική διαδικασία περιελάμβανε 4 διαφορετικά προπονητικά πρωτόκολλα, τα οποία πραγματοποιήθηκαν με τυχαία σειρά προκειμένου να αποφευχθούν τα πιθανά οφέλη της εκάστοτε προπονητικής μονάδας. Επιπλέον, μεταξύ των πρωτοκόλλων παρεμβάλλονταν τουλάχιστον 3 ημέρες για την αποφυγή πιθανής κόπωσης. Τα πρωτόκολλα τα οποία πραγματοποιήθηκαν ήταν τα εξής:

- Προπόνηση ελέγχου
- Προπόνηση με δονήσεις συχνότητας 25Hz και μετατόπισης
- Προπόνηση με δονήσεις συχνότητας 35Hz και μετατόπισης
- Προπόνηση με δονήσεις συχνότητας 45Hz και μετατόπισης

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο Εργοφυσιολογίας του ΤΕΦΑΑ Κομοτηνής και διήρκεσαν 2 μήνες (Μάιο-Ιούνιο 2003). Το πρόγραμμα περιελάμβανε 10 λεπτά προθέρμανση, 5 λεπτά εργοποδήλατο και 5 λεπτά διατακτικές ασκήσεις των κάτω άκρων. Μετά την ολοκλήρωση της προθέρμανσης αξιολογήθηκε η ευκαμψία, η κατακόρυφη αλτική ικανότητα και η ταχύτητα των δοκιμαζόμενων. Στη συνέχεια οι δοκιμαζόμενοι πραγματοποίησαν 5 σετ, διάρκειας ενός λεπτού, στο ειδικό μηχάνημα που παρήγαγε το δονητικό ερέθισμα (NEMES BOSCO SYSTEM, LCB-244), ενώ το διάλειμμα ανάμεσα στα σετ ήταν ένα λεπτό. Ο δοκιμαζόμενος στεκόταν πάνω στην ειδική πλατφόρμα σε όρθια θέση με γωνία άρθρωσης 90 μοίρες. Δύο λεπτά μετά την ολοκλήρωση του προπονητικού πρωτοκόλλου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για την αξιολόγηση της αλτικής ικανότητας, της ευκαμψίας και της κυκλικής ταχύτητας. Οι

συγκεκριμένες μετρήσεις επαναλήφθηκαν 10 και 20 λεπτά μετά την ολοκλήρωση του τελευταίου σετ των δονήσεων.

### *Σχεδιασμός της έρευνας*

Οι ανεξάρτητες μεταβλητές της παρούσας έρευνας ήταν οι εξής:

1. η «ομάδα», η οποία περιλάμβανε 2 βαθμίδες: άντρες και γυναίκες.
2. η «συνθήκη», η οποία περιλάμβανε 4 βαθμίδες: προπόνηση ελέγχου, προπόνηση στα 25Hz, προπόνηση στα 35Hz, προπόνηση στα 45Hz.
3. η «χρονική στιγμή», η οποία περιλάμβανε 4 βαθμίδες: αρχική, 2 λεπτά, 10 λεπτά και 20 λεπτά μετά το τελευταίο σετ άσκησης με δονήσεις.

Οι εξαρτημένες μεταβλητές που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα ήταν οι εξής:

1. άλμα με ταλάντευση (CMJ)
2. άλμα από ημικάθισμα (SJ)
3. άλμα βάθους (DJ)
4. χρόνος επαφής άλματος βάθους (ms)
5. παραγόμενη ισχύς άλματος βάθους (W/kg)
6. ευκαμψία (flexibility)
7. ταχύτητα (velocity)

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση του ερευνητικού έργου, αναφέρονται οι διαφορές που αφορούν στο φύλο, στη συνθήκη καθώς και στη χρονική στιγμή μεταξύ των συνθηκών.

### *Άλμα με ταλάντευση*

Για να αποδεχθούμε ή να απορρίψουμε τη μηδενική υπόθεση (1) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες. Από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (ΦΥΛΟ X ΣΥΝΘΗΚΗ X ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (ΣΥΝΘΗΚΗ – ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ΦΥΛΟ» [ $F_{(1,14)}=16.75, p<0,01$ ] και του παράγοντα «ΣΥΝΘΗΚΗ» [ $F_{(3,42)}= 13.75, p<0,001$ ]. Επίσης, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ΣΥΝΘΗΚΗ και ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(9,126)}= 44.72, p<0.001$ ]. Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (Repeated Measures Analysis of Variance 2X4X4). Στον Πίνακα 4.1.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την περιγραφή στατιστική (μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, μικρότερη τιμή, μέγιστη τιμή, διακύμανση).

**Πίνακας 4.1.** Αποτελέσματα του άλματος με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δυο παράγοντες

Μεταβλητές	F	p
Άλμα με ταλάντευση(cm)		
ΦΥΛΟ	16.75	0.001
ΣΥΝΘΗΚΗ	13.75	0.001
ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	2.81	NS
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ	0.82	NS
ΦΥΛΟ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	0.85	NS
ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	44.72	0.001
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	0.58	NS



**Πίνακας 4.1.1.** Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών του άλματος με ταλάντευση στο σύνολο του δείγματος (n=16)

Άλμα με ταλάντευση (cm)	$\bar{X} \pm SD$	Min	Max	Range	%
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	27.46±3.54	21	31.2	10.20	
2' αποκατάστασης	27.31±3.49	20.9	30.9	10	-0,54
10' αποκατάστασης	27.33±3.46	21	30.9	9.9	-0,47
20' αποκατάστασης	27.33±3.61	20.7	31.2	10.5	-0,47
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	35.02±4.02	30.4	41.6	11.2	
2' αποκατάστασης	35.07±4.13	30.9	41.9	11	0,14
10' αποκατάστασης	35.05±3.96	30.7	41.3	10.6	0,08
20' αποκατάστασης	34.96±4.07	30.2	41.6	11.4	-0,17
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	26.85±3.38	20.3	30.2	9.9	
2' αποκατάστασης	28.62±3.44	22.2	32.3	10.1	6,5
10' αποκατάστασης	28.23±3.40	21.8	32	10.2	5,13
20' αποκατάστασης	27.96±3.59	21.5	32.6	11.1	4,13
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	34.82±4.06	30.5	41.8	11.3	
2' αποκατάστασης	36.61±4.11	32.2	43.5	11.3	5,14
10' αποκατάστασης	36.16±4.09	31.7	42.8	11.1	3,84
20' αποκατάστασης	35.95±4.01	31.2	42.8	11.6	3,24
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	27.85±3.70	21.6	31.8	10.2	
2' αποκατάστασης	27.28±3.72	21.2	31.5	10.3	-2,04
10' αποκατάστασης	27.1±3.81	20.8	31.4	10.6	-2,69
20' αποκατάστασης	27.08±3.52	21.2	31.1	9.9	-2,76
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	35.25±3.96	31.2	42	10.8	
2' αποκατάστασης	34.48±4.06	29.9	41.2	11.3	-2,18
10' αποκατάστασης	34.47±4.17	30.2	41.4	11.2	-2,21
20' αποκατάστασης	34.66±4.01	30.6	41.6	11	-1,67
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	27.82±3.45	22	31.6	9.6	
2' αποκατάστασης	26.26±2.99	21.5	30.7	9.2	-5,6
10' αποκατάστασης	26.71±2.96	22	30.5	8.5	-3,98
20' αποκατάστασης	26.61±2.55	21.5	28.9	7.4	-4,34
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	35.16±3.93	31.2	42.1	10.9	
2' αποκατάστασης	33.57±4.11	29.7	40.8	11.1	-4,52
10' αποκατάστασης	33.91±4.24	29.7	41.4	11.7	-3,55
20' αποκατάστασης	34.35±4.15	29.9	41.7	11.8	-2,3

### *Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο»*

Για το άλμα με ταλάντευση ο έλεγχος ύπαρξης διαφορών για ανεξάρτητα δείγματα ως προς τον παράγοντα «φύλο» (Πίνακας 4.1.2) έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες (ελέγχου, 25Hz, 35Hz, 45Hz) και όλες τις χρονικές στιγμές (αρχική, 2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάσταση).

**Πίνακας 4.1.2.** Διαφορές δείγματος στο άλμα με ταλάντευση ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές.

Άλμα με ταλάντευση (cm)	Γυναίκες (n=8)	Άνδρες (n=8)	t	p
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>				
Αρχική μέτρηση	27.46±3.54	35.02±4.02	3,987	0,001
2' αποκατάστασης	27.31±3.49	35.07±4.13	4,055	0,001
10' αποκατάστασης	27.33±3.46	35.05±3.96	4,143	0,001
20' αποκατάστασης	27.33±3.61	34.96±4.07	3,958	0,001
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	26.85±3.38	34.82±4.06	4,263	0,001
2' αποκατάστασης	28.62±3.44	36.61±4.11	4,211	0,001
10' αποκατάστασης	28.23±3.40	36.16±4.09	4,207	0,001
20' αποκατάστασης	27.96±3.59	35.95±4.01	4,195	0,001
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	27.85±3.70	35.25±3.96	3,858	0,002
2' αποκατάστασης	27.28±3.72	34.48±4.06	3,695	0,002
10' αποκατάστασης	27.1±3.81	34.47±4.17	3,690	0,002
20' αποκατάστασης	27.08±3.52	34.66±4.01	4,010	0,001
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	27.82±3.45	35.16±3.93	3,964	0,001
2' αποκατάστασης	26.26±2.99	33.57±4.11	4,067	0,001
10' αποκατάστασης	26.71±2.96	33.91±4.24	3,934	0,001
20' αποκατάστασης	26.61±2.55	34.35±4.15	4,485	0,001

### *Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη»*

Για το άλμα με ταλάντευση η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.1.3) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» (ελέγχου, 25Hz 35Hz, 45Hz) σε όλες τις χρονικές στιγμές (αρχική, 2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης). Τα αποτελέσματα για το

σύνολο του δείγματος (n=16) μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.1.

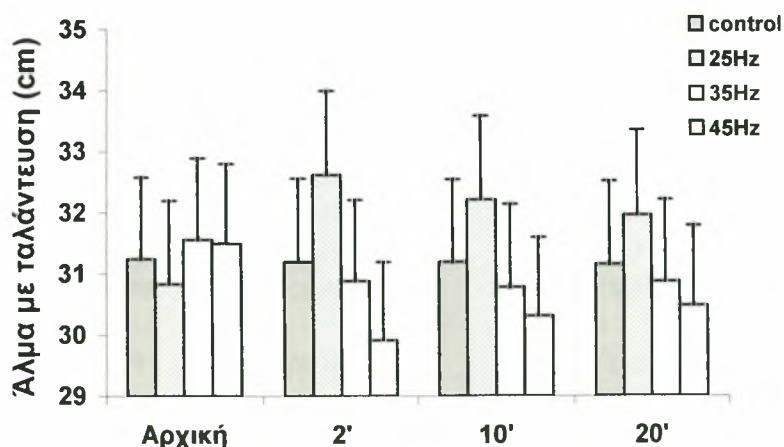
**Πίνακας 4.1.3.** Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων άλματος με ταλάντευση

Άλμα με ταλάντευση (cm)	F	p
Χρονικές στιγμές		
Αρχική μέτρηση	6,05	0,001
2' αποκατάστασης	39,55	0,000
10' αποκατάστασης	18,65	0,000
20' αποκατάστασης	12,43	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.4

**Πίνακας 4.1.4.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή στο άλμα με ταλάντευση.

Άλμα με ταλάντευση (cm)	Ελέγχου	25	35	45
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25			**	*
35		**		
45		*		
<b>2' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	***			***
35	***		***	***
45	***	***	**	
<b>10' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	**		***	*
35		***		***
45	*	***		
<b>20' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	*	*	**	***
35		**		
45		***		



Σχήμα 4.1: Αποτελέσματα άλματος με ταλάντευση μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16)

### *Άλμα από ημικάθισμα*

Για να αποδεχθούμε ή να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση (2) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες. Από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (ΦΥΛΟ X ΣΥΝΘΗΚΗ X ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (ΣΥΝΘΗΚΗ – ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ΦΥΛΟ» [ $F_{(1,14)}=16.75, p<0,01$ ] και του παράγοντα «ΣΥΝΘΗΚΗ» [ $F_{(3,42)}= 13.75, p<0,001$ ]. Επίσης, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ΣΥΝΘΗΚΗ και ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(9,126)}= 44.72, p<0.001$ ]. Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (Repeated Measures Analysis of Variance 2X4X4). Στον Πίνακα 4.2.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την περιγραφική στατιστική (μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, μικρότερη τιμή, μέγιστη τιμή, διακύμανση).

Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα του άλματος από ημικάθισμα για στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες.

Μεταβλητές	F	p
Άλμα από ημικάθισμα (cm)		
ΦΥΛΟ	17.42	0.001
ΣΥΝΘΗΚΗ	22.21	0.001
ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	2.81	NS
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ	0.25	NS
ΦΥΛΟ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	0.34	NS
ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	32.82	0.001
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	0.56	NS

**Πίνακας 4.2.1.** Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών του άλματος από ημικάθισμα στο σύνολο του δείγματος (n=16)

Άλμα από ημικάθισμα (cm)	X±SD	Min	Max	Range	%
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	24,51±2,57	19,5	26,6	7,1	
2' αποκατάστασης	24,42±2,76	19,2	26,7	7,5	-0,36
10' αποκατάστασης	24,53±2,56	19,8	26,5	6,7	0,08
20' αποκατάστασης	24,46±2,75	19,2	26,8	7,6	-0,2
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	30,38±3,07	27	35,2	8,2	
2' αποκατάστασης	30,28±2,89	27,2	34,8	7,6	-0,32
10' αποκατάστασης	30,36±2,96	27	35	8	-0,06
20' αποκατάστασης	30,32±3,01	27,3	35,1	7,8	-0,19
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	24,56±2,84	18,8	26,8	8	
2' αποκατάστασης	26,08±3,06	20	29,3	9,3	6,18
10' αποκατάστασης	25,73±2,97	19,8	28,6	8,8	4,76
20' αποκατάστασης	25,45±3,16	19,4	29,3	9,9	3,62
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	30,17±2,91	26,8	34,5	7,7	
2' αποκατάστασης	31,88±2,79	28,5	36,5	8	5,66
10' αποκατάστασης	31,61±2,95	28	36	8	4,77
20' αποκατάστασης	31,46±2,84	27,9	35,9	8	4,27
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	24,92±2,77	20,2	27,4	7,2	
2' αποκατάστασης	23,85±2,91	19,1	26,8	7,7	-4,29
10' αποκατάστασης	23,85±2,98	18,9	26,7	7,8	-4,29
20' αποκατάστασης	24,05±2,91	19	26,8	7,8	-3,49
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	30,21±2,81	27,1	34,4	7,3	
2' αποκατάστασης	29,41±2,69	26,1	34,2	8,1	-2,64
10' αποκατάστασης	29,23±2,53	26,4	34,2	7,8	-3,24
20' αποκατάστασης	29,73±2,11	26,8	34,2	7,4	-1,58
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	24,71±3,10	18,5	27,7	9,2	
2' αποκατάστασης	23,26±2,87	17,5	25,9	8,4	-5,86
10' αποκατάστασης	23,22±2,68	17,9	26,1	8,2	-6,02
20' αποκατάστασης	23,61±2,98	18,1	27,2	9,1	-4,45
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	30,43±2,92	27,4	34,9	7,5	
2' αποκατάστασης	28,73±2,75	26,1	33,2	7,1	-5,58
10' αποκατάστασης	29,22±2,59	25,9	33,4	7,5	-3,97
20' αποκατάστασης	29,28±2,51	26,4	34	7,6	-3,77

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο»

Για το άλμα από ημικάθισμα ο έλεγχος ύπαρξης διαφορών για ανεξάρτητα δείγματα ως προς τον παράγοντα «φύλο» (Πίνακας 4.2.2) έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες (ελέγχου, 25Hz, 35Hz, 45Hz) και όλες τις χρονικές στιγμές (αρχική, 2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάσταση).

