

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ
ΣΤΗΝ ΟΣΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΥΝΑΙΚΩΝ
ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΜΗΝΟΠΑΥΣΗ

της
Στυλιανής Καρακώριου

Διδακτορική διατριβή που υποβάλλεται
στο καθηγητικό σώμα για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του
διδακτορικού 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.

Κομοτηνή

2011

Εγκεκριμένο από το Καθηγητικό σώμα:

1^{ος} Επιβλέπων: Πυλιανίδης Θεόφιλος, Αναπληρωτής Καθηγητής

2^{ος} Επιβλέπων: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

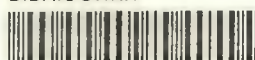
3^η Επιβλέπουσα: Δούδα Ελένη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια



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

Αριθ. Εισ.: 10004/1
Ημερ. Εισ.: 07/11/2011
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
613.710 82
ΚΑΡ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000107763

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Νικολέττος Νικόλαος, Καθηγητής Τμήματος Ιατρικής - Δ.Π.Θ.

Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Δούδα Ελένη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Μιχαλοπούλου Μαρία, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Πυλιανίδης Θεόφιλος, Αναπληρωτής Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Ασημακόπουλος Βύρων, Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Ιατρικής - Δ.Π.Θ.

Σμήλιος Ηλίας, Λέκτορας Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Καρακύριου Στυλιανή: Επίδραση διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης στην οστική λειτουργία και τη φυσική κατάσταση γυναικών μετά την εμμηνόπαυση (Με την επίβλεψη του κ. Πυλιανίδη Θεόφιλου, Αναπληρωτή Καθηγητή)

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εξετάσει και να συγκρίνει την επίδραση ενός εξειδικευμένου προγράμματος άσκησης συνδυασμού δύναμης και αερόβιας μορφής και ενός προγράμματος μηχανικής δόνησης στα μορφολογικά χαρακτηριστικά, την οστική πυκνότητα (ΟΠ), τον οστικό μεταβολισμό και τη μυϊκή απόδοση υγιών και οστεοπορωτικών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών. Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν σαράντα επτά μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, οι οποίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες: άσκησης υγιών γυναικών (n=10), δόνησης υγιών γυναικών (n=13), ελέγχου υγιών γυναικών (n=9), άσκησης οστεοπορωτικών γυναικών (n=7) και δόνησης οστεοπορωτικών γυναικών (n=8). Οστεοπορωτικές χαρακτηρίστηκαν οι μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστική απώλεια μεγαλύτερης των 2.5 σταθερών αποκλίσεων από τη μέση τιμή νέων υγιών γυναικών ($T\text{-score} \geq 2.5SD$), ενώ υγιείς ορίστηκαν εκείνες με φυσιολογική οστική απώλεια ($T\text{-score} \leq 1SD$). Οι ομάδες άσκησης συμμετείχαν σε ένα εξάμηνο πρόγραμμα, τρεις φορές εβδομαδιαίως, όπου η μία ομάδα εκτελούσε συνδυασμό άσκησης με βάρη (δύο φορές εβδομαδιαίως, έντασης 70% της μίας μέγιστης επανάληψης) και αερόβια άσκηση (μία προπόνηση εβδομαδιαίως, με ασκήσεις σε βαθμίδες, έντασης 70-85% της μέγιστης ΚΣ) και η άλλη ομάδα γυμνάστηκε με μηχανικές δονήσεις, συχνότητας 35-40Hz, μετατόπισης 1.5mm και διάρκειας 7-12min. Στη λήξη του προγράμματος, εμφανίστηκε σημαντική αύξηση στην ΟΠ της οσφυϊκής μοίρας στην ομάδα άσκησης των υγιών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών ($p < .05$), τάση αύξησης στην ομάδα των οστεοπορωτικών, διατήρηση της ΟΠ στις αντίστοιχες ομάδες δόνησης και μείωση στην ομάδα ελέγχου ($p < .05$). Σημαντική βελτίωση της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις και τις κάμψεις γόνατος παρατηρήθηκε στις ομάδες άσκησης των υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών και στην ομάδα δόνησης των υγιών γυναικών. Ως προς την αξιολόγηση της ευλυγισίας, σημειώθηκε αύξηση ($p < .05$) στην ομάδα άσκησης των υγιών γυναικών μετά το τέλος του προγράμματος. Επίσης, στις ομάδες άσκησης παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του

υποδόριου λίπους στις υγιείς ($p<.01$) και τις οστεοπορωτικές ($p<.05$), ενώ στις ομάδες δόνησης δεν παρουσιάστηκε καμία σημαντική προσαρμογή στη σύσταση σώματος στη λήξη του προγράμματος. Συμπεραίνεται ότι ο συνδυασμός δύναμης και αερόβιας άσκησης μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη της οστεοπόρωσης, στη μείωση του υποδόριου λίπους, στη βελτίωση της ευκαμψίας και της μυϊκής δύναμης σε υγιείς και οστεοπορωτικές γυναίκες, ενώ το πρόγραμμα με δονήσεις μπορεί να διατηρήσει την ΟΠ και να αυξήσει τη μυϊκή δύναμη αντίστοιχων ομάδων.

Λέξεις κλειδιά: άσκηση, ολόσωμη μηχανική δόνηση, εμμηνόπαυση, οστεοπόρωση, δύναμη

ABSTRACT

Karakiriou Styliani: Effects of different programs of exercise on bone functional ability and physical fitness in postmenopausal women

(Under the supervision of Associate Professor Pilianidis Theofilos)

The purpose of the present study was to compare the effects of a specific six-month vibration program with exercise-training on bone mineral density (BMD), body composition, muscular strength and flexibility in healthy and osteoporotic postmenopausal women. Forty seven, inactive postmenopausal women were randomly divided into five groups: exercise group of healthy women ($n=10$), vibration group of healthy women ($n=13$), control group of healthy women ($n=9$), exercise group of osteoporotic women ($n=7$) and vibration group of osteoporotic women ($n=8$). As osteoporotic postmenopausal women were considered those whose BMD value of L2-L4 vertebrae was more than 2.5 standards deviation ($T\text{-score} \geq 2.5SD$) of the mean of young healthy women and as healthy ones, those whose BMD value of L2-L4 vertebrae was below the standard deviation ($T\text{-score} \leq 1SD$). The exercise groups participated in a supervised program [2 days/week of strength training, 70% of one repetition maximum (1-RM), and 1 day/week of aerobic-stepping exercise, 70–85% of HRmax] for a period of six months. The vibration groups were trained three times a week for six months, the frequency of the vertical vibration was 35-40 Hz, the displacement was 1.5 mm and the duration was 7-12 min. At the end of the study, an increase in the BMD of lumbar spine L2-L4 was observed in the healthy exercise group ($p < .05$), as well as a positive trend in the osteoporotic exercise group, maintenance in the vibration groups, and decrease in the control group ($p < .05$). Muscular strength of leg-extension and leg-curl exercise improved ($p < .01$) both in the exercise groups and in the healthy vibration group. Flexibility revealed better results only in the exercise group ($p < .05$). The sum of skin folds of the exercise groups decreased significantly after the intervention (healthy exercise group $p < .01$ and osteoporotic healthy group $p < .05$), but there were no significant differences in vibration groups. The above results indicated that conventional training contributed to the prevention of osteoporosis, reduced the sum of skin folds and induced positive adaptations to muscular strength and flexibility, while the

vibration program helped to maintain BMD and improve muscle strength in healthy and osteoporotic postmenopausal women.

Key words: exercise, whole body vibration, menopause, osteoporosis, strength

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας αισθάνομαι ιδιαίτερα την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς όλους εκείνους, οι οποίοι με το ενδιαφέρον και τις υποδείξεις τους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της διδακτορικής μου διατριβής.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Σάββα Τοκμακίδη, για την ανεκτίμητη επιστημονική του καθοδήγηση σε όλα τα στάδια της έρευνας και την αμέριστη συμπαράστασή του στη διεκπεραίωση της παρούσας διατριβής.

Την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κα Ελένη Δούδα για την πολύτιμη συμβολή της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου.

Τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Θεόφιλο Πυλιανίδη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και ανέλαβε επιβλέπων της διδακτορικής διατριβής μου.

Τους ιατρούς, κ. Ξενοφώντα Δημητριάδη ακτινολόγο, την κα Μάγδα Βασιλακάκη μικροβιολόγο και την κα Καλλιόπη Κώτσα ενδοκρινολόγο, για την ουσιαστική βοήθειά τους με την πραγματοποίηση των ιατρικών εξετάσεων.

Τον νευροχειρουργό κ Κωνσταντίνο Βιολάρη, ο οποίος με βοήθησε στην κατανόηση της λειτουργίας και της φυσιολογίας του νευρικού και μυϊκού συστήματος.

Τον κ. Ηλία Σμήλιο, Λέκτορα, και τον κ. Κώστα Βόλακλη, μέλος Δ.Ε.Π., για τις σημαντικές παρατηρήσεις τους στο πρόγραμμα άσκησης.

Το συμβούλιο και το προσωπικό του Δημοτικού Οργανισμού Νεολαίας και Άθλησης Κομοτηνής (ΔΟΝΑ), που δέχτηκαν να με φιλοξενήσουν στα γραφεία του ΔΟΝΑ και να μου παραχωρήσουν μέρος από τον εργασιακό τους χώρο για τη μετατροπή του σε χώρο άθλησης, για όλο το χρονικό διάστημα που διήρκεσε η έρευνα.

Το σύζυγό μου Ηλία και τους γονείς μου για την ψυχολογική υποστήριξή τους. Την αδερφή μου Μαρία, καρδιολόγο, για τις πολύτιμες γνώσεις της και συμβουλές στα ιατρικά θέματα.

Τέλος, όλες τις κυρίες που συμμετείχαν με προθυμία στο πρόγραμμα άσκησης συμμερίστηκαν την προσπάθειά μου και μοιράστηκαν τις αγωνίες μου, δημιουργώντας σχέσεις φιλίας και αλληλοεκτίμησης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ABSTRACT	v
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	vii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xv
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Προσδιορισμός του προβλήματος	1
Σκοπός της εργασίας	5
Σημασία της έρευνας	5
Ερευνητικές υποθέσεις	6
Μηδενικές υποθέσεις	7
Περιορισμοί της έρευνας	9
Οριοθετήσεις της έρευνας	10
Θεωρητικοί και λειτουργικοί ορισμοί	11
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	20
Σύσταση οστού	20
Τύποι οστίτη ιστού	22
Διαδικασία οστικής ανακατασκευής	23
Παράγοντες που επηρεάζουν το μεταβολισμό του οστού	25
Οστεοπόρωση-ορισμός	28
Παθογένεια οστεοπόρωσης	29
Κλινική εικόνα	30
Παράγοντες κινδύνου	32
Διάγνωση	33
Βιοχημικοί δείκτες της οστικής εναλλαγής	35
Θεραπεία	36
Κύριες μηχανικές ιδιότητες του οστού	37

Μηχανική φόρτιση του οστού	41
Η άσκηση ως το κυριότερο μέσο μηχανικής φόρτισης του οστού	43
Ο ρόλος της άσκησης στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης κατά τη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο	46
Προγράμματα αερόβιας άσκησης σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες	49
Προγράμματα άσκησης με αντιστάσεις σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες	51
Προγράμματα άσκησης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα	53
Άσκηση με μηχανικές δονήσεις	63
Άσκηση με μηχανικές δονήσεις και ερειστικό σύστημα	64
Αποτελέσματα προγραμμάτων δόνησης στην οστική πυκνότητα υγιών και οστεοπορωτικών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών	65
Άσκηση με μηχανικές δονήσεις και νευρομυϊκό σύστημα	70
Άσκηση με μηχανικές δονήσεις και ορμονικές ανταποκρίσεις	72
Μηχανικές δονήσεις και καρδιαγγειακό σύστημα	76
Αντενδείξεις στη χρήση μηχανικών δονήσεων	77
Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας	78
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	80
Δείγμα	80
Πρωτόκολλα άσκησης	82
Μετρήσεις	87
Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών μετρήσεων	87
Εργαστηριακός Έλεγχος	88
Στατιστική ανάλυση	89
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	91
Μορφολογικά χαρακτηριστικά	91
Μέτρηση οστικής πυκνότητας	96
Αιματολογικές και βιοχημικές εξετάσεις	98
Οστεοκαλσίνη	100
Ολική αλκαλική φωσφατάση	101

Ασβέστιο ορού	102
Υδροξυπρολίνη ούρων	103
Παράμετροι φυσικής κατάστασης	104
Μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης	106
Μέγιστη δύναμη στις κάμψεις κνήμης	107
Αντοχή στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης	108
Αντοχή στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης	109
Ευλυγισία	110
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	111
Προσαρμογές στη σύσταση σώματος	111
Προσαρμογές στην οστική πυκνότητα	113
Βιοχημικές προσαρμογές	116
Προσαρμογές σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης	118
Προσαρμογές μυϊκής δύναμης	118
Προσαρμογές στην ευλυγισία	120
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	122
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	125
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	127
VIII. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	145
Παράρτημα Α: Οργάνωση ερευνητικού έργου	146
Παράρτημα Β: Καταγραφή δεδομένων	152
Παράρτημα Γ: Μέτρηση οστικής πυκνότητας με DEXA	160
Παράρτημα Δ: Φωτογραφικό υλικό	165

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας	Χαρακτηριστικά τύπων οστεοπόρωσης	30
2.1.		
Πίνακας	Διαγνωστικές κατηγορίες οστικής πυκνότητας με βάση το T-score, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας	34
2.2.		
Πίνακας	Βιοχημικοί δείκτες οστικού οστικού μεταβολισμού	36
2.3.		
Πίνακας	Σύνοψη αποτελεσμάτων προγραμμάτων αερόβιας άσκησης στην οστική πυκνότητα και σε διάφορους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής δείκτες οστικού μεταβολισμού	58
2.4.		
Πίνακας	Σύνοψη αποτελεσμάτων προγραμμάτων άσκησης με αντιστάσεις στην οστική πυκνότητα και σε διάφορους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής	59
2.5.		
Πίνακας	Σύνοψη αποτελεσμάτων προγραμμάτων άσκησης στην οστική πυκνότητα και σε διάφορους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής σε οστεοπενικές και οστεοπορωτικές γυναίκες	61
2.6.		
Πίνακας	Σύνοψη αποτελεσμάτων προγραμμάτων άσκησης με δονήσεις στην οστική πυκνότητα και σε διάφορους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής	68
2.7.		
Πίνακας	Σύνοψη οξέων επιδράσεων προγραμμάτων άσκησης με δονήσεις	73
2.8.		
Πίνακας	Τα χαρακτηριστικά (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) της κάθε ομάδας στην έναρξη του προγράμματος	81
3.1.		
Πίνακας	Αναλυτική περιγραφή κυρίου μέρους προγράμματος ενδυνάμωσης.....	83
3.2.		
Πίνακας	Αναλυτική περιγραφή κυρίου μέρους προγράμματος άσκησης αερόβιας μορφής	85
3.3.		
Πίνακας	Αναλυτική περιγραφή κυρίου μέρους προγράμματος άσκησης με δονήσεις	86
3.4.		
Πίνακας	Μετρήσεις αξιολόγησης των παραμέτρων που έχουν οριστεί ...	87
3.5.		
Πίνακας	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) στα μορφολογικά χαρακτηριστικά	92
4.1.		
Πίνακας	Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα, % ποσοστιαία μεταβολή) στις εξαρτημένες μεταβλητές των μορφολογικών χαρακτηριστικών σε κάθε ομάδα χωριστά κατά την έναρξη του	
4.2.		

Πίνακας 4.4.	Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα, % ποσοστιαία μεταβολή) της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων O2-O4 των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών σε κάθε ομάδα χωριστά κατά την έναρξη του προγράμματος και μετά από έξι μήνες	97
Πίνακας 4.5.	Παρατηρούμενες και ρυθμιζόμενες μέσες τιμές της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων O2-O4 των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, χρησιμοποιώντας ως συμμεταβλητή την αρχική μέτρηση	97
Πίνακας 4.6.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) σε αιματολογικούς και βιοχημικούς δείκτες	98
Πίνακας 4.7.	Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα, % ποσοστιαία μεταβλητή) στις εξαρτημένες μεταβλητές των αιματολογικών και βιοχημικών δεικτών σε κάθε ομάδα χωριστά κατά την έναρξη του προγράμματος και μετά από έξι μήνες	99
Πίνακας 4.8.	Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης	104
Πίνακας 4.9.	Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα, % ποσοστιαία μεταβολή) στις εξαρτημένες μεταβλητές παραγόντων φυσικής κατάστασης σε κάθε ομάδα χωριστά κατά την έναρξη του προγράμματος και μετά από έξι μήνες	105

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1.	Σχηματική παράσταση της παραμόρφωσης των υλικών (Πουρνάρας, 2009)	40
Σχήμα 4.1.	Μέσες τιμές του σωματικού βάρους (a) και του Δείκτη Μάζας Σώματος (b) των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	94
Σχήμα 4.2.	Μέσες τιμές της αναλογίας περιφερειών μέσης/ισχίου (a) και του αθροίσματος πάχους δερματοπτυχών (b) των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	95
Σχήμα 4.3.	Μέσες τιμές της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων O2-O4 των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	96
Σχήμα 4.4.	Μέσες τιμές της οστεοκαλσίνης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	100
Σχήμα 4.5.	Μέσες τιμές της ολικής αλκαλικής φωσφατάσης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	101
Σχήμα 4.6.	Μέσες τιμές του ασβέστιου ορού των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	102
Σχήμα 4.7.	Μέσες τιμές του ασβέστιου ορού των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	103
Σχήμα 4.8.	Μέσες τιμές της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις κνήμης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	106
Σχήμα 4.9.	Μέσες τιμές της μέγιστης δύναμης στις κάμψεις κνήμης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	107
Σχήμα 4.10.	Μέσες τιμές της αντοχής στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	108
Σχήμα 4.11.	Μέσες τιμές της αντοχής στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	109

Σχήμα 4.12. Μέσες τιμές της ευλογισίας των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης	110
--	-----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1.	Διαδικασία οστικής ανακατασκευής (Avioli, 2000).	24
Εικόνα 2.2.	Προοδευτική παραμόρφωση και απώλεια ύψους λόγω οστεοπόρωσης (Avioli, 2000).	31
Εικόνα 2.3.	Συμπιεστική (compressive) παραμόρφωση (Α), εκτατική (tensile) παραμόρφωση (Β), παραμόρφωση κατά την κάμψη (bending) (Γ), παραμόρφωση κατά τη συστροφή (torsion) (Δ), (Torvinen, 2003).	40

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΤΗ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΓΥΝΑΙΚΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΜΜΗΝΟΠΑΥΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό προσδιορίζεται το πρόβλημα και παρουσιάζεται ο σκοπός διεξαγωγής της παρούσας διατριβής. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στη σημασία της έρευνας, διατυπώνονται οι ερευνητικές και μηδενικές υποθέσεις, καθώς και τα όρια και οι περιορισμοί της παρούσας μελέτης. Το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την καταγραφή της ορολογίας που χρησιμοποιείται στο παρόν κείμενο.

Προσδιορισμός του προβλήματος

Η αύξηση του προσδόκιμου ορίου επιβίωσης του ανθρώπου και ο σύγχρονος τρόπος ζωής με τις νέες διατροφικές συνήθειες και τον περιορισμό της φυσικής δραστηριότητας οδήγησαν στην αύξηση της εκδήλωσης σημαντικών εκφυλιστικών αλλοιώσεων στο σκελετό, με κυριότερη αυτή της οστεοπόρωσης. Οι σημαντικές επιπτώσεις της οστεοπόρωσης στην ποιότητα ζωής των ασθενών και το τεράστιο κοινωνικοοικονομικό κόστος αποκατάστασης αυτών, κάνουν επιτακτική την αποτελεσματική αντιμετώπιση της νόσου.

Σύμφωνα με πρόσφατες επιδημιολογικές έρευνες (Rubin, Judex & Qin, 2006), υπολογίζεται ότι στις Η.Π.Α πάσχουν από οστεοπόρωση περισσότερο από το 50% των γυναικών σε ηλικία άνω των 65 ετών. Επίσης, καταγράφονται περίπου 1.5 εκατομμύρια οστεοπορωτικά κατάγματα ετησίως, από τα οποία 700.000 είναι διαγνωσθέντα σπονδυλικά κατάγματα, 300.000 κατάγματα ισχίου, 250.000 κατάγματα αντιβραχίου και 250.000 σε άλλα σημεία του σκελετού. Το ετήσιο κόστος νοσηλείας ανέρχεται στα 18 δισεκατομμύρια δολάρια και προβλέπεται να ξεπεράσει τα 250 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως στα επόμενα 50 έτη (Rubin et al., 2006). Στην Ευρώπη, σύμφωνα με το Διεθνές Οργανισμό Οστεοπόρωσης (International Osteoporosis Foundation, 2008), υπολογίζεται ότι πάσχουν από τη νόσο τριάντα εκατομμύρια γυναίκες και προβλέπεται ότι μία στις τρεις γυναίκες ηλικίας άνω των 50 ετών θα υποστεί οστεοπορωτικό κάταγμα κατά τη διάρκεια της ζωής της.

Αναλυτικότερα, στην Ελλάδα, σύμφωνα με πρόσφατη επιδημιολογική καταγραφή τα έτη 2004 - 2005, το ποσοστό των ατόμων με οστεοπόρωση στην ηλικιακή ομάδα 50-59 ετών ανερχόταν στο 19%, στην ομάδα 60-69 ετών στο 42.1% και στην ομάδα 70-79 ετών 55.5% (Παπακίτσου και συν., 2005). Η εκτίμηση του κόστους θεραπείας καταγμάτων του ισχίου, που έχρηζαν νοσοκομειακή περίθαλψη το έτος 2002 ήταν 46.250.000 ευρώ (Παπακίτσου και συν., 2004). Η συνειδητοποίηση του οικονομικού και κοινωνικού αντίκτυπου της οστεοπόρωσης και των συνεπειών της κινητοποίησε τους φορείς υγείας στη διερεύνηση αποτελεσματικών μέτρων για την πρόληψη και θεραπεία της νόσου.

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες να εξασφαλιστούν οικονομικές, ευχάριστες και αποτελεσματικές μέθοδοι προφύλαξης και αποκατάστασης της καλής σκελετικής υγείας. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες δημιουργίας της οστικής μάζας αποτελεί η μηχανική φόρτιση των οστών, δηλαδή η ανταπόκριση των οστών στις ασκούμενες δυνάμεις και πιέσεις που δέχονται. Η κυριότερη έκφραση της μηχανικής φόρτισης είναι η άσκηση. Για το λόγο αυτό αντικείμενο έρευνας αποτελεί η διερεύνηση των μορφών άσκησης στο μηχανισμό διέγερσης της οστεογένεσης (Sinaki et al., 2002; Vuori, 2001).

Η άσκηση αποδεικνύεται ότι έχει καθοριστικό ρόλο στην ταχεία αύξηση της οστικής μάζας κατά την εφηβεία και στην επίτευξη της κορυφαίας οστικής πυκνότητας μέχρι την τρίτη δεκαετία της ζωής της γυναίκας (Heinonen et al., 2000; Nordstrom, Thorsen, Bergstrom & Lorentzon, 1996). Μετά την ολοκλήρωση της σκελετικής ωρίμανσης και την είσοδο της γυναίκας στην εμμηνόπαυση επέρχεται μία προοδευτική οστική απώλεια, λόγω των ορμονικών και μεταβολικών διαταραχών που συνοδεύουν αυτήν τη περίοδο τη ζωή της γυναίκας (Riggs & Melton, 1995). Σε αυτήν την ηλικιακή κατηγορία γυναικών επικεντρώνονται οι ερευνητές, προκειμένου να μελετήσουν τη συμβολή της άσκησης στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης (Chien et al., 2000; Douchi et al., 2000; Maddalozzo & Snow, 2000).

Τα προγράμματα, τα οποία παραδοσιακά εφαρμόζονταν σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, ήταν αερόβιας μορφής και αφορούσαν κυρίως στο βάδισμα (Iwamoto, Takeda & Ichimura, 2001; Sandler, Cauley, Hom, Sashin & Kriska, 1987). Οι ερευνητές προκειμένου να αυξήσουν τη φόρτιση των οστών στον κατακόρυφο άξονα του σώματος περιέλαβαν, επίσης, ασκήσεις υψηλότερης έντασης, όπως ανέβασμα σε βαθμίδες (Grove & Londeree, 1992) και στις υγιείς γυναίκες πρότειναν το πρόγραμμα τους να εμπεριέχει και επιτόπια αλματάκια στα δυο πόδια (Chien, Wu, Hsu & Lai, 2000). Στη συνέχεια

εφαρμόστηκαν ειδικά προγράμματα άσκησης με βάρη σε γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση, παρουσιάζοντας θετικά αποτελέσματα στην επιβράδυνση της οστικής αποδόμησης (Bemben, Fetters, Bemben, Nabavi & Koh, 2000; Wolff, van Croonenborg, Kemper, Kostense & Twisk, 1999), στη διατήρηση της οστικής πυκνότητας (Ryan, Truth, Hunter & Elahi, 1998; Wallace & Cumming, 2000) ή ακόμη και αύξηση της οστικής πυκνότητας (Maddalozzo & Snow, 2000). Την τελευταία δεκαετία, ο συνδυασμός προγραμμάτων δύναμης και αερόβιας μορφής άσκησης προτείνεται ως ιδανικός για τον οστικό αναβολισμό, αν και δεν έχει διερευνηθεί επισταμένα, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν σαφή συμπεράσματα για τη δράση τους στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης (Kemmler, Engelke, Weineck, Hensenm & Kalender, 2003; Milliken et al., 2003; Walker, Klentrou, Chow & Plyley, 2000).

Οι μηχανικές δονήσεις είναι ταλαντευτικές κινήσεις, που προκαλούνται με τη βοήθεια μηχανικού ερεθίσματος και προβάλλονται ως μια εναλλακτική μέθοδος άσκησης, η οποία μπορεί να προκαλέσει τα κατάλληλα ερεθίσματα για οστεοβλαστική δράση και αναστολή της οστεοκλαστικής. Αυτή η θεωρία στηρίζεται στο γεγονός κατά το οποίο το οστού ανταποκρίνεται στις δυνάμεις, τους κραδασμούς και τις δονήσεις της άσκησης με προσαρμογές που επηρεάζουν την αρχιτεκτονική του. Έρευνες σε πειραματόζωα ενίσχυσαν με τα αποτελέσματά τους αυτή τη θεωρία (Cristiansen & Silva 2006; Fieger, Karachalios, Khaldi, Raptou & Lyritis, 1998; Rubin et al., 2002). Ενδεικτική μελέτη αποτελεί αυτή των Rubin και συν. (2002), σύμφωνα με την οποία ύστερα από εφαρμογή προγραμμάτων μηχανικών δονήσεων σε ενήλικα θηλυκά πρόβατα διάρκειας ενός έτους, παρατήρησαν αύξηση της πυκνότητας του δοκιδωτού του μηριαίου οστού κατά 34.2% σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου και μείωση της πορώδους υφής. Όσον αφορά στο πρόγραμμα που ακολούθησαν, υποστήριξαν την καταλληλότητα και αποτελεσματικότητα των μηχανικών ερεθισμάτων με χαμηλά επίπεδα επιτάχυνσης (<0.3g), υψηλής συχνότητας (20-90Hz) και διάρκειας <30min. Η αναβολική δράση των ερεθισμάτων αυτών θεωρήθηκε ότι επιτυγχάνεται είτε άμεσα, μέσω μηχανικής φόρτισης, είτε έμμεσα, μέσω της ανόδου της ενδομυελικής πίεσης στο οστό.

Τα θετικά αυτά αποτελέσματα σε πειραματόζωα οδήγησαν την ίδια ομάδα ερευνητών (Rubin et al., 2004) στην εφαρμογή ενός προγράμματος άσκησης με δονήσεις σε γυναίκες ως μέσο αντιμετώπισης της οστικής απώλειας που ακολουθεί την εμμηνόπαυση. Το πρόγραμμα δόνησης ήταν χαμηλής, κατακόρυφης επιτάχυνσης (0.2 g), υψηλής συχνότητας (30 Hz) και διάρκειας ενός έτους. Στην ομάδα άσκησης με δονήσεις παρατηρήθηκε

μικρότερη οστική απώλεια στους οσφυϊκούς σπονδύλους, τον αυχένα μηριαίου, τον τροχαντήρα και την κερκίδα συγκριτικά με την ομάδα placebo. Συμπερασματικά, τα χαμηλού μεγέθους μηχανικά ερεθίσματα, που εφαρμόστηκαν στην ομάδα άσκησης, εμπόδισαν την οστική απώλεια, αλλά δεν ήταν ικανά να προκαλέσουν οστεογένεση, όπως είχε σημειωθεί στις αντίστοιχες μελέτες σε πειραματόζωα (Cristiansen & Silva 2006; Fieger et al., 1998; Rubin et al., 2002).

Παρόμοια αποτελέσματα διατήρησης της οστικής πυκνότητας σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες παρουσιάστηκαν και με την εφαρμογή διαφορετικού πρωτοκόλλου δόνησης, υψηλής συχνότητας (28 Hz) και επιτάχυνσης (έως 10 g) για έξι μήνες (Russo et al., 2003). Συγκεκριμένα, καμία μεταβολή στην οστική πυκνότητα της κνήμης των ασκούμενων μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών δεν προκλήθηκε με τη συμμετοχή τους στο παρεμβατικό πρόγραμμα, παρά την αύξηση της μυϊκής τους ισχύος κατά 5%. Η ένταση της δόνησης, κυρίως, λόγω της υψηλής επιτάχυνσης κρίθηκε ανεπαρκής για τη βελτίωση της οστικής πυκνότητας.

Αντίθετα, παρατηρήθηκε αύξηση της οστικής πυκνότητας του μηριαίου (+0.93%) σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες που ακολούθησαν πρόγραμμα άσκησης με δονήσεις για έξι μήνες, σε σύγκριση με την ομάδα που συμμετείχε στο πρόγραμμα δύναμης για το ίδιο χρονικό διάστημα (Verschueren et al., 2004). Σε όλη τη διάρκεια της έρευνας η συχνότητα της μηχανικής δόνησης κυμάνθηκε στα 35 Hz - 40 Hz και η επιτάχυνση στα 2.28 g - 5.09 g. Η μικρή αλλά στατιστικά σημαντική αύξηση στην οστική πυκνότητα ενισχύει την άποψη ότι δονητικά ερεθίσματα υψηλής συχνότητας ενεργοποιούν την οστεοβλαστική δράση και ότι μπορούν να αποτελέσουν έναν ελπιδοφόρο τρόπο αντιμετώπισης της οστεοπόρωσης.

Στη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία εξετάζεται η μηχανική δόνηση ως μέσο πρόληψης της οστεοπόρωσης με κυριότερες τις παραπάνω έρευνες χωρίς, όμως, να έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικότερου προγράμματος δόνησης για το ερειστικό σύστημα. Επίσης, το γεγονός, ότι αυτή η μορφή εναλλακτικής άσκησης είναι νέα στο χώρο της υγείας έχει ως συνέπεια την έλλειψη δεδομένων στην επίδραση της σε γυναίκες που πάσχουν από οστεοπόρωση. Επιπλέον, δεν έχουν διευκρινιστεί πλήρως οι προσαρμογές ενός προγράμματος δόνησης στο μυοσκελετικό σύστημα σε υγιείς και οστεοπορωτικές γυναίκες και αν υπερτερεί σε σχέση με άλλες μορφές γύμνασης, όπως το συνδυασμό δύναμης και αερόβιας άσκησης.

Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα έρευνα μελετά την επίδραση ενός εξειδικευμένου προγράμματος άσκησης, συνδυασμού δύναμης και αερόβιας μορφής, και ενός προγράμματος μηχανικής δόνησης στην οστική πυκνότητα, σε παράγοντες του οστικού μεταβολισμού και σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών μετά την εμμηνόπαυση.

Ειδικότερα, η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό:

- Να αξιολογήσει και να συγκρίνει την επίδραση ενός εξάμηνου προγράμματος άσκησης και δόνησης στην οστική πυκνότητα υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών μετά την εμμηνόπαυση.
- Να αξιολογήσει και να συγκρίνει την επίδραση ενός εξάμηνου προγράμματος άσκησης και δόνησης σε αιματολογικούς και βιοχημικούς δείκτες, την οστεοκαλσίνη, την αλκαλική φωσφατάση, το ασβέστιο ορού και την υδροξυπρολίνη ούρων υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών μετά την εμμηνόπαυση.
- Να αξιολογήσει και να συγκρίνει την επίδραση ενός εξάμηνου προγράμματος άσκησης και δόνησης σε μορφολογικά χαρακτηριστικά υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών μετά την εμμηνόπαυση.
- Να αξιολογήσει και να συγκρίνει την επίδραση ενός εξάμηνου προγράμματος άσκησης και δόνησης σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης, τη μέγιστη δύναμη, την αντοχή στη δύναμη και την ευλυγισία υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών μετά την εμμηνόπαυση.

Σημασία της έρευνας

Η οστεοπόρωση είναι το συχνότερο μεταβολικό νόσημα των οστών, με ομάδα υψηλού κινδύνου τις γυναίκες που διανύουν την κλιμακτήριο. Στη διάρκεια των πρώτων πέντε έως δέκα ετών από την έναρξη της εμμηνόπαυσης παρατηρείται ταχεία απώλεια οστικής πυκνότητας που ανέρχεται στα 2%-3% ετησίως. Η οστεοπόρωση είναι μία πολυπαραγοντική νόσος με πολλαπλές αιτίες, όπως ορμονικές, μεταβολικές, διαιτητικές και μηχανικές, όπως η έλλειψη φυσικής δραστηριότητας. Παρόλο που η περιορισμένη φυσική δραστηριότητα έχει αναγνωριστεί ως ένας επιπλέον παράγοντας κινδύνου για την ανάπτυξη της νόσου, δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως η συμβολή της άσκησης στην αντιμετώπιση του προβλήματος.

Η παρούσα εργασία στοχεύει να μελετήσει και να συγκρίνει την επίδραση δύο διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης, συμβατικής και εναλλακτικής μορφής, στην

οστική πυκνότητα και σε παραμέτρους του οστικού μεταβολισμού υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών, προκειμένου να διευκρινιστεί αν ο υγιής και ο ευπαθής οστίτης ιστός μπορούν να ανταποκριθούν το ίδιο στα μηχανικά ερεθίσματα και σε ποιο βαθμό, ύστερα από πρόγραμμα διάρκειας έξι μηνών. Επομένως, το χρονικό διάστημα και τα πρωτόκολλα άσκησης θα κριθούν αν ήταν αποτελεσματικά και κατάλληλα, ώστε να αποτρέψουν την οστική απώλεια, που επέρχεται με την εμμηνόπαυση, και αν επίσης ήταν ικανά να συμβάλουν στην αποκατάσταση της οστεοπόρωσης. Επίσης, η παρούσα εργασία θα βοηθήσει να διευκρινιστεί αν η εμμηνόπαυση ή και η οστεοπόρωση αποτελούν εμπόδια για τη βελτίωση της φυσικής κατάστασης μέσω διαφορετικών μορφών άσκησης.

Ερευνητικές υποθέσεις

Μορφολογικά χαρακτηριστικά

1. Ο μέσος όρος του σωματικού βάρους (α), του δείκτη μάζας σώματος (β), της αναλογίας περιφερειών μέσης/ισχίου (γ) και του αθροίσματος πάχους δερματοπτυχών (δ) μεταβάλλεται μετά τους έξι μήνες παρέμβασης στις ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Οστική πυκνότητα

2. Ο μέσος όρος της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων μεταβάλλεται μετά τους έξι μήνες παρέμβασης στις ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Αιματολογικές και ουρολογικές αναλύσεις

3. Ο μέσος όρος της οστεοκαλσίνης (α), της αλκαλικής φωσφατάσης (β), του ασβεστίου ορού (γ) και της υδροξυπρολίνης ούρων (δ) μεταβάλλεται μετά τους έξι μήνες παρέμβασης στις ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Παράμετροι φυσικής κατάστασης

4. Ο μέσος όρος της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις κνήμης (α), της μέγιστης δύναμης στις κάμψεις κνήμης (β), της αντοχής στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης (γ), της αντοχής στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης (δ) και της ευλυγισίας (ϵ) μεταβάλλεται μετά τους έξι μήνες παρέμβασης στις ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Μηδενικές υποθέσεις

Μορφολογικά χαρακτηριστικά

1. Η εξέλιξη των μέσων όρων του σωματικού βάρους (α), του δείκτη μάζας σώματος (β), της αναλογίας περιφερειών μέσης/ισχίου (γ) και του αθροίσματος πάχους δερματοπτυχών (δ) παραμένει ίδια με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου στις αντίστοιχες μετρήσεις των παρεμβατικών ομάδων: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), κατά την έναρξη και μετά τους έξι μήνες (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης).
2. Ο μέσος όρος του σωματικού βάρους (α), του δείκτη μάζας σώματος (β), της αναλογίας περιφερειών μέσης/ισχίου (γ) και του αθροίσματος πάχους δερματοπτυχών (δ) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), είναι ίδιος με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου σε κάθε χρονική στιγμή μέτρησης (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα).
3. Ο μέσος όρος του σωματικού βάρους (α), του δείκτη μάζας σώματος (β), της αναλογίας περιφερειών μέσης/ισχίου (γ) και του αθροίσματος πάχους δερματοπτυχών (δ) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), είναι ίδιος στην αρχική μέτρηση και μετά από έξι μήνες (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή).

Οστική πυκνότητα

4. Η εξέλιξη των μέσων όρων της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων των παρεμβατικών ομάδων: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης

οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), κατά την έναρξη και τους έξι μήνες είναι ίδια με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου στις αντίστοιχες μετρήσεις (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης).

5. Ο μέσος όρος της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων (α) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), είναι ίδιος με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου σε κάθε χρονική στιγμή μέτρησης (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα).
6. Ο μέσος όρος: της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων (α) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), είναι ίδιος στην αρχική μέτρηση και μετά από έξι μήνες (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή).

Αιματολογικές και ουρολογικές αναλύσεις

7. Η εξέλιξη των μέσων όρων της οστεοκαλσίνης (α), της ολικής αλκαλικής φωσφατάσης (β), του ασβεστίου ορού (γ) και της υδροξυπρολίνης ούρων (δ) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), κατά την έναρξη και τους έξι μήνες είναι ίδια με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου στις αντίστοιχες μετρήσεις (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης).
8. Ο μέσος όρος της οστεοκαλσίνης (α), της ολικής αλκαλικής φωσφατάσης (β), του ασβεστίου ορού (γ) και της υδροξυπρολίνης ούρων (δ) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), είναι ίδιος με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου σε κάθε χρονική στιγμή μέτρησης (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα).
9. Ο μέσος όρος της οστεοκαλσίνης (α), της ολικής αλκαλικής φωσφατάσης (β), του ασβεστίου ορού (γ) και της υδροξυπρολίνης ούρων (δ) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), είναι ίδιος στην αρχική μέτρηση και μετά από έξι μήνες (δεν

υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή).

Παράμετροι φυσικής κατάστασης

10. Η εξέλιξη των μέσων όρων της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις κνήμης (α), της μέγιστης δύναμης στις κάμψεις κνήμης (β), της αντοχής στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης (γ) της αντοχής στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης (δ) και της ευλυγισίας (ε) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), κατά την έναρξη και τους έξι μήνες είναι ίδια με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου στις αντίστοιχες μετρήσεις (δεν υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης).
11. Ο μέσος όρος της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις κνήμης (α), της μέγιστης δύναμης στις κάμψεις κνήμης (β), της αντοχής στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης (γ) της αντοχής στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης (δ) και της ευλυγισίας (ε) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), είναι ίδιος με την εξέλιξη των μέσων όρων της ομάδας ελέγχου σε κάθε χρονική στιγμή μέτρησης (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα).
12. Ο μέσος όρος της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις κνήμης (α), της μέγιστης δύναμης στις κάμψεις κνήμης (β), της αντοχής στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης (γ) της αντοχής στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης (δ) και της ευλυγισίας (ε) στις παρεμβατικές ομάδες: άσκησης υγιών (i), δόνησης υγιών (ii), άσκησης οστεοπορωτικών (iii) και δόνησης οστεοπορωτικών (iv), είναι ίδιος στην αρχική μέτρηση και μετά από έξι μήνες (δεν υπάρχει σημαντική κύρια επίδραση του επαναλαμβανόμενου παράγοντα χρονική στιγμή).

Περιορισμοί της έρευνας

Οι περιορισμοί της παρούσας διατριβής ήταν οι εξής:

Η ερευνήτρια έπρεπε να βασιστεί στο γεγονός, ότι οι συμμετέχουσες γυναίκες απάντησαν με ειλικρίνεια στα ερωτηματολόγια που τους δόθηκαν και αφορούσαν:

- Το ιατρικό ιστορικό τους: ότι δεν έπασχαν από υπερπαραθυροειδισμό, ηπατοπάθειες, νεφροπάθειες, σακχαρώδη διαβήτη.

- Τη φαρμακευτική αγωγή τους: ότι δε λάμβαναν κορτιζόνη, λίθιο, αντιεπιληπτική αγωγή, αντιπηκτική αγωγή, θεραπεία υποκατάστασης ορμονών, αντιοστεοπορωτική αγωγή.
- Τη φυσική δραστηριότητά τους και τις διατροφικές τους συνήθειες: ότι δεν ασκούσαν συστηματικά, ήταν μη καπνίστριες και η κατανάλωση αλκοόλης δεν ξεπερνούσε τα δυο ποτήρια αλκοολούχου ποτού την εβδομάδα.
- Την εμμηνοπαυσιακή ηλικία τους: ότι ήταν μεγαλύτερης του ενός έτους.
- Την πρόσληψη συμπληρώματος ασβεστίου 500mg ημερησίως καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας.

Οριοθετήσεις της έρευνας

Οι οριοθετήσεις της παρούσας μελέτης σχετικά με την επιλογή του δείγματος και τη διαδικασία των μετρήσεων ήταν οι εξής:

- Στην έρευνα συμμετείχαν μόνο γυναίκες, που ήταν εμμηνοπαυσιακής ηλικίας, μεγαλύτερης του ενός έτους.
- Στις ομάδες των υγιών γυναικών περιλήφθησαν οι γυναίκες, οι οποίες, σύμφωνα με τα διαγνωστικά κριτήρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, είχαν φυσιολογική οστική απώλεια μικρότερης της μίας σταθερής απόκλισης (T-score \leq 1SD) στην εξέταση οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων (O2-04). Επίσης, οστεοπορωτικές χαρακτηρίστηκαν εκείνες, οι οποίες, σύμφωνα με τα διαγνωστικά κριτήρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, είχαν οστική απώλεια μεγαλύτερης των δύο σταθερών αποκλίσεων (T-score \geq 2SD) στην εξέταση οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων (O2-04).
- Όλες οι γυναίκες προσκόμισαν βεβαίωση καρδιολόγου ότι δεν έπασχαν από καρδιαγγειακά νοσήματα και μπορούσαν να συμμετέχουν σε πρόγραμμα άσκησης.
- Επιλέχθηκαν ύστερα από ενημέρωση του προσωπικού τους ιατρού, οστεοπορωτικές γυναίκες που ήταν σε φάση προσωρινής διακοπής της αντιοστεοκλαστικής θεραπείας, στα πλαίσια διακεκομμένης φαρμακευτικής αγωγής που ακολουθούσαν.
- Αποκλείστηκαν οι γυναίκες που ακολουθούσαν αντιοστεοκλαστική θεραπεία, λάμβαναν κορτιζόνη, λίθιο, αντιεπιληπτική αγωγή, αντιπηκτική αγωγή, θεραπεία υποκατάστασης ορμονών.

- Επιλέχθηκαν γυναίκες που δήλωσαν ότι δεν ασκούνταν συστηματικά και ήταν μη καπνίστριες. Επίσης, δεν κατανάλωναν περισσότερο από δυο ποτήρια αλκοολούχου ποτού την εβδομάδα.
- Αποκλείστηκαν από την έρευνα γυναίκες που απουσίαζαν σε πέντε συνεδρίες.

Θεωρητικοί και λειτουργικοί ορισμοί

Αλκαλική φωσφατάση (Alkaline phosphates-ALP): Ένζυμο που βρίσκεται στο εσωτερικό των ενεργών οστεοβλαστών και απεκκρίνεται από αυτές. Ο ακριβής της ρόλος δεν έχει διευκρινιστεί· πιθανολογείται ότι συμμετέχει στη μετάλλωση του οστού. Ανάλογα με τη θέση παραγωγής διακρίνονται τέσσερις ομάδες ισοοενζύμων αλκαλικής φωσφατάσης: εντερική, ηπατική, νεφρική, οστική. Προσδιορίζεται με αυτοανασυμπίεση σε δείγμα ορού και χρησιμοποιείται ως δείκτης οστικής ανακατασκευής.

Αμινοτελικά διασταυρούμενα πεπτιδικά κολλαγόνου (NTx-crosslink): Σύνδεσμος πυριδολίνης στο αμινοτελικό πεπτιδικό άκρο που συνδέει άλφα-1 αλυσίδες με άλφα-2 αλυσίδες, χρησιμοποιείται ως δείκτης οστικής απορρόφησης.

Αμινο-τελοπεπτιδικά και καρβοξυ-τελοπεπτιδικά (PICP's): Τα μη ελικοειδή τμήματα του προκολλαγόνου τύπου I στα αμινικά και καρβοξυτελικά άκρα του, τα οποία ονομάζονται Αμινο-τελοπεπτιδικά προκολλαγόνου τύπου I (amino-terminal propeptides of type I collagen, PINP) και Καρβοξυ-τελοπεπτιδικά προκολλαγόνου τύπου I (carboxy-terminal propeptides of type I collagen, PICP), χρησιμοποιούνται ως δείκτες οστικού σχηματισμού.

Ανόργανο τμήμα οστού: Το ανόργανο τμήμα αποτελεί τα 2/3 του οστίτη ιστού και περιλαμβάνει κυρίως κρυστάλλους υδροξυαπατίτη που αποτελούνται κυρίως από άλατα ασβεστίου και φωσφόρου ($\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$).

Ασβέστιο (Ca): Το ασβέστιο αποτελεί το 80-90% του ανόργανου τμήματος ενός οστού. Η ποσότητα του ασβεστίου φθάνει περίπου τα 1000gr σε ενήλικα μέσου βάρους. Τα 10gr ασβεστίου που βρίσκονται στον ορό του αίματος το 50% είναι συνδεδεμένο με τη μορφή φωσφορικών ή κιτρικών αλάτων και το υπόλοιπο 50% είναι με τη μορφή ελεύθερων ιόντων (Ca^{++}). Συμμετέχει κυρίως στην κατασκευή των οστών, τη νευρομυϊκή

διεγερσιμότητα, τη πηκτικότητα του αίματος, την ακεραιότητα των μεμβρανών των κυττάρων (Συμεωνίδης, 1997).

Ασβέστιο/Κρεατινίνη ούρων 2ώρου (Ca/Cr): Η μέτρηση του ασβεστίου ούρων με ταυτόχρονη μέτρηση της κρεατινίνης στα ούρα έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως. Είναι ο φθηνότερος βιοχημικός δείκτης οστικού ανασχηματισμού, έχει προταθεί ως διαγνωστικός δείκτης ταχείας οστικής εναλλαγής, όμως είναι χαμηλής ευαισθησίας και στερείται εξειδίκευσης.

Basic Multicellular units (BMU): Βασικές πολυκυτταρικές μονάδες, αυτόνομες οστικές δομικές μονάδες, όπου επιτελείται κάθε κύκλος οστικής ανακατασκευής.

Βιταμίνη D: Λαμβάνεται με την τροφή ως βιταμίνη D₂ ή δημιουργείται στο δέρμα από την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλιακού φωτός. Διευκολύνει την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο, αυξάνει την επαναπορρόφηση του ασβεστίου από τους νεφρούς και συμβάλλει μαζί με την παραθορμόνη στην επασβέστωση του οστεοειδούς και τη διατήρηση σταθερού επιπέδου ιονισμένου ασβεστίου στο εξωκυττάριο υγρό.

Γλυκοσίδια της υδροξυλυσίνης: Η απέκκριση γλυκοσιδίων της υδροξυλυσίνης στα ούρα αντανακλούν το μεταβολισμό του κολλαγόνου περισσότερο ακόμη από την υδροξυπρολίνη.

Δεσμός δεοξυπυριδολίνης (DPD-crosslinks): Μια παραλλαγή του δεσμού πυριδολίνης είναι ο δεσμός δεοξυπυριδολίνης από τη συνένωση δυο μορίων υδροξυλυσίνης και ενός μορίου λυσίνης.

Δεσμός πυριδολίνης (PYD-crosslinks): Οι αλυσίδες τριών διαφορετικών μορίων τροποκολλαγόνου συνενώνονται, σχηματίζοντας ένα δακτύλιο πυριδίνης με αποτέλεσμα τη δημιουργία των δεσμών πυριδολίνης που συνδέουν τρία διαφορετικά μόρια τροποκολλαγόνου.

Διαγνωστικό κριτήριο οστεοπενίας: Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO 1994), διαγνωστικό κριτήριο οστεοπενίας αποτελεί η ελάττωση της οστικής

πυκνότητας (B.M.D.) ή οστικής μάζας (B.M.C.) μεταξύ 1 και 2.5 σταθερών αποκλίσεων (SD) από τη μέση τιμή της κορυφαίας οστικής μάζας φυσιολογικών νεαρών γυναικών (Αντιστοιχία 1 SD με 10% BMD).

Διαγνωστικό κριτήριο οστεοπόρωσης: Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO 1994), διαγνωστικό κριτήριο οστεοπόρωσης αποτελεί η ελάττωση της οστικής πυκνότητας (B.M.D.) ή οστικής μάζας (B.M.C.) περισσότερο από 2.5 σταθερές αποκλίσεις (SD) από τη μέση τιμή της κορυφαίας οστικής μάζας φυσιολογικών νεαρών γυναικών (Αντιστοιχία 1 SD με 10% BMD).

Διάφυση: Το τμήμα του επιμήκους οστού κάτω από το επιφυσιακό πέταλο.

Δοκίδες ονομάζονται οι ίνες κολλαγόνου της μητρικής οστέινης ουσίας που είναι κατανομημένες σε στοιβάδες παράλληλες μεταξύ τους ή ομόκεντρες (Junqueira, Carneiro & Kelley, 1991).

Dual Energy X-ray Absortometry (D.E.X.A): μεταφράζεται ως η μέθοδος της απορροφησιμετρίας ακτίνων-X διπλής ενέργειας και είναι τεχνική μέτρησης της οστικής πυκνότητας μέσω ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (φωτόνια).

Εμμηνόπαυση: Η κυριότερη και πιο χαρακτηριστική εκδήλωση της κλιμακτηρίου είναι η οριστική διακοπή της εμμηνορρυσίας. Η εμμηνόπαυση αρχίζει τη στιγμή της τελευταίας φυσιολογικής αιμορραγίας από το ενδομήτριο, που αποδεικνύεται ως τελευταία εκ των υστέρων, εφ' όσον δεν παρατηρείται εμμηνορρυσία για διάστημα 6-12 μηνών (Παπανικολάου, 1986).

Επιτάχυνση της δόνησης ορίζει το μέγεθος της ταλάντωσης και εκφράζεται σε m/sec^2 ή σε επιτάχυνση βαρύτητας: $g = 9.81 m/sec^2$.

Επίφυση: Το τμήμα του επιμήκους οστού που βρίσκεται στα δυο άκρα του και καλύπτεται εν μέρει από τον αρθρικό χόνδρο.

Z-Score: Η σταθερή απόκλιση (SD) της οστικής πυκνότητας από τη μέση τιμή ατόμων της ίδιας ηλικίας.

Θεμέλια ουσία: Θεμέλια ουσία περιλαμβάνει κατά 95% κολλαγονικές πρωτεΐνες (γλυκίνη-προλίνη-οξυπρολίνη) και κατά 5% μη κολλαγονικές πρωτεΐνες, όπως οστεοκαλσίνη (ευαίσθητο δείκτη οστεοβλαστικής δραστηριότητας), οστεονεκτίνη, οστική πρωτεογλυκάνη.

Καλσιτονίνη (CT): Η καλσιτονίνη είναι ορμόνη που εκκρίνεται κυρίως από τα παραθυλακιάδη κύτταρα (c-cells) του θυροειδούς αδένου. Βιολογικά η καλσιτονίνη είναι ένα πολυπεπτιδίο αποτελούμενο από μία άλυσιο 32 αμινοξέων. Η αύξηση του επιπέδου του ασβεστίου στο αίμα αποτελεί ερέθισμα για έκκριση της καλσιτονίνης. Στα οστά δρα αναστέλλοντας την οστεόλυση, με την ελάττωση του αριθμού και της δραστηριότητας των οστεοκλαστών.

Καρβοξυτελικά διασταυρούμενα πεπτιδία κολλαγόνου (CTx-crosslink): Σύνδεσμος πυριδολίνης στο καρβοξυτελικό πεπτιδικό άκρο που συνδέει άλφα-1 αλυσίδες με άλφα-2 αλυσίδες

Κατάσταση ταχείας απώλειας (fast bone losers): Στην κατάσταση αυτή η οστική απώλεια είναι μεγαλύτερη από 3% ανά έτος· μικρότερη από 1.5% ανά έτος θεωρείται βραδεία και μεταξύ των 1.5% και 3.5%, ενδιάμεση.

Κλιμακτήριος: Το σύνολο των διαταραχών του ενδοκρινικού και αυτόνομου νευρικού συστήματος, που εμφανίζεται σε συνδυασμό με τη βαθμιαία παρακμή της ωοθηκικής λειτουργίας, κατά τη μεταβατική περίοδο από την αναπαραγωγική στη μετακλιμακτηριακή ηλικία. Η αρχή της ορίζεται με την πρώτη απόκλιση από τη φυσιολογική ωοθηκική λειτουργία ως τη στιγμή που η παραγωγή των οιστρογόνων έχει φτάσει στο χαμηλότερο σημείο, δύο έως οκτώ έτη μετά την εμμηνόπαυση (Καλογερόπουλος, 1996).

Κολλαγόνο: Το κύριο οργανικό συστατικό της θεμέλιας ουσίας το οποίο θεωρείται απαραίτητο για την μετάλλωση (ασβεστοποίηση). Από τους διάφορους τύπους κολλαγόνου, το κολλαγόνο τύπου I αποτελεί το 90-95% του οργανικού υποστρώματος και

είναι ετεροπολυμερές με τρεις α αλυσίδες (δύο α1 και μία α2 αλυσίδες) που σχηματίζουν μία έλικα (Αβραμίδης, 2001).

Μεσοκυττάρια ουσία ή οστική μητρική ουσία: Η μεσοκυττάρια ουσία αποτελείται από θεμέλια ουσία και από κρυστάλλους υδροξυαπατίτη που αποτελούνται κυρίως από άλατα ασβεστίου και φωσφόρου ($\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$).

Μετατόπιση της δόνησης είναι η έκταση της ταλάντωσης από τη θέση ισορροπίας και εκφράζεται σε χιλιοστά (mm).

Μετάφυση: Το τμήμα του επιμήκους οστού μεταξύ διάφυσης και επίφυσης.

Μετεμμηνοπαυσιακή φάση της κλιμακτηρίου: Το χρονικό διάστημα που έπεται της εμμηνόπαυσης και προηγείται της γεροντικής ηλικίας.

Μηχανική δόνηση είναι ταλαντευτικές κινήσεις που προκαλούνται με τη βοήθεια μηχανικού ερεθίσματος. Οι βιομηχανικοί παράγοντες που καθορίζουν την ένταση της δόνησης είναι η συχνότητα, η μετατόπιση και η επιτάχυνση της ταλάντωσης.

Οιστρογόνα, προγεστερόνη: στεροειδείς ορμόνες που σχετίζονται με την ανάπτυξη, την εξέλιξη και τη λειτουργία των γεννητικών οργάνων της γυναίκας και τη χαρακτηριστική διαμόρφωση του σώματός της.

