



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
“ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ & ΠΡΟΠΟΝΗΤΙΚΗ”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Η επίδραση του είδους και της διάρκειας της άσκησης
στον οστικό μεταβολισμό ατόμων τρίτης ηλικίας:
συστηματική ανασκόπηση βιβλιογραφίας**

Κωνσταντίνος Κοκκινιώτης [Α.Ε.Μ. 13030]

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία-υποβλήθηκε στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος στη «Φυσιολογία της Άσκησης & Προπονητική» στην Ειδίκευση “Φυσιολογία της Άσκησης”

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

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

2ο Μέλος: Ηλίας Σμήλιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

3ο Μέλος: Στυλιανή Καρακύριου, Μέλος Ε.Ε.Π. Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.

Κομοτηνή, 2023



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

POSTGRADUATE PROGRAM

"EXERCISE PHYSIOLOGY & SPORTS TRAINING SCIENCE"

MASTER DISSERTATION

**Effect of type and duration of exercise on bone metabolism
in elderly:
a systematic review of the literature**

Konstantinos Kokkiniotis [R.N. 13030]

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Master's Degree in "Exercise Physiology and Sports Training Science" of the Department of Physical Education and Sport Science, Democritus University of Thrace, specialized in Exercise Physiology

COMMITTEE OF EXAMINERS

Supervisor: Helen Douda, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Member 2: Ilias Smilios, Associate Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Member 3: Styliani Karakyriou, Specialized Teaching Staff, D.P.E.S.S. – D.U.T.H.

Komotini, 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κωνσταντίνος Κοκκινιώτης: Η επίδραση του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό ατόμων τρίτης ηλικίας: συστηματική ανασκόπηση βιβλιογραφίας

(Με την επίβλεψη της Καθηγήτριας Ελένης Δούδα)

Σκοπός της παρούσας συστηματικής ανασκόπησης βιβλιογραφίας ήταν η μελέτη της επίδρασης του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό των ατόμων τρίτης ηλικίας. Για την αναζήτηση των μελετών χρησιμοποιήθηκαν οι ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων Pubmed, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar και SciELO. Η αναζήτηση των μελετών έγινε με τις λέξεις κλειδιά και συνδυασμό των όρων: bone mineral density, bone metabolism, Bone mass, Bone density, BMD, exercise, physical activity, exercise training, resistance training, training, men, women, postmenopausal, older people / seniors / elderly. Τα κριτήρια για την συμπερίληψη των άρθρων στη μελέτη ήταν: α) τυχαιοποιημένα και μη τυχαιοποιημένα πρωτόκολλα με τουλάχιστον μία ομάδα άσκησης έναντι μίας ομάδας ελέγχου, β) άσκηση ως παρέμβαση, γ) άνδρες και γυναίκες > 65 ετών κατά την έναρξη της μελέτης, δ) δεδομένα για μία από τις παρακάτω μεταβλητές: οστική πυκνότητα οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και μηριαίου οστού, ε) μελέτες σε ελληνική και αγγλική γλώσσα, στ) μελέτες που δημοσιεύθηκαν από τον Ιανουάριο 2000 έως τον Δεκέμβριο 2021, η) παρεμβάσεις άσκησης για τουλάχιστον 4 μήνες (16 εβδομάδες) και θ) η μέτρηση της οστικής πυκνότητας να έγινε με απορρόφηση ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA). Από τα 1.390 άρθρα των αναζητήσεων τελικά επιλέχθηκαν 48 μελέτες, οι οποίες συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα ανασκόπηση. Από τα αποτελέσματα των μελετών διαφαίνεται ότι η BMD αυξάνεται στους συμμετέχοντες κατά την άσκηση, ωστόσο δεν είναι σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τις ομάδες ελέγχου. Για την BMD του μηριαίου οστού, η αύξηση είναι μικρότερη από ό,τι στην περιοχή της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Η επίδραση της άσκησης στην BMD μπορεί να επηρεαστεί από τον τύπο, την ένταση και τη συχνότητά της αν και οι απόψεις για την επίδραση της άσκησης στην ποιότητα του οστικού ιστού ποικίλλουν. Επιπρόσθετα, στην περιφερειακή BMD σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες διαφαίνεται ότι η άσκηση μπορεί να επιβραδύνει τον ρυθμό οστικής απώλειας σε αυτή την πληθυσμιακή ομάδα.

Λέξεις - Κλειδιά: οστικός μεταβολισμός, τρίτη ηλικία, άσκηση

ABSTRACT

Konstantinos Kokkiniotis: Effect of type and duration of exercise on bone metabolism in elderly: a systematic review of the literature

(Under the supervision of Professor Helen T. Douda)

The purpose of this systematic literature review was to study the effect of the type and duration of exercise on bone metabolism in elderly people. The electronic databases Pubmed, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar and SciELO were used to search for studies. The search for studies was done according to the keywords and combination of terms: bone mineral density, bone metabolism, Bone mass, Bone density, BMD, exercise, physical activity, exercise training, resistance training, training, men, women, postmenopausal, older people / seniors / elderly. The criteria for inclusion of the articles in the study were: a) randomized and non-randomized protocols with at least one exercise group versus a control group, b) exercise as an intervention, c) men and women > 65 years of age at the start of the study, d) data for one of the following variables: lumbar spine and femur bone mineral density, e) studies in Greek and English, f) studies published from January 2000 to December 2021, h) exercise interventions for at least 4 months (16 weeks) and i) bone mineral density was measured by dual energy X-ray absorptiometry (DXA). From the 1.390 articles searched, 48 studies were finally selected and included in this review. From the results of the studies, it appears that BMD increases in participants during exercise, however it is not significantly higher in comparison with control groups. For femur BMD, the increase is less than for lumbar spine f summer. The effect of exercise on BMD can be influenced by its type, intensity and frequency, although opinions on the effect of exercise on bone tissue quality vary. Additionally, regional BMD in postmenopausal women suggests that exercise may slow the rate of bone loss in this population.

Key words: *bone metabolism, old age, exercise*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	6
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	7
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.2. Σκοπός.....	16
1.3. Σημασία της έρευνας.....	16
1.4. Ερευνητικές υποθέσεις	17
1.5. Οριοθετήσεις και περιορισμοί	17
1.5. Ορισμοί και συντομογραφίες.....	18
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	19
2.1. Πηγές δεδομένων και αναζητήσεις.....	19
2.2. Διαδικασία συλλογής δεδομένων	19
2.3. Κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού.....	20
2.4. Στρατηγική διαδικασία έρευνας	20
2.5. Εξαγωγή Δεδομένων	22
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	24
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	56
4.1. Επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα	56
4.2. Είδος άσκησης	58
4.2.1. Αερόβια άσκηση	58
4.2.2. Προπόνηση δύναμης και αντίστασης.....	61
4.2.3. Συνδυασμένη προπόνηση	73
4.2.4. Ασκήσεις δόνησης	79
4.3. Συχνότητα, διάρκεια και ένταση άσκησης	87
4.4. Επίδραση ηλικίας και φύλου.....	91
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Άρθρα ανασκόπησης και ανάλυσης.....	25
--	----

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής των μελετών σύμφωνα με τη μέθοδο PRISMA.	23
--	----

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η οστεοπόρωση είναι ένα παγκόσμιο πρόβλημα κλινικής και δημόσιας υγείας που σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο καταγμάτων ευθραυστότητας τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε πόνο, αναπηρία, απώλεια λειτουργικότητας, αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα. Αποτελεί μεταβολικό νόσημα των οστών (Καρακύριου και συν., 2013) και σημαντικό πρόβλημα της δημόσιας υγείας. Χαρακτηρίζεται από φθορά του οστικού ιστού και χαμηλή οστική πυκνότητα (bone mineral density, BMD) που οδηγεί σε μειωμένη αντοχή των οστών, αυξημένη ευθραυστότητα και επακόλουθη αύξηση του κινδύνου καταγμάτων (RACGP, 2017). Είναι μια κοινή, σοβαρή κατάσταση λόγω της εγγενούς συσχέτισης με τραύματα χαμηλής ενέργειας ή κατάγματα ευθραυστότητας.

Χαρακτηρίζεται από προοδευτική οστική απώλεια, διαταραχές στη μικροαρχιτεκτονική του οστίτη οστού που οδηγούν σε αυξημένο κίνδυνο καταγμάτων και παρουσιάζεται κυρίως στις γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση (WHO, 2003; Καρακύριου και συν., 2013). Οι πιο συχνές κλινικές εκδηλώσεις της οστεοπόρωσης είναι τα κατάγματα του ισχίου, των σπονδύλων ή του καρπού, με τη συχνότητα εμφάνισης να αυξάνεται με την ηλικία. Τα οστεοπορωτικά κατάγματα ευθύνονται για πόνο, αναπηρία, απώλεια λειτουργικότητας, αυξημένη νοσηρότητα, μείωση της ποιότητας ζωής, ιδρυματοποίηση, αυξημένο οικονομικό κόστος και θνησιμότητα (Papaioannou et al., 2009; Ioannidis et al., 2009; Abimayig-Ochom et al., 2015; RACGP, 2017).

Η οστεοπόρωση σχετίζεται με τη γήρανση του πληθυσμού και τη μειωμένη δραστηριότητα οστεοβλαστών καθώς και με το μειωμένο δυναμικό διαφοροποίησης των βλαστοκυττάρων του μυελού των οστών λόγω της σχετικής μείωσης των τροφικών παραγόντων (π.χ. βιταμίνη D) (Khosla & Riggs, 2005). Έτσι, η ποσότητα του οστικού ιστού μειώνεται, γεγονός που κάνει τα οστά πιο αδύναμα, οδηγώντας συνήθως σε οστεοπόρωση (Johnell & Kanis, 2005; Dhanwal et al., 2011). Η χαμηλή οστική μάζα αναγνωρίζεται ως σημαντικός παράγοντας κινδύνου για κατάγματα και έτσι αποτελεί βασικό στόχο για την πρόληψη της οστεοπόρωσης (RACGP, 2017).