**Πίνακας 4.2.2.** Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές άλματος από ημικάθισμα

Άλμα από ημικάθισμα (cm)	Γυναίκες (n=8)	Άνδρες (n=8)	t	p
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>				
Αρχική μέτρηση	24,51±2,57	30,38±3,07	4,144	0,001
2' αποκατάστασης	24,42±2,76	30,28±2,89	4,148	0,001
10' αποκατάστασης	24,53±2,56	30,36±2,96	4,203	0,001
20' αποκατάστασης	24,46±2,75	30,32±3,01	4,063	0,001
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	24,56±2,84	30,17±2,91	3,897	0,002
2' αποκατάστασης	26,08±3,06	31,88±2,79	3,952	0,001
10' αποκατάστασης	25,73±2,97	31,61±2,95	3,964	0,001
20' αποκατάστασης	25,45±3,16	31,46±2,84	3,995	0,001
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	24,92±2,77	30,21±2,81	3,783	0,002
2' αποκατάστασης	23,85±2,91	29,41±2,69	3,964	0,001
10' αποκατάστασης	23,85±2,98	29,23±2,53	3,897	0,002
20' αποκατάστασης	24,05±2,91	29,73±2,11	4,464	0,001
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	24,71±3,10	30,43±2,92	3,793	0,002
2' αποκατάστασης	23,26±2,87	28,73±2,75	3,889	0,002
10' αποκατάστασης	23,22±2,68	29,22±2,59	4,549	0,000
20' αποκατάστασης	23,61±2,98	29,28±2,51	4,117	0,001



### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη»

Για το άλμα από ημικάθισμα η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.2.3) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» (ελέγχου, 25Hz 35Hz, 45Hz) σε όλες τις χρονικές στιγμές εκτός από την αρχική (2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης). Τα αποτελέσματα για το σύνολο του δείγματος (n=16) μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.2.

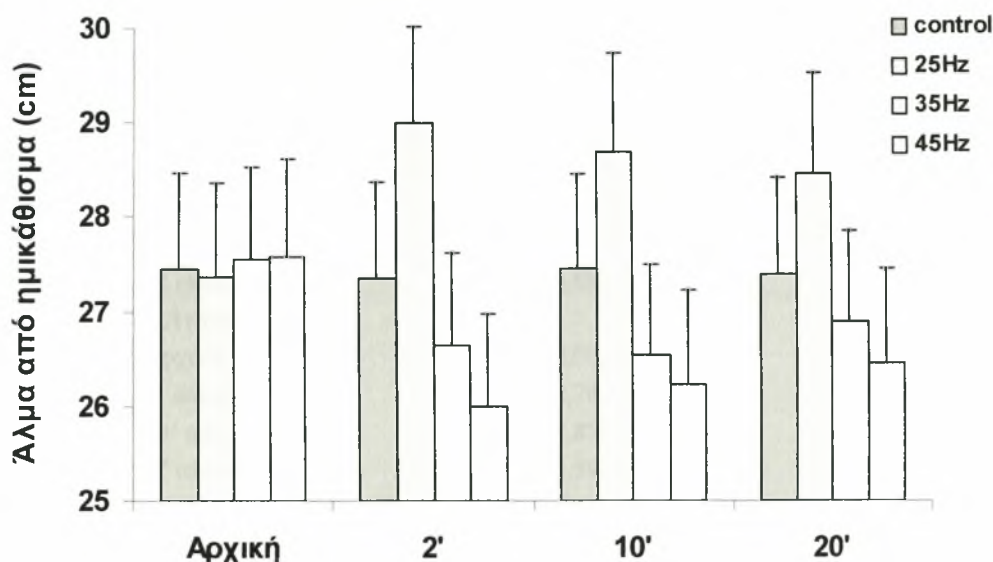
**Πίνακας 4.2.3** Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων άλματος από ημικάθισμα

Άλμα από ημικάθισμα (cm)	F	p
Χρονικές στιγμές		
Αρχική μέτρηση	0,56	NS
2' αποκατάστασης	51,93	0,000
10' αποκατάστασης	33,50	0,000
20' αποκατάστασης	13,69	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfefe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.2.4.

**Πίνακας 4.2.4.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή άλματος από ημικάθισμα

Άλμα από ημικάθισμα (cm)	Ελέγχου	25	35	45
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25				
35				
45				
<b>2' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25		***		***
35		***	***	***
45	***	***		
<b>10' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	***	***	*	***
35	*	***	***	***
45	***	***		
<b>20' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25		*		
35		*	***	***
45		***		



Σχήμα 4.2: Αποτελέσματα άλματος από ημικάθισμα μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16)

#### Άλμα βάθους από ύψος 40 εκατοστών.

Για να αποδεχθούμε ή να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση (3) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες. Από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (ΦΥΛΟ X ΣΥΝΘΗΚΗ X ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (ΣΥΝΘΗΚΗ – ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ΣΥΝΘΗΚΗ» [ $F(3,42)= 20.31, p<0,001$ ]. Επίσης, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ΣΥΝΘΗΚΗ και ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F(9,126)= 21.86, p<0.001$ ]. Αντίθετα, δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ΦΥΛΟ» [ $F(1,14)= 4.41, p=0,054$ ]. Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (Repeated Measures Analysis of Variance 2X4X4). Στον Πίνακα 4.3.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την περιγραφή στατιστική (μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, μικρότερη τιμή, μέγιστη τιμή, διακύμανση).

Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα του άλματος βάθους στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες

Μεταβλητές	F	p
Άλμα βάθους(cm)		
ΦΥΛΟ	4.41	NS
ΣΥΝΘΗΚΗ	20.36	0.001
ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	2.48	NS
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ	0.46	NS
ΦΥΛΟ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	1.36	NS
ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	21.86	0.001
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	0.93	NS

**Πίνακας 4.3.1.** Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max των τιμών του άλματος βάθους στο σύνολο του δείγματος (n=16)

Άλμα βάθους (cm)	X±SD	Min	Max	Range	%
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	25,97±3,58	20,1	29,5	9,4	
2' αποκατάστασης	26,12±3,72	20,3	30,1	9,8	0,57
10' αποκατάστασης	25,85±3,69	19,8	29,9	10,1	-0,46
20' αποκατάστασης	25,88±3,68	19,9	29,6	9,7	-0,34
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	29,13±2,78	24,1	33,9	9,8	
2' αποκατάστασης	29,18±2,78	24,2	33,7	9,5	0,17
10' αποκατάστασης	29,13±2,87	24	34	10	0,00
20' αποκατάστασης	29,87±4,59	24	39,9	15,9	2,5
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	25,76±3,25	21	29,5	8,5	
2' αποκατάστασης	26,98±3,37	21,9	31,5	9,6	4,73
10' αποκατάστασης	26,77±3,13	21,6	29,9	8,3	3,92
20' αποκατάστασης	26,42±3,54	20,9	31,1	10,2	2,56
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	28,86±2,58	24,4	33,6	9,2	
2' αποκατάστασης	30,6±2,66	25,8	34,9	9,1	6,02
10' αποκατάστασης	30,2±2,65	25,6	34,9	9,3	4,64
20' αποκατάστασης	29,83±2,61	25,3	34,4	9,1	3,36
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	25,98±3,62	21,1	29,7	8,6	
2' αποκατάστασης	25,16±3,62	20,2	29,4	9,2	-3,15
10' αποκατάστασης	25,42±3,78	20,4	29,6	9,2	-2,15
20' αποκατάστασης	25,76±3,61	20,9	29,9	9	-0,84
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	28,92±2,74	23,9	33,4	9,5	
2' αποκατάστασης	28,3±2,75	23,5	32,9	9,4	-2,14
10' αποκατάστασης	28,41±2,78	23,5	33,1	9,6	-1,76
20' αποκατάστασης	28,63±2,66	23,8	33	9,2	-1
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	26,05±3,35	21,7	29,6	7,9	
2' αποκατάστασης	24,25±3,67	18,7	28,7	10	-6,91
10' αποκατάστασης	24,7±3,72	18,3	29	10,7	-5,18
20' αποκατάστασης	24,83±3,51	19,4	28,9	9,5	-4,68
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	29,23±2,51	25	33,6	8,6	
2' αποκατάστασης	27,61±2,24	24	31,3	7,3	-5,54
10' αποκατάστασης	28,21±2,37	24,2	32	7,8	-3,48
20' αποκατάστασης	28,4±2,37	24,3	32,1	7,8	-2,84

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη»

Για το άλμα βάθους από ύψος 40 εκατοστών, η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.3.2) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» (ελέγχου, 25Hz 35Hz, 45Hz) σε όλες τις χρονικές στιγμές (αρχική, 2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης). Τα αποτελέσματα για το σύνολο του δείγματος (n=16) μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.3.

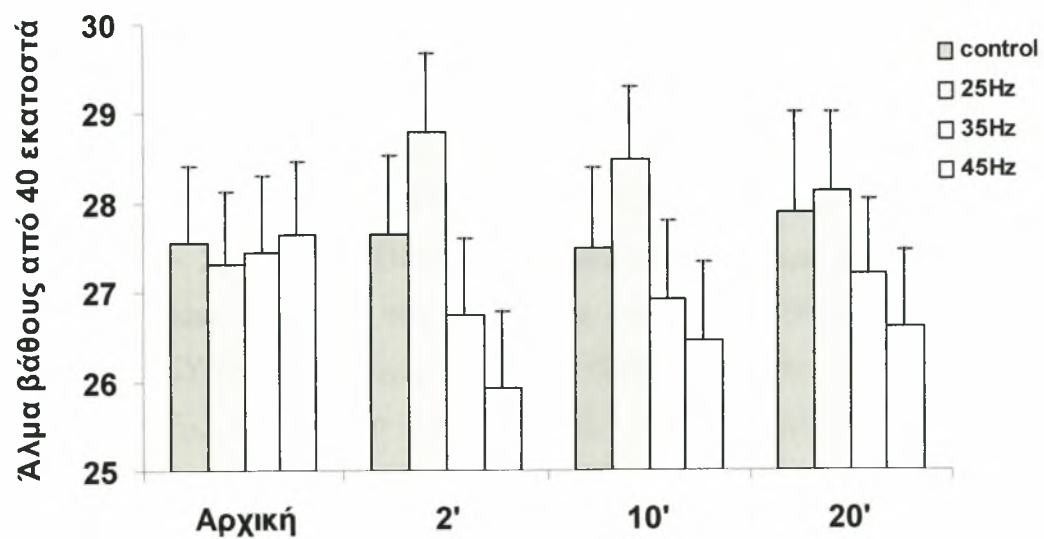
Πίνακας 4.3.2. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων άλματος βάθους

Άλμα βάθους (cm)	F	p
Χρονικές στιγμές		
Αρχική μέτρηση	1,64	NS
2' αποκατάστασης	51,58	0,000
10' αποκατάστασης	30,53	0,000
20' αποκατάστασης	7,43	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfeppe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.3

4.3.3. Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe

Άλμα βάθους (cm)	Ελέγχου	25	35	45
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25				
35				
45				
<b>2' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	***	***	**	***
35	**	***	***	*
45	***	***	*	
<b>10' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	***	***	***	***
35	***	***		
45	***	***		
<b>20' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25				*
35				**
45	*	**		



Σχήμα 4.3: Αποτελέσματα άλματος βάθους μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές στο σύνολο του δείγματος (n=16)

### Χρόνος επαφής άλματος βάθους

Για να αποδεχθούμε ή να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση (4) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δυο παράγοντες. Από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (ΦΥΛΟ Χ ΣΥΝΘΗΚΗ Χ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (ΣΥΝΘΗΚΗ – ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ΦΥΛΟ» [ $F_{(1,14)}=6.34, p<0,05$ ], του παράγοντα «ΣΥΝΘΗΚΗ» [ $F_{(3,42)}= 14.82, p<0,001$ ] και του παράγοντα «ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ» [ $F_{(3,42)}= 3.69, p<0,05$ ]. Επίσης, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ΣΥΝΘΗΚΗ και ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(9,126)}= 22.94, p<0.001$ ]. Στον Πίνακα 4.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (Repeated Measures Analysis of Variance 2X4X4). Στον Πίνακα 4.4.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την περιγραφή στατιστική (μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, μικρότερη τιμή, μέγιστη τιμή, διακύμανση).

**Πίνακας 4.4.** Αποτελέσματα του χρόνου επαφής του άλματος βάθους στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δυο παράγοντες

Μεταβλητή	F	p
Χρόνος επαφής(ms)		
ΦΥΛΟ	6,34	0,02
ΣΥΝΘΗΚΗ	14,82	0,000
ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	3,69	0,01
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ	0,44	NS
ΦΥΛΟ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	0,51	NS
ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	22,94	0,000
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	1,43	NS



Πίνακας 4.4.1. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max των τιμών του χρόνου επαφής του άλματος βάθους.

Χρόνος επαφής (ms)	X±SD	Min	Max	Range	%
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	225±29	185	268	83	
2' αποκατάστασης	223±29	186	265	79	0,8
10' αποκατάστασης	225±29	187	265	78	0,0
20' αποκατάστασης	224±30	186	267	81	0,44
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	198±13	180	220	40	
2' αποκατάστασης	201±15	180	228	48	-1,5
10' αποκατάστασης	200±13	183	223	40	-1,01
20' αποκατάστασης	199±15	179	226	47	-0,50
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	228±28	184	266	82	
2' αποκατάστασης	213±28	176	254	78	6,57
10' αποκατάστασης	218±28	177	258	81	4,38
20' αποκατάστασης	219±25	180	251	71	3,94
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	200±16	177	228	51	
2' αποκατάστασης	183±16	165	217	52	6,5
10' αποκατάστασης	186±15	164	213	49	7
20' αποκατάστασης	188±15	164	207	43	6
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	221±25	184	250	66	
2' αποκατάστασης	236±21	204	264	60	-6,78
10' αποκατάστασης	235±23	200	267	67	-6,33
20' αποκατάστασης	228±22	193	261	68	-3,16
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	198±17	168	217	49	
2' αποκατάστασης	206±23	174	231	57	-4,04
10' αποκατάστασης	207±25	174	244	70	-4,54
20' αποκατάστασης	205±23	171	234	63	-3,53
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	222±28	180	255	75	
2' αποκατάστασης	240±26	207	273	66	-8,1
10' αποκατάστασης	235±24	200	267	67	-5,85
20' αποκατάστασης	237±26	195	273	78	-6,57
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	198±16	168	221	53	
2' αποκατάστασης	212±23	179	243	64	-7,07
10' αποκατάστασης	209±22	176	242	66	-5,55
20' αποκατάστασης	205±18	173	228	55	-3,53

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο»

Για το χρόνο επαφής του άλματος βάθους ο έλεγχος ύπαρξης διαφορών για ανεξάρτητα δείγματα ως προς τον παράγοντα «φύλο» (Πίνακας 4.4.2) έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών στις συνθήκες και στις χρονικές στιγμές που παρουσιάζονται παρακάτω.