Όξινη φωσφατάση ανθεκτική στο τρυγικό οξύ (TRAP): Το ισοένζυμο της όξινης φωσφατάσης που είναι ανθεκτικό στο τρυγικό οξύ είναι ιστοχημικός δείκτης της λειτουργικότητας των οστεοκλαστών, άρα και δείκτης οστικής απορρόφησης.

Οργανικό τμήμα οστού: Το οργανικό τμήμα αποτελεί το 1/3 του οστίτη ιστού και περιλαμβάνει τα κύτταρα (2%) και τη θεμέλια ουσία (98%).

Οστεοβλάστες: είναι οστεοπαραγωγικά κύτταρα που παράγουν τη θεμέλια ουσία. Διατάσσονται στην επιφάνεια του οστού και στις περιοχές παραγωγής του. Έχουν υποδοχείς για την παραθορμόνη, τη βιταμίνη D και τα στεροειδή. Η κυτταρική μεμβράνη

τους είναι πλούσια σε αλκαλική φωσφατάση. Οι οστεοβλάστες παγιδεύονται από το νεοσχηματισθέντα οστίτη ιστό, που σχηματίζεται γύρω τους, και μετατρέπονται σε οστεοκύτταρα (Stein, 1998).

Οστεοειδές ή οργανικό συστατικό είναι η μόλις σχηματισμένη μητρική ουσία, που δεν έχει ακόμα ασβεστοποιηθεί και βρίσκεται κοντά στους οστεοβλάστες (Junqueira et al., 1991).

Οστεοκαλσίνη (Bone Gla Protein BGP ή OC): Η κυριότερη μη κολλαγονική πρωτεΐνη της θεμέλιας ουσίας του οργανικού τμήματος του οστού. Συντίθεται από τους οστεοβλάστες. Η ακριβής λειτουργία της δεν είναι γνωστή πιθανολογείται ότι συμμετέχει στην ομοιοστασία του Ca, στη χημειοταξία και στη στρατολόγηση των μακροφάγων που είναι υπεύθυνα για την οστική απορρόφηση και δρα ανασταλτικά στη φυσιολογική μετάλλωση του οστού. Προσδιορίζεται ραδιοανοσολογικά σε δείγμα ορού και χρησιμοποιείται ως δείκτης οστικής ανακατασκευής.

Οστεοκλάστες: είναι γιγαντιαία πολυπύρρηνα κύτταρα χωρίς σταθερό σχήμα που εμφανίζονται όταν υπάρχει ερέθισμα για την καταστροφή οστού. Διαθέτουν υποδοχείς για την καλσιτονίνη και με την βοήθεια προεκβολών, μέσω της ενζυμικής υποδομής διαλύουν το οστόν με το οποίο έρχονται σε επαφή (Junquera et al., 1991).

Οστεοκύτταρα εμφανίζουν διάφορες εξελικτικές μορφές, βρίσκονται μέσα στις οστικές κοιλότητες και επικοινωνούν μεταξύ τους με αποφυάδες. Τα κύτταρα αυτά συμμετέχουν ενεργά στην ομοίωση του ασβεστίου, ενώ έχουν περιορισμένο ρόλο στην αποδόμηση και ανακατασκευή του οστού (Συμεωνίδης, 1996).

Οστεοπόρωση: Μεταβολικό νόσημα των οστών που χαρακτηρίζεται από ελάττωση της οστικής μάζας με σύγχρονη διατήρηση της αναλογίας οστικών αλάτων / κολλαγόνου και διαταραχή της αρχιτεκτονικής του οστίτη ιστού. Οδηγεί σε αυξημένη ευθραυστότητα του οστού και συνοδό αύξηση του κινδύνου καταγμάτων (ACSM'S Resource Manual, 1998). Η ιδιοπαθής οστεοπόρωση διακρίνεται σε δυο κλινικούς τύπους: την οστεοπόρωση τύπου Ι ή μετεμμηνοπαυσιακή οστεοπόρωση και την οστεοπόρωση τύπου ΙΙ ή γεροντική οστεοπόρωση.

Οστεοπόρωση τύπου I: Εμφανίζεται κατά τη μετεμμηνοπαυσιακή φάση και χαρακτηρίζεται από αυξημένη οστεοκλαστική δραστηριότητα με φυσιολογική οστεοβλαστική δράση. Προσβάλλει κατ' εξοχήν τα σπογγώδη οστά, δηλαδή τη σπονδυλική στήλη και τις μεταφύσεις των αυλοειδών οστών. Αυτό οδηγεί σε λέπτυνση και εξαφάνιση των οστεοδοκίδων των σπονδυλικών σωμάτων, με συνέπεια την καθίζηση τους (Λώλης, 1995).

Οστεοπόρωση τύπου II: Παρουσιάζεται σε άτομα μεγάλης ηλικίας και χαρακτηρίζεται από μειωμένη οστεοβλαστική δραστηριότητα με φυσιολογική οστεοκλαστική δράση. Η διαδικασία αυτή είναι βραδεία και διευκολύνεται περισσότερο στα φλοιώδη οστά (κυρίως οστά του περιφερικού σκελετού), τα οποία προοδευτικά γίνονται λεπτότερα και πορώδη (Λώλης, 1995).

Οστική πυκνότητα (Bone Mineral Density-BMD): Περιεκτικότητα οστικών αλάτων κατ' όγκο σε g/cm^3 υπολογίζεται με τη μέθοδο της ποσοτικής υπολογιστικής τομογραφίας (Q.C.T.) (Stein, 1998).

Οστική σιελοπρωτεΐνη (DSP): Γλυκοπρωτεΐνη, μη κολλαγονική πρωτεΐνη, ανευρίσκεται σε οστεοβλάστες όσο και οστεοκλάστες και είναι δραστική στην προσκόληση των οστικών δοκίδων.

Οστίτης ιστός: Ο οστίτης ιστός αποτελείται από ασβεστοποιημένη μεσοκυττάρια ουσία και από τρία διαφορετικά είδη κυττάρων, τους οστεοβλάστες, τα οστεοκύτταρα και τους οστεοκλάστες (Junquera et al., 1991).

Παραθορμόνη (PTH): Ορμόνη, που παράγεται από τα παραθυροειδή σωμάτια. Η κύρια δράση της συνίσταται στη διατήρηση του ιονισμένου ασβεστίου και φωσφόρου του αίματος σε σταθερά επίπεδα. Η παραγωγή της παραθορμόνης αυξάνεται, όταν το επίπεδο των ιόντων ασβεστίου στο εξωκυττάριο υγρό μειώνεται, ενώ ελαττώνεται όταν το επίπεδο των ιόντων ασβεστίου αυξάνεται.

Προεμμηνοπαυσιακή φάση της κλιμακτηρίου: Το χρονικό διάστημα διάρκειας 3-5 χρόνων πριν από την τελευταία έμμηνο ρύση, όπου παρουσιάζονται σε μεγάλο ποσοστό γυναικών

διαταραχές του εμμηνορρυσιακού κύκλου (μηνορραγία, αραιομηνόρροια ή ολιγομηνόρροια).

Quantitative Computed Tomography (QCT): μεταφράζεται ως ποσοτική υπολογιστική ή αξονική τομογραφία και είναι τεχνική μέτρησης της οστικής πυκνότητας στον αξονικό σκελετό και στο σκελετό των άκρων (πήχυ, κνήμη). Υπολογίζει την οστική πυκνότητα ξεχωριστά στον φλοιό και στο σπογγώδες οστόν ογκομετρικά σε gr/cm^3 .

Σύστημα Havers ή οστεώνας ονομάζεται το σύμπλεγμα των ομόκεντρων οστικών δοκίδων που περιβάλλουν έναν αγωγό, ο οποίος περιέχει αιμοφόρα αγγεία, νεύρα και χαλαρό συνδετικό ιστό, και τροφοδοτεί με θρεπτικές ουσίες το συμπαγή οστίτη ιστό.

Συχνότητα της δόνησης είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων ανά δευτερόλεπτο, με μονάδα μέτρησης το Hertz (Hz).

Τροποκολλαγόνο: Με την αποκοπή των αμινο-τελοπεπτιδίων και καρβοξυλο-πεπτιδίων σχηματίζεται το τροποκολλαγόνο, το μόριο του οποίου είναι ελικοειδές. Τα μόρια του τροποκολλαγόνου διατάσσονται το ένα δίπλα στο άλλο σχηματίζοντας τα ινίδια κολλαγόνου.

T-Score: Η σταθερή απόκλιση (SD) της οστικής πυκνότητας από τη μέση τιμή νέων υγιών ατόμων.

Υδροξυπρολίνη (Hyp): Είναι αμινοξύ που υπάρχει σχεδόν αποκλειστικά στο κολλαγόνο και αποτελεί προϊόν αποδόμησης του κολλαγόνου. Η απέκκριση του στα ούρα μπορεί να μετρηθεί και αντανακλά αυξημένη ανακύκλωση κολλαγόνου ανεξαρτήτως προέλευσης. Η υδροξυπρολίνη συσχετίζεται με την οστική απορρόφηση, αλλά η χρήση της ως δείκτης οστικής αποδόμησης είναι πλέον περιορισμένη, λόγω έλλειψης εξειδίκευσης.

Υδροξυπρολίνη/Κρεατινίνη ούρων 2ώρου (Hyp/Cr): Το κλάσμα υδροξυπρολίνης /κρεατινίνης σε πρωινό δείγμα ούρων νήστεως έχει προταθεί για διάγνωση αλλά και παρακολούθηση θεραπευτικής αγωγής οστεοπορωτικών συνδρόμων.

Υψηλή κρούση (high-impact): Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται με την επαφή του ανθρώπινου σώματος με το έδαφος και ξεπερνούν κατά 1.5 φορές το βάρος του σώματος. Κινήσεις υψηλής κρούσης είναι το επιτόπιο τρέξιμο (2.47 x ΣΒ), οι αναπηδήσεις στα δυο πόδια (3.39 x ΣΒ), η άρση γόνατος με αναπήδηση (2.79 x ΣΒ) (Grove & Londeree, 1992).

Φυσική κατάσταση: Προσδιορίζεται από το βαθμό ανάπτυξης των ικανοτήτων αντοχής, δύναμης, ευκαμψίας, όπου η ταχύτητα κατέχει πολύ περιορισμένο ρόλο, γιατί αφορά μαζικό αθλητισμό (Fleck & Kraemer, 2000).

Φώσφορος (P): Ο φώσφορος είναι το πιο σημαντικό στοιχείο του οργανισμού μετά το ασβέστιο που συμμετέχει στη φυσιολογική ανάπτυξη και λειτουργία του σκελετού. Ο οργανισμός ενός φυσιολογικού ενήλικα περιέχει περίπου 700-900 gr φωσφόρου από τα οποία το 80-85% βρίσκονται στο σκελετό και περίπου 10% στους μυς.

Χαμηλή κρούση (low-impact): Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται με την επαφή του ανθρώπινου σώματος με το έδαφος και είναι μικρότερες από 1.5 φορές του βάρους του σώματος. Κινήσεις χαμηλής κρούσης είναι το βάδισμα (1.49 x ΣΒ), το γρήγορο βάδισμα (1.49 x ΣΒ), η άρση γόνατος χωρίς αναπήδηση (1.34 x ΣΒ) (Grove & Londeree, 1992).

Ωοθυλακιοτρόπος ορμόνη (FSH): ορμόνη της υπόφυσης, που προάγει την αύξηση και την ωρίμανση των γονάδων. Στη γυναίκα προκαλεί τη μεγέθυνση και την ωρίμανση των ωοθηλακίων στην ωοθήκη, ενώ στον άνδρα προωθεί τη σπερματογένεση.

Ωχρινοτρόπος ορμόνη (LH): ορμόνη της υπόφυσης που διεγείρει τη βιοσύνθεση των ορμονών της ωοθήκης (οιστρογόνων και προγεστερόνης) και του όρχεως (τεστοστερόνης) και συμμετέχει ενεργά στον ωοθηκικό κύκλο της γυναίκας.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη εισαγωγή σχετική με τη σύσταση του οστού, τους τύπους του οστίτη ιστού και τον οστικό μεταβολισμό. Έπειτα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μελετών, που διερεύνησαν το ρόλο της άσκησης στο μεταβολισμό του οστού και καταγράφονται τα συμπεράσματά τους. Στη συνέχεια, γίνεται εκτενής αναφορά στις υπάρχουσες μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας σχετικά με την επίδραση της δόνησης στο μυοσκελετικό σύστημα και σε άλλες λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού. Επίσης, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα συγκριτικών μελετών που αφορούν προγράμματα συμβατικής και εναλλακτικής άσκησης.

Σύσταση οστού

Τα οστά επιτελούν βασικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού. Καταρχάς τα οστά σχηματίζουν τον ανθρώπινο σκελετό, στηρίζουν και προστατεύουν τα διάφορα όργανα. Επίσης, συμβάλλουν στην κίνηση του ανθρώπινου σώματος, στην αποθήκευση του ασβεστίου, φωσφόρου, μαγνησίου και καλίου. Ο οστίτης ιστός περικλείει το μυελό των οστών, όπου παράγονται τα κύτταρα του αίματος (Αβραμίδης, 2001; Συμεωνίδης, 1996). Οι πολύ σημαντικές λειτουργίες των οστών καθιστούν απαραίτητη τη μελέτη της σύστασης και του μεταβολισμού τους.

Ο οστίτης ιστός χαρακτηρίζεται και διαφοροποιείται από τον υπόλοιπο συνδετικό ιστό, από το εκτεταμένο εξωκυττάριο υπόστρωμα, το οποίο υφίσταται μετάλλωση. Ο οστίτης ιστός αποτελείται κατά το 1/3 του (35%) από οργανικό τμήμα και κατά τα 2/3 του (65%) από ανόργανο τμήμα. Το οργανικό τμήμα του οστίτη ιστού περιλαμβάνει τη θεμέλια ουσία (98%) και τα κύτταρα (2%) ενώ το ανόργανο τμήμα του αποτελείται, κυρίως, από κρυστάλλους υδροξυαπατίτη (Συμεωνίδης, 1996).

Ειδικότερα, η θεμέλια ουσία περιλαμβάνει κατά 95% κολλαγονικές πρωτεΐνες (γλυκίνη-προλίνη-οξυπρολίνη) και κατά 5% μη κολλαγονικές πρωτεΐνες, όπως την οστεοκαλσίνη, που είναι ευαίσθητος δείκτης οστεοβλαστικής δραστηριότητας, την οστεονεκτίνη και την οστική πρωτεογλυκάνη.

Επίσης, τα κύτταρα του οστίτη ιστού είναι οι οστεοβλάστες, τα οστεοκύτταρα και οι οστεοκλάστες (Junqueira, Carneiro & Kelley, 1991). Οι οστεοβλάστες είναι μικρά, κυβοειδή, μονοπύρρηνα, κύτταρα που παράγουν τη θεμέλια ουσία (Harada & Rodan, 2003) και διατάσσονται στην επιφάνεια του οστού και στις περιοχές παραγωγής του. Έχουν υποδοχείς για την παραθορμόνη, τη βιταμίνη D και τα στεροειδή. Η κυτταρική μεμβράνη τους είναι πλούσια σε αλκαλική φωσφατάση (ένας δείκτης σύνθεσης νέου οστού), που αυξάνεται στο αίμα, όταν υπάρχει έντονη οστεοβλαστική δραστηριότητα. Οι οστεοβλάστες παγιδεύονται από το νεοσχηματισθέντα οστίτη ιστό, που σχηματίζεται γύρω τους, και μετατρέπονται σε οστεοκύτταρα (Stein, 1998).

Τα οστεοκύτταρα είναι ανενεργοί οστεοβλάστες, που έχουν παγιδευτεί στην ασβεστοποιημένη θεμέλια ουσία. Τα οστεοκύτταρα εμφανίζουν διάφορες εξελικτικές μορφές, βρίσκονται σε κοιλότητες μεταξύ των δοκίδων της μητρικής ουσία και επικοινωνούν μεταξύ τους με αποφυάδες. Τα κύτταρα αυτά συμμετέχουν ενεργά στην ομοιόσταση του ασβεστίου, ενώ έχουν περιορισμένο ρόλο στην αποδόμηση και ανακατασκευή του οστού (Συμεωνίδης, 1996).

Οι οστεοκλάστες είναι γιγαντιαία πολυπύρρηνα κύτταρα, χωρίς σταθερό σχήμα που εμφανίζονται όταν υπάρχει ερέθισμα για την καταστροφή οστού. Διαθέτουν υποδοχείς για την καλσιτονίνη και με την βοήθεια προεκβολών μέσω της ενζυμικής υποδομής διαλύουν το οστόν με το οποίο έρχονται σε επαφή (Bruzzaniti & Baron 2006; Junqueira et al., 1991).

Το ανόργανο τμήμα του οστού αποτελείται κυρίως από κρυστάλλους υδροξυαπατίτη, ($\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$). Το στοιχείο αυτό αρχικά εναποτίθεται πάνω στο οργανικό υπόστρωμα του οστού με τη μορφή αλάτων φωσφορικού ασβεστίου που στη συνέχεια μεταβάλλονται σε κρυστάλλους υδροξυαπατίτη. Το φωσφορικό ασβέστιο είναι το κύριο ανόργανο συστατικό του οστού (80-90%), ενώ υπάρχουν σε μικρότερη αναλογία και άλατα ανθρακικού ασβεστίου (8-10%), φωσφορικού μαγνησίου (1-2%), φθωριούχου και χλωριούχου ασβεστίου καθώς και αλκαλικά άλατα (Συμεωνίδης, 1996).

Η ένωση του υδραξυαπατίτη με τις ίνες κολλαγόνου δημιουργούν την ασβεστοποιημένη μεσοκυττάρια ουσία ή μητρική οστέινη ουσία, που είναι υπεύθυνη για τη σκληρότητα και την αντίσταση του οστού (Αβραμίδης, 2001). Οι ίνες κολλαγόνου της μητρικής οστέινης ουσίας είναι κατανεμημένες σε στοιβάδες παράλληλες μεταξύ τους ή ομόκεντρες και ονομάζονται δοκίδες. Η σύσταση του οστού παραμένει ίδια και στους δύο διαφορετικούς τύπους οστίτη ιστού.

Τύποι οστίτη ιστού

Ο οστίτης ιστός χωρίζεται σε δυο κυρίως τύπους, το συμπαγές ή φλοιώδες οστόν (cortical bone) και το σπογγώδες ή δοκιδωτό οστόν (trabecular bone).

Ο περιφερικός σκελετός αποτελεί το 80% της σκελετικής μάζας και συνίσταται, κυρίως, από συμπαγές οστόν. Το συμπαγές οστόν διακρίνεται για τη μεγάλη ικανότητα αντίστασης σε δυνάμεις συμπιεστικές και κάμψης, όπου εξασφαλίζουν με επιτυχία τη δομική υποστήριξη στο σώμα, την κυριότερη αποστολή του περιφερικού σκελετού. Ο συντελεστής ελαστικότητας του συμπαγούς οστού είναι υψηλός και η σκληρότητά του χαρακτηριστική (σχεδόν διπλάσια από αυτή του δρύινου ξύλου) (Αβραμίδης, 2001). Επίσης, το συμπαγές οστόν τροφοδοτείται με θρεπτικές ουσίες μέσω των συστημάτων Havers.

Σύστημα του Havers ή οστεώνας ονομάζεται το σύμπλεγμα των ομόκεντρων οστικών δοκίδων που περιβάλλουν έναν αγωγό, που περιέχει αιμοφόρα αγγεία, νεύρα και χαλαρό συνδετικό ιστό. Οι σωλήνες του Havers επικοινωνούν μεταξύ τους, με τη μωλετική κοιλότητα (Junqueira & Carneiro, 2004).

Ο κεντρικός σκελετός του ανθρώπου αποτελείται κατά το 80% του όγκου του από δοκιδωτό οστόν, που χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό πορώδους υφής. Οι πόροι αυτού του οστικού τύπου περιέχουν ποικίλα κλάσματα ερυθρού μυελού των οστών, από τα οποία σχηματίζονται τα κύτταρα του αίματος και ωχρού μυελού, που σχηματίζεται κυρίως από κύτταρα του λιπώδους ιστού (Μπατρινός, 1999). Τα δοκιδωτά οστά τροφοδοτούνται με θρεπτικές ουσίες από τα αιμοφόρα αγγεία, που το περιβάλλουν, και διακρίνονται για την απουσία των συστημάτων Havers. Στα μακρά οστά οι επιφύσεις αποτελούνται από δοκιδωτό οστίτη ιστό και καλύπτονται από μια λεπτή στοιβάδα συμπαγούς οστού ενώ η διάφυση είναι σχεδόν ολοκληρωτικά από συμπαγές οστόν (Junqueira & Carneiro, 2004).

Υπολογίζεται ότι το 25% του δοκιδωτού οστού και 3% του φλοιώδους οστού απορροφώνται και αντικαθίστανται κάθε χρόνο στον ανθρώπινο σκελετό. Το δοκιδωτό οστόν είναι πιο ενεργό μεταβολικά, με τη φάση της αποδόμησης να διαρκεί 3-6 εβδομάδες και τη φάση οστικής παραγωγής 2-3 μήνες, ενώ τα αντίστοιχα διαστήματα για το συμπαγές οστόν είναι 6-10 εβδομάδες και 4-5 μήνες (Αβραμίδης, 2001). Ο ταχύτερος ρυθμός ανακατασκευής των δοκιδωτών οστών έχει ως επακόλουθο να ανταποκρίνεται ταχύτερα σε παράγοντες ή νοσήματα που το επηρεάζουν αρνητικά. Έτσι, στα δοκιδωτά οστά εμφανίζεται συχνότερα η οστεοπόρωση, με κύριο εκπρόσωπο τα σπονδυλικά

σώματα. Συμπερασματικά, οι διαφορετικοί τύποι οστίτη ιστού διαφοροποιούνται ως προς τις μηχανικές τους ιδιότητες αλλά και ως προς τη χρονική διάρκεια ανακατασκευής.

Διαδικασία οστικής ανακατασκευής

Η ανακατασκευή (remodeling) των οστών συνίσταται στη διάλυση του οστού με οστεοκλαστικές διεργασίες και ταυτόχρονα με τη σύνθεση νέου από τους οστεοβλάστες (Γκίμπα-Τζιαμπήρη, 2001; Smith & Tommerup, 1995). Οι δύο λειτουργίες παρατηρούνται σε σύζευξη (coupling) και με την ίδια πάντοτε σειρά, έτσι ώστε η απορρόφηση να προηγείται του οστικού σχηματισμού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ο ρυθμός της οστικής ανακατασκευής να καθορίζεται από την οστεοκλαστική δραστηριότητα.

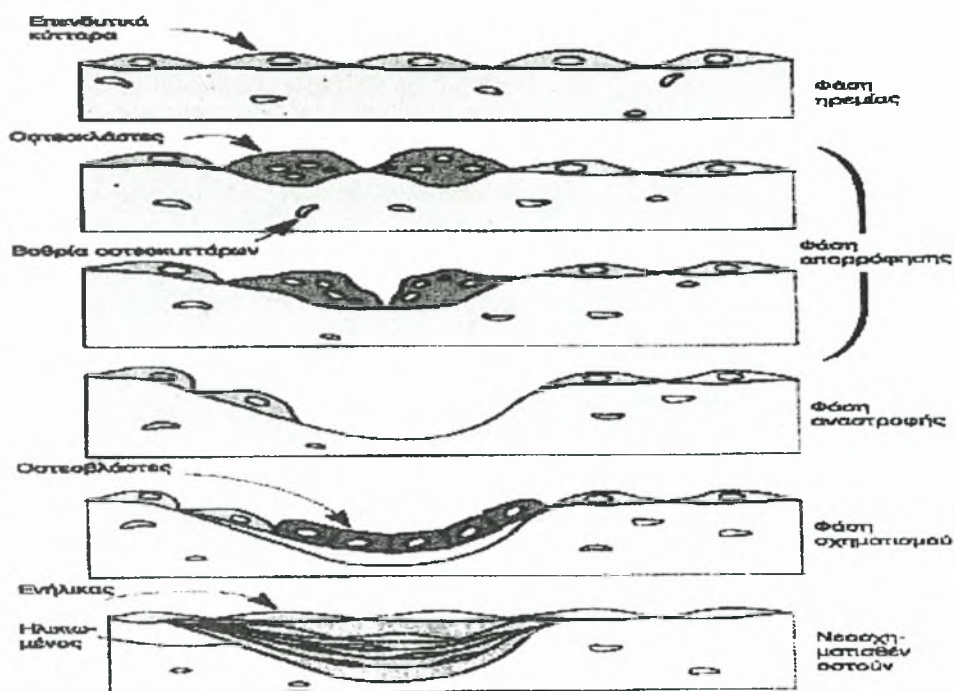
Κάθε κύκλος οστικής ανακατασκευής αποτελείται από τις εξής πέντε φάσεις (Εικόνα 2.1.), που επιτελούνται σε αυτόνομες οστικές δομικές μονάδες και ονομάζονται βασικές πολυκυτταρικές μονάδες (Basic Multicellular units, BMU) (Αβραμίδης, 2001). Συγκεκριμένα:

1. Φάση ηρεμίας (quiescent phase): Η οστική δομική μονάδα παραμένει ανενεργός και η επιφάνειά της επιστρώνεται από επίσης ανενεργά κύτταρα.
2. Φάση ενεργοποίησης (activation phase): Μια σειρά από ενεργοποιητές των οστεοκλαστών, όπως οι κυτοκίνες και κυρίως η ιντερλευκίνη 6 (IL-6), κινητοποιούν τους προ-οστεοκλάστες, που συστήνονται και σχηματίζουν ενεργούς πολυπύρηνους οστεοκλάστες.
3. Φάση οστικής απορρόφησης (resorption phase): Οι ενεργοποιημένοι οστεοκλάστες αποδομούν την οστική δομική μονάδα και κυρίως τη θεμέλια ουσία.
4. Φάση κυτταρικής αναστροφής (reversal phase): Η αναστροφή έγκειται στην προοδευτική εξαφάνιση των οστεοκλαστών και την αντικατάστασή τους από οστεοβλάστες. Η διαδικασία αυτή είναι αποτέλεσμα αντίστοιχης ελάττωσης των ουσιών, που ενεργοποιούν τους οστεοκλάστες (κυτοκίνες, κυρίως IL-6), και αύξησης των ουσιών που ενεργοποιούν τους οστεοβλάστες (αυξητικοί παράγοντες).
5. Φάση οστικής παραγωγής (formation phase): Οι οστεοβλάστες γεμίζουν με οστεοειδές (μη ασβεστοποιημένο οστίτη ιστό) τα κενά που δημιουργήθηκαν στη φάση της οστικής απορρόφησης.

Ακολουθεί η μετάλλωση, που επαναφέρει το οστόν στην αρχική του κατάσταση, στη φάση ηρεμίας. Ο κύκλος της οστικής ανακατασκευής συμπληρώνεται στις οκτώ εβδομάδες, αν και η πλήρης μετάλλωση (ασβεστοποίηση) ολοκληρώνεται μετά από τρεις

έως έξι μήνες. Η οστική ανακατασκευή στηρίζεται στην ισορροπημένη συνεργασία των οστεοβλαστών με τους οστεοκλάστες. Η συνεργασία αυτή, όπως αναφέρθηκε παραπάνω ονομάζεται σύζευξη (coupling) (Αβραμίδης, 2001).

Κατά τη φάση ανάπτυξης του ατόμου, υπερτερεί η οστεοσύνθεση, ώσπου να φθάσει την κορυφαία οστική μάζα (peak bone mass) περίπου στην ηλικία των 35 ετών. Μετά την τέταρτη δεκαετία, το ισοζύγιο των πιο πάνω διεργασιών αρχίζει να γίνεται αρνητικό, με αποτέλεσμα η οστική αποδόμηση να υπερτερεί της αναδόμησης (Μπατρινός, 1999). Η ηλικιοεξαρτώμενη αύξηση της οστικής απώλειας επιτείνεται λόγω ύπαρξης παραγόντων που επηρεάζουν το μεταβολισμό του οστού, όπως ανεπάρκεια και διαταραχές ορμονών, χαμηλή διαιτητική πρόσληψη Ca και βιταμίνης D, μείωση φυσικής δραστηριότητας, η σημασία των οποίων θα αναφερθεί παρακάτω αναλυτικά.



Εικόνα 2.1. Διαδικασία οστικής ανακατασκευής (Avioli, 2000).

Παράγοντες που επηρεάζουν το μεταβολισμό του οστού

Τα οστά έχουν πλούσια αιμάτωση και δε βρίσκονται ποτέ σε μεταβολική αδράνεια. Σε όλη τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου, υφίστανται συνεχώς ένα είδος αποδόμησης και αναδόμησης, για να συμβάλλουν στην ομοιοστασία του ασβεστίου και για να προσαρμοστούν σε καινούριες μηχανικές συνθήκες που δημιουργούνται με την πάροδο του χρόνου (Συμεωνίδης, 1996).

Το οστόν είναι ένας δυναμικός ιστός, του οποίου η λειτουργική μάζα ελέγχεται από την ισορροπία διατροφικών, ορμονικών και μηχανικών ερεθισμάτων. Οι διατροφικοί παράγοντες είναι απαραίτητοι στη σύνθεση του οργανικού υποστρώματος (λευκώματα, βιταμίνες Α και C) και την οστεοποίηση του (Ca, P και βιταμίνη D). Οι ορμονικοί παράγοντες, όπως η αυξητική ορμόνη, η παραθορμόνη, η καλσιτονίνη, οι ορμόνες των γεννητικών αδένων (ανδρογόνα, οιστρογόνα), τα γλυκοκορτικοειδή και η θυροξίνη, ρυθμίζουν την οστική παραγωγή. Τα μηχανικά ερεθίσματα (συστολή μυών - κίνηση - βαρύτητα) είναι απαραίτητα στην οστική διαμόρφωση και διάταξη (οστεοσύνθεση).

Συγκεκριμένα, ο σκελετός περιέχει το 99% του ολικού ασβεστίου του σώματος ενώ το υπόλοιπο 1% βρίσκεται στο αίμα. Το ασβέστιο, εκτός από τη συμμετοχή του στην κατασκευή των οστών, είναι απαραίτητο και σε άλλες λειτουργίες, όπως τη νευρομυϊκή διεγερσιμότητα, την πήκτικότητα του αίματος, την ακεραιότητα των μεμβρανών των κυττάρων. Έχει αποδειχθεί ότι το 1/5 του ασβεστίου των οστών μεταβολίζεται κάθε χρόνο χωρίς να γίνεται μακροσκοπικά αντιληπτό (Συμεωνίδης, 1996). Η απορρόφηση του ασβεστίου, που προσλαμβάνεται με τις τροφές γίνεται στις πρώτες μοίρες του λεπτού εντέρου. Στη συνέχεια, χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση της ισορροπίας στο αίμα και μετέπειτα αποθηκεύεται στα οστά. Μια μεγάλη ποσότητα, ύστερα από ενεργοποίηση ορμονικών ερεθισμάτων, διηθείται στους νεφρούς, όπου είτε επαναρροφάται από τα ουροφόρα σωληνάρια είτε αποβάλλεται από αυτά (Junqueira & Carneiro, 2004).

Η βιταμίνη D, που δημιουργείται στο δέρμα με την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλιακού φωτός και από την πρόσληψη τροφής, διευκολύνει την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο. Επίσης, σε συνεργασία με την παραθορμόνη που παράγεται από τους παραθυρεοειδείς αδένες ενεργοποιεί τους οστεοκλάστες και με την οστεόλυση γίνεται ελευθέρωση ασβεστίου και φωσφόρου στο εξωκυττάριο υγρό. Στη συνέχεια, συμβάλλουν στην επαναπορρόφηση του ασβεστίου από τα νεφρικά σωληνάρια και κατά συνέπεια ελαττώνει την απώλεια του ασβεστίου δια των ούρων. Επομένως, η

κύρια δράση της παραθορμόνης συνίσταται στη διατήρηση του ιονισμένου ασβεστίου και του φωσφόρου του αίματος σε σταθερά επίπεδα (Γκίμπα-Τζιαμπίρη, 2001).

Το επίπεδο του ιονισμένου ασβεστίου στο εξωκυττάριο υγρό αποτελεί το κύριο ερέθισμα για την έκκριση της παραθορμόνης. Όταν το επίπεδο των ιόντων ασβεστίου πέφτει, αυξάνεται η παραγωγή της παραθορμόνης, ενώ όταν το ιονισμένο ασβέστιο αυξάνεται πάνω από τα φυσιολογικά επίπεδα, η έκκριση της παραθορμόνης ελαττώνεται (Συμεωνίδης, 1996). Τα επίπεδα της παραθορμόνης αυξάνονται βαθμιαία με την πάροδο της ηλικίας, με αποτέλεσμα την έντονη οστική απώλεια. Η ηλικιοεξααρτώμενη αύξηση της παραθορμόνης οφείλεται, αρχικά, στη μειωμένη πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D μέσω της τροφής, καθώς επίσης σε μειωμένη έκθεση στο ηλιακό φως. Ο ρυθμός της οστικής απώλειας σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οιστρογονική ανεπάρκεια είναι επίσης μεγαλύτερος σε εκείνες με χαμηλή διαιτητική πρόσληψη ασβεστίου και υψηλά επίπεδα παραθορμόνης (Avioli, 1997).

Αντίθετη δράση με αυτήν της βιταμίνης D και της ΡΤΗ έχει η καλσιτονίνη που καταστέλλει τη λειτουργία των οστεοκλαστών. Η καλσιτονίνη παράγεται από τα κύτταρα C του θυροειδούς αδένου. Η αύξηση του επιπέδου του ασβεστίου στο αίμα αποτελεί ερέθισμα για έκκριση της καλσιτονίνης. Στα οστά η καλσιτονίνη δρα αναστέλλοντας την οστεόλυση, με την ελάττωση του αριθμού και της δραστηριοποίησης των οστεοκλαστών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του ιονισμένου ασβεστίου στο αίμα και την παροδική υπεροχή της αναδόμησης του οστού σε σχέση με την αποδόμηση (Συμεωνίδης, 1996). Τα επίπεδα της καλσιτονίνης στο αίμα είναι χαμηλότερα στις γυναίκες σε σχέση με τους άνδρες και μειωμένα σε μετεμμηνοπαυσιακές οστεοπορωτικές γυναίκες.

Επίσης, τα οιστρογόνα έχουν ισχυρή αντιοστεκλαστική δράση, καθώς μειώνουν τις οστεοκλάστες, αυξάνοντας την απόπτωση των οστεοκλαστών και μειώνοντας την ικανότητα της ΡΤΗ να διεγείρει τις οστεοκλάστες. Επιπρόσθετα, υπάρχουν ενδείξεις ότι τα οιστρογόνα, ταυτόχρονα, διεγείρουν τους οστεοβλάστες για την παραγωγή οστίτη ιστού. Από την άλλη μεριά, τα ανδρογόνα έχουν κυρίως αναβολική δράση (Apley & Solomon, 1998).

Η αυξητική ορμόνη παράγεται στην υπόφυση και διεγείρει τη συνολική ανάπτυξη των μακρών οστών αλλά πιο ειδικά των επιφυσιικών χόνδρων. Κατά συνέπεια, η έλλειψη αυξητικής ορμόνης κατά το διάστημα της ανάπτυξης προκαλεί υποφυσιακό νανισμό και η υπερέκκρισή της γιγαντισμό (Γκίμπα-Τζιαμπίρη, 2001).

Οι θυρεοειδικές ορμόνες επιταχύνουν τον οστικό μεταβολισμό. Η θυροξίνη ενεργοποιεί και αυξάνει τον αριθμό των οστεοκλαστών, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση ασβεστίου (Junqueira et al., 1991). Γι' αυτό το λόγο, τα άτομα που πάσχουν από υπερθυροειδισμό κινδυνεύουν από οστεοπόρωση.

Τέλος, η κορτιζόνη ή τα κορτικοειδή είναι χημικές στεροειδείς ουσίες, που παράγονται στα επινεφρίδια ή χορηγούνται στα πλαίσια θεραπευτικής αγωγής και η χρόνια λήψη τους μπορεί να προκαλέσει ελάττωση της οστικής πυκνότητας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι επηρεάζουν όλους τους μηχανισμούς ρύθμισης του ασβεστίου. Συγκεκριμένα, διεγείρουν άμεσα την παραθορμόνη με συνέπεια να αυξάνουν την οστική απορρόφηση και να καταστέλλουν την οστεοβλαστική δραστηριότητα. Επίσης, ελαττώνουν την εντερική απορρόφηση του ασβεστίου και προκαλούν ασβεστιουρία (Αβραμίδης, 2001).

Εκτός, λοιπόν, από τους διατροφικούς και ορμονικούς παράγοντες που επηρεάζουν το μεταβολισμό του οστού, περιλαμβάνονται και οι μηχανικοί που είναι εξίσου σημαντικοί, καθώς κάθε άτομο έχει τόσο οστών, όσο χρειάζεται για τις μηχανικές φορτίσεις που εφαρμόζονται σε αυτό. Η κύρια αποστολή των οστών είναι να είναι ανθεκτικά, ώστε να αντιστέκονται σε όλες τις εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά. Για την εκπλήρωση αυτών των απαιτήσεων τα οστά προσαρμόζονται στις μηχανικές φορτίσεις, που ασκούνται πάνω τους (νόμος του Wolff) με μεταβολή της ποσότητας και της ποιότητάς τους (Πουρνάρας, 2009).

Η ανταπόκριση του οστού στα μηχανικά φορτία που ασκούνται, ρυθμίζεται από ειδικό «μηχανοστάτη», που είναι υπεύθυνος για την οστεοβλαστική και οστεοκλαστική λειτουργία. Αν και άμεση πειραματική απόδειξη της ύπαρξής του δεν υπάρχει ακόμη, τα διαθέσιμα δεδομένα συνηγορούν στην ύπαρξη ενός μηχανισμού, που αντιλαμβάνεται τις παραμορφώσεις τις οποίες δέχεται το οστών και ανάλογα καθορίζει τη μάζα και την αρχιτεκτονική του (Frost, 1987). Όταν οι πιέσεις υπερβαίνουν το ανώτερο όριο του μηχανοστάτη, τότε παράγονται σήματα που κινητοποιούν τους οστεοβλάστες και παράγουν περισσότερο οστό, ενώ όταν είναι χαμηλότερες από το κατώτερο όριο τότε κινητοποιούνται οι οστεοκλάστες, που αποδομούν οστών (Αβραμίδης, 2001).

Επομένως, η ύπαρξη ενός φυσιολογικού ορμονικού περιβάλλοντος, η διαθεσιμότητα των απαραίτητων διατροφικών στοιχείων και η κατάλληλη μηχανική φόρτιση του σκελετού είναι αναγκαία, ώστε κάθε άτομο να μπορέσει να αναπτύξει πλήρως το γενετικά προκαθορισμένο σκελετό του. Οποιαδήποτε διαταραχή των παραπάνω παραγόντων μπορεί

να επηρεάσει ποιοτικά και ποσοτικά το οστόν με αποτέλεσμα την εκδήλωση οστικών νόσων.

Οστεοπόρωση-ορισμός

Το συχνότερο μεταβολικό νόσημα των οστών είναι η οστεοπόρωση, που χαρακτηρίζεται από ελάττωση της οστικής μάζας με σύγχρονη διατήρηση της αναλογίας οστικών αλάτων / κολλαγόνου και διαταραχή της αρχιτεκτονικής του οστίτη ιστού. Η οστεοπόρωση οδηγεί σε αυξημένη ευθραυστότητα του οστού και συνοδό αύξηση του κινδύνου καταγμάτων (ACSM'S Resource Manual 1998).

Η οστεοπόρωση διακρίνεται σε πρωτοπαθή και δευτεροπαθή. Η πρωτοπαθής ή ιδιοπαθής οστεοπόρωση εμφανίζεται με δύο κλινικούς τύπους, που παλαιότερα χαρακτηριζόταν ως μετεμμηνοπαυσιακή και γεροντική οστεοπόρωση. Σήμερα προτιμούνται οι όροι οστεοπόρωση τύπου I και τύπου II, αντίστοιχα. Δευτεροπαθής οστεοπόρωση ορίζεται η μείωση της οστικής μάζας που προκαλείται από φάρμακα και συγκεκριμένες κλινικές διαταραχές όπως τη θυρεοτοξίκωση και την υπερκορτιζολαιμία (Ηλιάδου, Τσαμέτρης, Γούλης, Παπαδήμας & Μπόντης, 2007).

Η οστεοπόρωση τύπου I εμφανίζεται κατά τη μετεμμηνοπαυσιακή φάση και χαρακτηρίζεται από αυξημένη οστεοκλαστική δραστηριότητα με φυσιολογική οστεοβλαστική δράση. Στα πρώτα, τρία με τέσσερα μετεμμηνοπαυσιακά έτη, η απώλεια οστικής μάζας υπολογίζεται σε 2-2.5% ανά έτος, ποσοστό που μειώνεται στο 0.7% κατά τα επόμενα έτη. Προσβάλλει κατ' εξοχήν τα σπογγώδη οστά, δηλαδή τη σπονδυλική στήλη και τις μεταφύσεις των αυλοειδών οστών. Αυτό οδηγεί σε λέπτυνση και εξαφάνιση των οστεοδοκίδων των σπονδυλικών σωμάτων, με συνέπεια την καθίζησή τους (Λώλης, 1995).

Η οστεοπόρωση τύπου II παρουσιάζεται σε άτομα μεγάλης ηλικίας και χαρακτηρίζεται από μειωμένη οστεοβλαστική δραστηριότητα με φυσιολογική οστεοκλαστική δράση. Η διαδικασία αυτή είναι βραδεία και διευκολύνεται περισσότερο στα φλοιώδη οστά (κυρίως οστά του περιφερικού σκελετού), τα οποία προοδευτικά γίνονται λεπτότερα και πορώδη (Λώλης, 1995).

Γενικότερα, η οστεοπόρωση τύπου I θεωρείται κατάσταση ταχείας απώλειας οστού και η οστεοπόρωση τύπου II κατάσταση βραδείας απώλειας οστού χωρίς να την καθιστά ακίνδυνη, καθώς τα οστά υφίστανται τις ίδιες ιστολογικές αλλοιώσεις, ύστερα από τη διαρκή καταπόνηση των οστεοδοκίδων που δεν αντικαθίστανται. Επομένως, η χαμηλή

οστική πυκνότητα, που προκαλείται και στους δύο τύπους οστεοπόρωσης προκύπτει από μακροχρόνιο αρνητικό ισοζύγιο οστού με διαφορετική παθογένειά.

Παθογένεια οστεοπόρωσης

Στην οστεοπόρωση τύπου I, προκαλείται αρνητικό ισοζύγιο οστού, καθώς οι οστεοκλάστες αποδομούν αυξημένη ποσότητα οστού, μεγαλύτερη από αυτή που μπορούν να καλύψουν οι οστεοβλάστες. Σε ορμονικό επίπεδο, η έλλειψη οιστρογόνων που χαρακτηρίζει τις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες και συγκεκριμένα η έλλειψη της 17β-οιστραδιόλης, συμβάλλει στη διέγερση της οστεοκλαστικής δράσης και πιθανόν την καταστολή της οστεοβλαστικής (Ηλιάδου και συν., 2007). Επίσης, η έλλειψη της 17β-οιστραδιόλης οδηγεί σε υπασβεστιαμία, καθώς το εντερικό επιθήλιο διαθέτει υποδοχείς 17β-οιστραδιόλης, όπου μία από τις δράσεις του είναι η αύξηση της απορρόφησης του ασβεστίου. Σε επίπεδο των τοπικών ρυθμιστικών παραγόντων, η έλλειψη οιστραδιόλης αυξάνει τα επίπεδα κυτοκίνων, ιντερλευκίνης 1 (IL-1) και ιντερλευκίνης 6 (IL-6), που οδηγούν σε οστεοκλαστογένεση.

Στην οστεοπόρωση τύπου II, οι οστεοκλάστες αποδομούν φυσιολογική ποσότητα οστού αλλά οι οστεοβλάστες των ηλικιωμένων ατόμων παράγουν οστούν μικρότερου πάχους από το φυσιολογικό, με αποτέλεσμα την ανεπαρκή κάλυψη των κοιλοτήτων που δημιουργήσαν οι οστεοκλάστες. Σε ορμονικό επίπεδο, η προχωρημένη ηλικία χαρακτηρίζεται από ελαττωμένη σύνθεση βιταμίνης $1.25(\text{OH})_2\text{D}_3$, λόγω ανεπάρκειας της 1α-υδροξυλάσης, και από ελαττωμένη εντερική απορρόφηση ασβεστίου και βιταμίνης D, γεγονός που οδηγεί σε ήπια υπασβεστιαμία και αντιροπιακή αύξηση της παραθορμόνης. Τελικά η αυξημένη παραθορμόνη διεγείρει την οστική αναπαραγωγή, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη οστεοπόρωσης (Ηλιάδου και συν., 2007; Raisz, 1999).

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό ότι η οστεοπόρωση τύπου I και II έχουν διαφορετική παθογένεια και κάποιες κοινές ιδιότητες. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά τύπων οστεοπόρωσης:

	Οστεοπόρωση τύπου I	Οστεοπόρωση τύπου II
Παθολογική φυσιολογία		
Αιτιολογία	Εμμηνόπαυση	Γήρας Δευτεροπαθής υπερπαραθυροειδισμός
Κύρια ορμονική διαταραχή	Έλλειψη οιστρογόνων	Ελάττωση 1.25(OH) ₂ D ₃ Αύξηση PTH
Κλινική εικόνα		
Ηλικία εμφάνισης	50-60 ετών	> 75 ετών
Φύλο	Γυναίκες:Άνδρες = 6:1	Γυναίκες:Άνδρες = 2:1
Απώλεια τύπου οστού	Σπογγώδες	Φλοιώδες
Θέση καταγμάτων	Σπονδυλική στήλη	Μηριαίο οστού Σπονδυλική στήλη
Παρακλινική εικόνα		
PTH	Ελαττωμένη	Αυξημένη
Απορρόφηση ασβεστίου	Φυσιολογική	Ελαττωμένη

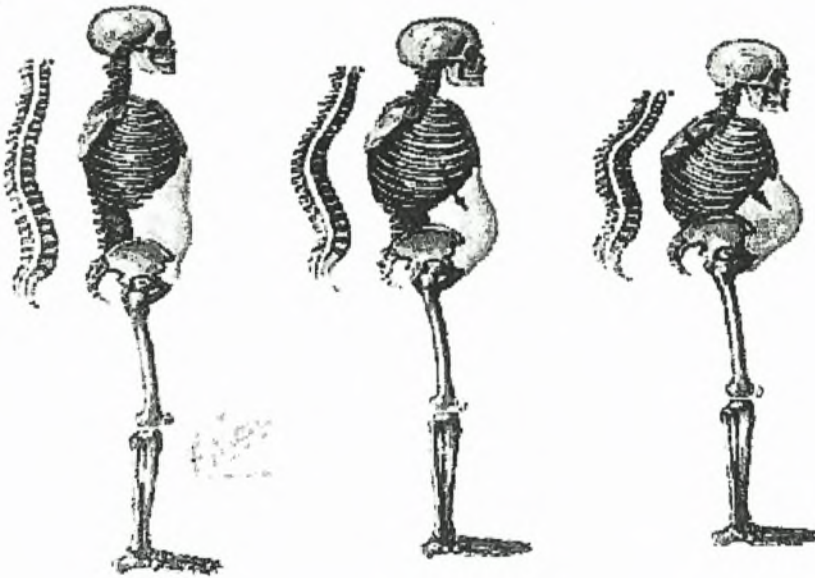
Κλινική εικόνα

Η πρωτοπαθής οστεοπόρωση είναι συνήθως ασυμπτωματική μέχρι την εμφάνιση των επιπλοκών της, δηλαδή των καταγμάτων. Αντίθετα, η δευτεροπαθής οστεοπόρωση (π.χ. πολλαπλούν μυέλωμα, υπερπαραθυροειδισμός) μπορεί να προκαλέσει οστικά άλγη.

Τα σπονδυλικά κατάγματα εμφανίζονται πρώιμα σε γυναίκες με μετεμμηνοπαυσιακή οστεοπόρωση και η συχνότητά τους αυξάνεται με την ηλικία. Τα περισσότερα είναι ασυμπτωματικά και διαγιγνώσκονται τυχαία από απλές ακτινογραφίες θώρακος ή κοιλίας. Η μόνη κλινική εκδήλωση μπορεί να είναι η απώλεια ύψους, το οποίο με την πάροδο του χρόνου γίνεται μικρότερο από το άνοιγμα των χεριών στην έκταση. Επίσης, η απώλεια ύψους μεγαλύτερη από τρία εκατοστά συνδέεται με αυξημένη πιθανότητα παρουσίας σπονδυλικού κατάγματος. Η οστεοπόρωση, όμως, μπορεί να προκαλέσει οξέα σπονδυλικά κατάγματα που συνοδεύονται από αιφνίδιο και έντονο άλγος και συνήθως επέρχονται από ελάχιστη βία, όπως επίκυψη ή άρση βάρους. Ο πόνος επιδεινώνεται με τις κινήσεις και το βήχα, ενώ ανακουφίζεται με την κατάκλιση. Στη συνέχεια, ο πόνος, συνήθως, υποχωρεί σε διάστημα λίγων εβδομάδων αλλά αντικαθίσταται από χρόνια αμβλύ άλγος. Τα πολλαπλά

συμπτωματικά ή μη σπονδυλικά κατάγματα εκτός από απώλεια ύψους προκαλούν χαρακτηριστική θωρακική κύφωση (Εικόνα 2.2.). Σε περιπτώσεις έντονης κύφωσης, οι πλευρές ακουμπούν τη λαγόνιο ακρολοφία και προκαλούν πόνο που αντανακλά στα ισχία με συνέπεια να προκαλείται δυσκολία στη βάρδιση (Ηλιάδου και συν., 2007).

Τα κατάγματα του περιφερικού σκελετού, σε αντίθεση με τα σπονδυλικά κατάγματα, είναι κατά κανόνα μετατραυματικά. Τα κατάγματα του περιφερικού άκρου της κερκίδας (κατάγματα Colles) παρουσιάζονται σε νεότερες ηλικίες από τα σπονδυλικά ή τα κατάγματα του ισχίου και μπορεί να είναι η πρώιμη κλινική εκδήλωση της οστεοπόρωσης. Το κάταγμα του ισχίου συνοδεύονται από τις επιπλοκές του κλινοστατισμού και έχουν αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα (Λαμπίρης, 2003).



Εικόνα 2.2. Προοδευτική παραμόρφωση και απώλεια ύψους λόγω οστεοπόρωσης (Avioli, 2000).

Παράγοντες κινδύνου

Οι παράγοντες, που συμβάλλουν στην αύξηση του κινδύνου εμφάνισης της οστεοπόρωσης είναι ορμονικοί, γενετικοί, φυλετικοί, διαιτητικοί και μηχανικοί.

Συγκεκριμένα, μετά την ηλικία περίπου των 35 ετών αρχίζει βαθμιαία η απώλεια οστικής μάζας. Ο ρυθμός απώλειας κυμαίνεται από 0.3-0.5% το χρόνο και είναι αρχικά ίδιος στους άνδρες και τις γυναίκες. Στις γυναίκες, το φυσιολογικό αυτό ρυθμό απώλειας διαδέχεται η φάση ταχείας οστικής απώλειας 2-3% το χρόνο, που αρχίζει στην περίοδο της εμμηνόπαυσης, όπου παρατηρείται η ελάττωση του επιπέδου των οιστρογόνων στο αίμα (Καλογερόπουλος, 1996; Riggs, & Melton, 1995). Για αυτό, κυρίως, το λόγο, η οστεοπόρωση είναι συχνότερη στις γυναίκες από τους άνδρες.

Επίσης, παρατηρείται κυρίως στη λευκή φυλή από τη μαύρη, επειδή στους τελευταίους παρατηρείται μεγαλύτερη οστική μάζα κατά 10-20%. Επιπρόσθετα, είναι συχνότερη η εμφάνιση της νόσου σε μικρόσωμες, λεπτές (σωματικό βάρος <57.7 kg ή δείκτης μάζας σώματος <21kg/m²) γυναίκες ανοιχτού χρώματος (ξανθές με γαλιανά μάτια) και σπάνια σε υπέρβαρες, λόγω της καθημερινής μηχανικής επιβάρυνσης της σπονδυλικής στήλης και επειδή το λίπος συμβάλλει στην μετατροπή των επινεφριδιακών ανδρογόνων σε οιστρογόνα (De Laet et al., 2005). Ακόμη, η κληρονομικότητα είναι παράγοντας προδιάθεσης οστεοπόρωσης (Apley & Solomon, 1998).

Αρκετοί παράγοντες κινδύνου για χαμηλή οστική πυκνότητα σχετίζονται με τις σύγχρονες διατροφικές συνήθειες. Η χαμηλή πρόσληψη ασβεστίου σε συνδυασμό με έλλειψη βιταμίνης D συσχετίστηκαν με αυξημένο ρυθμό οστικής απώλειας. Επίσης, η αυξημένη κατανάλωση πρωτεϊνών και υψηλής ποσότητας καφεΐνης (καφές, τσάι, αναψυκτικά τύπου cola) συντελούν στην υπεραβεστιουρία. Ένας ακόμη διατροφικός παράγοντας που δεν ευνοεί την οστική αναδόμηση είναι η αυξημένη κατανάλωση αλκοόλ, επειδή η αλκοόλη έχει τοξική δράση στους οστεοβλάστες και επηρεάζει το μεταβολισμό της βιταμίνης D (Λώλης, 1995).

Ακόμη και ο σύγχρονος τρόπος ζωής με τον περιορισμό της φυσικής άσκησης οδηγεί στην οστεοπόρωση, καθώς είναι γνωστό ότι η μακρόχρονη ακινητοποίηση σχετίζεται με τον ταχύ ρυθμό οστικής απώλειας (Riggs, & Melton, 1995). Το κάπνισμα έχει συσχετισθεί με χαμηλή οστική πυκνότητα, αν και ο μηχανισμός επίδρασης είναι άγνωστος, έχει παρατηρηθεί στις καπνίστριες μειωμένη απορρόφηση ασβεστίου και χαμηλά επίπεδα 17β-οιστραδιόλης (Ward, Lord, Williams, Anstey & Zivanovic, 1995).

Τέλος, εκτός από τους ορμονικούς, γενετικούς, φυλετικούς, διαιτητικούς και μηχανικούς παράγοντες κινδύνου πρέπει να συνεκτιμώνται τα διάφορα φάρμακα και οι ασθένειες που προκαλούν δευτεροπαθή οστεοπόρωση (Management of osteoporosis in postmenopausal women: 2010 position statement of The North American Menopause Society).

Διάγνωση

Η οστεοπόρωση προκαλεί μείωση της οστικής αντοχής και αύξηση του κινδύνου καταγμάτων (ACSM'S Resource Manual, 1998). Η οστική αντοχή είναι συνάρτηση της οστικής πυκνότητας και της οστικής ποιότητας (αρχιτεκτονική, ρυθμός ανακατασκευής, συσσωρευση μικροκακώσεων, επιμετάλλωση, ιδιότητες κολλαγόνου). Στην κλινική πράξη, η εκτίμηση της ποιότητας του οστού δεν είναι εφικτή με μη επεμβατικές μεθόδους παρά μόνο η μέτρηση της οστικής πυκνότητας, με τις τεχνικές που περιγράφονται παρακάτω:

Η τεχνική που συστήνεται για τη μέτρηση της ΟΠ είναι η μέθοδος της απορροφησιομετρίας ακτίνων-Χ διπλής ενέργειας, η γνωστή DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry). Η μέθοδος αυτή είναι περισσότερο δημοφιλής, γιατί μετρά απ'ευθείας τις πάσχουσες περιοχές σε κεντρικές σκελετικές θέσεις, την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (ΟΜΣΣ), τον αυχένα του μηριαίου οστού, τον τροχαντήρα και το τρίγωνο του Ward του μηριαίου (Λώλης, 1995). Η αξιοπιστία του μηχανήματος είναι καλή, με σφάλμα επαναληψιμότητας (στο μηχάνημα DPX-L) από 0.5% έως 1.4% στους οσφυϊκούς σπονδύλους, ενώ για τον αυχένα του μηριαίου κυμαίνεται από 1% έως 1.7% (Γεωργίου, 1996).

