

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ REVIEW

# Ο ρόλος της άσκησης στην πρόληψη και στη θεραπεία της οστεοπόρωσης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες

Η οστεοπόρωση είναι το συχνότερο μεταβολικό νόσημα των οστών, με ομάδα υψηλού κινδύνου τις γυναίκες μετά από την εμμηνόπαυση. Στη διάρκεια των πρώτων 5–10 ετών από την έναρξη της εμμηνόπαυσης παρατηρείται στις γυναίκες ταχεία απώλεια οστικής πυκνότητας που ανέρχεται στα 2–3% ετησίως. Η οστεοπόρωση είναι μια πολυπαραγοντική νόσος με πολλαπλές αιτίες, ορμονικές, μεταβολικές, περιβαλλοντικές, όπως η διατροφή και η έλλειψη άσκησης και φυσικής δραστηριότητας. Το οστό δεν είναι αδρανής ιστός αλλά ανταποκρίνεται στην πίεση, όπως οι άλλοι ιστοί του σώματος. Κάθε μεταβολή στη μορφή ή τη λειτουργία του οστού οδηγεί σε μεταβολές στην εσωτερική αρχιτεκτονική και την εξωτερική διαμόρφωσή του, έτσι ώστε ο σκελετός να διατηρεί ένα επίπεδο δομικής ακεραιότητας τέτοιο, που να υποστηρίζει την καθημερινή λειτουργική δραστηριότητα του ατόμου. Το οστό, καθώς και ο μυς, παρουσιάζει προσαρμογές και ενδυνάμωση ως απάντηση στο μηχανικό ερέθισμα (επιβάρυνση της άσκησης) και, αντίστροφα, ατροφεί κατά την ακινησία. Παρ' όλο που η περιορισμένη φυσική δραστηριότητα έχει αναγνωριστεί ως ένας επί πλέον παράγοντας κινδύνου για την ανάπτυξη της οστεοπόρωσης, εν τούτοις δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως η συμβολή της άσκησης στην αντιμετώπιση της νόσου. Αρχικά, στις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες προτάθηκε η αερόβια άσκηση και κυρίως το βάδισμα. Τα αποτελέσματα όμως δεν ήταν τα αναμενόμενα και οι ερευνητές προσπάθησαν να αυξήσουν την κατακόρυφη φόρτιση με ασκήσεις υψηλότερης έντασης. Επίσης, συμπεριέλαβαν ειδικά προγράμματα με αντιστάσεις, προκαλώντας επιβράδυνση της οστικής αποδόμησης, διατήρηση της οστικής πυκνότητας ή ακόμη και αύξησή της σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Την τελευταία δεκαετία, ο συνδυασμός προγραμμάτων δύναμης και αερόβιας μορφής άσκησης προτείνεται ως ιδανικός για την υγεία του οστού, αν και δεν έχει διερευνηθεί επισταμένα, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν σαφή συμπεράσματα. Η παρούσα ανασκόπηση μελετά τα πρωτόκολλα άσκησης και αξιολογεί την αποτελεσματικότητά και τη συμβολή τους ως προς την αντιμετώπιση της οστεοπόρωσης και την επιβράδυνση της οστικής αποδόμησης που επέρχεται με την εμμηνόπαυση.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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.<sup>1,2</sup>

Συγκεκριμένα, η οστεοπόρωση 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.<sup>3</sup>

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 είναι η μηχανική φόρτιση των

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2011, 28(4):479–490  
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2011, 28(4):479–490

Σ. Καρακύριου,  
Ε. Δούδα,  
Σ. Τοκμακίδης

Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής  
και Αθλητισμού, Δημοκρίτειο  
Πανεπιστήμιο Θράκης, Κομοτηνή

The role of exercise  
in the prevention and treatment  
of osteoporosis in postmenopausal  
women

Abstract at the end of the article

### Λέξεις ευρετηρίου

Αερόβια άσκηση  
Άσκηση με αντιστάσεις  
Εμμηνόπαυση  
Οστική πυκνότητα

Υποβλήθηκε 4.10.2010

Εγκρίθηκε 25.10.2010

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 αυτόν, αντικείμενο έρευνας αποτελεί η διερεύνηση των μορφών άσκησης στο μηχανισμό διέγερσης της οστεογένεσης σε διάφορες ηλικιακές κατηγορίες.<sup>4-6</sup>

Η άσκηση αποδεικνύεται ότι διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αύξηση της οστικής μάζας κατά την παιδική και την εφηβική ηλικία,<sup>7,8</sup> καθώς και στην επίτευξη της κορυφαίας οστικής πυκνότητας έως την τρίτη δεκαετία της ζωής της γυναίκας.<sup>9,10</sup> Μετά από την ολοκλήρωση της σκελετικής ωρίμανσης επέρχεται προοδευτική οστική απώλεια, που γίνεται ταχεία με την είσοδο της γυναίκας στην εμμηνόπαυση λόγω των ορμονικών και των μεταβολικών διαταραχών που συνοδεύουν τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο της γυναίκας.<sup>11</sup> Σε αυτή την ηλικιακή κατηγορία γυναικών επικεντρώνονται οι ερευνητές, προκειμένου να μελετήσουν τη συμβολή της άσκησης στην πρόληψη και τη θεραπεία της οστεοπόρωσης.<sup>12-14</sup>

Τα προγράμματα, τα οποία παραδοσιακά εφαρμόζονταν σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, ήταν αερόβιας μορφής και αφορούσαν κυρίως στο βάδισμα.<sup>15,16</sup> Οι ερευνητές, προκειμένου να αυξήσουν τη φόρτιση των οστών στον κατακόρυφο άξονα του σώματος, περιέλαβαν, επιπρόσθετα, ασκήσεις υψηλότερης έντασης και φορτίου κρούσης, όπως ανέβασμα σε βαθμίδες<sup>17</sup> και επιτόπια αλματάκια στα δύο πόδια.<sup>18</sup>

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκαν ειδικά προγράμματα άσκησης με βάρη σε γυναίκες μετά από την εμμηνόπαυση, παρουσιάζοντας θετικά αποτελέσματα στην επιβράδυνση της οστικής αποδόμησης,<sup>19,20</sup> στη διατήρηση της οστικής πυκνότητας<sup>21,22</sup> ή ακόμη και στην αύξηση της οστικής πυκνότητας.<sup>23</sup> Την τελευταία δεκαετία, ο συνδυασμός προγραμμάτων δύναμης (resistance training) και αερόβιας άσκησης που περιλαμβάνει δραστηριότητες μεταφοράς βάρους (weight-bearing endurance activities) 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 τη θεραπεία της οστεοπόρωσης μετά από την εμμηνόπαυση.<sup>24-26</sup>

Η παρούσα εργασία μελετά την επίδραση προγραμμάτων άσκησης στην οστική πυκνότητα υγίων και οστεοπορωτικών γυναικών μετά από την εμμηνόπαυση.

## 2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΕ ΥΓΙΕΙΣ ΜΕΤΕΜΜΗΝΟΠΑΥΣΙΑΚΕΣ ΓΥΝΑΙΚΕΣ

Η αερόβια άσκηση περιλαμβάνει φυσικές δραστηριό-

τητες, όπως είναι για παράδειγμα το τρέξιμο, η γρήγορη πεζοπορία και η ποδηλασία, που προκαλούν βελτίωση της αερόβιας ικανότητας του ατόμου, επιστρατεύοντας μεγάλες μυϊκές ομάδες και επιβαρύνοντας το σύστημα μεταφοράς και κατανάλωσης οξυγόνου. Η αερόβια άσκηση, σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών, φαίνεται να έχει τη δυνατότητα αύξησης της οστικής πυκνότητας κατά 1–2% περίπου ανά έτος στους οσφυϊκούς σπονδύλους και τον αυχένα του μηριαίου οστού των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών.<sup>20,27</sup> Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και καταγράφονται τα συμπεράσματα σχετικών μελετών, όπου εφαρμόστηκαν προγράμματα αερόβιας άσκησης σε υγιείς γυναίκες μετά από την εμμηνόπαυση.

Σε σχετική μετα-ανάλυση<sup>28</sup> παρατηρήθηκε ότι το βάδισμα είχε μια μικρή επίδραση στην οστική πυκνότητα του αυχένα μηριαίου (0,014 g/cm<sup>2</sup>) και καμιά στην οσφυϊκή μοίρα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Επίσης, οι Borer et al<sup>29</sup> όρισαν ως αποτελεσματικά για τη διατήρηση της ολικής οστικής πυκνότητας των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών τα 4,8 km, 4 φορές εβδομαδιαίως με ρυθμό από 6,14 km/ώρα και καρδιακή συχνότητα >82,3% της αναμενόμενης μέγιστης καρδιακής συχνότητας (ΜΚΣ) που αντιστοιχεί στην ηλικία της ασκούμενης. Επιπρόσθετα, πρόγραμμα βαδίσματος, το ελάχιστο 4 ώρες την εβδομάδα, μπορεί να σχετίζεται με μείωση κατά 41% του κινδύνου κατάγματος, κυρίως μέσω της αύξησης της ισορροπίας, της μυϊκής δύναμης των κάτω άκρων και άλλων παραγόντων, εκτός από την αύξηση της οστικής πυκνότητας.<sup>30</sup> Το βάδισμα αποτελεί έναν τρόπο γύμνασης που είναι προσιτός σε όλους, ανεξαρτήτως ηλικίας. Η μικρή όμως επίδρασή του στην οστική πυκνότητα δεν το καθιστά ως την ιδανική μορφή άσκησης στην πρόληψη και τη θεραπεία της οστεοπόρωσης.