1.1. Προσδιορισμός του προβλήματος

Η οστεοπόρωση είναι γνωστή ως «σιωπηλή ασθένεια», καθώς συχνά δεν διαγιγνώσκεται μέχρι να εμφανιστεί συμπτωματικό κάταγμα, συνήθως σε μεγαλύτερη ηλικία (Parker, 2013). Η πρωτοπαθής ή ιδιοπαθής οστεοπόρωση περιλαμβάνει τη νεανική, τη μετεμμηνοπαυσιακή και τη γεροντική οστεοπόρωση και είναι ο πιο κοινός τύπος οστεοπόρωσης. Η δευτερογενής οστεοπόρωση προκύπτει από διάφορες ασθένειες, ενδοκρινικές (υπερπαραθυρεοειδισμός, σακχαρώδης διαβήτης κ.λπ.), αιματολογικές (θαλασσαιμία, μύελωμα κ.λπ.), γαστρεντερικές (δυσασπορρόφηση κ.λπ.), ρευματικές (ρευματοειδής αρθρίτιδα, ερυθματώδης λύκος κ.λπ.) και νεφρικές (νεφρική ανεπάρκεια κ.λπ.) φαρμακευτικές διαταραχές (π.χ. γλυκοκορτικοειδή, αντιπηκτικά, διουρητικά κ.λπ.) (Tarantino et al., 2017).

Ο επιπολασμός της οστεοπόρωσης αυξάνεται σημαντικά στις γυναίκες μετά την εμμηνόπαυση. Κατά την περίοδο αυτή οι γυναίκες αντιμετωπίζουν ορμονικές αλλαγές που μπορεί να οδηγήσουν σε μια ταχεία περίοδο μεταβολικής προσαρμογής, αύξηση βάρους, αλλαγή στη σύσταση του σώματος, επιδείνωση του λιπιδικού προφίλ τους και απώλεια της οστικής πυκνότητας (Riggs & Melton, 1995; Aloysio et al., 1999). Περίπου το 30% των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ αναφέρουν ότι υποφέρουν από οστεοπόρωση και τουλάχιστον 40% αυτών των γυναικών θα υποστεί ένα ή περισσότερα οστεοπορωτικά κατάγματα κατά την εναπομένουσα ζωής τους (Wright et al., 2014 Daly et al., 2019).

Αν και η οστεοπόρωση στους άντρες υποτιμάται έχει σημαντικές κλινικές και κοινωνικές συνέπειες, δεδομένου ότι η γήρανση του ανδρικού πληθυσμού αυξάνεται εκθετικά (Herrera et al., 2012). Εμφανίζεται περίπου στο 20% των καταγμάτων του ισχίου στους άνδρες και η συχνότητα καταγμάτων της σπονδυλικής στήλης είναι περίπου η μισή από αυτή των γυναικών (Chang et al., 2004). Ωστόσο, η θνησιμότητα και η νοσηρότητα στους άνδρες είναι υψηλότερη από αυτή των γυναικών (Jiang et al., 2005). Εκτιμάται ότι ετησίως 2-3% είναι το ποσοστό οστικής απώλειας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης κατά τα πρώτα 5 χρόνια μετά την εμμηνόπαυση, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο οστεοπόρωσης (Karakiriou et al., 2012). Ως εκ τούτου αποτελεί σημαντικό και αυξανόμενο πρόβλημα καθώς ο πληθυσμός των ηλικιωμένων αυξάνεται σε κάθε γεωγραφική περιοχή

(Dhanwal et al. 2011; Cooper et al.2011). Οι ηλικιωμένοι άντρες και γυναίκες γίνονται επιρρεπείς σε απώλεια οστικής μάζας που σχετίζεται με την ηλικία και συνεχίζεται για το υπόλοιπο της ζωής με τα ποσοστά καταγμάτων σπονδύλου και ισχίου να αυξάνονται ανάλογα με την ηλικία.

Μετά από ένα αρχικό κάταγμα, ο κίνδυνος για μεταγενέστερο υπερδιπλασιάζεται τους επόμενους 6-12 μήνες και παραμένει έως και 10 χρόνια (Sobolev et al., 2015; Bliuc et al., 2015). Επιπλέον, περίπου 1 στους 3 ανθρώπους θα πεθάνει εντός 12 μηνών από το κάταγμα του ισχίου, 40% θα παρουσιάσουν αδυναμία βάδισης χωρίς βοήθεια και 60% θα χρειαστεί βοήθεια ένα χρόνο αργότερα (Daly et al., 2019). Ο αριθμός των καταγμάτων ισχίου που εμφανίζονται ετησίως σε παγκόσμιο επίπεδο εκτιμήθηκε από τους Gullberg et al. (1997) ότι έφθανε τα 1,25 εκατομμύρια (338.000 σε άνδρες και 917.000 σε γυναίκες) το 1990 και αναμενόταν αύξηση κατά 310% στους άνδρες και 240% στις γυναίκες έως το 2025. Παρόλα αυτά, σε νεότερη μελέτη (Kanis et. al., 2019), στην Ευρώπη ο αριθμός των καταγμάτων από 3,5 εκατομμύρια το 2010 προβλέπεται για το 2025 να φθάσει στα 4,5 εκατομμύρια δηλαδή αύξηση 28%.

Τα κατάγματα του ισχίου και των σπονδύλων έχουν σοβαρές επιπλοκές με χρόνιο πόνο, αναπηρία, μειωμένη ποιότητα ζωής ακόμα και πρόωρο θάνατο (Johnell & Kanis 2005; Dhanwal et al., 2011) και ως εκ τούτου έχουν γίνει μείζων πρόβλημα καθώς ο ηλικιωμένος πληθυσμός αυξάνεται (Dhanwal et al., 2011). Επιπλέον, τα κατάγματα έχουν σοβαρές οικονομικές συνέπειες και υπολογίστηκε ότι το ετήσιο κόστος τους φθάνει τα 20 δις. δολάρια στις ΗΠΑ και 30 δις. ευρώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Cummings & Melton, 2002).

Επιπλέον, υπάρχουν σοβαρές οικονομικές συνέπειες των οστεοπορωτικών καταγμάτων. Το ετήσιο κόστος έχει υπολογιστεί σε 20 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ και 30 δισεκατομμύρια ευρώ στην Ε.Ε. (Cummings & Melton, 2002). Στο Ηνωμένο Βασίλειο εκτιμάται ότι τα κατάγματα κοστίζουν στο NHS £4,4 δις. ετησίως (NICE, 2018) και στις ΗΠΑ, το 2018, η οστεοπόρωση κόστισε \$57 δις. δολάρια, με το ποσό αυτό να αναμένεται να αυξηθεί σε πάνω από \$95 δις. δολάρια έως το 2040 (Lewlecki et al., 2019). Υπό το πρίσμα της παγκόσμιας αύξησης του προσδόκιμου ζωής καθώς και της επιβάρυνσης από κατάγματα λόγω οστεοπόρωσης σε κοινωνίες, συστήματα υγείας και άτομα, είναι απαραίτητες οι στρατηγικές πρόληψης (Pinheiro et al., 2020).

Φαρμακευτικοί παράγοντες για τη θεραπεία της οστικής πυκνότητας αποτελούν την πρώτη επιλογή ως θεραπεία καθώς μειώνουν τον κίνδυνο κατάγματος κατά περίπου 20-60% ανάλογα με τη θεραπεία και τα χαρακτηριστικά των ασθενών (Crandall et al., 2014). Εκτιμάται ότι το 80% των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών που παρουσιάζουν κάταγμα ευθραυστότητας δεν λαμβάνουν την κατάλληλη θεραπεία και εκείνοι που την ακολουθούν παρουσιάζουν φόβο για τις παρενέργειες (π.χ. οστεονέκρωση γνάθου κ.λπ.) (Kothawala et al., 2007; Kanis et al., 2014). Τα φάρμακα δεν έχουν καμία επίδραση σε βασικούς παράγοντες κινδύνου, όπως η μυϊκή δύναμη, ο συντονισμός και η συνολική λειτουργική απόδοση που συσχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο πτώσης και κατάγματος.

Στην Ευρώπη, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Οστεοπόρωσης (International Osteoporosis Foundation, 2008) υπολογίζεται ότι πάσχουν από τη νόσο 30 εκ. γυναίκες και προβλέπεται ότι 1 στις 3 γυναίκες ηλικίας άνω των 50 ετών θα υποστεί οστεοπορωτικό κάταγμα κατά τη διάρκεια της ζωής της (Καρακύριου και συν., 2013). 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 πέρα της φαρμακευτικής αγωγής (Καρακύριου και συν., 2013). Έτσι, αν και έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στην αντιμετώπιση της οστεοπόρωσης, δίνεται ιδιαίτερη προσοχή σε στρατηγικές πρόληψης και αποτελεσματικές μεθόδους, όπως σωματική δραστηριότητα ή ειδικά προγράμματα προπόνησης (Karakiriou et al., 2012).

Πολλές οδηγίες για την οστεοπόρωση και την πρόληψη των καταγμάτων θεωρούν τη σωματική άσκηση ως τον πιο αποτελεσματικό μη φαρμακευτικό παράγοντα για την αύξηση της αντοχής των οστών και τη μείωση των πτώσεων (SIGN, 2020). Ωστόσο, σε αντίθεση με τις μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε γυναίκες (Shojae et al., 2020) τα στοιχεία για την ευνοϊκή επίδραση της άσκησης στην Οστική Πυκνότητα (BMD) των ανδρών εξακολουθούν να είναι περιορισμένα (Bolam et al., 2015; Kemmler et al., 2018; Ashe et al., 2021; Hamilton et al., 2021). Συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών ανέφεραν δεδομένα σχετικά με τις επιδράσεις της σωματικής δραστηριότητας/άσκησης στην οστική πυκνότητα σε άνδρες 18 ετών και άνω (Ashe et al., 2021; Hamilton et al., 2021). Οι Ashe et al. (2021) ανέφεραν σημαντικές επιδράσεις της άσκησης στην BMD στο ολικό ισχίο, αλλά μικρή ή καθόλου επίδραση στον αυχένα του μηριαίου (FN)-BMD. Αντίθετα, οι Hamilton et al. (2021) υποδεικνύουν

σημαντικά στοιχεία για την επίδραση της άσκησης στο FN-BMD. Είναι σημαντικό ότι δεν παρατηρείται κάποια σχετική ευεργετική επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (LS).