Το αποτέλεσμα της μέτρησης δίδεται με δύο δείκτες, το T-score και το Z-score, οι οποίοι εκφράζονται ως μονάδες σταθερής απόκλισης. Το T-score αντιστοιχεί στη διαφορά σε σταθερές αποκλίσεις (SD) της μετρούμενης ΟΠ από τη μέση τιμή της κορυφαίας ΟΠ ενός πληθυσμού αναφοράς νεαρών ενηλίκων (20-29 ετών) του ίδιου φύλου, ενώ το Z-score αντιστοιχεί στη διαφορά σε σταθερές αποκλίσεις από τη μέση τιμή ΟΠ ενός πληθυσμού αναφοράς της ίδιας ηλικίας, φύλου και εθνικότητας. Υπολογίζεται ότι 1 SD αντιστοιχεί με 10% ΟΠ. Σύμφωνα με τα κριτήρια της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (ΠΟΥ) η διάγνωση της οστεοπόρωσης τίθεται όταν το T-score έχει τιμή ίση ή μικρότερη των -2.5 SD (Πίνακας 2.2.). Η διάγνωση της οστεοπόρωσης τίθεται και κλινικά, ανεξάρτητα του T-score, όταν υπάρχει τουλάχιστον ένα κατάγμα ευθραυστότητας.

Η μέτρηση της ΟΠ στην ΟΜΣΣ είναι η πιο αξιόπιστη για την πρόιμη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο, γιατί η οστική απώλεια παρατηρείται πρώτα στο σπογγώδες οστόν, που χαρακτηρίζει τα σώματα των σπονδύλων. Αντίθετα, στις ηλικιωμένες γυναίκες (>60 ετών), η μέτρηση της ΟΠ στην ΟΜΣΣ μπορεί να είναι αναξιόπιστη, λόγω σκληρυντικών οστεοαρθρικών αλλοιώσεων (Ψαρρού, Δανέλλη, Μαανδρίνου & Συγκελλάκης, 2001).

Η ΟΠ μπορεί επίσης να εκτιμηθεί και με τη μέθοδο της ποσοτικής αξονικής τομογραφίας (Quantitative Computed Tomography – QCT), η οποία μπορεί να αναλύσει ξεχωριστά την πυκνότητα του δοκιδωτού και του συμπαγή οστού και είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στην ανίχνευση της πρόιμης οστικής απώλειας στους σπονδύλους. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το μεγαλύτερο κόστος και η μεγαλύτερη έκθεση σε ακτινοβολία σε σχέση με τη DEXA, αλλά και το γεγονός ότι δεν έχει μελετηθεί η αξία του T-score όπως προκύπτει από τη μέτρηση με QCT, για την πρόγνωση μελλοντικού κατάγματος (Ηλιάδου και συν., 2007).

Επιπρόσθετα, η υπερηχογραφική οστεοπυκνομετρία (Quantitative ultra-sound bone measurement ή QUS) είναι μια από τις νεότερες μεθόδους ποσοτικής εκτίμησης της οστικής πυκνότητας και προσδιορισμού του κινδύνου κατάγματος. Η μέτρηση οστικής πυκνότητας με υπερήχους παρέχει πληροφορίες για τη δομή, την ελαστικότητα και τη γεωμετρία του οστού, μέσω της διάδοσης ήχων στα οστά. Η QUS είναι μία οικολογική, γρήγορη, εύκολη και φθηνή εναλλακτική μέθοδος οστεοπυκνομετρίας, αλλά μειονεκτεί σε σχέση με τη DEXA ως προς την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα εκτίμησης της ΟΠ και του κινδύνου κατάγματος (Αβραμίδης, 2001).

Τα τελευταία είκοσι χρόνια γίνεται προσπάθεια εκτός από τη μέτρηση της οστικής πυκνότητας να εκτιμηθούν οι κατάλληλοι βιοχημικοί δείκτες προκειμένου να προσδιοριστεί η οστική ανακατασκευή.

Πίνακας 2.2. Διαγνωστικές κατηγορίες οστικής πυκνότητας με βάση το T-score, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.

Διαγνωστικές κατηγορίες	Οστική απώλεια (T-score)
Φυσιολογική	T-score > -1 SD
Οστεοπενία	T-score μεταξύ -1 SD και -2.5 SD
Οστεοπόρωση	T-score ≤ -2.5 SD
Εγκατεστημένη Οστεοπόρωση	T-score ≤ -2.5 SD και ένα τουλάχιστον κάταγμα

Βιοχημικοί δείκτες της οστικής εναλλαγής

Στη συνεχή ανακατασκευή που υφίστανται τα οστά, η διαδικασία της οστικής απορρόφησης βρίσκεται σε ισορροπία με τον οστικό σχηματισμό, έτσι ώστε να μη μεταβάλλεται η οστική μάζα. Κατά τη διάρκεια της οστικής απορρόφησης το ασβέστιο και άλλα συστατικά της θεμέλιας ουσίας, που απελευθερώνονται στην αιματική κυκλοφορία, είτε μεταβολίζονται είτε απεκκρίνονται στα ούρα. Κατά τη διαδικασία του οστικού σχηματισμού ειδικές για τα οστά πρωτεΐνες (ένζυμα ή συστατικά της θεμέλιας ουσίας) διηθούνται στην κυκλοφορία σε σχετικές υψηλές συγκεντρώσεις ώστε να είναι δυνατή η μέτρησή τους (Αβραμίδης, 2001).

Οι βιοχημικοί δείκτες της οστικής εναλλαγής παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους ρυθμούς απορρόφησης και παραγωγής οστού (Πίνακας 2.3.). Στους δείκτες αποδόμησης του οστού περιλαμβάνονται η υδροξυπρολίνη ούρων (HYP), τα γλυκοσΐδια της υδροξυλυσίνης ούρων και τα cross-links κολλαγόνου, δηλαδή οι δεσμοί κολλαγόνου πυριδινολίνης (PYD), δεοξυπυριδολίνης (DPD) και αμινοτελικών-διασταυρούμενων πεπτιδίων (NTx) ή καρβοξυτελικών διασταυρούμενων πεπτιδίων (CTx). Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι δείκτες οστικής παραγωγής είναι οι συγκεντρώσεις του σκελετικού ισοένζυμου της αλκαλικής φωσφατάσης (bALP), των προπεπτιδίων του κολλαγόνου τύπου I στον ορό (PICP's) και της οστεοκαλσίνης (OC) στον ορό (De Leo et al., 2000; Harrison, 2001).

Η έλλειψη οιστρογόνων λίγους μήνες μετά την εμμηνόπαυση συνοδεύεται από ραγδαία αύξηση κατά 50-150% των δεικτών οστικής απορρόφησης και 50-100% της οστικής παραγωγής (Delmas, Eastell, Garnero, Seibel & Stepan, 2000). Μάλιστα σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα η οστεοκαλσίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προγνωστικός δείκτης της οστεοπόρωσης σε οστεοπενικές γυναίκες. Τα υψηλά επίπεδα οστεοκαλσίνης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα, πιθανώς να σχετίζονται με την αύξηση της οστικής κατασκευής που είναι, όμως, μικρότερου βαθμού από την οστική καταστροφή που προηγήθηκε (De Leo et al., 2000; Iki et al., 2007). Αντίθετα, η αντιοστεοκλαστική αγωγή οδηγεί σε ελαττωμένη παραγωγή αυτών των δεικτών κατά 20% από τις αρχικές τιμές τους (Delmas et al., 2000).

Οι βιοχημικοί δείκτες, όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την οστική πυκνομετρία, μπορούν να βελτιώσουν την εκτίμηση του κινδύνου κατάγματος, ιδίως του κατάγματος του ισχίου, ενώ μόνοι τους έχουν χαμηλή προγνωστική αξία, όσον αφορά στην οστική πυκνότητα. Η μεταβλητότητα αυτών των δεικτών από ασθενή σε ασθενή,

είναι σημαντική, με αποτέλεσμα η ευαισθησία και η ειδικότητα των οστικών βιοχημικών δεικτών να μην είναι επαρκώς υψηλή, ώστε να είναι χρήσιμη ως διαγνωστικό εργαλείο στην κλινική πρακτική επί του παρόντος (Αβραμίδης, 2001; Rogers, Hannon & Eastell, 2000). Χρειάζονται περαιτέρω μελέτες για να προσδιοριστεί η αξία των βιοχημικών δεικτών στην αντιμετώπιση ενός συγκεκριμένου ασθενούς, ιδίως όσον αφορά στην παρακολούθηση αποτελεσμάτων.

Στη σύγχρονη βιβλιογραφία, οι έρευνες που εξετάζουν την επίδραση της άσκησης στο μεταβολισμό του οστού επικεντρώνουν στη μέτρηση της οστικής πυκνότητας και λιγότερο στην εξέταση των βιοχημικών δεικτών οστικής εναλλαγής. Τα αποτελέσματα αυτά στην πλειοψηφία τους δεν είναι στατιστικά σημαντικά (Πίνακας 2.4.-2.6.).

Πίνακας 2.3. Βιοχημικοί δείκτες οστικού μεταβολισμού

Δείκτες οστικού σχηματισμού	Δείκτες οστικής απορρόφησης
Οστικό κλάσμα αλκαλικής φωσφατάσης ορού	CTx, NTx -crosslinks ούρων και ορού Δεοξυπυριδολίνη ούρων
Οστεοκαλσίνη ορού	Υδροξυπρολίνη ούρων
Προπεπτίδια του κολλαγόνου τύπου I ορού	Όξινη φωσφατάση ανθεκτική στο τρυγικό οξύ ορού Οστική σιελοπρωτεΐνη ορού Γλυκοσΐδια υδροξυλυσίνης ούρων

Θεραπεία

Η φαρμακευτική αγωγή για την οστεοπόρωση είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος και στοχεύει αφενός στην πρόληψη της οστικής απώλειας σε άτομα υψηλού κινδύνου και αφετέρου στη θεραπευτική παρέμβαση για την αποφυγή καταγμάτων και την περαιτέρω οστική απώλεια σε άτομα με εγκατεστημένη οστεοπόρωση. Στις συνήθεις φαρμακευτικές αγωγές της πρωτοπαθούς οστεοπόρωσης συμπεριλαμβάνονται η θεραπεία υποκατάστασης ορμονών, η θεραπεία με καλσιτονίνη, η χορήγηση διφωσφονικών ενώσεων που αναστέλλουν την οστεοκλαστική δραστηριότητα του οστίτη ιστού και τέλος τη χορήγηση συμπληρωμάτων ασβεστίου και βιταμίνης D, εφόσον η διατροφή δεν επαρκεί (Raisz, 1998).

Στην αντιμετώπιση της νόσου η φαρμακευτική αγωγή είναι η επικρατέστερη, χωρίς όμως να έχει διασαφηνιστεί πλήρως η επίδρασή της στον ανθρώπινο οργανισμό, ύστερα

από πολύχρονη χρήση. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες να εφαρμοστούν μη φαρμακευτικές παρεμβάσεις στη θεραπεία και πρόληψη της οστεοπόρωσης προκειμένου να εξασφαλιστεί μια οικονομική, ευχάριστη και αποτελεσματική μέθοδος προφύλαξης της καλής σκελετικής υγείας.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες δημιουργίας της οστικής μάζας αποτελεί η μηχανική φόρτιση των οστών, δηλαδή η ανταπόκριση των οστών στις ασκούμενες δυνάμεις και πιέσεις που δέχονται. Η κυριότερη έκφραση της μηχανικής φόρτισης είναι η άσκηση, για το λόγο αυτό, αντικείμενο έρευνας αποτελεί η διερεύνηση των μορφών άσκησης στη πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης (Ernst, 1998; Vuori, 2001).

Κύριες μηχανικές ιδιότητες του οστού

Το σκελετικό σύστημα βρίσκεται συνεχώς κάτω από την επίδραση δυνάμεων (βαρύτητα, μυϊκές δυνάμεις, δυνάμεις αντίδρασης) που συντελούν στην ανάπτυξη ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και μηχανικών ιδιοτήτων στα οστά.

Όταν εφαρμόζεται μια δύναμη παρατηρείται γραμμική αύξηση της παραμόρφωσης, καθώς η πίεση αυξάνει. Η δύναμη που εφαρμόζεται ανά μονάδα επιφάνειας ονομάζεται πίεση (stress, $\sigma = \text{Δύναμη} / \text{Επιφάνεια}$) και μετράται σε N/m^2 ή Pascal (Pa), ενώ το μέγεθος της παραμόρφωσης-strain, (ϵ), του υλικού ορίζεται ως το πηλίκο της μεταβολής του μήκους προς το αρχικό μήκος ($\epsilon = \Delta L/L$). Όταν το υλικό εκτείνεται έχουμε εκτατική (tensile) παραμόρφωση, όταν γίνεται βραχύτερο έχουμε συμπιεστική (compressive) παραμόρφωση και όταν κάποια στρώματα του υλικού ολισθαίνουν πάνω σε άλλα, όπως κατά την συστροφή (torsion), έχουμε τη διατμητική (shear) παραμόρφωση (Πουρνάρας, 2009), ενώ η κάμψη (bending) είναι ο συνδυασμός της εκτατικής και της συμπιεστικής παραμόρφωσης (Εικόνα 2.3.). Αντίστοιχα με τις βασικές μορφές παραμόρφωσης υπάρχουν και η εκτατική πίεση, η συμπιεστική πίεση και η διατμητική.

Οι ερευνητές για την πρόβλεψη των οστικών επιβαρύνσεων εφάρμοσαν ένα μαθηματικό μοντέλο βασισμένο σε βιομηχανικές αναλύσεις με σκοπό τον προσδιορισμό του μεγέθους των δυνάμεων, που προκαλούν διάφορες μορφές άσκησης (Anderson et al., 1996). Ενδεικτικά, το χαλαρό τρέξιμο (jogging) προκάλεσε 121 MPa μέγιστη συμπιεστική δύναμη στην κεφαλή του μηριαίου οστού, το βαθύ κάθισμα 71 MPa, το σχοινάκι 55 MPa, το βάδισμα 51 MPa, η κάμψη ισχίου 42 MPa, και η προσαγωγή ισχίου 21 MPa. Επομένως, το τρέξιμο και το βαθύ κάθισμα παρήγαγαν υψηλότερες δυνάμεις στην κεφαλή του

μηριαίου από το περπάτημα, που σχεδόν ισοδυναμούσε με το σχοινάκι και την κάμψη του ισχίου.

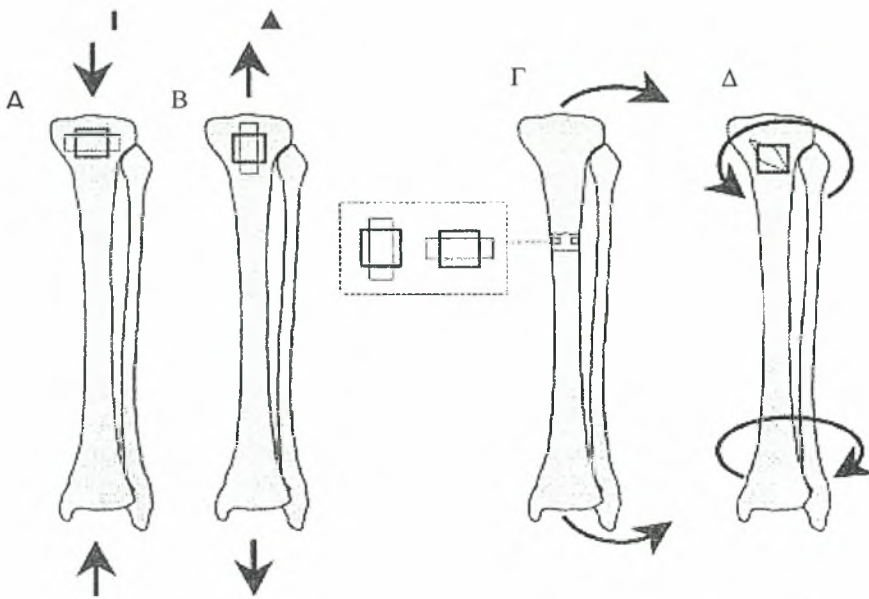
Ο βαθμός παραμόρφωσης ενός υλικού εξαρτάται από το μέγεθος και το είδος των δυνάμεων αλλά και από τη σκληρότητα και την ανθεκτικότητα των στοιχείων που την αποτελούν. Η γραμμική συσχέτιση πίεσης (σ) – παραμόρφωσης (ϵ) εκφράζει το συντελεστή ελαστικότητας, που είναι γνωστός ως νόμος του Hooke [$E = \sigma / \epsilon$]. Ο συντελεστής ελαστικότητας αντανακλά τη σκληρότητα του υλικού. Όταν η πίεση απομακρυνθεί, το υλικό θα επιστρέψει αμέσως στο αρχικό του μέγεθος και σχήμα, χωρίς μόνιμη βλάβη (ελαστική παραμόρφωση). Όταν η αύξηση της παραμόρφωσης δεν είναι πλέον ανάλογη της πίεσης, η ελαστική περιοχή λαμβάνει τέλος και αρχίζει η μόνιμη βλάβη στο υλικό (πλαστική παραμόρφωση). Όταν η πίεση συνεχίζει να δρα και μετά την πλαστική περιοχή, προκαλείται θραύση του υλικού (Σχήμα 2.1.). Η ενέργεια ή το έργο που απαιτείται για να σπάσει ένα αντικείμενο ορίζει την ανθεκτικότητά του (Αβραμίδης, 2001).

Στην περίπτωση του οστού, η εξισορρόπηση των δύο γνωρισμάτων της σκληρότητας και της ανθεκτικότητας επιτυγχάνεται με τις σχετικές αναλογίες κρυστάλλων υδροξυαπατίτη και ιών κολλαγόνου, που το συνθέτουν. Οι κρύσταλλοι υδροξυαπατίτη, αν και αντιστέκονται αποτελεσματικά σε συμπιεστικά φορτία, έχουν μικρή ικανότητα αντίστασης σε έκταση. Η αντίσταση στην έκταση παρέχεται από τα ινίδια κολλαγόνου που οργανώνονται μέσα στο πεταλιώδες οστό. Για το λόγο αυτό, το οστόν, αν απασβεστωθεί, γίνεται εύκαμπτο, όπως ο τένοντας, μολονότι διατηρεί το σχήμα του. Αντίθετα, γίνεται εύθρυπτο και εύθραυστο στους διάφορους χειρισμούς με την αφαίρεση του κολλαγόνου, αν και πάλι διατηρεί το αρχικό του σχήμα (Junqueira et al., 1991). Επομένως, ποσοτικές και ποιοτικές μεταβολές των αλάτων και του κολλαγόνου του οστού επηρεάζουν σημαντικά τη σκληρότητα και ανθεκτικότητά του.

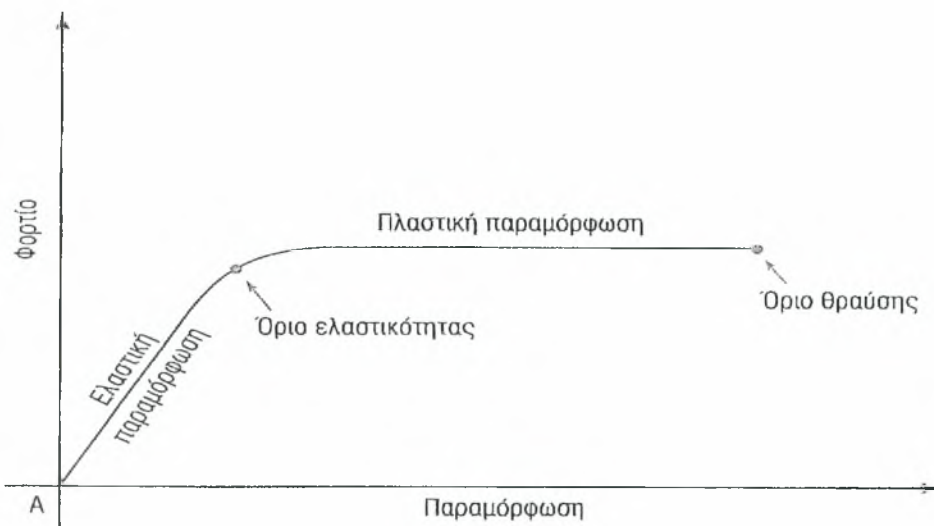
Επίσης, η αρχιτεκτονική δομή των οστών είναι τέτοια, ώστε να αντέχουν σε ευρεία ποικιλία συνθηκών φόρτισης. Η οργάνωση και το σχήμα των δοκίδων είναι καθοριστικοί συντελεστές δομικής ισχύος. Οι οστικές δοκίδες σχηματίζουν συνεχόμενα καμπυλόγραμμα τόξα, παρόμοια με τα τόξα που στηρίζουν τους μεγάλους τρούλους των καθεδρικών ναών. Η κατακόρυφη πίεση που δέχεται αυτή η κατασκευή στο επάνω μέρος της κατανέμεται στις κορυφές των πολλών τόξων με αποτέλεσμα κάθε τόξο να δέχεται το $1/N$ της συνολικής πίεσης ($N = \text{o αριθμός των τόξων}$). Με τον ίδιο τρόπο η πίεση που ασκείται στο οστόν απλώνεται σε μεγάλη επιφάνεια και επιτρέπει την υπερφόρτωσή του χωρίς να

κινδυνεύει να καταστραφεί (Κόλιας, 1997). Επίσης, λόγω της κατανομής της πίεσης και του σχήματος των δοκίδων, οι παραμορφώσεις είναι μεγαλύτερες στα άκρα της δοκίδας, ενώ στο κέντρο της πλησιάζουν στο μηδέν. Αυτή η περιοχή, όπου η παραμόρφωση πλησιάζει, το μηδέν ονομάζεται ουδέτερος άξονας. Είναι κατανοητό από τα παραπάνω ότι ο προσανατολισμός, η συνεκτικότητα και η πυκνότητα των δοκίδων επηρεάζουν έντονα το συντελεστή ελαστικότητάς του οστού.

Επομένως, οι μηχανικές ιδιότητες του οστού επηρεάζονται από τη μικροαρχιτεκτονική του και είναι σημαντικές για να μπορέσει ο σκελετός να υποστηρίξει την καθημερινή λειτουργική δραστηριότητα του ατόμου.



Εικόνα 2.3. Συμπιεστική (compressive) παραμόρφωση (Α), εκτατική (tensile) παραμόρφωση (Β), παραμόρφωση κατά την κάμψη (bending) (Γ), παραμόρφωση κατά τη συστροφή (torsion) (Δ). (Torvinen, 2003).



Σχήμα 2.1. Σχηματική παράσταση της παραμόρφωσης των υλικών (Πουρνάρας, 2009).

Μηχανική φόρτιση του οστού

Το οστούν δεν είναι αδρανής ιστός αλλά ανταποκρίνεται στην πίεση, όπως οι άλλοι ιστοί του σώματος. Κάθε μεταβολή στη μορφή ή λειτουργία του οστού οδηγεί σε μεταβολές στην εσωτερική αρχιτεκτονική και μάζα του. Αυτό ορίζει ο νόμος του Wolff (1892) που αποτελεί έρεισμα στις σύγχρονες αντιλήψεις για τη φυσιολογία και τη μηχανική του σκελετού.

Όταν μια δύναμη ασκείται σε κάποιο υλικό, όπως το οστούν, αυτό παραμορφώνεται. Το οστούν, σύμφωνα με το μηχανισμό του «μηχανοστάτη», αντιλαμβάνεται το μέγεθος των παραμορφώσεων και ανάλογα ανταποκρίνεται. Ο μηχανοστάτης δρώντας με περίπλοκο και αδιευκρίνιστο, ακόμη μηχανισμό, παράγει σήματα που πυροδοτούν κυτταρικά γεγονότα, τα οποία οδηγούν σε μείωση ή αύξηση του οστίτη ιστού. Ο Frost όρισε τα όρια μηχανικής φόρτισης, που χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά του μηχανοστάτη (Αβραμίδης, 2001; Frost 1987; Torvinen, 2003):

- Το όριο υποχρησιμοποίησης (underuse) αντιστοιχεί σε μέγιστες παραμορφώσεις κάτω από 50 microstrains (μstrain), που αντιστοιχεί περίπου σε ακινητοποίηση στο κρεβάτι ή ακινητοποίηση μελών με νάρθηκα, και οδηγεί σε απορρόφηση οστού. Ωστόσο, τα οστά όταν αποφορτίζονται δε χάνουν συνέχεια ασβέστιο και θεμέλια ουσία. Η απώλεια σταματά, με άγνωστο μηχανισμό, όταν η επιφάνεια του οστού, σε εγκάρσια διατομή, ελαττωθεί στο 50%.

- Τα όρια φυσιολογικής χρήσης (normal use) αντιστοιχούν σε παραμορφώσεις 300-1500 μstrain, όπου το οστούν διατηρείται σε περίπου σταθερή κατάσταση μάζας και αρχιτεκτονικής.

- Τα όρια υπερχρησιμοποίησης (overuse) αντιστοιχούν σε παραμορφώσεις περίπου 2000-4000 μstrain. Μέγιστες παραμορφώσεις στο οστούν κατά την έντονη προσπάθεια μπορεί να φτάσουν μέχρι τα 3500 μstrain σε συμπίεση, τα 1000 μstrain σε έκταση και τα 1500 μstrain σε διάτμηση. Στο σημείο αυτό το ποσό του οστίτη ιστού αυξάνεται, ώσπου το φορτίο να διανεμηθεί και το μέγεθος των μέγιστων παραμορφώσεων να επιστρέψει στα φυσιολογικά όρια. Με αυτόν τον τρόπο συσσωρευμένες μικροβλάβες δεν προκαλούν μηχανική καταστροφή, διότι επιτυγχάνεται μια νέα σταθερή κατάσταση.

- Τα όρια παθολογικής υπερχρησιμοποίησης (pathological overuse) αντιστοιχούν σε μέγιστες παραμορφώσεις μέχρι περίπου 15000-30000 μstrain, όπου έχουμε πλέον την τελική παραμόρφωση, δηλαδή την καταστροφή του οστού.

Άμεση πειραματική απόδειξη της ύπαρξης του «μηχανοστάτη» και των μηχανισμών ενεργοποίησης της κυτταρικής δραστηριότητας δεν υπάρχει ακόμη. Ωστόσο, τα διαθέσιμα δεδομένα συνηγορούν ότι το οστόν, όπως και ο μυς παρουσιάζει υπερτροφία ως απάντηση στο μηχανικό ερέθισμα (επιβάρυνση που δίνει η άσκηση) και αντίστροφα ατροφεί κατά την ακινησία (Knoll, McCarthy, Centrella & Swin, 2005; Rittweger & Felsenberg, 2009). Για το λόγο αυτό, γίνονται προσπάθειες να διερευνηθούν διάφορες μορφές μηχανικών ερεθισμάτων, να εκτιμηθεί το μέγεθος και το είδος των παραμορφώσεων που προκαλούν στα οστά, ώστε να προκύψει η καταλληλότερη.

Η μέτρηση της οστικής παραμόρφωσης από ασκούμενες δυνάμεις είναι τεχνικά δύσκολη, καθώς επιβάλλει την τοποθέτηση οργάνων μέτρησης πάνω σε οστικές επιφάνειες ζωντανού οργανισμού. Για το λόγο αυτό ενδεικτική είναι η έρευνα των Burr και συν (1996), που προσδιόρισαν το μέγεθος της οστικής παραμόρφωσης την οποία προκαλούν διάφορες μορφές άσκησης στην κνήμη του ανθρώπου. Συγκεκριμένα, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τρέξιμο με αλλαγές κατεύθυνσης (zig-zag running), κυρίως στην ανηφόρα, ασκούν διπλάσιες και τριπλάσιες οστικές παραμορφώσεις από αυτές που προκαλεί το περπάτημα, ακόμη και με μεταφορά βάρους δεκαεπτά κιλών, χωρίς όμως να ξεπερνούν τα 2000 μ strain (όρια φυσιολογικής χρήσης).

Οι Rubin & Lanyon (1984) υποστήριξαν ότι, αν και το μέγεθος της παραμόρφωσης (strain magnitude) ασκεί πρωτεύοντα ρόλο στην ενεργοποίηση του οστικού μεταβολισμού, ένας άλλος παράγοντας είναι ο αριθμός των κύκλων φόρτισης (strain cycles), όπου κύκλος νοείται ως μία πλήρης ταλάντωση. Συγκεκριμένα, απέδειξαν ότι οστεογενετική απάντηση σε φόρτιση 2000 μ strain επήλθε ύστερα από τριάντα έξι συνεχείς κύκλους φόρτισης, που διήρκεσαν συνολικά 72 s, χωρίς να επέλθει περαιτέρω βελτίωση αυξάνοντας τους κύκλους φόρτισης. Επίσης, παρατήρησαν ότι τέσσερις κύκλοι φόρτισης ημερησίως ήταν ικανοί να εμποδίσουν την οστική αποδόμηση. Συμπεραίνεται, ότι ένας ορισμένος, σχετικά μικρός, αριθμός επαναλήψεων, υψηλών επιβαρύνσεων, απαιτείται για την αύξηση της οστικής μάζας.

Στη συνέχεια υποστηρίχτηκε η σημαντικότητα της συχνότητας (strain frequency), δηλαδή του αριθμού των κύκλων ή ταλαντώσεων στη μονάδα του χρόνου (κύκλοι/sec ή Hertz). Σε σύγχρονες έρευνες, παρατηρήθηκε ότι η φόρτιση που εφαρμόζεται στο 1 Hz πρέπει να υπερβαίνει τα 1000 μ strain για να προκαλέσει οστικό σχηματισμό, ενώ φορτίσεις με 30 Hz χρειάζονται μόνο 50 μ strain για να πετύχουν παρόμοια αποτελέσματα

(Rubin, Xu & Judex 2001; Turner, 1998). Για το λόγο αυτό, υποστηρίχθηκε ότι ακόμη και μηχανικά ερεθίσματα που προκαλούν μικρού επιπέδου οστικές παραμορφώσεις μπορούν να προκαλέσουν αύξηση της οστικής πυκνότητας και να βελτιώσουν τη μορφολογία των οστών, όταν εφαρμόζονται σε υψηλές συχνότητες.

Επομένως, ο ρυθμός παραμόρφωσης από τη στιγμή που σχετίζεται με τη συχνότητα και το μέγεθος της παραμόρφωσης αποτελεί άλλο έναν παράγοντα που επιδρά στην ενεργοποίηση της οστεοβλαστικής δραστηριότητας (Turner, 1998). Από τους δύο παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό παραμόρφωσης σημαντικότερη επίδραση στα οστά φαίνεται να έχει η συχνότητα, καθώς χαμηλού επιπέδου μηχανικά ερεθίσματα είναι οστεογενετικά, όταν εφαρμόζονται με υψηλές συχνότητες. Σε αυτό κατέληξαν οι έρευνες (Castilo et al. 2006; Turner, 1998), που έδειξαν ότι υψηλές παραμορφώσεις όταν προκαλούνται μία φορά από στατική φόρτιση δεν ήταν ικανές να ενεργοποιήσουν τα οστικά κύτταρα, αντίθετα με τις δυναμικές που μετέφεραν χαμηλά φορτία αλλά είχαν υψηλή συχνότητα.

Επίσης, η κατανομή των πιέσεων, που εφαρμόζονται στο οστόν, αποτελεί παράγοντα επίδρασης στην οστική αναδόμηση. Κατανομές που μπορούν να θεωρηθούν «ασυνήθιστες», ως προς τη διεύθυνσή τους, δρουν αναβολικά στο οστόν, χωρίς να χρειάζεται το μέγεθος της παραμόρφωσης να είναι υψηλό (Torvinen, 2003; Vuori et al., 1994).

Άρα, τα χαρακτηριστικά της παραμόρφωσης, που η εκάστοτε εφαρμοζόμενη πίεση προκαλεί στο οστόν, όπως το μέγεθός της, η συχνότητα, ο αριθμός των κύκλων, ο ρυθμός και η κατανομή της, αποτελούν παράγοντες που καθορίζουν το οστεογενετικό αποτέλεσμα σε αυτό. Οι αρχές αυτές προσαρμογής του οστού είναι υπό διερεύνηση, ώστε οι ερευνητές να μπορέσουν να τις οριοθετήσουν και να τις συγκεκριμενοποιήσουν με ανάλογα μηχανικά ερεθίσματα.

Η άσκηση ως το κυριότερο μέσο μηχανικής φόρτισης του οστού

Ο Turner (1998) ύστερα από πειράματα σε ζώα υποστήριξε ότι υπάρχουν τρεις καθοριστικοί κανόνες για να επέλθει αποτελεσματική προσαρμογή στο οστόν με τη μηχανική φόρτιση. Πρώτον, η φόρτιση να μην είναι στατική αλλά δυναμική. Δεύτερον, η διάρκεια της μηχανικής φόρτισης να είναι σύντομη, για να υπάρξει μια ικανοποιητική ανταπόκριση του οστού. Τρίτον, να είναι μεγαλύτερη από την συνηθισμένη φόρτιση που δέχονται τα οστικά κύτταρα.

Η εφαρμογή των παραπάνω κανόνων σε πρόγραμμα άσκησης, ως μέσο αύξησης της οστικής πυκνότητας, θα περιλάμβανε ασκήσεις μεγάλης επιβάρυνσης με γρήγορο ρυθμό εκτέλεσης και χωρίς μεγάλο αριθμό επαναλήψεων. Τα συμπεράσματα μελετών έρχονται σε ακολουθία με τα παραπάνω, καθώς διαπιστώνονται υψηλότερες τιμές οστικής πυκνότητας σε αθλητές, που υποβάλλονται σε προπόνηση δύναμης (άρση βαρών, body-building) σε σύγκριση με αθλητές που υποβάλλονται σε προπόνηση αντοχής (δρόμοι μεγάλων αποστάσεων) και μη αθλητές (Conroy et al., 1993; Heinrich et al., 1990). Επίσης, έφηβοι μαθητές (14-17 ετών), που ακολούθησαν για δεκαπέντε μήνες πρόγραμμα άσκησης με βάρη, σημείωσαν αύξηση στην οστική πυκνότητα του μηριαίου αυχένα (3.67%, $p < .01$) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (Nichols, Sarborn & Love, 2001). Η μεγάλη και συχνή επιβάρυνση, όμως, μπορεί να αποβεί επιβλαβής, όταν το οστό δεν μπορεί να ανταποκριθεί πλέον οστεογενετικά, με αποτέλεσμα οι μικροφθορές του οστού να οδηγούν σε κατάγμα. Αυτό παρατηρήθηκε σε νεοσύλλεκτους στρατιώτες που υποβάλλονταν σε έντονη άσκηση για 14 εβδομάδες (8 ώρες ημερησίως, 6 ημέρες / εβδομάδα), καθώς το 50% αυτών εμφάνισε κατάγματα κόπωσης ενώ η οστική πυκνότητα στο κάτω άκρο της κνήμης αυξήθηκε κατά 7% (Leichter, Simkin & Marguilies, 1989). Επομένως, επιβεβαιώνεται η θεωρία του «μηχανοστάτη» και η ανάγκη βαθμιαίας ανάπτυξης της επιβάρυνσης, που είναι μία από τις βασικές αρχές της προπονητικής, για την επίτευξη των επιθυμητών μυοσκελετικών προσαρμογών.

Η επίδραση της βαρύτητας στο ανθρώπινο σώμα και των δυνάμεων αντίδρασης από την κρούση του στο έδαφος έχουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της οστικής μάζας. Αθλητές που ασχολούνται με αγωνίσματα υψηλού φορτίου κρούσης, τα οποία προκαλούν ανάπτυξη δυνάμεων αξονικής συμπίεσης, όπως το τριπλούν (Heinonen, Sievanen, Kyrolainen, Perttunen & Kannus, 2001), η ενόργανη γυμναστική (Fehling, Alekel, Clasey, Rector & Stillman, 1995), η ρυθμική γυμναστική (Modlesky, Majumdar & Dudey, 2008), η ξιφασκία (Chang, Regatte & Schweitzer, 2008), είχαν καλύτερα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα συγκριτικά με μη αθλητές ή ακόμη και με αθλητές που τα αθλήματα τους δεν χαρακτηρίζονται από κατακόρυφες δυνάμεις, όπως η κολύμβηση. Επίσης, αθλητές δρόμου, άθλημα μέτριου φορτίου κρούσης, είχαν υψηλότερη οστική πυκνότητα συγκριτικά με κολυμβητές και την ομάδα ελέγχου (Velez et al., 2008), έχοντας ορίσει ως σκελετική φόρτιση, δραστηριότητες μέτριας έντασης, που προκαλούν δυνάμεις αντίδρασης από το έδαφος, δύο με τέσσερις φορές το σωματικό βάρος. Η σημασία της βαρύτητας στη σκελετική υγεία αποδείχθηκε και με τους αστροναύτες, καθώς μετά την

επιστροφή τους από το διάστημα, όπου επικρατούν συνθήκες έλλειψης βαρύτητας, παρατηρήθηκε μείωση της οστικής τους πυκνότητας (Sibonga et al., 2008).

Επίσης, οι πιέσεις που ασκούνται στο οστόν είναι αποτελεσματικές στα σημεία που εφαρμόζονται (τοπική δράση). Συγκεκριμένα, έχει παρατηρηθεί σε τενίστες η οστική πυκνότητα του κυρίαρχου άνω άκρου να είναι υψηλότερη από του άλλου (Juzwiak, Amancio, Vitalle, Szejnfeld & Pinheiro, 2008), ακόμη αθλητές άρσης βαρών είχαν υψηλότερη οστική πυκνότητα στον αυχένα μηριαίου σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, χωρίς να συμβαίνει το ίδιο στο κρανίο που δεν ασκούνται μηχανικές φορτίσεις (Karlsson, Hasserijs & Obrant, 1996; Morel, Combe, Francisco & Bernard, 2001).

Επίσης, δραστηριότητες διαφορετικές από τις καθημερινές και τις επαναλαμβανόμενες μπορούν να προκαλέσουν υψηλότερα οστεογενετικά ερεθίσματα, καθώς προκαλούν ασυνήθιστη κατανομή πιέσεων στο οστόν (Vuori et al., 1994). Ένας ακόμη, λοιπόν, λόγος που το βάδισμα, το τρέξιμο ή γενικότερα τα αθλήματα αντοχής δε θεωρούνται τόσο αποτελεσματικά στην αύξηση της οστικής πυκνότητας όσο τα αθλήματα που απαιτούν τη συμμετοχή και συνέργια πολλών αρθρώσεων και μυών, όπως η πετοσφαίριση (Alfredson, Nordstrom & Lorentzon 1997; Fehling, Alekel, Clasey, Rector & Stillman, 1995) και το ποδόσφαιρο (Frederisco et al., 2007; Mudd, Fornetti & Pivarnik, 2007). Επίσης, οι Sinaki και συν. (1996) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άσκηση δεν έχει σημαντικά αποτελέσματα, όταν δεν ξεπερνά το επίπεδο της καθημερινής δραστηριότητας, τούτο απέδειξε το τριετές πρόγραμμα δύναμης χαμηλής έντασης που εφάρμοσαν και δεν επέφερε μεταβολές στην οστική πυκνότητα γυναικών.

Επιπρόσθετα, η φόρτιση του οστού είναι απαραίτητο να επαναλαμβάνεται συχνά, ώστε να διατηρείται η οστική πυκνότητα (Vuori, 2001). Αποτελέσματα ερευνών απέδειξαν ότι η οστική πυκνότητα ύστερα από διακοπή της άσκησης μειώνεται σημαντικά (Iwamoto, Takeda & Ichimura, 2001; Vuori et al., 1994). Αν και έχει παρατηρηθεί ότι τα άτομα που ήταν αθλητές στη νεαρή τους ηλικία διατήρησαν υψηλότερη οστική πυκνότητα σε σύγκριση με άτομα της ίδιας ηλικίας (Kudlac, Nichols, Sanborn & DiMarco, 2004), έπειτα όμως, από τα 65 έτη, αυτή η υπεροχή της οστικής πυκνότητας δε συνεχίστηκε (Karlsson, Johnell & Obrant, 1995).

Η βαρύτητα, οι δυνάμεις αντίδρασης και η μυϊκή σύσπαση αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την αύξηση της οστικής μάζας. Επομένως, αποδεικνύεται ότι η άσκηση έχει καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της υγείας του ερειστικού συστήματος και κατέχει σημαντική θέση στην πρωτογενή πρόληψη (Heinonen et al., 2000; Nordstrom, Thorsen,

Bergstrom & Lorentzon, 1996, Vuori, 2001). Η επίδραση, όμως, της άσκησης στα οστά διαφοροποιείται ανάλογα με το είδος, την ένταση, την ποσότητα και τη συχνότητά της, για αυτό, η διευκρίνιση των χαρακτηριστικών της άσκησης που προκαλούν τα θετικότερα αποτελέσματα αποτελεί αντικείμενο έρευνας.

Ο ρόλος της άσκησης στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης κατά τη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο

Η αύξηση της κορυφαίας οστικής πυκνότητας σε νεαρή ηλικία, μέσω της φυσικής άσκησης, αποτελεί σημαντικό παράγοντα πρόληψης της οστεοπόρωσης (Heinonen et al., 2000). Ο ευεργετικός αντίκτυπος της άσκησης στην αύξηση της οστικής μάζας και της μικροαρχιτεκτονικής του οστού, ιδιαίτερα σε εφήβους αθλητές (Modleskey et al., 2008; Nordstrom et al., 1996; Vuori, 2001), δημιούργησε προσδοκίες για ανάλογες επιδράσεις σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Εάν αυτή η θετική συσχέτιση μεταξύ άσκησης και οστικής πυκνότητας συνεχίζεται και στη μετεμμηνοπαυσιακή φάση της γυναίκας, παρά τα χαμηλά επίπεδα οιστρογόνων, αποτελεί αντικείμενο μελέτης.

Σε μετανάλυση (Wolff, van Croonenborg, Kemper, Kostense & Twisk, 1999) για την επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα προ και μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών διαχρονικά από το 1966 μέχρι το 1996 (62 άρθρα), οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η φυσική άσκηση μπορεί να είναι αποτελεσματική στη διατήρηση της οστικής μάζας σε προεμμηνοπαυσιακές γυναίκες και στη μείωση του ρυθμού της οστικής αποδόμησης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Αναλυτικότερα, συμπέραναν ότι η άσκηση έχει τη δυνατότητα να αυξήσει την οστική πυκνότητα περίπου 0.9% ανά έτος στους οσφυϊκούς σπονδύλους και τον αυχένα του μηριαίου οστού των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών έναντι της ομάδας ελέγχου που σημείωσε μείωση κατά 1%. Επίσης, δεν παρατήρησαν διαφορές μεταξύ των προγραμμάτων αντοχής και δύναμης ως προς την αποτελεσματικότητά τους στην οστική πυκνότητα. Επισήμαναν, όμως, ότι είναι προτιμότερο να περιλαμβάνονται διάφορες ασκήσεις κατακόρυφης επιβάρυνσης, που να απευθύνονται σε διαφορετικές μυϊκές ομάδες.

Επίσης, σε μια άλλη συγκεντρωτική ανασκόπηση βιβλιογραφίας (Berard, Bravo & Gauthier, 1997) για την επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, από το 1966 έως το 1996, παρατηρήθηκε ότι οι έρευνες πριν το 1991 κατέληγαν στο συμπέρασμα ότι η άσκηση δεν μπορεί να εμποδίσει την οστική απώλεια, σε αντίθεση με τις έρευνες που δημοσιεύθηκαν μετά το 1996. Η

διαφοροποίηση αφορούσε στην ένταση των προγραμμάτων άσκησης που έγινε πιο έντονη, με αποτέλεσμα να προστεθούν και άλλες μορφές άσκησης όπως το τρέξιμο και αερόβια πέρα από το βάδισμα. Επίσης, σημειώθηκε ότι η άσκηση ήταν αποτελεσματική στη μείωση του ρυθμού οστικής αποδόμησης στους οσφυϊκούς σπονδύλους (O2-O4), χωρίς όμως αντίστοιχη επίδραση στην οστική πυκνότητα του βραχίονα και του μηριαίου.

Αντίθετα, ο Kelley (1998), που συγκεκριμενοποίησε τη μετανάλυσή του στην επίδραση προγραμμάτων αερόβιας άσκησης στο μηριαίο οστόν μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, παρατήρησε μια μικρή θετική τοπική δράση της αερόβιας άσκησης στην οστική πυκνότητα του ισχίου, περίπου 2%. Σύμφωνα με τη μελέτη των σχετικών έξι ερευνών, πρότεινε, γι αυτήν την κατηγορία γυναικών, άσκηση κατακόρυφης επιβάρυνσης μέτριας έντασης, όπως γρήγορο περπάτημα διάρκειας τουλάχιστον 30 λεπτών και συχνότητας το ελάχιστο 5 φορές εβδομαδιαίως. Με τον τρόπο αυτό υποστήριξε ότι επιτυγχάνεται η αυξημένη συμμετοχή των ασκουμένων, που είναι σημαντική για την επίτευξη των επιθυμητών μυοσκελετικών προσαρμογών. Παρόλα αυτά η οστεογεννητική απάντηση που προκαλείται στο ισχίο, από προγράμματα αερόβιας μορφής χαμηλής έντασης όπως το περπάτημα, είναι μικρή (Kelley & Kelley, 2006) για να θεωρηθεί θεραπευτικό μέσο της οστεοπόρωσης.

Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν οι Martyn-St James και Carroll (2008), οι οποίοι στη σχετική τους μετανάλυση παρατήρησαν ότι το βάδισμα είχε μια μικρή επίδραση στην οστική πυκνότητα του αυχένα μηριαίου (0.014g/cm^2) και καμία στην οσφυϊκή μοίρα. Παρόλα αυτά, πρόγραμμα βάδισματος, το ελάχιστο τέσσερις ώρες την εβδομάδα, μπορεί να σχετίζεται με μείωση κατά 41% του κινδύνου κατάγματος, μέσω κυρίως της αύξησης της ισορροπίας και άλλων παραγόντων, πέρα από την αύξηση της οστικής πυκνότητας (Yamazaki, Ichimura, Iwamoto, Takeda & Toyama, 2004). Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το βάδισμα αποτελεί έναν τρόπο γύμνασης που είναι προσιτός σε όλους, ανεξαρτήτως ηλικία. Η μικρή, όμως, και αντικρουόμενη επίδρασή του στην οστική πυκνότητα, δεν το καθιστά ως την ιδανική μορφή άσκησης στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης.

Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές μελέτησαν την επίδραση άλλων μορφών άσκησης με υψηλότερη επιβάρυνση, όπως ασκήσεις με άλματα, τα οποία είχαν θετικά αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα προεμμηνοπαυσιακών γυναικών (Heinonen et al., 1996; Kontulainen et al., 2004). Παρόμοια προγράμματα άσκησης με υψηλό φορτίο κρούσης χρησιμοποιήθηκαν και σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, αλλά τα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα δεν διαφοροποιήθηκαν σημαντικά από εκείνα με χαμηλό φορτίο

κρούσης (Grove & Londeree, 1992). Επομένως, προγράμματα άσκησης με υψηλό φορτίο κρούσης είναι προτιμότερο να επιλέγονται στην προεμμηνοπαυσιακή φάση της γυναίκας, καθώς στη μετεμμηνοπαυσιακή ηλικία, δε σημειώθηκε αντίστοιχη αναβολική ανταπόκριση του οστού (Basse, Rothwell, Littlewood & Pye, 1998; Sugiyama, Yamaguchi, & Kawai, 2002; Wallace & Cumming, 2000). Επίσης, είναι δύσκολα να εφαρμοστούν σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, καθώς αντιμετωπίζουν άλλα προβλήματα υγείας, όπως οστεαρθρίτιδα, πόνους στη μέση και δεν είναι ευχάριστη για τις ασκούμενες, με αποτέλεσμα να μην είναι συνεπείς στο πρόγραμμα άσκησης. Για το λόγο αυτό, οι ερευνητές στράφηκαν στις ασκήσεις με αντιστάσεις, που πειραματικά απέδειξαν ότι μπορούν να προκαλέσουν δυνάμεις μεγάλης φόρτισης στα οστά (Anderson et al., 1996).

Οι μελετητές Kelley, Kelley & Tran (2001) προσπάθησαν να εκτιμήσουν τα αποτελέσματα δεκαεπτά ερευνών, που αφορούσαν στην επίδραση της άσκησης με αντιστάσεις στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων, του ισχίου και του αντιβραχιόνιου μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών. Συμπεράναν ότι οι ομάδες άσκησης διατήρησαν την οστική τους πυκνότητα κατά 0.33% στο ισχίο σε σύγκριση με τις ομάδες ελέγχου, -0.05% ($p < 0.05$). Στους οσφυϊκούς σπονδύλους και οι δύο κατηγορίες ομάδων παρουσίασαν μείωση -0.19% και -1.45% ($p < 0.05$) αντίστοιχα, ενώ στο αντιβραχιόνιο παρατηρήθηκε αύξηση στις ομάδες άσκησης κατά 1.22% και μείωση -0.95% ($p < 0.05$) στις ομάδες ελέγχου. Η μεγαλύτερη αύξηση επήλθε στο αντιβραχιόνιο, μάλλον, γιατί η περιοχή αυτή δεν ήταν συνηθισμένη σε καθημερινές φορτίσεις, όπως συμβαίνει με το ισχίο και τη σπονδυλική στήλη που δέχονται καθημερινά μηχανικά ερεθίσματα, όπως με το περπάτημα. Για το λόγο αυτό, η οστική πυκνότητα του αντιβραχιόνιου είχε και τη μεγαλύτερη πρόοδο με τα προγράμματα άσκησης. Επίσης, υποστήριξαν ότι ο καθορισμός του ιδανικού προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις για τη βελτίωση της οστικής πυκνότητας δεν είναι εφικτός αλλά πρότειναν την τήρηση των γενικών αρχών σχεδιασμού των προπονητικών προγραμμάτων, όπως την αρχή της ατομικότητας και τη βαθμιαία αύξηση της επιβάρυνσης.

Επίσης, οι Layne και Nelson (1999) επισήμαναν ότι ένα πρόγραμμα με αντιστάσεις προοδευτικής έντασης, ίσως, να συντελέσει στη διατήρηση της σκελετικής υγείας ή και την αύξηση της οστικής πυκνότητας στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο. Η προπόνηση με αντιστάσεις υψηλής έντασης θεωρήθηκε, ότι έχει τα καλύτερα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα (Layne & Nelson 1999), του ισχίου ($+0.008\text{g/cm}^2$, $p < 0.01$) σε σχέση με αυτήν της σπονδυλικής στήλης ($+0.006\text{g/cm}^2$, $p = 0.17$) (Martyn-James & Carroll, 2006). Όσον

αφορά στην ένταση της άσκησης, σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και ο Vuori (2001), ο οποίος υποστήριξε ότι η άσκηση υψηλής έντασης προκαλεί ικανοποιητική οστεογενετική απάντηση στην περιοχή του οστού, που δέχεται κυρίως τη φόρτιση. Επισήμαναν, όμως, ότι σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, με ήδη υψηλή οστική πυκνότητα, δύσκολα επιτυγχάνονται περαιτέρω βελτιώσεις, ανεξάρτητα του προγράμματος άσκησης (Sinaki et al. 1996).

Τα τελευταία χρόνια, ο συνδυασμός προγραμμάτων δύναμης και αερόβιας μορφής άσκησης βρίσκει περισσότερους υποστηρικτές για την πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης (Kemmler & Engelke, 2004; Asikainen, Kukkonen-Harjula & Miilunpalo, 2004). Τα αποτελέσματα ερευνών υποστηρίζουν ότι συνδυάζουν υψηλή ένταση, κατακόρυφη επιβάρυνση, ποικιλία ασκήσεων, που μπορούν να προκαλέσουν μυϊκές συσπάσεις σε διαφορετικές μυϊκές ομάδες και να προκαλέσουν μηχανικές φορτίσεις μεγαλύτερες από αυτές που δέχονται, συνήθως, τα οστά.

Γενικότερα, φαίνεται από τις ανασκοπήσεις ότι δεν έχει ακόμη καθοριστεί το ιδανικό πρόγραμμα στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης. Επίσης, συμπεραίνεται ότι η άσκηση μπορεί να επιδράσει θετικά στην οστική πυκνότητα μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών. Η αύξηση, όμως, που μπορεί να προκληθεί, είναι ποσοτικά πολύ μικρή, λαμβάνοντας υπόψη ότι για να κριθεί κλινικά ικανοποιητική στη μείωση του κινδύνου κατάγματος πρέπει να ξεπερνά το 5% (Guyatt et al., 2002). Επομένως, τα οφέλη της άσκησης δεν πρέπει να εστιάζονται μόνο στη μεταβολή της οστικής πυκνότητας, αλλά και στις προσαρμογές της σύνθεσης του σώματος (μείωση του ποσοστού λίπους, αύξηση της μυϊκής μάζας) και σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης (αύξηση της μυϊκής δύναμης) που συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου καταγμάτων.

Προγράμματα αερόβιας άσκησης σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα και καταγράφονται τα συμπεράσματα σχετικών μελετών, όπου εφαρμόστηκαν προγράμματα αερόβιας άσκησης (Πίνακας 2.4).

Οι Grove και Londeree (1992) προσπάθησαν να διερευνήσουν εάν η αύξηση των δυνάμεων που δέχεται το οστόν, και επομένως της φόρτισης, προκαλεί θετικότερα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O2-O4) σε γυναίκες με πρόσφατη εμμηνόπαυση. Για το λόγο αυτό, εκτός από την ομάδα ελέγχου, όρισαν δύο ομάδες άσκησης, που η μία ακολουθούσε πρόγραμμα με ασκήσεις χαμηλού φορτίου κρούσης (<1.5 x ΣΒ), όπως αργό και γρήγορο περπάτημα και η άλλη υψηλού φορτίου

κρούσης, όπως επιτόπιο τρέξιμο, αλματάκια ($>2 \times \Sigma B$). Τελικά, διαπίστωσαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας ανάμεσα στις δύο ομάδες άσκησης (Πίνακας 2.4.). Αποδείχθηκε όμως ότι, άσκηση είκοσι λεπτών, με περιεχόμενο χαμηλού ή υψηλού φορτίου κρούσης (impact), τρεις φορές την εβδομάδα, διάρκειας ενός έτους σε υγιείς, πρόσφατα μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, εμπόδισε την οστική απώλεια, που σημειώθηκε στην ομάδα ελέγχου (-6.08%, $p < 0.05$).

Επίσης, άσκηση υψηλού φορτίου κρούσης (high-impact) εφάρμοσαν οι Welsh & Rutherford (1996) σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες καθώς και σε άντρες άνω των 50 ετών, για δώδεκα μήνες. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα περιελάμβανε στο κύριο μέρος, stepping (βαθμίδα ύψους 10.2εκ), αλματάκια, skipping, έντασης έως 75% ΜΚΣ. Η οστική πυκνότητα των ασκουμένων αυξήθηκε σημαντικά μόνο στην περιοχή του τροχαντήρα (2.2%, $p < 0.05$). Αυτή η επίδραση της άσκησης στη μείωση του ρυθμού οστικής απώλειας, ίσως, ενισχύεται και με τη σημαντική μείωση των βιοχημικών δεικτών οστικής απορρόφησης, -19% της πυριδινολίνης (Pyr), και -20% της δεοξυπυριδινολίνης, που παρατηρήθηκαν μετά την ολοκλήρωση προγράμματος διάρκειας έξι μηνών. Αντίθετα, η οστική πυκνότητα του αυχένα μηριαίου μειώθηκε σημαντικά στην ομάδα ελέγχου (Πίνακας 2.4.), όπως και η μέγιστη δύναμη του τετρακέφαλου (-6.29%, $p < 0.01$) με αποτέλεσμα να διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη τιμή των ασκουμένων (+5.4%). Επομένως, οι ερευνητές υποστήριξαν ότι το πρόγραμμα που ακολούθησαν είχε θετικά αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα του μηριαίου και τη μυϊκή δύναμη του τετρακέφαλου, χωρίς όμως να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών παραγόντων.