**Πίνακας 4.4.2.** Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές του χρόνου επαφής του άλματος βάθους.

Χρόνος επαφής(ms)	Γυναίκες (n=8)	Άνδρες (n=8)	t	p
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>				
Αρχική μέτρηση	225±29	198±13	2,403	0,031
2' αποκατάστασης	223±29	201±15	1,879	0,081
10' αποκατάστασης	225±29	200±13	2,241	0,042
20' αποκατάστασης	224±30	199±15	2,060	0,059
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	228±28	200±16	2,384	0,032
2' αποκατάστασης	213±28	183±16	2,665	0,018
10' αποκατάστασης	218±28	186±15	2,879	0,012
20' αποκατάστασης	219±25	188±15	2,985	0,010
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	221±25	198±17	2,187	0,046
2' αποκατάστασης	236±21	206±23	2,752	0,016
10' αποκατάστασης	235±23	207±25	2,247	0,041
20' αποκατάστασης	228±22	205±23	2,053	0,059
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	222±28	198±16	2,118	0,053
2' αποκατάστασης	240±26	212±23	2,245	0,041
10' αποκατάστασης	235±24	209±22	2,219	0,044
20' αποκατάστασης	237±26	205±18	2,857	0,013

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη»

Για το χρόνο επαφής του άλματος βάθους η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.4.3) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» (ελέγχου, 25Hz 35Hz, 45Hz) σε όλες τις χρονικές στιγμές εκτός από την αρχική (2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης). Τα αποτελέσματα για το σύνολο του δείγματος (n=16) μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.4.

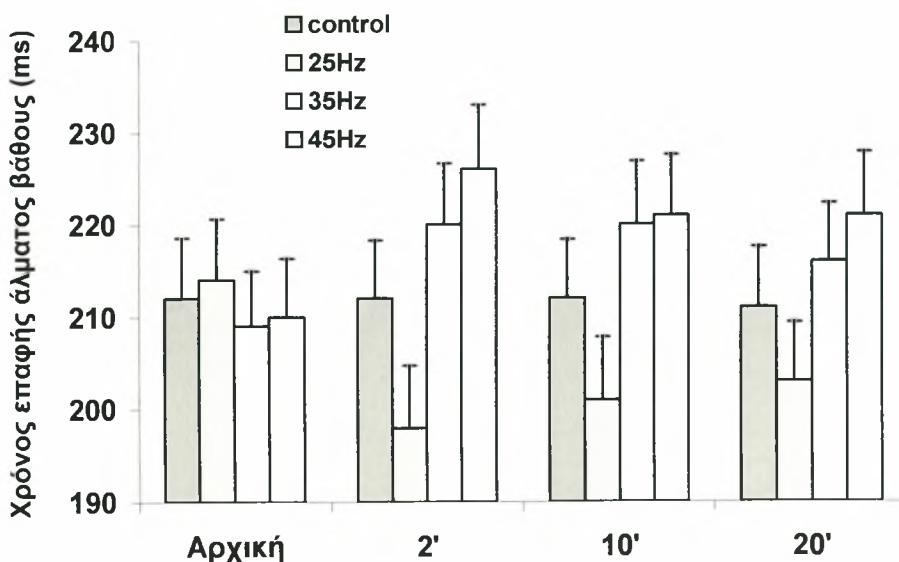
**Πίνακας 4.4.3.** Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων χρόνου επαφής άλματος βάθους.

Χρόνος επαφής(ms)	F	p
Χρονικές στιγμές		
Αρχική μέτρηση	2,26	NS
2' αποκατάστασης	20,61	0,000
10' αποκατάστασης	19,97	0,000
20' αποκατάστασης	17,33	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfefe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4.4

**Πίνακας 4.4.4.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή του χρόνου επαφής του άλματος βάθους.

Χρόνος επαφής (ms)	Ελέγχου	25	35	45
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25				
35				
45				
<b>2' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	*	*	***	**
35		***		
45	**	***		
<b>10' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	**	**	***	*
35		***		
45	*	***		
<b>20' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	*	*	***	**
35		***		
45	**	***		



Σχήμα 4.4.: Αποτελέσματα του χρόνου επαφής του άλματος βάθους μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16).

#### *Διαφορές ως προς τον παράγοντα «χρονική στιγμή»*

Για το χρόνο επαφής του άλματος βάθους η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.4.5) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «χρονική στιγμή» (αρχική, 2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης) σε όλες τις συνθήκες εκτός από την ελέγχου (25Hz, 35Hz, 45Hz).

Πίνακας 4.4.5. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων χρόνου επαφής άλματος βάθους ως προς τη χρονική στιγμή

Χρόνος επαφής (ms)	F	p
Συνθήκες		
Ελέγχου	0,59	NS
25Hz	57,31	0,000
35Hz	12,16	0,000
45Hz	12,79	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfefe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.4.6.

**Πίνακας 4.4.6.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη του χρόνου επαφής.

Χρόνος επαφής (ms)	Αρχική	2'	10'	20'
Συνθήκη ελέγχου				
Αρχική				
2'				
10'				
20'				
Συνθήκη 25Hz				
Αρχική		***	***	***
2'	***			**
10'	***			
20'	***	**		
Συνθήκη 35Hz				
Αρχική		***	***	*
2'	***			
10'	***			
20'	*			
Συνθήκη 45Hz				
Αρχική		***	**	**
2'	***			
10'	**			
20'	**			

### Παραγόμενη ισχύς άλματος βάθους

Για να αποδεχθούμε ή να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση (5) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες. Από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (ΦΥΛΟ Χ ΣΥΝΘΗΚΗ Χ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (ΣΥΝΘΗΚΗ – ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ΦΥΛΟ» [ $F_{(1,14)}=5.45$ ,  $p<0,05$ ], του παράγοντα «ΣΥΝΘΗΚΗ» [ $F_{(3,42)}= 13.85$ ,  $p<0,001$ ] και του παράγοντα «ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ» [ $F_{(3,42)}= 4.58$ ,  $p<0,05$ ]. Επίσης, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ΣΥΝΘΗΚΗ και ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(9,126)}= 25.66$ ,  $p<0.001$ ]. Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (Repeated Measures Analysis of Variance 2X4X4). Στον Πίνακα 4.5.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την περιγραφή στατιστική (μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, μικρότερη τιμή, μέγιστη τιμή, διακύμανση).

**Πίνακας 4.5.** Αποτελέσματα της παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους στο σύνολο του δείγματος ( $n=16$ ) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες.

Μεταβλητή	F	p
Ισχύς(W/kg)		
ΦΥΛΟ	5,45	0,03
ΣΥΝΘΗΚΗ	13,85	0,000
ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	4,58	0,007
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ	0,50	NS
ΦΥΛΟ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	1,33	NS
ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	25,66	0,000
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	1,01	NS



**Πίνακας 4.5.1.** Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών της παραγόμενης ισχύος του άλματος βάρους.

Άλμα βάρους (Ισχύς, W/kg)	X±SD	Min	Max	Range	%
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	34,22±6,29	26	44,6	18,6	
2' αποκατάστασης	34,12±6,20	25,6	44,2	18,6	-0,29
10' αποκατάστασης	34,13±6,30	25,7	44,5	18,8	-0,26
20' αποκατάστασης	34,32±6,33	26,1	44,5	18,4	0,29
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	40,67±5,70	32	50,80	18,8	
2' αποκατάστασης	40,72±5,69	31,8	50,50	18,7	0,12
10' αποκατάστασης	40,75±5,77	32,2	50,70	18,5	0,19
20' αποκατάστασης	40,62±5,66	32,2	50,5	18,30	-0,12
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	34,12±5,63	26	43,9	17,9	
2' αποκατάστασης	35,81±5,05	27,8	44,7	16,9	4,95
10' αποκατάστασης	35,28±5,40	27,3	44,6	17,3	3,39
20' αποκατάστασης	34,87±5,70	26,2	44,6	18,4	2,19
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	40,20±5,42	31,6	50	18,4	
2' αποκατάστασης	42,3±5,34	34,1	52,4	18,3	5,22
10' αποκατάστασης	41,86±5,55	32,4	51,8	19,4	4,12
20' αποκατάστασης	41,62±5,39	32,3	51,4	19,1	3,53
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	34,16±5,64	26,5	44,2	17,7	
2' αποκατάστασης	33,18±5,21	25,8	42,2	16,4	-2,86
10' αποκατάστασης	32,78±4,35	26	38,3	12,3	-4,03
20' αποκατάστασης	33,02±4,43	25,7	37,6	11,9	-3,33
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	40,05±5,51	31,7	50,4	18,7	
2' αποκατάστασης	38,47±5,57	29,9	49,1	19,2	-3,94
10' αποκατάστασης	38,9±5,38	30,80	49,4	18,6	-2,87
20' αποκατάστασης	39,17±5,62	30,6	50	19,4	-2,19
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	34,11±5,56	26,5	43,5	17	
2' αποκατάστασης	32,10±5,12	24,9	40	15,1	-5,89
10' αποκατάστασης	32,71±5,41	25,2	41,9	16,7	-4,10
20' αποκατάστασης	32,37±4,91	25,5	39,8	14,3	-5,10
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	40,71±5,70	32,1	50,5	18,4	
2' αποκατάστασης	38,73±6,00	29,9	49,10	19,20	-4,86
10' αποκατάστασης	39,26±6,11	30,10	49,5	19,4	-3,56
20' αποκατάστασης	39,66±5,92	31	49,5	18,5	-2,57

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο»

Για την παραγόμενη ισχύ του άλματος βάθους ο έλεγχος ύπαρξης διαφορών για ανεξάρτητα δείγματα ως προς τον παράγοντα «φύλο» (Πίνακας 4.5.2) έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών στις συνθήκες και στις χρονικές στιγμές που παρουσιάζονται παρακάτω.

**Πίνακας 4.5.2.** Διαφορές δείγματος ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές παραγόμενης ισχύος άλματος βάθους.

Ισχύς (W/kg)	Γυναίκες (n=8)	Άνδρες (n=8)	t	p
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>				
Αρχική μέτρηση	34,22±6,29	40,67±5,70	2,147	0,050
2' αποκατάστασης	34,12±6,20	40,72±5,69	2,217	0,044
10' αποκατάστασης	34,13±6,30	40,75±5,77	2,187	0,046
20' αποκατάστασης	34,32±6,33	40,62±5,66	2,096	0,055
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	34,12±5,63	40,20±5,42	2,197	0,045
2' αποκατάστασης	35,81±5,05	42,3±5,34	2,495	0,026
10' αποκατάστασης	35,28±5,40	41,86±5,55	2,400	0,031
20' αποκατάστασης	34,87±5,70	41,62±5,39	2,431	0,029
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	34,16±5,64	40,05±5,51	2,109	0,053
2' αποκατάστασης	33,18±5,21	38,47±5,57	1,958	0,070
10' αποκατάστασης	32,78±4,35	38,9±5,38	2,496	0,026
20' αποκατάστασης	33,02±4,43	39,17±5,62	2,430	0,029
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	34,11±5,56	40,71±5,70	2,342	0,034
2' αποκατάστασης	32,10±5,12	38,73±6,00	2,377	0,032
10' αποκατάστασης	32,71±5,41	39,26±6,11	2,267	0,040
20' αποκατάστασης	32,37±4,91	39,66±5,92	2,676	0,018

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη»

Για την παραγόμενη ισχύ του άλματος βάθους η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.5.3) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» (ελέγχου, 25Hz 35Hz, 45Hz) σε όλες τις χρονικές στιγμές εκτός από την αρχική (2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης). Τα αποτελέσματα για το σύνολο του δείγματος (n=16) μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.5.

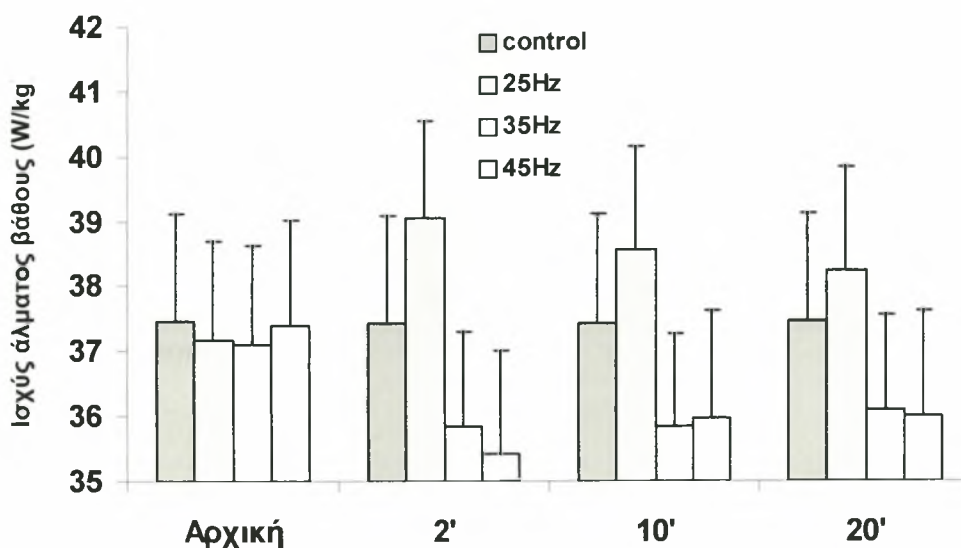
**Πίνακας 4.5.3.** Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων παραγόμενης ισχύος άλματος βάθους.

Ισχύς άλματος βάθους(W/kg)	F	p
Χρονικές στιγμές		
Αρχική μέτρηση	0,80	NS
2' αποκατάστασης	29,40	0,000
10' αποκατάστασης	16,72	0,000
20' αποκατάστασης	10,49	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfefe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5.4.

**Πίνακας 4.5.4.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή παραγόμενης ισχύος άλματος βάθους.

Ισχύς άλματος βάθους (W/kg)	Ελέγχου	25	35	45
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25				
35				
45				
<b>2' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	**	**	**	***
35	**	***	***	***
45	***	***		
<b>10' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25			**	*
35	**	***	***	***
45	*	***		
<b>20' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25			***	***
35		***		
45	*	***		



Σχήμα 4.5: Αποτελέσματα παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16)

#### *Διαφορές ως προς τον παράγοντα «χρονική στιγμή»*

Για την παραγόμενη ισχύ του άλματος βάθους η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.5.5) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «χρονική στιγμή» (αρχική, 2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης) σε όλες τις συνθήκες εκτός από την ελέγχου (25Hz, 35Hz, 45Hz).

Πίνακας 4.5.5. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων παραγόμενης ισχύος του άλματος βάθους ως προς τη χρονική στιγμή

Ισχύς άλματος βάθους (W/kg)	F	p
Συνθήκες		
Ελέγχου	0,10	NS
25Hz	44,56	0,000
35Hz	6,71	0,000
45Hz	48,50	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfeppe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.5.6.