Για το λόγο αυτόν, οι ερευνητές μελέτησαν την επίδραση άλλων μορφών άσκησης με υψηλότερη επιβάρυνση, που προκαλούν δυνάμεις αντίδρασης από το έδαφος 2–4 φορές το σωματικό βάρος, και είχαν θετικά αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα προεμμηνοπαυσιακών γυναικών.<sup>8,31</sup> Οι Grove και Londeree<sup>17</sup> προσπάθησαν να διερευνήσουν εάν η αύξηση των δυνάμεων που δέχεται το οστό, και επομένως της φόρτισης, προκαλεί θετικότερα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>) σε γυναίκες με πρόσφατη εμμηνόπαυση. Για το λόγο αυτόν, εκτός από την ομάδα ελέγχου, όρισαν δύο ομάδες άσκησης, που η μία ακολουθούσε πρόγραμμα με ασκήσεις χαμηλού φορτίου κρούσης (low impact, <1,5×σωματικό βάρος), όπως αργό και γρήγορο περπάτημα, και η άλλη υψηλού φορτίου κρούσης (high impact, >2×σωματικό βάρος), όπως επιτόπιο τρέξιμο και αλματάκια. Τελικά, διαπίστωσαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας ανάμεσα στις

**Πίνακας 1.** Σύνοψη αποτελεσμάτων αερόβιας άσκησης στην οστική πυκνότητα και σε βιοχημικούς δείκτες.

Συγγραφείς	Δείγμα (n)	Ηλικία (έτος)	Διάρκεια/πρόγραμμα άσκησης	Οστική πυκνότητα	Βιοχημικοί δείκτες
Grove & Londeree, (1992) <sup>17</sup>	LI (1)=5 HI (2)=5 C (3)=5	56,6±4,3 54,0±1,9 56,0±4,5	12 μήνες, 3×εβδομαδιαία (1) 20 min ασκήσεις <1,5×ΣΒ (2) 20 min ασκήσεις >2×ΣΒ	(1) O <sub>2</sub> -O <sub>4</sub> ↔ (0%)* (2) O <sub>2</sub> -O <sub>4</sub> ↑ (1,7%)** (3) O <sub>2</sub> -O <sub>4</sub> ↓ (6,1%)**	
Welsh & Rutherford, (1996) <sup>18</sup>	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, 2-3×εβδομαδιαία stepping, skipping, αλματάκια, ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης (διάρκειας 34 min και 12-18 min προθέρμανση και 3-5 min αποθεραπεία)	(1) Ολική ↔ (0%) Σπονδυλικής στήλης ↔ (0%) FN ↑ (1,6%)* Τρίγωνο Ward's ↑ (1,9%) Τροχαντήρα ↑ (2,2%)** (2) Ολική ↓ (0,9%) Σπονδυλικής στήλης ↓ (0,9%) FN ↓ (1,9%)** Τρίγωνο Ward's ↓ (1,2%) Τροχαντήρα ↔ (0%)	(1) Pyr ↓ (11,8%)** dPyr ↓ (12,7%)** (2) Pyr ↑ (2,4%) dPyr ↑ (1,9%)
Borer et al, (2007) <sup>29</sup>	LIW (1)=7 HIW (2)=9	58,1±1,1 58,9±1,4	30 μήνες, 5×εβδομάδα, 4,8 km περπάτημα (1) 62% VO <sub>2</sub> max, ~ 5,47 km/ώρα (2) 88% VO <sub>2</sub> max, ~ 6,38 km/ώρα	(1) Ολική ↑ (0,2%) Σπονδυλικής στήλης ↓ (2,6%) Λεκάνης ↓ (1,8%) Κάτω άκρων ↓ (0,2%) (2) Ολική ↑ (0,5%) Σπονδυλικής 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%)

\* Στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0,05)

\*\* Στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0,05)

C: Ομάδα ελέγχου, EX: Ομάδα άσκησης, HIW: Ομάδα βάρδιας υψηλής έντασης, LIW: Ομάδα βάρδιας χαμηλής έντασης, HI: Ομάδα άσκησης υψηλού φορτίου κρούσης, LI: Ομάδα άσκησης χαμηλού φορτίου κρούσης, VO<sub>2</sub>max: Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ΣΒ: Σωματικό βάρος, O<sub>2</sub>-O<sub>4</sub>: Οσφυϊκοί σπόνδυλοι O<sub>2</sub>-O<sub>4</sub>, FN: Μηριαίος αυχένας, Pyr: Πυριδινολίνη, dPyr: Δεοξυπυριδινολίνη, OC: Οστεοκαλσίνη, B-ALF: Οστική αλκαλική φωσφατάση

δύο ομάδες άσκησης. Αποδείχθηκε όμως ότι άσκηση 20 min, με περιεχόμενο χαμηλού ή υψηλού φορτίου κρούσης, 3 φορές την εβδομάδα, διάρκειας 1 έτους σε υγιείς, πρόσφατα μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες, εμπόδιζε την οστική απώλεια, που σημειώθηκε στην ομάδα ελέγχου (-6,08%, p<0,05). Επομένως, προγράμματα άσκησης με υψηλό φορτίο κρούσης είναι προτιμότερο να επιλέγονται στην προεμνηνοπαυσιακή φάση της γυναίκας, καθώς στη μετεμνηνοπαυσιακή ηλικία δεν σημειώθηκε αντίστοιχη αναβολική ανταπόκριση του οστού.<sup>22,32,33</sup> Επίσης, είναι δύσκολο να εφαρμοστούν σε μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες, καθώς τα άτομα αυτά αντιμετωπίζουν άλλα προβλήματα υγείας, όπως οστεοαρθρίτιδα και οσφυαλγία.

Άσκηση υψηλού φορτίου κρούσης (high-impact) εφαρμόσαν επίσης και οι Welsh και Rutherford<sup>18</sup> σε μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες, καθώς και σε άνδρες, ηλικίας >50 ετών, για 12 μήνες. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα περιελάμβανε, στο κύριο μέρος, stepping (βαθμίδα ύψους 10,2 cm), 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 και -20% της δεοξυπυριδινολίνης, που παρατηρήθηκαν μετά από την ολοκλήρωση προγράμματος διάρκειας 6 μηνών. Αντίθετα, η οστική πυκνότητα του αυχένα μηριαίου μειώθηκε σημαντικά στην ομάδα ελέγχου, καθώς 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, το πρόγραμμα υψηλής κρούσης που εφαρμόσαν είχε θετικά αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα του μηριαίου και τη μυϊκή δύναμη του τετρακέφαλου, δείχνοντας ότι οι πιέσεις που ασκούνταν στο οστό ήταν αποτελεσματικές στα σημεία όπου εφαρμόζονταν (τοπική δράση).

Συμπεραίνεται, λοιπόν, ότι η συστηματική αερόβια άσκηση υψηλής έντασης (>75% ΜΚΣ) και διάρκειας τουλάχιστον 30 min μπορεί να δράσει ως μέσο αναστολής της οστικής αποδόμησης, κυρίως στο ισχίο, περιοχή επίδρασης της άσκησης, χωρίς όμως να λειτουργεί ως οστεογενετικό ερέθισμα στη μετεμνηνοπαυσιακή ηλικία. Επίσης, οι δραστηριότητες αερόβιας άσκησης που συμβάλλουν στη διατήρηση της σκελετικής υγείας είναι το γρήγορο περπάτημα, το τρέξιμο, ο αερόβιος χορός και το step-aerobic, κατά τις οποίες αυξάνεται το φορτίο που εφαρμόζεται κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα του σώματος. Για το λόγο αυτόν, η κολύμβηση, οι ασκήσεις στο νερό και η

ποδηλασία δεν συστήνονται για τη βελτίωση της οστικής πυκνότητας.<sup>6,19,27</sup> Διαφαίνεται λοιπόν, σύμφωνα και με τις συστάσεις των ερευνητών, ότι απαιτείται διερεύνηση άλλων μορφών άσκησης, που μπορούν να δράσουν περισσότερο στοχευμένα σε επιθυμητά και ενδεχομένως ευπαθή σημεία του σκελετού, όπως η προπόνηση δύναμης.