Σύγχρονη έρευνα (Borer, Fogleman, Gross, La New & Dengel, 2007) επανέρχεται στη διερεύνηση της ωφελιμότητας του βαδίσματος στην οστική πυκνότητα μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, με τη διαφοροποίηση ότι οι ερευνητές προσπάθησαν να προσδιορίσουν την ιδανική ταχύτητα και ένταση του βαδίσματος. Το πρωτόκολλο άσκησης περιελάμβανε βάδισμα 4.8 χιλιόμετρα πέντε φορές εβδομαδιαίως για τριάντα εβδομάδες, συγκρίνοντας τη χαμηλή ένταση 62% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max) με την υψηλή ένταση που ορίστηκε στο 88% VO_2max . Οι ερευνητές συμπέραναν ότι η ομάδα υψηλής έντασης διατήρησε την ολική οστική πυκνότητα σε αντίθεση με την ομάδα χαμηλής έντασης που τη μείωσε (Πίνακας 2.4.). Επίσης, όρισαν ως αποτελεσματικά τα 4.8 χιλιόμετρα, τέσσερις φορές εβδομαδιαίως με ρυθμό από 6.14 χλμ/ώρα και καρδιακή συχνότητα άνω του 82.3% της αναμενόμενης μέγιστης καρδιακής συχνότητας, που αντιστοιχεί στην ηλικία της ασκούμενης.

Συμπεραίνεται ότι η αερόβια άσκηση δε λειτουργεί ως οστεογενητικό ερέθισμα στη μετεμμηνοπαυσιακή ηλικία αλλά ως μέσο αναστολής της οστικής αποδόμησης, κυρίως στο ισχίο, περιοχή επίδρασης της άσκησης. Οι ερευνητές συστήνουν τη διερεύνηση άλλων μορφών άσκησης, που μπορούν να δράσουν περισσότερο στοχευμένα σε επιθυμητά και ίσως ευπαθή σημεία του σκελετού.

Προγράμματα άσκησης με αντιστάσεις σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες

Προγράμματα δύναμης με αντιστάσεις εφαρμόστηκαν σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα και καταγράφονται συμπεράσματά σχετικών μελετών (Πίνακας 2.5.).

Συγκεκριμένα, οι Ryan και συν. (1998) προσπάθησαν να διερευνήσουν την επίδραση ενός προγράμματος δύναμης υψηλής έντασης (90% ME), διάρκειας τεσσάρων μηνών με συχνότητα τρεις φορές την εβδομάδα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Τα αποτελέσματα της έρευνας δεν παρουσίασαν καμιά στατιστικά σημαντική διαφορά στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O2-O4), του αυχένα, του τροχαντήρα και του τριγώνου Ward's του μηριαίου μετά το τέλος του προγράμματος, ούτε και στους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής, δηλαδή της οστικής αλκαλικής φωσφατάσης ορού, της οστεοκαλσίνης ορού και του αμινο-τελικού πεπτιδίου του προκολλαγόνου τύπου I στα ούρα (Πίνακας 2.5.). Όσον αφορά στη δύναμη, υπολογίστηκε αύξηση της μέγιστης δύναμης σε όλες τις μεγάλες μυϊκές ομάδες, ενώ στατιστικά σημαντική μείωση ($p < 0.05$), υπήρξε στο σωματικό βάρος και το δείκτη σωματικής μάζας, χωρίς αλλαγή στην αναλογία των περιφερειών μέσης/ισχίου. Η μικρή διάρκεια του προγράμματος πιθανολογείται ως αιτία έλλειψης σημαντικής αύξησης της οστικής πυκνότητας.

Επίσης, οι Nichols και συν. (1995) εφάρμοσαν σε ήδη ασκούμενες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες πρόγραμμα με αντιστάσεις υψηλής έντασης (80% ME, 1-3 σετ, 10-12 επαναλήψεις), τρεις φορές εβδομαδιαίως. Παρά την αύξηση της μέγιστης δύναμης, ιδίως των μυϊκών ομάδων του άνω μέρους του σώματος, δε σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O2-O4) και του μηριαίου σε διάρκεια έξι και δώδεκα μηνών. Αυτό, ίσως, οφειλόταν στο γεγονός ότι το δείγμα γυμναζόταν και πριν την ένταξή του στο συγκεκριμένο πρόγραμμα άσκησης και είχε υψηλές τιμές οστικής πυκνότητας.

Σε μια άλλη ερευνητική εργασία, οι Maddalozzo και Snow (2000) συνέκριναν τα αποτελέσματα ενός προγράμματος άσκησης μέτριας έντασης (60% 1ME) με αντιστάσεις

σε μηχανήματα, σε σχέση με αντίστοιχο πρόγραμμα υψηλής έντασης (70-90% ME) με ελεύθερα βάρη, σε ομάδα ηλικιωμένων ανδρών και μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, διάρκειας έξι μηνών. Στις γυναίκες δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων στην ολική ή τοπική πυκνότητα, που αποδόθηκε κυρίως στο γεγονός ότι οι ασκούμενες γυναίκες ήταν πρόσφατα μετεμμηνοπαυσιακές (<5 έτη). Στην έρευνα αυτή τονίζεται η σημασία της μετεμμηνοπαυσιακής ηλικίας σε σχέση με τα αποτελέσματα της άσκησης, το οποίο θα ήταν ίσως πιο αξιόπιστο με την ύπαρξη ομάδας ελέγχου.

Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάστηκαν και στην έρευνα των Bemben και συν. (2000). Δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστική διαφορά στην οστική πυκνότητα γυναικών μετά την εμμηνόπαυση, που ακολούθησαν πρόγραμμα με αντιστάσεις μέτριας έντασης (40% ME, 16 επαναλήψεις) και αυτών που εκτελούσαν ασκήσεις υψηλής έντασης (80% ME, 8 επαναλήψεις), διάρκειας έξι μηνών (Πίνακας 2.5.). Ενώ, και οι δυο ομάδες παρουσίασαν σχεδόν ίδια αύξηση δύναμης σε όλες τις μεγάλες μυϊκές ομάδες.

Αντίθετα, οι Kerr και συν. (1996) επισήμαναν αύξηση της οστικής πυκνότητας στον τροχαντήρα και το τρίγωνο Ward's του μηριαίου σε ομάδα που ακολούθησε για ένα χρόνο πρόγραμμα δύναμης υψηλής έντασης, (3 σετ των 8 επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης), ενώ αντίστοιχη αύξηση δε σημειώθηκε στην ομάδα που εκτελούσε πρόγραμμα αντοχής στη δύναμη (3 σετ των 20 επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης) (Πίνακας 2.5.). Επίσης, παρατηρήθηκε θετική συσχέτιση στην αύξηση της οστικής πυκνότητας του τροχαντήρα και του τριγώνου Ward's με τις εκτάσεις ισχίου. Η μέγιστη δύναμη αυξήθηκε στον ίδιο βαθμό σε όλες τις ασκήσεις και των δυο ομάδων. Από τα παραπάνω, οι ερευνητές συμπέραναν ότι η ένταση της άσκησης είναι σημαντικότερη από τον αριθμό των επαναλήψεων στην επίδραση της οστικής πυκνότητας γυναικών με πρόσφατη εμμηνόπαυση.

Σε γυναίκες με πρόσφατη εμμηνόπαυση που συμμετείχαν για ένα έτος σε πρόγραμμα αντιστάσεων με δύο ασκήσεις (άρση θανάτου και ημικαθίσματα), στο 60%-75% της ME, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αύξηση της ΟΠ στη σπονδυλική στήλη συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου (Maddalozzo et al., 2007). Οι γυναίκες που ακολούθησαν παράλληλα με το πρόγραμμα άσκησης και θεραπεία υποκατάστασης ορμονών παρουσίασαν ακόμη καλύτερα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης, ενώ μείωση παρατηρήθηκε στην ομάδα που ακολούθησε μόνο θεραπεία υποκατάστασης ορμονών. Επομένως, η άσκηση με βάρη σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προαναφερθείσας έρευνας μπορεί να δράσει θετικά στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο

της γυναίκας και να αντιστρέψει το ρυθμό μείωσης της οστικής πυκνότητας, που προκαλεί κατά κύριο λόγο η έλλειψη οιστρογόνων. Επίσης, ο συνδυασμός άσκησης και θεραπείας υποκατάστασης ορμονών φαίνεται να είναι ο ιδανικός.

Εκτός από τη συμβολή της άσκησης και τη θεραπεία υποκατάστασης ορμονών στην αύξηση της οστικής πυκνότητας, άλλοι ερευνητές (Cussler et al., 2005) προσέθεσαν και την επαρκή πρόσληψη ασβεστίου. Συμπεράναν ότι το πρόγραμμα δύναμης μπορεί να είναι αποτελεσματικό για την οστική πυκνότητα, όταν είναι μακροχρόνιο και ακολουθείται συστηματικά (τουλάχιστον 3 προπονήσεις εβδομαδιαίως) σε συνδυασμό με την πρόσληψη ασβεστίου, περίπου 1700mg ημερησίως, εφόσον δεν ακολουθείται ορμονική θεραπεία.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι αποτελεσματικότερη οστεογεννητική απάντηση στην άσκηση επιτυγχάνεται με πρόσληψη ασβεστίου, απαραίτητη για να σταθεροποιηθεί το νεοσχηματισμένο οστόν, και με έκθεση στον ήλιο ή συμπληρωματική χορήγηση βιταμίνης D (Iwamoto et al., 2001). Επιπρόσθετα, ο συνδυασμός οιστρογόνων και άσκησης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνει την οστική πυκνότητα, τη μηχανική αντοχή του οστού, αλλά μπορεί να παρουσιάσει παρενέργειες στο στήθος και το ενδομήτριο (Dalsky et al., 1988; Ταμπακούδης & Μανταλενάκης, 1997).

Επίσης, συμπεραίνεται ότι η συστηματική και μακροχρόνια άσκηση με βάρη μπορεί να δράσει θετικά στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο της γυναίκας και να μειώσει το ρυθμό οστικής απώλειας, χωρίς όμως τα αντίστοιχα αποτελέσματα να ισχύουν σε πρόσφατα μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες ή σε γυναίκες με υψηλή οστική πυκνότητα. Όσον αφορά στα χαρακτηριστικά του προγράμματος δύναμης, που θα αποδώσουν στο μέγιστο τα κατάλληλα μηχανικά ερεθίσματα στο οστόν και θα οδηγήσουν σε οστεογένεση αντικρουόμενα είναι τα συμπεράσματα και χρήζουν περαιτέρω έρευνας.

Προγράμματα άσκησης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα

Όσον αφορά στην επίδραση της άσκησης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα πραγματοποιήθηκαν ανάλογες έρευνες. Οι Chien και συν. (2000) εφάρμοσαν πρόγραμμα άσκησης έξι μηνών με συχνότητα τρεις φορές την εβδομάδα σε οστεοπενικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, που περιελάμβανε βάδισμα διάρκειας 30 λεπτών, στο 70-85% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και stepping 10 λεπτών, σε βαθμίδα ύψους 20 εκατοστών. Η οστική πυκνότητα αυξήθηκε στους οσφυϊκούς σπονδύλους (O2-O4) και κυρίως στο μηριαίο αυχένα των ασκούμενων γυναικών, ενώ

μειώθηκε αντίστοιχα στην ομάδα ελέγχου (Πίνακας 2.6.). Ακόμη, παρουσιάστηκε στην ομάδα άσκησης σημαντική βελτίωση της μέγιστης δύναμης και αντοχής του τετρακέφαλου μυός και της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max). Αντίθετα, στην ομάδα ελέγχου δεν βρέθηκε βελτίωση σε καμία παράμετρο της φυσικής κατάστασης. Επομένως, σύμφωνα με τους Chien και συν., το πρόγραμμα άσκησης που επηρεάζει θετικά την οστική πυκνότητα οστεοπενικών και οστεοπορωτικών γυναικών περιέχει ασκήσεις αερόβιας μορφής, υψηλής κρούσης και έντασης άνω του 70% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_2max).

Οι προσαρμογές που θα προκαλούσε πρόγραμμα βάδισης χαμηλότερης έντασης 50% VO_2max για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ερευνήθηκαν σε άλλη έρευνα (Yamazaki et al., 2004). Το πρωτόκολλο άσκησης περιελάμβανε βάδισμα περίπου 8000 βήματα ελάχιστης διάρκειας μίας ώρας, τέσσερις φορές εβδομαδιαίως, για ένα έτος. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια μικρή αύξηση στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O2-O4), στατιστικά σημαντική συγκριτικά με την μείωση της οστικής πυκνότητας που παρουσιάστηκε στην ομάδα ελέγχου. Στους οστικούς δείκτες το N-τελοπεπτίδιο και η οστική αλκαλική φωσφατάση μειώθηκαν στατιστικά σημαντικά, ενώ σημαντική αλλαγή δε σημειώθηκε στα επίπεδα της οστεοκαλσίνης (Πίνακας 2.6.). Η αύξηση της οστικής πυκνότητας στην ομάδα άσκησης σε συνδυασμό με τη μείωση των επιπέδων του N-τελοπεπτιδίου (δείκτης οστικής αποδόμησης) φανερώνει τάση ενεργοποίησης του αντιοστεοκλαστικού μηχανισμού μέσω της επίδρασης της άσκησης, που δεν ήταν όμως ικανή να προκαλέσει σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα.

Μια άλλη έρευνα (Iwamoto, Takeda & Ichimura, 2001) εξέτασε την επίδραση της άσκησης σε οστεοπορωτικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, οι οποίες λάμβαναν καθημερινά συμπλήρωμα ασβεστίου (2.0 g) και βιταμίνης D3 (1μg). Το πρόγραμμα άσκησης περιελάμβανε γρήγορο βάδισμα (κατά μέσο όρο 7909 ± 2445 βήματα ημερησίως το πρώτο έτος και 8511 ± 2622 βήματα ημερησίως το δεύτερο έτος) και γυμναστικές ασκήσεις (άρσεις κάτω σκέλους, ημικαθίσματα, κοιλιακούς, ραχιαίους), τουλάχιστον πέντε φορές την εβδομάδα για δυο έτη. Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα άσκησης μετά το τέλος του πρώτου και δεύτερου έτους και στατιστικά σημαντική σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου (Πίνακας 2.6.). Επτά γυναίκες που σταμάτησαν να συμμετέχουν στο πρόγραμμα άσκησης μετά το πρώτο έτος δεν διατήρησαν την αυξημένη οστική πυκνότητα. Αλλαγές σημαντικές στα επίπεδα του ορού ασβεστίου, φωσφόρου και αλκαλικής φωσφατάσης δεν υπήρξαν σε καμία ομάδα αλλά ούτε και μεταξύ τους (Πίνακας 2.6.).

Επομένως, το γρήγορο περπάτημα και οι συγκεκριμένες γυμναστικές ασκήσεις σε συνδυασμό με συμπλήρωμα ασβεστίου και βιταμίνης D μπορούν να επιδράσουν θετικά στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας οστεοπορωτικών γυναικών, με την προϋπόθεση να εφαρμόζονται καθημερινά και μακροχρόνια. Αντίθετα, η διακοπή της άσκησης θα επαναφέρει την οστική πυκνότητα στα αρχικά χαμηλά της επίπεδα.

Επίσης, οι Kemmler και συν. (2003), στο σχεδιασμό της έρευνά τους σε οστεοπορωτικές γυναίκες διάρκειας δεκαεσσάρων μηνών, θεώρησαν απαραίτητη την πρόσληψη συμπληρώματος ασβεστίου και βιταμίνης D, ώστε το πρόγραμμα άσκησης υψηλής κρούσης σε συνδυασμό με την άσκηση δύναμης, που εφάρμοσαν, να έχει θετικά αποτελέσματα στην οστική τους πυκνότητα. Στην οσφυϊκή μοίρα παρουσιάστηκε μικρή αλλά στατιστικά σημαντική αύξηση χωρίς αντίστοιχα αποτελέσματα στο ισχίο (Πίνακας 2.6). Αυτό, ίσως, οφείλεται στο γεγονός ότι η άσκηση δύναμης υψηλής έντασης άρχισε μετά τους πρώτους επτά μήνες εφαρμογής του προγράμματος. Επίσης, το ισχίο αποτελείται σε μεγαλύτερη αναλογία από συμπαγές οστόν που δεν είναι τόσο μεταβολικά ενεργό όσο το σπογγώδες, που αποτελούνται οι οσφυϊκοί σπόνδυλοι. Για αυτό, οι συγγραφείς αναφέρουν ότι η κεφαλή του μηριαίου θα είχε σημαντική ανταπόκριση στο συγκεκριμένο πρόγραμμα άσκησης μετά από δύο ή τρία έτη εφαρμογής του.

Μακροχρόνιο πρόγραμμα άσκησης, πενταετούς διάρκειας (Walker, Klentrou, Chow & Pyley, 2000) πραγματοποιήθηκε σε οστεοπορωτικές γυναίκες. Στην έρευνα αυτή παρατηρήθηκε ότι η άσκηση με επίβλεψη είχε θετικότερα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα, ιδίως, του ισχίου σε σύγκριση με την ομάδα που ασκούσαν στο σπίτι χωρίς επίβλεψη και καθοδήγηση (Πίνακας 2.6). Οι ερευνητές κρίνουν αυτή τη διαφορά μικρή και θεωρούν παρόμοια τα αποτελέσματα που προέρχονται από επιτηρούμενη ή μη άσκηση. Τονίζουν ότι η άσκηση είναι σημαντικό να γίνει τρόπος ζωής και το κάθε άτομο να επιλέγει τον τρόπο άσκησης ανάλογα με αυτό που του ταιριάζει για να έχει διάρκεια. Η αύξηση της οστικής πυκνότητας στους οσφυϊκούς σπονδύλους και στις δύο ομάδες ήταν σημαντική αλλά, ίσως, να ήταν υποβοηθούμενη από τη φαρμακευτική ή ορμονική θεραπεία που ακολουθούσαν μερικές γυναίκες στο διάστημα εφαρμογής του προγράμματος.

Πρόγραμμα άσκησης μεγάλης διάρκειας, τριάντα μηνών, και συχνότητας κατά μέσο όρο τρεις φορές εβδομαδιαίως, εφαρμόστηκε σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπόρωση διαγνωσμένη στο ισχίο (Korpelainen, Kiukaanniemi, Heikkinen, Vaananen & Korpelainen, 2006). Οι ηλικιωμένες γυναίκες που ακολούθησαν το πρόγραμμα άσκησης

η οποία περιελάμβανε κυρίως ασκήσεις ισορροπίας διατήρησαν την οστική πυκνότητα συγκριτικά με τη σημαντική μείωση που παρατηρήθηκε στον αυχένα μηριαίου (-1.1%, $p<0.05$) και τον τροχαντήρα στην ομάδα ελέγχου (-1.6%, $p<0.05$) (Πίνακας 2.6). Επίσης, στη διάρκεια της έρευνας σημειώθηκαν στις ασκούμενες συνολικά έξι πτώσεις που προκάλεσαν κατάγματα, ενώ δεκαέξι στην ομάδα ελέγχου ($p<0.05$). Συμπερασματικά, το όφελος που αποκόμισαν οι ασκούμενες στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν η μείωση του κινδύνου καταγμάτων παρά η αύξηση της οστικής πυκνότητας. Σ' αυτό, μάλλον, συνέβαλε το περιεχόμενο του προγράμματος άσκησης, που ήταν ασκήσεις χαμηλής πρόσκρούσης (impact) με κύριο στόχο τη βελτίωση της ισορροπίας, χωρίς να μπορούμε να αξιολογήσουμε την επιβάρυνση, λόγω ελλιπών στοιχείων του προγράμματος άσκησης.

Επίσης, οι Sinaki και συν. (2002) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η σπουδαιότητα της άσκησης στη μετεμνηνοπαυσιακή περίοδο της γυναίκας έγκειται στη μείωση της συχνότητας καταγμάτων, μέσω της βελτίωσης της μυϊκής δύναμης. Στην έρευνά τους, εφάρμοσαν για δύο έτη πρόγραμμα ενδυνάμωσης των μυών της πλάτης. Στη συνέχεια διαπίστωσαν ότι, έπειτα από οκτώ έτη διακοπής της άσκησης, οι γυναίκες που συμμετείχαν στο διετές πρόγραμμα άσκησης είχαν μειώσει κατά 2.7 φορές τον κίνδυνο οσφυϊκών καταγμάτων σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, που δεν είχε συμμετέχει σε κανένα πρόγραμμα άσκησης. Επίσης, ο ρυθμός απώλειας της μυϊκής δύναμης, που παρουσιάζεται στις γυναίκες από τα πενήντα έως τα ογδόντα έτη, ήταν 1.65% ανά έτος για τις ασκούμενες ενώ 2.7% για την ομάδα ελέγχου. Επομένως, οι ερευνητές συμπέραναν ότι το όφελος της άσκησης σε μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες με πιθανό τον κίνδυνο της οστεοπόρωσης, ίσως, δεν πρέπει να εστιάζεται στην αύξηση της οστικής πυκνότητας αλλά στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης για την αποφυγή καταγμάτων.

Σε αυτό το συμπέρασμα κατέληξαν και οι Hourigan et al. (2008), που διαπίστωσαν ότι το πρόγραμμα άσκησης, που περιελάμβανε ασκήσεις ισορροπίας και μυϊκής ενδυνάμωσης με το βάρος του σώματος, ήταν ικανό μετά το τέλος των είκοσι εβδομάδων να βελτιώσει τη μυϊκή δύναμη και ισορροπία οστεοπενικών γυναικών. Παρόμοια αποτελέσματα είχαν παρουσιαστεί σε παλαιότερη έρευνα (Lord, Ward, Williams & Zivanovic, 1996) με τη διαφορά ότι το πρόγραμμα άσκησης είχε διάρκεια δώδεκα μήνες και απευθυνόταν σε υγιείς γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας. Τα προγράμματα αυτά, όμως, λόγω της περιορισμένης συχνότητάς τους (2x/εβδ) και της χαμηλής έντασης των ασκήσεων δεν προκάλεσαν θετική επίδραση στην οστική πυκνότητα των ασκούμενων γυναικών.

Από τα αποτελέσματα προγραμμάτων άσκησης σε οστεοπενικές και οστεοπορωτικές γυναίκες, φάνηκε βελτίωση της φυσικής τους κατάστασης και κατά συνέπεια μείωση στη συχνότητα των καταγμάτων. Επομένως, στις γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα οι περισσότεροι ερευνητές υποστηρίζουν το καθημερινό περπάτημα ως εύκολη και ακίνδυνη μορφή άσκησης σε συνδυασμό με ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης και ισορροπίας, ως μέσο ελαχιστοποίησης των πτώσεων. Στις σύγχρονες έρευνες, όμως, γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί η επίδραση προγραμμάτων δύναμης υψηλής έντασης και ασκήσεων υψηλής κρούσης, στην οστική πυκνότητα οστεοπορωτικών γυναικών.

Πίνακας 2.4. Σύνοψη αποτελεσμάτων προγραμμάτων αερόβιας άσκησης για την οστική πυκνότητα και διάφορους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n)	ΗΛΙΚΙΑ (yr)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ / ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ	ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
Borer et al. (2007)	LIW (1)=7 HIW (2) =9	58.1±1.1 58.9±1.4	30 μήνες, 5x/εβδ, 4.8 χλμ περπάτημα (1) 62% VO ₂ max, ~ 5.47 km/h (2) 88% VO ₂ max, ~ 6.38 km/h	(1) Ολική ↑ (0.2%) Σπονδυλ. Στήλης ↓ (2.6%) Λεκάνης ↓ (1.8%) Κάτω άκρων ↓ (0.2%) (2) Ολική ↑ (0.5%) Σπονδυλ. Στήλης ↓ (8.4%) Λεκάνης ↑ (1.8%) Κάτω άκρων ↓ (1.3%)	(1) OC ↓ (21.3%) B-ALF ↑ (10.4%) (2) OC ↓ (57.7%) B-ALF ↑ (0.8%)
Grove & Londeree (1992)	LI (1) =5 HI (2) =5 C (3) =5	56.6±4.3 54.0±1.9 56.0±4.5	12 μήνες, 3x/εβδ (1) 20 λεπτά ασκήσεις <1.5xΣΒ (2) 20 λεπτά ασκήσεις >2 xΣΒ	(1) O2-O4 ↔ (0%) ^a (2) O2-O4 ↑ (1.7%) ^β (3) O2-O4 ↓(6.1%) ^β	
Welsh & Rutherford (1996)	EX (1) =15 (6 άνδρες + 9 γυναίκες) C (2) =16 (6 άνδρες + 9 γυναίκες)	57.0±2.7 (άνδρες) 64.0±2.0 (γυναίκες) 56.0±1.9 (άνδρες) 65.0±2.3 (γυναίκες)	12 μήνες, 2-3x/εβδ stepping, skipping, αλματάκια, ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης (διάρκειας 34 λεπτών + 12-18 λεπτά προθέρμανση + 3-5 λεπτά αποθεραπεία)	(1) Ολική ↔ (0%) Σπονδυλ. Στήλης ↔ (0%) FN ↑ (1.6%) ^a Τρίγ. Ward's ↑ (1.9%) Τροχαντήρα ↑ (2.2%) ^β (2) Ολική ↓ (0.9%) Σπονδυλ. Στήλης ↓ (0.9%) FN ↓ (1.9%) ^β Τρίγ. Ward's ↓ (1.2%) Τροχαντήρα ↔ (0%)	(1) Pγρ ↓(11.8%) ^β dPγρ ↓(12.7%) ^β (2) Pγρ ↑(2.4%) dPγρ ↑(1.9%)

C= Ομάδα ελέγχου, EX= Ομάδα άσκησης, HIW= Ομάδα βάδισης υψηλής έντασης, LIW= Ομάδα βάδισης χαμηλής έντασης, HI= Ομάδα άσκησης υψηλού φορτίου κρούσης, LI= Ομάδα άσκησης χαμηλού φορτίου κρούσης, VO₂max= Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ΣΒ= Σωματικό Βάρος, O2-O4= οσφυϊκοί σπόνδυλοι O2-O4, FN= μηριαίος αυχέννας, B-ALF= Οστική αλκαλική φωσφατάση, OC= Οστεοκαλσίνη, Pγρ= Πυριδινολίνη, dPγρ= Δεοξυπιριδινολίνη, α= στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0.05), β= στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0.05)

Πίνακας 2.5. Σύνοψη αποτελεσμάτων προγραμμάτων άσκησης με αντιστάσεις για την οστική πυκνότητα και διάφορους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n)	ΗΛΙΚΙΑ (yr)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ / ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ	ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
Bemben et al. (2000)	HR(1)=7	51.9±2.3	6 μήνες	(1) Ολική ↓ (0.08%)	(1) OC ↑
	HI(2)=10	50.5±2.0	3x/εβδ, πρόγραμμα δύναμης	O2-O4 ↓ (0.5%)	(2) OC ↑
	C(3)=8	52.3± 1.4	12 ασκήσεις (1) 3 σετ, 16 επαναλ, 40% ME (2) 3 σετ, 8 επαναλ, 80% ME	FN ↓ (0.1%) Τρίγ. Ward's ↑ (2.2%) Τροχαντήρας ↔ (0%) (2) Ολική ↓ (1.1) O2-O4 ↓ (0.8%) FN ↓ (0.8%) Τρίγ. Ward's ↓ (0.9%) Τροχαντήρας ↑ (0.6%) (3) Ολική ↓ (0.6%) O2-O4 ↓ (0.7%) FN ↓ (1.1%) Τρίγ. Ward's ↓ (0.5%) Τροχαντήρας ↓ (0.7%)	(3) OC ↑
Kerr et al. (1996)	HR(1)=28	55.7±4.7	1 έτος	(1) FN ↑ (0.2%)	
	HI(2)=28	58.4±3.7	3x/εβδ, πρόγραμμα δύναμης, 11 ασκήσεις (1) 3 σετ, 20 επαν μέχρι εξάντλησης (2) 3 σετ, 8 επαναλ μέχρι εξάντλησης	Τρίγ. Ward's ↑ (1.9%) ^β Τροχαντήρας ↑ (0.3%) ^β (2) FN ↔ (0%) Τρίγ. Ward's ↑ (2.3%) ^β Τροχαντήρας ↑ (1.7%) ^β	
Maddalozzo & Snow (2000)	MI(1)=13	53.1±3.1	6 μήνες	(1) Ολική ↑ (6.0%)	
	HI(2)=9	54.9±3.3	3x/εβδ, πρόγραμμα δύναμης 13 ασκήσεις (1) 3 σετ, 10-13 επαναλ. 40-60%ME (2) 3 σετ, 2-4 επαναλ 90%ME	O2-O4 ↓ (3.6%) FN ↑ (6.7%) Τροχαντήρας ↑ (4.9%) Ισχίου ↑ (7.4%) (2) Ολική ↑ (6.7%) O2-O4 ↑ (0.5%) FN ↑ (6.4%) Τροχαντήρας ↑ (6.9%) Ισχίου ↑ (9.0%)	

C= Ομάδα ελέγχου, HR= Ομάδα άσκησης με πολλές επαναλήψεις, HI= Ομάδα άσκησης υψηλής έντασης, MI= Ομάδα άσκησης μέτριας έντασης, ME= Μέγιστη Επανάληψη, O2-O4= οσφυϊκοί σπόνδυλοι O2-O4, FN= μηριαίος αυχέννας, OC= Οστεοκαλσίνη, α= στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0.05), β= στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0.05)

(συνεχίζεται)

(Πίνακας 2.5. συνέχεια)

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n)	ΗΛΙΚΙΑ (yr)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ/ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ	ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
Maddalozzo et al. (2007)	RT(1) = 29	52.3±3.3	1 έτος, 2x/εβδ,	(1) O1-O4 ↑ (0.2%) ^α	
	HRT(2) = 34	51.8±2.9	πρόγραμμα με ελεύθερα βάρη,	FN ↓ (1.4%)	
	HRT+RT(3) = 33	52.1±3.1	2 ασκήσεις (άρσεις θανάτου,	Τροχαντήρας ↑ (0.2%)	
	C(4) = 29	52.5±3.0	ημικαθίσματα) (3 σετ 60%-75% ΜΕ, 8-12 επαν) 60s διάλειμμα μεταξύ των σετ	Ισχίου ↓ (0.4%) (2) O1-O4 ↓ (0.7%) ^α FN ↓ (2.6%) Τροχαντήρας ↓ (0.7%) Ισχίου ↓ (0.3%) (3) O1-O4 ↑ (0.1%) ^α , FN ↓ (0.6%) Τροχαντήρας ↑ (0.7%) Ισχίου ↑ (0.1%) (4) O1-O4 ↓ (4.3%) FN ↓ (3.2%) Τροχαντήρας ↓ (1.6%) Ισχίου ↓ (2.6%)	
Nichols et al. (1995)	C=17	65.2±1.2	12 μήνες	(1) O2-O4 ↓ (1.4%)	
	RT=17	67.8±1.6	3x/εβδ, πρόγραμμα δύναμης 8 ασκήσεις, (1-3 σετ, 10-12 επαναλ, 80% ΜΕ)	FN ↓ (1.0%) Τροχαντήρας ↑ (4.2%) Ολική ↓ (1.8%) (2) O2-O4 ↓ (1.6%) FN ↓ (1.3%) Τροχαντήρας ↑ (0.9%) Ολική ↓ (3.1%)	
Ryan et al. (1998)	RT=27	62.0±1.0	4 μήνες 3x/εβδ, πρόγραμμα δύναμης 13 ασκήσεις (1-2σετ, 3ΜΕ)	Ολική ↓ (0.5%) O2-O4 ↔ (0%) FN ↓ (0.5%) Τρίγ. Ward's ↑ (0.2%) Τροχαντήρας ↓ (1.2%)	OC ↔ (0%) B-ALF ↑ (1.6%) NTx ↑ (5.3%)

C= Ομάδα ελέγχου, RT= Ομάδα άσκησης με αντιστάσεις, HRT= Ομάδα θεραπείας υποκατάστασης ορμονών, ME= Μέγιστη Επανάληψη, O1-O4= οσφυϊκοί σπόνδυλοι O1-O4, O2-O4= οσφυϊκοί σπόνδυλοι O2-O4, FN= μηριαίος αυχένας, OC=Οστεοκαλσίνη, B-ALF= Οστική αλκαλική φωσφατάση, NTx= αμινοτελικά-διασταυρούμενα πεπτιδία κολλαγόνου, α= στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0.05), β= στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0.05)

Πίνακας 2.6. Σύνοψη αποτελεσμάτων προγραμμάτων άσκησης για την οστική πυκνότητα και διάφορους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής σε οστεοπενικές και οστεοπορωτικές γυναίκες.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n)	ΗΛΙΚΙΑ (yr)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ / ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ	ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
Chien et al. (2000)	EX (1) = 22	57.1±8.6	6 μήνες, 3x/εβδ	(1) O2-O4 ↑ (2.01%)	
	C (2) = 21	57.0±5.4	30min περπάτημα (70-85% VO ₂ max) + 10 λεπτά stepping (96χτύπου/min)	FN ↑ (6.8%) ^β (2) O2-O4 ↓ (2.3%) ^β FN ↓ (1.5%)	
Hourigan et al. (2008)	EX(1)=50	61.5.1±8.2	20 εβδομάδες, 2x/εβδ	(1) O2-O4 ↑ (0.04%)	
	C (2)=48	61.9±9.6	ασκήσεις ισορροπίας + μυϊκής ενδυνάμωσης (διάρκειας 75 λεπτών + 8 λεπτά προθέρμανση + 5 λεπτά αποθεραπεία)	FN ↑ (0.7%) Τρίγ. Ward's ↑ (0.7%) Τροχαντήρας ↓ (0.5%) (2) O2-O4 ↑ (0.5%) FN ↓ (1%) Τρίγ. Ward's ↓ (0.9%) Τροχαντήρας ↑ (1.4%)	
Iwamoto et al. (2001)	EX (1)=7	64.3±3	1 χρόνο 5x/εβδ	(1) O2-O4 ↑ (4.3%) ^{α,β}	(1) Ca ορού ↔ (0%)
	EX(2)=8	65.3±4.7	2 χρόνια 5x/εβδ	(2) O2-O4 ↑ (4.3%) ^{α,β}	P ορού ↓ (2.8%)
	C(3)=20	64.9±5.7	περπάτημα + γυμναστικές ασκήσεις	(3) O2-O4 ↑ (0.9%)	ALF ορού ↑ (14.4%) (2) Ca ορού ↓ (1.06%) P ορού ↓ (2.8%) ALF ορού ↑ (20.5%) (3) Ca ορού ↓ (2.1%) P ορού ↑ (2.9%) ALF ορού ↑ (13.4%)

C= Ομάδα ελέγχου, EX= Ομάδα άσκησης, HRT=Ομάδα θεραπείας υποκατάστασης ορμονών, VO₂max= Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, O2-O4= οσφυϊκοί σπόνδυλοι O2-O4, FN= μηριαίος αυχέννας, ALF= Αλκαλική φωσφατάση, OC= Οστεοκαλσίνη, Ca = ασβέστιο ορού, P= φώσφορος ορού, α= στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0.05), β= στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0.05)

(συνεχίζεται)

(Πίνακας 2.6. συνέχεια)

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n)	ΗΛΙΚΙΑ (yr)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ/ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ	ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
Kemmler et al. (2003)	EX (1) =86 C (2) =51	55.1±3.3 55.8±3.1	14 μήνες, 2x/εβδ (60-70 λεπτά) +2x/εβδ ασκήσεις με λάστιχα και σχοινάκι (25 λεπτά) 1-7 μήνες: 13 ασκήσεις, (2 σετ, 20-12 επαναλ, 50-65% ME) 8-14 μήνες: 9 ασκήσεις, (2-4 σετ, 12 και 3 επαναλ, 70% και 90% ME) + 10 λεπτά τρέξιμο, 5 λεπτά aerobic (low impact), 5 λεπτά aerobic (high impact), αλματάκια 4 σετ x 15 επαναλ και σχοινάκι.	(1) O1-O4 ↑ (1.3%) ^{αβ} FN ↓ (0.8%) Ισχίου ↓ (0.3%) (2) O1-O4 ↓ (1.2%) ^β FN ↓ (1.8%) ^β Ισχίου ↓ (0.8%)	
Korpelainen et al. (2006)	EX (1) =84 C (2) =76	72.9±1.1 72.8±1.2	30 μήνες, 3x/εβδ ασκήσεις ισορροπίας (διάρκειας 45 λεπτών + 15 λεπτά προθέρμανση)	(1) FN↓ (0.6%) Τροχαντήρας↓ (0.3%) (2) FN↓ (1.1%) ^α Τροχαντήρας↓ (1.6%) ^α	
Walker et al. (2000)	EX supervised (1)=42 EX unsupervised (2)=47	63.2±4.3 60.3±3.8	5 έτη, 2x/εβδ 20 λεπτά πρόγραμμα δύναμης με βαράκια (0.45-2.3κ.) + 30 λεπτά περπάτημα και aerobic (70-80% MKΣ)	(1) O1-O4 ↑ (4.4%) ^β FN ↑ (1.1%) (2) O1-O4 ↑ (3.4%) ^β FN ↓ (0.9%)	
Yamazaki et al. (2004)	EX (1) =32 C (2) =18	65.7±2.7 64.2±2.9	12 μήνες, 4x/εβδ Περπάτημα (60 λεπτά τουλάχιστον 8000 βήματα) 50% VO ₂ max	(1) O2-O4 ↑ (1.7%) ^β (2) O2-O4 ↓ (1.9%)	(1) OC ↔ (0%) B-ALF↓ ^β NTx↓ (25%) ^β (2) NTx ↔ (0%)

C= Ομάδα ελέγχου, EX= Ομάδα άσκησης, VO₂max= Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ME= Μέγιστη Επανάληψη, MKΣ= Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα, O2-O4= οσφυϊκοί σπόνδυλοι O2-O4, FN= μηριαίος αυχέννας, B-ALF= Οστική αλκαλική φωσφατάση, OC= Οστεοκαλσίνη, NTx= αμινοτελικά-διασταυρούμενα πεπτιδία κολλαγόνου, α= στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0.05), β= στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0.05)

Άσκηση με μηχανικές δονήσεις

Το γεγονός ότι η άσκηση δε βελτιώνει μόνο τις επιδόσεις των αθλητών, άλλα προσφέρει ευεργετικά οφέλη στην υγεία και τη φυσική κατάσταση σε όλο τον πληθυσμό αποτελεί πλέον αδιαμφισβήτητο τεκμήριο για την αθλητική επιστήμη. Στην προσπάθεια αναζήτησης νέων και αποτελεσματικών μεθόδων άσκησης γίνεται επιστράτευση της σύγχρονης τεχνολογίας. Βασισμένη στη σύγχρονη επιστημονική γνώση, η άσκηση με μηχανικές δονήσεις φαίνεται ότι μπορεί να ενισχύσει τα ευεργετικά αποτελέσματα που προκαλεί η απλή άσκηση τόσο στους αθλητές όσο και στον ευρύτερο πληθυσμό. Η άσκηση με μηχανικές δονήσεις είναι μια νέα και ασφαλής μέθοδος προπόνησης, που ενεργοποιεί αποτελεσματικά τους περισσότερους ιστούς του σώματος, τον οστίτη, το μυϊκό και το νευρικό ιστό (Bosco et al., 1999c; Eisman, 2001; Rittweger, Mutschelknauss & Felsenberg, 2003).

Οι μηχανικές δονήσεις είναι ταλαντευτικές κινήσεις που προκαλούνται με τη βοήθεια μηχανικού ερεθίσματος. Χαρακτηρίζονται από τη συχνότητα της δόνησης, δηλαδή τον αριθμό των ταλαντώσεων ανά δευτερόλεπτο, με μονάδα μέτρησης το Hertz (Hz, c/s), τη μετατόπιση της δόνησης (μετατόπισης σε mm από θέση ισορροπίας) και την επιτάχυνση της ταλάντωσης (που εκφράζεται σε m/sec^2 ή σε επιτάχυνση βαρύτητας: $g = 9,81 m/sec^2$). Αρχικά έγινε προσπάθεια να μελετηθούν οι φυσιολογικές ανταποκρίσεις μετά από μια συνεδρία άσκησης με δονήσεις για να διαπιστωθεί αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική μέθοδος τόσο για μεγιστοποίηση της απόδοσης όσο και σε περιπτώσεις αποκατάστασης ή θεραπείας (Bosco, Cardinale, Tsarpela & Locatelli, 1999b; Issurin, Liebermann & Tenenbaum, 1994).

Τα δεδομένα ερευνών αποδεικνύουν ότι ύστερα από μια συνεδρία με μηχανικές δονήσεις ενεργοποιείται το νευρομυϊκό και καρδιαγγειακό σύστημα και επηρεάζονται τα επίπεδα ορισμένων ορμονών (Bosco et al., 2000; Rittweger, Beller & Felsenberg 2000; Torniven et al. 2002). Τα αποτελέσματα όμως δεν έχουν διευκρινιστεί πλήρως, καθώς διαφοροποιούνται ανάλογα με το πρωτόκολλο άσκησης, που εξαρτάται από τη συχνότητα, την ένταση και τη διάρκεια της δόνησης. Επιπλέον, λόγω του ότι η εκγύμναση με δονήσεις θεωρείται ένας νέος τρόπος άσκησης δεν έχουν μελετηθεί επισταμένα οι επιδράσεις μακροχρόνιων προγραμμάτων στον ανθρώπινο οργανισμό και για αυτό δεν υπάρχουν σαφή συμπεράσματα. Οι πρόσφατες έρευνες προσανατολίζονται στην επίδραση προγραμμάτων δόνησης στο μεταβολισμό του οστού (Cardinale & Wakeling, 2005; Torniven et al., 2003).

Άσκηση με μηχανικές δονήσεις και ερειστικό σύστημα

Το οστόν ανταποκρίνεται στις δυνάμεις, τους κραδασμούς και τις δονήσεις της άσκησης με προσαρμογές που επηρεάζουν την αρχιτεκτονική του. Η μηχανική δόνηση προβάλλεται ως μια εναλλακτική μέθοδος άσκησης, που μπορεί να προκαλέσει τα κατάλληλα ερεθίσματα για αναστολή της οστεοκλαστικής δράσης ή ακόμη και ενεργοποίηση της οστεοβλαστικής (Eisman, 2001).

Η οστική αναβολική δράση των ερεθισμάτων αυτών θεωρήθηκε ότι επιτυγχάνεται είτε άμεσα μέσω μηχανικής φόρτισης είτε έμμεσα, μέσω της ανόδου της ενδομυελικής πίεσης στο οστό. Συγκεκριμένα, οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η φόρτιση που επιτυγχάνεται μέσω των μηχανικών δονήσεων προκαλεί διαταραχή της ενδομυελικής πίεσης και ηλεκτρικά δυναμικά ενέργειας, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ροή του εξωκυττάριου υγρού στα οστεοκυτταρικά κανάλια. Η ροή του υγρού προκαλεί δυνάμεις τάσης στις κυτταρικές μεμβράνες, γεγονός που καταλήγει στον ερεθισμό των οστικών κυττάρων (Rubin et al., 2004).

Τα αποτελέσματα της δράσης των μηχανικών δονήσεων ερευνήθηκαν, αρχικά σε πειραματόζωα. Συγκεκριμένα, αύξηση στην οστική αντοχή και δύναμή παρατηρήθηκε σε ποντίκια με ωθηκεκτομή ύστερα από οκτάμηνο πρόγραμμα με δονήσεις, (Fieger, Karachalios, Khaldi, Raptou & Lyritis, 1998). Επίσης, ύστερα από εφαρμογή προγραμμάτων μηχανικών δονήσεων σε ενήλικα πρόβατα, διάρκειας ενός έτους, παρατήρησαν οι ερευνητές αύξηση της πυκνότητας του δοκιδωτού του μηριαίου οστού κατά 34.2%, και μείωση της πορώδους υφής (Rubin et al., 2002). Επισημαίνεται ότι οι αλλαγές στην οστική πυκνότητα παρατηρήθηκαν στα σημεία εφαρμογής της δόνησης και όχι στο σκελετό συνολικά. Όσον αφορά στο πρόγραμμα που ακολούθησαν, υποστήριξαν την καταλληλότητα και αποτελεσματικότητα των μηχανικών ερεθισμάτων με χαμηλά επίπεδα επιτάχυνσης (<0.3g), υψηλής συχνότητας (20-90Hz) και διάρκειας μικρότερης των τριάντα λεπτών.

Τα θετικά ευρήματα στην αύξηση του σπογγώδους οστού στα σημεία εφαρμογής της δόνησης σε πειραματόζωα αποτέλεσαν το έρεισμα για τη διερεύνηση της επίδραση των μηχανικών δονήσεων στην οστική πυκνότητα και τη μικροαρχιτεκτονική του οστού του ανθρώπου.

Αποτελέσματα προγραμμάτων δόνησης στην οστική πυκνότητα υγιών και οστεοπορωτικών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών

Τα θετικά αποτελέσματα των μακροχρόνιων ερευνών στα πειραματόζωα οδήγησαν τους ερευνητές στην εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης με δονήσεις πρώτα σε υγιή νεαρά άτομα και μετέπειτα σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Ελπιδοφόρος στόχος πάντα η πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης. Οι Torvinen και συν. (2003) ερεύνησαν τα αποτελέσματα οκτάμηνου προγράμματος δόνησης σε νεαρούς άνδρες και γυναίκες και δεν παρατήρησαν σημαντικές διαφορές στην οστική πυκνότητα, τη δομή και τη δύναμη (Πίνακας 2.7.). Το γεγονός ότι το πρόγραμμα δόνησης δεν μπορούσε να αποτελέσει μηχανικό ερέθισμα φόρτισης των οστών, ίσως οφειλόταν στη σύντομη έκθεση των ασκουμένων στη δόνηση (τέσσερα λεπτά), που δεν κρίθηκε επαρκής να προκαλέσει φυσιολογικές προσαρμογές σε αυτήν την κατηγορία ασκουμένων, που περιελάμβανε υγιή δραστήρια, νεαρά άτομα.

Επίσης, οι Russo και συν. (2003) εφάρμοσαν πρόγραμμα δόνησης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, χωρίς να υπάρχουν προσαρμογές στην οστική πυκνότητα του οστού (Πίνακας 2.7.). Η μη ανταπόκριση του οστού στο πρόγραμμα δόνησης, ίσως, ήταν συνέπεια του περιορισμένου αριθμού προπονήσεων (δύο συνεδρίες εβδομαδιαίως) σε συνδυασμό με τη χαμηλή προσέλευση των ασκουμένων στις συνεδρίες δόνησης.

Σύγχρονες θεωρίες υποστηρίζουν ότι ακόμη και χαμηλού φορτίου μηχανικό ερέθισμα, που προκαλεί μικρού μεγέθους παραμορφώσεις στο οστό, αν εφαρμοστεί σε υψηλές συχνότητες, μπορεί να προκαλέσει αύξηση της οστικής μάζας και βελτίωση της μορφολογίας του οστού. Οι Rubin και συν. (2004) εφάρμοσαν πρόγραμμα δόνησης, χαμηλής επιτάχυνσης (0.2g) και υψηλής συχνότητας (30 Hz), σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Πίνακας 2.7.), όπου παρατηρήθηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων. Παρόλα αυτά, η επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι η υψηλή συμμετοχή στο πρόγραμμα άσκησης με δονήσεις (>86%) και το χαμηλό σωματικό βάρος (<65kg) σχετίζεται θετικά με την αύξηση της οστικής πυκνότητας, ιδιαίτερα της οσφυϊκής μοίρας. Οι γυναίκες που ήταν συνεπείς στην εφαρμογή του προγράμματος και αδύνατες είχαν αύξηση κατά 0.18% της ΟΠ στους οσφυϊκούς σπονδύλους, σε σύγκριση με την αντίστοιχη κατηγορία γυναικών στην ομάδα placebo που παρουσίασε μείωση κατά 3.17% ($p<0.01$). Συμπερασματικά, τα χαμηλού επιπέδου μηχανικά ερεθίσματα που εφαρμόστηκαν στην ομάδα άσκησης εμπόδισαν την

οστική απώλεια, αλλά δεν ήταν ικανά να προκαλέσουν οστεογένεση, όπως είχε σημειωθεί στις αντίστοιχες μελέτες σε πειραματόζωα.

Επίσης, οι Ward και συν. (2004) εφάρμοσαν πρόγραμμα άσκησης με δονήσεις χαμηλής επιτάχυνσης (0.3g) και υψηλής συχνότητας (90 Hz) σε παιδιά με κινητικά προβλήματα. Η μηχανική δόνηση θεωρήθηκε ότι λειτούργησε ως υποκατάστατο της μειωμένης μυϊκής δραστηριότητας με αποτέλεσμα να παρατηρηθεί αύξηση 6.3% και 5.5% στην οστική πυκνότητα του δοκιδωτού της κνήμης και των σπονδύλων αντίστοιχα (Πίνακας 2.7).

Σκοπός άλλης έρευνας (Gusi, Raimundo & Leal, 2006) ήταν να προσδιορίσει αν το πρόγραμμα δόνησης ήταν πιο αποτελεσματικό από το βάδισμα στην ΟΠ και την ισορροπία υγιών, μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η άσκηση με μηχανικές δονήσεις προκάλεσε αύξηση της οστικής πυκνότητας (+0.02 g/cm²) στο μηριαίο αυχένα, στατιστικά σημαντική συγκριτικά με τη απώλεια που παρατηρήθηκε στην ομάδα βάδισης (-0.02 g/cm²). Αυτή η αύξηση κρίνεται κλινικά σημαντική στην προστασία της υγείας του οστού δεδομένης της μείωσης της οστικής πυκνότητας στο μηριαίο αυχένα, κατά 0.005 g/cm² ανά έτος στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Επίσης, παρατηρήθηκε τάση αύξησης της ΟΠ στην ομάδα δόνησης και στις υπόλοιπες περιοχές μέτρησης του ισχίου, χωρίς όμως να είναι στατιστικά σημαντική. Στους οσφυϊκούς σπονδύλους δε σημειώθηκε καμία αλλαγή στις δύο ομάδες (Πίνακας 2.7.). Όσον αφορά στην ισορροπία, η ομάδα δόνησης βελτιώθηκε κατά 29% αντίθετα με την ομάδα βάδισης που δεν παρουσίασε καμία πρόοδο. Η θεωρία ότι το οστόν ανταποκρίνεται σε ερεθίσματα διαφορετικά από αυτά που λαμβάνει καθημερινά ενισχύεται από τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας. Στους περιορισμούς της μελέτης θα πρέπει να συνεκτιμηθεί το γεγονός ότι δεν προσδιορίζεται η έντασή του προγράμματος βάδισματος για να μπορεί να αξιολογηθεί. Προτείνεται η περαιτέρω έρευνα των προγραμμάτων με δονήσεις και με συνδυασμό συμβατικής και εναλλακτικής άσκησης.

Επίσης, σε άλλη έρευνα (Verschueren et al., 2004) έγινε προσπάθεια σύγκρισης συμβατικής και εναλλακτικής άσκησης με δονήσεις, ως προς την επίδρασή τους στην οστική πυκνότητα και τη μυϊκή δύναμη. Το πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις επηρέασε σημαντικά τη μυϊκή δύναμη, αλλά δεν είχε αντίστοιχα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα των ασκουμένων γυναικών. Αντίθετα, η ομάδα δόνησης αύξησε κατά 0.93% την οστική πυκνότητα του ισχίου, ενισχύοντας την άποψη για την ωφελιμότητα της άσκησης με δονήσεις στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Πίνακας 2.7.). Το πρόγραμμα δύναμης, όμως, περιελάμβανε μόνο δύο ασκήσεις για τα κάτω άκρα σε αντίθεση με το

πρόγραμμα δόνησης που είχε πέντε και ίσως σε αυτό να οφειλόταν η υπεροχή του, ως προς την επίδρασή του, στην οστική πυκνότητα του ισχίου.

Τα θετικά αποτελέσματα της άσκησης με δονήσεις στην οστική πυκνότητα μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών και η ασφαλής χρήση της οδήγησε τους ερευνητές να εφαρμόσουν πρόγραμμα δόνησης σε οστεοπορωτικές γυναίκες. Οι Ruap και συν. (2008) παρατήρησαν σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητας στους οσφυϊκούς σπονδύλους και τον αυχένα μηριαίου οστεοπορωτικών γυναικών, που ασκήθηκαν με πρόγραμμα δονήσεων για έξι μήνες (Πίνακας 2.7.), υποστηρίζοντας ότι το παρεμβατικό τους πρόγραμμα μηχανικών δονήσεων ήταν κατάλληλο ώστε να επηρεάσει τη σύνθεση και το μεταβολισμό των οστικών κυττάρων. Επίσης, στις οστεοπορωτικές γυναίκες που συμμετείχαν στο πρόγραμμα μειώθηκε ο χρόνιος πόνος στην πλάτη.

Επιπλέον, οι Iwamoto και συν. (2005) παρατήρησαν μείωση του πόνου στην πλάτη σε οστεοπορωτικές γυναίκες, που ακολούθησαν πρόγραμμα δόνησης σε συνδυασμό με φαρμακευτική αγωγή (5mg αλενδρονάτη) και σε σύγκριση με αντίστοιχη ομάδα γυναικών που ακολούθησε μόνο φαρμακευτική αγωγή. Αυτό το αποτέλεσμα οι ερευνητές θεώρησαν πιθανό ότι συνέβαλαν οι δονήσεις, προκαλώντας χαλάρωση στους μύες της πλάτης. Αναφορικά με την οστική πυκνότητα η χρήση της φαρμακευτικής ουσίας, αλενδρονάτης, θεωρήθηκε υπεύθυνη για την αύξηση της οστικής πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα και στις δύο ομάδες, που δεν παρουσίασαν διαφορές μεταξύ τους. Η αλενδρονάτη είναι από τους κύριους εκπροσώπους των διφωσφονικών ουσιών, που φαίνεται να προσκολλώνται στην επιφάνεια των οστών και να καθιστούν τους οστεοκλάστες λιγότερο δραστικούς. Εξάλλου, το πρόγραμμα δόνησης που εφαρμόστηκε μάλλον κρίνεται ανεπαρκές για να προκαλέσει προσαρμογές στην οστική πυκνότητα, με τη μικρή διάρκειά του (4 λεπτά) αλλά και με τη συχνότητά του, που ήταν μόνο μία συνεδρία την εβδομάδα.

Οι πρόσφατες αυτές μελέτες έχουν σκοπό να διερευνήσουν την επίδραση της δόνησης στον οστικό μεταβολισμό και να καταλήξουν στη σύσταση των καταλληλότερων προγραμμάτων άσκησης με δόνηση για την ενεργοποίηση των οστεογενετικών μηχανισμών. Φαίνεται, όμως, ότι ένα πρόγραμμα δόνησης μπορεί να διαφοροποιηθεί ανάλογα με την επιτάχυνση, τη συχνότητα, τη διάρκεια, τη στάση και το βάρος του σώματος, επιφέροντας διαφορετικά αποτελέσματα στο ερειστικό σύστημα. Επομένως, είναι ανάγκη να πραγματοποιηθούν περαιτέρω έρευνες, προκειμένου να προταθούν τα καταλληλότερα προγράμματα δόνησης για την πρόληψη και τη θεραπεία της οστεοπόρωσης και γενικότερα για την εκγύμναση ατόμων μέσης και τρίτης ηλικίας.