Η Αμερικανική Αθλητιατρική Εταιρεία (ACSM) διερευνά την άσκηση και τη φυσική δραστηριότητα σε ηλικιωμένους ενήλικες (Chodzko-Zajko et al., 2009) και υποστηρίζει τα γνωστά οφέλη της άσκησης στην υγεία των οστών κυρίως σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (55-65 ετών), αν και διαφορετικά αποτελέσματα μπορεί να αναμένονται σε ηλικιωμένα άτομα. Γενικότερα, μελέτες διερευνούν την επίδραση της άσκησης στην αύξηση της αντοχής των οστών που φαίνεται να αποτελεί στρατηγική πρόληψης και θεραπείας της οστεοπόρωσης, βελτιώνοντας όλους τους τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου για κάταγμα (Shojaa et al., 2020). Ειδικότερα, η τακτική άσκηση μπορεί να αυξήσει την οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης και του ισχίου ή να επιβραδύνει τη μείωσή της (Beck et al., 2016; Tarantino et al., 2017; Kemmler et al., 2020). Πρέπει όμως να συνταγογραφηθεί κατάλληλα και να εφαρμοστεί σωστά.

Έρευνες σε γυναίκες (Kemmler et al., 2020) και άνδρες (Arazi & Eghbali, 2017) καθορίζουν το κατάλληλο πρωτόκολλο θεραπευτικής άσκησης ώστε να περιορισθεί δραστικά η οστεοπόρωση και να αποτραπούν τα οστεοπορωτικά κατάγματα (Beck et al., 2016; Daly et al., 2019). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η άσκηση μπορεί να έχει θετική επίδραση στον σκελετό, αυξάνοντας ή διατηρώντας σταθερή την οστική πυκνότητα στα σημεία φόρτισης, αν και ο τύπος άσκησης, τα χαρακτηριστικά των οστών, οι διαφορετικές παρεμβάσεις άσκησης και ο αντίκτυπος στα οστά μπορεί να οδηγήσει σε αντίθετα αποτελέσματα (Kelley et al. 2001; Martyn-St James & Carroll 2009).

Η τακτική σωματική άσκηση μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο οστεοπορωτικών καταγμάτων, αυξάνοντας την οστική πυκνότητα της σπονδυλικής στήλης και του ισχίου, ιδιαίτερα κατά την παιδική και εφηβική περίοδο ανάπτυξης του σκελετού, επιβραδύνοντας το ρυθμό απώλειας οστικής μάζας κατά τη γήρανση και μειώνοντας τον κίνδυνο πτώσεων μέσω των ευεργετικών επιδράσεων της στη μυϊκή δύναμη και την ισορροπία (Schwab & Scalapino, 2011; Beck et al., 2016; Tarantino et al., 2017; Daly et al., 2019; Kemmler et al., 2020; Shojaa et al., 2020).

Ο ρόλος της σωματικής δραστηριότητας στην προστασία της σκελετικής υγείας έχει τονιστεί (Platen, 2001; Vuori, 2001; Sinaki et al., 2002) και φαίνεται να είναι σημαντικός στην πρωτογενή και δευτερογενή πρόληψη της οστεοπόρωσης ενώ σχετίζεται

αντιστρόφως ανάλογα με τον κίνδυνο καταγμάτων του ισχίου και της σπονδυλικής στήλης (Beck et al., 2016; Tarantino et al., 2017; Kemmler et al., 2020).

Η σωματική άσκηση έχει προταθεί ως προληπτική και θεραπευτική στρατηγική κατά των καταγμάτων και της αδυναμίας που προκαλείται στα οστά από τη γήρανση αδυναμία (Schwab & Scaparino, 2011), αν και έχει περιγραφεί ότι η οστεογονική απόκριση σε μηχανική φόρτωση μειώνεται με την ηλικία (Lanyon & Skerry 2001). Τα αποτελέσματα της άσκησης στην οστική μάζα φαίνεται να αποδίδονται στην ενεργοποίηση των οστεοκυττάρων, που με τη σειρά τους αλλάζουν την ισορροπία μεταξύ της απορρόφησης των οστών και το σχηματισμό (μοντελοποίηση) και αν είναι μηχανική η φόρτιση δημιουργεί στελέχη επαρκούς μεγέθους (Hsieh et al., 2001).

Η σωματική δραστηριότητα θεωρείται ότι διεγείρει την ανάπτυξη των οστών και διατηρεί την οστική μάζα ενώ η αδράνεια προκαλεί αδυναμία του σκελετικού συστήματος με μείωση της οστικής μάζας (Caspersen et al., 1985). Ουσιαστικά, τα αποτελέσματα της άσκησης στην οστική μάζα φαίνεται να αποδίδονται στην ενεργοποίηση των οστεοκυττάρων, που με τη σειρά τους αλλάζουν την ισορροπία μεταξύ οστικής απορρόφησης και σχηματισμού, ευνοώντας τη μοντελοποίηση, εάν η μηχανική φόρτιση δημιουργεί στελέχη επαρκούς μεγέθους (Hsieh et al., 2001). Η άσκηση μπορεί να έχει θετική επίδραση στον σκελετό, αυξάνοντας ή διατηρώντας σταθερή την οστική πυκνότητα στα σημεία φόρτισης, αν και ο τύπος άσκησης, τα χαρακτηριστικά των οστών, οι διαφορετικές παρεμβάσεις άσκησης και ο αντίκτυπος στα οστά μπορεί να οδηγήσει σε αντίθετα αποτελέσματα (Kelley et al. 2001; Martyn-St James & Carroll 2009). Έτσι, εκτός από τις παραμέτρους και τις αρχές άσκησης, ακόμη και βασικές αποφάσεις όπως είναι ο τύπος άσκησης διερευνώνται ακόμη (Beck et al., 2016; Daly et al., 2019; Rahimi et al., 2020; Shojaa et al., 2020).

Τα οφέλη της δραστηριότητας για την υγιή γήρανση τεκμηριώνονται (Das & Horton, 2016), σχεδιάζονται και αξιολογούνται μέσα από διάφορες παρεμβάσεις για την πρόληψη και τη θεραπεία της οστεοπόρωσης. Οδηγίες συστήνουν την ενασχόληση με τη σωματική δραστηριότητα για τη διαχείριση της οστεοπόρωσης (RACGP, 2017) και στα ηλικιωμένα άτομα (NOS, 2018). Ωστόσο τα αποτελέσματα τέτοιων παρεμβάσεων σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας που δεν έχουν διαγνωστεί με οστεοπόρωση δεν έχουν ακόμα συγκεντρωθεί. Η συγκέντρωση στοιχείων στο θέμα αυτό είναι ζωτικής σημασίας για την

παροχή συγκεκριμένων συστάσεων σχετικά με τη σωματική δραστηριότητα για την πρόληψη της οστεοπόρωσης (Pinheiro et al., 2020).

Μελέτες που διερευνούν τη σχέση φυσικής δραστηριότητας και πρόληψης της οστεοπόρωσης προσανατολίζονται μόνο σε συγκεκριμένους τύπους σωματικής δραστηριότητας, όπως η άσκηση γενικά (de Kam et al., 2009; Martyn-St James et al., 2009; Howe et al., 2011; Marin-Cascales et al., 2018; Kemmler et al., 2018), το περπάτημα (Martyn-St James & Carroll, 2008; Ma et al., 2013) ή ο αθλητισμός (Abrahin et al., 2016), επιδράσεις σε συγκεκριμένα μέρη του σώματος (Babatunde et al., 2020), σε άνδρες (Bolam et al., 2015; Kemmler et al., 2018) ή γυναίκες (Martyn-St James & Carroll, 2009; Howe et al., 2011; Martin-Cascales et al., 2018) και οι περισσότερες δεν επικεντρώνονται στους ηλικιωμένους ή στην πρόληψη.

Άλλες μελέτες στοχεύουν στην αύξηση της οστικής υγείας που αξιολογείται κυρίως από την οστική πυκνότητα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, ως η πιο σημαντική και μεγαλύτερη ομάδα κινδύνου για οστεοπόρωση. Ωστόσο, αν και υπάρχουν συστάσεις που βασίζονται σε στοιχεία για πρωτόκολλα άσκησης (Beck et al., 2016; Daly et al., 2019) η βέλτιστη άσκηση για την αντιμετώπιση της BMD εξακολουθεί να παραμένει ακαθόριστη (Tarantino et al., 2017). Εκτός από τις παραμέτρους και τις αρχές της άσκησης, ακόμα και το είδος της άσκησης που πρέπει να εφαρμοστεί παραμένει αμφιλεγόμενο (Rahimi et al., 2020; Shojaa et al., 2020).

Γενικότερα, οι μελέτες επίδρασης της άσκησης στην οστική μάζα επικεντρώνονται στη σύγκριση προεμμηνοπαυσιακών και μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών (Berard et al., 1997; Kelley et al., 2001; Martyn-St James & Carroll, 2009). Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η άσκηση μπορεί να έχει θετική επίδραση στον σκελετό, αυξάνοντας ή διατηρώντας την BMD, αν και ο τύπος της άσκησης, τα χαρακτηριστικά σκελετικής φόρτισης των διαφορετικών παρεμβάσεων άσκησης και η θέση των οστών που μετρήθηκαν οδηγούν σε αμφιλεγόμενα αποτελέσματα (Martyn -St James & Carroll, 2009).