**Πίνακας 4.5.6.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη, ισχύος άλματος βάθους.

Ισχύς άλματος βάθους (W/kg)	Αρχική	2'	10'	20'
Συνθήκη ελέγχου				
Αρχική				
2'				
10'				
20'				
Συνθήκη 25Hz				
Αρχική		***	***	***
2'	***			***
10'	***			
20'	***	***		
Συνθήκη 35Hz				
Αρχική		**	**	*
2'	**			
10'	**			
20'	*			
Συνθήκη 45Hz				
Αρχική		***	***	***
2'	***		*	*
10'	***	*		
20'	***	*		

### **Κυκλική ταχύτητα**

Για να αποδεχθούμε ή να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση (6) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες. Από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (ΦΥΛΟ Χ ΣΥΝΘΗΚΗ Χ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (ΣΥΝΘΗΚΗ – ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ΦΥΛΟ» [ $F_{(1,14)}=59.42, p<0,001$ ], του παράγοντα «ΣΥΝΘΗΚΗ» [ $F_{(3,42)}= 27.94, p<0,001$ ] και του παράγοντα ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(3,42)}=4.12, p<0,05$ ]. Επίσης, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ΣΥΝΘΗΚΗ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(9,126)}= 70.78, p<0.001$ ], ΦΥΛΟ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(3,42)}=3, p<0,05$ ] και ΦΥΛΟ-ΣΥΝΘΗΚΗ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(9,126)}=5.81, p<0,001$ ], Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (Repeated Measures Analysis of Variance 2X4X4). Στον Πίνακα 4.6.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την περιγραφή στατιστική (μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, μικρότερη τιμή, μέγιστη τιμή, διακύμανση).

**Πίνακας 4.6.** Αποτελέσματα κυκλικής ταχύτητας στο σύνολο του δείγματος (n=16) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες .

Μεταβλητή	F	p
Κυκλική ταχύτητα(rpm)		
ΦΥΛΟ	59,42	0,000
ΣΥΝΘΗΚΗ	27,94	0,000
ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	4,12	0,01
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ	0,84	NS
ΦΥΛΟ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	3	0,4
ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	70,78	0,000
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	5,81	0,000



**Πίνακας 4.6.1.** Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών της κυκλικής ταχύτητας.

Κυκλική ταχύτητα (rpm)	X±SD	Min	Max	Range	%
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	176±9	167	196	29	
2' αποκατάστασης	176±9	168	194	26	0
10' αποκατάστασης	177±9	168	195	27	0,56
20' αποκατάστασης	176±9	166	194	28	0
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	202±8	188	213	25	
2' αποκατάστασης	202±7	190	211	21	0
10' αποκατάστασης	202±6	191	210	19	0
20' αποκατάστασης	203±7	190	212	22	0,49
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	176±7	171	193	22	
2' αποκατάστασης	183±7	178	198	20	3,97
10' αποκατάστασης	182±7	176	198	22	3,41
20' αποκατάστασης	178±8	173	196	23	1,13
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	201±7	186	209	23	
2' αποκατάστασης	212±7	199	222	23	5,47
10' αποκατάστασης	212±8	196	222	26	5,47
20' αποκατάστασης	210±10	190	219	29	4,47
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	175±7	170	192	22	
2' αποκατάστασης	173±8	167	191	24	-1,14
10' αποκατάστασης	174±8	167	193	26	-0,57
20' αποκατάστασης	173±5	169	185	16	-1,14
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	202±5	191	208	17	
2' αποκατάστασης	197±6	184	204	20	-2,47
10' αποκατάστασης	198±5	187	204	17	-1,98
20' αποκατάστασης	199±5	190	205	15	-1,48
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	175±8	168	191	23	
2' αποκατάστασης	168±9	161	185	24	-4
10' αποκατάστασης	170±9	162	188	26	-2,85
20' αποκατάστασης	171±8	162	189	27	-2,28
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	205±7	193	215	22	
2' αποκατάστασης	193±8	180	206	26	-5,85
10' αποκατάστασης	195±7	184	207	23	-4,87
20' αποκατάστασης	197±7	187	209	22	-3,90

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο»

Για την κυκλική ταχύτητα ο έλεγχος ύπαρξης διαφορών για ανεξάρτητα δείγματα ως προς τον παράγοντα «φύλο» (Πίνακας 4.6.2) έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές.

Πίνακας 4.6.2. Διαφορές δείγματος κυκλικής ταχύτητας ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές.

Κυκλική ταχύτητα (rpm)	Γυναίκες (n=8)	Άνδρες (n=8)	t	p
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>				
Αρχική μέτρηση	176±9	202±8	5,958	0,000
2' αποκατάστασης	176±9	202±7	6,462	0,000
10' αποκατάστασης	177±9	202±6	6,517	0,000
20' αποκατάστασης	176±9	203±7	6,658	0,000
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	176±7	201±7	6,642	0,000
2' αποκατάστασης	183±7	212±7	8,350	0,000
10' αποκατάστασης	182±7	212±8	7,635	0,000
20' αποκατάστασης	178±8	210±10	7,038	0,000
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	175±7	202±5	8,315	0,000
2' αποκατάστασης	173±8	197±6	6,866	0,000
10' αποκατάστασης	174±8	198±5	7,002	0,000
20' αποκατάστασης	173±5	199±5	10,10	0,000
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	175±8	205±7	7,544	0,000
2' αποκατάστασης	168±9	193±8	5,824	0,000
10' αποκατάστασης	170±9	195±7	6,409	0,000
20' αποκατάστασης	171±8	197±7	6,674	0,000

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη»

Για την κυκλική ταχύτητα η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.6.3) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» (ελέγχου, 25Hz 35Hz, 45Hz) σε όλες τις χρονικές στιγμές εκτός από την αρχική (2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης). Τα αποτελέσματα για το σύνολο του δείγματος (n=16) μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.6.

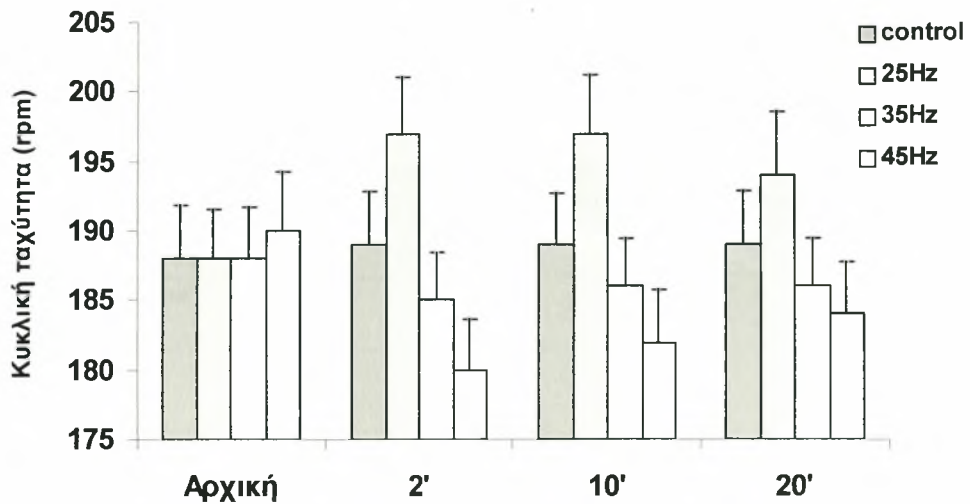
**Πίνακας 4.6.3.** Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κυκλικής ταχύτητας.

Κυκλική ταχύτητα(gpm)	F	p
Χρονικές στιγμές		
Αρχική μέτρηση	0,68	NS
2' αποκατάστασης	67,59	0,000
10' αποκατάστασης	46,72	0,000
20' αποκατάστασης	18,41	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfefe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.4

**Πίνακας 4.6.4.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή κυκλικής ταχύτητας.

Κυκλική ταχύτητα (gpm)	Ελέγχου	25	35	45
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25				
35				
45				
<b>2' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	***	***	*	***
35	*	***	***	***
45	***	***	**	
<b>10' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	***	***	***	***
35		***		
45	***	***		
<b>20' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	*	*	***	**
35		***		***
45	**	***		



Σχήμα 4.6.: Αποτελέσματα της κυκλικής ταχύτητας μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16)

#### *Διαφορές ως προς τον παράγοντα «χρονική στιγμή»*

Για την κυκλική ταχύτητα η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.6.5) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «χρονική στιγμή» (αρχική, 2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης) σε όλες τις συνθήκες εκτός από την ελέγχου (25Hz, 35Hz, 45Hz).

Πίνακας 4.6.5. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων κυκλικής ταχύτητας.

Κυκλική ταχύτητα (rpm)	F	p
Συνθήκες		
Ελέγχου	1,26	NS
25Hz	57,61	0,000
35Hz	9,48	0,000
45Hz	79,87	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfefe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.6

**Πίνακας 4.6.6.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη της κυκλικής ταχύτητας.

Κυκλική ταχύτητα (g <sub>rm</sub> )	Αρχική	2'	10'	20'
Συνθήκη ελέγχου				
Αρχική				
2'				
10'				
20'				
Συνθήκη 25Hz				
Αρχική		***	***	***
2'	***			***
10'	***			**
20'	***	***	**	
Συνθήκη 35Hz				
Αρχική		***	**	*
2'	***			
10'	**			
20'	*			
Συνθήκη 45Hz				
Αρχική		***	***	***
2'	***		*	***
10'	***	*		
20'	***	***		

### *Διαφορές ανδρών και γυναικών ως προς τον παράγοντα «χρονική στιγμή»*

Για την κυκλική ταχύτητα η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.6.7) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «χρονική στιγμή» (αρχική, 2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης) σε όλες τις συνθήκες εκτός από την ελέγχου (25Hz, 35Hz, 45Hz) μεταξύ ανδρών και γυναικών.

**Πίνακας 4.6.7.** Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ανδρών και γυναικών στην κυκλική ταχύτητα.

<b>Κυκλική ταχύτητα ανδρών (rpm)</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Συνθήκες		
Ελέγχου	0,66	NS
25Hz	43,81	0,000
35Hz	15,24	0,000
45Hz	107,74	0,000
<b>Κυκλική ταχύτητα γυναικών (rpm)</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Συνθήκες		
Ελέγχου	1,75	NS
25Hz	122,02	0,000
35Hz	1,73	NS
45Hz	24,95	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη χωριστά μεταξύ ανδρών και γυναικών εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfefe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.8



**Πίνακας 4.6.8.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «χρονική στιγμή» σε κάθε συνθήκη μεταξύ ανδρών και γυναικών.

Κυκλική ταχύτητα άνδρες (rpm)	Αρχική	2'	10'	20'
Συνθήκη ελέγχου	Άνδρες			
Αρχική				
2'				
10'				
20'				
Συνθήκη 25Hz				
Αρχική		***	***	***
2'	***			
10'	***			
20'	***			
Συνθήκη 35Hz				
Αρχική		***	***	*
2'	***			
10'	***			
20'	*			
Συνθήκη 45Hz				
Αρχική		***	***	***
2'	***		*	***
10'	***	*		
20'	***	***		
Κυκλική ταχύτητα γυναίκες (rpm)	Αρχική	2'	10'	20'
Συνθήκη ελέγχου	Άνδρες			
Αρχική				
2'				
10'				
20'				
Συνθήκη 25Hz				
Αρχική		***	***	***
2'	***			***
10'	***			***
20'	***	***	***	
Συνθήκη 35Hz				
Αρχική				
2'				
10'				
20'				
Συνθήκη 45Hz				
Αρχική		***	***	**
2'	***			*
10'	***			
20'	**	*		

**Ευκαμψία**

Για να αποδεχθούμε ή να απορρίψουμε την μηδενική υπόθεση (7) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες. Από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (ΦΥΛΟ Χ ΣΥΝΘΗΚΗ Χ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (ΣΥΝΘΗΚΗ – ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ) τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα «ΦΥΛΟ» [ $F_{(1,14)}=4.78$ ,  $p<0,05$ ], και του παράγοντα «ΣΥΝΘΗΚΗ» [ $F_{(3,42)}= 15$ ,  $p<0,001$ ]. Επίσης, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ΣΥΝΘΗΚΗ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(9,126)}=66.75$ ,  $p<0.001$ ], και ΦΥΛΟ-ΣΥΝΘΗΚΗ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ [ $F_{(9,126)}=5.81$ ,  $p<0,001$ ], Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες (Repeated Measures Analysis of Variance 2X4X4). Στον Πίνακα 4.7.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την περιγραφή στατιστική (μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, μικρότερη τιμή, μέγιστη τιμή, διακύμανση).

**Πίνακας 4.7.** Αποτελέσματα ευκαμψίας στο σύνολο του δείγματος ( $n=16$ ) από την ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων με επαναλαμβανόμενους τους δύο παράγοντες.

Μεταβλητή	F	p
Ευκαμψία (cm)		
ΦΥΛΟ	4,78	0,046
ΣΥΝΘΗΚΗ	15,00	0,000
ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	0,55	NS
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ	0,22	NS
ΦΥΛΟ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	2,16	NS
ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	66,75	0,000
ΦΥΛΟ x ΣΥΝΘΗΚΗ x ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ	2,33	0,018

Πίνακας 4.7.1. Μέσοι όροι, τυπική απόκλιση, min, max, ποσοστιαία μεταβολή των τιμών ευκαμψίας

Ευκαμψία (cm)	X±SD	Min	Max	%	Range
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	47,87±6,27	42	58,5		16,5
2' αποκατάστασης	48,18±6,20	42,5	59	0,64	16,5
10' αποκατάστασης	48±6,36	41,5	59	0,27	17,5
20' αποκατάστασης	48,31±6,46	42	59,5	0,92	17,5
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	41,06±6,86	29	51		22
2' αποκατάστασης	41,37±6,99	29	51,5	0,75	22,5
10' αποκατάστασης	41,50±6,63	30	51	1,07	21
20' αποκατάστασης	41,56±6,81	29,5	51	1,21	21,5
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	47,37±5,57	42	57		15
2' αποκατάστασης	50,81±5,54	46	59,5	7,26	13,5
10' αποκατάστασης	50,31±5,44	45,5	60	6,20	14,5
20' αποκατάστασης	48,68±5,76	44	59,5	2,76	15,5
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	40,93±6,55	31	51		20
2' αποκατάστασης	43,25±6,69	33	53,5	5,66	20,5
10' αποκατάστασης	43±6,48	33,5	53	5,05	19,5
20' αποκατάστασης	42,56±6,92	32	53	3,98	21
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	47,62±5,11	41	56,5		15,5
2' αποκατάστασης	46,75±5,30	39,5	56	-1,82	16,5
10' αποκατάστασης	46,68±5,41	39	56,5	-1,97	17,5
20' αποκατάστασης	47,12±5,37	40	56	-1,04	16
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	41,43±5,93	33,5	49,5		16
2' αποκατάστασης	40,12±6,01	32,5	48,5	-3,16	16
10' αποκατάστασης	40,31±6,01	32,5	48,5	-2,7	16
20' αποκατάστασης	40,56±6,02	32,5	49	-2,09	16,5
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>					
Γυναίκες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	47,62±5,94	41,5	57		15,5
2' αποκατάστασης	45,50±6,56	38	56	-4,45	18
10' αποκατάστασης	46,31±5,92	41	56,5	-2,75	15,5
20' αποκατάστασης	46,75±5,90	41	56	-1,82	15
Άνδρες (n=8)					
Αρχική μέτρηση	41,5±5,84	33	49		16
2' αποκατάστασης	39,25±5,81	30,5	47	-5,42	16,5
10' αποκατάστασης	39,87±5,89	31,5	47,5	-3,92	16
20' αποκατάστασης	40,50±5,93	32	48	-2,41	16

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «φύλο»

Για την ευκαμψία ο έλεγχος ύπαρξης διαφορών για ανεξάρτητα δείγματα ως προς τον παράγοντα «φύλο» (Πίνακας 4.7.2) έδειξε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ ανδρών και γυναικών σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές.