Πίνακας 2.7. Σύνοψη αποτελεσμάτων προγραμμάτων άσκησης με δονήσεις στην οστική πυκνότητα και σε διάφορους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n) (ΗΛΙΚΙΑ yr)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ/ 3 ημερ/εβδ	ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΔΟΝΗΣΗΣ/ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ	ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
Gusi et al. (2006)	WBV (1): 14 (66± 6)	8 μήνες 3 ημερ/εβδ	Συχνότητα: 12.6 Hz Μετατόπιση: 3mm (1) Σετ: 6 Διάρκεια: 1 min Διάλειμμα μεταξύ σετ: 1λεπτό	(1) O2-O4 ↓ (1.05%) FN ↑ (2.5%) ^a	
	EX (2): 14 (66 ± 4 yr)		(2) 1 ώρα βάδιση	Τροχαντήρας ↓ (1.5%) (2) O2-O4 ↓ (1.2%) FN ↓ (2.6%) Τροχαντήρας ↓ (1.6%)	
Iwamoto et al. (2005)	WBV + ALN (1): 25 (55-88 yr) οστεοπορωτικές γυναίκες	12 μήνες 1 ημερ/εβδ	Συχνότητα: 20 Hz Μετατόπιση: 0.7-4.2mm Διάρκεια: 4 min	(1) O2-O4 ↑ (10.2%) ^β (2) O2-O4 ↑ (8.4%) ^β	(1) ALP ↓ (27.8%) ^β N-Τελοπεπτιδιο (NTx) ↓ (49.9%) ^β
	ALN (2): 25 (55-88 yr) οστεοπορωτικές γυναίκες				(2) ALP ↓ (22.5%) ^β N-Τελοπεπτιδιο (NTx) ↓ (49.6%) ^β
Ruan et al. (2008)	WBV (1): 51 (61.2± 8.2 yr) οστεοπορωτικές γυναίκες	6 μήνες 5 ημερ/εβδ	Συχνότητα: 30 Hz Μετατόπιση: 5 mm Διάρκεια: 10min	(1) O2-O4 ↑ (4.3%) ^β FN ↑ (3.2%) ^β	
	C (2): 43 (63.7± 5.5 yr) οστεοπορωτικές γυναίκες			(2) O2-O4 ↓ (1.9%) ^β FN ↓ (1.7%) ^β	
Rubin et al. (2004)	WBV (1): 28 (47-67 yr) υγιείς μετεμμηνοπ.	12 μήνες 7 ημερ/εβδ	Συχνότητα: 30 Hz Επιτάχυνση: 0.2 g Μετατόπιση: 55 μm Σετ: 2/ημερ Διάρκεια: 10min	(1) O2-O4 ↓ (0.51%) FN ↓ (0.69%) Τροχαντήρας ↓ (0.07%)	
	Placebo (2): 28 (52-64 yr) υγιείς μετεμμηνοπ.			(2) O2-O4 ↓ (0.65%) FN ↓ (0.27%) Τροχαντήρας ↓ (0.19%)	

WBV= Ομάδα άσκησης με δονήσεις, C=Ομάδα ελέγχου, EX= Ομάδα άσκησης, ALN= Ομάδα φαρμακευτικής αγωγής (αλενδρονάτης), O2-O4= οσφυϊκοί σπόνδυλοι O2-O4, FN= μηριαίος αυχέννας, ALP= Αλκαλική φωσφατάση, NTx= αμινοτελικά-διασταυρούμενα πεπτιδία κολλαγόνου, a= στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0.05), β= στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0.05).

(συνεχίζεται)

(Πίνακας 2.7 συνέχεια)

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n) (ΗΛΙΚΙΑ yr)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ/ 2 ημερ/εβδ	ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΔΟΝΗΣΗΣ	ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
Russo et al 2003	WBV (1): 15 (60.7 ± 6.1 yr) C (2): 14 (61.4 ± 7.3 yr) Υγιείς μετεμμηνοπ.	6 μήνες 2 ημερ/εβδ	Συχνότητα: 12 Hz (1 ^ο μήνα)- 28Hz (2 ^ο -5 ^ο μήνα) Επιτάχυνση: 0.1-10g Σετ: 3 Διάρκεια: 1 min (1 ^ο μήνα)- 2min (2 ^ο -5 ^ο μήνα) Διάλειμμα μεταξύ σετ: 1λεπτό	(1) Κνήμη-Σπογγώδες οστών (vTBMD): ↓ (1.8%) Κνήμη-Συμπαγές οστών (vCBMD): ↓ (0.24%) (2) Κνήμη-Σπογγώδες οστών (vTBMD): ↓ (0.7%) Κνήμη-Συμπαγές οστών (vCBMD): ↓ (0.7%) ^β .	(1) Ca, P, Cr, PTH B-ALP, δεοξυπυριδολίν N-τελοπεπτιδίου ούρων: ↔ (2) Ca, P, Cr, PTH B-ALP, δεοξυπυριδολίν N-τελοπεπτιδίου ούρων: ↔
Torniven et al. 2003	21 άνδρες 35 γυναίκες (19-38 yr)	8 μήνες 3-5 ημερ/εβδ	Συχνότητα: 25-45Hz Επιτάχυνση: 2-8g Διάρκεια: 1-4min	(1) Κνήμη-Σπογγώδες οστών (vTBMD): ↑ (3%) (2) Κνήμη-Σπογγώδες οστών (vTBMD): ↑ (2.5%)	OC, PINP (δείκτη οστικού σχηματισμού): ↔ C-Τελοπεπτιδίου (CTx) (δείκτης οστικής αποδόμησης): ↔
Ward et al. 2004	WBV (1) = 20 (4-19 yr) άτομα με κινητικά προβλήματα Placebo (2): 28 (52-64 yr)	6 μήνες 5 ημερ/εβδ	(1) Συχνότητα: 90 Hz Επιτάχυνση: 2.9 m/sec ² ή 0.3g Μετατόπιση: 100 μm Διάρκεια: 10min	(1) O2-Σπογγώδες οστών (vTBMD): ↑ (5.5%) ^α Κνήμη-Σπογγώδες οστών (vTBMD): ↑ (6.3%) ^α (2) O2-Σπογγώδες οστών (vTBMD): ↑ (0.3%) Κνήμη-Σπογγώδες οστών (vTBMD): ↓ (11.9%)	
Verschueren et al. 2004	WBV (1) = 25 (64.6 ± 3.3 yr) Υγιείς μετεμμηνοπ. EX (2)=22 (63.9 ± 3.8 yr) Υγιείς μετεμμηνοπ. C (3) = 23 (64.2 ± 3.1 yr) Υγιείς μετεμμηνοπ.	6 μήνες 3 ημερ/εβδ	(1) Συχνότητα: 35-40 Hz Επιτάχυνση: 2.28-5.09 g Μετατόπιση: 1.7 – 2.5 mm (1) Ασκήσεις: 5 Διάρκεια: ~ 20 λεπτά (2) 2 ασκήσεις, (2-4 σετ, 20-8 RM) + 20 λεπτά τρέξιμο, stepping ή ποδήλατο, 60-80% ΜΚΣ)	(1) O2-O4 ↔ Ισχίου ↑ (0.9%) ^{β, α} Ολική ↑ (0.44%) (2) O2-O4 ↔ Ισχίου ↓ (0.5%) Ολική ↑ (0.44%) (3) O2-O4 ↔ Ισχίου ↓ (0.6%) Ολική ↓ (0.28%)	(1) OC ↔ C-. Τελοπεπτιδίου (CTx) ↔ (2) OC ↔ C-. Τελοπεπτιδίου (CTx) ↔ (3) OC ↔ C-. Τελοπεπτιδίου (CTx) ↔

WBV= Ομάδα άσκησης με δονήσεις, C= Ομάδα ελέγχου, EX= Ομάδα άσκησης, O2-O4= οσφυϊκοί σπόνδυλοι O2-O4, Ca= ασβέστιο, P= φώσφορος, Cr= κρεατινίνη, PTH= παραθορμόνη, B-ALP= οστική αλκαλική φωσφατάση, OC= οστεοκαλσίνη, PINP= αμινοτελικό πεπτιδίο προκολλαγόνου τύπου I, CTx= καρβοξυτελικά-διασταυρούμενα πεπτιδία κολλαγόνου, α= στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0.05), β= στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0.05).

Άσκηση με μηχανικές δονήσεις και νευρομυϊκό σύστημα

Η άσκηση με μηχανικές δονήσεις προκαλεί δραστηριοποίηση των μυών, μέσω του νωπιαίου αντανακλαστικού (Rittweger et al., 2003). Το μυϊκό αντανακλαστικό προκαλεί αυτόματη και ακούσια μυϊκή σύσπαση ως αντίδραση επιμήκυνσης του μυός λόγω εξωτερικού ερεθίσματος. Η δόνηση που εφαρμόζεται στους μύες ή στον τένοντα αποτελεί το ερέθισμα ενεργοποίησης ενός επαναλαμβανόμενου μυοτατικού αντανακλαστικού (stretch reflex) ή μιας συστολικής αντίδρασης των μυών που ονομάζεται τονικό αντανακλαστικό δονήσεων (Tonic Vibration Reflex-TVR).

Οι μηχανικές δονήσεις διεγείρουν τις μυϊκές ατράκτους, αισθητικές απολήξεις με Ια και ΙΙ νευρικές ίνες που καταλήγουν στο νωπιαίο μυελό, και θέτουν σε λειτουργία το μυοτατικό αντανακλαστικό (stretch reflex). Αυτό με τη σειρά του ενεργοποιεί τους γ- και α-κινητικούς νευρώνες, όπου οι α-νευρώνες διεγείρουν τους μύες για την παραγωγή έργου και οι γ-νευρώνες φορτίζουν τα πολικά άκρα των ατράκτων. Η εκφόρτιση των γ-νευρώνων προκαλεί σύσπαση των πολικών άκρων, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση της ατράκτου που βρίσκεται μεταξύ των δυο πόλων. Η επιμήκυνση αυτή ενεργοποιεί τους α-κινητικούς νευρώνες μέσω των Ια και ΙΙ κεντρομόλων αισθητικών ιών και εκλύεται ξανά το μυοτατικό αντανακλαστικό. Το κύκλωμα, που σχηματίζει ο γ-νευρώνας, η μυϊκή άτρακτος και οι Ια και ΙΙ αισθητικές ίνες, οι οποίες καταλήγουν στον α-κινητικό νευρώνα, αποτελεί το γ-κύκλωμα (gamma loop). Το κύκλωμα αυτό ενεργεί επί νωπιαίου επιπέδου ως ευοδωτικός μηχανισμός για τον α-νευρώνα και την έκλυση μυοτατικών αντανακλαστικών (Λογοθέτης & Μυλωνάς, 1996). Έτσι, οι μύες διατηρούνται συνεχώς σε κάποιο βαθμό ελαφριάς σύσπασης γεγονός που αποτελεί τη βάση για την αυτοδιατήρηση του μυϊκού τόνου.

Ταυτόχρονα, οι μηχανικές δονήσεις αναστέλλουν την ενεργοποίηση των ανταγωνιστών μυών μέσω των Ια νευρώνων (Cardinale & Bosco, 2003; Cardinale & Lim, 2003). Και η ανταπόκριση αυτή, του νευρομυϊκού συστήματος, μπορεί να επιτευχθεί με οδεύσεις τόσο μέσω των μονοσυναπτικών όσο και μέσω των πολυσυναπτικών οδών (Cardinale & Bosco, 2003).

Σημαντική θεωρείται, επίσης, η επιρροή της δόνησης στο κεντρικό νευρικό σύστημα όπου ο πρωτογενής και ο δευτερογενής σωματοαισθητικός φλοιός του εγκεφάλου μαζί με τη συμπληρωματική κινητική περιοχή αποτελούν την επεξεργαστική μονάδα των κεντρομόλων μηνυμάτων. Η δόνηση που εφαρμόζεται σε διαφορετικές συχνότητες είναι ικανή να παράγει αισθητικές και κινητικές παραισθήσεις, που φαίνεται ότι ενεργοποιούν

τη συμπληρωματική κινητική περιοχή και την 4a περιοχή του εγκεφάλου (Naito et al., 2000). Η περιοχή αυτή, λοιπόν, που έχει διεγερθεί από τις προκαλούμενες δονήσεις παραμένει πλέον ενεργοποιημένη και κατά τη διάρκεια των μετέπειτα εκούσιων κινήσεων (Naito et al., 2000). Επομένως, το ερέθισμα των δονήσεων που μεταβάλλει την κατάσταση διεγερσης των περιφερικών και κεντρικών δομών, διευκολύνει κατά πάσα πιθανότητα και τις εκούσιες κινήσεις.

Ενδεικτική των παραπάνω συμπερασμάτων είναι η αύξηση κατά 2.2% του κατακόρυφου άλματος, δύο λεπτά μετά την εφαρμογή των δονήσεων, η οποία, όμως, δε διατηρήθηκε εξήντα λεπτά μετά την εφαρμογή της δόνησης (Torpinen et al., 2002) (Πίνακας 2.8.). Επίσης, ύστερα από πρόγραμμα δονήσεων οκτώ μηνών (Πίνακας 2.7.) παρατηρήθηκε αύξηση στην επίδοση του κατακόρυφου άλματος κατά 7.2% στο πρώτο δίμηνο, 9.5% στο τετράμηνο και 7.7% στο τέλος του προγράμματος (Torpinen et al., 2003). Φαίνεται λοιπόν, να παρουσιάζεται άμεση βελτίωση της δύναμης μετά από την εφαρμογή μηχανικών δονήσεων, λόγω της ενεργοποίησης του μυοτατικού αντανακλαστικού και των κεντρικών μηχανισμών του νευρικού συστήματος, όπως και η δυνατότητα προσαρμογών ύστερα από μακροχρόνιο πρόγραμμα άσκησης με δονήσεις.

Επιπρόσθετα, έχει παρατηρηθεί ότι η χαμηλή συχνότητα (20-30Hz) και η μικρή διάρκεια (4-5 λεπτά χωρισμένα σε σετ του 1 λεπτού) κατά την εφαρμογή των δονήσεων ενεργοποιεί αποτελεσματικότερα το μυοτατικό αντανακλαστικό και την εκούσια συστολή των σκελετικών μυών. Αντίθετα, οι δονήσεις υψηλής συχνότητας και μεγάλης διάρκειας μειώνουν την ικανότητα των μυών για παραγωγή δύναμης, ίσως εξαιτίας της δραστηριοποίησης των ανασταλτικών μυοτατικών αντανακλαστικών ή της μείωσης της ευαισθησίας των μυϊκών ατράκτων (Cardinale & Lim, 2003; Martin & Park, 1997). Κατά συνέπεια, η εκγύμναση με δονήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική μέθοδος άσκησης ή να εφαρμοσθεί σε συνδυασμό με την προπόνηση δύναμης, ισχύος και ταχύτητας (Bosco, Cardinale & Tsarpela, 1999a; Issurin, Liebermann & Tenenbaum, 1994)

Απαραίτητη θεωρείται, ωστόσο, η περαιτέρω μελέτη του θέματος για καθορισμό ασκησιολογίου και προγραμμάτων δόνησης, ανάλογα με την προπονητική ηλικία, τη φυσική κατάσταση, το σκοπό και τους στόχους δράσης. Επομένως, έρευνες που να διερευνούν τους μηχανισμούς δράσης της μηχανικής δόνησης στον ανθρώπινο οργανισμό κρίνονται απαραίτητες.

Άσκηση με μηχανικές δονήσεις και ορμονικές ανταποκρίσεις

Η προπόνηση με μηχανικές δονήσεις προκαλεί μεταβολές στις συγκεντρώσεις της τεστοστερόνης, της αυξητικής ορμόνης και της κορτιζόλης στο αίμα (Bosco et al., 2000). Η αυξητική ορμόνη και η τεστοστερόνη ως αναβολικές ορμόνες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πρωτεϊνοσύνθεση και τη δημιουργία μυϊκού ιστού. Η κορτιζόλη, επιδρά στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών (πρωτεϊνό-λυση) και των λιπών και βοηθά τον οργανισμό να αντεπεξέλθει στο στρες που προκαλεί η έντονη άσκηση. Κατά την άσκηση τα επίπεδα της κορτιζόλης αυξάνουν σημαντικά, ιδιαίτερα όταν αυτή είναι μεγάλης έντασης και διάρκειας. Μετά από προπόνηση με μηχανικές δονήσεις, ωστόσο, παρατηρήθηκε αύξηση μόνο στα επίπεδα της τεστοστερόνης (κατά 7%) και της αυξητικής ορμόνης (κατά 360%), ενώ η συγκέντρωση της κορτιζόλης εμφάνισε πτώση κατά 32% (Bosco et al., 2000). Η ενεργοποίηση του κεντρικού νευρικού συστήματος που εμφανίζεται με την προπόνηση μηχανικών δονήσεων δραστηριοποιεί τον άξονα υπόφυσης-φλοιού επινεφριδίων καθώς και των άλλων συμπαθητικών νευρικών δομών διευκολύνοντας την παραγωγή της αυξητικής ορμόνης (Kjaer, Secher & Galbo, 1987).

Η παραγωγή της κορτιζόλης μετά από προπόνηση με δονήσεις αναστέλλεται ίσως επειδή ο κινητικός φλοιός και η παλίνδρομη ρύθμιση από τους σκελετικούς μύες δεν ανταποκρίνονται στο ερέθισμα ή γιατί επικρατεί μια ανασταλτική επίδραση στον υποθάλαμο από δομές του υπόκαμπου του εγκεφάλου (σεροτονινο-εκκρητικούς νευρώνες) (Bosco et al., 2000). Όλα αυτά υποδεικνύουν μια διαφοροποίηση στην ενεργοποίηση του νευρο-ενδοκρινικού συστήματος κατά την εφαρμογή των μηχανικών δονήσεων. Δηλαδή μετά από προπόνηση με δονήσεις αυξάνονται τα επίπεδα της τεστοστερόνης και της αυξητικής ορμόνης, που δρουν αναβολικά στην πρωτεϊνοσύνθεση και τη δημιουργία μυϊκού ιστού και μειώνεται η καταβολική δράση της κορτιζόλης (Πίνακας 2.8), με αποτέλεσμα να προκαλείται ευεξία και ενεργητικότητα. Οι ορμονικές αυτές μεταβολές κρίνονται σημαντικές για τους αθλητές, αλλά και για τον ευρύ πληθυσμό, που δε γυμνάζεται τόσο συχνά και έντονα όσο οι αθλητές.

Πίνακας 2.8. Σύνοψη οξέων επιδράσεων προγραμμάτων άσκησης με δονήσεις

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n) ΗΛΙΚΙΑ (yr)	ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΔΟΝΗΣΗΣ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΔΟΝΗΣΕΙΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
Bosco et al. (1999a)	12 πυγμάχοι (Ηλικία: δεν αναφέρεται)	Συχνότητα: 30 Hz Μετατόπιση: 6 mm Επιτάχυνση: 34m/sec ²	Σετ: 5 x 60sec Διάλειμμα μεταξύ σετ: 60sec Θέση: ισομετρική δισεφάλου	↑ 12% AP ↑ ΗΜΓ ↓ ΗΜΓ / AP
Bosco et al. (1999c)	6 αθλήτριες βόλεϊ 19.5±2.1yr	Συχνότητα: 26 Hz Μετατόπιση: 10 mm Επιτάχυνση: 54m/sec ²	Σετ: 10 x 60sec Διάλειμμα μεταξύ σετ: 60sec Θέση: όρθια-ημιακροστασία γωνία γόνατος 100°	↑ AV ↑ AF ↑ AP
Bosco et al. (2000)	14 άνδρες 25.1±4.6 yr	Συχνότητα: 26 Hz, Μετατόπιση: 4 mm Επιτάχυνση: 17g	Σετ: 10 x 60sec Διάλειμμα μεταξύ σετ: 60sec Διάλειμμα μεταξύ 5 σετ: 6 min Θέση: όρθια - ακροστασία γωνία γόνατος 100°	↑ 7% T ↑ 360% GH ↓ 32% C ↓ ΗΜΓ / AP ↑ 3.8% CMJ ↑ 7.2% AP
Cardinale & Lim (2003)	7 άτομα (1) 8 άτομα (2) (2 γυναίκες + 13 άνδρες) 20.4±0.5 yr (1) 21.0±2.2 yr (2)	Συχνότητα: 20 Hz, (1) 40 Hz (2) Μετατόπιση: 4 mm Επιτάχυνση: 6.4 m/sec ²	Σετ: 5 Διάρκεια: 60sec Διάλειμμα: 60sec Θέση: ημικάθισμα	(1)↑ 3.9% SJ, ↑ 2.3% CMJ ↑ 10.1% ευλυγισία (2)↓ 3.8% SJ ↓ 3.6% CMJ ↓ 3.3% ευλυγισία
Humphries et al 2004	16 φοιτητές 22.0±4.4 yr	Συχνότητα: 50 Hz Μετατόπιση: ~5 mm Επιτάχυνση: ~13 m/sec ²	Θέση: καθιστή γωνία γόνατος 120°	Μέγιστη ισομετρική δύναμη: ↔ Ρυθμός παραγωγής μέγιστης δύναμης: ↔

ΗΜΓ= ηλεκτομυογράφημα, AP= μέση μυϊκή ισχύς, AF= μέση δύναμη, AV= μέση ταχύτητα, C= Κορτιζόλη, GH= Αυξητική ορμόνη, T= Τεστοστερόνη, CMJ= ύψος άλματος με ταλάντευση, SJ= ύψος άλματος από ημικάθισμα.

(συνεχίζεται)

(Πίνακας 2.8. συνέχεια)

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n) ΗΛΙΚΙΑ (yr)	ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΔΟΝΗΣΗΣ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΔΟΝΗΣΕΙΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
Martin & Park (1997)	10 άτομα 22.6 yr	Συχνότητα: 40, 80, 100, 120, 150, 200 Hz Μετατόπιση: 0.2, 0.3 mm	Σετ: 36 (3 επίπεδα σύσπασης x 6 συχνότητες x 2 μετατοπίσεις) Διάλειμμα μεταξύ σετ: 2 min Θέση: ισομετρική δικεφάλου (0, 10, 20% ΜΕΣ) - εσωτ γωνία πήχη-βραχίονα 120°	Μέγιστος συγχρονισμός των κινητικών μονάδων: 100 Hz. Μικρότερος συγχρονισμός: 200Hz. Μετατοπίσεις: NS
Rittweger et al. (2000)	21 άνδρες 16 γυναίκες 23.5±2.7 yr	Συχνότητα: 26 Hz Επιτάχυνση: 147m/sec ² ή 15g	Διάρκεια: ~5 min Θέση: διάσταση ποδιών 15 cm, ημικαθίσματα μέχρι εξάντλησης (6 sec), 40% ΣΒ επιπλέον φορτίο για άνδρες, 35% ΣΒ για γυναίκες	↑ 30%ΚΣ, ↑ 15% ΣΠ, ↓ 23% ΔΠ ↑ 49% VO ₂ max ↑ 107% La (3.5mmol) ↑ υποκειμενικής κόπωσης (18 κλίμακα Borg) ↓ 10% SJ ↑ δερματικής αιματικής ροής, εμφάνιση ερυθήματος και κνησμού
Rittweger et al. 2001	4 άνδρες 8 γυναίκες 25.2 yr	Συχνότητα: 26 Hz Μετατόπιση: 6 mm	Διάρκεια: 3min Θέση: (1) ισοροπίας (διάσταση ποδιών 24 cm) (2) ημικαθίσματα (κάμψη γόνατος 90°) (3) ημικαθίσματα + 35%-40% ΣΒ	(1) VO ₂ max: 10.2 ml/min*kg (2) VO ₂ max: 14 ml/min*kg (3) VO ₂ max: 17.1 ml/min*kg

ΜΕΣ= Μέγιστη εκούσια σύσπαση, ΚΣ= καρδιακή συχνότητα, ΔΠ= διαστολική αρτηριακή πίεση, ΣΠ= συστολική αρτηριακή πίεση, ΣΒ= Σωματικό Βάρος, VO₂max= Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, SJ= ύψος άλματος από ημικαθίσμα, NS= μη στατιστικά σημαντικό, p>0.05

(Πίνακας 2.8 συνέχεια)

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ	ΔΕΙΓΜΑ (n) ΗΛΙΚΙΑ (yr)	ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΔΟΝΗΣΗΣ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΔΟΝΗΣΕΙΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
Rittweger et al. (2003)	9 άνδρες 24.4±2.8 10 γυναίκες 21.8±2.7	Συχνότητα: 26 Hz Μετατόπιση: 6 mm	Διάρκεια: 30sec Θέση: ημικαθίσματα (κάμψη γόνατος 90°, 6 sec) + 40% ΣΒ	↑ 205% La (5.5mmol) ↑ υποκειμενικής κόπωσης ↑ εύρος τενόντιου αντανακλαστικού (4.34Nm)
Αντωνάκης και συν. (2006)	8 άνδρες 25±2.87	Συχνότητα: 25 Hz, 35Hz, 45Hz	Σετ: 5x60 sec	Αλτική ικανότητα: ↑ 3.67% (στα 25Hz), ↓ 2.27% (στα 35Hz), ↓ 3.67% (στα 45Hz) Ευκαμψία: ↑ 5.18% (στα 25Hz), ↓ 2.78% (στα 35Hz), ↓ 3.99% (στα 45Hz)
Torvinen et al. (2002)	8 άνδρες 8 γυναίκες 18-35 yr	Συχνότητα: 15 Hz (1ο σετ), 20 Hz (2ο σετ), 25 Hz (3ο σετ), 30 Hz (4ο σετ) Επιτάχυνση: 3.5 g (1ο σετ), 6.5g (2ο σετ), 10g (3ο σετ), 14g (4ο σετ) Μετατόπιση: 2 mm	Σετ: 4x60 sec	↑ 2.2% CMJ ↓ ΗΜΓ συχνότητα, ↔ Δυναμική, στατική ισορροπία

ΜΕΣ= Μέγιστη εκούσια σύσπαση, ΚΣ= καρδιακή συχνότητα, ΔΠ= διαστολική αρτηριακή πίεση, ΣΠ= συστολική αρτηριακή πίεση, ΟΑΔ= ομάδα άσκησης με δονήσεις, ΗΜΓ= ηλεκτομυογράφημα, La= γαλακτικό, CMJ= ύψος άλματος με ταλάντευση.

Μηχανικές δονήσεις και καρδιαγγειακό σύστημα

Δεδομένα από οξείες μεταβολές της άσκησης με μηχανικές δονήσεις διάρκειας περίπου πέντε λεπτών, εμφανίζουν αύξηση της καρδιακής συχνότητας κατά 30%, μεταβολή της αρτηριακής πίεσης (αύξηση της συστολικής από 114 mmHg σε 132 mmHg στο τέλος του προγράμματος και μείωση της διαστολικής από 68 mmHg σε 52 mmHg), και ενεργοποίηση της μεταβολισμού, που φτάνει στα επίπεδα της κατανάλωσης οξυγόνου κατά 48.8% της μέγιστης πρόσληψης O₂ (Rittweger et al., 2000). Οι μεταβολές αυτές του καρδιαγγειακού συστήματος αποδόθηκαν σε πιθανή δραστηριοποίηση του νευρομυϊκού συστήματος. Η εμφάνιση κάποιου κνησμώδους ερυθήματος και οιδήματος το οποίο παρατηρήθηκε κυρίως στις περιοχές έντονης εφαρμογής των δονήσεων, οφείλεται πιθανόν στην προκληθείσα διαστολή των αιμοφόρων αγγείων μέσω της άσκησης με δονήσεις (Rittweger et al., 2000). Η αντίδραση αυτή του οργανισμού στην προπόνηση με δονήσεις χρήζει περαιτέρω έρευνας.

Επίσης, σε άλλη μελέτη (Mester, Kleinoder & Yue, 2006) εφαρμόστηκαν έξι διαφορετικά προγράμματα δόνησης 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz με μετατόπιση στα 2 mm και τα 4mm, διάρκειας 30 sec, σε δύο υγιή άτομα, έναν άνδρα (42 ετών) και μια γυναίκα (24 ετών) για να μελετηθεί η επίδραση της δόνησης στο καρδιαγγειακό σύστημα. Μετρήθηκαν οι εξής παράμετροι: καρδιακή συχνότητα (HR), συστολική, διαστολική και μέση αρτηριακή πίεση (sBP, dBP, mBP αντίστοιχα), καρδιακή παροχή (CO), περιφερικές αγγειακές αντιστάσεις (TPR) που υπολογίστηκαν με βάση των τύπο $TPR = mBP / CO$, όπου καρδιακή παροχή είναι αποτέλεσμα της καρδιακής συχνότητας επί του όγκου παλμού (SV). Η τιμή του SV μετρήθηκε από καρδιογράφο (ICG-Impedance Cardiograph).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε όλα τα πρωτόκολλα δόνησης εκτός από αυτό με συχνότητα 50 Hz και 4 mm, οι περιφερικές αντιστάσεις αυξήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια της άσκησης και στους δύο ασκούμενους σε σύγκριση με την έναρξη. Ανάλογα αποτελέσματα παρουσίασε και η μέση πίεση προκειμένου να διατηρηθεί σταθερή η καρδιακή παροχή, ενώ, μετά την άσκηση με δονήσεις παρουσιάστηκε πτώση περιφερικών αντιστάσεων σε επίπεδα χαμηλότερα από αυτά της έναρξης.

Επίσης, μετά από υδροδυναμική ανάλυση των αποτελεσμάτων της άσκησης με δονήσεις στην κυκλοφορία του αίματος διαπίστωσαν, ότι η δόνηση παράλληλα με το αγγείο προκαλεί αύξηση του διατοιχωματικού στρες του αγγείου κυρίως στις υψηλές συχνότητες και στα μεγάλα αγγεία. Αυτό μπορεί να αποτελέσει παράγοντα αύξησης καταστροφής του ενδοθηλίου π.χ. σε πάσχοντα στεφανιαία αγγεία. Το σημαντικότερο

αποτέλεσμα της εφαρμογής δόνησης κάθετα στο αγγείο είναι η παραμόρφωση αυτών και η μετατροπή του σχήματος της εγκάρσιας τομής τους σε ελλειπτικό, ιδίως στα μικρά αγγεία (αρτηριόλια, τριχοειδή κλπ), με συνέπεια την αύξηση της αντίστασης στην αιματική ροή. Έτσι, πιθανόν, εξηγείται η αύξηση των περιφερικών αντιστάσεων στη διάρκεια της άσκησης με δόνηση. Για να διατηρηθεί η απαιτούμενη καρδιακή παροχή ο οργανισμός θα πρέπει με κάποιο τρόπο ή να αυξήσει την αρτηριακή πίεση ή να μειώσει τις περιφερικές αντιστάσεις ή και τα δύο.

Στην παρούσα έρευνα επιβεβαιώθηκε αντίδραση του οργανισμού με πτώση των περιφερικών αντιστάσεων, καθώς διαπιστώθηκαν μετά τη λήξη της άσκησης, τιμές σημαντικά χαμηλότερες από την έναρξη. Αυτό πιθανόν επιτεύχθηκε με αύξηση των τριχοειδών ή διάταση των αγγείων ή και τα δύο. Επομένως, μπορεί να αυξηθεί η συνολική επιφάνεια των μικροαγγείων στους μυς με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ανταλλαγής αερίων και προϊόντων του μεταβολισμού στις μυϊκές ίνες. Αυτό αποτελεί ένα στοιχείο για πιθανά οφέλη που σχετίζονται με τη δόνηση.

Οι ερευνητές βασιζόμενοι σε αυτά τα αποτελέσματα κατέληξαν, ότι είναι προτιμότερο η άσκηση με δονήσεις να αποφεύγεται από άτομα με υπέρταση και γενικότερα ασθενείς καρδιαγγειακών παθήσεων. Εν κατακλείδι, η εφαρμογή ενός προγράμματος άσκησης με δονήσεις προκαλεί ήπιες καρδιαγγειακές μεταβολές, χωρίς να επιβαρύνει δραστικά το μεταβολισμό, παρά το γεγονός ότι προκαλεί έντονες μυοσκελετικές και ορμονικές ανταποκρίσεις. Το επίπεδο της κατανάλωσης οξυγόνου φτάνει στο 50% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, επιτρέποντας την εφαρμογή των προγραμμάτων αυτών και σε άτομα προχωρημένης ηλικίας με διάφορες παθήσεις, όπως είναι η οστεοπόρωση.

Αντενδείξεις στη χρήση μηχανικών δονήσεων

Η άσκηση με δονήσεις, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται από άτομα με υπέρταση και γενικότερα ασθενείς καρδιαγγειακών παθήσεων. Επίσης, οι εταιρείες κατασκευής μηχανημάτων μηχανικών δονήσεων (Nemes-Bosco SystemTM, Power Plate) δεν συνιστούν την άσκηση με μηχανικές δονήσεις στις εξής περιπτώσεις: εγκυμοσύνης, πρόσφατης χειρουργικής επέμβασης, οξείας ή πιθανής θρόμβωσης, οξείας επιληψίας, πρόσφατων καταγμάτων, ουλών, ανοιχτών τραυμάτων ή φλεγμονών, αρθροπλαστικής ισχίου και γόνατος (Nemes-LCB Muscle training device, 2000; Power Plate machine, 2003). Επίσης, σε καρκινοπαθείς, σε άτομα που έχουν υποστεί εγκεφαλικό επεισόδιο, που πάσχουν από δισκοπάθεια, σπονδυλόλυση, οξεία κήλη ή οξεία

αρθρίτιδα. Τέλος, σε άτομα που έχουν στο σώμα τους μεταλλικά ή συνθετικά εμφυτεύματα (πχ. βηματοδότη, λάμες και περόνες) και πρόσφατα τοποθετημένα διαφράγματα. Επομένως, η ασφάλεια της άσκησης με μηχανικές δονήσεις προϋποθέτει τη σωστή εφαρμογή των κανόνων χρήσης των αντίστοιχων μηχανημάτων.

Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Συμπερασματικά, τα προγράμματα, τα οποία παραδοσιακά εφαρμόζονταν σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, ήταν αερόβιας μορφής και αφορούσαν κυρίως το βάδισμα (Sandler, Cauley, Hom, Sashin & Kriska, 1987; Iwamoto et al., 2001). Οι ερευνητές προκειμένου να αυξήσουν τη φόρτιση των οστών στον κατακόρυφο άξονα του σώματος περιέλαβαν, επίσης, ασκήσεις υψηλότερης έντασης, όπως ανέβασμα σε βαθμίδες (Grove & Londeree, 1992) και στις υγιείς γυναίκες πρότειναν το πρόγραμμά τους να εμπεριέχει και επιτόπια άλματα στα δυο πόδια (Chien, Wu, Hsu & Lai, 2000). Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν ειδικά προγράμματα άσκησης με βάρη σε γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση, παρουσιάζοντας θετικά αποτελέσματα στην επιβράδυνση της οστικής αποδόμησης (Bemben et al., 2000; Wolff et al., 1999), στη διατήρηση της οστικής πυκνότητας (Ryan et al., 1998; Wallace & Cumming, 2000) ή ακόμη και αύξηση της οστικής πυκνότητας (Maddalozzo & Snow, 2000). Τα τελευταία χρόνια ο συνδυασμός προγραμμάτων δύναμης και αερόβιας μορφής άσκησης προτείνεται ως ιδανικός για τον οστικό αναβολισμό· όμως δεν έχει διερευνηθεί επισταμένα, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν σαφή συμπεράσματα για τη δράση τους στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης (Kemmler & Engelke, 2004; Asikainen et al., 2004)

Στη σύγχρονη αρθρογραφία η άσκηση με μηχανικές δονήσεις, προβάλλεται ως μια εναλλακτική μορφή άσκησης με επίδραση, κυρίως, στο μυοσκελετικό σύστημα (Cardinale & Wakeling, 2005). Τα θετικά αποτελέσματα των μακροχρόνιων ερευνών στα πειραματόζωα (Cristiansen & Silva 2006; Fieger et al., 1998; Rubin et al., 2002), οδήγησαν τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι η άσκηση με δονήσεις είναι ένας ελπιδοφόρος τρόπος πρόληψης της οστεοπόρωσης και του κινδύνου καταγμάτων. Αν και, αρχικά, η εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης με δονήσεις πρώτα σε υγιή νεαρά άτομα (Torvinen et al. 2003) ή μετέπειτα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Russo et al. 2003; Rubin et al. 2004) δεν παρουσίασε τις προσδοκώμενες προσαρμογές στην οστική μάζα, στη συνέχεια με αλλαγές στα πρωτόκολλα δόνησης εμφανίστηκαν προσαρμογές στην οστική πυκνότητα του ισχίου μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών (Verschueren et al., 2004).

Η αρχική αποτυχία οστικών προσαρμογών, αποδόθηκε στο γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά του προγράμματος δόνησης, μάλλον, δεν ήταν τα κατάλληλα, καθώς είτε το μηχανικό ερέθισμα κρίθηκε ότι είχε υψηλή επιτάχυνση, 10 g (Russo et al. 2003), είτε σύντομη συνολική διάρκεια έκθεσης στη δόνηση, 4 λεπτά (Torvinen et al. 2003) Από τη μελέτη των παραπάνω άρθρων συμπεραίνεται ότι η άσκηση με μηχανικές δονήσεις είναι μια μορφή εναλλακτικής άσκησης, νέα στο χώρο της υγείας, με συνέπεια να μην έχουν αποσαφηνιστεί πλήρως τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικότερου προγράμματος δόνησης στο μυοσκελετικό σύστημα.

Επομένως, στη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία, δεν έχουν διευκρινιστεί οι προσαρμογές ενός προγράμματος δόνησης στο μυοσκελετικό σύστημα σε υγιείς και οστεοπορωτικές γυναίκες, και αν υπερτερεί σε σχέση με άλλες μορφές άσκησης, όπως στο συνδυασμό δύναμης και αερόβιας άσκησης. Απαιτείται, λοιπόν, περαιτέρω έρευνα στην επίδραση εξειδικευμένων προγραμμάτων άσκησης, συμβατικής και εναλλακτικής, στην οστική πυκνότητα υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών μετά την εμμηνόπαυση.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία, ο σχεδιασμός της έρευνας και γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά του δείγματος και την επιλογή των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία.

Δείγμα

Το δείγμα της μελέτης αποτέλεσαν σαράντα επτά (n=47) μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, οι οποίες χωρίστηκαν σε πέντε ομάδες, την ομάδα άσκησης υγιών γυναικών (n=10), την ομάδα δόνησης υγιών γυναικών (n=13), την ομάδα ελέγχου υγιών γυναικών (n=9), την ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών γυναικών (n=7) και την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών γυναικών (n=8). Σύμφωνα με τα διαγνωστικά κριτήρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, οστεοπορωτικές ορίστηκαν οι γυναίκες με οστική απώλεια μεγαλύτερης των 2.5 σταθερών αποκλίσεων από τη μέση τιμή νέων υγιών γυναικών (T-score $\geq 2.5SD$) ενώ ως υγιείς εκείνες με φυσιολογική οστική απώλεια (T-score $\leq 1SD$). Τα χαρακτηριστικά του δείγματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Όλες οι συμμετέχουσες ήταν εμμηνοπαυσιακής ηλικίας, μεγαλύτερης του ενός έτους και δεν έπασχαν από καρδιαγγειακά νοσήματα, όπως ισχαιμική νόσο μυοκαρδίου, καρδιακή ανεπάρκεια, αρρυθμίες ούτε από ασθένειες, όπως υπερπαραθυροειδισμό, ηπατοπάθειες, νεφροπάθειες, σακχαρώδη διαβήτη. Επίσης, δεν ακολουθούσαν φαρμακευτική αγωγή που επηρεάζουν τον οστικό μεταβολισμό (λήψη κορτιζόνης, λιθίου, αντιεπιληπτική αγωγή, αντιπηκτική αγωγή, θεραπεία υποκατάστασης ορμονών). Οι οστεοπορωτικές γυναίκες ήταν σε φάση προσωρινής διακοπής της αντιοστεοκλαστικής θεραπείας, στα πλαίσια διακεκομμένης φαρμακευτικής αγωγής που ακολουθούσαν. Το σύνολο των γυναικών δεν ασκούσαν συστηματικά και ήταν μη καπνίστριες. Η κατανάλωση αλκοόλης δεν ξεπερνούσε σε όλες τις ομάδες τα δυο ποτήρια αλκοολούχου ποτού την εβδομάδα. Επίσης, έγινε σύσταση για πρόσληψη συμπληρώματος ασβεστίου 500 mg ημερησίως.

Για την εκδήλωση ενδιαφέροντος συμμετοχής στη μελέτη πραγματοποιήθηκε ενημερωτική ομιλία για την πρόληψη της οστεοπόρωσης σε γυναίκες του Δήμου Κομοτηνής από Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού και

υπεύθυνο προγραμμάτων άσκησης για ειδικούς πληθυσμούς. Επίσης, σε συνεργασία με ενδοκρινολόγο ιατρό της Κομοτηνής ενημερώθηκαν για το σκοπό και τη διαδικασία της μελέτης οστεοπορωτικές γυναίκες. Από τις ενδιαφερόμενες λήφθηκε το ιατρικό ιστορικό τους και οι διατροφικές τους συνήθειες. Επίσης, καταγράφηκε τυχόν συμμετοχή τους σε κάποια δραστηριότητα, ικανή να τους προκαλέσει εφίδρωση ή κόπωση, τουλάχιστον μια φορά την εβδομάδα (Παράρτημα Α).

Αρχικά, πενήντα οχτώ ($n = 58$) γυναίκες πληρούσαν τα κριτήρια της μελέτης, υπέγραψαν τη συγκατάθεσή τους και συμπεριλήφθηκαν στο πρόγραμμα. Στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του προγράμματος έντεκα γυναίκες αποκλείστηκαν, τέσσερις επειδή απουσίαζαν το ελάχιστο σε πέντε συνεδρίες, μία γιατί ακολούθησε αντιστεοκλαστική θεραπεία, δύο λόγω καταγμάτων που επήλθαν σε δραστηριότητες, που δε σχετίζονταν με αυτές της μελέτης και τέσσερις επειδή δεν πραγματοποίησαν τις τελικές μετρήσεις

Το παρεμβατικό πρόγραμμα, που περιελάμβανε διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης (δύναμης συνδυαστικής με αερόβιας μορφής και δόνησης) διήρκεσε έξι μήνες.

Πίνακας 3.1. Τα χαρακτηριστικά (μέση τιμή \pm τυπική απόκλιση) της κάθε ομάδας κατά την έναρξη του προγράμματος.

Μεταβλητή	Ομάδα άσκησης υγιών ($n=10$)	Ομάδα δόνησης υγιών ($n=13$)	Ομάδα ελέγχου ($n=9$)	Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών ($n=7$)	Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών ($n=8$)
Ηλικία (yr)	53.4 \pm 2.75	53.38 \pm 3.96	53.0 \pm 4.35	57.0 \pm 6.16	58.7 \pm 3.86
Έτη εμμηνόπασ.	4.80 \pm 1.81	5.12 \pm 2.75	3.50 \pm 2.06	6.0 \pm 3.58	7.43 \pm 3.78
Σωματ. βάρος (kg)	71.20 \pm 8.90	68.54 \pm 9.07	75.44 \pm 6.16	68.14 \pm 14.84	68.03 \pm 7.96
Ύψος (cm)	159.10 \pm 3.78	158.77 \pm 5.93	157.44 \pm 5.81	153.731 \pm 3.63	157.14 \pm 4.01
Δ.Μ.Σ. (kg/m^2)	28.14 \pm 3.52	27.31 \pm 4.50	30.47 \pm 2.55	28.63 \pm 5.22	27.50 \pm 3.15
Άθροισ δερματ (mm)	100.04 \pm 18.11	97.92 \pm 26.4	115.65 \pm 13.87	106.47 \pm 16.63	102.92 \pm 9.37

Πρωτόκολλα άσκησης

Πρόγραμμα προσαρμογής: Οι τέσσερις πειραματικές ομάδες ακολούθησαν πρόγραμμα προσαρμογής διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων, πριν την εφαρμογή του παρεμβατικού προγράμματος. Σκοπός του προγράμματος ήταν η εξοικείωση των γυναικών με τη διαδικασία, τη μορφή άσκησης που θα ακολουθούσαν και τη σωστή εκτέλεση των ασκήσεων. Η συχνότητα της άσκησης, ο αριθμός των ασκήσεων ήταν όμοια με τα πρωτόκολλα, που θα εφαρμόζαν στη συνέχεια αλλά με μικρότερη επιβάρυνση όπως περιγράφεται αναλυτικά στους Πίνακες 3.2.-4.

Πρόγραμμα συνδυασμού αερόβιας άσκησης και μυϊκής ενδυνάμωσης. Οι δοκιμαζόμενες υποβλήθηκαν σε ένα συστηματικό πρόγραμμα επιβλεπόμενης άσκησης, διάρκειας έξι μηνών. Η συχνότητά του ήταν τρεις φορές την εβδομάδα (δύο συνεδρίες με βάρη και μια συνεδρία αερόβιας άσκησης). Η διάρκεια κάθε συνεδρίας ήταν εβδομήντα λεπτά και περιελάμβανε προθέρμανση (είκοσι λεπτά), κυρίως μέρος (σαράντα λεπτά) και αποθεραπεία (δέκα λεπτά). Συγκεκριμένα, σε κάθε προπονητική μονάδα πραγματοποιούνταν προθέρμανση, διάρκειας δεκαπέντε λεπτών σε ποδήλατο ή δαπεδοεργόμετρο, έπονταν κατακόρυφα αλματάκια στα δυο πόδια (1-2 σετ από 25 επαναλήψεις) και γυμναστικές ασκήσεις, Μετά το κυρίως μέρος εκτελούνταν ασκήσεις κοιλιακών και ραχιαίων (2-4 σετ από 16 επαναλήψεις). Στο τέλος της συνεδρίας, ακολουθούσε αποθεραπεία δέκα λεπτών με ασκήσεις διατάσεων.

Πρωτόκολλο δύναμης: Η προπόνηση δύναμης, ήταν κυκλική προπόνηση με αντιστάσεις, σε μηχανήματα, δυο φορές την εβδομάδα. Ο αριθμός των ασκήσεων ήταν δέκα και περιελάμβανε, εμπροσθολαιμίες έλξεις τροχαλίας, χαμηλή κωπηλατική, πιέσεις στήθους, pec deck, εκτάσεις και κάμψεις ποδιών στην άρθρωση του γόνατος, ημικαθίσματα με μπάρα, εκτάσεις, προσαγωγές και απαγωγές στην άρθρωση του ισχίου. Η αντίσταση ορίστηκε στο 70% της μίας μέγιστης επανάληψης (1ΜΕ). Ο αριθμός των κύκλων, αρχικά, ήταν δύο και αυξήθηκε σε τρεις μετά το δεύτερο μήνα του προγράμματος. Οι επαναλήψεις της κάθε άσκησης ήταν δέκα με δώδεκα. Το διάλειμμα μεταξύ των κύκλων διαρκούσε δύο λεπτά. Η μετακίνηση από άσκηση σε άσκηση ήταν σύντομη (<30 δευτερόλεπτα). Η αναπροσαρμογή του βάρους για κάθε άσκηση έγινε μετά από τρεις μήνες με τη μέθοδο της μίας μέγιστης επανάληψης (Πίνακας 3.2.).

Πίνακας 3.2. Αναλυτική περιγραφή κυρίου μέρους προγράμματος ενδυνάμωσης.

ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ	Συχνότητα: 2x/εβδ (Δευτ.-Παρ.)
ΔΥΝΑΜΗΣ	Κυκλική προπόνηση 10 ασκήσεις: εμπροσθολαίμιες έλξεις τροχαλίας, χαμηλή κωπηλατική, πιέσεις στήθους, pec-deck, εκτάσεις και κάμψεις ποδιών στην άρθρωση του γόνατος, ημικαθίσματα με μπάρα, εκτάσεις, προσαγωγές και απαγωγές στην άρθρωση του ισχίου Διάλειμμα μεταξύ των κύκλων: 2 λεπτά Διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων: <30 δευτερόλεπτα Ένταση: 70% της 1 ΜΕ
Μήνας προσαρμογής	2 Κύκλοι x 10 Επαναλήψεις σε κάθε σταθμό
1ος μήνας	2 Κύκλοι x 10 Επαναλήψεις σε κάθε σταθμό, με ένταση 70% της 1 ΜΕ
2ος μήνας	2 Κύκλοι x 12 Επαναλήψεις σε κάθε σταθμό, με ένταση 70% της 1 ΜΕ
3ος μήνας	3 Κύκλοι x 10 Επαναλήψεις σε κάθε σταθμό, με ένταση 70% της 1 ΜΕ
4ος μήνας	3 Κύκλοι x 10 Επαναλήψεις σε κάθε σταθμό, με ένταση 70% της 1 ΜΕ (αναπροσαρμογή κιλών)
5ος μήνας	3 Κύκλοι x 12 Επαναλήψεις σε κάθε σταθμό, με ένταση 70% της 1 ΜΕ
6ος μήνας	3 Κύκλοι x 12 Επαναλήψεις σε κάθε σταθμό, με ένταση 70% της 1 ΜΕ

Πρωτόκολλο αερόβιας άσκησης: Η αερόβια προπόνηση διαρκούσε είκοσι λεπτά και η έντασή της προσδιορίστηκε στο 70-85% της προβλεπόμενης μέγιστης καρδιακής συχνότητας των ασκουμένων (με χρήση του τύπου $K\Sigma_{\max}=220$ -Ηλικία). Η μορφή της ήταν κυκλική και αποτελούνταν από δύο κύκλους με εννιά ασκήσεις σε ειδικά βαθμιδοεργόμετρα (steps). Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα περιελάμβανε ανεβοκατέβασμα σε βαθμιδοεργόμετρο - βασικό βήμα (Δ -A), πέρασμα στο πλάι - over the top, ανέβασμα στο βαθμιδοεργόμετρο με άρση γόνατος (Δ -A), ανέβασμα στο βαθμιδοεργόμετρο με κάμψη γόνατος - lift steps (Δ -A), ανεβοκατέβασμα από παράλληλη θέση με το βαθμιδοεργόμετρο ανάμεσα στα πόδια - up straddle (Δ -A). Η διάρκεια της κάθε άσκησης ήταν σαράντα δευτερόλεπτα. Το διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων ήταν είκοσι δευτερόλεπτα και μεταξύ των κύκλων δύο λεπτά. Το ύψος της βαθμίδας ήταν είκοσι εκατοστά.

Αναλυτικότερα, τον πρώτο μήνα του προγράμματος οι ασκούμενες είχαν τα χέρια στη μεσολαβή, ώστε να επικεντρωθούν στην κίνηση του κάτω μέρους του σώματος και να εξοικειωθούν με τις ασκήσεις. Το δεύτερο μήνα του προγράμματος προστέθηκαν και οι κινήσεις των χεριών. Τον τρίτο και τέταρτο μήνα κρατούσαν δύο αλτηράκια (1kg το καθένα) στη μεσολαβή. Τέλος, στον πέμπτο και έκτο μήνα εκτελούσαν κινήσεις χεριών με τα αλτηράκια. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχανόταν η σταδιακή αύξηση της έντασης και η ασφαλής εκτέλεση των ασκήσεων για την αποφυγή πτώσεων (Πίνακας 3.3.).

Πίνακας 3.3. Αναλυτική περιγραφή κυρίου μέρους προγράμματος άσκησης αερόβιας μορφής.

ΠΡΟΠΟΝΗΣΗ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΜΟΡΦΗΣ	<p>Συχνότητα: 1x/εβδ (Τετάρτη)</p> <p>Κυκλική προπόνηση: 2 κύκλοι (70%-85% ΜΚΣ)</p> <p>9 ασκήσεις σε βαθμίδες:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ανεβοκατέβασμα στο step-βασικό βήμα (Δ), • ανεβοκατέβασμα στο step-βασικό βήμα (Α), • πέρασμα στο πλάι-over the top, • ανέβασμα στη βαθμίδα με άρση γόνατος (Δ), • ανέβασμα στη βαθμίδα με άρση γόνατος (Α), • ανέβασμα στη βαθμίδα με κάμψη γόνατος (Δ), • ανέβασμα στη βαθμίδα με κάμψη γόνατος (Α), • ανεβοκατέβασμα από παράλληλη θέση με το στεπ ανάμεσα στα πόδια -up straddle (Δ), • ανεβοκατέβασμα από παράλληλη θέση με το στεπ ανάμεσα στα πόδια -up straddle (Α).
	Διάρκεια άσκησης: 40 δευτερόλεπτα
	Διάρκεια διαλείμματος μεταξύ ασκήσεων: 20 δευτερόλεπτα
	Διάρκεια διαλείμματος μεταξύ κύκλων: 2 λεπτά
	Υψος βαθμίδας: 20 εκατοστά
Μήνας προσαρμογής	1 κύκλος
1ος μήνας	Χέρια στη μεσολαβή
2ος μήνας	<p>Οι παραπάνω ασκήσεις με κίνηση χεριών:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ανέβασμα στο step-βασικό βήμα (Δ-Α) με χέρια στην πρόταση, • πέρασμα στο πλάι-over the top με χέρια στην έκταση • ανέβασμα στη βαθμίδα με άρση γόνατος (Δ-Α) με κάμψεις δικεφάλων, • ανέβασμα στη βαθμίδα με κάμψη γόνατος (Δ-Α) και έκταση του αγκώνα από την πλήρη κάμψη • ανεβοκατέβασμα από παράλληλη θέση με το στεπ ανάμεσα στα πόδια -up straddle (Δ-Α) με ανοίγματα χεριών (κίνηση «rec-deck»)
3ος μήνας	2 Αλτηράκια (1kg το καθένα) στη μεσολαβή
4ος μήνας	2 Αλτηράκια (1kg το καθένα) στη μεσολαβή
5ος μήνας	2 Αλτηράκια (1kg το καθένα) με κίνηση χεριών
6ος μήνας	2 Αλτηράκια (1kg το καθένα) με κίνηση χεριών

Πρόγραμμα άσκησης με δονήσεις: Το μηχάνημα NEMES™ Bosco System, LCB-244, χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση της άσκησης με δονήσεις. Η εκγύμναση με μηχανικές δονήσεις ήταν τρεις φορές την εβδομάδα για περίοδο έξι μηνών, συχνότητας 35 - 40 Hz, επιτάχυνσης 72.47-94.47 m/sec², μετατόπισης 1.5 mm και διάρκειας 7 - 12 min.

Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα δόνησης περιελάμβανε δύο στατικές ασκήσεις. Στην πρώτη άσκηση η ασκούμενη στεκόταν σε θέση ημικαθίσματος με τα πόδια παράλληλα στο μέσο της πλατφόρμας και στη διάρκεια της δεύτερης άσκησης ισορροπούσε στο ένα πόδι ελαφρώς λυγισμένο. Η κάθε άσκηση αποτελούταν από τρία σετ σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος. Κατά τους πρώτους τέσσερις μήνες, η συχνότητα δόνησης ήταν 35 Hz η επιτάχυνση 72.47 m/sec² (7.38g) και η μετατόπιση 1.5 mm. Όσον αφορά στη διάρκεια των σετ αυξανόταν σταδιακά, 45 δευτερόλεπτα τον πρώτο μήνα, 60 δευτερόλεπτα τους επόμενους δύο και 80 δευτερόλεπτα τον τέταρτο μήνα. Τους τελευταίους δύο μήνες, η συχνότητα δόνησης ήταν 40 Hz, η επιτάχυνση 94.47 m/sec² (9.64g) και η μετατόπιση 1.5 mm. Η διάρκεια των σετ ήταν 60 δευτερόλεπτα τον πέμπτο μήνα και 80 δευτερόλεπτα τον έκτο μήνα. Το διάλειμμα μεταξύ των ασκήσεων ήταν δύο λεπτά και μεταξύ των σετ ένα λεπτό. Σε κάθε προπονητική μονάδα πραγματοποιήθηκε προθέρμανση, διάρκειας επτά λεπτών σε ποδήλατο και γυμναστικές ασκήσεις διάρκειας τριών λεπτών (Πίνακας 3.4.)

Πίνακας 3.4. Αναλυτική περιγραφή κυρίου μέρους προγράμματος άσκησης με δονήσεις.

	Μήνας προσαρμογής	1 ^{ος} μήνας	2 ^{ος} μήνας	3 ^{ος} μήνας	4 ^{ος} μήνας	5 ^{ος} μήνας	6 ^{ος} μήνας
Ασκήσεις:	2	2	2	2	2	2	2
Σετ:	6	9	9	9	9	9	9
Διάρκεια σετ (sec)	45	45	60	60	80	60	80
Συχνότητα (Hz):	30	35	35	35	35	40	40
Επιτάχυνση (m/sec²):	53,24	72.47	72.47	72.47	72.47	94.47	94.47
Μετατόπιση (mm):	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Μετρήσεις

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις προσδιορισμού των μορφολογικών χαρακτηριστικών, της οστικής πυκνότητας, του οστικού μεταβολισμού και της φυσικής κατάστασης κατά την έναρξη του προγράμματος παρέμβασης (Πίνακας 3.5.). Επανελέγχος των δοκιμασιών της φυσικής κατάστασης έγινε μετά από έξι μήνες, στη λήξη του παρεμβατικού προγράμματος άσκησης και δόνησης (βλ. Παράρτημα Β).