Η θέση του Αμερικανικού Κολλεγίου Αθλητιατρικής (American College of Sports Medicine, ACSM) σχετικά με την άσκηση και τη σωματική δραστηριότητα για ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας (Chodzko-Zajko et al., 2009) υποστηρίζουν της θετική επίδραση της άσκησης στην υγεία των οστών κυρίως σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (55-65 ετών). Πρέπει ωστόσο να συνταγογραφείται κατάλληλα και να εφαρμοστεί σωστά. Έρευνες σε γυναίκες (Kemmler et al., 2020) και άνδρες (Arazi & Eghbali, 2017) καθορίζουν το

κατάλληλο πρωτόκολλο θεραπευτικής άσκησης ώστε να περιορισθεί δραστικά η οστεοπόρωση και να αποτραπούν τα οστεοπορωτικά κατάγματα (Beck et al., 2016; Daly et al., 2019). Λόγω των χαμηλών επιπέδων σωματικής δραστηριότητας, ιδιαίτερα στους ηλικιωμένους (Bennie et al., 2016) η συγκέντρωση δεδομένων για τις επιπτώσεις της δραστηριότητας στην πρόληψη της οστεοπόρωσης είναι σημαντική για την ανάληψη πρωτοβουλιών σχεδιασμού σε θέματα της υγείας (Caspersen et al., 1985).

Οι συστάσεις περιλαμβάνουν προπόνηση αερόβιας άσκησης και υψηλής έντασης προπόνηση με αντίσταση. Η πρώτη περιλαμβάνει περπάτημα (δραστηριότητα με βάρος χαμηλής έντασης) και άνοδο/κάθοδο σκαλοπατιών, γρήγορο περπάτημα, τζόκινγκ (δραστηριότητες φόρτισης οστών υψηλότερης έντασης) που μπορεί να είναι αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση των μειώσεων της οστικής πυκνότητα που σχετίζονται με την ηλικία. Η υψηλής έντασης προπόνηση με αντίσταση φαίνεται να διατηρεί ή να βελτιώνει την οστική πυκνότητα σε σχέση με τα άτομα που είχαν καθιστική ζωή (ChodzkoZajko et al., 2009; Nelson et al., 2007; Rahimi et al., 2020). Οι ασκήσεις παρέμβασης ή σωματικής δραστηριότητας μπορεί να είναι ασκήσεις με βάρος (MacKelvie et al., 2002; Hind & Burrows, 2007) και περιλαμβάνουν ασκήσεις με δόνηση και αντίσταση, κυκλική προπόνηση, συνδυαστικά προγράμματα, τζόκινγκ, άλματα και άλλες μεθόδους που επιβαρύνουν τον σκελετό. Η συνήθης ψυχαγωγική δραστηριότητα χωρίς συγκεκριμένη παρέμβαση ή δραστηριότητα υπό επίβλεψη που δεν επηρεάζει τα οστά αποτελεί δραστηριότητα για την ομάδα ελέγχου (Marques et al., 2012).

Από τη συνοπτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας είναι εμφανές ότι διερευνώνται ακόμη τα χαρακτηριστικά της άσκησης όπως είναι για παράδειγμα ο τύπος άσκησης (Beck et al., 2016; Daly et al., 2019; Rahimi et al., 2020; Shojaa et al., 2020). Στη συστηματική ανασκόπηση των Rahimi et al. (2020) μελετήθηκαν 16 παρεμβάσεις άσκησης με συνολικό δείγμα 1.624 άτομα. Δε βρέθηκε σημαντική αλλαγή τόσο στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης όσο και στην BMD του αυχένα του μηριαίου μετά από παρέμβαση άσκησης. Επίσης, η ανάλυση ανά είδος άσκησης έδειξε ότι η BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης αυξήθηκε σημαντικά όταν χρησιμοποιήθηκε προπόνηση δόνησης ολόκληρου του σώματος (WBV) ως παρέμβαση σε σύγκριση με τις παρεμβάσεις που χρησιμοποιούσαν αερόβια άσκηση, άσκηση με αντιστάσεις και συνδυαστική προπόνηση. Από την άλλη πλευρά, η BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης μειώθηκε

σημαντικά όταν χρησιμοποιήθηκε η αερόβια άσκηση ως παρέμβαση σε σύγκριση με τις παρεμβάσεις που χρησιμοποίησαν προπόνηση με αντίσταση, συνδυαστική προπόνηση και WBV. Αντίθετα, αυτές οι αναλύσεις δεν είχαν σημαντική επίδραση στην αλλαγή της BMD του αυχένα του μηριαίου. Το WBV είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη βελτίωση της BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης σε γυναίκες άνω των 60 ετών. Οι συστάσεις περιλαμβάνουν αερόβια άσκηση (περπάτημα και χαμηλή ένταση βάρους), αναρρίχηση και ανάβαση/κατάβαση σκάλας, ταχύ βήδισμα, τζόκινγκ (υψηλότερη ένταση) που μπορεί να είναι αποτελεσματικές στην εξουδετέρωση των σχετιζόμενων με την ηλικία μειώσεων της οστικής πυκνότητας και υψηλής έντασης προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης που φαίνεται να διατηρεί ή να βελτιώνει την οστική πυκνότητα (ChodzkoZajko et al., 2009). Με βάση τα παραπάνω, παρά τη σημασία της οστικής πυκνότητας στους ηλικιωμένους, υπάρχει περαιτέρω ανάγκη για συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την αποτελεσματικότητα του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό σε ηλικιωμένους ενήλικες, άνδρες και γυναίκες.

1.2. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό των ατόμων τρίτης ηλικίας.

1.3. Σημασία της έρευνας

Η παρούσα εργασία επιχείρησε να δώσει απαντήσεις σε ερωτήματα όπως: α) εάν η άσκηση επιδρά στον οστικό μεταβολισμό των ατόμων τρίτης ηλικίας, β) ποιο είδος άσκησης επιδρά και σε τι βαθμό στον οστικό μεταβολισμό των ατόμων τρίτης ηλικίας, γ) με ποια διάρκεια και σε τι βαθμό η άσκηση επιδρά στον οστικό μεταβολισμό των ατόμων τρίτης ηλικίας και δ) ποιες ασκήσεις και με ποια διάρκεια προτείνονται για τα άτομα τρίτης ηλικίας. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης φιλοδοξούν να συνεισφέρουν εστιασμένες πληροφορίες για τον ασφαλή σχεδιασμό προγραμμάτων άσκησης με στόχο τη βελτίωση της οστικής υγείας των ατόμων τρίτης ηλικίας. Ειδικότερα, ο σχεδιασμός των κατάλληλων προγραμμάτων άσκησης, ως προς το είδος και τη διάρκεια, είναι ιδιαίτερα σημαντικός στα άτομα τρίτης ηλικίας καθώς συνδέεται με τη βελτίωση της λειτουργικής τους ικανότητας

για την εκτέλεση καθημερινών ασχολιών με περισσότερη ευκολία προάγοντας την ποιότητα ζωής τους. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας και τα εξαγόμενα συμπεράσματα αναμένεται να συμβάλλουν στη βελτίωση του επιστημονικού κενού που υπάρχει σχετικά με την επίδραση του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό των ατόμων τρίτης ηλικίας.

1.4. Ερευνητικές υποθέσεις

Οι ερευνητικές υποθέσεις της παρούσας διατριβής είναι:

- Το είδος της άσκησης επιδρά στον οστικό μεταβολισμό των ατόμων τρίτης ηλικίας
- Η διάρκεια της άσκησης επιδρά στον οστικό μεταβολισμό ατόμων τρίτης ηλικίας

1.5. Οριοθετήσεις και περιορισμοί

Η παρούσα έρευνα αποτελεί συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και μελετά την επίδραση του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό ατόμων τρίτης ηλικίας. Διέπεται από ορισμένους περιορισμούς καθώς περιλαμβάνει άρθρα της τελευταίας 20ετίας, οπότε δεν εντάσσονται δεδομένα πριν το 2000, τα οποία θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο σύγκρισης και εξαγωγής συμπερασμάτων. Έγινε προσπάθεια να περιληφθούν όσο το δυνατόν περισσότερα άρθρα προκειμένου να υπάρξουν αξιόπιστα δεδομένα που θα οδηγήσουν σε χρήσιμα συμπεράσματα.

Προβληματισμό προκάλεσε η απόφαση σχετικά με τις μελέτες που θα έπρεπε να συμπεριληφθούν στη μελέτη και να σχετίζονται με το θέμα. Αυτό έγινε με προσεκτική μελέτη των άρθρων αλλά και άρθρων με ανασκόπηση της βιβλιογραφίας ή μετααναλύσεις. Μετά τον προσδιορισμό των βασικών μελετών και προσεκτική ανάγνωσή τους δημιουργήθηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα με οριοθέτηση της ανάπτυξης των ανασκοπικών προσεγγίσεων. Η πλειονότητα των άρθρων και των αναλύσεων αφορά γυναίκες ενώ για τους άνδρες τα στοιχεία είναι περιορισμένα. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το κενό στοιχείων και να παρασχεθεί μια περιεκτική δομή των αποδεικτικών στοιχείων, πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση με διερεύνηση της επίδρασης της φυσικής δραστηριότητας στην πρόληψη της οστεοπόρωσης σε ηλικιωμένους (Manferdelli et al., 2019).

1.5. Ορισμοί και συντομογραφίες

Οστεογένεση (bone formation): Είναι η διαδικασία με την οποία σχηματίζεται νέο οστό (οστική αναδιαμόρφωση) και ο σχηματισμός των οστών επιτυγχάνεται κυρίως με τους οστεοβλάστες.