### 3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΣΕ ΥΓΙΕΙΣ ΜΕΤΕΜΜΗΝΟΠΑΥΣΙΑΚΕΣ ΓΥΝΑΙΚΕΣ

Η άσκηση με αντιστάσεις φαίνεται να συντελεί, σύμφωνα με σχετικές έρευνες (πίνακες 2, 3), στη διατήρηση της σκελετικής υγείας ή και την αύξηση της οστικής

πυκνότητας στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο.<sup>34</sup> Σε αυτή τη μορφή άσκησης, οι μύες του σώματος δρουν ενάντια σε μια αντίσταση, που προκαλείται με ελεύθερα βάρη ή μηχανήματα δύναμης, επιφέροντας μηχανική φόρτιση στα οστά κυρίως μέσω των μυϊκών συσπάσεων. Η προπόνηση με αντιστάσεις υψηλής έντασης θεωρήθηκε ότι έχει καλύτερα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα του ισχίου (+0,008 g/cm<sup>2</sup>, p<0,01) σε σχέση με αυτά της σπονδυλικής στήλης (+0,006 g/cm<sup>2</sup>, p=0,17).<sup>28</sup> Όσον αφορά στην ένταση της άσκησης, σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και ο Vuoari,<sup>6</sup> ο οποίος υποστήριξε ότι η άσκηση υψηλής έντασης προκαλεί ικανοποιητική οστεογενετική απάντηση στην περιοχή του οστού που δέχεται κυρίως τη φόρτιση.

**Πίνακας 2.** Σύνοψη αποτελεσμάτων άσκησης με αντιστάσεις στην οστική πυκνότητα.

Συγγραφείς	Δείγμα (n)	Ηλικία (έτη)	Διάρκεια/ Πρόγραμμα άσκησης	Οστική πυκνότητα
Maddalozzo & Snow (2000) <sup>23</sup>	MI(1)=13 HI(2)=9	53,1±3,1 54,9±3,3	6 μήνες 3×εβδομαδιαία, πρόγραμμα δύναμης 13 ασκήσεις (1) 3 sets, 10–13 επαναλήψεις 40–60% 1ME (2) 3 sets, 2–4 επαναλήψεις 90% 1ME	(1) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (3,6%) FN ↑ (6,7%)** Τροχαντήρας ↑ (4,9%) (2) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (0,5%) FN ↑ (6,4%)** Τροχαντήρας ↑ (6,9%)**
Kerr et al (1996) <sup>35</sup>	HR(1)=28 HI(2)=28	55,7±4,7 58,4±3,7	1 έτος 3×εβδομαδιαία, πρόγραμμα δύναμης, 11 ασκήσεις (1) 3 sets, 20 επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης (2) 3 sets, 8 επαναλήψεις μέχρι εξάντλησης	(1) FN ↑ (0,2%), Τρίγωνο Ward's ↑ (1,9%)** Τροχαντήρας ↑ (0,3%)** (2) FN ↔ (0%) Τρίγωνο Ward's ↑ (2,3%)** Τροχαντήρας ↑ (1,7%)**
Nichols et al (1995) <sup>36</sup>	C=17 RT=17	65,2±1,2 67,8±1,6	12 μήνες 3×εβδομαδιαία, πρόγραμμα δύναμης 8 ασκήσεις (1–3 sets, 10–12 επαναλήψεις 80% 1ME)	(1) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (1,4%) FN ↓ (1,0%) Τροχαντήρας ↑ (4,2%) Ολική ↓ (1,8%) (2) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (1,6%) FN ↓ (1,3%) Τροχαντήρας ↑ (0,9%) Ολική ↓ (3,1%)
Maddalozzo et al (2007) <sup>37</sup>	RT(1)=29 HRT(2)=34 HRT+RT(3)=33 C(4)=29	52,3±3,3 51,8±2,9 52,1±3,1 52,5±3,0	1 έτος, 2×εβδομαδιαία, πρόγραμμα με ελεύθερα βάρη, 2 ασκήσεις (άρσεις μπάρας, ημικαθίσματα) (3 sets 60–75% 1ME, 8–12 επαναλήψεις) 60s διάλειμμα μεταξύ των sets	(1) O <sub>1</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (0,2%)* FN ↓ (1,4%) Τροχαντήρας ↑ (0,2%) Ισχίου ↓ (0,4%) (2) O <sub>1</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (0,7%)* FN ↓ (2,6%) Τροχαντήρας ↓ (0,7%) Ισχίου ↓ (0,3%) (3) O <sub>1</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (0,1%)* FN ↓ (0,6%) Τροχαντήρας ↑ (0,7%) Ισχίου ↑ (0,1%) (4) O <sub>1</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (4,3%) FN ↓ (3,2%) Τροχαντήρας ↓ (1,6%) Ισχίου ↓ (2,6%)

\* Στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0,05), \*\* Στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0,05)

C: Ομάδα ελέγχου, MI: Ομάδα άσκησης μέτριας έντασης, HI: Ομάδα άσκησης υψηλής έντασης, HR: Ομάδα άσκησης με πολλές επαναλήψεις, RT: Ομάδα άσκησης με αντιστάσεις, HRT: Ομάδα θεραπείας υποκατάστασης ορμονών, ME: Μέγιστη επαναλήψη, O<sub>1</sub>–O<sub>4</sub>: Οσφυϊκοί σπόνδυλοι O<sub>1</sub>–O<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>: Οσφυϊκοί σπόνδυλοι O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>, FN: Μηριαίοι αυχένες

Πιο αναλυτικά, οι Kerr et al<sup>35</sup> επισήμαναν αύξηση της οστικής πυκνότητας στον τροχαντήρα και το τρίγωνο Ward's του μηριαίου σε ομάδα μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών που ακολούθησε για ένα χρόνο πρόγραμμα δύναμης υψηλής έντασης (3 sets των 8 επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης), ενώ αντίστοιχη αύξηση δεν σημειώθηκε στην ομάδα που εκτέλούσε πρόγραμμα αντοχής στη δύναμη (3 sets των 20 επαναλήψεων μέχρι εξάντλησης). Η μέγιστη δύναμη αυξήθηκε στον ίδιο βαθμό σε όλες τις ασκήσεις και στις δύο ομάδες (πίν. 2). Σε παρόμοια αποτελέσματα οδηγήθηκαν οι Maddalozzo και Snow,<sup>23</sup> οι οποίοι παρατήρησαν μετά από 6 μήνες σημαντική βελτίωση της οστικής πυκνότητας του τροχαντήρα μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών, οι οποίες εκτέλεσαν πρόγραμμα υψηλής έντασης στο 70–90% της μίας μέγιστης επανάληψης (1ME) με ελεύθερα βάρη σε σχέση με εκείνες που εφάρμοσαν πρόγραμμα άσκησης μέτριας έντασης (60% 1ME) με αντιστάσεις σε μηχανήματα (πίν. 3). Από τις παραπάνω μελέτες διαφαίνεται ότι η ένταση της άσκησης είναι σημαντικότερη από τον αριθμό των επαναλήψεων στην επίδραση της οστικής πυκνότητας μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών.

Επίσης, οι Nichols et al<sup>36</sup> εφάρμοσαν σε ήδη ασκούμενες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες πρόγραμμα με αντιστάσεις υψηλής έντασης (80% 1ME, 1–3 sets, 10–12 επαναλήψεις), 3 φορές εβδομαδιαίως. Παρά την αύξηση της μέγιστης δύναμης, ιδίως των μυϊκών ομάδων του άνω τμήματος του σώματος, δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>) και του μηριαίου σε διάρκεια 6 και 12 μηνών (πίν. 2). Αυτό

πιθανόν οφείλετο στο γεγονός ότι το δείγμα γυμναζόταν και πριν από την ένταξή του στο συγκεκριμένο πρόγραμμα άσκησης και είχε υψηλές τιμές οστικής πυκνότητας συγκριτικά με την προηγούμενη μελέτη.

Εκτός από την ένταση της άσκησης, σημαντικός παράγοντας στην επίδραση της άσκησης για τη βελτίωση της οστικής πυκνότητας είναι η διάρκεια του προγράμματος άσκησης. Συγκεκριμένα, οι Ryan et al<sup>27</sup> προσπάθησαν να διερευνήσουν την επίδραση ενός προγράμματος δύναμης υψηλής έντασης (90% 1ME), διάρκειας 4 μηνών με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (πίν. 3). Τα αποτελέσματα της έρευνας δεν παρουσίασαν κάποια στατιστικά σημαντική διαφορά στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>), του αυχένα, του τροχαντήρα και του τριγώνου Ward's του μηριαίου μετά από το τέλος του προγράμματος, ούτε και στους βιοχημικούς δείκτες οστικής εναλλαγής, δηλαδή της οστικής αλκαλικής φωσφατάσης ορού, της οστεοκαλσίνης ορού και του αμινοτελικού τελοπεπτιδίου του κολλαγόνου τύπου I στα ούρα. Όσον αφορά στη δύναμη, υπολογίστηκε αύξηση της μέγιστης δύναμης σε όλες τις μεγάλες μυϊκές ομάδες, ενώ στατιστικά σημαντική μείωση υπήρξε στο σωματικό βάρος και το δείκτη σωματικής μάζας (p<0,05), χωρίς αλλαγή στην αναλογία των περιφερειών μέσης/ισχίου. Η μικρή διάρκεια του προγράμματος πιθανολογείται ως αιτία έλλειψης σημαντικής αύξησης της οστικής πυκνότητας.

Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Bemben et al,<sup>19</sup> οι οποίοι δεν παρατήρησαν κάποια στατιστική διαφορά στην οστική πυκνότητα γυναικών μετά από την

**Πίνακας 3.** Σύνοψη αποτελεσμάτων άσκησης με αντιστάσεις στην οστική πυκνότητα και σε βιοχημικούς δείκτες.

Συγγραφείς	Δείγμα (n)	Ηλικία (έτη)	Διάρκεια/Πρόγραμμα άσκησης	Οστική πυκνότητα	Βιοχημικοί δείκτες
Bemben et al (2000) <sup>19</sup>	HR(1)=7 HI(2)=10 C(3)=8	51,9±2,3 50,5±2,0 52,3±1,4	6 μήνες 3×εβδομαδιαία, πρόγραμμα δύναμης 12 ασκήσεις (1) 3 sets, 16 επαναλήψεις, 40% 1ME (2) 3 sets, 8 επαναλήψεις, 80% 1ME	(1) Ολική ↓ (0,08%) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (0,5%) FN ↓ (0,1%) Τρίγωνο Ward's ↑ (2,2%) Τροχαντήρας ↔ (0%) (2) Ολική ↓ (1,1%) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (0,8%) FN ↓ (0,8%) Τρίγωνο Ward's ↓ (0,9%) Τροχαντήρας ↑ (0,6%) (3) Ολική ↓ (0,6%) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (0,7%) FN ↓ (1,1%) Τρίγωνο Ward's ↓ (0,5%) Τροχαντήρας ↓ (0,7%)	(1) OC ↑ (2) OC ↑ (3) OC ↑
Ryan et al (1998) <sup>27</sup>	RT=27	62,0±1,0	4 μήνες 3×εβδομαδιαία, πρόγραμμα δύναμης 13 ασκήσεις (1–2 sets, 3ME)	Ολική ↓ (0,5%) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↔ (0%) FN ↓ (0,5%) Τρίγωνο Ward's ↑ (0,2%) Τροχαντήρας ↓ (1,2%)	OC ↔ (0%) B-ALF ↑ (1,6%) NTx ↑ (5,3%)

C: Ομάδα ελέγχου, HR: Ομάδα άσκησης με πολλές επαναλήψεις, HI: Ομάδα άσκησης υψηλής έντασης, RT: Ομάδα άσκησης με αντιστάσεις, ME: Μέγιστη επανάληψη, O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>: Οσφυϊκοί σπόνδυλοι O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>, FN: Μηριαίος αυχέννας, OC: Οστεοκαλσίνη, B-ALF: Οστική αλκαλική φωσφατάση, NTx: Αμινοτελικά τελοπεπτιδία του κολλαγόνου τύπου I

εμμηνοπαυση που ακολούθησαν πρόγραμμα με αντιστάσεις μέτριας έντασης (40% ΜΕ, 16 επαναλήψεις) και εκείνων που εκτελούσαν ασκήσεις υψηλής έντασης (80% ΜΕ, 8 επαναλήψεις), διάρκειας 6 μηνών. Αντίθετα, και οι δύο ομάδες παρουσίασαν σχεδόν ίδια αύξηση δύναμης σε όλες τις μεγάλες μυϊκές ομάδες (πίν. 3). Στην έρευνα αυτή τονίζεται το γεγονός ότι οι ασκούμενες γυναίκες ήταν πρόσφατα μετεμμηνοπαυσιακές (<3 έτη), με αποτέλεσμα η άσκηση να μην μπορεί να αντιστρέψει τον ταχύ ρυθμό οστικής απώλειας που παρατηρείται σε αυτή τη χρονική περίοδο της γυναίκας, κυρίως λόγω της έλλειψης οιστρογόνων.

Επίσης, οι Maddalozzo et al<sup>37</sup> κατέληξαν ότι η άσκηση συμβάλλει θετικά στη διατήρηση της οστικής πυκνότητας και επομένως της σκελετικής υγείας σε πρόσφατα μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Συγκεκριμένα, οι μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες που συμμετείχαν για 1 έτος σε πρόγραμμα αντιστάσεων στο 60–75% της 1ΜΕ παρουσίασαν στατιστικά σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητας στη σπονδυλική στήλη συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. 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 (πίν. 2). Επομένως, η άσκηση με βάρη μπορεί να δράσει θετικά στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο της γυναίκας και να διατηρήσει την οστική πυκνότητα. 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<sup>38</sup> πρόσθεσαν 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 1.700 mg ημερησίως, εφόσον δεν ακολουθείται ορμονική θεραπεία. Από τα παραπάνω φαίνεται ότι αποτελεσματικότερη οστεογενετική απάντηση στην άσκηση επιτυγχάνεται με πρόσληψη ασβεστίου, απαραίτητη για να σταθεροποιηθεί το νεοσχηματισμένο οστό, και με έκθεση στον ήλιο ή συμπληρωματική χορήγηση βιταμίνης D.<sup>16</sup> 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 ανεπιθύμητες ενέργειες στο μαστό και το ενδομήτριο.<sup>39,40</sup>

Συμπερασματικά, η συστηματική και μακροχρόνια

άσκηση με βάρη, με μέτρια προς υψηλή ένταση, μπορεί να δράσει θετικά στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο της γυναίκας και να βελτιώσει την οστική πυκνότητα ή να μειώσει το ρυθμό οστικής απώλειας σε πρόσφατα μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Ωστόσο, τα συμπεράσματα για τα χαρακτηριστικά του προγράμματος δύναμης που θα αποδώσουν στο μέγιστο τα κατάλληλα μηχανικά ερεθίσματα στο οστό και θα οδηγήσουν σε οστεογένεση είναι αντικρουόμενα και χρήζουν περαιτέρω έρευνας.

#### 4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΕ ΜΕΤΕΜΜΗΝΟΠΑΥΣΙΑΚΕΣ ΓΥΝΑΙΚΕΣ ΜΕ ΧΑΜΗΛΗ ΟΣΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Στις γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα, οι περισσότεροι ερευνητές υποστηρίζουν το καθημερινό περπάτημα ως εύκολη και ακίνδυνη μορφή άσκησης. Στις σύγχρονες έρευνες, όμως, γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί η επίδραση προγραμμάτων δύναμης υψηλής έντασης και ασκήσεων υψηλής κρούσης, στην οστική πυκνότητα οστεοπενικών και οστεοπορωτικών γυναικών (πίνακες 4, 5).

Οι Chien et al<sup>10</sup> εφάρμοσαν πρόγραμμα άσκησης 6 μηνών, με συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα, σε οστεοπενικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, το οποίο περιελάμβανε βάδισμα διάρκειας 30 min, στο 70–85% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO<sub>2</sub>max) και stepping 10 min, σε βαθμίδα ύψους 20 cm (πίν. 4). Η οστική πυκνότητα αυξήθηκε στους οσφυϊκούς σπονδύλους (O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>) και κυρίως στο μηριαίο αυχένα των ασκούμενων γυναικών, ενώ μειώθηκε αντίστοιχα στην ομάδα ελέγχου. Ακόμη, στην ομάδα άσκησης παρουσιάστηκε σημαντική βελτίωση της μέγιστης δύναμης και αντοχής του τετρακέφαλου μυός και της VO<sub>2</sub>max. Αντίθετα, στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκε βελτίωση σε κάποιο παράμετρο της φυσικής κατάστασης. Κατά συνέπεια, το πρόγραμμα άσκησης που επηρεάζει θετικά την οστική πυκνότητα οστεοπενικών γυναικών προτείνεται να περιέχει ασκήσεις μεταφοράς βάρους αερόβιας μορφής (weight-bearing endurance activities) και έντασης >70% VO<sub>2</sub>max.