**Πίνακας 4.7.2.** Διαφορές δείγματος στην ευκαμψία ως προς τον παράγοντα φύλο σε όλες τις συνθήκες και σε όλες τις χρονικές στιγμές.

Ευκαμψία (cm)	Γυναίκες (n=8)	Άνδρες (n=8)	t	p
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>				
Αρχική μέτρηση	47,87±6,27	41,06±6,86	2.071	0,057
2' αποκατάστασης	48,18±6,20	41,37±6,99	2.060	0,058
10' αποκατάστασης	48±6,36	41,50±6,63	2	0,065
20' αποκατάστασης	48,31±6,46	41,56±6,81	2.032	0,062
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 25Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	47,37±5,57	40,93±6,55	2.116	0,053
2' αποκατάστασης	50,81±5,54	43,25±6,69	2.462	0,027
10' αποκατάστασης	50,31±5,44	43±6,48	2.444	0,028
20' αποκατάστασης	48,68±5,76	42,56±6,92	1.923	0,075
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 35Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	47,62±5,11	41,43±5,93	2.235	0,042
2' αποκατάστασης	46,75±5,30	40,12±6,01	2.236	0,035
10' αποκατάστασης	46,68±5,41	40,31±6,01	2.229	0,043
20' αποκατάστασης	47,12±5,37	40,56±6,02	2.298	0,037
<b>ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ 45Hz</b>				
Αρχική μέτρηση	47,62±5,94	41,5±5,84	2.077	0,057
2' αποκατάστασης	45,50±6,56	39,25±5,81	2.016	0,063
10' αποκατάστασης	46,31±5,92	39,87±5,89	2.180	0,047
20' αποκατάστασης	46,75±5,90	40,50±5,93	2.112	0,053

### Διαφορές ως προς τον παράγοντα «συνθήκη»

Για την ευκαμψία η ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (Πίνακας 4.7.3) έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα «συνθήκη» (ελέγχου, 25Hz 35Hz, 45Hz) σε όλες τις χρονικές στιγμές εκτός από την αρχική (2' αποκατάστασης, 10' αποκατάστασης, 20' αποκατάστασης). Τα αποτελέσματα για το σύνολο του δείγματος (n=16) μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές παρουσιάζονται στο Γράφημα 4.7.

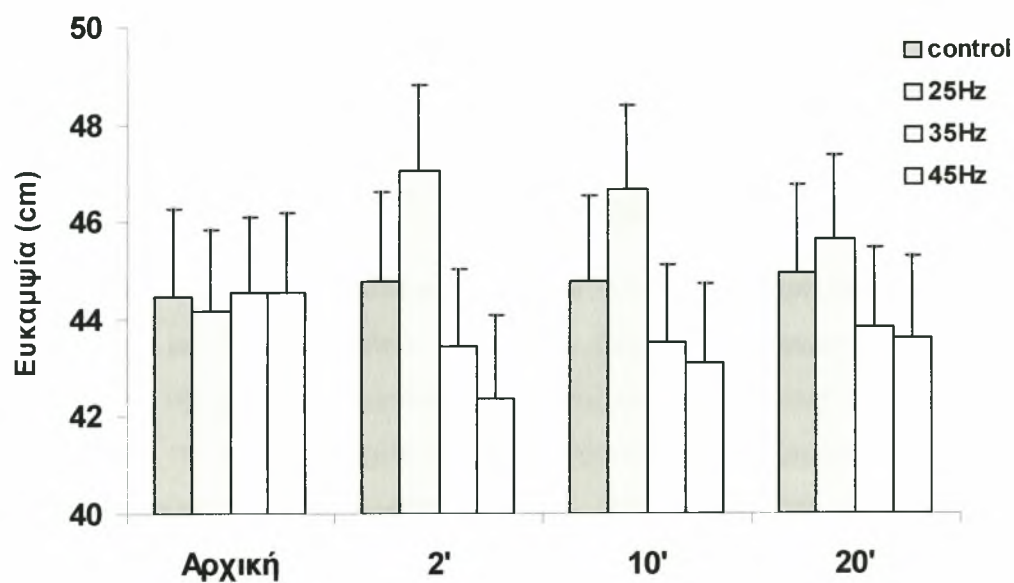
**Πίνακας 4.7.3.** Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ευκαμψίας.

Ευκαμψία (cm)	F	p
Χρονικές στιγμές		
Αρχική μέτρηση	0,50	NS
2' αποκατάστασης	39,24	0,000
10' αποκατάστασης	26,37	0,000
20' αποκατάστασης	11,65	0,000

Για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του επαναλαμβανόμενου παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή χωριστά εφαρμόστηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Scfefe και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.7.4.

**Πίνακας 4.7.4.** Αποτελέσματα πολλαπλών συγκρίσεων Scheffe για την εύρεση διαφορών μεταξύ των βαθμίδων του παράγοντα «συνθήκη» σε κάθε χρονική στιγμή.

Ευκαμψία (cm)	Ελέγχου	25	35	45
<b>ΑΡΧΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25				
35				
45				
<b>2' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	***	***	*	***
35	*	***	***	***
45	***	***		
<b>10' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25	**	**	***	**
35		***		
45	**	***		
<b>20' ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</b>				
Συνθήκη ελέγχου				
25			***	*
35		***		***
45	*	***		



Σχήμα 4.7: Αποτελέσματα ευκαμψίας μεταξύ των συνθηκών μέτρησης στις διάφορες χρονικές στιγμές για το σύνολο του δείγματος (n=16)





## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία, μια μόνο συνεδρία προπόνησης με δονήσεις είναι ικανή να προκαλέσει διάφορες προσαρμογές σε παραμέτρους της φυσικής κατάστασης και πιο συγκεκριμένα στην αλτική ικανότητα, την ευκαμψία και την κυκλική ταχύτητα. Οι προσαρμογές αυτές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τους βιομηχανικούς παράγοντες που καθορίζουν την ένταση της δόνησης (μετατόπιση, συχνότητα και επιτάχυνση της ταλάντωσης) (Cardinale & Lim 2003), καθώς επίσης και από άλλες παραμέτρους όπως είναι το προπονητικό επίπεδο των ασκουμένων (Issurin & Tenenbaum 1998), η γωνία της άρθρωσης στην οποία εφαρμόζεται το δονητικό ερέθισμα (Rohmert et al., 1989; Johnston et al., 1970; Eklund & Hagbarth, 1966) και η χρονική διάρκεια της άσκησης με δονήσεις (Rittweger et al., 2000).

Πιο συγκεκριμένα, η άσκηση με δονήσεις σύμφωνα με τον Issurin (1998) φαίνεται πως έχει μεγαλύτερη θετική επίδραση σε αθλητές υψηλού επιπέδου συγκριτικά με αυτούς που ασχολούνται ερασιτεχνικά. Το γεγονός αυτό ίσως να σχετίζεται με την υψηλότερη ευαισθητοποίηση των υποδοχέων του μυός και γενικότερα του κεντρικού νευρικού συστήματος των υψηλού επιπέδου αθλητών ως ανταπόκριση στο ερέθισμα το οποίο εφαρμόζεται. Επιπλέον, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, το δονητικό ερέθισμα προκαλεί αυξημένη διέγερση όταν οι μύες στους οποίους εφαρμόζεται έχουν διαταθεί (Eklund & Hagbarth, 1966). Έτσι, η επιλεγόμενη γωνία της άρθρωσης η οποία δέχεται το δονητικό ερέθισμα, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις προσαρμογές που προκαλεί η συγκεκριμένη αυτή μορφή προπόνησης.

Τέλος, όσον αφορά τη χρονική διάρκεια της άσκησης με δονήσεις, σύμφωνα με τον Rittweger και συνεργάτες (2000), μικρής σχετικά διάρκειας έκθεση δονητικών κυμάτων, είναι ικανή να προκαλέσει θετική επίδραση στην μέγιστη εκούσια συστολή του μυός λόγω αυξημένης διέγερσης του νευρικού συστήματος. Αντίθετα, μεγάλης διάρκειας προπόνηση με δονήσεις προκαλεί μείωση στην ικανότητα παραγωγής έργου του μυός (Jackson et al., 2003; Rittweger et al., 2000, 2003) λόγω μειωμένης ικανότητας διατήρησης της υψηλής συχνότητας ενεργοποίησης των κινητικών μονάδων (Bongiovanni et al., 1990).

***Οξεία επίδραση της προπόνησης με δονήσεις διαφορετικής συχνότητας στην νευρομυϊκή απόδοση αθλητών ερασιτεχνικού επιπέδου***

Στην παρούσα έρευνα, εξετάστηκε η επίδραση της άσκησης με δονήσεις διαφορετικής συχνότητας (25Hz, 35Hz, 45Hz) σε διάφορες παραμέτρους της φυσικής κατάστασης. Από τα αποτελέσματα προκύπτουν σημαντικές προσαρμογές έπειτα από την εφαρμογή των δονητικών κυμάτων στην αλτική ικανότητα, την ταχύτητα και την ευκαμψία αθλητών ερασιτεχνικού επιπέδου. Οι προσαρμογές αυτές, οι οποίες εξαρτώνται σε πολύ σημαντικό βαθμό από την ένταση του δονητικού ερεθίσματος, οφείλονται σε νευρομυϊκούς παράγοντες και όχι σε αλλαγές στην διατομή του μυός (Caedinalo & Bosco, 2003).

Οι αρνητικές επιδράσεις στην αλτική ικανότητα, την ταχύτητα και την ευκαμψία, που παρατηρήθηκαν έπειτα από την προπόνηση με δονήσεις συχνότητας 35Hz και 45Hz, είναι σύμφωνες με τα αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών, στις οποίες γίνεται λόγος για μείωση της νευρομυϊκής απόδοσης ύστερα από την εφαρμογή παρόμοιων προπονητικών πρωτοκόλλων με αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα. (De Ruitero et al., 2003; Torvinen et al., 2002; Rittweger et al., 2000). Οι ερευνητές αυτοί αναφέρουν σημαντική μείωση στο ύψος του κατακόρυφου άλματος καθώς και στη μέγιστη δύναμη των εκτεινόντων μυών του γονάτου μετά από μια συνεδρία συχνότητας 30-45Hz.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, 5 σετ του ενός λεπτού προπόνησης με δονήσεις χαμηλής έντασης (25Hz), μπορούν να προκαλέσουν οξεία αύξηση της νευρομυϊκής απόδοσης όπως αυτή εκτιμάται από την κατακόρυφη αλτική ικανότητα. Οι παρατηρήσεις αυτές είναι σύμφωνες με προηγούμενες έρευνες από τις οποίες προκύπτει αύξηση του ύψους του κάθετου άλματος καθώς και της ικανότητας παραγωγής δύναμης, μετά από την εφαρμογή του δονητικού ερεθίσματος διάρκειας 4-5 λεπτών και συχνότητας η οποία κυμαινόταν από 15Hz έως 30Hz (Torvinen et al., 2002; Bosco et al., 1999a, 1999b, 1998).

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι κατά το σχεδιασμό ενός προγράμματος με δονήσεις θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη το προπονητικό επίπεδο του ασκούμενου. Σύμφωνα με στοιχεία διαφόρων ερευνών, αθλητές υψηλού επιπέδου, βελτίωσαν σημαντικά την ικανότητα παραγωγής δύναμης, ύστερα από προπόνηση με δονήσεις (Bosco et al., 1999a, 1999b), ενώ απροπόνητα άτομα εμφάνισαν μείωση μετά την εφαρμογή παρόμοιων προπονητικών πρωτοκόλλων (De Ruitero et al., 2003). Στην παρούσα έρευνα, αθλητές ερασιτεχνικού επιπέδου εμφάνισαν οξεία αύξηση στην κατακόρυφη αλτική, την κυκλική ταχύτητα και την ευκαμψία, έπειτα από την πραγματοποίηση

ικανότητα προπόνησης με δονήσεις χαμηλής έντασης (25Hz), ενώ μείωση παρουσιάστηκε ύστερα από δονητικά κύματα συχνότητας 35Hz και 45Hz.

Επιπλέον, κάθε άτομο ξεχωριστά ανταποκρίνεται διαφορετικά στις διάφορες συχνότητες του δονητικού ερεθίσματος λόγω τις διαφορετικής ποσότητας και κατανομής των μηχανουποδοχέων και των νευρικών υποδοχέων του μυός, των ελαστικών στοιχείων του μυοτενόντιου συμπλέγματος καθώς και του διαφορετικού ποσοστού των μυϊκών ινών τύπου II. Σε προηγούμενες έρευνες έχει αναφερθεί ότι συχνότητες κάτω από 20Hz προκαλούν μυϊκή χαλάρωση, ενώ συχνότητες πάνω από 50Hz οδηγούν σε μυϊκό κάματο αγύμναστα άτομα (Rittweger et al., 2003).

Η βελτίωση της απόδοσης, η οποία παρατηρείται κατά τη διάρκεια προπόνησης με δονήσεις χαμηλής συχνότητας, μπορεί να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Καταρχάς, στην παρούσα έρευνα, η χαμηλή συχνότητα, η οποία χρησιμοποιήθηκε, δεν προκάλεσε μυϊκό κάματο, ενώ ήταν ικανή να πυροδοτήσει «τονικό δονητικό αντανακλαστικό». Επιπλέον, η μυϊκή χαλάρωση του ιγνυακού τένοντα, όπως αυτή αντανακλάται στην αύξηση της ευκαμψίας, είναι πολύ πιθανό να διευκολύνει την κατακόρυφη αλτική ικανότητα, η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλής ταχύτητας περιστροφή της άρθρωσης του γονάτου.