Οστεοπόρωση: Η οστεοπόρωση είναι χρόνια πάθηση του μεταβολισμού των οστών, κατά την οποία παρατηρείται σταδιακή μείωση της πυκνότητας και ποιότητάς τους, με αποτέλεσμα αυτά με την πάροδο του χρόνου να γίνονται πιο εύθραυστα και λεπτά. Με αυτόν τον τρόπο προκαλείται αυξανόμενος κίνδυνος κατάγματος των οστών, καθώς μειώνεται η ανθεκτικότητα και η ελαστικότητά τους.

Οστική πυκνότητα (Body Mineral Density, BMD): Αναφέρεται στην τυποποιημένη περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα ανά μονάδα επιφάνειας (Zamoscinska et al., 2020). Αντανακλά την ακεραιότητα του οστικού ιστού, αποτελώντας ένδειξη ικανότητας δομικής αναδιαμόρφωσης και ως εκ τούτου όταν μειώνεται, είναι δείκτης του κινδύνου αδυναμίας και παθολογιών, όπως η οστεοπενία και η οστεοπόρωση, που έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία (Mosti et al., 2013; Guimaraes et al., 2018; Pimenta et al., 2019).

Οστική μάζα (bone mineral content): Μέτρηση της ολικής ποσότητας υδροξυαπατίτη (κρύσταλλος φωσφορικού ασβεστίου), εκφραζόμενη σε $g \cdot cm^{-2}$.

Οστική απορρόφηση: Η διαδικασία διάβρωσης του παλιού οστού από την υπάρχουσα οστική θεμέλια ουσία έτσι ώστε να μπορεί να σχηματιστεί νέο οστό στη θέση του. Η απορρόφηση επιτυγχάνεται κυρίως από κύτταρα οστών που ονομάζονται οστεοκλάστες. Η απορρόφηση των οστών αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό στις γυναίκες με μειωμένα οιστρογόνα.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Πηγές δεδομένων και αναζητήσεις

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε με συστηματική ανασκόπηση ελεγχόμενων μελετών, από το 2000 μέχρι και το 2021, η επίδραση του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό των ατόμων τρίτης ηλικίας. Οι μελέτες που εντάχθηκαν αφορούν γυναίκες και άντρες άνω των 65 ετών. Αποκλείστηκαν έρευνες σε άτομα μικρότερης ηλικίας, που έπασχαν από κάποια σοβαρή ασθένεια ή συμμετείχαν γυναίκες πριν την εμμηνόπαυση. Ακολουθήθηκαν οι συστάσεις της μεθόδου PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009). Η αναζήτηση έγινε με τη χρήση περιγραφικών παραγόντων σύμφωνα με τον πληθυσμό (population), την παρέμβαση (intervention), τη σύγκριση (comparison), το αποτέλεσμα (outcome), τη στρατηγική σχεδιασμού μελέτης (study design strategy) (PICOS).

Πραγματοποιήθηκαν αναζητήσεις στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων: PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>) Medline (https://www.nlm.nih.gov/medline/medline_overview.html), Scopus (<https://www.scopus.com/home.uri>), Google Scholar (<https://scholar.google.com/>) και SciELO (<https://scielo.org/>) για μελέτες που δημοσιεύτηκαν από τον Ιανουάριο 2000 έως το Δεκέμβριο 2021.

2.2. Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Η συστηματική αναζήτηση έγινε με καθορισμό όρων ευρετηριασμού και λέξεις κλειδιά. Για να υπάρξει μεγαλύτερος αριθμός αποτελεσμάτων, κατά την αναζήτηση χρησιμοποιήθηκαν φράσεις συνώνυμες ή και συνδυασμός λέξεων με τη χρήση των όρων «και», «ή» και «όχι», “and/or”. Η αναζήτηση έγινε με τις λέξεις κλειδιά και συνδυασμό των όρων: «οστική πυκνότητα», «άσκηση», «μεταεμμηνόπαυσιακή», «οστικός μεταβολισμός», «οστεοπόρωση», «άτομα τρίτης ηλικίας», “bone mineral density”, “bone metabolism”, “Bone mass”, “Bone density”, “BMD”, “exercise”, “physical activity”, “exercise training”, “resistance training”, “training”, “men”, “women”, “postmenopausal”, “older people / seniors / elderly” καθώς και συνώνυμα και συνδυασμός (and/or) των όρων.

2.3. Κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού

Με την εφαρμογή των εκ των προτέρων καθορισμένων κριτηρίων για την είσοδο ή τον αποκλεισμό του πληθυσμού-στόχου προέκυψε ο κατάλληλος πληθυσμός. Τα κριτήρια αναφέρονται στα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, στο είδος της παρέμβασης, στις μεθόδους σύγκρισης, στην έκβαση και στο είδος των μελετών (συνεχείς, ασθενών-μαρτύρων, συγχρονικές ή κλινικές δοκιμές). Τα κριτήρια που τέθηκαν για την συμπερίληψη των άρθρων στη μελέτη ήταν τα εξής:

- Τυχαιοποιημένα και μη τυχαιοποιημένα πρωτόκολλα με τουλάχιστον μία ομάδα άσκησης έναντι μίας ομάδας ελέγχου.
- Άσκηση ως παρέμβαση.
- Άνδρες και γυναίκες άνω των 65 ετών κατά την έναρξη της μελέτης.
- Δεδομένα για μία από τις παρακάτω μεταβλητές: οστική πυκνότητα οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και μηριαίου οστού.
- Μελέτες σε ελληνική και αγγλική γλώσσα.
- Μελέτες που δημοσιεύθηκαν από τον Ιανουάριο 2000 έως τον Δεκέμβριο 2021.
- Άσκηση παρέμβασης για τουλάχιστον 4 μήνες (16 εβδομάδες).
- Μέθοδος μέτρησης οστικής πυκνότητας με απορρόφηση ακτίνων Χ διπλής ενέργειας (DXA)

Αποκλείστηκαν μελέτες:

- Γλώσσα διαφορετική από την αγγλική και ελληνική.
- Άνδρες και γυναίκες που υποβάλλονταν σε χημειοθεραπεία και/ή ακτινοθεραπεία ή πληθυσμός με ασθένειες που επηρέαζαν τον μεταβολισμό των οστών (π.χ. φλεγμονώδεις ασθένειες) ή είχαν υψηλό δείκτη μάζας σώματος.
- Διπλές/πολλαπλές δημοσιεύσεις από μία μελέτη και προκαταρκτικά δεδομένα από δοκιμές που δημοσιεύτηκαν στη συνέχεια.
- Η γκρίζα βιβλιογραφία (π.χ. περιλήψεις, πρακτικά συνεδρίων, υπό έκδοση άρθρα, διατριβές κ.λπ.) δεν συμπεριλήφθηκε στην παρούσα μελέτη.

2.4. Στρατηγική διαδικασία έρευνας

Στη στρατηγική αναζήτησης περιελήφθηκε ο συνδυασμός πληθυσμού, παρέμβασης και αποτελεσμάτων. Μετά την κύρια αναζήτηση και τον αποκλεισμό μη

συναφών μελετών, ο ερευνητής εξέτασε τις μελέτες ανά τίτλο και περίληψη, σύμφωνα με τα κριτήρια καταλληλότητας. Πραγματοποιήθηκε μη αυτόματη αναζήτηση στις λίστες αναφοράς όλων των άρθρων που περιλήφθηκαν επιχειρώντας να βρεθούν νέες σχετικές μελέτες.

Κατά τη διαδικασία που ακολουθήθηκε αρχικά διατυπώθηκαν τα ερευνητικά ερωτήματα. Αυτό αποτέλεσε το σημαντικότερο βήμα της έρευνας καθώς πρέπει να δοθεί απάντηση μέσω της συγκεκριμένης ανασκόπησης. Το ερευνητικό ερώτημα είναι σαφές, επιστημονικά τεκμηριωμένο και κλινικά σημαντικό και στηρίζεται σε ευρήματα προηγούμενων σχετικών μελετών ενώ προκύπτει μετά από κριτική θεώρηση. Στη συνέχεια έγινε αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων και τέθηκαν τα κριτήρια ένταξης ή αποκλεισμού των άρθρων. Ακολούθησε η αξιολόγηση και επιλογή των μελετών. Μετά τη συλλογή της βιβλιογραφίας έγινε αξιολόγηση των άρθρων και αποτίμηση της μεθοδολογικής αρτιότητας των μελετών με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν και τέλος έγινε επιλογή όσων απαντούν στα ερευνητικά ερωτήματα.

Οι λίστες αναφοράς των αναγνωρισμένων ανακτημένων μελετών και ορισμένων άρθρων ανασκόπησης ελέγχθηκαν προσεκτικά για τον εντοπισμό πιθανών μελετών που ικανοποιούν την αναζήτηση και δεν βρέθηκαν στην κύρια ηλεκτρονική αναζήτηση. Στην συνέχεια έγινε καταγραφή των δεδομένων, ως προς τα βασικά χαρακτηριστικά των μελετών, σε προσχεδιασμένη φόρμα (πίνακα) ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση και η εκτίμηση της ομοιότητάς τους (εκτίμηση της ετερογένειας των μελετών).

Ακολούθησε η συγκριτική ανάλυση των δεδομένων, με σύγκριση και σύνθεση των ερευνητικών μελετών που έγιναν στο παρελθόν για το συγκεκριμένο θέμα, ώστε να διατυπωθεί ένα συνολικό συμπέρασμα. Στο στάδιο αυτό συντίθενται όλα τα αποτελέσματα των μελετών για να δοθεί ένα συγκεντρωτικό αποτέλεσμα. Σημαντική είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων, των βασικών χαρακτηριστικών των μελετών σε πίνακα. Στον Πίνακα 1 αναφέρεται ο ακριβής αριθμός των άρθρων που μελετήθηκαν και προέκυψαν από τη συστηματική αναζήτηση. Ακολουθεί ο αριθμός και οι λόγοι αποκλεισμού άρθρων μετά από έλεγχο του τίτλου, της περίληψης ή και όλου του άρθρου. Η διαδικασία της έρευνας ολοκληρώνεται με την ερμηνεία αποτελεσμάτων, όπου μετά την αντικειμενική σύνθεση των σχετικών μελετών, μετρήσεων ή πειραμάτων για το συγκεκριμένο θέμα, η έρευνα οδηγείται σε ένα μοναδικό συνολικό συμπέρασμα και αξιολογείται η μεροληπτικότητα των μελετών με τον υπολογισμό του αριθμού των

μελετών που οδήγησαν στο συμπέρασμα ύπαρξης σημαντικής (ή μη) επίδρασης (Πατελάρου και Μπροκαλάκη, 2010).