Οι προσαρμογές που θα προκαλούσε ένα πρόγραμμα βάδισης χαμηλότερης έντασης 50% VO<sub>2</sub>max για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε οστεοπενικές και οστεοπορωτικές γυναίκες ερευνήθηκαν από τους Yamazaki et al.<sup>30</sup> Το πρωτόκολλο άσκησης περιελάμβανε βάδισμα περίπου 8.000 βημάτων, ελάχιστης διάρκειας 1 ώρας, 4 φορές εβδομαδιαίως, για 1 έτος (πίν. 5). Τα αποτελέσματα έδειξαν μια μικρή αύξηση στην οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων (O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>), στατιστικά σημαντική συγκριτικά με τη μείωση της οστικής πυκνότητας που παρουσιάστηκε στην ομάδα ελέγχου. Στους οστικούς δείκτες, το N-τελοπεπτιδίο

**Πίνακας 4.** Σύνοψη αποτελεσμάτων άσκησης στην οστική πυκνότητα σε οστεοπενικές γυναίκες.

Συγγραφείς	Δείγμα (n)	Ηλικία (έτη)	Διάρκεια/Πρόγραμμα άσκησης	Οστική πυκνότητα
Chien et al (2000) <sup>10</sup>	EX(1)=22 C(2)=21	57,1±8,6 57,0±5,4	6 μήνες, 3×εβδομαδιαία 30 min περπάτημα (70–85% VO <sub>2</sub> max) και 10 min stepping (96 bpm)	(1) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (2,01%) FN ↑ (6,8%)** (2) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (2,3%)** FN ↓ (1,5%)
Kemmler et al (2003) <sup>24</sup>	EX(1)=86 C(2)=51	55,1±3,3 55,8±3,1	14 μήνες, 2×εβδομαδιαία (60–70 min) και 2×εβδομαδιαία ασκήσεις με λάστιχα και σχοινάκι (25 min) 1–7 μήνες: 13 ασκήσεις, (2 sets, 20–12 επαναλήψεις, 50–65% 1ME) 8–14 μήνες: 9 ασκήσεις, (2–4 sets, 12 και 3 επαναλήψεις, 70% και 90% 1ME) και 10 min τρέξιμο, 5 min aerobic (low impact), 5 min aerobic (high impact), αλματάκια 4 sets×15 επαναλήψεις και σχοινάκι	(1) O <sub>1</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (1,3%)*.** FN ↓ (0,8%) Ισχίου ↓ (0,3%) (2) O <sub>1</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (1,2%)** FN ↓ (1,8%)** Ισχίου ↓ (0,8%)
Hourigan et al (2008) <sup>42</sup>	EX(1)=50 C(2)=48	61,5±8,2 61,9±9,6	20 εβδομάδες, 2×εβδομαδιαία 11 ασκήσεις ισορροπίας και δύναμης (διάρκειας 37 min και 8 min προθέρμανση και 15 min αποθεραπεία)	(1) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (0,04%) FN ↑ (0,7%) Τρίγωνο Ward's ↑ (0,7%) Τροχαντήρας ↓ (0,5%) (2) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (0,5%) FN ↓ (1%) Τρίγωνο Ward's ↓ (0,9%) Τροχαντήρας ↑ (1,4%)

\* Στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0,05), \*\* Στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0,05)

C: Ομάδα ελέγχου, EX: Ομάδα άσκησης, VO<sub>2</sub>max: Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ME: Μέγιστη επανάληψη, O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>: Οσφυϊκοί σπόνδυλοι O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>, O<sub>1</sub>–O<sub>4</sub>: Οσφυϊκοί σπόνδυλοι O<sub>1</sub>–O<sub>4</sub>, FN: Μηριαίος αυχένας

**Πίνακας 5.** Σύνοψη αποτελεσμάτων άσκησης στην οστική πυκνότητα και σε βιοχημικούς δείκτες σε οστεοπωρωτικές γυναίκες.

Συγγραφείς	Δείγμα (n)	Ηλικία (έτη)	Διάρκεια/Πρόγραμμα άσκησης	Οστική πυκνότητα	Βιοχημικοί δείκτες
Iwamoto et al (2001) <sup>16</sup>	EX(1)=7 EX(2)=8 C(3)=20	64,3±3 65,3±4,7 64,9±5,7	1 έτος 5×εβδομαδιαία 2 έτη 5×εβδομαδιαία περπάτημα και ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης	(1) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (4,3%)*.** (2) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (4,3%)*.** (3) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (0,9%)	(1) Ca ορού ↔ (0%) P ορού ↓ (2,8%) 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%)
Walker et al (2000) <sup>26</sup>	EX supervised (1)=42 EX unsupervised (2)=47	63,2±4,3 60,3±3,8	5 έτη, 2×εβδομαδιαία 20 min πρόγραμμα δύναμης με βαράκια (0,45–2,3 kg) και 30 min περπάτημα και aerobic (70–80% ΜΚΣ)	(1) O <sub>1</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (4,4%)*. FN ↑ (1,1%) (2) O <sub>1</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (3,4%)*. FN ↓ (0,9%)	
Yamazaki et al (2004) <sup>30</sup>	EX(1)=32 C(2)=18	65,7±2,7 64,2±2,9	12 μήνες, 4×εβδομαδιαία περπάτημα (60 min τουλάχιστον 8.000 βήματα) 50% VO <sub>2</sub> max	(1) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↑ (1,7%)*. (2) O <sub>2</sub> –O <sub>4</sub> ↓ (1,9%)	(1) OC ↔ (0%) B-ALF ↓** NTx ↓ (25%)*. (2) NTx ↔ (0%)
Korpelainen et al (2006) <sup>44</sup>	EX(1)=84 C(2)=76	72,9±1,1 72,8±1,2	30 μήνες, 3×εβδομαδιαία ασκήσεις ισορροπίας (διάρκειας 45 min και 15 min προθέρμανση)	(1) FN ↓ (0,6%) Τροχαντήρας ↓ (0,3%) (2) FN ↓ (1,1%)* Τροχαντήρας ↓ (1,6%)*	

\* Στατιστικά σημαντική διαφορά με την ομάδα ελέγχου (p<0,05), \*\* Στατιστικά σημαντική διαφορά με την έναρξη (p<0,05)

C: Ομάδα ελέγχου, EX: Ομάδα άσκησης, VO<sub>2</sub>max: Μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, ΜΚΣ: Μέγιστη καρδιακή συχνότητα, O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>: Οσφυϊκοί σπόνδυλοι O<sub>2</sub>–O<sub>4</sub>, O<sub>1</sub>–O<sub>4</sub>: Οσφυϊκοί σπόνδυλοι O<sub>1</sub>–O<sub>4</sub>, FN: Μηριαίος αυχένας, Ca: Ασβέστιο ορού, P: Φωσφόρος ορού, ALF: Αλκαλική φωσφατάση, OC: Οστεοκαλσίνη, B-ALF: Οστική αλκαλική φωσφατάση, NTx: Αμινοτελικά τελοπεπτιδίου του κολλαγόνου τύπου I

και η οστική αλκαλική φωσφατάση μειώθηκαν στατιστικώς σημαντικά, ενώ σημαντική αλλαγή δεν παρατηρήθηκε στα επίπεδα της οστεοκαλσίνης. Η αύξηση της οστικής

πυκνότητας στην ομάδα άσκησης σε συνδυασμό με τη μείωση των επιπέδων του N-τελοπεπτιδίου του κολλαγόνου τύπου I (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.

Οι Iwamoto et al<sup>16</sup> εξέτασαν την επίδραση της άσκησης σε οστεοπορωτικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, οι οποίες ελάμβαναν καθημερινά συμπλήρωμα ασβεστίου (2,0 g) και βιταμίνης D<sub>3</sub> (1 μg). Το πρόγραμμα άσκησης περιελάμβανε γρήγορο βάδισμα (κατά μέσον όρο 7.909±2.445 βήματα ημερησίως το πρώτο έτος και 8.511±2.622 βήματα ημερησίως το δεύτερο έτος) και ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης (άρσεις κάτω σκέλους, ημικαθίσματα, κοιλιακούς, ραχιαίους), τουλάχιστον 5 φορές την εβδομάδα για 2 έτη (πίν. 5). Παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα άσκησης μετά από το τέλος του πρώτου και δεύτερου έτους και στατιστικά σημαντική σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Επτά γυναίκες που διέκοψαν τη συμμετοχή στο πρόγραμμα άσκησης μετά από το πρώτο έτος δεν διατήρησαν την αυξημένη οστική πυκνότητα. Αλλαγές σημαντικές στα επίπεδα ασβεστίου, φωσφόρου και αλκαλικής φωσφατάσης του ορού δεν υπήρξαν σε κάποια ομάδα, αλλά ούτε και μεταξύ τους. Κατά συνέπεια, το γρήγορο περπάτημα και οι συγκεκριμένες ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης 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 επαναφέρει την οστική πυκνότητα στα αρχικά χαμηλά της επίπεδα.