Πίνακας 3.5. Μετρήσεις αξιολόγησης των παραμέτρων που έχουν οριστεί.

Παράμετροι	Μετρήσεις
Μορφολογικά χαρακτηριστικά	<ul style="list-style-type: none"> • Σωματικό βάρος (kg) • Ύψος (cm) • Δείκτης σωματικής μάζας (kg/m²) • Άθροισμα δερματοπτυχών (mm) • Αναλογία περιφερειών μέσης/ισχίου (cm)
Οστική πυκνότητα	<ul style="list-style-type: none"> • Μέτρηση της οστικής πυκνότητας με τη μέθοδο της διπλής ενεργιακής απορροφησιομέτρησης με διχρωματική πηγή ακτίνων X (DEXA).
Οστικός μεταβολισμός	<ul style="list-style-type: none"> • Αιματολογικές εξετάσεις: αλκαλική φωσφατάση οστεοκαλσίνη, ασβέστιο • Αναλύσεις ούρων 2ώρου: υδροξυπρολίνη
Φυσική κατάσταση	<ul style="list-style-type: none"> • Αξιολόγηση της μυϊκής μέγιστης δύναμης με το τεστ της 1-Μέγιστης Επανάληψης (1-ME) • Μέτρηση της μυϊκής αντοχής στη δύναμη (μέγιστος αριθμός επαναλήψεων με φορτίο 60% της 1-ME) • Αξιολόγηση ευκαμψίας (sit and reach test κατά το Eurofit)

Αξιολόγηση ανθρωπομετρικών μετρήσεων

Η σωματική μάζα μετρήθηκε στον ηλεκτρονικό ζυγό Seca alpha 770 (Vogel & Halke Hamburg, Germany), με ακρίβεια μέτρησης 0.1 kg και το ύψος σε αναστημόμετρο τύπου Seca bodymeter 208 (Vogel & Halke Hamburg, Germany) με ακρίβεια μέτρησης 1 mm. Ο δείκτης σωματικής μάζας (Body Mass Index), υπολογίστηκε με το πηλίκο σωματικού βάρους/ύψους². Για τον υπολογισμό της αναλογίας περιφερειών μέσης ισχίων (Waste/Hip) χρησιμοποιήθηκε ειδική μετροταινία για τη μέτρηση των περιφερειών σώματος πλάτους

0.7cm και με ακρίβεια μέτρησης 1mm (Gulick measuring tape). Το άθροισμα του πάχους τεσσάρων δερματοπτυχών (τρικεφάλου, υποπλάτιου, υπερλαγόνιου και μηρού) έγινε με τη χρήση δερματοπτυχόμετρου Harpenden Skinfold Caliper (HSK-BI; British Indicators, England), με ακρίβεια μέτρησης 0.2 mm.

Εργαστηριακός Έλεγχος

Βιοχημικός έλεγχος: Οι δοκιμαζόμενοι μετά από 48ωρη διατροφή μόνο με φρούτα, λαχανικά, όσπρια, ζυμαρικά, ψωμί, φυτικό λάδι και αποχή από κρέας πουλερικά, ψάρια, γαλακτομικά, παγωτά και ζελέ προσέρχονταν στο μικροβιολογικό εργαστήριο, όπου γινόταν λήψη ποσότητας φλεβικού αίματος (5ml) και παράδοση συλλογής πρωινών ούρων διώρου. Μετά από φυγοκέντρηση αίματος και των ούρων νήστεως 2ώρου έγινε ανάλυση του ασβεστίου (Ca) με τη χρωματομετρική μέθοδο (Biosis, Athens, Greece) και της ολικής αλκαλικής φωσφατάσης με φωτομετρική μέθοδο (Quimica Clínica Aplicada S.A, Amposta, Spain). Η ανάλυση της οστεοκαλσίνης (OC) ορού αίματος πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο RIA (Recipe, Chemicals + Instruments GmbH, Munich, Germany) και της υδροξυπρολίνης (HYP) ούρων με τη μέθοδο της υγρής χρωματογραφίας υψηλής πίεσεως (HPLC), (DiaSorin S.P.A., Saluggia, Italy).

Έλεγχος μέτρησης της οστικής πυκνότητας: Η μέτρηση αυτή πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της διπλής ενεργειακής απορροφησιομέτρησης (Lunar-DPX) με διχρωματική πηγή ακτίνων X (70KVP and 140KPV). Το μηχάνημα DEXA αποτελούταν από ένα πλαίσιο ολόσωμης σάρωσης, μια πηγή φωτονίων ακτίνων X και έναν ανιχνευτή φωτονίων από κρύσταλλο NaI (TI). Το σύστημα ήταν συνδεδεμένο με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή που έλεγχε την κίνηση και επεξεργαζόταν τις μετρήσεις. Μια λεπτή δέσμη φωτονίων έπεφτε πάνω στο σώμα και τα διερχόμενα φωτόνια ανιχνεύονταν από τον κρύσταλλο NaI (TI). Η συσκευή συνέλεγε δεδομένα συνεχώς ανά 0.5 sec καθώς κινούταν διαγράφοντας μαϊάνδρο πάνω από την εξεταζόμενη περιοχή. Ο χειριστής όριζε τις περιοχές ενδιαφέροντος και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής υπολόγιζε την πυκνότητα (g/cm^2) (Αβραμίδης, 2001). Η μέτρηση της οστικής πυκνότητας έγινε σε προσθιοπίσθια λήψη στη σπονδυλική στήλη σε επίπεδο O2-O4 με σφάλμα επαναληψιμότητας 5% (βλ. Παράρτημα Γ).

Αξιολόγηση της μυϊκής μέγιστης δύναμης: Εφαρμόστηκαν τεστ για τον καθορισμό της μέγιστης δύναμης στις ακόλουθες δύο ασκήσεις: κάμψεις και εκτάσεις στην άρθρωση του γόνατος. Η μέτρηση έγινε με τη μέθοδο της μίας μέγιστης επανάληψης (1ME). Η

εξεταζόμενη εκτελούσε, αρχικά, έξι επαναλήψεις με επιβάρυνση πέντε κιλών για προθέρμανση και για να αντιληφθεί τη σωστή εκτέλεση της άσκησης και το εύρος της κίνησης. Έπειτα από δύο λεπτά διάλειμμα, πραγματοποιούσε τέσσερις επαναλήψεις με δέκα κιλά φορτίο και στη συνέχεια δύο επαναλήψεις με δεκαπέντε κιλά φορτίο. Κατόπιν, η δοκιμαζόμενη εκτελούσε μόνο μία επανάληψη αυξάνοντας σταδιακά το φορτίο κατά 10%, ώσπου να μην μπορεί να πραγματοποιήσει μια επανάληψη στο πλήρες εύρος της κίνησης. Το διάλειμμα μετά από την εκτέλεση της κάθε προσπάθειας ήταν δύο λεπτά.

Αξιολόγηση της μυϊκής αντοχής στη δύναμη: Καθορίστηκε ο μέγιστος αριθμός επαναλήψεων που μπορούσαν να εκτελέσουν οι εξεταζόμενες γυναίκες στο 60% της 1-ME στις κάμψεις και εκτάσεις του γόνατος.

Αξιολόγηση ευκαμψίας: Εκτέλεση δίπλωσης από την εδραία θέση με τεντωμένα γόνατα (sit and reach test), σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής δέσμης δοκιμασιών (Eurofit, 1992). Η δοκιμαζόμενη στην εδραία θέση τοποθετούσε τα πέλματα των ποδιών (χωρίς παπούτσια) σε ειδικό κατασκευασμένο κιβώτιο (Bodycare Products, Southam, Warwickshire, UK). Έπειτα δίπλωνε τον κορμό και επέκτεινε τα χέρια της μπροστά, έχοντας τα γόνατα τεντωμένα προς το έδαφος με τη βοήθεια του εξεταστή που ήταν γονατισμένος δίπλα της. Η δοκιμαζόμενη παρέμεινε ακίνητη στη θέση αυτή της δίπλωσης χωρίς ταλαντεύσεις με χαμηλωμένο το κεφάλι, για δυο δευτερόλεπτα. Η δοκιμασία επαναλήφθηκε δυο φορές και καταγράφηκε η καλύτερη προσπάθεια.

Στατιστική ανάλυση

Από το σχεδιασμό της έρευνας προέκυψαν πέντε διαφορετικές ομάδες (τέσσερις πειραματικές και μία ελέγχου), οι οποίες εξετάστηκαν σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές (μετρήσεις). Για τη διαπίστωση διαφορών στις εξαρτημένες μεταβλητές μεταξύ των πέντε ομάδων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις στον ένα παράγοντα (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) (two-way ANOVA Repeated Measures). Οι διαφορές εντοπίστηκαν με τη χρήση του τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni. Σε ορισμένες περιπτώσεις για τη διαπίστωση διαφορών μεταξύ των ομάδων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης (one-way ANOVA). Επίσης, όπου υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις αρχικές μετρήσεις των διαφόρων παραμέτρων, εφαρμόστηκε ανάλυση συνδιακύμανσης (ANCOVA). Επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε το $p < 0.05$. Η προϋπόθεση της κανονικότητας ελέγχθηκε με το τεστ Kolmogorov-Smirnov και διαπιστώθηκε ότι ισχύει σε όλες τις

περιπτώσεις (για όλες τις μεταβλητές σε όλες τις ομάδες και για κάθε χρονική στιγμή μέτρησης).

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση του ερευνητικού έργου και αναφέρονται τα αποτελέσματα, που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Παρουσιάζονται αναλυτικά οι επιδράσεις του παρεμβατικού προγράμματος σε παράγοντες που αφορούν στα μορφολογικά χαρακτηριστικά, την οστική πυκνότητα, ορισμένους αιματολογικούς και βιοχημικούς δείκτες και παραμέτρους φυσικής κατάστασης. Επίσης, αναφέρονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές της κάθε μεταβλητής μεταξύ των πέντε ομάδων.

Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.1.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) επαληθεύτηκε η μηδενική υπόθεση (1α), διότι δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης στο σωματικό βάρος [$F_{(4,41)}=.458, p>.05$], στο δείκτη μάζας σώματος [$F_{(4,41)}=.740, p>.05$] και στην αναλογία περιφερειών μέσης/ισχίου [$F_{(4,41)}=.921, p>.05$]. Ωστόσο, στο άθροισμα δερματοπτυχών παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,41)}=6.235, p<.01$]. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ποσοστιαία μεταβολή μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης παρουσίασε αρνητική δυναμική στις ομάδες άσκησης και δόνησης, τόσο των υγιών όσο και των οστεοπορωτικών γυναικών στο σύνολο των μορφολογικών χαρακτηριστικών, σε αντίθεση με την ομάδα ελέγχου, η οποία εμφάνισε αυξητική τάση (Πίνακας 4.2.). Επιπλέον, στην αναλογία περιφερειών μέσης/ισχίου διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα μετά από έξι μήνες [$F_{(4,41)}=6.601, p<.001$], όπου η ομάδα ελέγχου διέφερε σημαντικά με την ομάδα υγιών άσκησης ($p<.001$) και δόνησης ($p<.01$) και η ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών με την ομάδα άσκησης υγιών ($p<.05$) (Σχήμα 4.2a).

Πίνακας 4.1. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) στα μορφολογικά χαρακτηριστικά.

Μεταβλητές	df	F	p
Σωματικό Βάρος (kg)			
Αλληλεπίδραση	4	.458	.766
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	1.059	.389
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	3.00	.91
ΔΜΣ (kg/m²)			
Αλληλεπίδραση	4	.740	.570
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	1.025	.406
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	3.347	.079
Αναλογία περιφερειών μέσης/ισχίου			
Αλληλεπίδραση	4	.921	.461
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	6.601	.000
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	4.09	.049
Άθροισμα πάχους τεσσάρων δερματοπτυχών (mm)			
Αλληλεπίδραση	4	6.235	.001
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	1.452	.234
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	3.081	.87

Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα, % ποσοστιαία μεταβολή) στις εξαρτημένες μεταβλητές των μορφολογικών χαρακτηριστικών σε κάθε ομάδα χωριστά κατά την έναρξη του προγράμματος και μετά από έξι μήνες.

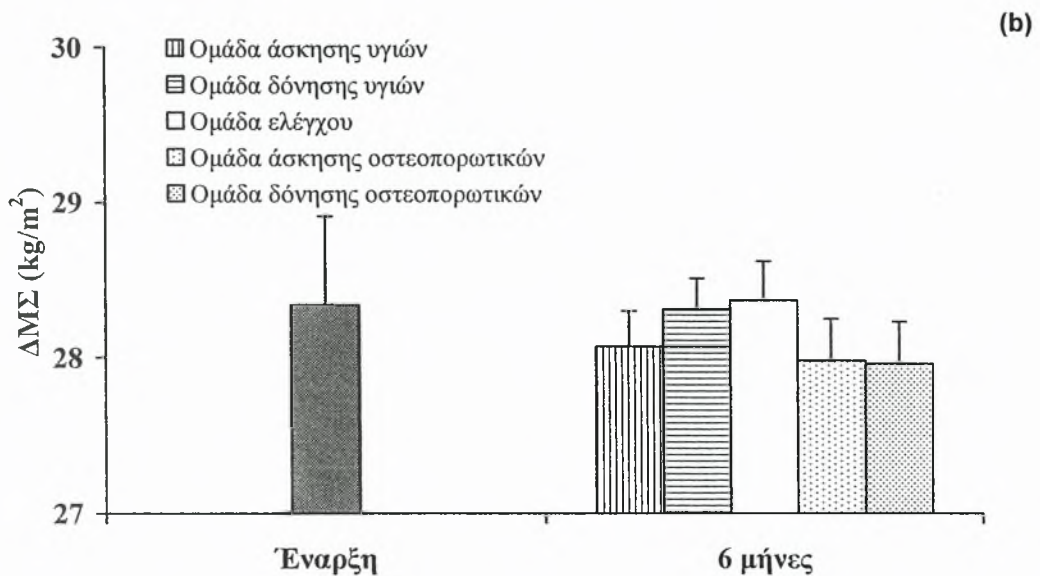
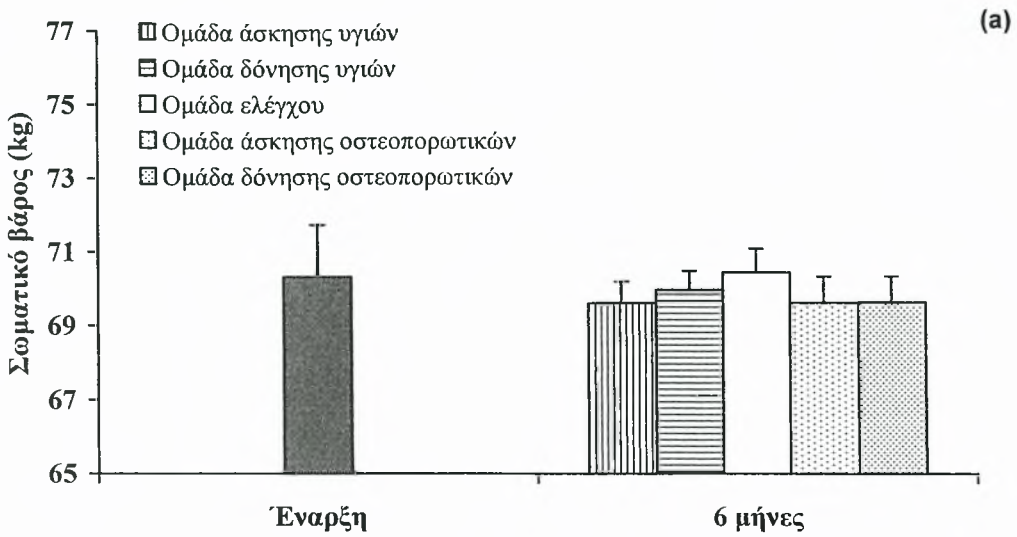
Μεταβλητές	Έναρξη	6 μήνες	Ποσοστιαία μεταβολή (%)
Σωματικό Βάρος (kg)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	71.2 \pm 2.81	70.5 \pm 2.84	-0.98
Ομάδα δόνησης υγιών (n=13)	68.54 \pm 2.51	68.15 \pm 2.78	-0.39
Ομάδα ελέγχου (n=9)	75.44 \pm 2.05	75.67 \pm 2.48	+0.23
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=7)	68.14 \pm 5.61	67.31 \pm 5.55	-1.2
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=7)	68.03 \pm 3.01	67.29 \pm 2.76	-1.08
ΔΜΣ (kg/m²)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	28.14 \pm 1,11	27.86 \pm 1.11	-.99
Ομάδα δόνησης υγιών (n=13)	27.31 \pm 1,24	27.25 \pm 1.38	-.21
Ομάδα ελέγχου (n=9)	30.47 \pm .85	30.58 \pm 1.08	+36
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=7)	28.63 \pm 1.97	28.28 \pm 1.94	-1.22
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=8)	27.5 \pm 1.19	27.09 \pm 1.05	-1.49
Αναλογία μέσης/ισχίου			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	.782 \pm .018	.765 \pm .018	-2.17
Ομάδα δόνησης υγιών (n=11)	.803 \pm .017	.796 \pm .016	-.87
Ομάδα ελέγχου (n=8)	.894 \pm .028 ^{a**,b*}	.899 \pm .020 ^{a***,b**}	+55
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=6)	.895 \pm .028	.860 \pm .029	-3.91
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=6)	.865 \pm .021 ^{a*}	.854 \pm .028 ^{a*}	-1.73
Άθροισμα πάχους τεσσάρων δερματοπτυχών (mm)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	100.04 \pm 5.72	93.58 \pm 5.37 ^{#**}	-6.45
Ομάδα δόνησης υγιών (n=11)	97.92 \pm 7.32	99.02 \pm 7.54	+1.12
Ομάδα ελέγχου (n=8)	115.65 \pm 4.62	116.16 \pm 4.80	+86
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=6)	106.47 \pm 3.67	98.74 \pm 6.31 ^{#*}	-7.2
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=6)	102.92 \pm 6.28	107.51 \pm 6.31	+4.45

όπου: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

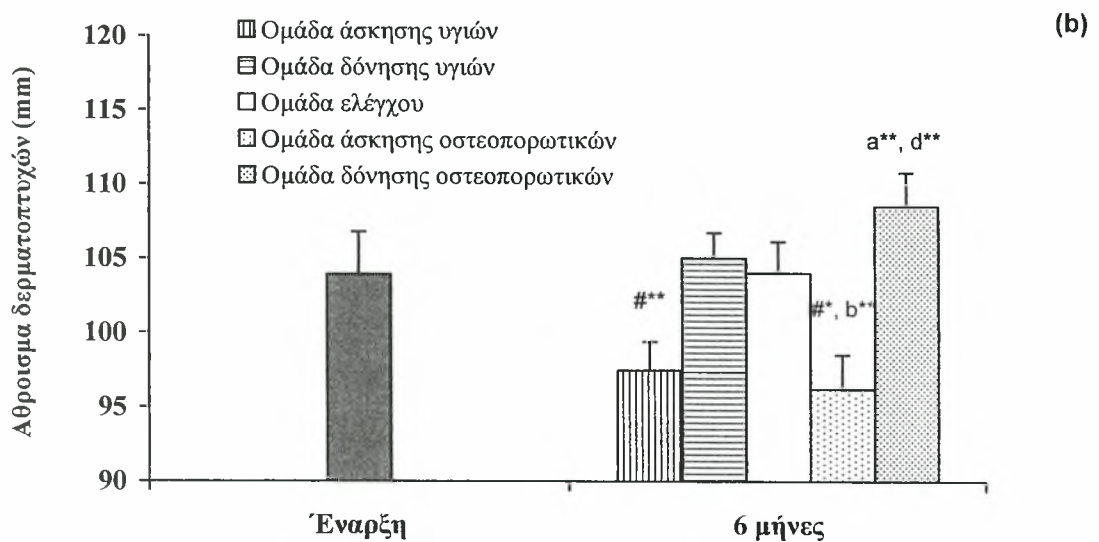
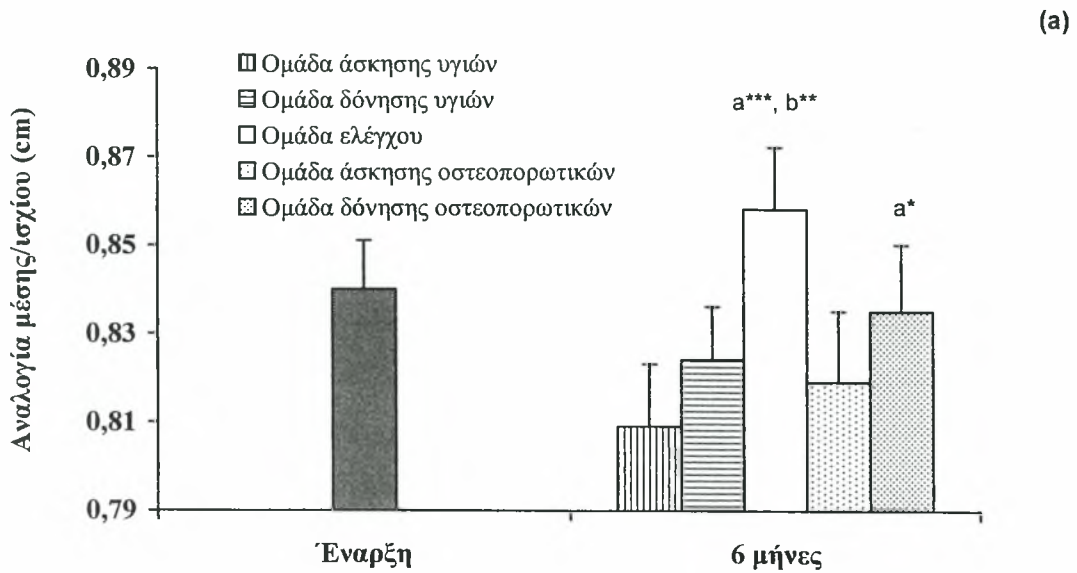
#: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος,

a: διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών,

b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών.



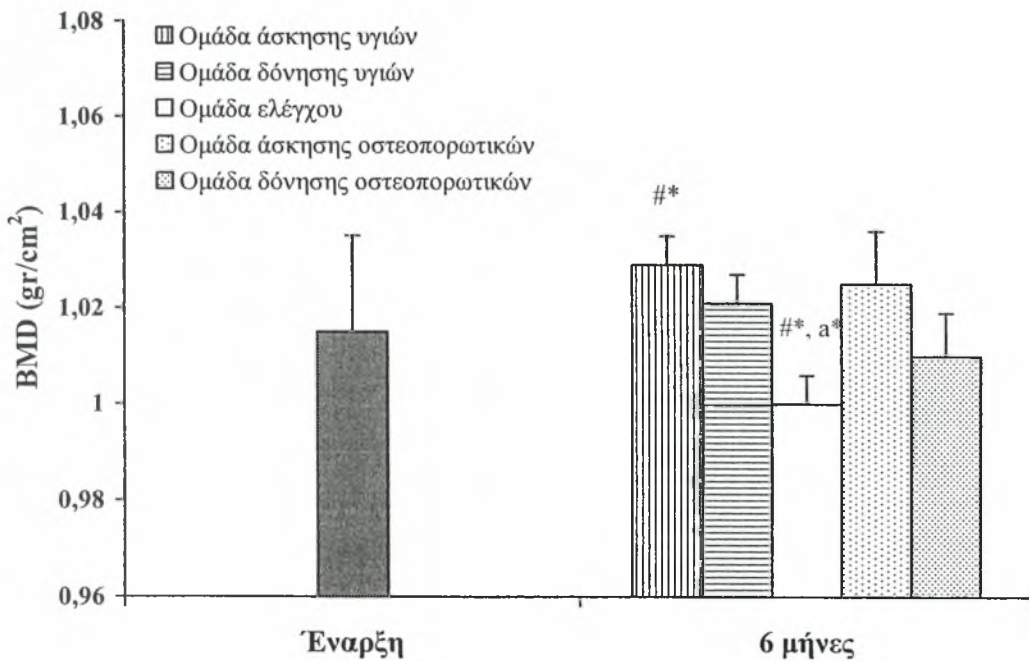
Σχήμα 4.1. Μέσες τιμές του σωματικού βάρους (a) και του Δείκτη Μάζας Σώματος (b) των μετεμμηνόπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης.



Σχήμα 4.2. Μέσες τιμές της αναλογίας περιφερειών μέσης/ισχίου (a) και του αθροίσματος πάχους δερματοπτυχών (b) των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$, #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος, a: διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών, b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών, d: διαφορά με την ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών.

Μέτρηση οστικής πυκνότητας

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.3.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (1β), διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,36)}=4.18, p<.01$] στην οστική πυκνότητα. Ειδικότερα, από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην οστική πυκνότητα των οστεοπορωτικών γυναικών τόσο της ομάδας δόνησης όσο και της ομάδας άσκησης συγκριτικά με τις αντίστοιχες ομάδες υγιών γυναικών και της ομάδας ελέγχου στην έναρξη και τη λήξη του προγράμματος (Πίνακας 4.4.). Επίσης, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στην ομάδα άσκησης ($p<.05$) και την ομάδα ελέγχου ($p<.05$) (Πίνακας 4.4.). Από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση (Πίνακας 4.5.), στατιστικά σημαντική διαφορά σημειώθηκε μεταξύ της ομάδας άσκησης υγιών και της ομάδας ελέγχου ($p<.05$) (Σχήμα 4.3.).



Σχήμα 4.3. Μέσες τιμές της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων O2-O4 των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου: * $p<.05$, #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος, a: διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών.

Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων O2-O4.

Οστική πυκνότητα (gr/cm ²)	df	F	p
Αλληλεπίδραση	4	4.18	.007
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	20.31	.000
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	.60	.441

Πίνακας 4.4. Αποτελέσματα (μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα, % ποσοστιαία μεταβολή) της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων O2-O4 των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών σε κάθε ομάδα χωριστά κατά την έναρξη του προγράμματος και μετά από έξι μήνες.

Οστική πυκνότητα (gr/cm ²)	Έναρξη	6 μήνες	Ποσοστιαία μεταβολή (%)
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	1.050±0.02	1.063±0.02 [#]	+1.23
Ομάδα δόνησης υγιών (n=11)	1.075±0.02	1.079±0.02	+0.37
Ομάδα ελέγχου (n=8)	1.130±0.02	1.112±0.02 [#]	-1.59
Ομάδα άσκησης Οστεοπορωτικών (n=6)	0.821±0.03 ^{a**, b***, c***}	0.836±0.03 ^{a**, b***, c***}	+1.82
Ομάδα δόνησης Οστεοπορωτικών (n=6)	0.887±0.02 ^{a**, b***, c***}	0.884±0.02 ^{a**, b***, c***}	-0.33

όπου: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$,

#: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος,

a: διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών,

b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών,

c: διαφορά με την ομάδα ελέγχου.

Πίνακας 4.5. Παρατηρούμενες και ρυθμιζόμενες μέσες τιμές της οστικής πυκνότητας των οσφυϊκών σπονδύλων O2-O4 των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, χρησιμοποιώντας ως συμμεταβλητή την αρχική μέτρηση.

Οστική πυκνότητα (gr/cm ²)	Παρατηρούμενες μέσες τιμές	Ρυθμιζόμενες μέσες τιμές		
		Έναρξη	6 μήνες	Ποσοστιαία μεταβολή (%)
Ομάδα άσκησης υγιών	1.050±0.02	1.015±0.02	1.029±0.006	+1.37
Ομάδα δόνησης υγιών	1.075±0.02	1.015±0.02	1.021±0.006	+0.59
Ομάδα ελέγχου	1.130±0.02	1.015±0.02	1.000±0.006 ^{a*}	-1.47
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών	0.821±0.03	1.015±0.02	1.025±0.011	+0.98
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών	0.887±0.02	1.015±0.02	1.010±0.009	-0.5

όπου: a* διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών, $p < .05$.

Αιματολογικές και βιοχημικές εξετάσεις

Από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε ότι οι τιμές της οστεοκαλσίνης, του ασβεστίου ορού και της υδροξυπρολίνης ούρων μεταβλήθηκαν σημαντικά μετά τους έξι μήνες της έρευνας (Πίνακας 4.6.). Οι τιμές της οστεοκαλσίνης μειώθηκαν σημαντικά μετά το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης και στις δυο ομάδες, υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών, ενώ η υδροξυπρολίνη ούρων μειώθηκε σε όλες τις παρεμβατικές ομάδες (Πίνακας 4.7.). Επίσης, μεταξύ των πέντε ομάδων σημειώθηκαν ως προς την ολική αλκαλική φωσφατάση και το ασβέστιο ορού, στατιστικά σημαντικές διαφορές στην αρχική μέτρηση όπως και μετά τους έξι μήνες του προγράμματος (Πίνακας 4.7.). Οι τιμές στην ολική αλκαλική φωσφατάση της ομάδας ελέγχου υπερείχαν συγκριτικά από τις υπόλοιπες ομάδες με τη διαφορά να μειώνεται στο τέλος του προγράμματος σε σχέση με τις ομάδες άσκησης των υγιών γυναικών, ενώ αντίθετα να αυξάνεται συγκριτικά με τις ομάδες των οστεοπορωτικών γυναικών (Πίνακας 4.7.).

Πίνακας 4.6. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) σε αιματολογικούς και βιοχημικούς δείκτες.

Μεταβλητές	df	F	p
Οστεοκαλσίνη (ng/ml)			
Αλληλεπίδραση	4	1.056	.391
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	.451	.771
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	6.945	.012
Ολική αλκαλική φωσφατάση (U/L)			
Αλληλεπίδραση	4	10.539	.004
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	4.503	.000
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	.085	.772
Ασβέστιο ορού (mg/dl)			
Αλληλεπίδραση	4	1.141	.351
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	21.123	.000
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	17.814	.000
Υδροξυπρολίνη ούρων 2ώρου (mg/2h)			
Αλληλεπίδραση	4	5.096	.002
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	.766	.554
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	7.603	.009

Πίνακας 4.7. Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα, % ποσοστιαία μεταβλητή) στις εξαρτημένες μεταβλητές των αιματολογικών και βιοχημικών δεικτών σε κάθε ομάδα χωριστά κατά την έναρξη του προγράμματος και μετά από έξι μήνες.

Μεταβλητές	Έναρξη	6 μήνες	Ποσοστιαία μεταβολή (%)
Οστεοκαλσίνη (ng/ml)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	24.21 \pm 1.60	18.21 \pm 1.61 ^{#*}	-24.78
Ομάδα δόνησης υγιών (n=11)	20.32 \pm 1.52	19.40 \pm 1.54	-4.52
Ομάδα ελέγχου (n=8)	20.16 \pm 1.79	17.87 \pm 1.81	-11.39
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=8)	22.05 \pm 1.79	17.39 \pm 1.81 ^{#*}	-20.65
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=7)	20.62 \pm 1.91	20.25 \pm 1.93	-1.79
Ολική αλκαλική φωσφατάση (U/L)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=9)	144.77 \pm 12.69	169.55 \pm 14.14 ^{#*}	+17,11
Ομάδα δόνησης υγιών (n=12)	96.50 \pm 10.99 ^{d**, c*}	118.66 \pm 12.25 ^{#*}	+22.96
Ομάδα ελέγχου (n=8)	205.25 \pm 13.46 ^{a*, b***}	216.00 \pm 15.10 ^{b***, e***}	+5.23
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=8)	161.87 \pm 13.46	159.12 \pm 15.10	-1.69
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=6)	153.66 \pm 15.54	107.00 \pm 17.32	-30.36
Ασβέστιο ορού (mg/dl)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	9.09 \pm .12	9.31 \pm .12	+2.42
Ομάδα δόνησης υγιών (n=14)	8.15 \pm .10 ^{a***, c*, d***}	8.63 \pm .10 ^{a**, c**, #**}	+5.88
Ομάδα ελέγχου (n=8)	8.75 \pm .13	9.31 \pm .13 ^{#*}	+6.4
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=8)	9.02 \pm .13	9.11 \pm .13	+1.02
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=7)	8.26 \pm .14 ^{d**}	8.60 \pm .14 ^{a**, c**, #*}	+4.11
Υδροξυπρολίνη ούρων 2ώρου (mg/2h)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	1.98 \pm .27	1.34 \pm .23 ^{#*}	-32.32
Ομάδα δόνησης υγιών (n=10)	2.11 \pm .27	1.53 \pm .23 ^{#*}	-27.48
Ομάδα ελέγχου (n=9)	1.58 \pm .28	2.47 \pm .24	+56.32
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=7)	2.57 \pm .32	1.57 \pm .28 ^{#*}	-38.91
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=6)	2.03 \pm .35	1.25 \pm .30 ^{#*}	-38.42

όπου: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$,

#: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος,

a: διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών,

b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών,

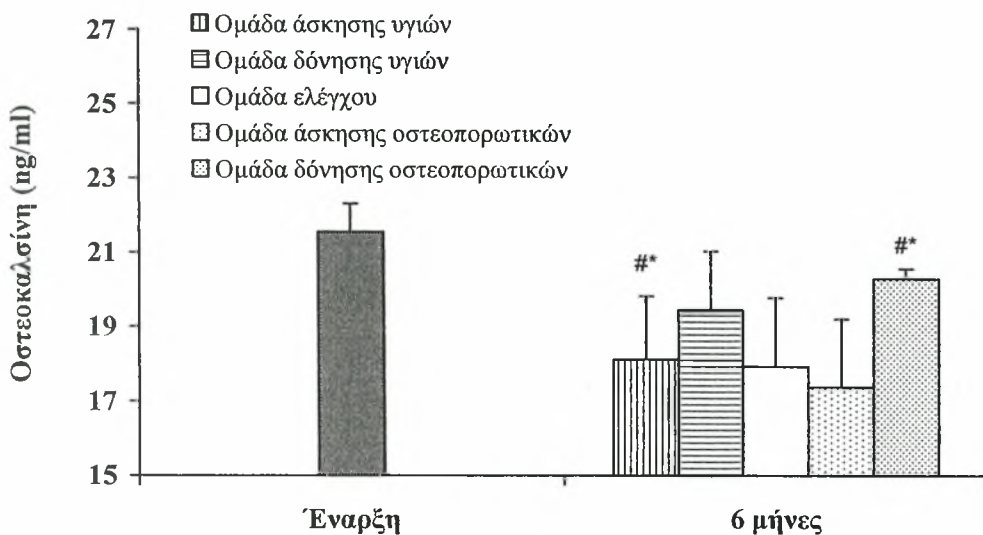
c: διαφορά με την ομάδα ελέγχου,

d: διαφορά με την ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών,

e: διαφορά με την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών.

Οστεοκαλσίνη

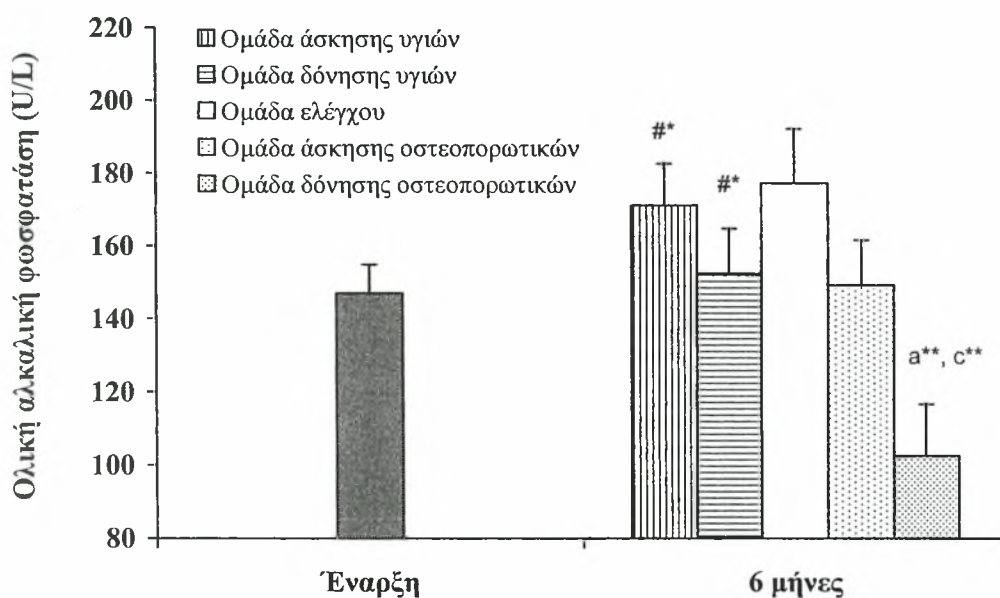
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.6.) για εξαρτημένες μετρήσεις, ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) επαληθεύτηκε η μηδενική υπόθεση (7α), διότι δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης στην οστεοκαλσίνη [$F_{(4,39)}=1.056, p>.05$]. Επίσης, στην οστεοκαλσίνη παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(1,39)}=6.945, p<.05$]. Ειδικότερα, από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην οστεοκαλσίνη μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της ομάδας άσκησης των υγιών γυναικών $p<.05$ και της ομάδας δόνησης των οστεοπορωτικών $p<.05$ (Πίνακας 4.7.). Από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην οστεοκαλσίνη μεταξύ των ομάδων (Σχήμα 4.4.).



Σχήμα 4.4. Μέσες τιμές της οστεοκαλσίνης των μετεμμηνόπαυσιων γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου: * $p<.05$, #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος.

Ολική αλκαλική φωσφατάση

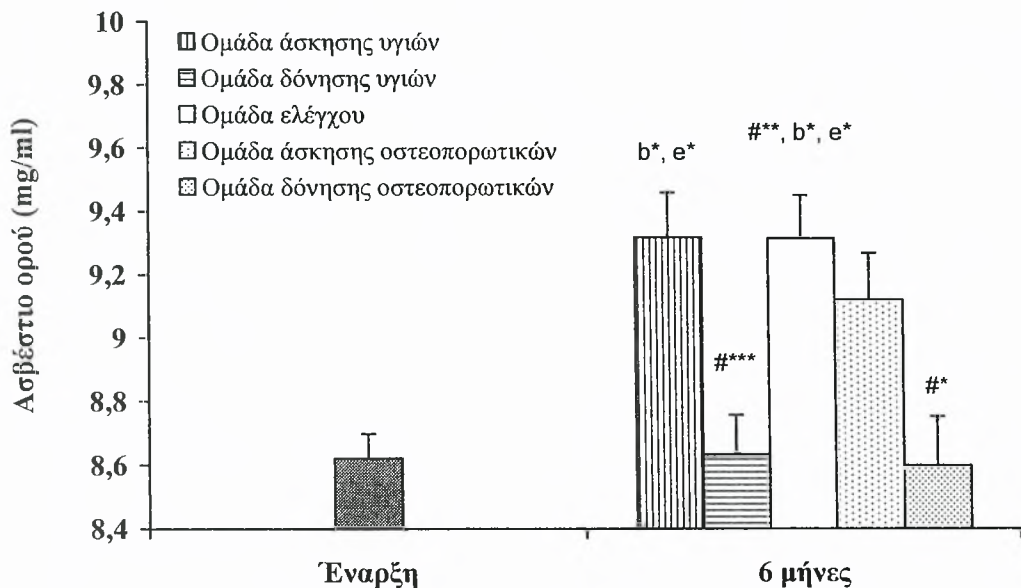
Αναφορικά με την ολική αλκαλική φωσφατάση, από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.6.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (7β), διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,38)}=4.503$, $p<.01$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αλκαλική φωσφατάση μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στις ομάδες άσκησης και δόνησης των υγιών γυναικών (Πίνακας 4.7.). Επίσης, στην ολική αλκαλική φωσφατάση διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στην έναρξη και μετά από έξι μήνες [$F_{(4,38)}=10.539$, $p<.001$]. Συγκεκριμένα, από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά της ομάδας δόνησης οστεοπορωτικών με την ομάδα άσκησης υγιών ($p<.01$) και την ομάδα ελέγχου ($p<.01$) στην ολική αλκαλική φωσφατάση (Σχήμα 4.5).



Σχήμα 4.5. Μέσες τιμές της ολικής αλκαλικής φωσφατάσης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου:
 * $p<.05$, ** $p<.01$,
 #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος,
 a: διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών,
 c: διαφορά με την ομάδα ελέγχου.

Ασβέστιο ορού

Επίσης, στο ασβέστιο ορού από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.6.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) επαληθεύτηκε η μηδενική υπόθεση (7γ), διότι δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,42)}=1.141, p>.05$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο ασβέστιο ορού μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στις ομάδες δόνησης των υγιών γυναικών $p<.001$, των οστεοπορωτικών $p<.05$ και της ομάδας ελέγχου $p<.01$ (Πίνακας 4.7.). Επίσης, στο ασβέστιο ορού διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα ομάδα στην έναρξη [$F_{(4,42)}=21.123, p<.001$]. Συγκεκριμένα, από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά της ομάδας δόνησης οστεοπορωτικών με την ομάδα άσκησης υγιών ($p<.05$) και την ομάδα ελέγχου ($p<.05$) όπως, επίσης, και της ομάδας δόνησης υγιών με την ομάδα άσκησης υγιών ($p<.05$) και την ομάδα ελέγχου ($p<.05$) στο ασβέστιο ορού (Σχήμα 4.6).



Σχήμα 4.6. Μέσες τιμές του ασβέστιου ορού των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου:

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$,

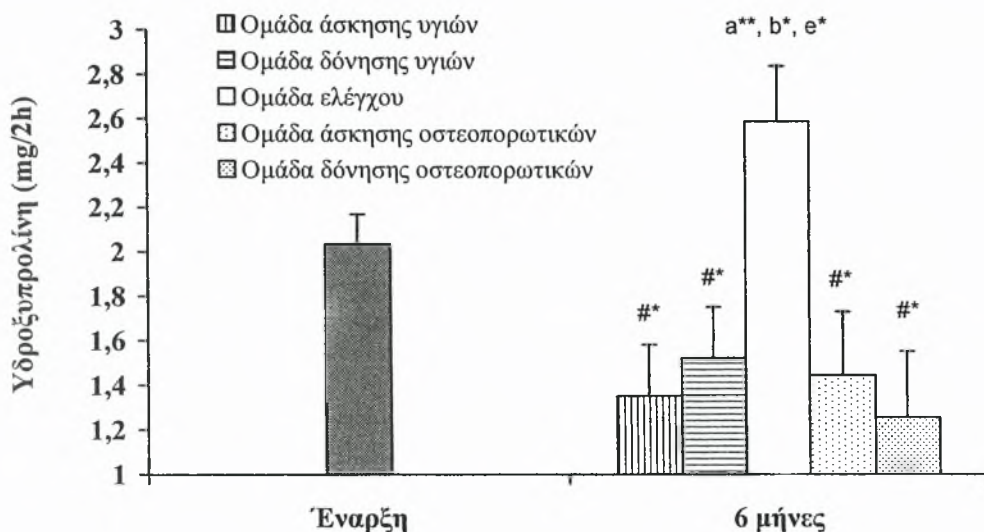
#: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος,

b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών,

e: διαφορά με την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών.

Υδροξυπρολίνη ούρων

Όσον αφορά στην υδροξυπρολίνη ούρων, από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.6.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (7δ), διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,37)}=5.096, p<.01$]. Από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην υδροξυπρολίνη ούρων μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στις ομάδες άσκησης των υγιών γυναικών $p<.05$, των οστεοπορωτικών $p<.05$, όπως και τις ομάδες δόνησης των υγιών γυναικών $p<.05$ και των οστεοπορωτικών $p<.05$ (Πίνακας 4.7.). Από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά της ομάδας ελέγχου με την ομάδα άσκησης υγιών ($p<.01$), την ομάδα δόνησης υγιών ($p<.05$) και της ομάδας δόνησης οστεοπορωτικών ($p<.05$) στην υδροξυπρολίνη ούρων (Σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.7. Μέσες τιμές της υδροξυπρολίνης ούρων των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου:

* $p<.05$, ** $p<.01$,

#: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος,

a: διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών,

b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών,

e: διαφορά με την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών.

Παράμετροι φυσικής κατάστασης

Αναφορικά με τις παραμέτρους φυσικής κατάστασης παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων των οστεοπορωτικών και των υγιών γυναικών (Πίνακας 4.8.). Επίσης, οι ομάδες των γυναικών που συμμετείχαν στο πρόγραμμα άσκησης είχαν καλύτερα αποτελέσματα ως προς τη μέγιστη δύναμη και την ευλυγισία ενώ οι υγιείς γυναίκες των παρεμβατικών ομάδων υπερείχαν στην αντοχή στη δύναμη, μετά τους έξι μήνες διάρκειας του προγράμματος (Πίνακας 4.9.).

Πίνακας 4.8. Αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης.

Μεταβλητές	df	F	P
Μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις γόνατος (kg)			
Αλληλεπίδραση	4	6.707	.000
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	5.209	.002
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	50.211	.000
Μέγιστη δύναμη στις κάμψεις γόνατος (kg)			
Αλληλεπίδραση	4	8.606	.000
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	5.093	.002
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	36.596	.000
Αντοχή στη δύναμη στις εκτάσεις γόνατος (επαναλήψεις)			
Αλληλεπίδραση	4	2.003	.116
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	.888	.481
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	9.939	.003
Αντοχή στη δύναμη στις κάμψεις γόνατος (επαναλήψεις)			
Αλληλεπίδραση	4	4.309	.006
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	2.483	.061
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	1.228	.275
Ευλυγισία			
Αλληλεπίδραση	4	.528	.716
Κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα	4	9.59	.000
Κύρια επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης	1	7.218	.01

Πίνακας 4.9. Αποτελέσματα (μέση τιμή \pm τυπικό σφάλμα, % ποσοστιαία μεταβολή) στις εξαρτημένες μεταβλητές παραγόντων φυσικής κατάστασης σε κάθε ομάδα χωριστά κατά την έναρξη του προγράμματος και μετά από έξι μήνες.

Μεταβλητές	Έναρξη	6 μήνες	Ποσοστιαία μεταβολή (%)
Μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις γόνατος (kg)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	25.00 \pm 1.35	32.60 \pm 1.41 ^{#***}	+30.40
Ομάδα δόνησης υγιών (n=12)	23.87 \pm 1.23	26.95 \pm 1.29 ^{#**}	+12.90
Ομάδα ελέγχου (n=8)	26.25 \pm 1.51	27.00 \pm 1.58	+2.85
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=7)	31.42 \pm 1.61 ^{a*, b**}	35.71 \pm 1.69 ^{#**, b**, c**, d**}	+13.65
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=7)	25.14 \pm 1.61	26.57 \pm 1.69	+5.68
Μέγιστη δύναμη στις κάμψεις γόνατος (kg)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	25.50 \pm 1.43	32.00 \pm 1.20 ^{#**, b**, c**, d**}	+25.49
Ομάδα δόνησης υγιών (n=12)	20.50 \pm 1.30	24.71 \pm 1.09 ^{#**}	+17.56
Ομάδα ελέγχου (n=8)	23.75 \pm 1.59	22.50 \pm 1.34	-5.26
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=7)	20.85 \pm 1.71	23.57 \pm 1.43 ^{#*}	+13.04
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=7)	21.00 \pm 1.71	22.57 \pm 1.43 ^{a**}	+7.47
Αντοχή στη δύναμη στις εκτάσεις γόνατος (επαναλήψεις)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=9)	14.11 \pm 3.55	18.67 \pm 4.97 ^{#**}	+32.31
Ομάδα δόνησης υγιών (n=10)	12.60 \pm 4.67	15.80 \pm 4.13 ^{#*}	+25.39
Ομάδα ελέγχου (n=7)	15.29 \pm 4.68	15.29 \pm 4.11	0
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=7)	15.29 \pm 4.15	16.29 \pm 3.09	+6.54
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=7)	12.71 \pm 4.53	13.57 \pm 4.61	+6.76
Αντοχή στη δύναμη στις κάμψεις γόνατος (επαναλήψεις)			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=9)	12.22 \pm 1.70	18.11 \pm 1.30 ^{#****}	+48.19
Ομάδα δόνησης υγιών (n=10)	15.70 \pm 1.61	14.00 \pm 1.23	-10.82
Ομάδα ελέγχου (n=7)	13.28 \pm 1.93	11.14 \pm 1.48	-16.11
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=7)	11.85 \pm 1.93	12.42 \pm 1.48	+4.81
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=7)	9.14 \pm 1.93	10.57 \pm 1.48	+15.64
Ευλυγισία			
Ομάδα άσκησης υγιών (n=10)	30.65 \pm 1.40 ^{b*, d*, c**}	33.85 \pm 1.59 ^{#**, b*, d**, c**}	+10.44
Ομάδα δόνησης υγιών (n=13)	24.07 \pm 1.23	25.26 \pm 1.39	+4.94
Ομάδα ελέγχου (n=9)	26.57 \pm 1.48 ^{c*}	27.44 \pm 1.67	+3.27
Ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών (n=7)	23.31 \pm 1.68	24.83 \pm 1.90	+6.52
Ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών (n=8)	19.28 \pm 1.57	20.50 \pm 1.78	+6.32

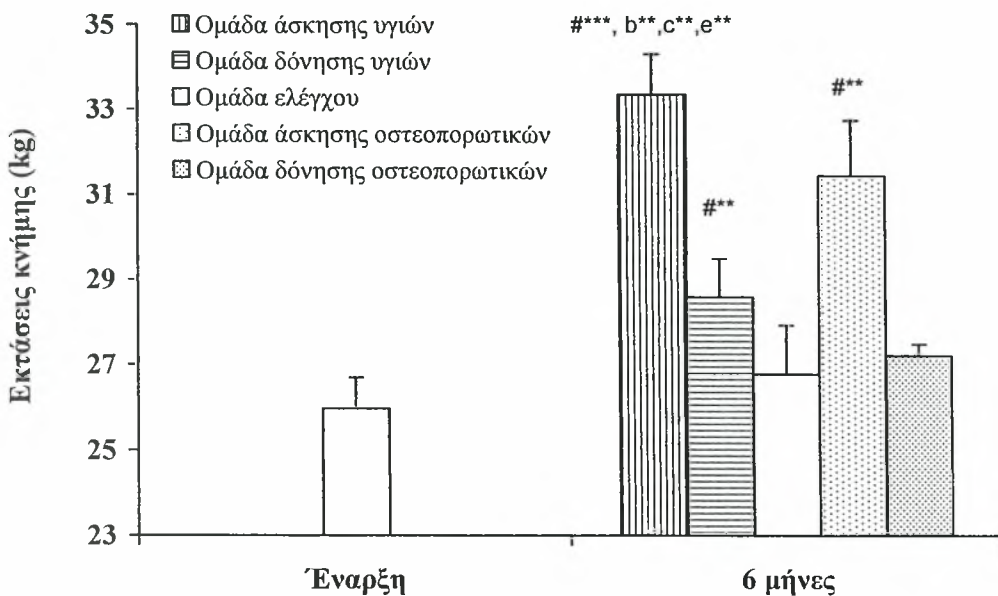
όπου: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$,

#: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος
a: διαφορά με την ομάδα άσκησης υγιών
b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών

c: διαφορά με την ομάδα ελέγχου,
d: διαφορά με την ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών
e: διαφορά με την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών

Μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.8.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (10α), διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,39)}=6.707, p<.001$]. Επίσης, στη μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(1,39)}=50.211, p<.001$]. Ειδικότερα, από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στην ομάδα άσκησης των υγιών $p<.001$ και οστεοπορωτικών γυναικών $p<.01$, όπως, επίσης, στην ομάδα δόνησης των υγιών γυναικών $p<.01$ (Πίνακας 4.9.). Από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά της ομάδας άσκησης υγιών με την ομάδα δόνησης υγιών ($p<.01$), την ομάδα ελέγχου ($p<.01$) και την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών ($p<.01$) (Σχήμα 4.8.).

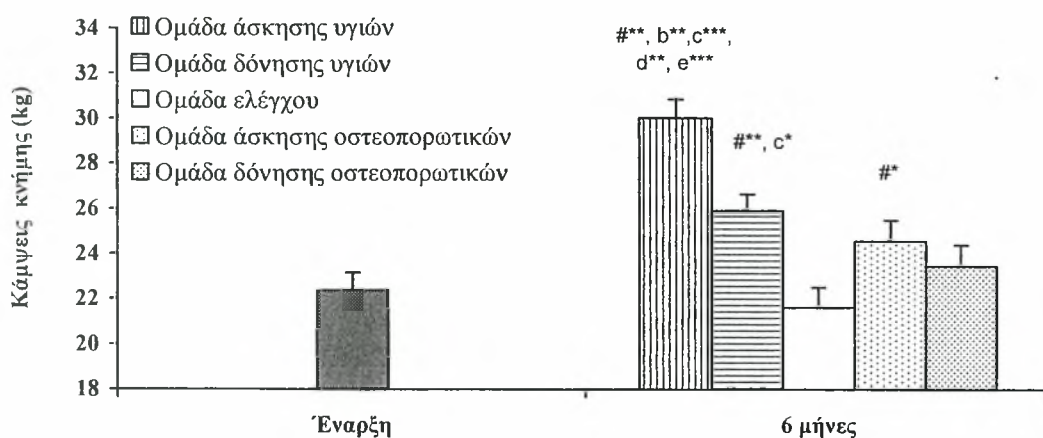


Σχήμα 4.8. Μέσες τιμές της μέγιστης δύναμης στις εκτάσεις κνήμης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου: ** $p<.01$, *** $p<.001$

- #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος,
- b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών,
- c: διαφορά με την ομάδα ελέγχου,
- e: διαφορά με την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών.

Μέγιστη δύναμη στις κάμψεις κνήμης

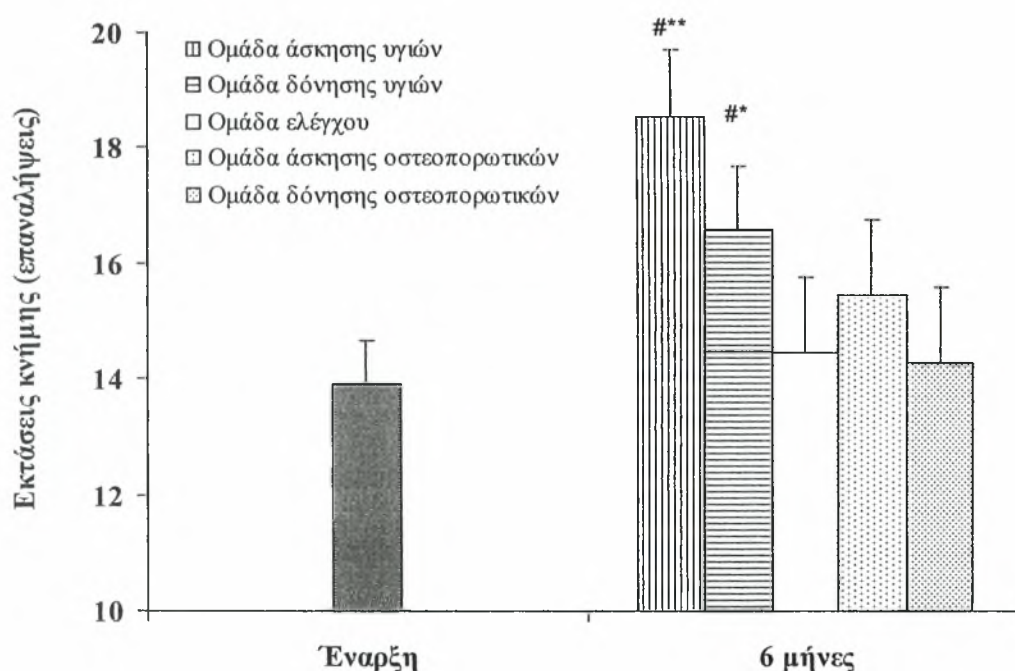
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.8.) για εξαρτημένες μετρήσεις, ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (10β), διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,39)}=8.606$, $p<.001$]. Επίσης, στη μέγιστη δύναμη στις κάμψεις κνήμης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(1,39)}=36.596$, $p<.001$]. Ειδικότερα, από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη μέγιστη δύναμη στις κάμψεις κνήμης μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στην ομάδα άσκησης των υγιών $p<.01$ και οστεοπορωτικών γυναικών $p<.05$, όπως, επίσης, στην ομάδα δόνησης των υγιών γυναικών $p<.05$ (Πίνακας 4.9.). Από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά της ομάδας άσκησης υγιών με την ομάδα δόνησης υγιών ($p<.01$), την ομάδα ελέγχου ($p<.001$), την ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών ($p<.01$) και την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών ($p<.001$) ως προς τη μέγιστη δύναμη στις κάμψεις κνήμης (Σχήμα 4.9.). Επίσης, σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ομάδας δόνησης υγιών και της ομάδας ελέγχου ($p<.05$) (Σχήμα 4.9.).