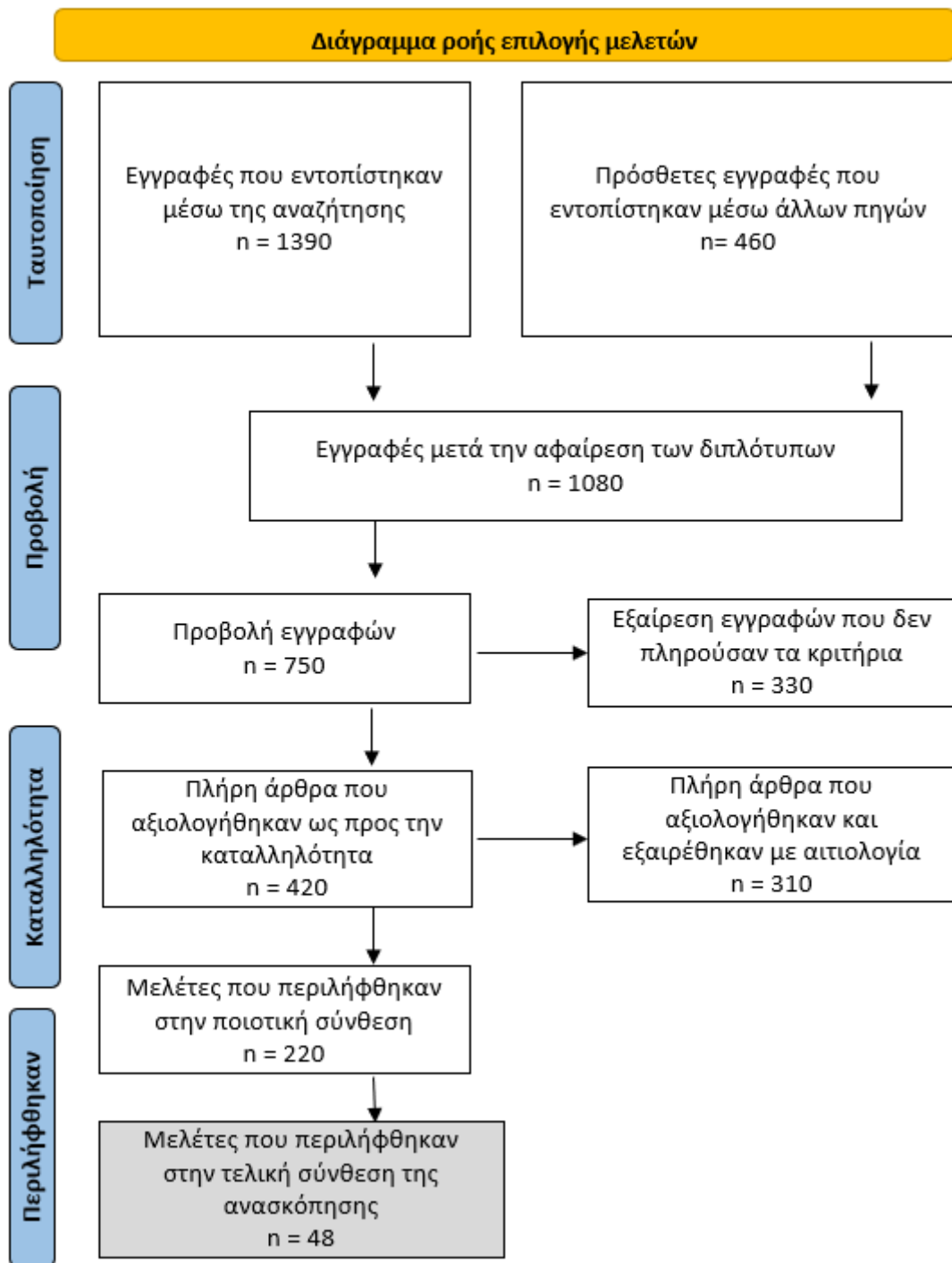
Προκειμένου να προσδιοριστούν τα αποτελέσματα διαφορετικών τύπων άσκησης, οι μελέτες κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με την ακόλουθη προσέγγιση:

- Άσκηση δυναμικής αντίστασης, δηλαδή κάθε είδους άσκηση αντίστασης που περιλαμβάνει κίνηση των αρθρώσεων για την ανάπτυξη μυοσκελετικής δύναμης. Υπάρχει επικέντρωση σε μελέτες που εφάρμοσαν δυναμική άσκηση αντοχής χωρίς κανένα συστατικό επικουρικής άσκησης και χωρίς προθέρμανση ειδικά για τα οστά (π.χ. τρέξιμο, χοροπηδήματα, αερόβιο χορό) με επικυρωμένη επίδραση στα οστά (Beck et al., 2016; Daly et al., 2019; Kemmler et al., 2020).
- Άσκηση με βάρος που περιλάμβανε κάθε είδους αερόβια και αναερόβια φόρτιση αξονικών σκελετικών σημείων λόγω βαρύτητας, π.χ. tai-chi, περπάτημα, τρέξιμο, χορός, παιχνίδια κίνησης, πτώσεις φτέρνας, άλματα, άλματα.
- Μελέτες άσκησης που συνδυάζαν την άσκηση βάρους και τη δυναμική άσκηση αντοχής, ακόμη και αν η άσκηση βάρους εφαρμόζεται για μικρή διάρκεια κατά την προθέρμανση. Η τελευταία προσέγγιση επιλέχθηκε λόγω της παρατήρησης ότι μόνο λίγοι κύκλοι με υψηλά ποσοστά καταπόνησης μπορεί να προκαλέσουν θετικά αποτελέσματα στα οστά (Kato et al., 2006; Umemura et al., 1995).
- Άσκηση με δονήσεις

2.5. Εξαγωγή Δεδομένων

Η καταγραφή των δεδομένων αφορούσε στο όνομα/ονόματα των συγγραφέων, έτος δημοσίευσης, χαρακτηριστικά πληθυσμού (μέγεθος δείγματος, φύλο, ηλικία, ύψος και μάζα σώματος), χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου προπόνησης αντίστασης (σειρές, επαναλήψεις, ένταση, διάστημα ανάπαυσης, εβδομαδιαία συχνότητα και διάρκεια παρέμβασης), μετρήσεις BMD (περιοχή και τιμές πριν και μετά την προπόνηση).

Ύστερα από αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων και εφαρμογή των φίλτρων αναζήτησης, προέκυψαν 1.850 μελέτες. Από αυτές μετά από αξιολόγηση προέκυψαν 48 άρθρα (Σχήμα 1). Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της βιβλιογραφικής αναζήτησης και τα άρθρα αξιολογήθηκαν με τη μέθοδο PRISMA (The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews) και στο διάγραμμα ροής αναφέρονται τα στάδια αξιολόγησης των άρθρων και ο αριθμός αυτών σε κάθε στάδιο.



Σχήμα 1. Διάγραμμα ροής των μελετών σύμφωνα με τη μέθοδο PRISMA.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα άρθρα που μελετήθηκαν δημοσιεύθηκαν από το 2000 έως το 2021 και αφορούσαν στην επίδραση του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό ατόμων τρίτης ηλικίας. Κάλυπταν χώρες όπως οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Κίνα και Μεγάλη Βρετανία, η Αυστραλία κ.λπ. Οι παρεμβάσεις πραγματοποιήθηκαν σε άνδρες και γυναίκες άνω των 65 ετών. Από κάθε μελέτη απομονώθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που αφορούσαν στο συγγραφέα και στο έτος της δημοσίευσης, στους συμμετέχοντες, στη διάρκεια της παρέμβασης, στην ένταση, στο είδος της άσκησης και στα πρωτόκολλα που εφαρμόστηκαν καθώς και στα αποτελέσματα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Άρθρα ανασκόπησης και ανάλυσης