Σε έρευνα διάρκειας 14 μηνών, οι Kemmler et al<sup>24</sup> θεώρησαν αναγκαία την πρόσληψη συμπληρώματος ασβεστίου και βιταμίνης D σε οστεοπενικές γυναίκες, ώστε το πρόγραμμα άσκησης υψηλής κρούσης σε συνδυασμό με την άσκηση δύναμης, που εφάρμοσαν, να έχει θετικά αποτελέσματα στην οστική τους πυκνότητα (πίν. 4). Στην οσφυϊκή μοίρα παρουσιάστηκε μικρή αλλά στατιστικά σημαντική αύξηση, χωρίς αντίστοιχα αποτελέσματα στο ισχίο. Ενδεχομένως, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η άσκηση δύναμης υψηλής έντασης άρχισε μετά τους πρώτους 7 μήνες εφαρμογής του προγράμματος και πιθανόν η κεφαλή του μηριαίου θα είχε σημαντική ανταπόκριση στο συγκεκριμένο πρόγραμμα άσκησης μετά από 2 ή 3 έτη εφαρμογής του. Επίσης, το ισχίο αποτελείται σε μεγαλύτερη αναλογία από συμπαγές οστό, το οποίο μεταβολικά δεν είναι τόσο ενεργό όσο το σπογγώδες, απ' όπου αποτελούνται οι οσφυϊκοί σπόνδυλοι.

Μακροχρόνιο πρόγραμμα άσκησης, πενταετούς διάρκειας, πραγματοποιήθηκε σε οστεοπορωτικές γυναίκες<sup>26</sup>

και παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της οστικής τους πυκνότητας στους οσφυϊκούς σπονδύλους, αλλά ενδεχομένως να ήταν υποβοηθούμενη από τη φαρμακευτική ή την ορμονική θεραπεία που ακολούθησαν μερικές γυναίκες στο διάστημα εφαρμογής του προγράμματος (πίν. 5). Επίσης, οι ερευνητές επισημαίνουν ότι η άσκηση με επίβλεψη είχε θετικότερα αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα, ιδίως του ισχίου, σε σύγκριση με την ομάδα που γυμναζόταν στο σπίτι χωρίς επίβλεψη και καθοδήγηση. Ωστόσο, οι ερευνητές εκτιμούν ότι αυτή η διαφορά είναι μικρή και θεωρούν παρόμοια τα αποτελέσματα που προέρχονται από επιτηρούμενη ή μη άσκηση. Τονίζουν, επιπρόσθετα, ότι είναι σημαντικό η άσκηση να καταστεί τρόπος ζωής και το κάθε άτομο να επιλέγει τον τύπο άσκησης που του αρμόζει προκειμένου να έχει διάρκεια.

Η άσκηση σε συνδυασμό με την κατάλληλη φαρμακευτική αγωγή και διατροφή είναι αναγκαία συνιστώσα στη διατήρηση της καλύτερης δυνατής σκελετικής υγείας σε γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα. Το πρόγραμμα άσκησης που υποστηρίζουν οι περισσότεροι ερευνητές σε γυναίκες με χαμηλή οστική πυκνότητα είναι ο συνδυασμός αερόβιας άσκησης με ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης για τις κύριες μυϊκές ομάδες και ισορροπίας, ως μέσο ελαχιστοποίησης των πτώσεων. Η σωστά σχεδιασμένη άσκηση μπορεί να δράσει επικουρικά στη θεραπεία της οστεοπόρωσης.

#### 4.1. Ο ρόλος της άσκησης στη μείωση του κινδύνου καταγμάτων

Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Οστεοπόρωσης (International Osteoporosis Foundation), προβλέπεται ότι 1 στις 3 γυναίκες, ηλικίας >50 ετών, θα υποστεί οστεοπορωτικό κάταγμα κατά τη διάρκεια της ζωής της.<sup>41</sup> Η εξασθένηση των οστών, σε συνδυασμό με τις πτώσεις, αποτελούν τις κύριες αιτίες πρόκλησης καταγμάτων. Για το λόγο αυτόν, μεγάλο τμήμα της έρευνας που αφορά στην άσκηση έχει επικεντρωθεί στη μείωση του κινδύνου κατάγματος.

Οι Sinaki et al<sup>13</sup> κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η σπουδαιότητα της άσκησης στη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο της γυναίκας έγκειται στη μείωση της συχνότητας καταγμάτων, μέσω της βελτίωσης της μυϊκής δύναμης. Στην έρευνά τους, εφάρμοσαν για δύο χρόνια πρόγραμμα ενδυνάμωσης των μυών της πλάτης. Στη συνέχεια διαπίστωσαν ότι, έπειτα από 8 χρόνια διακοπής της άσκησης, οι γυναίκες που συμμετείχαν στο διαιτητικό πρόγραμμα άσκησης είχαν μειώσει κατά 2,7 φορές τον κίνδυνο οσφυϊκών καταγμάτων σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, που δεν είχε συμμετάσχει σε κάποιο πρόγραμμα άσκησης. Επίσης, ο ρυθμός απώλειας της μυϊκής δύναμης, που παρουσιάστηκε στις γυναίκες, ηλικίας 50–80 ετών, ήταν 1,65% ανά έτος για τις ασκούμενες και 2,7% για

την ομάδα ελέγχου. Επομένως, το όφελος της άσκησης σε γυναίκες με πιθανό τον κίνδυνο της οστεοπόρωσης ίσως δεν πρέπει να εστιάζεται μόνο στην αύξηση της οστικής πυκνότητας αλλά και στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης για την αποφυγή καταγμάτων.

Σε αυτό το συμπέρασμα κατέληξαν και οι Hourigan et al,<sup>42</sup> οι οποίοι διαπίστωσαν ότι το πρόγραμμα άσκησης, που περιελάμβανε ασκήσεις ισορροπίας και μυϊκής ενδυνάμωσης με το βάρος του σώματος, ήταν ικανό μετά από το τέλος των 20 εβδομάδων να βελτιώσει τη μυϊκή δύναμη και την ισορροπία οστεοπενικών γυναικών (πίν. 4). Παρόμοια αποτελέσματα είχαν παρουσιαστεί σε παλαιότερη έρευνα,<sup>43</sup> με τη διαφορά ότι το πρόγραμμα άσκησης είχε διάρκεια 12 μήνες και απευθυνόταν σε υγιείς γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας. Τα προγράμματα αυτά, όμως, λόγω της περιορισμένης συχνότητάς τους (2 φορές την εβδομάδα) και της χαμηλής έντασης των ασκήσεων δεν προκάλεσαν θετική επίδραση στην οστική πυκνότητα των ασκούμενων γυναικών.

Πρόγραμμα άσκησης μεγάλης διάρκειας, 30 μηνών, και συχνότητας κατά μέσον όρο 3 φορές εβδομαδιαίως, εφαρμόστηκε σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπόρωση διαγνωσμένη στο ισχίο.<sup>44</sup> Οι ηλικιωμένες γυναίκες που ακολούθησαν το πρόγραμμα άσκησης, το οποίο 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 (-1,6%,  $p < 0,05$ ) στην ομάδα ελέγχου (πίν. 5). Επίσης, 6 συνολικά πτώσεις που προκάλεσαν κατάγματα σημειώθηκαν στις ασκούμενες στη διάρκεια της έρευνας, ενώ καταμετρήθηκαν 16 στην ομάδα ελέγχου ( $p < 0,05$ ). Συμπερασματικά, το όφελος που αποκόμισαν οι ασκούμενες στη συγκεκριμένη έρευνα ήταν κυρίως η μείωση του κινδύνου καταγμάτων και του ρυθμού οστικής απώλειας. Στη μη θετική επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα πιθανόν να συνέβαλε το περιεχόμενο του προγράμματος άσκησης, που ήταν ασκήσεις χαμηλής πρόσκρουσης (low impact), με κύριο στόχο τη βελτίωση της ισορροπίας, χωρίς όμως να είναι δυνατή η αξιολόγηση της επιβάρυνσης, λόγω ελλιπών στοιχείων του πρωτοκόλλου άσκησης.