Επίσης, η υψηλής συχνότητας προπόνηση με δονήσεις, προκαλεί έντονο «τονικό δονητικό αντανακλαστικό», κάτι το οποίο οδηγεί σε αυξημένη νευρομυϊκή ενεργοποίηση των κάτω άκρων προκειμένου να εξασθενήσουν τα δονητικά κύματα που μεταφέρονται σε όλο το σώμα (Cardinale & Lim, 2003). Έντονο δονητικό ερέθισμα μπορεί να προκαλέσει συνενεργοποίηση των μυών του ιγνυακού τένοντα κάτι το οποίο φαίνεται να προκύπτει και από τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, όταν το δονητικό ερέθισμα δεν είναι ικανό να προκαλέσει μυϊκό κάματο και είναι σχετικά μικρής διάρκειας, τότε μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη διεγερσιμότητα το κεντρικό νευρικό σύστημα καθώς και να αυξήσει την ικανότητα παραγωγής δύναμης των ασκουμένων (Cardinale & Lim, 2003). Αντίθετα, όταν τα δονητικά κύματα είναι μεγάλης έντασης, τέτοιας που να προκαλούν κάματο, τότε η ικανότητα παραγωγής δύναμης μειώνεται σημαντικά.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι σύμφωνα με σχετική έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε από τον Siggelkow και τους συνεργάτες (1999), η εφαρμογή δονητικών κυμάτων διαφορετικής συχνότητας (80Hz, 120Hz, 160Hz), απευθείας στο μυ και όχι σε ολόκληρο το σώμα, έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των μηχανικών προσαρμογών της κίνησης που εκτελεί ο μυς, ο οποίος δέχεται το ερέθισμα, ενώ

παράλληλα παρατηρείται μείωση της απόδοσης του ανταγωνιστή μυ. Επιπλέον, η αύξηση αυτή σχετίζεται άμεσα και σε μεγάλο βαθμό με τη συχνότητα του δονητικού ερεθίσματος, ενώ αντίθετα η μείωση της μηχανικής ικανότητας του ανταγωνιστή μυ φαίνεται ότι δεν επηρεάζεται από τον συγκεκριμένο παράγοντα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παραπάνω έρευνας, η μεγαλύτερη αύξηση των μηχανικών προσαρμογών της κίνησης παρατηρήθηκε ύστερα από την εφαρμογή της μικρότερης συχνότητας από τις 3 που χρησιμοποιήθηκαν (80Hz), ενώ στην μεγαλύτερη συχνότητα (160Hz) παρουσιάστηκε σημαντική μείωση. Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας καθώς τα μεγαλύτερα οφέλη στην αλτική ικανότητα, την ταχύτητα και την ευκαμψία, παρατηρήθηκαν ύστερα από την εφαρμογή δονητικών κυμάτων σε όλο το σώμα συχνότητας 25Hz, ενώ οι μεγαλύτερες συχνότητες που εφαρμόστηκαν (35Hz, 45Hz) είχαν σαν συνέπεια τη σημαντική μείωση της απόδοσης.

Η επίδραση αυτή της συχνότητας στις παραμέτρους της φυσικής κατάστασης, οι οποίες εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η διέγερση των αρχικών απολήξεων της μυϊκής ατράκτου αποτελεί βασικό παράγοντα κατά τη διάρκεια της έκθεσης σε δονητικά κύματα, παρόλο που η φυσιολογική διάκριση ανάμεσα στις αρχικές και τις δευτερεύουσες απολήξεις είναι αρκετά δύσκολη (Matthews, 1963), ενώ η συμβολή άλλων κεντρομόλων μηχανικών αισθητήρων δεν μπορεί να αποκλειστεί (Siggelkow et al., 1999). Τέλος, όπως προκύπτει από σχετικές νευρολογικές έρευνες, οι οποίες έχουν πραγματοποιηθεί σε ανθρώπους, οι πρωταρχικές απολήξεις των μυϊκών ατράκτων ανταποκρίνονται καλύτερα ύστερα από την εφαρμογή δονήσεων μικρής σχετικά συχνότητας (Burke et al., 1976). Αντίθετα, μεγάλης συχνότητας δονητικά κύματα έχουν σαν αποτέλεσμα μείωση της ανταπόκρισης και της μεταφοράς του δονητικού σήματος προς τα ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου.

### ***Οξείες προσαρμογές του νευρομυϊκού συστήματος ύστερα από την εφαρμογή προπόνησης με δονητικά κύματα***

Οποιαδήποτε οξεία προσαρμογή ύστερα από προπόνηση με δονήσεις σχετίζεται με νευρικούς μηχανισμούς και όχι με αλλαγές στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του μυϊκού συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, η δραστηριότητα αγωνιστών-ανταγωνιστών μυών στη ρύθμιση της στυφνότητας της άρθρωσης είναι πολύ πιθανό να ευθύνεται για τις οξείες αυτές ανταποκρίσεις (Cardinale & Bosco, 2003). Στην παρούσα έρευνα, διαφορετικής συχνότητας δονητικά κύματα, φαίνεται να έχουν διαφορετικές επιδράσεις στην



στυφνότητα της άρθρωσης του γονάτου, αφού οι αλλαγές που παρατηρήθηκαν στην αλτική ικανότητα ήταν ανάλογες με τις αλλαγές στην ευκαμψία του ιγνυακού τένοντα.

Κατά τη διάρκεια εφαρμογής δονητικών κυμάτων, το σώμα υφίσταται κάποιες μικρές αλλαγές, οι οποίες σχετίζονται με το μήκος των μυών. Τα ιδιόμορφα χαρακτηριστικά του δονητικού ερεθίσματος προκαλούν και την ενεργοποίηση των Ia κεντρομόλων κινητικών νευρώνων (Rothmuller & Cafarelli, 1995). Οι μηχανικές δονήσεις, που εφαρμόζονται απευθείας στο μυ ή στον τένοντα του μυός, προκαλούν αντανακλαστικές μυϊκές συσπάσεις, οι οποίες, όπως έχει αναφερθεί και στο δεύτερο κεφάλαιο, ονομάζονται «τονικό δονητικό αντανακλαστικό» (Hagbarth & Eklund, 1965). Αυτές οι αντανακλαστικές συστολές προκαλούνται από τη διέγερση των μυϊκών ατράκτων και έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της ενεργοποίησης του Ia νευρώνα (Roll et al., 1989; Burke et al., 1976). Διευκόλυνση της διεγερσιμότητας των νωτιαίων αντανακλαστικών, σύμφωνα με τον Burke και συνεργάτες (1996), είναι δυνατόν να προκληθεί έπειτα από την εφαρμογή δονήσεων στους τετρακέφαλους μύες.

Οι Lebedev και Peliakov (1991), κάνουν λόγο για αύξηση των νευρικών ώσεων κατά τη διάρκεια προπόνησης με δονήσεις, οι οποίες προκαλούνται μέσω των μικρών συνάψεων μεταξύ της μυϊκής ατράκτου και των κινητικών νευρώνων. Το νευρικό κύκλωμα, το οποίο ενεργοποιείται κατά τη διάρκεια του «τονικού δονητικού αντανακλαστικού», είναι όμοιο με αυτό που λαμβάνει χώρα στο αντανακλαστικό της επιγονατίδας. Επιπλέον, παρατηρείται μια αυξημένη ενεργοποίηση των αντίστοιχων κινητικών μονάδων των μυών που δέχονται το ερέθισμα, ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η διεγερσιμότητα των κινητικών νευρώνων τα οποία νευρώνουν τους ανταγωνιστές μύες, κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την περιορισμένη σύσπαση τους.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι στην παρούσα έρευνα δεν καταγράφηκε ηλεκτρομυογράφημα αλλά ούτε και μυϊκή βιοψία, οπότε δεν ήταν δυνατό να γνωρίζουμε τη δραστηριότητα τόσο των αγωνιστών, όσο και των ανταγωνιστών μυών της άρθρωσης του γονάτου, κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του δονητικού ερεθίσματος. Ωστόσο, οι αλλαγές στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα καθώς και οι αντίστοιχες αλλαγές στην ευκαμψία, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η προπόνηση με δονήσεις είναι ικανή να προκαλέσει έντονη ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα καθώς και οξείες επιδράσεις στη στυφνότητα της άρθρωσης.

Οι δονήσεις γίνονται αντιληπτές όχι μόνο από τις μυϊκές ατράκτους, αλλά και από το δέρμα, τις αρθρώσεις καθώς και από τις δευτερεύουσες απολήξεις. Κάτι τέτοιο έχει σαν αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του συστήματος του γ-βρόγχου, το οποίο με τη σειρά του

ενεργοποιεί και τις πρωταρχικές απολήξεις. Οι Hollins και Roy (1996) αναφέρουν ότι η εφαρμογή ημιτονοειδούς ερεθίσματος στο δείκτη του χεριού, μικρής μετατόπισης, κυμαινόμενο από 10Hz έως 100Hz, είναι ικανή να προκαλέσει μέσω συγκεκριμένων απολήξεων, ενεργοποίηση της μυϊκής ατράκτου. Ο συντονισμός των νευρομυϊκών προσαρμογών κατά τη διάρκεια του δονητικού ερεθίσματος, έχει σαν αποτέλεσμα όχι μόνο την ενεργοποίηση των μυϊκών ατράκτων, αλλά και των αισθητήριων δομών του σώματος.

Το δονητικό ερέθισμα προκαλεί αναστολή της δράσης των ανταγωνιστών μυών μέσω του Ia νευρώνα (Enklund & Hagbarth, 1965). Ωστόσο, σύμφωνα με ορισμένα στοιχεία, η άσκηση με δονήσεις μπορεί να προκαλέσει ακόμα και συνενεργοποίηση των μυών στους οποίους εφαρμόζεται. Πιο συγκεκριμένα, οι Rothmuller και Cafarelli (1995), οι οποίοι εφάρμοσαν δονητικά κύματα στον επιγονατιδικό τένοντα και αξιολόγησαν την συνενεργοποίηση του δικέφαλου μηριαίου, παρατήρησαν το φαινόμενο αυτό, ενώ παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα σχετικής έρευνας, η οποία πραγματοποιήθηκε από τους Jones και Hunter (1985). Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται σε κεντρικούς μηχανισμούς, οι οποίοι οδηγούν σε αυξημένη αναστολή τους Ia νευρώνες με αποτέλεσμα την μειωμένη δραστηριότητα των ανταγωνιστών μυών (Rothmuller & Cafarelli, 1995). Κάτι τέτοιο συμβαίνει όταν το δονητικό ερέθισμα εφαρμόζεται υπό συνθήκες κόπωσης (ασκήσεις με πρόσθετο φορτίο ταυτόχρονα με την εφαρμογή των δονητικών κυμάτων) ή προκαλεί κόπωση λόγω της έντασης του.

### ***Η προπόνηση με δονήσεις και «η θεωρία του μυϊκού συντονισμού»***

Το σύμπλεγμα μυ-τένοντα, το οποίο λειτουργεί σαν «φίλτρο», είναι ικανό να εξασθενίσει τη μεταφορά του δονητικού ερεθίσματος προς τις μυϊκές ατράκτους. Αυτή η ικανότητα των μυοτενόντιων στοιχείων γίνεται ξεκάθαρα αντιληπτή στα κάτω άκρα κατά τη διάρκεια του τρεξίματος. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια του τρεξίματος, οι δυνάμεις πρόσκρουσης δημιουργούν δονητικά κύματα, τα οποία μεταφέρονται σε όλο το σώμα σε συχνότητες που κυμαίνονται από 10Hz έως 20Hz (Nigg & Wakeling, 2000). Οι μαλακοί ιστοί των κάτω άκρων μειώνουν τις δονήσεις που προέρχονται από την πρόσκρουση της φτέρνας στο έδαφος και ρυθμίζουν τη στυφνότητα του μυός. Η ρύθμιση αυτή της στυφνότητας των κάτω άκρων, τόσο κατά τη διάρκεια του τρεξίματος, όσο και κατά τη διάρκεια του βαδίσματος επηρεάζεται από τις δονήσεις που προκαλούνται μέσω των κραδασμών, από τους αισθητήριους υποδοχείς του ίδιου του μυός, καθώς επίσης και



από τους τένοντες (τενόντια όργανα του Golgi), τις αρθρώσεις, τους συνδέσμους και το δέρμα.

Σύμφωνα με τους Nigg και Wakeling (2001, 2000), η θεωρία του «μυϊκού συντονισμού», η οποία αναφέρεται στη μυϊκή δραστηριότητα κατά τη διάρκεια του τρεξίματος, μπορεί να θεωρηθεί ως πιθανή ανταπόκριση έπειτα και από την εφαρμογή του δονητικού ερεθίσματος. Πιο συγκεκριμένα, οι προσαρμογές τόσο του κινητικού όσο και του μυϊκού συστήματος κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων ταλαντώσεων ακολουθούν την παρακάτω σειρά:

1. Αρχικά, οι δυνάμεις που προέρχονται από τους κραδασμούς, κατά τη φάση της πρόσκρουσης του ποδιού στο έδαφος, χαρακτηρίζονται από συχνότητα, διάρκεια και μετατόπιση, ενώ παράλληλα παράγουν και ένα σήμα.
2. Το σήμα αυτό γίνεται αντιληπτό από το κεντρικό νευρικό σύστημα, το οποίο με τη σειρά του ενεργοποιεί τις βασικές μυϊκές ομάδες, αν αυτό κρίνεται απαραίτητο.
3. Η ενεργοποίηση αυτή έχει σαν στόχο να ελαχιστοποιήσει τις δονήσεις που λαμβάνουν χώρα στους μαλακούς ιστούς των μυών.
4. Τέλος, οι ανταποκρίσεις που ακολουθούν, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα χαρακτηριστικά του ερεθίσματος, δηλαδή από τη συχνότητα, τη μετατόπιση και τη διάρκεια του.

Η διαδικασία, λοιπόν, που περιγράφηκε παραπάνω, είναι πολύ πιθανό να ενεργοποιείται και κατά τη διάρκεια προπόνησης με δονήσεις σε περιπτώσεις όπου η ένταση του δονητικού ερεθίσματος είναι μεγάλη, ενώ έχει σα στόχο και τη ρύθμιση της στυφνότητας του μυός με τέτοιο τρόπο ώστε να προστατευθούν τα μαλακά μόρια του.

### ***Η επίδραση της προπόνησης με δονήσεις στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα***

Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας, η εφαρμογή προπόνηση με δονήσεις, συνολικής διάρκειας μόνο 5 λεπτών, είναι ικανή να προκαλέσει οξείες ανταποκρίσεις, οι οποίες σχετίζονται με το ύψος του κάθετου άλματος. Σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, οι ανταποκρίσεις αυτές σχετίζονται άμεσα και σε μεγάλο βαθμό με την συχνότητα των δονητικών κυμάτων καθώς και με τη διάρκεια του. Κάτι τέτοιο γίνεται αντιληπτό αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι στη συγκεκριμένη έρευνα ο παράγοντας ο οποίος επηρέασε το ύψος του κάθετου άλματος ήταν η συχνότητα, καθώς ύστερα από την εφαρμογή προπόνησης με δονήσεις συχνότητας 25Hz παρατηρήθηκε αύξηση σε όλες τις παραμέτρους που εξετάστηκαν (ύψος άλματος με ταλάντευση, άλματος από ημικάθισμα, άλματος βάθους). Αντίθετα, κατά την εφαρμογή προπονητικών

πρωτοκόλλων συχνότητας 35Hz και 45Hz, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση των αντίστοιχων τιμών που αναφέρθηκαν.

Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης τόσο του άλματος με ταλάντευση όσο και του άλματος βάθους, ενεργοποιείται ο κύκλος διάτασης-βράχυνσης κάτι το οποίο σημαίνει ότι πριν από την σύγκεντρη φάση (υποχωριτική φάση), οι εκτεινόντες μύες των κάτω άκρων διατείνονται και στη συνέχεια ακολουθεί η έκκεντρη φάση. Σε σχετική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Komí (2000), γίνεται λόγος για ανάμειξη του διατατικού αντανακλαστικού και των Ia κεντρομόλων οδών στην ικανότητα παραγωγής δύναμης κατά τη διάρκεια του κύκλου διάτασης-βράχυνσης στο άλμα με ταλάντευση. Η ευαισθητοποίηση των αισθητήριων υποδοχέων καθώς και των κεντρομόλων οδών, η οποία προκαλείται από την εφαρμογή δονητικών κυμάτων σε όλο το σώμα, είναι πολύ πιθανό να οδηγεί σε μια αποτελεσματικότερη χρήση του διατατικού αντανακλαστικού. Επίσης, το τονικό δονητικό αντανακλαστικό (TVR) προκαλεί μια αντανακλαστική ευαισθητοποίηση των μυϊκών ατράκτων κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των συσπάσεων (Romaiguere et al., 1993).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι το άλμα με ταλάντευση χαρακτηρίζεται από μεγάλη γωνιακή μετατόπιση και χαμηλή ταχύτητα διάτασης ( $3-6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (Bosco et al., 1982), ενώ το άλμα βάθους εκτελείται με μεγάλη ταχύτητα διάτασης ( $10-12 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ) και μικρή γωνιακή μετατόπιση (Bosco, 1990). Σύμφωνα με τον Bosco και συνεργάτες (1998), κάτι τέτοιο σημαίνει ότι μόνο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης άλματος βάθους οι εκτεινόντες μύες των κάτω άκρων εκτελούν γρήγορη διάταση, ενώ κατά τη διάρκεια του άλματος με ταλάντευση δε συμβαίνει το ίδιο. Στην παρούσα έρευνα δεν παρατηρήθηκε κάτι τέτοιο, καθώς από τα αποτελέσματα προκύπτει αύξηση του ύψους τόσο του άλματος βάθους, όσο και του άλματος με ταλάντευση ύστερα από προπόνηση με δονήσεις συχνότητας 25Hz. Η εφαρμογή διαφορετικού προπονητικού πρωτοκόλλου από αυτό που χρησιμοποιήθηκε από τον Bosco ίσως να εξηγεί τα διαφορετικά αυτά αποτελέσματα.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι κατά την έκκεντρη φάση του άλματος βάθους η ηλεκτρομυογραφική δραστηριότητα έχει παρατηρηθεί αρκετά υψηλή πράγμα το οποίο σημαίνει αυξημένη νευρική ενεργοποίηση μέσω είτε του νωτιαίου είτε του ραχιαίου αντανακλαστικού. Παρόμοια δραστηριότητα παρατηρείται κατά τη διάρκεια μέγιστων σύγκεντρων βαλλιστικών κινήσεων. Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη συμπεραίνουμε ότι η προπόνηση με δονήσεις προκαλεί βιολογικές προσαρμογές οι οποίες σχετίζονται με τη νευρική διέγερση. Παρόμοιος βιολογικός μηχανισμός με αυτόν που

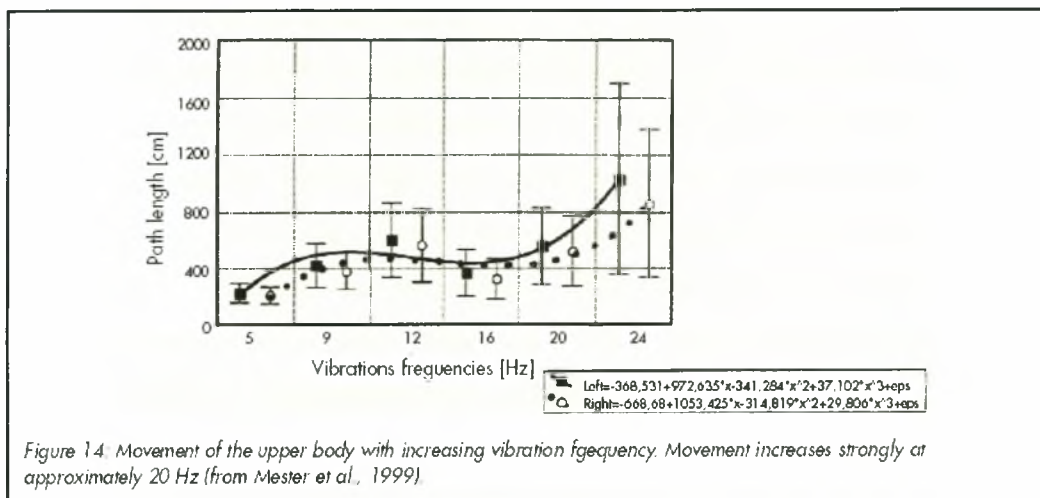
προκαλείται από την εφαρμογή δονητικού ερεθίσματος παρατηρείται και κατά τη διάρκεια προπόνησης εκρηκτικής δύναμης (αλτικές ασκήσεις) (Bosco et al., 1998).

Σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία, η προπόνηση με υψηλά φορτία είναι πολύ πιθανό να βελτιώνει την ενεργοποίηση του διατακτικού αντανακλαστικού, καθώς και να αυξάνει το κατώφλι ενεργοποίησης των τενόντιων οργάνων του Golgi, κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα μια ενδεχόμενη αύξηση της στρατολόγησης μεγαλύτερου αριθμού κινητικών μονάδων κατά τη διάρκεια της έκκεντρης φάσης (Bosco et al., 1981). Επιπλέον, υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέσω των οποίων η προπόνηση εκρηκτικής δύναμης μπορεί να προκαλέσει νευρική ενεργοποίηση (όπως για παράδειγμα η αύξηση ταυτόχρονου συγχρονισμού περισσότερων κινητικών μονάδων) (Milner-Brown et al., 1975), ενώ μια ενδεχόμενη συνενεργοποίηση των συναγωνιστών μυών, η οποία συνοδεύεται από ταυτόχρονη αναστολή της δράσης των ανταγωνιστών, είναι πολύ πιθανή. Γεγονός πάντως είναι πως τέτοιου είδους προσαρμογές εμφανίζονται έπειτα από μακροχρόνια προπόνηση άσκησης με εξωτερικές αντιστάσεις (Hakkinen and Komi, 1985; Coyle et al., 1981). Άσχετα με τη φύση του εγγενή μηχανισμού, ο οποίος αυξάνει τη νευρομυϊκή απόδοση έπειτα από προπόνηση εκρηκτικής δύναμης, ίσως παρόμοια δραστηριότητα να λαμβάνει χώρα και κατά τη διάρκεια προπόνησης με δονήσεις.

### ***Βλαβερές συνέπειες ύστερα από έκθεση σε δονητικά κύματα***

Η παρατεταμένη έκθεση στις δονήσεις, ιδιαίτερα όταν αυτές προέρχονται από εργοστασιακά μηχανήματα, αυξάνει τον κίνδυνο σωματικών αλλαγών, όπως για παράδειγμα πόνους στη μέση, οπτικές διαταραχές, υσφοβία και επιληψία (Mester et al., 1999). Η συχνότητα των δονητικών κυμάτων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στους πιθανούς κινδύνους τους οποίους μπορεί να προκαλέσει η εφαρμογή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα ζωτικά όργανα του ανθρώπινου σώματος μπορούν να εκτεθούν σε δονητικά κύματα των οποίων η συχνότητα κυμαίνεται από 5 έως 20Hz. Η αντίδραση των βιολογικών συστημάτων του οργανισμού στα δονητικά ερεθίσματα είναι η όσο το δυνατό μεγαλύτερη εξασθένιση τους. Σε συχνότητες 5-20 Hz αυτό το οποίο ονομάζεται παράγοντας μετάδοσης, μειώνεται σε τέτοιο βαθμό ώστε το δονητικό ερέθισμα να μην είναι ικανό να διαπεράσει από μόνο του όλο το σώμα, όταν βέβαια η μετατόπιση παραμένει εντός συγκεκριμένων ορίων.

Η εξασθένιση των δονήσεων παύει να υφίσταται σε συχνότητες άνω των 24Hz οπότε και η διατήρηση της ισορροπίας γίνεται πιο δύσκολη. Στο σχήμα 5.5 παρουσιάζεται η κίνηση του κορμού κατά τη διάρκεια μιας συνεδρίας προπόνησης με δονήσεις: οι ανωμαλίες στην ισορροπία αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό όταν η συχνότητα ξεπερνά τα 24Hz.



Σχήμα 5.5: Κινήσεις του κορμού έπειτα από αυξανόμενη συχνότητα δονητικών κυμάτων (Mester et al 1999).

Ο Dreyer και οι συνεργάτες (1999) μελέτησαν τη σχέση ανάμεσα στην χρόνια έκθεση σε δονητικά κύματα και στο σύνολο ορισμένων φυσιολογικών χαρακτηριστικών. Από τα αποτελέσματα δεν προέκυψε καμία διαφορά ανάμεσα στα άτομα τα οποία εκτέθηκαν σε δονήσεις και στα άτομα που έκαναν την ίδια δουλειά χωρίς όμως δονητικά κύματα. Πιο συγκεκριμένα, τα χαρακτηριστικά τα οποία εξετάστηκαν, όπως για παράδειγμα η στάση του σώματος κατά τη διάρκεια της βάρδιας, ήταν όμοια και στις 2 ομάδες. Επιπλέον, ο Rittweger και οι συνεργάτες (2000), εξέτασαν τις επιδράσεις παρατεταμένης έκθεσης σε δονητικά κύματα με σκοπό να οριοθετήσουν την ικανότητα άσκησης με την προπονητική αυτή μέθοδο. Από τα αποτελέσματα προέκυψε σημαντική μείωση του ύψους του κάθετου άλματος καθώς και της ικανότητας μέγιστης εκούσιας συστολής ύστερα από το τέλος της προπονητικής μονάδας, ενώ παρατηρήθηκε αύξηση της ηλεκτομυογραφικής δραστηριότητας.

Τέλος, στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι κάθε άτομο ανταποκρίνεται διαφορετικά στα δονητικά ερεθίσματα. Αυτό συμβαίνει γιατί κάθε άτομο έχει διαφορετικό ποσοστό μυϊκών ινών τύπου II και επιπλέον στρατολογεί διαφορετικό αριθμό κινητικών μονάδων.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δείχνουν ότι η εφαρμογή της άσκησης με δονήσεις διαφορετικής συχνότητας και ίσης χρονικής διάρκειας (1 λεπτό για κάθε σετ των 5 επαναλήψεων) είναι ικανή να προκαλέσει βελτίωση στις δοκιμασίες της αλτικής ικανότητας και ευκαμψίας όταν πραγματοποιείται με τη συχνότητα των 25Hz και μείωση στις παραπάνω δοκιμασίες όταν αυξάνεται η συχνότητα των δονήσεων στα 35Hz ή και 45Hz. Η μείωση του ύψους του άλματος που παρατηρήθηκε έπειτα από την έκθεση σε δονήσεις διάρκειας 5 λεπτών και συχνότητας 45Hz, συμφωνεί με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών στις οποίες εφαρμόστηκαν παρόμοια πρωτόκολλα (Torvinen et al., 2002; Rittweger et al., 2000; Bosco et al., 1999a) και με τα οποία εμφανίσθηκε μείωση της μέγιστης δύναμης στους εκτεινόντας μύες του γονάτου (De Ruyter, 2003).

Ωστόσο, η άσκηση με δονήσεις διάρκειας 5 λεπτών και συχνότητας 25Hz, είναι ικανή να προκαλέσει αύξηση της νευρομυϊκής απόδοσης όπως αυτή εκφράζεται από την αλτική ικανότητα και την ευκαμψία στην παρούσα εργασία. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σύμφωνα με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, στις οποίες παρατηρήθηκε άμεση αύξηση του ύψους στο κατακόρυφο άλμα και στην ικανότητα παραγωγής δύναμης έπειτα από προπόνηση με δονήσεις διάρκειας 4-5 λεπτών και συχνότητας 15-30Hz (Torvinen et al., 2002; Bosco et al., 1999a, 1999b, 1998).

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η προπόνηση με δονητικά κύματα αποτελεί μια αποτελεσματική μέθοδο για την βελτίωση της νευρομυϊκής απόδοσης αθλητών και αθλητριών διαφορετικού επιπέδου, όπως αυτή αντικατοπτρίζεται στην κατακόρυφη αλτική ικανότητα, την ταχύτητα και την ευκαμψία. Ωστόσο, μέχρι τώρα δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία, τα οποία να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός συγκεκριμένου προπονητικού πρωτοκόλλου καθώς σημαντικό ρόλο παίζει η δυνατότητα προσαρμογής του κάθε ατόμου ξεχωριστά στο δονητικό ερέθισμα. Ένας τρόπος για την εξατομίκευση των προπονητικών προγραμμάτων είναι η χρησιμοποίηση ηλεκτρομυογραφήματος προκειμένου να εκτιμηθούν οι ανταποκρίσεις στις διαφορετικές συχνότητες (Cardinale & Lim, 2003).

Επιπλέον, η νέα αυτή μέθοδος προπόνησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με προγράμματα μυϊκής ενδυνάμωσης και πλειομετρικών ασκήσεων, καθώς σύμφωνα με

τα στοιχεία διαφόρων ερευνών, κατά τη διάρκεια άσκησης με δονήσεις ενεργοποιείται ο κύκλος διάτασης-βράχυνσης. Επίσης, τα δονητικά κύματα προκαλούν αντανακλαστική σύσπαση των μυών η οποία οφείλεται τόσο στις μικρές και γρήγορες αλλαγές του συμπλέγματος μυ-τένοντα, όσο και στις μετατοπίσεις των αρθρώσεων που σχετίζονται με την ταλαντωτική κίνηση του μηχανήματος που παράγει τα δονητικά κύματα. Οι παραπάνω προσαρμογές είναι ίδιες με αυτές που προκαλούνται κατά τη διάρκεια πλειομετρικών ασκήσεων. Κατά την έκθεση όμως σε προπόνηση με δονήσεις η επιβάρυνση που δέχονται οι αρθρώσεις είναι κατά πολύ μειωμένη λόγω των περιορισμένων κραδασμών. Ακόμα, οι προσαρμογές του ορμονικού συστήματος κατά την πραγματοποίηση προγραμμάτων που περιλαμβάνουν δονήσεις, μπορούν να ληφθούν υπόψη στην εφαρμογή ενός προγράμματος αποκατάστασης διαφόρων παθήσεων.