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Chien et al. (2000), Ταϊβάν	43 γυναίκες 22 ομάδα άσκησης 21 ομάδα ελέγχου 46-65 ετών	6 μήνες	3 φορές/εβδομάδα 50' / εβδομάδα 70-85% 1RM	Αεροβική άσκηση 30' βάδισμα 10' σκαλοπάτια 20 cm ύψος πάγκου Βαθμολογημένες ασκήσεις βάρδισης και βηματισμού σε διάδρομο. Η διαβαθμισμένη άσκηση βάρδισης σε διάδρομο ξεκίνησε με προθέρμανσης 5' ένταση \approx 40% 1RM ακολουθούμενη από φάση προπόνησης 30'. Η ένταση προπόνησης \approx 70-85% 1RM 5' ανάπαυση με ένταση \approx 40% 1RM 10' βηματικής άσκησης με ταχύτητα 96 παλμών / λεπτό με πάγκο ύψους 20 cm, με ανάπαυση μετά τα πρώτα 5' λεπτά.	Μείωση BMD μηριαίου οστού, τριγώνου Ward Καμία αλλαγή στη BMD σπονδυλικής στήλης, ανώτερο τροχαντήρα Αεροβική άσκηση: καμία αλλαγή στη σπονδυλική στήλη, αύξηση 6,8% στο μηριαίο οστό Ομάδα ελέγχου: Μείωση 2,3% στη σπονδυλική στήλη, στο μηριαίο οστό Η αερόβια άσκηση σε συνδυασμό με άσκηση υψηλής έντασης σε μέτρια ένταση είναι αποτελεσματική στην αντιστάθμιση της μείωσης της BMD σε οστεοπενικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Brooke-Wavell (2001) Μεγάλη Βρετανία	117 γυναίκες 70 ορμονική θεραπεία 47 χωρίς θεραπεία 65,3±6,0 έτη		Μέγιστη ισομετρική ισχύς καμπτήρων γόνατος 49 η ομάδα ορμονοθεραπείας και 12 η ομάδα χωρίς θεραπεία.	Χαμηλή σωματική δραστηριότητα (LPA, ≤15 λεπτά/ημέρα) Υψηλή σωματική δραστηριότητα (HPA, >15 λεπτά/ημέρα)	<p>Το ανάστημα και η μάζα σώματος δεν διέφεραν ανάλογα με τη συμμετοχή στη δραστηριότητα ή τη χρήση HRT</p> <p>Οι πιο δραστήριες γυναίκες ήταν κατά μέσο όρο 2,5 χρόνια νεότερες από τις λιγότερο δραστήριες</p> <p>Η ταλάντωση του σώματος ήταν χαμηλότερη σε πιο σωματικά δραστήριες γυναίκες</p> <p>Η ταλάντωση του σώματος έτεινε να είναι υψηλότερη στην ομάδα χωρίς θεραπεία, αν και όχι σημαντικά.</p> <p>Η μέση δύναμη εκτατών γόνατος ήταν υψηλότερη σε γυναίκες υπό θεραπεία από ότι σε εκείνες που δεν λάμβαναν θεραπεία (115,3 (5,2), 118,2 (7,2) και 97,6 (9,3))</p> <p>Η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική.</p> <p>Οι σωματικά πιο δραστήριες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες είχαν σημαντικά καλύτερη σταθερότητα στάσης</p> <p>Η HRT δεν είχε σημαντική επίδραση.</p> <p>Η σωματική δραστηριότητα μπορεί να συμβάλλει στη μείωση του κινδύνου κατάγματος.</p>

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Iwamoto et al. (2001) Ιαπωνία	35 γυναίκες 53-77 ετών 20 άτομα η Ομάδα ελέγχου και 15 άτομα η Ομάδα άσκησης (1 και 2 έτη)	2 έτη	Καθημερινά	Γρήγορο περπάτημα και γυμναστική	Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην αρχική οσφυϊκή οστική πυκνότητα Μέτρηση με DXA Μέση ποσοστιαία μεταβολή της BMD σε σύγκριση με την αρχική ήταν σημαντικά υψηλότερη στα 1 και 2 έτη στην ομάδα προπόνησης και στο 1 έτος στην ομάδα ελέγχου Δεν διέφερε σημαντικά στα 2 έτη. Σημαντική αύξηση της οσφυϊκής οστικής πυκνότητας σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπόρωση Η οστική πυκνότητα επανήλθε σε επίπεδο μη σημαντικά διαφορετικό από την ομάδα ελέγχου. Απαιτείται συνεχής προπόνηση για τη διατήρηση της οστικής μάζας
Kerr et al. (2001) Αυστραλία	126 γυναίκες Άσκηση δύναμης: 42 Αεροβική άσκηση: 42 Ομάδα ελέγχου 42 60±5 έτη	24 μήνες	3 ημέρες/εβδομάδα 1 ώρα/εβδομάδα 30' αντοχή βάρος	Άνω και κάτω άκρα Άσκηση δύναμης: 3x8RM Άσκηση αεροβική: 40' κάθε στάση	Όλο το σώμα, σπονδυλική στήλη, ισχίο, πήχη Άσκηση δύναμης: αύξηση 1,1% ενδοτροχιακός, αύξηση 0,9% ισχίο σε όλο το σώμα, σπονδυλική στήλη και πήχη Άσκηση αεροβική: Καμία αλλαγή

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Bunout et al. (2001) Χιλή	149 άτομα, άνδρες και γυναίκες 98 ολοκλήρωσαν την εκπαίδευση ≥70 ετών Ομάδα αντίστασης: 16 (74,4±3,3 έτη) Άσκησης+συμπληρώματα: 31 (73,7±3 έτη) Συμπληρώματα: 26 (74,7±3,7 έτη) Ομάδα ελέγχου: 25 (74.0±3.7 έτη)	18 μήνες	2 φορ/εβδομάδα 1 ώρα/συνεδρ.	Καθίσματα, squat, steps, έλξης βραχίονα Προθέρμανση, 3 επίπεδα καθισμάτων, 3 επίπεδα squats, 3 επίπεδα steps και έλξη βραχιόνων με λάστιχα που είναι κωδικοποιημένα με χρώμα για να προσφέρουν προοδευτική αντίσταση. Η προπόνηση των αναπνευστικών μυών έγινε χρησιμοποιώντας βαλβίδες βαθμονομημένες στο 30% της μέγιστης εισπνευστικής πίεσης κάθε ατόμου. Βάδιση 15 λεπτών, πριν και μετά την προπόνηση με αντίσταση. Η ένταση της άσκησης βαθμολογήθηκε με βάση την κλίμακα Borg.	Συμμόρφωση με τα συμπληρώματα 48%, τα εκπαιδευμένα άτομα παρακολούθησαν 56% των προγραμματισμένων συνεδριών. Σταθερές οι καθημερινές δραστηριότητες στην ομάδα με τα συμπληρώματα και μειώθηκαν στις άλλες ομάδες. Το σωματικό βάρος και η άλιπη μάζα δεν άλλαξαν. Η μάζα λίπους αυξήθηκε από 22,2±7,6 σε 24,1±7,7 kg σε όλες τις ομάδες. Η BMD μειώθηκε λιγότερο και στις δύο ομάδες με συμπληρώματα από ό,τι στις ομάδες χωρίς συμπλήρωμα. Η δύναμη των άνω και κάτω άκρων, η ικανότητα βάδισης και η μέγιστη εισπνευστική πίεση αυξήθηκαν σε εκπαιδευμένα άτομα. Οι ασθενείς που λάμβαναν συμπληρώματα διατροφής και προπόνηση αντίστασης διατήρησαν τη λειτουργικότητα, την οστική πυκνότητα και τα επίπεδα χοληστερόλης στον ορό και βελτίωσαν τη μυϊκή τους δύναμη.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Chilibeck et al. (2002) Καναδάς	48 γυναίκες Θεραπεία και εικονικό φάρμακο	12 μήνες	3 ημέρες/εβδομάδα	Προπόνηση ενδυνάμωσης	<p>Αξιολόγηση με DXA</p> <p>Αλλαγές στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και στην περιεκτικότητα σε μέταλλα</p> <p>Μεγαλύτερες στα άτομα υπό θεραπεία (+2,5 και +1,4%, αντίστοιχα)</p> <p>Η άσκηση δεν είχε κανένα αποτέλεσμα.</p> <p>Δεν υπήρξε επίδραση στο μηριαίο οστό</p> <p>Δεν υπήρξε αλληλεπίδραση της άσκησης σε οποιοδήποτε σημείο των οστών.</p> <p>Η προπόνηση είχε μεγαλύτερες αυξήσεις στη μυϊκή δύναμη και τη μάζα του άλιπου ιστού</p> <p>Μεγαλύτερη απώλεια λιπώδους μάζας σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.</p> <p>Η θεραπεία αυξάνει σημαντικά την BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και την BMC ολόκληρου του σώματος</p> <p>Η προπόνηση ενδυνάμωσης δεν έχει επιπλέον αποτέλεσμα.</p> <p>Επηρεάζει ευνοϊκά τη σύσταση του σώματος και τη μυϊκή δύναμη</p>

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Going et al. (2003), ΗΠΑ	320 γυναίκες Με ή χωρίς ορμονική υποκατάσταση	12 μήνες	3 φορ./εβδομάδα	Εποπτευόμενη αερόβια άσκηση Άσκηση με βάρη και άρση βαρών	BMD αξιολογήθηκε με DXA. Οι γυναίκες που ασκούσαν αύξησαν την BMD του αυχένα του μηριαίου, της τροchanτηρικής και της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης \approx 1-2% και του ισχίου \approx 1,0% Η BMD τοπικά μπορεί να βελτιωθεί με αερόβια δραστηριότητα με βάρος σε συνδυασμό με άρση βαρών.
Villareal et al. (2003)	67 άνδρες και γυναίκες, ομάδα άσκησης και ομάδα ελέγχου \geq 78 ετών	9 μήνες	3 φορές/εβδομάδα 90-120' άσκησης (5 άνω άκρων, 3 κάτω άκρων)	Φυσικοθεραπεία για βελτίωση ευεξίας, ισορροπίας και συντονισμού Ασκήσεις αντίστασης: πίεση ποδιών, επέκταση γόνατος, καθίσματα, πρέσα πάγκου, κάμπεις δικεφάλου και επέκταση τρικεφάλου. 1-2 σετx6-8 επαναλήψεις 65-75% 1-RM 3 σετx8-12 επαναλήψεις 85-100% 1-RM Ασκήσεις αντοχής: περπάτημα σε διάδρομο, ποδηλασία και κωπηλασία. 15 λεπτά στο 65-75% μέγιστου καρδιακού ρυθμού και προοδευτικά στα 30 λεπτά. Μετά από 4-6 εβδομάδες 4 διαστήματα 5' 85-90% μέγιστου καρδιακού ρυθμού.	Η BMD ολόκληρου του σώματος, της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του εγγύς μηριαίου οστού μετρήθηκε σε διαστήματα 3 μηνών με DXA Αύξηση 1,5% σε όλο το σώμα, 3,5% στη σπονδυλική στήλη, καμία αλλαγή στο ισχίο Ομάδα ελέγχου: καμία αλλαγή σε όλο το σώμα, αύξηση 1,5% στη σπονδυλική στήλη, αύξηση 1,2% στο ισχίο