Από τα αποτελέσματα προγραμμάτων άσκησης σε οστεοπενικές και οστεοπορωτικές γυναίκες συμπεραίνεται ότι η άσκηση με αντιστάσεις, με ή χωρίς επιπρόσθετες ασκήσεις για την ισορροπία, προκάλεσε μείωση των πτώσεων και κατά συνέπεια των καταγμάτων, βελτιώνοντας τη μυϊκή δύναμη κυρίως των κάτω άκρων.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Την τελευταία δεκαετία, ο συνδυασμός προγραμμάτων

δύναμης και αερόβιας άσκησης που περιλαμβάνει δραστηριότητες μεταφοράς βάρους και μέτριου φορτίου κρούσης βρίσκει περισσότερους υποστηρικτές για την πρόληψη και τη θεραπεία της οστεοπόρωσης.<sup>45</sup> Τα αποτελέσματα ερευνών υποστηρίζουν ότι συνδυάζουν υψηλή ένταση, κατακόρυφη επιβάρυνση, ποικιλία ασκήσεων, που μπορούν να προκαλέσουν μυϊκές συσπάσεις σε διαφορετικές μυϊκές ομάδες και μηχανικές φορτίσεις μεγαλύτερες από αυτές που δέχονται συνήθως τα οστά.<sup>46-48</sup>

Τα αποτελέσματα της παρούσας ανασκόπησης έρχονται σε συμφωνία με τις μορφές άσκησης που προτείνει η Αμερικανική Αθλητιατρική Εταιρεία<sup>31</sup> για τη διατήρηση της καλής σκελετικής υγείας κατά την ενήλικη ζωή. Τα χαρακτηριστικά της άσκησης που προτείνονται είναι:

- Άσκηση με αντιστάσεις, δραστηριότητες με αναπηδήσεις (π.χ. πετοσφαίριση και καλαθοσφαίριση) και αερόβια άσκηση που περιλαμβάνει δραστηριότητες μεταφοράς βάρους (weight-bearing endurance activities), όπως χαλαρό τρέξιμο ή τουλάχιστον εναλλασσόμενο με περπάτημα, ανέβασμα σκαλοπατιών, αντισφαίριση (tennis).
- Η ένταση της άσκησης ορίζεται μέτρια προς υψηλή ως προς τη ΜΚΣ για την αερόβια άσκηση και ως προς τη 1ΜΕ για την άσκηση με αντιστάσεις, καθώς, όσο αυξάνεται η ένταση, μεγιστοποιούνται και οι μηχανικές φορτίσεις των οστών.
- Η συχνότητα για την αερόβια άσκηση μεταφοράς βάρους είναι 3-5 φορές την εβδομάδα σε συνδυασμό με προπόνηση με αντιστάσεις 2-3 φορές την εβδομάδα.
- Η διάρκεια της προπονητικής μονάδας ορίζεται στα 30-60 min, συνδυάζοντας ασκήσεις μεταφοράς βάρους, δραστηριότητες με αναπηδήσεις και ασκήσεις με αντιστάσεις για τις μεγάλες μυϊκές ομάδες.
- Επιπρόσθετα, συστήνεται να συμπεριληφθεί ένα πρόγραμμα βελτίωσης της ισορροπίας για να συμβάλει στη μείωση του κινδύνου πτώσεων.

Η ασφαλής εφαρμογή των προγραμμάτων άσκησης για τη διατήρηση της καλής σκελετικής υγείας προέχει με την αύξηση της ηλικίας. Σε οστεοπορωτικές γυναίκες προτείνεται να αποφεύγονται οι δραστηριότητες που προκαλούν υψηλή φόρτιση των οστών, όπως οι αναπηδήσεις. Επίσης, η μεγάλη και συχνή επιβάρυνση μπορεί να αποβεί επιβλαβής, καθώς το οστό δεν μπορεί να ανταποκριθεί πλέον οστεογενετικά, με αποτέλεσμα οι μικροφθορές του οστού να οδηγήσουν σε κάταγμα. Επιπρόσθετα, σε οστεοπορωτικές γυναίκες δεν συστήνονται ασκήσεις που απαιτούν κάμψη και στροφή της σπονδυλικής στήλης (π.χ. δίπλωση κορμού, επίκυψη κορμού) λόγω αύξησης του κινδύνου πρόκλησης

κατάγματος και ασκήσεις που μπορεί να προκαλέσουν αστάθεια και απώλεια ισορροπίας (πλάγια βήματα), με συνέπεια πτώση και πιθανό κάταγμα.<sup>49,50</sup>

Η μακροχρόνια, συστηματική και σωστά σχεδιασμένη άσκηση, βασισμένη στα ατομικά χαρακτηριστικά, το ιατρικό ιστορικό και τις ανάγκες του ασκούμενου, αποτελεί αναγκαία συνιστώσα της καλύτερης δυνατής σκελετικής υγείας μετά από τη μέση ηλικία. Η αύξηση όμως της οστικής πυκνότητας που μπορεί να προκληθεί από την επίδραση της άσκησης είναι ποσοτικά πολύ μικρή, 1–2%,<sup>20</sup> λαμβά-

νοντας υπ' όψη ότι για να κριθεί κλινικά ικανοποιητική στη μείωση του κινδύνου κατάγματος πρέπει να υπερβαίνει το 5%.<sup>51</sup> 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 (π.χ. αύξηση της μυϊκής δύναμης), που συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου καταγμάτων και γενικότερα προάγουν την υγεία.<sup>52</sup> Η άσκηση καθιστά τις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες πιο ενεργητικές και δραστήριες, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους.

## ABSTRACT

### The role of exercise in the prevention and treatment of osteoporosis in postmenopausal women

S.K. KARAKIRIOU, H.T. DOUDA, S.P. TOKMAKIDIS

*Department of Physical Education and Sports Science, Democritus University of Thrace, Komotini, Greece*

*Archives of Hellenic Medicine 2011, 28(4):479–490*

Osteoporosis is the most common metabolic bone disease and postmenopausal women comprise the group at high-risk. During the first five to ten years after the beginning of menopause, rapid loss of bone density amounting to 2–3% annually is observed in women. Osteoporosis can be caused by multiple factors, the major of which are hormonal, metabolic, dietary and mechanical, including the lack of exercise and physical activity. Bone is not an inactive tissue but responds to pressure, as do other tissues of the body. Each change in the form or function of the bone leads to changes in its internal architecture and exterior configuration, so that the skeleton maintains such a level of structural integrity as to support the daily functional activity of the individual. Bone, like muscle, develops hypertrophy in response to a mechanical stimulus (e.g., strain caused by exercise), and conversely is weakened by immobility. Although limited physical activity has been recognized as an additional factor in the etiology of osteoporosis, the contribution of exercise to the management of the condition has not been clarified completely. Initially, aerobic exercise, and mainly walking, was proposed to postmenopausal women. The results, however, were not those initially expected, and researchers then tried to increase the vertical strain with exercises of higher intensity. They also included specialized resistance exercise programs, to promote deceleration of bone deconstruction and maintenance or even increase of bone density in postmenopausal women. The last decade, the combination of strength and aerobic forms of exercise has been proposed as ideal for bone health, even though it has not been extensively investigated. This review studies the recommended exercise protocols and evaluates their effectiveness and possible contribution to the prevention of osteoporosis and their role in the deceleration of the bone deconstruction that occurs at menopause.

**Key words:** Aerobic exercise, Bone mineral density, Postmenopause, Resistance exercise

## Βιβλιογραφία

1. ΗΛΙΑΔΟΥ ΠΚ, ΤΣΑΜΕΤΗΣ ΧΠ, ΓΟΥΛΗΣ ΔΓ, ΠΑΠΑΔΗΜΑΣ Ι, ΜΠΟΝΤΗΣ Ι. Μετεμμηνοπαυσιακή οστεοπόρωση: Αιτιοπαθογένεια, κλινική εικόνα και διάγνωση. *Ελληνική Μαιευτική & Γυναικολογία* 2007, 19:171–179
2. TOSTESON AN, MELTON LJ 3rd, DAWSON-HUGHES B, BAIM S, FAVUS MJ, KHOSLA S ET AL. Cost-effective osteoporosis treatment thresholds: The United States perspective. *Osteoporos Int* 2008, 19:437–447
3. KANIS JA, McCLOSKEY EV, JOHANSSON H, ODEN A, MELTON LJ 3rd, KHALTAEV N. A reference standard for the description of osteoporosis. *Bone* 2008, 42:467–475
4. HEINONEN A, SIEVÄNEN H, KANNUS P, OJA P, PASANEN M, VUORI I. High-impact exercise and bones of growing girls: A 9-month controlled trial. *Osteoporos Int* 2000, 11:1010–1017
5. HIND K, BURROWS M. Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: A review of controlled

- trials. *Bone* 2007, 40:14–27
6. VUORI IM. Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 2001, 33(Suppl 6):S551–S586
  7. JANZ KF, LETUCHY EM, EICHENBERGER GILMORE JM, BURNS TL, TORNER JC, WILLING MC ET AL. Early physical activity provides sustained bone health benefits later in childhood. *Med Sci Sports Exerc* 2010, 42:1072–1078
  8. NIKANDER R, SIEVÄNEN H, HEINONEN A, DALY RM, UUSI-RASI K, KANNUS P. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimizing bone strength throughout life. *BMC Med* 2010, 8:47
  9. BAILEY CA, BROOKE-WAVELL K. Optimum frequency of exercise for bone health: Randomised controlled trial of a high-impact unilateral intervention. *Bone* 2010, 46:1043–1049
  10. CHIEN MY, WU YT, HSU AT, YANG RS, LAI JS. Efficacy of a 24-week aerobic exercise program for osteopenic postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000, 67:443–448
  11. RIGGS LB, MELTON LJ. Osteoporosis: Etiology, diagnosis, and management. In: Lindsay R (ed) *Estrogen deficiency*. Lippincott-Raven Publ, Philadelphia, New York, 1995:134–135
  12. DOUCHI T, YAMAMOTO S, OKI T, MARUTA K, KUWAHATA R, YAMASAKI H ET AL. The effects of physical exercise on body fat distribution and bone mineral density in postmenopausal woman. *Maturitas* 2000, 35:25–30
  13. SINAKI M, ITOI E, WAHNER HW, WOLLAN P, GELZCER R, MULLAN BP ET AL. Stronger back muscles reduce the incidence of vertebral fractures: A prospective 10 year follow-up of postmenopausal women. *Bone* 2002, 30:836–841
  14. MADDALOZZO GF, SNOW CM. High intensity resistance training: Effects on bone in older men and women. *Calcif Tissue Int* 2000, 66:399–404
  15. SANDLER RB, CAULEY JA, HOM DL, SASHIN D, KRISKA AM. The effects of walking on the cross-sectional dimensions of the radius in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1987, 41:65–69
  16. IWAMOTO J, TAKEDA T, ICHIMURA S. Effect of exercise training and detraining on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *J Orthop Sci* 2001, 6:128–132
  17. GROVE KA, LONDEREE BR. Bone density in postmenopausal woman: High impact vs low impact exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1992, 24:1190–1194
  18. WELSH L, RUTHERFORD OM. Hip bone mineral density is improved by high-impact aerobic exercise in postmenopausal women and men over 50 years. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996, 74:511–517
  19. BEMBEN DA, FETTERS NL, BEMBEN MG, NABAVI N, KOH ET. Musculoskeletal responses to high- and low-intensity resistance training in early postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc* 2000, 32:1949–1957
  20. WOLFF I, VAN CROONENBORG JJ, KEMPER HC, KOSTENSE PJ, TWISK JW. The effect of exercise training programs on bone mass: A meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1999, 9:1–12
  21. RYAN AS, TREUTH MS, HUNTER GR, ELAHI D. Resistive training maintains bone mineral density in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1998, 62:295–299
  22. WALLACE BA, CUMMING RG. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000, 67:10–18
  23. MADDALOZZO GF, SNOW CM. High intensity resistance training: Effects on bone in older men and women. *Calcif Tissue Int* 2000, 66:399–404
  24. KEMMLER W, ENGELKE K, WEINECK J, HENSEN J, KALENDER WA. The Erlangen Fitness Osteoporosis Prevention Study: A controlled exercise trial in early postmenopausal women with low bone density-first-year results. *Arch Phys Med Rehabil* 2003, 84:673–682
  25. MILLIKEN LA, GOING SB, HOUTKOOPER LB, FLINT-WAGNER HG, FIGUEROA A, METCALFE LL ET AL. Effects of exercise training on bone remodeling, insulin-like growth factors, and bone mineral density in postmenopausal women with and without hormone replacement therapy. *Calcif Tissue Int* 2003, 72:478–484
  26. WALKER M, KLENTROU P, CHOW R, PLYLEY M. Longitudinal evaluation of supervised exercise programs for the treatment of osteoporosis. *Eur J Appl Physiol* 2000, 83:349–355
  27. KELLEY GA. Aerobic exercise and bone density at the hip in postmenopausal women: A meta-analysis. *Prev Med* 1998, 27:798–807
  28. MARTYN-ST JAMES M, CARROLL S. Meta-analysis of walking for preservation of bone mineral density in postmenopausal women. *Bone* 2008, 43:521–531
  29. BORER KT, FOGLEMAN K, GROSS M, LA NEW JM, DENGEL D. Walking intensity for postmenopausal bone mineral preservation and accrual. *Bone* 2007, 41:713–721
  30. YAMAZAKI S, ICHIMURA S, IWAMOTO J, TAKEDA T, TOYAMA Y. Effect of walking exercise on bone metabolism in postmenopausal women with osteopenia/osteoporosis. *J Bone Miner Metab* 2004, 22:500–508
  31. KOHRT WM, BLOOMFIELD SA, LITTLE KD, NELSON ME, YINGLING VR; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine Position Stand: Physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 2004, 36:1985–1996
  32. BASSEY EJ, ROTHWELL MC, LITTLEWOOD JJ, PYE DW. Pre- and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res* 1998, 13:1805–1813
  33. SUGIYAMA T, YAMAGUCHI A, KAWAI S. Effects of skeletal loading on bone mass and compensation mechanism in bone: A new insight into the “mechanostat” theory. *J Bone Miner Metab* 2002, 20:196–200
  34. LAYNE JE, NELSON ME. The effects of progressive resistance training on bone density: A review. *Med Sci Sports Exerc* 1999, 31:25–30
  35. KERR D, MORTON A, DICK I, PRINCE R. Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *J Bone Miner Res* 1996, 11:218–225
  36. NICHOLS DL, SANBORN CF, BONNICK SL, BEN-EZRA V, GENCH B, DIMARCO NM. The effects of gymnastics training on bone mineral density. *Med Sci Sports Exerc* 1994, 26:1220–1225
  37. MADDALOZZO GF, WIDRICK JJ, CARDINAL BJ, WINTERS-STONE KM, HOFFMAN MA, SNOW CM. The effects of hormone replacement therapy and resistance training on spine bone mineral density in early postmenopausal women. *Bone* 2007, 40:1244–1251

38. CUSSLER EC, GOING SB, HOUTKOOPER LB, STANFORD VA, BLEW RM, FLINT-WAGNER HG ET AL. Exercise frequency and calcium intake predict 4-year bone changes in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 2005, 16:2129–2141
39. HINDS L, PRICE J. Menopause, hormone replacement and gynaecological cancers. *Menopause Int* 2010, 16:89–93
40. ΤΑΜΠΑΚΟΥΔΗΣ Π, ΜΑΝΤΑΛΕΝΑΚΗΣ Σ. Ορμονική θεραπεία υποκατάστασης στην εμμηνόπαυση. *Εφηβ Γυν Αναπ Εμμην* 1997, 9:128–146
41. INTERNATIONAL OSTEOPOROSIS FOUNDATION. Facts and statistics about osteoporosis and its impact. Available at: <http://www.iofbonehealth.org/facts-and-statistics.html> (retrieved 13.07.2008)
42. HOURIGAN SR, NITZ JC, BRAUER SG, O'NEILL S, WONG J, RICHARDSON CA. Positive effects of exercise on falls and fracture risk in osteopenic women. *Osteoporos Int* 2008, 19:1077–1086
43. LORD SR, WARD JA, WILLIAMS P, ZIVANOVIC E. The effects of a community exercise program on fracture risk factor in older women. *Osteoporos Int* 1996, 6:361–367
44. KORPELAINEN R, KEINÄNEN-KIUKAANNIEMI S, HEIKKINEN J, VÄÄNÄNEN K, KORPELAINEN J. Effect of impact exercise on bone mineral density in elderly women with low BMD: A population-based randomized controlled 30-month intervention. *Osteoporos Int* 2006, 17:109–118
45. MARTYN-ST JAMES M, CARROLL S. A meta-analysis of impact exercise on postmenopausal bone loss: The case for mixed loading exercise programmes. *Br J Sports Med* 2009, 43:898–908
46. KEMMLER W, ENGELKE K. A critical review of exercise training effects on bone mineral density (BMD) in early postmenopausal women. *Int Sport Med J* 2004, 5:67–77
47. HAMILTON CJ, SWAN VJ, JAMAL SA. The effects of exercise and physical activity participation on bone mass and geometry in postmenopausal women: A systematic review of pQCT studies. *Osteoporos Int* 2010, 21:11–23
48. ASIKAINEN TM, KUKKONEN-HARJULA K, MIILUNPALO S. Exercise for health for early postmenopausal women: A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med* 2004, 34:753–778
49. WINTERS-STONE K. *Action plan for osteoporosis*. Human Kinetics, Champaign, Ill, 2005:57–61
50. KHAN K, MCKAY H, KANNUS P, BAILEY D, WARK J, BENNELL K. *Physical activity and bone health*. Human Kinetics, Champaign, Ill, 2001:181–198
51. GUYATT GH, CRANNEY A, GRIFFITH L, WALTER S, KROLICKI N, FAVUS M ET AL. Summary of meta-analyses of therapies for postmenopausal osteoporosis and the relationship between bone density and fractures. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2002, 31:659–679
52. KEMMLER W, VON STENGEL S, ENGELKE K, HÄBERLE L, KALENDER WA. Exercise effects on bone mineral density, falls, coronary risk factors, and health care costs in older women: The randomized controlled senior fitness and prevention (SEFIP) study. *Arch Intern Med* 2010, 170:179–185

*Corresponding author:*

S.P. Tokmakidis, Department of Physical Education & Sports Science, Democritus University of Thrace, University Campus, GR-691 00 Komotini, Greece  
e-mail: [stokmaki@phyed.duth.gr](mailto:stokmaki@phyed.duth.gr)

.....