Συμπερασματικά , περαιτέρω έρευνες θα πρέπει να πραγματοποιηθούν προκειμένου να αποσαφηνιστεί ο ακριβής νευροφυσιολογικός μηχανισμός, ο οποίος εμπλέκεται κατά τη διάρκεια άσκησης με μηχανικές δονήσεις και προκαλεί τις προσαρμογές σε διάφορες ομάδες του πληθυσμού. Η άσκηση με δονήσεις αποτελεί μια νέα προπονητική μέθοδο, η οποία όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία αφήνει ακόμα ανοικτά πολλά ερωτήματα. Η μελέτη και η κατασκευή συγκεκριμένων προπονητικών πρωτοκόλλων, τα οποία θα απευθύνονται σε διαφορετικές πληθυσμιακές ομάδες, κρίνεται απαραίτητη προκειμένου η προπονητική αυτή μέθοδος να αποφέρει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα και να είναι ασφαλής και αποτελεσματική.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arcadel, C.S., Johnston, R. and Bishop, B. (1971). The Achilles tendon reflex and the H-response during and after tendon vibration. *Physical Therapy*, 51, 889-902.
- Armstrong, T.J., Fine, L.J., Radwin, R.G. and Silverstein, B.S. (1987). Ergonomics and the effect of vibration in hand intensive work. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*. 13, 286-289.
- Bongiovanni LG, Hagbarth KE, Stjernberg L. (1990). Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. *J Physiol (Lond)*, 423, 15-26.
- Bosco, C., M. Iacovelli, O. Tsarpela, M. Cardinale, M. Bonifazi, J. Tihanyi, M. Viru, A. De Lorenzo, and A. Viru. (2000). Hormonal responses to whole body vibrations in man. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81, 449-454.
- Bosco C., M. Cardinale, and O. Tsarpela. (1999). The influence of vibration on arm flexors mechanical power and EMG activity of biceps brachii. *Eur. J. Appl. Physiol.* 79, 306-311.
- Bosco C, Colli R, Cardinale M, Tsarpela O, Bonifazi M. (1999). Effect of acute whole body vibration on mechanical behavior of skeletal muscle and hormonal profile. In: Lyritis, editor. *Musculo-skeletal interactions; basic and clinical aspects. Proceedings of the 2nd international congress. Athens: Hylonome.*
- Bosco C., R. Colli, E. Introini, M. Cardinale, O. Tsarpela, A. Madella, J. Tihanyi, S.P. von Duvillard, and A. Viru. (1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin. Physiol.* 19, 183-187.
- Bosco C., M. Cardinale, R. Colli, J. Tihanyi, S.P. von Duvillard, and A. Viru. (1998). The influence of whole body vibration on jumping ability. *Biol. Sport.* 15, 157-164.
- Bosco C. (1992). *The effects of extra-load permanent wearing on morphological and functional characteristics of leg extensor muscles.* Published Doctoral Thesis, Universite Jean-Monnet de Saint Etienne, France.
- Bosco C. (1990). New test for training control of athletes. In: *Technique in Athletes. Proc. 1<sup>st</sup> Intern. Conf. Cologne*, 1, 264-295.
- Bosco C., J.T. Viitasalo, P.V. Komi, P. Luthanen. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle. *Acta Physiol Scand.* 114, 557-565.
- Bosco C., P.V. Komi, M. Pulli, C. Pittera, H. Montonen. Considerations of the training of the elastic potential of the human skeletal muscle. *Volleyball IFVB Official Magazine* 2: 22-30, 1981.
- Bovenzi M, Giannini F, Rossi S. (2000a). Vibration-induced multifocal neuropathy in forestry workers: electrophysiological findings in relation to vibration exposure and finger circulation. *Int Arch Occup Environ Health.* 73, 19-527.
- Bovenzi M, Lindsell C, Griffin M. (2000b). Acute vascular responses to the frequency of vibration transmitted to the hand. *Occup Environ Med.* 57, 422-430.
- Bovenzi M, Hulshof C. (1999). An update review of epidemiological studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997). *Int Arch Occup Environ Health.* 72, 351-365.



- Bovenzi M. (1998). Exposure-response relationship in the hand-arm vibration syndrome: an overview of current epidemiological research. *Int Arch Occup Environ Health*, 71, 509-519.
- Brown, M.C., Engberg, I. And Matthews, P.B.C. (1967). The relative sensitivity to vibration of muscle receptors of the cat. *Journal of Physiology*. 192, 516-521.
- Burke JR, Schutten MC, Koceja DM, Kamen G. (1996). Age-dependent effects of muscle vibration and the Jendrassik maneuver on the patellar tendon reflex response. *Arch Phys Med Rehabil* 77, 600-4.
- Burke JR, Rymer WZ, Walsh HV. (1976). Relative strength of synaptic inputs from short latency pathways to motor units of defined type in cat medial gastrocnemius. *Neurophysiology*, 39, 447-58.
- Cardinale M., Bosco C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise Sport Science Reviews*, 31(1), 3-7.
- Coyle E, Feirin C, Rotkis T, Cote R, Roby F, Lee W, Wilmore J. (1981). Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training. *J Appl Physiol*, 51, 1437-1442.
- Cunnington, R., C. Windischberger, L. Deecke, and E. Moser. (2002). The preparation and execution of self initiated and externally triggered movement: a study of event-related fMRI. *Neuroimage*. 15, 373–385.
- Delecluse, C., M. Roelants, and S. Verschueren. (2003). Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 35, No. 6, 1033–1041.
- De Ruyter CJ, Van Der Linden RM, Van Der Zijden MJ, Hollander AP, De Haan A. (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur J Appl Physiol* 88, 472-5.
- Duchateau J., and R.M. Enoka. (2002). Neural adaptations with chronic activity patterns in able-bodied humans. *Am. J. Phys. Med. Rehab.* 81: in press.
- Eklund G, Hagbarth KE. (1966). Normal variability of tonic vibration reflexes in humans. *Exper Neurol*, 16, 80-92.
- Fiavola J, Rosenfeld R, Kvapilova I, Nakladalova M. (1995). Bone mineralization changes in sawoperators. *Cent Eur J Public Health* 3 (Suppl.), 120-122.
- Fitts, R.H., D.R. Riley, and J.J. Widrick. (2001). Functional and structural adaptations of skeletal muscle to microgravity. *J. Exp. Biol.* 204, 3201– 3208.
- Gabriel, D.A., Basfold, J.R, and An, Kai-Nan. (2002). Vibratory facilitation of strength in fatigued in muscle. *Archives of physical Medicine and Rehabilitation* 83, 1202-1205.
- Granit, R. (1970). *The Basis of Motor Control*. London: Academic Press.
- Griffin, M.J.(1996). *Handbook of Human Vibration*. San Diego: Academic Press.
- Griffin M. (1990). *Handbook of Human Vibration*. T.J. Press (Padstow) Ltd., Padstow, Cornwall, Great Britain.
- Guezennec Y., Leger L., Lhoste F., Aymonod M. and Pesquies P. C. (1986). Hormone and metabolic response to weight-lifting training sessions. *Inter. J. Sports Med.* 7, 100-105.
- Hagbarth K.E., and G. Eklund. (1965). *Motor effects of vibratory stimuli in man*. In: *Muscular Afferent and Motor Control*, edited by R. Granit. Stockholm: Almqvist and Wiksell, 177–186.

- Hakkinen K, Komi PV. (1985). Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensors muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scand J Sports Sci* 7, 65-76.
- Hollins M, Roy EA. (1996). Perceived intensity of vibrotactile stimuli: the role of mechanoreceptors channels. *Somatosens Mot Res* 13, 273-86.
- Ishitake Y, Ando H, Miyazaki Y, Matoba F. (1998). Changes of visual performance induced by exposure to whole-body vibration. *Kurume Med*, 45, 59-62.
- Issurin, V.B., and G. Tenenbaum. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J. Sports Sci.* 17, 177-182.
- Issurin, V.B., D.G. Liebermann, G. Tenenbaum. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J. Sport Sci.* 12, 561-566.
- Issurin, V. and Temnov, P. Biomechanische effecten van vibro-stimulatie op de maximale Kracht en de Krachtuithouding. (1990). Werktekst Algemene *Clinic, Sportfysiologietrainingsleer. R.U.Gent* 1-8.
- Jammes Y, Mathior M, Roll J, Prefaut C, Bethelin F, Grimaud C, Milic-Emili J. (1991). Ventilatory responses to muscular vibrations in healthy humans. *J Appl Physiol*, 51, 262-269.
- Johansson H, Bergenheim M, Djupsjobacka M, Sjolander P. (1995). A method for analysis of encoding of stimulus separation in ensembles of afferents. *J Neurosci Meth* 63, 67-74.
- Johnston, R., Bishop, B. and Coffey, G.H. (1970). *Mechanical vibration of skeletal muscle*. *Physical Therapy*, 50, 499-505.
- Jones LA, Hunter IW. (1985). Effect of muscle tendon vibration on the perception of force. *Exp Neurol* 87, 35-45.
- Kavounoudias A, Roll R, Roll J. (1999). Specific whole-body shifts induced by frequency-modulated vibrations of human plantar soles. *Neurosci Lett*, 14, 181-184.
- Kerchan-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. *Clin Physiol* 21, 377-382.
- Lance JW, De Gail P, Neilson PD. (1966). Tonic and phasic spinal cord mechanism in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 29, 535-544.
- Lebedev MA, Peliakov AV. (1991). Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration. *Neurofiziologia* 23, 57-65.
- Manninen O, Ekblom A. (1984). Single and joint actions of noise and sinusoidal whole body vibration on TTS2 values and low frequency upright posture sway in men. *Int Arch Occup Environ Health*, 54, 1-17.
- Margaria R. (1968). Capacity and power of the energy processes in muscle activity: their practical relevance in athletics. *Int Z Angew Physiol*, 25, 352-360.
- Martin B, Roll J, Di Renzo N. (1991). The interaction of hand vibration with oculomanual coordination in pursuit tracking. *Aviat Space Environ Med*, 62, 145-152.
- Matthews, P.B.C. (1966). The reflex excitation of the soleus muscle of the decerebrate cat caused by vibration applied to its tendon. *Journal of Physiology*, 184, 450-472.
- Matyas, T.A. Golea, M.P. and Spicer, S.D. (1986). Facilitation of the maximum voluntary contraction in hemiplegia by concomitant cutaneous stimulation. *American Journal of Physical Medicine*, 65, 125-138.

- McArdle WD, Katch FI and Katch VL. (1991). *Exercise physiology*. Williams & Wilkins, Baltimore.
- McCloskey DI, Matthews PB and Mitchell JH. (1972). Absence of appreciable cardiovascular and respiratory responses to muscle vibration. *J Appl Physiol*, 33, 623-626.
- McDonald M. J. N. and Davies C. T. M. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur. J. Physiol*, 52, 139-155, 1984.
- Milner-Brown H.S., Stein R.B., Lee R.G. (1975). Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroenceph. Clin Neurophys.* 38, 245-254.
- Naito, E., S. Kinomura, S. Geyer, R. Kawashima, P.E. Roland, and K. Zilles. (2000). Fast reaction to different sensory modalities activates common fields in the motor areas, but the anterior cingulate cortex is involved in the speed of reaction. *J. Neurophysiol.* 83, 1701–1709.
- Necking L, Dahlin L, Friden J, Lundborg G, Lundborg R, Thornell. (1992). Vibration-induced muscle injury. An experimental model and preliminary findings. *J Hand Surg*, 17, 270-274.
- Nigg BM, Wakeling JM. (2000). Impact forces and muscle tuning: a new paradigm. *Exerc Sport Sci Rev* 29, 37-41.
- Pope M, Magnuson M, Wilder D. (1998) Low back pain and whole body vibration. *Clin Orthop Rel Research*, 354, 241-248.
- Pyykko, I., Farkkila, M., Toivanen, J., Korhonen, O. and Hyvarinen, T. (1976). Transmission of vibration in the hand-arm system with special reference to changes in the compression force and acceleration. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health.* 2, 87-95.
- Ribot-Ciscar, E., J.P. Vedel, and J.P. Roll. (1989). Vibration sensitivity of slowly and rapidly adapting cutaneous mechanoreceptors in the human foot and leg. *Neurosci. Lett.* 104, 130–135.
- Rittweger J, Mutschellknauss M, Felsenberg D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin. Physiol. Funct. Imaging*;23, 81-6.
- Rittweger J., Ehrig J., Mutschelknauss M., Kirsch KA., Felsenberg D. (2002). Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude and external load. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 428-432.
- Rittweger, J., G. Beller and D. Felsenberg. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. *Clin. Physiol.* 20, 134–142.
- Roll JP, Vedel JP, Ribot E. (1989). Alteration of proprioceptive messages induced by tendon vibration in man: a microneurographic study. *Exp Brain Res* 76, 213-22.
- Rowell LB. (1971). *Cardiovascular limitations to work capacity*. In: *Physiology of Work, Capacity and Fatigue* (ed. Simonson E & Keys A.), 132.
- Rothmuller C, Cafarelli E. (1995). Effect of vibration on antagonist muscle coactivation during progressive fatigue in humans. *J Physiol* 485, 857-64.
- Rubin C, Recker H, Cullen D, Ryaby J, McLeod K. (1998). Prevention of bone loss in a post-menopausal population by low-level biomechanical intervention. *Bone*, 23 (S Suppl.): 174 Abstract.
- Runge, M., Rehgefeld G., Resnicek E. (2000). Balance training and exercise in geriatric patients. *Journal of Musculoskeletal Neuron Interaction*, 1, 61-65.

- Sale D. G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Med. Sci Sports Exerc.* 20, 135-145.
- Samuelson, B., Jorfeldt, L. and Ahlborg, B. (1989). Influence of vibration on endurance of maximal isometric contraction. *Clinical Physiology*, 9, 21-25.
- Schwarzer J, Spitzenfeil P, Mester J. (2000). Effects of whole body vibration in sports of visual performance. *Annual congress of the European college of sport science, Jyvaskyla, Finland 664.*
- Nakayama H, Shibuya M, kaneko N, Yamada M, Suzuki H, Arakawa M, Homma I. (1999). Benefit of in-phase chest wall vibration on the pulmonary hemodynamics in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respirology* 3, 235-240.
- Schulz B, Lambertz M, Schulz G and Langhorst P. (1983). Reticular formation of the lower brainstem. A common system for cardiorespiratory and somatomotor functions: discharge patterns of neighbouring neurons influenced by somatosensory afferents. *JANS*, 9, 433-469.
- Sojka P, Sjolander P, Johansson H, Djupsjobacka M. (1991. )Influence from stretch sensitive receptors in the collateral ligaments of the knee joint on the gamma muscle spindle systems of flexors and extensors muscles. *Neurosci Res* 11, 55-62.
- Spitzenfeil P., Mester J. (1997). Carving and ski technique-aspects of biological regulation. *Sportverletz Sportschaden*, 11, 134-136.
- Stegemann J. (1991). *Leistungsphysiologie*. Thieme, Stuttgart.
- Stromberg T, Dahlin L, Brun A, Lundborg G. (1997). Structural nerve changes at wrist level in workers exposed to vibration. *Occup Environ Med* 54, 307-311.
- Torrey, J. (1985). *Stretching the Limits*. New York: Dodd, Mead & Co.
- Torvinen, S., P. Kannus, H. Sievanen, T.A.H. Jarvinen, M. Pasanen, S. Kontulainen, T.L.N. Jarvinen, M. Jarvinen, P. Oja, and I. Vuori. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomised cross-over study. *Clin. Physiol. & Func. Im.* 22, 145–152.
- Torvinen S, Sievanen H, Jarvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Kannus P. (2002) Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. *Int J Sports Med*, 23, 374-9.
- Ullsperger P, Seidel H. (1980). On auditory evoked potentials and heart rate in man during whole body vibration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 43, 183-192.
- Viru A. (1994). Molecular cellural mechanisms of training effects. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 34, 309-322.
- Vrijens, J. (1990) *Basic principles in strength training*. In International Seminar on Kayak-Canoe Coaching and Sciences, Budapest: ICF, 25-42.
- Wakeling, J.M. and Nigg, B.M. (2001). Soft-tissue vibration in the quadriceps measured with skin mounted transducers. *Journal of Biomechanics*, 34, 539-543.
- Wakeling JM, Nigg B.M. (2001). Modification of soft tissue vibrations in the leg by muscular activity. *J Appl Physiol*; 90, 412-20.
- Wierzbicka M, Gilhodes J, Roll J.(1998). Vibration-induced postural posteffects. *J Neurophysiol*, 79, 143-150.
- Zamparo P, Perini R, Orizio C, Sacher M and Ferreti G.(1992). The energy cost of walking or running on sand. *Eur J Appl Physiol*, 65, 183-187.