Σχήμα 4.9. Μέσες τιμές της μέγιστης δύναμης στις κάμψεις κνήμης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου: * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$, #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος, b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών, c: διαφορά με την ομάδα ελέγχου, d: διαφορά με την ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών, e: διαφορά με την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών.

Αντοχή στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης

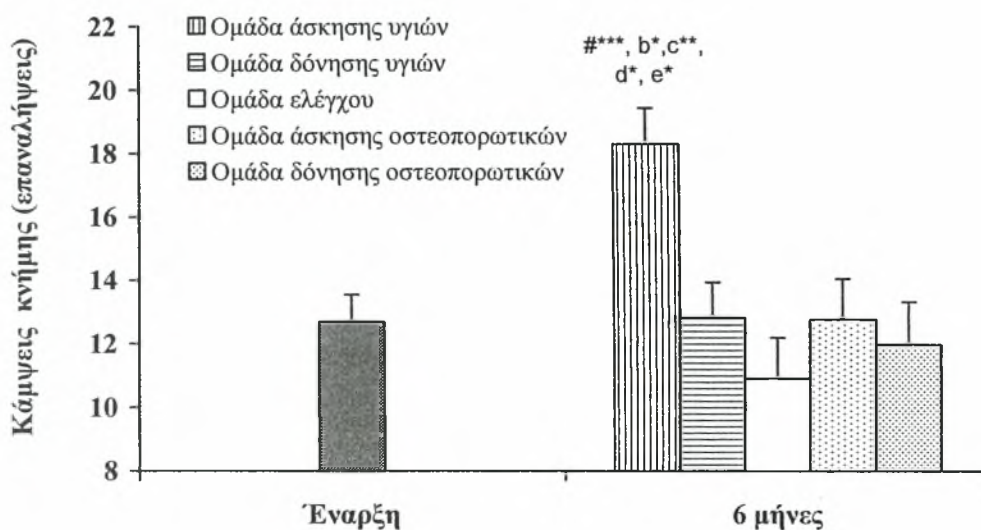
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.8.) για εξαρτημένες μετρήσεις, ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) επαληθεύτηκε η μηδενική υπόθεση (10γ), διότι δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,35)}=2.003, p>0.5$]. Επίσης, στη μέγιστη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(1,35)}=9.939, p<.01$]. Ειδικότερα, από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αντοχή στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της ομάδας άσκησης των υγιών γυναικών $p<.01$ και την ομάδα δόνησης $p<.05$ (Σχήμα 4.10.). Από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την αντοχή στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης μεταξύ των ομάδων (Σχήμα 4.10.).



Σχήμα 4.10. Μέσες τιμές της αντοχής στη δύναμη στις εκτάσεις κνήμης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου: * $p<.05$, ** $p<.01$, #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος.

Αντοχή στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης

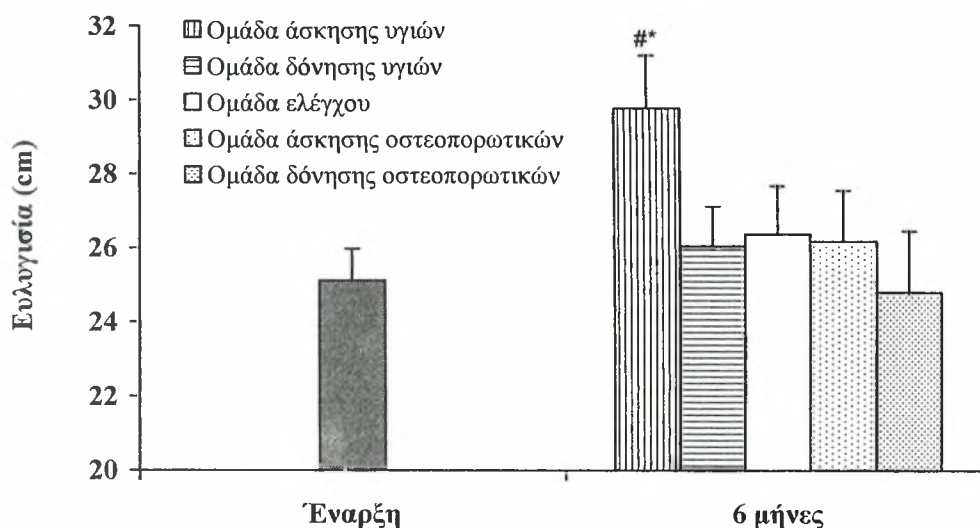
Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.8.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση (10β), διότι διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,35)}=4.309, p<.001$]. Ειδικότερα, διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην αντοχή στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης στην ομάδα άσκησης των υγιών [$F_{(1,8)}=35.22, p<.001$] (Πίνακας 4.9.). Από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά της ομάδας άσκησης υγιών με την ομάδα δόνησης υγιών ($p<.05$), την ομάδα ελέγχου ($p<.001$), την ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών ($p<.05$) και την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών ($p<.05$) (Σχήμα 4.11.).



Σχήμα 4.11. Μέσες τιμές της αντοχής στη δύναμη στις κάμψεις κνήμης των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου: * $p<.05$, *** $p<.001$, #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος, b: διαφορά με την ομάδα δόνησης υγιών, c: διαφορά με την ομάδα ελέγχου, d: διαφορά με την ομάδα άσκησης οστεοπορωτικών, e: διαφορά με την ομάδα δόνησης οστεοπορωτικών.

Ευλυγισία

Από την εφαρμογή της ανάλυσης διακύμανσης (Πίνακας 4.8.) για εξαρτημένες μετρήσεις ως προς δύο παράγοντες εκ των οποίων ο δεύτερος είναι επαναλαμβανόμενος (ομάδα x χρονική στιγμή μέτρησης) επαληθεύτηκε η μηδενική υπόθεση (10γ), διότι δε διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων, ομάδα και χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(4,42)}=0.716, p>0.5$]. Επίσης, στην ευλυγισία παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση του παράγοντα χρονική στιγμή μέτρησης [$F_{(1,42)}=7.218, p<.05$]. Ειδικότερα, από το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ευλυγισία μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης της ομάδας άσκησης των υγιών γυναικών $p<.05$ (Πίνακας 4.9.). Από την εφαρμογή της ανάλυσης συνδιακύμανσης, με συνδιακυμαντή την αρχική μέτρηση, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην ευλυγισία μεταξύ των ομάδων (Σχήμα 4.12.).



Σχήμα 4.12. Μέσες τιμές της ευλυγισίας των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην κάθε ομάδα χωριστά, προσαρμοσμένες σε ανάλυση συνδιακύμανσης, όπου: * $p<.05$, #: διαφορά με την έναρξη του προγράμματος.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείται μια συνολική παρουσίαση του ερευνητικού έργου της παρούσας διατριβής. Συνοψίζονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, εξετάζονται συγκριτικά με τις υπάρχουσες μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας και τέλος παρουσιάζονται τα νέα ερευνητικά δεδομένα που προκύπτουν από την εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

Συγκεκριμένα, η επίδραση της συμβατικής άσκησης στην οστική πυκνότητα στους οσφυϊκούς σπονδύλους υγιών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών και των οστεοπορωτικών ήταν θετική. Επίσης, η άσκηση με δονήσεις μπορεί να διατήρησε σταθερή την οστική πυκνότητα των υγιών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, αλλά δεν μπόρεσε να αντιστρέψει τον οστικό ρυθμό απώλειας των οστεοπορωτικών γυναικών, όπως παρουσιάστηκε στην ομάδα ελέγχου. Επιπρόσθετα, οι στατιστικά σημαντικές μεταβολές ορισμένων βιοχημικών δεικτών οστικής εναλλαγής, της οστεοκαλσίνης και της υδροξυπρολίνης στις ομάδες άσκησης, ίσως να σχετίζονται με αναστολή της οστεοκλαστικής δραστηριότητας του οστίτη ιστού. Η συστηματική εφαρμογή ενός εξειδικευμένου προγράμματος, με βάρη σε συνδυασμό με αερόβια άσκηση, συνέβαλε στη μείωση του υποδόριου λίπους, στη βελτίωση της ευκαμψίας και της μυϊκής δύναμης σε υγιείς και οστεοπορωτικές γυναίκες, ενώ το πρόγραμμα άσκησης με δονήσεις συντέλεσε στη διατήρηση της οστικής πυκνότητας και την αύξηση της μυϊκής δύναμης αντίστοιχων ομάδων.

Προσαρμογές στη σύσταση σώματος

Στην παρούσα εργασία παρατηρήθηκε ότι ο συνδυασμός άσκησης με βάρη και αερόβιας άσκησης συνέβαλε στη στατιστικά σημαντική μείωση του υποδόριου λίπους των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών (στις υγιείς κατά 6.45% και τις οστεοπορωτικές κατά 7.2%), όπως και στην τάση μείωσης της αναλογίας περιφερειών μέσης-ισχίου (Πίνακας 4.2). Αντίθετα, στις ίδιες ομάδες δεν υπήρξε βελτίωση του σωματικού βάρους και του δείκτη σωματικής μάζας. Η μείωση του αθροίσματος των δερματοπτυχών και της αναλογίας περιφερειών μέσης-ισχίου, υποδηλώνει ότι οι ασκούμενες έχασαν σωματικό λίπος και αύξησαν την άλιπη μυϊκή τους μάζα. Εξάλλου, σε προγράμματα

άσκησης, που έχουν κύριο στόχο την αύξηση της οστικής πυκνότητας, η απώλεια βάρους δεν κρίνεται σκόπιμη αλλά η αύξηση της άλιπης μάζας. Αυτό οφείλεται, στη θετική συσχέτιση του σωματικού βάρους και της άλιπης μάζας με την οστική πυκνότητα, κυρίως, των οσφυϊκών σπονδύλων, όπως έχει παρατηρηθεί σε άλλες έρευνες (Lima, De Falco, Baima, Carazzato & Pereira 2001, Ryan et al. 1998).

Όσον αφορά στο πρόγραμμα άσκησης, σε έρευνες που εφαρμόστηκαν προγράμματα με βάρη σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, ίδιας διάρκειας με την παρούσα έρευνα, παρατηρήθηκε αύξηση της άλιπης μάζας, χωρίς να σημειωθεί σημαντική μείωση στο σωματικό βάρος (Bemben et al 2000) και το ποσοστό λίπους (Maddalozzo et al., 2007; Maddalozzo & Snow 2000). Αντίθετα, μείωση του ποσοστού λίπους έχει αναφερθεί σε εξάμηνο πρόγραμμα αερόβιας μορφής, ενώ αναφορικά με το σωματικό βάρος δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Chien et al., 2000; Douchi et al., 2000). Επομένως, στην παρούσα εργασία η βελτίωση που παρατηρήθηκε στη σύσταση του σώματος των ασκουμένων γυναικών κρίνεται ικανοποιητική, δεδομένου ότι το πρόγραμμα άσκησης περιελάμβανε δύο συνεδρίες με αντιστάσεις και μία αερόβιας μορφής.

Αντίθετα, στις ομάδες δόνησης δεν παρουσιάστηκε καμία στατιστικά σημαντική προσαρμογή στη σύσταση του σώματος μετά το τέλος του παρεμβατικού προγράμματος (Πίνακας 4.2.). Παρόμοια αποτελέσματα σημειώθηκαν στις περισσότερες έρευνες που εφαρμόσαν πρόγραμμα με δονήσεις (Ruan et al., 2008; Torvinen et al., 2003). Οι Verschueren και συν. (2004) παρατήρησαν μικρή αλλά στατιστικά σημαντική μείωση του ποσοστού λίπους κατά -2.3% χωρίς αύξηση της μυϊκής μάζας στην ομάδα δόνησης. Στην ομάδα άσκησης, τα είκοσι λεπτά αερόβιας άσκησης σε συνδυασμό με τις δύο ασκήσεις δύναμης των κάτω άκρων ήταν ικανά να μειώσουν το ποσοστό λίπους (κατά -3.1%) των ασκουμένων, αλλά ανεπαρκή να προκαλέσουν αύξηση της μυϊκής μάζας.

Επομένως, στην παρούσα εργασία η βελτίωση που παρατηρήθηκε στη σύσταση του σώματος των ασκουμένων γυναικών είναι ιδιαίτερα σημαντική, δεδομένων των διαταραχών στη σύσταση του σώματος κατά τη διάρκεια της εμμηνόπαυσης, που συνδέονται με αυξημένο κίνδυνο δυσλιπιδαιμιών, σακχαρώδη διαβήτη και καρδιαγγειακών παθήσεων (Douchi et al., 2000).

Προσαρμογές στην οστική πυκνότητα

Στη λήξη του προγράμματος της παρούσας έρευνας, εμφανίστηκε στατιστικά σημαντική αύξηση στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας στην ομάδα άσκησης των υγιών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, τάση αύξησης στην ομάδα των οστεοπορωτικών, διατήρηση της οστικής πυκνότητας στις αντίστοιχες ομάδες δόνησης, και μείωση στην ομάδα ελέγχου (Σχήμα 4.3.). Τα αποτελέσματα αυτά είναι ενθαρρυντικά για την επίδραση του συνδυασμού δύναμης και αερόβιας άσκησης στην οστική πυκνότητα υγιών και οστεοπορωτικών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών και ελπιδοφόρα για την επίδραση των προγραμμάτων δόνησης στο μυοσκελετικό σύστημα.

Από τα αποτελέσματα άλλων ερευνών, όπου εφαρμόστηκαν μεμονωμένα προγράμματα αερόβιας άσκησης (Borer et al. 2007), φαίνεται ότι η αερόβια άσκηση δε λειτουργεί ως οστεογεννητικό ερέθισμα στη μετεμμηνοπαυσιακή ηλικία αλλά ως μέσο αναστολής της οστικής αποδόμησης, κυρίως στο ισχίο, περιοχή επίδρασης της άσκησης. Επομένως, ο συνδυασμός δύναμης και αερόβιας άσκησης φαίνεται να δρα αποτελεσματικά και στοχευμένα σε περισσότερα ευπαθή σημεία του σκελετού, όπως την οσφυϊκή μοίρα.

Όσον αφορά στη συστηματική και μακροχρόνια άσκηση με βάρη συμπεραίνεται ότι μπορεί να δράσει θετικά στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο της γυναίκας και να μειώσει το ρυθμό οστικής απώλειας, χωρίς όμως τα αντίστοιχα αποτελέσματα να ισχύουν σε πρόσφατα μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες ή σε γυναίκες με υψηλή οστική πυκνότητα (Maddalozzo & Snow, 2000; Nichols et al., 1994). Σχετικά με τα χαρακτηριστικά του προγράμματος δύναμης, που θα αποδώσουν στο μέγιστο βαθμό τα κατάλληλα μηχανικά ερεθίσματα στο οστόν, για να οδηγήσουν σε οστεογένεση, αντικρουόμενα είναι τα συμπεράσματα και χρήζουν περαιτέρω έρευνας.

Τα τελευταία χρόνια ο συνδυασμός προγραμμάτων δύναμης και αερόβιας μορφής άσκησης βρίσκει περισσότερους υποστηρικτές ως την αποτελεσματικότερη μορφή άσκησης, για την πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης (Kemmler et al., 2003; Milliken et al., 2003; Walker, Klentrou, Chow & Plyley, 2000). Η παραπάνω μορφή άσκησης, προκαλεί κατακόρυφη επιβάρυνση στο μυοσκελετικό σύστημα, δυνάμεις αντίδρασης του εδάφους, μυϊκές συσπάσεις διαφορετικών μυϊκών ομάδων και μηχανικές φορτίσεις που είναι μεγαλύτερες από αυτές που δέχονται, συνήθως, τα οστά, με αποτέλεσμα ο συγκερασμός των παραπάνω παραγόντων να ενεργοποιεί το μεταβολισμό του οστίτη ιστού (Asikainen, Kukkonen-Harjula & Miilunpalo, 2004; Kemmler & Engelke, 2004).

Όσον αφορά στην ομάδα δόνησης της παρούσας έρευνας, παρατηρήθηκε διατήρηση της οστικής πυκνότητας. Επίσης, σε άλλη έρευνα (Verschueren et al., 2004), που χρησιμοποιήθηκε παρόμοια ένταση δόνησης (35- 40 Hz, 1.7-2.5 mm), η ομάδα δόνησης διατήρησε την οσφυϊκή οστική πυκνότητα και αύξησε σημαντικά κατά 0.93% την οστική πυκνότητα του ισχίου, σε αντίθεση με το πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις, που δεν είχε αντίστοιχα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα των ασκουμένων γυναικών. Η υπεροχή του προγράμματος δόνησης έναντι της άσκησης, ως προς την επίδρασή του στην οστική πυκνότητα, είναι σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Αυτό, ίσως να οφειλόταν στο γεγονός ότι το πρόγραμμα δόνησης ασκούσε μεγαλύτερη μηχανική φόρτιση στο οστόν, καθώς αποτελούταν από πέντε δυναμικές ασκήσεις για τα κάτω άκρα, ενώ το πρόγραμμα δύναμης περιελάμβανε μόνο δύο ασκήσεις.

Επίσης, σε άλλη έρευνα (Gusi et al., 2006) η άσκηση με μηχανικές δονήσεις προκάλεσε στατιστικά σημαντική αύξηση στην οστική πυκνότητα στο μηριαίο αυχένα, συγκριτικά με την απώλεια που παρατηρήθηκε στην ομάδα βάρδιας. Το μηχανικά, όμως, ερεθίσματα που προκλήθηκαν και στις δύο ομάδες δεν ήταν ικανά να εμποδίσουν την απώλεια στην οσφυϊκή μοίρα. Σχετικά με το πρόγραμμα άσκησης, η έντασή της βάρδιας δεν προσδιορίζεται για να μπορεί να αξιολογηθεί, αλλά εκτιμάται ως χαμηλή καθώς υπάρχει η θεωρία ότι το οστόν ανταποκρίνεται οστεογενετικά σε μηχανικά ερεθίσματα διαφορετικά και μεγαλύτερα από αυτά που λαμβάνει καθημερινά (Vuori et al., 1994). Επίσης, για τη συχνότητα του προγράμματος δόνησης που ακολουθήθηκε (12.6 Hz) υπάρχουν επιφυλάξεις για την ασφάλεια του στον ανθρώπινο οργανισμό, καθώς σύμφωνα με τον Mester και συν. (2006) συχνότητες κάτω των 20 Hz είναι καλύτερο να αποφεύγονται.

Επομένως, φαίνεται ότι ένα πρόγραμμα δόνησης μπορεί να διαφοροποιηθεί ανάλογα με την επιτάχυνση, τη συχνότητα, τη διάρκεια, τη στάση του σώματος, επιφέροντας διαφορετικά αποτελέσματα στο ερειστικό σύστημα. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε υψηλή συχνότητα (35 Hz - 40 Hz), καθώς ύστερα από πειραματικές έρευνες (Castillo et al., 2006; Rubin & Judex; 2008; Turner, 1998; Ward et al., 2004) αποδείχτηκε ότι ακόμη και μηχανικά ερεθίσματα που προκαλούν μικρού επιπέδου οστικές παραμορφώσεις μπορούν να προκαλέσουν αύξηση της οστικής πυκνότητας και να βελτιώσουν τη μορφολογία των οστών, όταν εφαρμόζονται σε υψηλές συχνότητες. Επίσης, σε άλλη έρευνα (Rubin et al., 2004), όπου εφαρμόστηκε πρόγραμμα υψηλής συχνότητας (30 Hz) αλλά χαμηλού επιπέδου μηχανικά ερεθίσματα (2m/sec^2), παρατηρήθηκε παρόμοιο ποσοστό αύξησης (0.18%) της οσφυϊκής οστικής πυκνότητας

των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, οδηγώντας στη σκέψη ότι δεν υπάρχει λόγος να χρησιμοποιούνται μηχανικές δονήσεις μεγάλης επιβάρυνσης από τη στιγμή που υπάρχουν επιφυλάξεις για την ασφάλεια των οστών. Η μεγάλη και συχνή επιβάρυνση μπορεί να αποβεί επιβλαβής, όταν το οστό δεν μπορεί να ανταποκριθεί πλέον οστεογενετικά, με αποτέλεσμα να προκαλούνται μικροφθορές στο οστόν και το χόνδρο.

Επίσης, στο πρόγραμμα δόνησης παρατηρήθηκε διατήρηση της οστικής πυκνότητας απαιτώντας λιγότερο χρόνο άσκησης, περίπου τριάντα λεπτά σε σύγκριση με τη συνεδρία της συμβατικής άσκησης, που διαρκούσε περίπου εξήντα λεπτά. Το σύντομο της διάρκειας του προγράμματος δόνησης είναι ένα προτέρημα της άσκησης με δονήσεις και δίνει τη δυνατότητα, σε μελλοντικές έρευνες, διερεύνησης προγραμμάτων συνδυασμού συμβατικής και εναλλακτικής άσκησης. Επιπρόσθετα, απαραίτητη προϋπόθεση για εξαγωγή συμπερασμάτων είναι η μακρά περίοδος άσκησης, δεδομένου ότι ο απαιτούμενος χρόνος σε ένα κύκλο οστικής κατασκευής (modeling) ή οστικής ανακατασκευής, ως απάντηση σε μηχανική φόρτιση, κυμαίνεται από τέσσερις έως έξι μήνες. Αυτό επιβεβαιώνεται και με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, καθώς η διάρκεια του προγράμματος άσκησης ήταν έξι μήνες, όπου παρουσιάστηκε θετική τάση αύξησης της οστικής πυκνότητας.

Η άσκηση φαίνεται ότι μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης. Στην παρούσα έρευνα θετική ήταν η επίδραση του εξειδικευμένου παρεμβατικού προγράμματος άσκησης στην οστική πυκνότητα των οστεοπορωτικών γυναικών. Η αύξηση, όμως, δεν ήταν στατιστικά σημαντική, ίσως, λόγω του μικρού αριθμού του δείγματος. Σε άλλη έρευνα (Iwamoto et al., 2001) παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση περίπου 4.5% της οστικής πυκνότητας της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα άσκησης των οστεοπορωτικών γυναικών, μετά το τέλος του πρώτου και δεύτερου έτους της αερόβιας άσκησης. Επίσης, οι Chien και συν (2000) παρατήρησαν αύξηση 2% στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O2-O4) οστεοπενικών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, που συμμετείχαν σε πρόγραμμα αερόβιας άσκησης είκοσι τεσσάρων εβδομάδων

Από την άλλη, στις οστεοπορωτικές γυναίκες της ομάδας δόνησης σημειώθηκε μικρότερη απώλεια της οστικής πυκνότητας σε σύγκριση με αυτή της ομάδας ελέγχου. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ότι το ερέθισμα της δόνησης ήταν ικανό να δράσει αντιστεοκλαστικά. Εξάλλου, σε άλλες έρευνες (Ruan et al., 2008; Ward et al. 2004), όπου εφαρμόστηκαν δονήσεις σε άτομα με χαμηλή οστική πυκνότητα, παρατηρήθηκε

στατιστικά σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητας του δοκιδωτού των σπονδύλων, υποστηρίζοντας ότι η δόνηση μπορεί να λειτουργήσει ως υποκατάστατο της μυϊκής δραστηριότητας.

Από τα παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι απαραίτητη προϋπόθεση για εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων είναι ο μεγαλύτερος αριθμός συμμετεχόντων στις μελέτες και η μακρά περίοδος άσκησης.

Βιοχημικές προσαρμογές

Στην παρούσα εργασία, οι τιμές της οστεοκαλσίνης μειώθηκαν σημαντικά στις δυο ομάδες, υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών μετά το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης ενώ η υδροξυπρολίνη ούρων μειώθηκε σε όλες τις παρεμβατικές ομάδες. Αντίθετα, στην τελική μέτρηση της αλκαλικής φωσφατάσης σημειώθηκε αύξηση στις ομάδες άσκησης και δόνησης των υγιών γυναικών (Πίνακας 4.7.).

Παρόμοια αποτελέσματα παρατήρησαν οι Iwamoto και συν. (2001), οι οποίοι κατέγραψαν σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητα και αύξηση στις τιμές της αλκαλικής φωσφατάσης στο σύνολο του δείγματός τους, μετά το τέλος του προγράμματος άσκησης (Πίνακας 2.6.). Οι Humphries και συν. (2000), που παρατήρησαν μείωση της οστικής πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα ($p < 0.05$) σε ομάδα ασκούμενων μετεμνηνοπαυσιακών γυναικών, μετά το τέλος του προγράμματος (βάδισμα 50 λεπτά, 2 φορές την εβδομάδα, διάρκειας 6 μηνών), ανέφεραν αύξηση του επιπέδου της οστεοκαλσίνης ($p < 0.05$), χωρίς όμως να σημειωθούν διαφορές ως προς την αναλογία υδροξυπρολίνης-κρεατινίνης ούρων.

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, η έλλειψη οιστρογόνων λίγους μήνες μετά την εμμηνόπαυση, συνοδεύεται από ραγδαία αύξηση των δεικτών οστικής απορρόφησης και της οστικής παραγωγής (Delmas et al., 2000). Μάλιστα σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα η οστεοκαλσίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προγνωστικός δείκτης της οστεοπόρωσης σε οστεοπενικές γυναίκες. Τα υψηλά επίπεδα οστεοκαλσίνης σε μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα, πιθανώς να σχετίζονται με την αύξηση της οστικής κατασκευής που είναι, όμως, μικρότερου βαθμού από την οστική καταστροφή που προηγήθηκε (De Leo et al., 2000; Iki et al., 2007). Επομένως, η μείωση των βιοχημικών δεικτών, κυρίως της οστεοκαλσίνης ορού και της υδροξυπρολίνης ούρων, που παρατηρήθηκε στην παρούσα έρευνα σε συνδυασμό με τη θετική τάση της οστικής πυκνότητας μπορεί να θεωρηθεί ως αντιοστεοκλαστική δράση της άσκησης. Αντίθετα, η

αύξηση στις τιμές της υδροξυπρολίνης ούρων και η απώλεια της οστικής πυκνότητας, που παρατηρήθηκαν στην ομάδα ελέγχου, ίσως, να σχετίζονται με οστική αποδόμηση στην ομάδα ελέγχου.

Οι Iwamoto και συν. (2005), οι οποίοι εφάρμοσαν πρόγραμμα δόνησης σε συνδυασμό με φαρμακευτική αγωγή (5mg αλενδρονάτη), παρατήρησαν σημαντική μείωση της αλκαλικής φωσφατάσης, και του αμινο-τελικού πεπτιδίου του προκολλαγόνου τύπου I. Αυτά τα αποτελέσματα, σε συνδυασμό με την αύξηση της οστικής πυκνότητας, δηλώνουν την αντιστεοκλαστική δράση του παρεμβατικού προγράμματος. Σε άλλες, όμως έρευνες όπου εφαρμόστηκαν προγράμματα με δονήσεις χωρίς φαρμακευτική παρέμβαση δε σημειώθηκαν μεταβολές στους οστικούς βιοχημικούς δείκτες, όπως και στην οστική πυκνότητα (Russo et al., 2003; Torvinen et al., 2003). Στην έρευνα του Verschueren και συν. (2004), η μικρή αύξηση της οστικής πυκνότητας, που σημειώθηκε στο ισχίο, δεν ήταν ικανή να μεταβάλει την ολική οστική πυκνότητα και κατ' επέκταση τους βιοχημικούς οστικούς δείκτες.

Στην παρούσα έρευνα οι μεταβολές στους παραπάνω βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής, ίσως, να σχετίζονται με αυξημένο οστικό μεταβολισμό στις ασκούμενες. Χρειάζεται, όμως, περαιτέρω έρευνα για την ακριβή επίδραση της άσκησης στην οστική ανακατασκευή.

Προσαρμογές σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης

Τα θετικά αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν στους παράγοντες φυσικής κατάστασης στην παρούσα εργασία αποδεικνύουν ότι η εμμηνόπαυση δεν επηρεάζει αρνητικά την ανταπόκριση του οργανισμού στις διάφορες μορφές άσκησης.

Προσαρμογές μυϊκής δύναμης

Η απώλεια της δύναμης που προκαλείται με την πάροδο της ηλικίας οδηγεί σε μείωση των λειτουργικών ικανοτήτων και αύξηση του κινδύνου πτώσεων.

Στην παρούσα εργασία, σημαντική βελτίωση της μέγιστης δύναμης παρατηρήθηκε στις ομάδες άσκησης των υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών (Πίνακας 4.9), στις εκτάσεις γόνατος κατά 30.40% και 13.65% αντίστοιχα και στις κάμψεις γόνατος κατά 25.49% και 13.65% αντίστοιχα. Από την άλλη, στην ομάδα δόνησης σημειώθηκε σημαντική αύξηση της δύναμης, μόνο στην ομάδα των υγιών γυναικών, στις εκτάσεις γόνατος κατά 12.90% και στις κάμψεις γόνατος κατά 17.56%. Επομένως, θετική ήταν η επίδραση του προγράμματος δύναμης σε συνδυασμό με την αερόβια άσκηση στη μέγιστη δύναμη των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος. Παρόμοια θετικά αποτελέσματα σημειώθηκαν στην αντοχή στη δύναμη στην ομάδα άσκησης των υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών (Σχήμα 4.9.). Η αύξηση της δύναμης είναι σημαντική για το μαζικό αθλητισμό, γιατί συνεπάγεται με την καταβολή μικρότερου ποσοστού δύναμης για την υπερνίκηση του ίδιου απόλυτου φορτίου· αυτό συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του μέσου ανθρώπου.

Είναι γνωστό ότι η άσκηση με βάρη ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια του προγράμματος προκαλεί αύξηση της μυϊκής δύναμης (American College of Sports Medicine, 2009; American College of Sports Medicine, 2002). Προγράμματα αυτής της μορφής, που εφαρμόστηκαν σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, επέφεραν τα αναμενόμενα σημαντικά οφέλη στη μυϊκή δύναμη. Συγκεκριμένα, ο Humphries και οι συν. (2000) διαπίστωσαν αύξηση της μέγιστης δύναμης κατά 37.7% στα κάτω άκρα, μετά από εφαρμογή προγράμματος άσκησης με βάρη (60-90% της 1ME), διάρκειας έξι μηνών. Επίσης, ο Bemben και οι συν. (2000), στην ίδια διάρκεια, παρατήρησαν αύξηση της μυϊκής δύναμης κατά 30% στα κάτω άκρα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με την εφαρμογή προγράμματος με βάρη χαμηλής έντασης (40% της 1 ME) και όμοια αύξηση σε αντίστοιχο πρόγραμμα υψηλής έντασης (80% της ME) (Πίνακας 2.5.). Επίσης, σε

πρόγραμμα υψηλής έντασης 90% της ΜΕ για δεκαέξι εβδομάδες (Layne et al., 1999), παρατηρήθηκε αύξηση της μυϊκής δύναμης στο κάτω μέρος του σώματος από 32-92%.

Η θετική επίδραση της άσκησης παρατηρείται και σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα. Η σύγκριση, όμως, των αποτελεσμάτων μεταξύ των ερευνών είναι δύσκολη, λόγω της διαφοροποίησης των μεθόδων αξιολόγησης της δύναμης. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε (Chien et al., 2000) σημαντική βελτίωση της μέγιστης δύναμης του τετρακέφαλου μυός (14%) σε ομάδα άσκησης οστεοπενικών γυναικών που εκτελούσε αερόβια άσκηση (Πίνακας 2.6.). Επίσης, οι Kemmler και συν. (2003), παρατήρησαν σημαντική αύξηση της μυϊκής δύναμης (13%-16%) στα κάτω άκρα σε οστεοπορωτικές γυναίκες που εφάρμοσαν πρόγραμμα άσκησης υψηλής κρούσης σε συνδυασμό με άσκηση δύναμης, διάρκειας δεκατεσσάρων μηνών (Πίνακας 2.6.).

Επίσης, οι Sinaki και συν. (2002) στην οκταετή έρευνά τους παρατήρησαν ότι ο ρυθμός απώλειας της μυϊκής δύναμης, που παρουσιάζεται στις γυναίκες από τα πενήντα έως τα ογδόντα έτη, ήταν 1.65% ανά έτος για τις ασκούμενες ενώ 2.7% για την ομάδα ελέγχου. Επίσης, οι γυναίκες που συμμετείχαν στο πρόγραμμα άσκησης είχαν μειώσει κατά 2.7 φορές τον κίνδυνο οσφυϊκών καταγμάτων σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Επομένως, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άσκηση στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο της γυναίκας συμβάλλει στη μείωση της συχνότητας καταγμάτων μέσω της αύξησης της μυϊκής δύναμης. Σε αυτό το συμπέρασμα κατέληξαν και οι Hourigan et al., (2008), που διαπίστωσαν ότι το πρόγραμμα άσκησης, που περιελάμβανε ασκήσεις ισορροπίας και μυϊκής ενδυνάμωσης με το βάρος του σώματος, ήταν ικανό μετά το τέλος των είκοσι εβδομάδων να βελτιώσει τη μυϊκή δύναμη και την ισορροπία των οστεοπενικών γυναικών. Στην παρούσα έρευνα, η εφαρμογή του εξειδικευμένου προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις σε μηχανήματα σε συνδυασμό με την άσκησης αερόβιας μορφής (stepping) συστήνεται ως μέσο βελτίωσης της δύναμης οστεοπορωτικών γυναικών.

Στην έρευνα αυτή, οι μηχανικές δονήσεις βελτίωσαν τη μυϊκή απόδοση σε μικρότερο, όμως, βαθμό από το πρόγραμμα άσκησης. Αυτά τα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με την έρευνα των Roelants, Delecluse & Verschueren (2004), οι οποίοι εφάρμοσαν πρόγραμμα δόνησης και πρόγραμμα με αντιστάσεις σε ηλικιωμένα άτομα, προκειμένου να εκτιμήσουν την αύξηση της δύναμης στους εκτεινόντες μυς του γόνατος.

Υποστηρίζεται ότι η μηχανική δόνηση μέσω της νευρομυϊκής προσαρμογής, που προκαλεί, επιφέρει θετικά αποτελέσματα στη δύναμη, παρόμοια με αυτά της άσκησης με αντιστάσεις (Cardinale & Bosco 2003; Delecluse, Roelants, Verschueren 2003). Σε

σχετική ανασκόπηση, οι μελετητές (Rein, Lidstrom, Skoglund & Lindstrom, 2007) παρατήρησαν ότι τα προγράμματα δόνησης προκάλεσαν βελτίωση της μυϊκής απόδοσης 5-16% σε ηλικιωμένα άτομα. Οι ερευνητές ανέφεραν ότι τα χαρακτηριστικά των προγραμμάτων που είχαν εφαρμοστεί είχαν συχνότητα από 12 Hz - 45 Hz και μετατόπιση από 1.7 mm - 5mm. Στις περισσότερες έρευνες παρατηρήθηκε υψηλή συχνότητα, που ξεπερνούσε τη συχνότητα που προκαλείται στον ανθρώπινο σώμα από τις καθημερινές δραστηριότητες και χαμηλή μετατόπιση, μικρότερη δηλαδή από τις προκαλούμενες μηχανικές δονήσεις του περιβάλλοντος, όπως τα οχήματα. Επίσης, συμπέραναν ότι η τακτική άσκηση με δονήσεις, σε συχνότητα δυο με πέντε φορές την εβδομάδα, για διάστημα όχι λιγότερο από έντεκα εβδομάδες είναι ικανή να προκαλέσει προσαρμογές στη μυϊκή απόδοση ηλικιωμένων και ατόμων με καθιστικό τρόπο ζωής.

Αντίθετα, σε άλλη μετανάλυση της σχετικής αρθρογραφίας (Nordlund & Thorstensson, 2007), οι ερευνητές συμπέραναν ότι τα προγράμματα δόνησης που εφαρμόστηκαν περιελάμβαναν ισομετρικές ασκήσεις σε συνδυασμό με την εφαρμογή μηχανικών δονήσεων, καθώς η τοποθέτηση του ασκούμενου πάνω στην ειδική πλατφόρμα δόνησης ήταν, συνήθως, σε θέση ημικάθισματος με στήριξη στο ένα ή και τα δύο πόδια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, οι ερευνητές να θεωρούν ότι δεν μπορεί να διευκρινιστεί, αν τα θετικά αποτελέσματα στη δύναμη οφείλονταν στις ασκήσεις δύναμης ή στις μηχανικές δονήσεις. Εξάλλου, οι ομάδες που συμμετείχαν αποτελούνταν από μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες ή άτομα τρίτης ηλικίας και χαμηλής φυσικής κατάστασης, με αποτέλεσμα η μικρή έστω προσπάθεια, που κατέβαλαν, να έχει θετική επίδραση στη δύναμή τους. Αυτή η υπόθεση ενισχύεται από τα αποτελέσματα ερευνών, όπου δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη δύναμη μεταξύ νεαρών υγιών ατόμων, που εφάρμοσαν πρόγραμμα με δονήσεις και της ομάδας ελέγχου, που εκτελούσε τις ίδιες ασκήσεις χωρίς δονήσεις.

Επομένως, προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση της επίδραση ενός προγράμματος δόνησης στη μυϊκή απόδοση.

Προσαρμογές στην ευλυγισία

Ως προς την αξιολόγηση της ευλυγισίας παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση 10.4%, $p < 0.5$, στην ομάδα άσκησης των υγιών γυναικών μετά το τέλος του προγράμματος (Σχήμα 4.12). Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αντίστοιχα της έρευνας του Chien και συνεργατών (2000) που πραγματοποιήθηκε για έξι μήνες σε μετεμμηνοπαυσιακές, οστεοπενικές γυναίκες στην Ιαπωνία (Πίνακας 2.6). Είναι γνωστό ότι με την αύξηση της

ηλικίας μειώνεται η ικανότητα ευλυγισίας, καθώς εκφυλίζονται η αρθρική κινητικότητα, η μυϊκή δύναμη και ο μυϊκός συντονισμός, που συνθέτουν την ευλυγισία (Mazzeo et al., 1998). Φαίνεται ότι το πρόγραμμα που εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα είχε θετική επίδραση στη βελτίωση της ευκαμψίας.

Αντίθετα, η ομάδα δόνησης των υγιών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών δεν παρουσίασε ανάλογη αύξηση. Το πρόγραμμα της δόνησης, όμως, δεν περιελάμβανε ένα εξειδικευμένο ασκησιολόγιο διατατικών ασκήσεων, όπως το αντίστοιχο της άσκησης, με αποτέλεσμα να μην παρατηρηθούν θετικά αποτελέσματα. Σε άλλες έρευνες (Bautmans, Hees, Lemper & Mets, 2005) παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της ευλυγισίας των ασκουμένων αμέσως μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος δόνησης και μεγαλύτερη βελτίωση της ευλυγισίας εκτελώντας διατατικές ασκήσεις πάνω στην ειδική πλατφόρμα δόνησης αντί της συμβατικής εφαρμογής των διατάσεων (Issurin, Liebermann and Tenenbaum, 1994). Αυτό, ίσως, οφείλεται στην αναλγητική επίδραση που προκαλείται στο μυ και τον τένοντα κατά τη διάρκεια και αμέσως μετά την εφαρμογή μηχανικών δονήσεων. Επίσης, το μηχανικό ερέθισμα αυξάνει τοπικά την αιματική ροή, με τη διαστολή των αιμοφόρων αγγείων (Rittweger et al. 2000), και προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας και κατά συνέπεια αύξηση της ελαστικότητας των μυών (Issurin, Liebermann and Tenenbaum, 1994). Επιπρόσθετα, οι μηχανικές δονήσεις, με την ενεργοποίηση που προκαλούν στις μυϊκές ατράκτους και τα τενόντια όργανα Golgi, προκαλούν δραστηριοποίηση στους εκτεινόντες μυς και χαλάρωση(αναστολή) στους καμπτήρες (Cardinale & Bosco, 2003; Cardinale & Lim, 2003). Η περαιτέρω μελέτη της μακροχρόνιας επίδρασης ενός προγράμματος δόνησης στην ευλυγισία μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών κρίνεται αναγκαία.

Στις οστεοπορωτικές γυναίκες δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην ευλυγισία μετά το τέλος του προγράμματος άσκησης. Σε αυτό μπορεί να συντέλεσε το ότι οι ασθενείς, ίσως, δεν κατέβαλαν το μέγιστο των δυνάμεών τους στη διάρκεια εφαρμογής της τελικής αξιολόγησης, από φόβο πρόκλησης κατάγματος κατά τη δίπλωση στην εφαρμογή του τεστ.

Συμπεραίνεται ότι ένα εξειδικευμένο ασκησιολόγιο διατατικών ασκήσεων μπορεί να βελτιώσει την ευλυγισία στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες και κατά συνέπεια την ισορροπία τους που είναι σημαντική για την αποφυγή των πτώσεων.



VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη αξιολογήθηκε η επίδραση ενός εξειδικευμένου προγράμματος άσκησης συνδυασμού δύναμης και αερόβιας μορφής και ενός προγράμματος μηχανικής δόνησης στα μορφολογικά χαρακτηριστικά, την οστική πυκνότητα, σε παράγοντες του οστικού μεταβολισμού και σε παραμέτρους φυσικής κατάστασης υγιών και οστεοπορωτικών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών. Η διάρκεια του προγράμματος ήταν έξι μήνες και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην έναρξη και το τέλος του προγράμματος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

- Ο συνδυασμός άσκησης με βάρη και αερόβιας άσκησης συνέβαλε στη στατιστικά σημαντική μείωση του υποδόριου λίπους των υγιών και οστεοπορωτικών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, όπως και στην τάση μείωσης της αναλογίας περιφερειών μέσης-ισχίου. Αντίθετα, στις ίδιες ομάδες δεν υπήρξε βελτίωση του σωματικού βάρους και του δείκτη σωματικής μάζας. Στις ομάδες δόνησης δεν παρουσιάστηκε καμία στατιστικά σημαντική προσαρμογή στη σύσταση του σώματος μετά το τέλος του παρεμβατικού προγράμματος. Επομένως, σημαντική θεωρείται η επίδραση του προγράμματος άσκησης στη βελτίωση της σύστασης του σώματος των ασκούμενων γυναικών, δεδομένου των διαταραχών στη σύσταση του σώματος κατά τη διάρκεια της εμμηνόπαυσης.
- Η οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας στην ομάδα άσκησης των υγιών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών αυξήθηκε σημαντικά και τάση αύξησης παρουσιάστηκε στην ομάδα των οστεοπορωτικών, φανερώνοντας τη θετική επίδραση του συνδυασμού δύναμης και αερόβιας άσκησης στην οστική πυκνότητα υγιών και οστεοπορωτικών μετεμμηνοπαυσιακών και τη συμβολή της άσκησης στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης. Η διατήρηση της οστικής πυκνότητας στις αντίστοιχες ομάδες δόνησης, σε συνδυασμό με τη μείωση στην ομάδα ελέγχου είναι ενθαρρυντικά για την επίδραση των προγραμμάτων δόνησης στο μυοσκελετικό σύστημα σύστημα. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ότι το ερέθισμα της δόνησης ήταν ικανό να δράσει αντιοστεοκλαστικά στους οσφυϊκούς σπονδύλους.

- Στην παρούσα εργασία, οι τιμές της οστεοκαλσίνης μειώθηκαν σημαντικά στις δυο ομάδες, υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών μετά το παρεμβατικό πρόγραμμα άσκησης, ενώ η υδροξυπρολίνη ούρων μειώθηκε σε όλες τις παρεμβατικές ομάδες. Αντίθετα, στην τελική μέτρηση της αλκαλικής φωσφατάσης σημειώθηκε αύξηση στις ομάδες άσκησης και δόνησης των υγιών γυναικών. Στην παρούσα έρευνα οι μεταβολές στους παραπάνω βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής, ίσως, να σχετίζονται με αυξημένο οστικό μεταβολισμό στις γυναίκες, που συμμετείχαν στα παρεμβατικά προγράμματα άσκησης και δόνησης.
- Στην παρούσα εργασία, σημαντική βελτίωση της μέγιστης δύναμης παρατηρήθηκε στις ομάδες άσκησης των υγιών και οστεοπορωτικών γυναικών στις εκτάσεις γόνατος και στις κάμψεις γόνατος. Από την άλλη, στην ομάδα δόνησης σημειώθηκε σημαντική αύξηση της δύναμης, μόνο στην ομάδα των υγιών γυναικών, στις εκτάσεις γόνατος και στις κάμψεις γόνατος. Επομένως, θετική ήταν η επίδραση του προγράμματος δύναμης σε συνδυασμό με την αερόβια άσκηση στη μέγιστη δύναμη των εκτεινόντων και καμπτήρων μυών του γόνατος. Όσον αφορά στις μηχανικές δονήσεις βελτίωσαν τη μυϊκή απόδοση σε μικρότερο, όμως, βαθμό από το πρόγραμμα άσκησης. Φαίνεται ότι η μηχανική δόνηση μέσω της νευρομυϊκής προσαρμογής, που προκαλεί, επιφέρει θετικά αποτελέσματα στη δύναμη.
- Ως προς την αξιολόγηση της ευλγυσίας παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στην ομάδα άσκησης των υγιών γυναικών μετά το τέλος του προγράμματος. Φαίνεται ότι το πρόγραμμα που εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα είχε θετική επίδραση στη βελτίωση της ευκαμψίας. Αντίθετα, η ομάδα δόνησης των υγιών μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών δεν παρουσίασε ανάλογη αύξηση. Το πρόγραμμα της δόνησης, όμως, δεν περιελάμβανε ένα εξειδικευμένο ασκησιολόγιο διατακτικών ασκήσεων, όπως το αντίστοιχο της άσκησης, με αποτέλεσμα να μην παρατηρηθούν τα αντίστοιχα θετικά αποτελέσματα με την άσκηση.

Τελικά, η σωστά σχεδιασμένη άσκηση δεν αποτελεί πανάκεια για τον σκελετό στη μετεμμηνοπαυσιακή ηλικία. Είναι, όμως, σε συνδυασμό με την κατάλληλη ορμονική και διατροφική ρύθμιση, απαραίτητη συνιστώσα της καλύτερης δυνατής σκελετικής υγείας μετά τη μέση ηλικία. Η άσκηση ως επικουρική και προληπτική θεραπεία της

οστεοπόρωσης, πρέπει να αποβλέπει στην αύξηση της οστικής μάζας πριν την επίτευξη της μέγιστης μάζας. Η συστηματική και στοχευόμενη άσκηση, συμβατική και εναλλακτική, μπορεί να επιδράσει ευνοϊκά στην πρόληψη των οστεοπορωτικών καταγμάτων, με τη αύξηση της μυϊκής δύναμης, καθιστώντας τις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες πιο ενεργητικές και δραστήριες.

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα διατριβή αξιολογήθηκε η εφαρμογή ενός προγράμματος άσκησης με βάρη και αερόβιας άσκησης και ενός προγράμματος δόνησης, για χρονικό διάστημα έξι μηνών σε υγιείς και οστεοπορωτικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Φαίνεται ότι ένα πρόγραμμα άσκησης με βάρη μέτριας έντασης σε συνδυασμό με αεροβική άσκηση μπορεί να προταθεί ως μέσο ασφαλές και ευχάριστο, που συμβάλει στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης. Επίσης, βελτιώνει τη δύναμη, την ευλυγισία και γενικότερα προάγει την υγεία των γυναικών, καθώς το επερχόμενο γήρας μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη λειτουργικότητα και την κινητικότητα. Η εξειδικευμένη άσκηση, λοιπόν, είναι ανάγκη να αποτελεί απαραίτητο στοιχείο της καθημερινής ενασχόλησης όλου του πληθυσμού ανεξαρτήτως ηλικίας. Με τον τρόπο αυτό καλλιεργείται η φυσική κατάσταση και βελτιώνεται η ποιότητα ζωής.

Όσον αφορά στο πρόγραμμα δόνησης φαίνεται ότι μπορεί να διατηρήσει την οστική πυκνότητα σε υγιείς μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, απαιτώντας λιγότερο χρόνο άσκησης, περίπου τριάντα λεπτά σε σύγκριση με τη συνεδρία της συμβατικής άσκησης, που διαρκούσε περίπου εξήντα λεπτά. Το σύντομο της διάρκειας του προγράμματος δόνησης είναι ένα προτέρημα της άσκησης με δονήσεις και δίνει τη δυνατότητα, σε μελλοντικές έρευνες, διερεύνησης προγραμμάτων συνδυασμού συμβατικής και εναλλακτικής άσκησης. Επομένως, είναι ανάγκη να πραγματοποιηθούν περαιτέρω έρευνες, προκειμένου να προταθούν τα καταλληλότερα προγράμματα δόνησης για την πρόληψη και τη θεραπεία της οστεοπόρωσης και γενικότερα για την εκγύμναση ατόμων μέσης και τρίτης ηλικίας. Επιπλέον, κρίνεται αναγκαία η εφαρμογή μακροχρόνιων (>6 μήνες) μελετών, με μεγάλο αριθμό δείγματος, καλά σχεδιασμένων, που θα καταγράφονται λεπτομερειακά η μέθοδος έρευνας και οι μέθοδοι αξιολόγησης της οστικής πυκνότητας και των βιοχημικών δεικτών οστικής εναλλαγής. Επίσης, θα περιγράφονται τα φυσικά χαρακτηριστικά του δείγματος (ηλικία, φύλο, ύψος, σωματικό βάρος, ποσοστό σωματικού βάρους, αρχική οστική πυκνότητα, μετεμμηνοπαυσιακή ηλικία), οι παράγοντες που επηρεάζουν τον οστικό μεταβολισμό (λήψη φαρμάκων, πρόσληψη ασβεστίου, συχνότητα καπνίσματος και κατανάλωση αλκοόλ, θεραπεία υποκατάστασης ορμονών). Όσον αφορά στα παρεμβατικά

προγράμματα να καταγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά της άσκησης (είδος, διάρκεια, συχνότητα, έντασης) και της μηχανική δόνησης (συχνότητα, μετατόπιση, επιτάχυνση, διάρκεια, στάση του σώματος)

Επομένως, κρίνεται αναγκαία η περαιτέρω διερεύνηση του ρόλου της φυσικής αγωγής και της μηχανικής δόνησης στο μεταβολισμό του οστού κατά την μετεμμηνοπαυσιακή ηλικία. Πάντως, ο αθλητικός επιστήμονας οφείλει να καταρτιστεί με ειδικευμένες γνώσεις για τις μεταβολικές και οργανικές διαταραχές που συμβαίνουν στη γυναίκα κατά την εμμηνόπαυση, για την επίδραση της άσκησης αλλά και για τις νέες εναλλακτικές μεθόδους άσκησης, όπως τις δονήσεις. Τέλος, μπορεί με τη σωστή ενημέρωση να βοηθήσει την μετεμμηνοπαυσιακή γυναίκα να εγκαταλείψει την παθητική στάση έναντι της εμμηνόπαυσης και των αλλαγών που αυτή συνεπάγεται και να την καθοδηγήσει στην επιτυχή ανάκτηση της υγείας, τη δύναμη και τη δράση για το υπόλοιπο της ζωής της.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 41, 687-708.
- American College of Sports Medicine. (2002). Position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine Science in Sports and Exercise* 34, 364-380.
- ACSM'S Resource Manual for Guidelines for exercise Testing and Prescription. (1998). In Skaw, J.M., & Witzke, A.K. *Exercise for skeletal health and osteoporosis prevention*, (pp. 288-293). Williams & Wilkins.
- Αβραμίδης, Α. (2001). *Ενδοκρινολογία, μεταβολικά νοσήματα των οστών*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Alfredson, H., Nordstrom, P. & Lorentzon, R. (1997). Bone mass in female volleyball players: A comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females. *Calcified Tissue International*, 60, 338-342.
- Anderson, D.D., Hillbery, B.M., Teegarden, D., Proulx, W.R., Weaver, C.M. & Yoshikawa, T. (1996). Biomechanical analysis of an exercise program for forces and stresses in the hip joint and femoral neck. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 292-312.
- Αντωνάκης Ε., Δούδα Ε., Πυλιανίδης Θ. & Τοκμακίδης Σ. (2006). Άμεση επίδραση της άσκησης με δονήσεις στην αλτική ικανότητα και την ευκαμψία. *Άθληση και Κοινωνία*, 43, 7-14.
- Apley, G.A. & Solomon, L. (1998). *Apley's system of othopaedics and fractures*. Αθήνα: Παρισιάνος.

- Asikainen, T.M., Kukkonen-Harjula, K. & Miilunpalo, S. (2004). Exercise for health for early postmenopausal women: A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, 34, 753-778.
- Avioli, L.V. (1997). *Clinician's Manual on Osteoporosis*. London: Science Press.
- Bassey, E.J., Rothwell, M., Littlewood, J.J. & Pye, D.W. (1998). Pre- and Postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *Journal of Bone Mineral and Research*, 13, 1805-1813.
- Bautmans, I., Van Hees, E., Lemper, J.-C. & Mets, T. (2005). The feasibility of whole body vibration in institutional elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomized controlled trial. *BioMed Central Geriatrics*, 22, 17.
- Bemben, D.A., Feters, N.L., Bemben, M.G., Nabavi, N., & Koh, T.E. (2000). Musculoskeletal responses to high- and low-intensity resistance training in early postmenopausal women. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 32, 1949-1957.
- Berard, A., Bravo, G. & Gauthier, P. (1997). Meta-analysis of the effectiveness of physical activity for the prevention of bone loss in postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 7, 331-337.
- Borer, K.T., Fogleman, K., Gross, M., La New, J.M. & Dengel, D. (2007). Walking intensity for postmenopausal bone mineral preservation and accrual. *Bone*, 41, 713-721.
- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A. & Viru, M. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 449-454.
- Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O. (1999a). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 306-311.

- Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O. & Locatelli, E. (1999b). New trends in training science: The use of vibrations for enhancing performance. *New studies in Athletics*, 14, 55-62.
- Bosco, C., Colli, R., Introini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., Madella, A., Tihanyi, J. & Viru, M. (1999c). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, 19, 3-7.
- Bruzzaniti, A. & Baron, R. (2006). Molecular regulation of osteoclast activity. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*, 7, 123-129.
- Burr, D.B., Milgrom, C., Fyhrie, D., Forwood, M., Nyska, M., Finestone, A., Hoshawm, S., Saiag, E., & Simkin, A. (1996). In vivo measurement of human tibial strains during vigorous activity. *Bone*, 18, 405-410.
- Cardinale, M. & Wakeling, J. (2005) Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *British Journal Sports Medicine*, 39, 585-589.
- Cardinale, M. & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, 19, 183-187.
- Cardinale, M. & Lim, J. (2003). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Medicina Dello Sport*, 56, 287-292.
- Castillo, A., Alam, I., Tanaka, S., Levenda, J., Li, J., Warden, S., & Turner C. (2006). Low-amplitude, broad-frequency vibration effects on cortical bone formation in mice. *Bone*, 39, 1087-1096.
- Γεωργίου, Ε. (1996). In vivo επαναληψιμότητα της απορροφησιμετρίας διπλοενεργειακών φωτονίων (DEXA): Μία-μετανάλυση. *Οστόν*, 7, 153-159.
- Chang, G., Regatte, R.R., & Schweitzer, M.E. (2009). Olympic fencers adaptations in cortical and trabecular bone determined by quantitative computed tomography. *Osteoporosis International*, 20, 779-785.

- Chien, M.Y., Wu, Y.T., Hsu, A.T., Yang, R.S., & Lai, J.S. (2000). Efficacy of a 24- Week Aerobic Program for Osteopenic Postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 67, 443-448.
- Γκίμπα-Τζιαμπίρη, Ο. (2001). *Η Φυσιολογία του ανθρώπου: Οι Παραθυροειδείς αδένες*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις-Ζυγός.
- Conroy, B.P., Kraemer, W.J., Maresh, C.M., Fleck, S.J., Stone, M.H., Fry, A.C., Miller, P.D., & Dalsky, G.P. (1993). Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1103-1109.
- Cristiansen, B.A. & Silva, M.J. (2006). The effect of varying magnitudes of whole-body vibration on several skeletal sites in mice. *Annals of Biomedical Engineering*, 34, 1149-1156.
- Cussler, E.C., Going, S.B., Houtkooper, L.B., Stanford, V.A., Blew, H.G., Flint-Wagner, H.G., Metcalfe, L.L., Choi, J. & Lohman, T.G. (2005). Exercise frequency and calcium intake predict 4-year bone changes in postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 16, 2129-2141.
- Dalsky, G.P., Stroke, K.S., Ehsani, A.A., Slatopresky, E., Lee, W.C., Birge, S.J. (1988). Weight bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Annals of Internal Medicine*;8, 824-828.
- De Laet, C., Kanis, J.A., Odén, A., Johanson, H., Johnell, O., Delmas, P., Eisman, J.A., Kroger, H., Fujiwara, S., Garnero, P., McCloskey, E.V., Mellstrom, D., Melton, L.J.^{3rd}, Meunier, P.J., Pols, H.A., Reeve, J., Silman, A., Tenenhouse, A. (2005). Body mass index as a predictor of fracture risk: a meta-analysis. *Osteoporosis International*, 16, 1330-1338.
- De Leo, V., Ditto, A., la Marca, A., Lanzetta, D., Massafra, C. & Morgante, G. (2000). Bone mineral density and biochemical markers of bone turnover in peri- and postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 66, 263-267.

- Delmas, P.D., Eastell, R., Garnero, P., Seibel, M.J., & Stepan, J., for the Committee of Scientific Advisors of the International Osteoporosis Foundation. (2000). The use of biochemical markers of bone turnover in osteoporosis. *Osteoporosis International*, 11, S2-S17.
- Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 35, 1033-1041.
- Douchi, T., Yamamoto, S., Oki, T., Maruta, K., Kuwahata, R., Yamasaki, H. & Nagata, Y. (2000). The effects of physical exercise on body fat distribution and bone mineral density in postmenopausal woman. *Maturitas*, 28, 35, 25-30.
- Eisman, A.J. (2001). Good, good, good...vibrations: the best option for better bones? *The Lancet*, 358, 9297, 1924-1925.
- Ernst, E. (1998). Exercise for female osteoporosis. *Sports Medicine*, 25, 359-368.
- Fehling, P.C., Alekel, L., Clasey, J., Rector, A. & Stillman, R.J. (1995). A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*, 17, 205-210.
- Flieger, J., Karachalios, Th, Khaldi, L. Raptou, P. & Lyritis, G. (1998). Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in variectomized rats. *Calcified Tissue International*, 63, 510-514.
- Fleck, S.J. & Kraemer, W.J. (2000). *Προπόνηση δύναμης σχεδιασμός προγραμμάτων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Salto.
- Frederisco, M., Chew, K., Ngo, J., Cleek, T., Kiratli, J., & Cobb, K. (2007). Regional bone mineral density in male athletes: A comparison of soccer players, runners and controls. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 664-668.

- Frost, H.M. (1987). Bone “mass” and the “mechanostat”: A proposal. *Anatomical Record*, 219, 1-9.
- Grove, K.A., & Londeree, B.R. (1992). Bone density in postmenopausal woman: high impact vs low impact exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24, 1190-1194.
- Gusi, N., Raimundo, A. & Leal, A. (2006). Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 7, 92-80.
- Guyatt, G., Cranney, A., Griffith, L., Walter, S., Krolicki, N., Favus, M. & Rosen, C. (2002). Summary of meta-analyses of therapies for postmenopausal osteoporosis and the relationship between bone density and fractures. *Endocrinology Metabolism Clinics of North America*, 31, 659-679.
- Ηλιάδου, Π.Κ., Τσαμέτρης, Χ.Π., Γούλης, Δ.Γ., Παπαδήμας Ι. & Μπόντης Ι. (2007). Μετεμμηνοπαυσιακή οστεοπόρωση: αιτιοπαθογένεια, κλινική εικόνα και διάγνωση. *Ελληνική Μαιευτική & Γυναικολογία*, 19, 171-179.
- Harada, S.I. & Rodan, G.A. (2003). Control of osteoblast function and regulation of bone mass. *Nature*, 423, 349-355.
- Harrison’s principles of internal medicine. (2001). In Lindsay R., Cosman F. *Osteoporosis*. McGraw-Hill. Harrison’s 15th Edition CD-ROM.
- Heinonen, A., Sievanen, H., Kyrolainen, H., Perttunen, J. & Kannus, P. (2001). Mineral mass, size and estimated mechanical strength of triple jumpers’ lower limb. *Bone*, 3, 279-285.
- Heinonen, A., Sievanen, H., Kannus, P., Oja, P., Pasanen, M. & Vuori., I. (2000). High – impact exercise and bones of growing girls: A 9 month controlled trial. *Osteoporosis International*, 11, 1010-1017.

- Heinonen, A., Kannus, P., Sievanen, H., Oja, P., Pasanen, M., Rinne, M., Uusi-Rasi, K. & Vuori, I. (1996). Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *The Lancet*, 348, 1343-1347.
- Heinrich, C.H., Going, S.B., Pamentor, R.W., Perry, C.D., Boyden, T.W., & Lohman, T.G. (1990). Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22, 558-563.
- Humphries, B., Warman, G., Purton, J., Doyle, T. & Dugan, E. (2004). The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3, 16-22.
- Humphries, B., Newton, U.R., Bronks, R., Marshall, S., McBride, J., Triplett-McBride, T., Häkkinen, K., Kraemer, J.W. (2000). Effect of exercise intensity on bone density strength, and calcium turnover in older women, *Medicine and Science in Sports and exercise*, 32, 6, 1043-1050.
- Hourigan, S.R., Nitz, J.C., Brauer, S.G., O'Neill, S., Wong, J. & Richardson, C.A. (2008). Positive effects of exercise on falls and fractures risk in osteopenic women. *Osteoporosis International*, 19, 1077-1086.
- Iki, M., Morita, A., Ikeda, Y., Sato, Y., Akiba, T., Matsumoto, T., et al., (2007) Biochemical markers of bone turnover may predict progression to osteoporosis in osteopenic women: the JPOS Cohort study. *Journal of Bone Mineral and Research*, 25, 122-129.
- Issurin, V.B., Liebermann, D.G. & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory training on maximal force and flexibility. *Journal of Sports Sciences*, 12, 561-566.
- Iwamoto, J., Takeda, T., Sato, Y., & Uzawa, M. (2005). Effect of whole-body vibration exercise on lumbar bone mineral density, bone turnover, and chronic back pain in post-menopausal osteoporotic women with treated with alendronate. *Aging Clinical and Experimental Research*, 17, 157-163.

- Iwamoto, J., Takeda, T., & Ichimura, S. (2001). Effect of exercise training and detraining on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *Journal of Orthopaedic Science*, 6, 128-132.
- Junqueira, L.C. & Carneiro, J. (2004). *Βασική Ιστολογία Ι*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Junqueira, L.C., Carneiro, J. & Kelley, O.R. (1991). *Βασική Ιστολογία*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Juzwiak, C.R., Amancio, O.M., Vitalle, M.S., Szejnfeld, V.L. & Pinheiro, M.M. (2008). Effect of calcium intake, tennis playing, and body composition on bone-mineral density of Brazilian male adolescents. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. 18, 524-538.
- International Osteoporosis Foundation. Facts and Statistics. Ημερομηνία Ανάκτησης: 13-7-2008. <http://www.iofbonehealth.org/facts-and-statistics.html>
- Καλογερόπουλος, Α. (1996). *Γυναικολογία: Κλιμακτήριο και Εμμηνόπαυση*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Karlsson, M.K., Hasserijs, R. & Obrant, K.J. (1996). Bone mineral density in athletes during and after career: A comparison between loaded and unloaded skeletal regions. *Calcified Tissue International*, 59, 245-248.
- Karlsson, M.K., Johnell, O. & Obrant, K.J. (1995). Is bone mineral density advantage maintained long-term in previous weight lifters? *Calcified Tissue International*, 57, 325-328.
- Kelley, G.A. (1998). Aerobic exercise and bone density at the hip in postmenopausal women: A meta-analysis. *Preventive Medicine* 27, 798-807.

- Kelley, G.A. & Kelley, K.S. (2006). Exercise and bone mineral density at the femoral neck in postmenopausal women: A meta-analysis of controlled clinical trials with individual patient data. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 194, 760-767.
- Kelley, G.A., Kelley K.S. & Tran, Z.V. (2001). Resistance training and bone mineral density in women. (2001). *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 80, 65-77.
- Kemmler, W. & Engelke, K. (2004). A critical review of exercise training effects on bone mineral density (BMD) in early postmenopausal women. *International SportMed Journal*, 5, 67-77.
- Kemmler, W., Engelke, K., Weineck, J., Hensen, J & Kalender, W. (2003). The erlangen fitness osteoporosis prevention study: A controlled exercise trial in early postmenopausal women with low bone density-first year results. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 673-682.
- Kerr, D., Morton, A., Dick, I. & Prince, R. (1996). Exercise effects on bone mass in postmenopausal woman are site – specific and load – dependent. *Journal of Bone and Mineral Research*, 11, 2, 218-225.
- Kjaer M., Secher N.S. & Galbo H. (1987). Role of motor center activity for hormonal changes and substrate mobilization in humans. *American Journal of Physiology*, 253, R687-R697.
- Κόλλιας Η.Α.(1997). *Βιοκινητική της αθλητικής κίνησης: Ερειστικό σύστημα*. Θεσσαλονίκη: Η. Κόλλιας.
- Korpelainen, R., Kiukaanniemi-Keinanen, S., Heikkinen, J., Vaananen, K., & Korpelainen, J. (2006). Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporosis International*, 17, 109-118.

- Kontulainen, S., Heinonen, A., Kannus, P., Pasanen, M., Sievanen H. & Vuori, I. (2004). Former exercisers of an 18-month intervention display residual aBMD benefits compared with control women 3.5 years post-intervention: a follow-up of a randomized controlled high-impact trial. *Osteoporosis International*, 15, 248-251.
- Knoll, B.I., McCarthy T.L., Centrella, M. & Swin, J. (2005). Strain-dependent control of transforming Growth Factor- β function in Osteoblasts in an in Vitro model: Biochemical events associated with distraction osteogenesis. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 116, 224-233.
- Kudlac, J., Nichols, D.L., Sanborn, C.F., & DiMarco, N.M. (2004). Impact of detraining on bone loss in former collegiate female gymnasts. *Calcified Tissue International*, 75, 482-487.
- Λαμπίρης, Η.Ε. (2003). *Ορθοπαιδική & Τραυματολογία*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Layne, E.J. & Nelson, M. (1999). The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Medicine Science in Sports and Exercise*, 31, 25-30.
- Leichter, I., Simkin, A., Margulies, J.Y., Bivas, A., Steinberg, R., Giladi, M. & Milgrom, C. (1989). Gain in mass density of bone following strenuous physical activity. *Journal of Orthopaedic Research*, 7, 86-90.
- Lima, F., De Falco V., Baima, J.G., Carazzato J.G. & Pereira R.M.R. (2001). Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33, 1318-1323.
- Λογοθέτη Ι. & Μυλωνά, Ι. (1996). *Νευρολογία*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Lord, S.R., Ward, J.A., Williams, P., & Zivanovic, E. (1996). The effects of a community exercise program on fracture risk factors in older women. *Osteoporosis International*, 6, 361-367.

- Λώλης, Ε. Δ. (1995). *Γυναικολογία και Μαιευτική: Εμμηνόπαυση*, (σελ. 407-422). Αθήνα: Παρισιάνος.
- Maddalozzo, G.F., Widrick, J.J., Cardinal, B.J., Winters-Stone, K.M., Hoffman, M.A., & Snow, C.M. (2007). The effects of hormone replacement therapy and resistance training on spine bone mineral density in early postmenopausal women. *Bone*, 40, 1244-1251.
- Maddalozzo, G.F. & Snow, C.M. (2000). High intensity resistance training: Effects on bone in older men and women. *Calcified Tissue International*, 66, 399-404.
- Management of osteoporosis in postmenopausal women: 2010 position statement of The North American Menopause Society. *Menopause*, 17, 25-54.
- Mazzeo, R.S., Cavanagh, P., Evans, W.J., Fiatarone, M., Hagberg, J., McAuley, E. & Startzell, J. (1998). ACSM Position Stand: Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30, 992-1008.
- Martin, B.J. & Park, H.S. (1997). Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 504-511.
- Martyn-St James, M. & Carroll, S. (2008). Meta-analysis of walking for preservation of bone mineral density in postmenopausal women. *Bone*, 43, 521-531.
- Martyn-St James, M. & Carroll, S. (2006). High intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporosis International*, 11, 1225-1240.
- Mester, J., Kleinoder, H. & Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks. *Journal of Biomechanics*, 39, 1056-1065.
- Milliken, L.A., Going, S.B., Houtkooper, L.B., Flint-Wagner, H.G., Figueroa, A., Metcalfe, L.L., Blew, R.M., Sharp, S.C., Lohman, T.G. (2003). Effects of exercise training on bone remodeling, insulin-like growth factors, and bone mineral density in

- postmenopausal women with and without hormone replacement therapy. *Calcified Tissue International*, 72, 478-484.
- Modlesky, C.M., Majumdar, S. & Dudley, G.A. (2008). Trabecular bone microarchitecture in female collegiate gymnasts. *Osteoporosis International* 19, 1011-1018.
- Morel, B., Combe, B., Francisco, J. & Bernard, J. (2001). Bone mineral density of 704 amateur sportsmen involved in different physical activities. *Osteoporosis International*, 12, 152-157.
- Μπατρινός, Μ. (1999). *Σύγχρονη Ενδοκρινολογία*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Mudd, L.M., Fornetti, W. & Pivarnik, J.M. (2007). Bone mineral density in collegiate female athletes: Comparison among sports. *Journal of Athletic Training*, 42, 403-408.
- Naito, E., Kinomura, S., Geyer, S., Kawashima, R., Roland, P.E. & Zilles, K. (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. *The Journal of Neurophysiology*, 83, 1701-1709.
- Nemes-LCB Muscle training device. (2000). Instructions for use and maintenance. <http://www.bosco-system.com>.
- Nichols, D.L., Sanborn C.F., Bonnick S.L., Benezra V., Gench B and Dimarco N.M. (1994). The effects of gymnastics training on bone mineral density, *Medicine Science in Sports and Exercise*, 26, 1220-1225.
- Nichols, D.L., Sanborn, C.F. & Love, A.M. (2001). Resistance training and bone mineral density in adolescent females. *The Journal of Pediatrics*, 139, 494-500.
- Nordstrom, P., Thorsen, K., Bergstrom, E. & Lorentzon, R. (1996). High bone mass and altered relationships between bone mass, muscle strength, and body constitution in adolescent boys on a high level of physical activity, *Bone*, 19, 189-195.

- Nordlund, M.M. & Thorstensson, A. (2007). Strength training effects of whole-body vibration? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports*, 17, 12-17.
- Παπακίτσου, Ε., Γαλανός, Α., Κατσαλήρα, Αικ., Ράπτη, Γ., Πασπάτη, Ι., Οικονομόπουλος, Δ., Σαμδάνης, Β. & Λυρίτης, Γ.Π. (2005). Η συχνότητα της οστεοπόρωσης στον Ελληνικό πληθυσμό. Επιδημιολογική καταγραφή ελληνικού συλλόγου υποστήριξης ασθενών με οστεοπόρωση (ΕΣΥΑΟ). *Σκελετική Υγεία*, 4, 112-117.
- Παπακίτσου, Ε., Πασπάτη, Ι., Τουρνής, Σ., Ιωακειμίδης, Δ., Τροβάς Γ., Καρακασίδου, Π., Κοντογιάννη, Μ., & Λυρίτης, Γ.Π. (2004). *Μονογραφία: Κατευθυντήριες γραμμές για την αντιμετώπιση της οστεοπόρωσης στην Ελλάδα*. Αθήνα: Εκδόσεις ΕΛ.Ι.Ο.Σ.
- Πουρνάρας, Ι.Δ. (2009). *Ορθοπαιδική Χειρουργική*. Αθήνα: Εκδόσεις-Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Power Plate machine. Ημερομηνία ανάκτησης 23-6-2003. <http://www.power-plate.com/>.
- Raisz, L.G. (1999). Osteoporosis: Current approaches and future prospects in diagnosis, pathogenesis, and management. *Journal of Bone Mineral Metabolism*, 17, 79-89.
- Rein, B., Lidstrom, J., Skoglund, J. & Lindstrom, B. (2007) Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports*, 17, 2-11.
- Riggs, L.B. & Melton, J.L. (1995). Osteoporosis: Etiology, Diagnosis, and anagement 2nd ed. In: R. Lindsay (Ed.), *Estrogen deficiency* (pp. 133-160). Philadelphia: Mayo Foundation, Lippincot-Raven.
- Rittweger, J., & Felsenberg, D. (2009) Recovery of muscle atrophy and bone loss from 90 days bed rest: Results from one-year follow up. *Bone*, 44, 214-224.
- Rittweger, J., Mutschelknauss, M. & Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 23, 81-86.

- Rittweger, J., Schiessl, H. & Felsenberg, D. (2001). Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *European Journal of Applied Physiology*, 86, 169-173.
- Rittweger, J., Beller, G. & Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical Physiology*, 20, 134-142.
- Roelants, M., & Delecluse, C. & Verschueren, S. (2004). Whole body vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52, 901-908.
- Rogers, A., Hannon, R.A. & Eastell, R. (2000). Biochemical markers as predictors of rates of bone loss after menopause. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15, 343-351.
- Ruan, X.Y., Jin, F.Y., Liu, Y.L. Peng, Z.L. & Sun, Y.G, (2008) Effects of vibration therapy on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *Chinese Medical Journal*, 121, 1155-1158.
- Rubin, C. & Judex, S. (2008) Enhancement of the adolescent murine musculoskeletal system using low-level mechanical vibrations. *Journal of Applied Physiology*, 104, 1056-62.
- Rubin, C., Judex S & Qin, Y. (2006) Low-level mechanical signals and their potential as a non-pharmacological intervention for osteoporosis. *Age and Ageing*, 35-S2, ii32-ii36.
- Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., McCabe, J. & McLeod, K. (2004). Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: A clinical trial assessing compliance, efficacy and safety. *Journal of Bone Mineral and Research*, 19, 343-351.
- Rubin, C. & Turner A.S., Mallinckrodt, C., Jerome, C., McLeod, K., & Bain, S. (2002). Mechanical strain, induced noninvasively in the high-frequency domain, is anabolic to cancellous bone, but not cortical bone. *Bone*, 30, 445-452.

- Rubin, C., Xu, G. & Judex, S. (2001). The anabolic activity of bone tissue, suppressed by disuse, is normalized by brief exposure to extremely low-magnitude mechanical stimuli. *FASEB Journal*, 15, 2225-2229.
- Rubin, C. & Lanyon, L. (1984). Regulation of bone formation by applied dynamic loads. *The Journal of Bone Joint Surgery*, 66, 397-402.
- Russo, C.R., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Guralnik, M.J. & Ferrucci L. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 1854-1857.
- Ryan, A.S., Treuth, M.S., Hunter, G.R., & Elahi, D. (1998). Resistive training maintains bone mineral density in postmenopausal woman. *Calcified Tissue International*, 62, 295-299.
- Sandler, R.B., Cauley J.A., Hom, D.L., Sashin, D., & Kriska A.M. (1987). The effects of walking on the cross-sectional dimensions of the radius in postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 41, 65-69.
- Sibonga, J.D., Cavanagh, P.R., Lang, T.F., LeBlanc A.D., Schneider V.S., Shackelford, L.C., Smith, S.M. & Vico, L. (2008). Adaptation of the skeletal system during long-duration spaceflight. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*, 5, 249-261.
- Sinaki, M., Itoi, E., Wahner, H.W., Wollan, P., Gelzcer, R., Mullan, B.P., Collins, D.A. & Hodgson, S.F. (2002). Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: A prospective 10 year follow-up of postmenopausal women. *Bone*, 30, 836-841.
- Sinaki, M., Wahner, H.W., Bergstralh, J.E., Hodgson, F S., Offord P.K., Squires, W.R., Swee, R.G. & Kao, P.C. (1996). Three year controlled, randomized trial of the effect of dose-specified loading and strengthening exercise on bone mineral density of spine and femur in nonathletic, physically active women. *Bone*, 19, 233-244.

- Smith, L.E. & Tommerup, L. (1995). Exercise: A prevention and treatment for osteoporosis and injurious falls in the older adult. *Journal of Aging and Physical Activity*, 3, 178-192.
- Stein, H.J. (1998). Παθολογία. In Mundy, R.G., Reasner A.C. *Διαγνωστική προσέγγιση των διαταραχών του οστικού μεταβολισμού*. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
- Sugiyama, T., Yamaguchi, A. & Kawai, S. (2002). Effects of skeletal loading on bone mass and compensation mechanism in bone: a new insight into the “mechanostat” theory. *Journal of Bone Mineral Metabolism*. 20, 196-200.
- Συμεωνίδης, Π.Π. (1996). *Ορθοπαιδική, Κακώσεις και παθήσεις του μυοσκελετικού συστήματος*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Ταμπακούδης, Π. & Μανταλενάκης, Σ. (1997). Ορμονική Θεραπεία Υποκατάστασης στην Εμμηνόπαυση. *Εφηβική Γυναικολογία Αναπαραγωγή και Εμμηνόπαυση*, 9, 2, 129-144.
- Torvinen, S. (2003). *Effect of whole body vibration on Muscular Performance, Balance, and Bone*. Academic Dissertation. University of Tampere.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A., Pasanen, M., Kontulainen, S., Nenonen, A., Jarvinen, T.L., Paakkala, T., Jarvinen, M. & Vuori, I. (2003). Effect of 8-month vertical whole body vibration on body balance: A randomized controlled study. *Journal of Bone Mineral and Research*, 18, 876-884.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen H., Jarvinen, T.A., Pasanen, M., Kontulainen. S., Jarvinen, T.L., Oja, P. & Vuori, I. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomised cross-over study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 22:145-152.
- Turner, C.H. (1998). Three rules for bone adaptation to mechanical stimuli. *Bone*, 23, 399-407.

- Velez, N.F., Zhang, A., Stone, B., Perera, S., Miller, M. & Greenspan, S.L. (2008). The effect of moderate impact exercise on skeletal integrity in master athletes. *Osteoporosis International*, 19, 1457-1464.
- Verschueren, S.M., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen S., Vanderschueren, D., & Boonen, S. (2004). Effect of 6-month whole body vibration on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: A randomized control pilot study. *Journal of Bone Mineral and Research*, 19, 352-359.
- Vuori, I.M. (2001). Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, S551- S586.
- Vuori, I., Heinonen, A., Sievanen, H., Kannus, P., Pasanen, M. & Oja, P. (1994). Effects of unilateral strength training and detraining on bone mineral density and content in young women: A study of mechanical loading and deloading on human bones. *Calcified Tissue International*, 55, 59-67.
- Yamazaki S., Ichimura S., Iwamoto J., Takeda T., & Toyama Y. (2004). Effect of walking exercise on bone metabolism in postmenopausal women with osteopenia/osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 22, 500-508.
- Wallace, B.A. & Cumming, R.G. (2000). Systematic review of randomized trials of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcified Tissue International*, 67, 10-18.
- Walker, M., Klentrou, P., Chow, R., & Plyley, M. (2000). Longitudinal evaluation of supervised exercise programs for the treatment of osteoporosis. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 349-355.
- Ward, K., Alsop, C., Caulton, J., Rubin, C., Adams, J., & Mughal Z. (2004). Low magnitude mechanical loading is osteogenic in children with disabling conditions. *Journal of Bone Mineral and Research*, 19, 360-369.

- Ward, J.A., Lord, S.R., Williams, P., Anstey, K. & Zivanovic, E. (1995). Physiologic, health, and lifestyle factors associated with femoral neck bone density in older women. *Bone*, 16, 373S-378S.
- Welsh, L. & Rutherford, O.M. (1996). Hip bone mineral density is improved by high-impact aerobic exercise in postmenopausal women and men over 50 years. *European Journal of Applied Physiology*, 74, 511-517.
- Wolff, I., van Croonenborg, J.J., Kemper, H.C., Kostense, P.J., & Twisk, J.W. (1999). The effect of exercise training programs on bone mass: A meta-analysis of published controlled trials in pre and postmenopausal women. *Osteoporosis International*, 9, 1-12.
- Ψαρρού, Αικ., Δανέλλη, Α.Μ., Μαλανδρίνου, Φ., Συγκελλάκης, Π.Ν. (2001). Ποια η αξιοπιστία των μετρήσεων της οστικής μάζας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης. *Οστούν*, 12, 2:114-120.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

A. Οργάνωση ερευνητικού έργου

Δημοτικός Οργανισμός Νεολαίας και Άθλησης Κομοτηνής
 Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
 Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας
 Υπεύθυνος: Σάββας Τοκμακίδης, Καθηγητής

Έγγραφο συγκατάθεσης συμμετοχής στα προγράμματα άσκησης

Με σκοπό να βελτιώσω την κατάσταση της υγείας μου αλλά και γενικότερα να βελτιώσω τη φυσική μου κατάσταση, δια της παρούσης συναινώ να συμμετάσχω στα προγράμματα άσκησης που προσφέρει ο ΔΟΝΑ Κομοτηνής σε συνεργασία με το Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του ΔΠΘ. Τα προγράμματα άσκησης είναι βασισμένα στην κατάσταση της υγείας μου, όπως αυτή θα διαπιστωθεί μέσω ενός πλήρους ιατρικού ελέγχου. Θα μου δοθούν ακριβείς οδηγίες για την ένταση και το είδος της άσκησης που θα εκτελώ. Συμφωνώ να συμμετάσχω τρεις φορές την εβδομάδα στο πρόγραμμα. Ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό θα με καθοδηγεί κατά τη διάρκεια των συνεδριών άσκησης. Καταλαβαίνω ότι θα πρέπει να παρακολουθώ κάθε συνεδρία άσκησης και να συμμορφώνομαι με τις οδηγίες του προσωπικού. Για το αν λαμβάνω φάρμακα με συνταγή ιατρού, έχω ήδη πληροφορήσει το προσωπικό του προγράμματος και συμφωνώ να ενημερώνω εγκαίρως για κάθε αλλαγή που ο γιατρός μου ή εγώ έχουμε κάνει σχετικά με τη χρήση τους.

Επιθυμώ να λάβω μέρος στο πρόγραμμα, αν και κατανοώ ότι υπάρχει κίνδυνος ορθοπεδικού τραυματισμού σε περίπτωση λανθασμένης εκτέλεσης των ασκήσεων. Δηλώνω ότι έχω διαβάσει το παρόν έγγραφο στην ολότητά του ή μου έχει αναγνωριστεί και συναινώ στην εκτέλεση όλων αυτών και των πρωτοκόλλων, όπως μου εξηγήθηκαν εδώ από το προσωπικό του προγράμματος.

Ημερομηνία

Υπογραφή Μάρτυρα

Υπογραφή Ασκούμενης

Υπογραφή Υπεύθυνου
του Προγράμματος

.....

.....

.....

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας
Υπεύθυνος: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:

ΤΗΛΕΦΩΝΟ:

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑ:

ΗΛΙΚΙΑ:

ΒΑΡΟΣ:

ΥΨΟΣ:

ΗΛΙΚΙΑ ΕΜΜΗΝΟΠΑΥΣΗΣ:

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ: ΑΦΥΣΙΚΗ (εξηγείστε):

ΚΑΠΝΙΖΕΤΕ; **ΝΑΙ / ΟΧΙ** ΠΟΣΑ ΧΡΟΝΙΑ; ΤΣΙΓΑΡΑ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ;
ΕΤΟΣ ΠΟΥ ΣΤΑΜΑΤΗΣΑΤΕ:

ΣΑΣ ΕΧΕΙ ΠΕΙ ΠΟΤΕ Ο ΓΙΑΤΡΟΣ ΟΤΙ ΕΙΧΑΤΕ ΚΑΤΙ ΑΠΟ ΤΑ ΑΚΟΛΟΥΘΑ;
(Παρακαλώ σημειώστε και αναφέρετε την έναρξη, αν ισχύει)

		ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΕΝΑΡΞΗ
1.	Στεφανιαία Νόσος Στηθάγχη Έμφραγμα μυοκαρδίου			
2.	Καρδιακή Αρρυθμία			
3.	Εγκεφαλικό Επεισόδιο			
4.	Υπέρταση			
5.	Σακχαρώδης Διαβήτης			
6.	Χρόνια Βρογχίτιδα			
7.	Χρόνια Οσφυαλγία			
8.	Αρθρίτιδα (τύπος;)			
9.	Υπερθυροειδισμός			
10.	Υπερπαραθυροειδισμός			
11.	Διαταραχές λειτουργίας γαστρεντερικού			
12.	Διαταραχές λειτουργίας ήπατος και χοληφόρων			
13.	Οστεοπόρωση			
14.	Άλλες ασθένειες;			

ΕΧΕΤΕ ΚΑΝΕΙ ΕΞΕΤΑΣΗ ΟΣΤΙΚΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ (ΟΣΤΕΟΠΟΡΩΣΗΣ);

ΝΑΙ / ΟΧΙ

ΕΤΟΣ:

ΕΙΔΟΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ:

ΛΑΜΒΑΝΕΤΕ ΦΑΡΜΑΚΑ; **ΝΑΙ / ΟΧΙ** ΠΟΙΑ;

ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΡΜΟΝΩΝ: ΝΑΙ / ΟΧΙ

ΕΤΟΣ ΕΝΑΡΞΗΣ:

ΕΤΗ ΧΡΗΣΗΣ:

**ΑΣΧΟΛΕΙΣΤΕ ΜΕ ΚΑΠΟΙΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ (ΤΡΕΞΙΜΟ, ΠΟΔΗΛΑΣΙΑ,
ΚΟΛΥΜΒΗΣΗ ΚΤΛ) ΙΚΑΝΗ ΝΑ ΣΑΣ ΚΑΝΕΙ ΝΑ ΙΔΡΩΣΕΤΕ, ΝΑ ΧΤΥΠΑΕΙ Η
ΚΑΡΔΙΑ ΣΑΣ Ή ΝΑ ΜΗ ΣΑΣ ΦΤΑΝΕΙ Ο ΑΕΡΑΣ ΠΟΥ ΑΝΑΠΝΕΕΤΕ; ΝΑΙ / ΟΧΙ
ΠΟΣΕΣ ΦΟΡΕΣ ΤΗΝ ΕΒΔΟΜΑΔΑ; ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ;**

**ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΠΛΟΥΣΙΩΝ ΣΕ ΑΣΒΕΣΤΙΟ ΚΑΙ ΒΙΤΑΜΙΝΗ D**

ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	Κατά μέσο όρο κατανάλωσης τους τελευταίους 12 μήνες								
	6+ φορές την ημέρα	4-6 φορές την ημέρα	2-3 φορές την ημέρα	1 φορά την ημέρα	5-6 φορές την εβδομ.	2-4 φορές την εβδομ.	1 φορά την εβδομ.	1-3 φορές το μήνα	Λίγες φορές το χρόνο
Γαλακτομικά									
Γάλα (κατσικίσιο, αραιωμένο εβαπορέ, παστεριωμένο)									
1 ποτήρι									
Γιαούρτι (πρόβειο αγελαδινό, 2%, 4%, με φρούτα)									
1 κεσεδάκι									
Τυρί φέτα (100gr)									
Τυρί Edam, Cheddar, Gouda (30-40gr)									
Τυρί παρμεζάνα (30gr)									
Απαλειφόμενα τυριά (60gr)									
Γραβιέρα (35gr)									
Mozzarella (35gr)									
Μυζήθρα (30gr)									
Παγωτό (100gr)									
Milk shake (1 ¼ κούπας)									
Σοκολάτα γάλακτος(100gr)									
Δημητριακά, αρτοσκευάσματα									
Ψωμί (1 φέτα)									
Τυρόπιτα (1 κομμάτι)									
Κολοκυθόπιτα (1 κομμάτι)									
Μπουγάτσα (1 κομμάτι)									
Δημητριακά πραινού (1/2 κούπα)									
Κρουασάν (1)									
Φιστίκια (1/2 κούπα), φιστίκια Αιγίνης (1/2 κούπα)									
Αμύγδαλα (1/2 κούπα)									
Σουσάμι (40gr)									
	Κατά μέσο όρο κατανάλωσης τους τελευταίους 12 μήνες								
ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ	6+	4-6	2-3	1	5-6	2-4	1	1-3	Λίγες

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ	φορές την ημέρα	φορές την ημέρα	φορές την ημέρα	φορά την ημέρα	φορές την εβδομ.	φορές την εβδομ.	φορά την εβδομ.	φορές το μήνα	φορές το χρόνο
Θαλασσινά Σαρδέλες 100 gr (περίπου 14 σαρδέλες)									
Μπακαλιάρος (170- 220 gr)									
Κολιός (170-220gr)									
Στρείδια (τα 6)									
Τόνος (170-220gr)									
Γαρίδες, καβούρια, καραβίδες, μύδια, αστακός (170-220gr)									
Σολωμός (170-220gr)									
Χέλι, γαλέος, καλαμαράκια (170- 220gr)									
Αυγό βραστό/ τηγανητό (1)									
Λαχανικά, Σπανάκι (1/2 κούπα)									
Σπανακόρυζο (1/2 κούπας)									
Σπανακόπιτα (1 κομμάτι)									
Μπρόκολο, σέλινο, πράσο (1/2 κούπα)									
Αγκινάρες, σπαράγγια, ραδίκια, μαρούλι, φασολάκια, αρακάς, καρότα, κουνουπίδι, λάχανο, παντζάρια, ραπανάκια (1/2 κούπα)									
Αλκοόλ									
Πολυβιταμίνες ή και συμπληρώματα ασβεστίου (1 ταμπλέτα / δόση)									

Αποχή από τα γαλακτομικά λόγω νηστείας (αφορά το παρόν): μέρες/ έτος

Αιτίες αποφυγής γαλακτομικών:

1. Δυσανοχή στη λακτόζη
2. Αλλεργία στα γαλακτομικά
3. Συμβουλή γιατρού
4. Άλλος λόγος

B. Καταγραφή δεδομένων

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εργαστήριο Εργοφυσιολογίας
Υπεύθυνος: Τοκμακίδης Σάββας, Καθηγητής

Ατομική καρτέλα ασκούμενης

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ :

ΗΛΙΚΙΑ :

ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	.../.../....	.../.../....	.../.../....
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	1 ^η Μέτρηση	2 ^η Μέτρηση	3 ^η Μέτρηση
Σωματικό Βάρος (kg)			
Ύψος (cm)			
Δείκτης Σωματικής Μάζας (kg/m ²)			
Περιφέρεια βραχιόνιου (cm) (δεξιό άκρο)			
Περιφέρεια βραχιόνιου (cm) (αριστερό άκρο)			
Περιφέρεια μέσης (cm)			
Περιφέρεια κοιλιάς (cm)			
Περιφέρεια ισχίου (cm)			
Περιφέρεια μέσης/ισχίου (cm)			
Περιφέρεια μηριαίου (cm) (δεξιό άκρο)			
Περιφέρεια μηριαίου (cm) (αριστερό άκρο)			
Περιφέρεια γαστροκνήμιου (cm) (δεξιό άκρο)			
Περιφέρεια γαστροκνήμιου (cm) (αριστερό άκρο)			

Ατομική καρτέλα ασκούμενης

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:.....

ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΩΜΑΤΟΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ/...../...../...../...../...../.....
ΔΕΡΜΑΤΟΠΤΥΧΕΣ	1 ^η Μέτρηση	2 ^η Μέτρηση	3 ^η Μέτρηση
Δερματοπτυχή τρικέφαλου (mm)			
Δερματοπτυχή δικέφαλου (mm)			
Δερματοπτυχή υποπλάτιου (mm)			
Δερματοπτυχή υπερλαγόνιου (mm)			
Δερματοπτυχή μηρού (mm)			
Δερματοπτυχή γαστροκνήμιου (mm)			
Άθροισμα 4 δερματοπτυχών (mm) (τρικέφαλου, υποπλάτιου, υπερλαγόνιου, μηρού)			

Ατομική καρτέλα ασκούμενης

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:.....

ΜΥΪΚΗ ΔΥΝΑΜΗ-

ΤΕΣΤ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ (Kg) -/

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ/...../...../...../...../...../.....
ΑΣΚΗΣΕΙΣ	1 ^η Μέτρηση	2 ^η Μέτρηση	3 ^η Μέτρηση
Εκτάσεις κνήμης			
Κάμψεις κνήμης			

ΤΕΣΤ ΜΥΪΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ (επαναλήψεις)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ/...../...../...../...../...../.....
ΑΣΚΗΣΕΙΣ	1 ^η Μέτρηση	2 ^η Μέτρηση	3 ^η Μέτρηση
Εκτάσεις κνήμης			
Κάμψεις κνήμης			

ΕΥΚΑΜΨΙΑ (cm)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ/...../...../...../...../...../.....
ΤΕΣΤ	1 ^η Μέτρηση	2 ^η Μέτρηση	3 ^η Μέτρηση
SIT AND REACH			

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΕΛΤΙΟ ΑΣΚΗΣΗΣ ΤΗΣ

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Ημερομηνία											
Προπ. Μονάδα											
Κ.Σ. ημεμιάς											
ΑΠ ημεμιάς											
ΠΡΟΦΕΡΜΑΝΣΗ:											
Μορφή:											
Διάρκεια:											
Ταχύτητα											
Κ.Σ. μετά την προθέρμανση											
Α.Π. μετά την προθέρμανση											
ΚΥΡΙΟΣ ΜΕΡΟΣ											
1 ^ο Σετ											
Άσκηση											
Διάρκεια (sec)											
Συχνότητα (Hz)											
Επιτάχυνση (m/sec ²)											
Μετατόπιση (mm)											
Διάρκεια διαλείμματος (sec)											
ΚΣ τέλος											
ΑΠ τέλος											
2 ^ο Σετ											
Άσκηση											
Διάρκεια (sec)											
Συχνότητα (Hz)											
Επιτάχυνση (m/sec ²)											
Μετατόπιση (mm)											
ΚΣ τέλος											
ΑΠ τέλος											
3 ^ο Σετ											
Άσκηση											
Διάρκεια (sec)											
Συχνότητα (Hz)											
Επιτάχυνση (m/sec ²)											
Μετατόπιση (mm)											
ΚΣ τέλος											
ΑΠ τέλος											
Κλίμακα BORG											

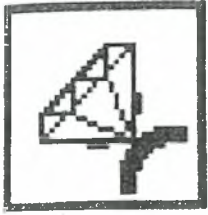
ΜΗΝΙΑΙΟ ΑΤΟΜΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ ΑΣΚΗΣΗΣ ΤΗΣ.....

Ημερομηνία	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Προτ. Μονάδα												
1 ^ο Σετ												
Άσκηση												
Διάρκεια (sec)												
Συχνότητα (Hz)												
Επιτάχυνση (m/sec ²)												
Μετατόπιση (mm)												
ΚΣτέλος												
ΑΠ τέλος												
Διάρκεια διαλείμματος (sec)												
2 ^ο Σετ												
Άσκηση												
Διάρκεια (sec)												
Συχνότητα (Hz)												
Επιτάχυνση (m/sec ²)												
Μετατόπιση (mm)												
ΚΣτέλος												
ΑΠ τέλος												
Διάρκεια διαλείμματος (sec)												
3 ^ο Σετ												
Άσκηση												
Διάρκεια (sec)												
Συχνότητα (Hz)												
Επιτάχυνση (m/sec ²)												
Μετατόπιση (mm)												
Διάρκεια διαλείμματος (sec)												
ΚΣ τέλος												
ΑΠ τέλος												
Κλίμακα BORG												
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ												

ΜΗΝΙΑΙΟ ΑΤΟΜΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ ΑΣΚΗΣΗΣ ΤΗΣ.....

ΠΕΡΙΟΜΗΝΙΑ	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
ΠΡΟΠ. ΜΟΝΑΔΑ												
Κ.Σ. στην έναρξη												
ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ:												
Μορφή:												
Διάρκεια:												
Παχύτητα:												
Κ.Σ. προθερ.												
ΒΑΡΗ:												
Κωπηλατική												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Εμπροσθολαιμίες												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Γρήσες Μηχανής												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Rec-deck												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Ημικαθίσματα												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Εκτάσεις ισχίου												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Απαιωνίες												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Προσαναυγί												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Εκτάσεις Κνήμης												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Κάμψεις Κνήμης												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ X ΚΓ)												
Κοιλιακοί												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ)												
Ραχιαίοι												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ)												
Αλματάκια												
(ΣΕΤ X ΕΠΙΘΑΝ)												
ΣΤΕΠ												
Κύκλοι												
Διάρκεια σταθμού												
Διάλειμμα												
Κ.Σ. 1 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ												
Κ.Σ. 2 ^{ος} ΚΥΚΛΟΣ												

Γ. Μέτρηση οστικής πυκνότητας με DEXA



Μαγνητικός Τομογράφος
Αξονικός Τομογράφος
Μαστογράφος
Διαγνωστική με υπερήχους
Οστεοπυκνομετρία (D.P.X.)
Ακτινολογικό Εργαστήριο

ΞΕΝΟΦΩΝ ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ Γιατρός ακτινολόγος Πολυφύρου 8 69100 Κομοτηνή τηλ. 25310-29609 , 366

Όνοματεπώνυμο :

Ημερομηνία : **15/06/2004**

**Ελεγχος Οστικής Πυκνότητας με
διπλή φωτονιακή απορροφησιομέτρηση.**

1) Προσθιοπίσθια λήψη της σπονδυλικής στήλης.

Ο Ο1 σπόνδυλος μετράται με περιεκτικότητα αλάτων ασβεστίου 79 % σε σχέση με άτομα της αυτής ηλικίας ενώ το ποσοστό σε σχέση με βάση δεδομένων νεαρών ενηλίκων μετράται 73 %.

Ο Ο2 σπόνδυλος διαθέτει 74 % ποσοστό αλάτων ασβεστίου για την ηλικία και 68 % σε σχέση με νεαρό υγιή άτομα.

Για τον Ο3 τα ποσοστά είναι 84 % και 77 % .

Για τον Ο4 ισχύουν 79 % και 73 % αντίστοιχα.

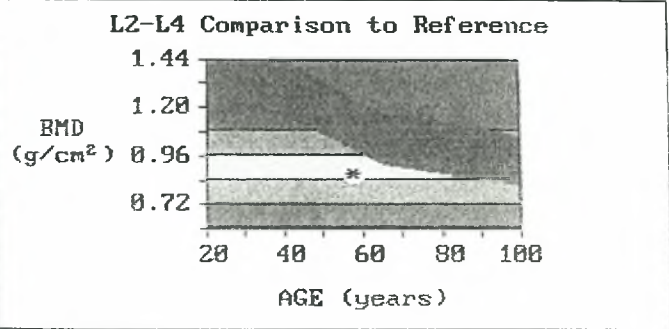
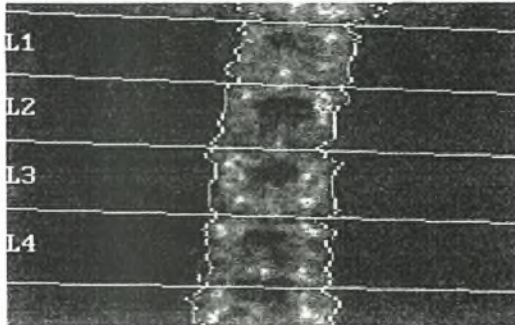
Οι κίνδυνοι επιπλοκής ή κατάγματος λόγω οστεοπορώσεως κρίνονται υπαρκτοί, με μέγιστη απώλεια στον Ο2 σπόνδυλο 26%.

Τσορμπατζόγλου Θωμάς

AP SPINE RESULTS
XENOFON DIMITRIADIS
 POLIFIMOU 8 KOMOTINI Tel 0531 - 29609 36606

PATIENT ID: SCAN: 3.65 15.06.2004
 NAME: ANALYSIS: 3.65 15.06.2004

SCAN DATE: 15.06.2004



L2-L4 BMD (g/cm ²) ¹	0.875 ± 0.01
L2-L4 % Young Adult ²	73 ± 3
L2-L4 % Age Matched ³	79 ± 3

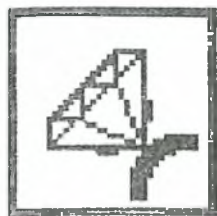
LUNAR®

IMAGE NOT FOR SIGNING

Age (years)	58	Large Standard	270.03	Scan Mode	Slow
Sex	Female	Medium Standard	200.77	Scan Type	DPX
Weight (Kg)	81.0	Small Standard	142.36	Collimation (mm)	1.68
Height (cm)	149	Low keV Air (cps)	667040	Sample Size (mm)	1.2x 1.2
Ethnic	White	High keV Air (cps)	412002	Current (uA)	750
System	6765	Rvalue (%Fat)	1.309(41.3)		

REGION	BMD ¹ g/cm ²	Young Adult ²		Age Matched ³	
		%	T	%	Z
L1	0.819	73	-2.59	79 74	-1.79
L2	0.815	68	-3.20	74 74	-2.40
L3	0.929	77	-2.26	84 75	-1.46
L4	0.874	73	-2.72	79 81	-1.92
L1-L2	0.817	71	-2.77	78	-1.97
L1-L3	0.858	73	-2.60	80	-1.80
L1-L4	0.862	73	-2.65	80	-1.85
L2-L3	0.875	73	-2.71	79	-1.91
L2-L4	0.875	73	-2.71	79	-1.91
L3-L4	0.901	75	-2.49	82	-1.69

1 - See appendix I on precision and accuracy. Statistically 68% of repeat scans will fall within 1 SD.
 2 - Italy AP Spine Reference Population. Ages 20-40. See Appendices.
 3 - Matched for Age, Weight (males 25-100kg; females 25-100kg), Ethnic.



Μαγνητικός Τομογράφος
Αξονικός Τομογράφος
Μαστογράφος
Διαγνωστική με υπερήχους
Οστεοπυκνόμετρία (D.P.X.)
Ακτινολογικό Εργαστήριο

ΞΕΝΟΦΩΝ ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗΣ Γιατρός ακτινολόγος Πολυφύμου 8 69100 Κομοτηνή τηλ. 25310-29609 , 3660

Όνοματεπώνυμο :

Ημερομηνία : **14/12/2004**

**Έλεγχος Οστικής Πυκνότητας με
Διπλή Φωτονιακή Απορροφησιμότητα.**

1) Προσθιοπίσθια λήψη της σπονδυλικής στήλης.

Ο O_1 σπόνδυλος μετράται με περιεκτικότητα αλάτων ασβεστίου 111 % σε σχέση με άτομα της αυτής ηλικίας ενώ το ποσοστό σε σχέση με βάση δεδομένων νεαρών ενηλίκων μετράται 98%.

Ο O_2 σπόνδυλος διαθέτει 109 % ποσοστό αλάτων ασβεστίου για την ηλικία και 97 % σε σχέση με νεαρά υγιή άτομα.

Για τον O_3 τα ποσοστά είναι 109 % και 97 % .

Για τον O_4 ισχύουν 116 % και 103 % αντίστοιχα.

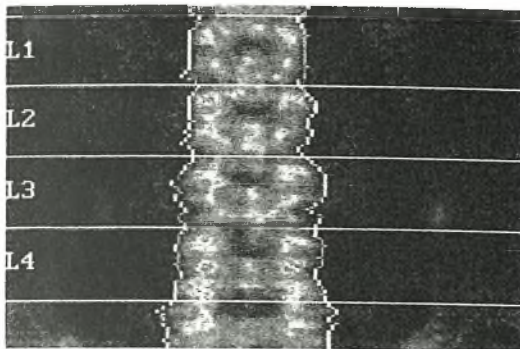
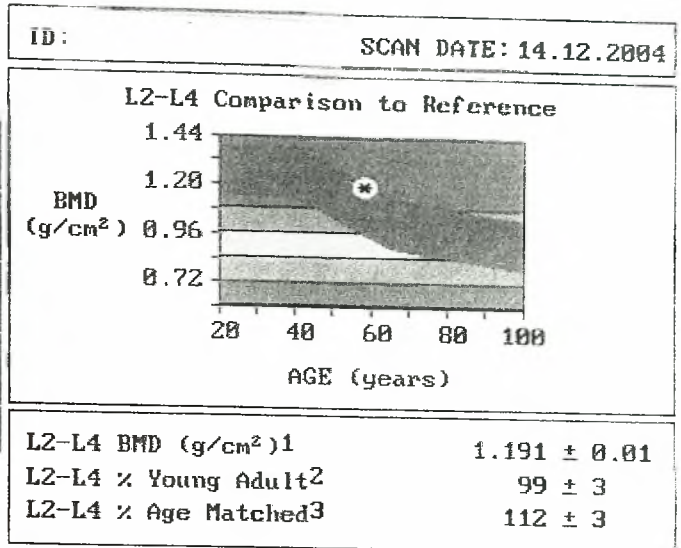
Οι κίνδυνοι επιπλοκής ή κατάγματος λόγω οστεοπορώσεως κρίνονται ανύπαρκτοι.


Τσορμπατζόγλου Θωμάς

AP SPINE RESULTS
XENOFON DIMITRIADIS
 POLIFIMOU 8 KOMOTINI Tel 0531 - 29609 36606

PATIENT ID:
 NAME:

SCAN: 3.65 14.12.2004
 ANALYSIS: 3.65 14.12.2004



LUNAR[®]

IMAGE NOT FOR DIAGNOSIS

Age (years).....	59	Large Standard.....	278.29	Scan Mode.....	Medium
Sex.....	Female	Medium Standard.....	206.95	Scan Type.....	DPX
Weight (Kg).....	74.0	Small Standard.....	146.96	Collimation (mm).....	1.68
Height (cm).....	158	Low keV Air (cps)...	74/824	Sample Size (mm).....	1.2x 1.2
Ethnic.....	White	High keV Air (cps)...	451194	Current (uA).....	75.0
System.....	6765	Rvalue (%Fat).....	1.331(30.4)		

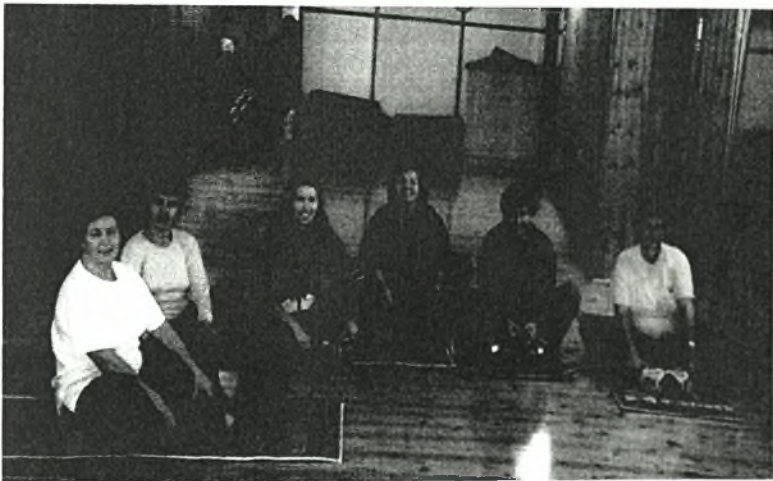
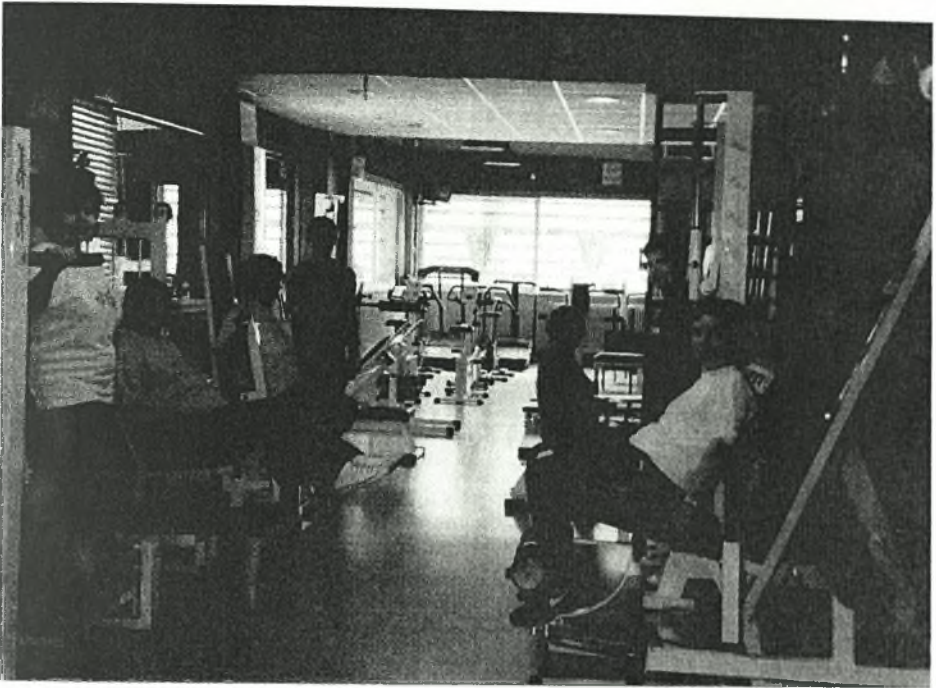
REGION	BMD ¹ g/cm ²	Young Adult ² %	T	Age Matched ³ % <i>116.04%</i>	
L1	1.103	98	-0.23	111 <i>108</i>	0.89
L2	1.159	97	-0.34	109 <i>104</i>	0.78
L3	1.164	97	-0.30	109 <i>109</i>	0.82
L4	1.241	103	0.34	116 <i>108</i>	1.46
L1-L2	1.132	98	-0.15	111	0.97
L1-L3	1.144	98	-0.21	110	0.90
L1-L4	1.172	99	-0.06	112	1.05
L2-L3	1.162	97	-0.32	109	0.80
L2-L4	1.191	99	-0.08	112	1.04
L3-L4	1.204	100	0.03	113	1.15

1 - See appendix I on precision and accuracy. Statistically 68% of repeat scans will fall within 1 SD.
 2 - Italy AP Spine Reference Population. Ages 20-40. See Appendices.
 3 - Matched for Age, Weight (males 25-100kg, females 25-100kg), Ethnic.

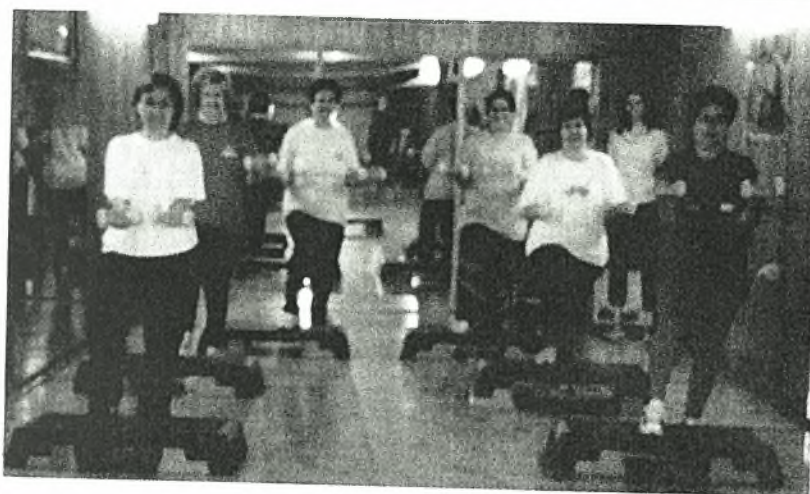
XENOFON DIMITRIADIS
 POLIFIMOU 8 KOMOTINI
 TEL 0531 29609
 FAX 0531 36606

Δ. Φωτογραφικό υλικό

ΟΜΑΔΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



ΟΜΑΔΑ ΑΣΚΗΣΗΣ



ΟΜΑΔΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΔΟΝΗΣΕΙΣ



ΟΜΑΔΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΔΟΝΗΣΕΙΣ