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Santa-Clara et al. (2003), Πορτογαλία	36 άνδρες, 45-68 ετών Πολλαπλών ασκήσεων: 13 (55±10 έτη) Αερόβια άσκησης: 13 (57±11 έτη) Ομάδα ελέγχου: 10 (57±11 έτη)	12 μήνες	3 φορ./εβδομάδα	Πολλαπλών ασκήσεων: 2x8-12 επαναλήψεις(6 άνω άκρων, 2 κάτω άκρων), 2x20 κοιλιακούς, 2x10 ασκήσεις πλάτης+30' βάδισμα, 40-50% 1RM Αερόβια άσκηση: 50' βάδισμα, 60-70% HRR	Καμία αλλαγή
Binder et al. (2004), ΗΠΑ	90 άνδρες και γυναίκες ≥65 ετών Πολλαπλών ασκήσεων: 46 (80±7 έτη) Ομάδα ελέγχου: 44 (81±8 έτη)	6 μήνες	3 φορές/εβδομάδα	Φάση 1 – 3 μήνες: Πολλαπλές ασκήσεις: 22 ασκήσεις ευελιξίας, ισορροπίας, συντονισμού, ταχύτητας κίνησης Ασκήσεις δύναμης: 5-15' ποδήλατο ή διάδρομος, 65 έως 85-100% 1RM Φάση 2 – 3 μήνες: Συντομότερη από φάση 1 + 3x-8-12 επαναλήψεις Ομάδα ελέγχου: ασκήσεις στο σπίτι, 9 ασκήσεις της φάσης 1	Η προοδευτική προπόνηση με αντιστάσεις βελτιώνει τη σωματική λειτουργία και την ποιότητα ζωής και μειώνει την αναπηρία σε σύγκριση με την άσκηση χαμηλής έντασης στο σπίτι.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Verschueren et al. (2004) Βέλγιο	70 γυναίκες 58-74 ετών Ομάδα Δόνησης (25, 64,6±3,3 έτη), Αντίστασης (22, 63,9±3,8) και Ελέγχου (23, 64,2±3,1)	24 εβδομάδα	3 φορές/εβδομάδα Δόνηση: Το πολύ 30' Αντίσταση: 20' ζέσταμα, κάθε πρόγραμμα 1ώρα	Ομάδα δόνησης: Στατικές και δυναμικές ασκήσεις εκτατών γόνατος, πλατφόρμα δόνησης, 35-40 Hz, 2,28–5,09 g, squat, βαθύ squat, ευρεία στάση squat, squat με ένα πόδι και άλματα. Προπονητικός φόρτος χαμηλός στην αρχή και αυξήθηκε αργά (μορφή εκτέλεσης ασκήσεων, ασκήσεις με δύο πόδια σε ασκήσεις με ένα πόδι) Όγκος προπόνησης αυξήθηκε συστηματικά (διάρκεια συνεδρίας, αριθμό επαναλήψεων, αριθμό διαφορετικών ασκήσεων). Ένταση προπόνησης αυξήθηκε συντομεύοντας τις περιόδους ανάπαυσης ή αυξάνοντας το εύρος (χαμηλό 1,7 mm, υψηλό, 2,5 mm) ή/και τη συχνότητα (35-40 Hz) της δόνησης. Ομάδα αντίστασης Τυποποιημένη προθέρμανση 20' λεπτών βηματισμού, τρεξίματος ή ποδηλασίας. Ένταση των καρδιαγγειακών ασκήσεων ελεγχόταν αυτόματα και αυξήθηκε συστηματικά από το 60% στο 80% του καρδιακού ρυθμού. Εκτατές ασκήσεις γόνατος με δυναμικές ασκήσεις πίεσης και έκτασης ποδιών Αύξηση από χαμηλή (20 RM) σε υψηλή (8 RM) αντίσταση. 10-15 επαναλήψεις 14 εβδομάδες από 2 σετ x 20 επαναλήψεις το μέγιστο σε 2 σετ x 15RM, 2 σετ x 12RM, 2 σετ x 10RM και 2 σετ x 8RM. 10 εβδομάδες 3 σετ x 12 επαναλήψεις και 1 σετ x 8 επαναλήψεις.	Η BMD μετρήθηκε με DXA και δυναμόμετρο. Δεν παρατηρήθηκαν παρενέργειες με τους κραδασμούς. Προπόνηση με δόνηση: βελτίωσε ισομετρική και δυναμική μυϊκή δύναμη (15% και 16%, αντίστοιχα) και αύξησε την BMD του ισχίου (0,93%). Προπόνηση με αντιστάσεις: Δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην BMD του ισχίου. Η προπόνηση με δόνηση μπορεί να είναι ένας εφικτός και αποτελεσματικός τρόπος τροποποίησης των παραγόντων κινδύνου για πτώσεις και κατάγματα

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Yamazaki et al. (2004) Ιαπωνία	50 γυναίκες 49-75 ετών 32 ομάδα άσκησης 18 ομάδα ελέγχου	12 μήνες	4 ημέρες/εβδομάδα Τουλάχιστον 1 ώρα	Καθημερινό περπάτημα Ένταση το 50% της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου.	<p>Η οσφυϊκή BMD μετρήθηκε στην αρχή και κάθε 6 μήνες με DXA</p> <p>Τα επίπεδα αλκαλικής φωσφατάσης και διασταυρούμενων NTX μετρήθηκαν κατά την έναρξη και στους μήνες 1, 3, 6, 9 και 12.</p> <p>Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στα βασικά χαρακτηριστικά (ηλικία, ύψος, σωματικό βάρος, BMD κ.λπ.)</p> <p>Η BMD στην ομάδα άσκησης ήταν αυξημένη σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.</p> <p>Καταστολή της οστικής ανανέωσης είναι ο μηχανισμός για τη θετική ανταπόκριση της BMD στη μέτρια άσκηση βάρδισης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπενία/οστεοπόρωση</p>

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Liu-Ambrose et al. (2004), Καναδάς	98 γυναίκες 75-85 ετών Προπόνηση αντίστασης (32, 74,4±3,3 έτη), ευελιξίας (34, 78,9±2,8 έτη) ή ομάδα ελέγχου (32, 79,5±3,7 έτη)	25 εβδομάδα	2 φορ./εβδομάδα 50' /συνεδρ.	Ομάδα αντίστασης: 2x10-15 έως 2x6-8 επαναλήψεις άνω και κάτω άκρου, κορμού, 50-60 έως 75-85% 1RM Ομάδα ευελιξίας: συντονισμός, ισορροπία και ψυχοκινητική απόδοση των κάτω άκρων Ομάδα ελέγχου: εκτάσεις και ανάπαυση	Καμία αλλαγή στην BMD του ισχίου και μηριαίου οστού Προπόνηση αντίστασης: αύξηση 1,4% στο BMD της σπονδυλικής στήλης, 30% στην κερκίδα. Ομάδα ευελιξίας: Μείωση 0,4% στην BMD σπονδυλικής στήλης 30% στην κερκίδα, αύξηση 0,5% στην BMD σπονδυλικής στήλης 50% στην κνήμη Ομάδα ελέγχου: Μείωση 0,4% στην BMD σπονδυλικής στήλης 50% στην κνήμη Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στις μετρήσεις οστικής έκβασης (με DXA ή pQCT).
Englund et al. (2005)	48 γυναίκες 66-87 ετών Ομάδα άσκησης: 24 Ομάδα ελέγχου: 24	3 έτη	2 φορ/εβδομάδα 50'	Προπόνηση χαμηλής έντασης υψηλής αντοχής και αερόμπικ υψηλής πρόσκρουσης Συνδυασμός ασκήσεων ενδυνάμωσης, αερόβιας, ισορροπίας και συντονισμού. Συνδυασμένο πρόγραμμα με βάρη	Η BMD διατηρήθηκε για 3 χρόνια στη σπονδυλική στήλη, στο ισχίο, στην πτέρνα, αλλά όχι στον πήχη Αύξηση στην οστική πυκνότητα του τριγώνου του Ward (8,4%) και στη μέγιστη ταχύτητα βάρδισης (11,4%) και ισομετρική δύναμη λαβής (9,9%) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Ένα συνδυασμένο πρόγραμμα προπόνησης με βάρος μπορεί να μειώσει τους παράγοντες κινδύνου κατάγματος βελτιώνοντας την οστική πυκνότητα, τη μυϊκή δύναμη και την ικανότητα βάρδισης.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Iwamoto et al. (2005), Ιαπωνία	50 γυναίκες 55-88 ετών Ομάδα δόνησης:25 Ομάδα ελέγχου: 25	12 μήνες	1 φορά/εβδομάδα 20Hz	Ομάδα δόνησης: 4' /συνεδρία Εύρος: 0,7-4,2mm	Αύξηση παρόμοια και στις δύο ομάδες
Stewart et al. (2005), ΗΠΑ	104 άτομα Ομάδα άσκησης: 51 (25 άνδρες/26 γυναίκες) Ομάδα ελέγχου: 53 (26 άνδρες/27 γυναίκες) 55-75 ετών (63,6±5,7 έτη)	6 μήνες	3 φορές/εβδομάδα	Άσκηση δύναμης: 4 άνω άκρων, 3 κάτω άκρων 2x10-15 επαναλήψεις 50% 1RM, 60-90% 1RM 45' αεροβική άσκηση (διάδρομος, ποδήλατο, σκάλα)	Άνδρες καμία αλλαγή Γυναίκες μείωση σε όλο το σώμα, μεγαλύτερη μείωση στον τροχαντήρα, καμία αλλαγή στη σπονδυλική στήλη και το μηριαίο Ομάδα ελέγχου: μείωση του μηριαίου, καμία αλλαγή σε όλο το σώμα, τη σπονδυλική στήλη, μεγαλύτερη στον τροχαντήρα

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Korpelainen et al. (2006), Φιλανδία	160 γυναίκες Ομάδα άσκησης: 84 (72,9±1,1 έτη) Ομάδα ελέγχου: 76 (72,8±1,2 έτη)	30 μήνες	3 φορές/εβδομάδα	Ομάδα άσκησης: 45 λεπτά άλματα, ασκήσεις ισορροπίας (βάδισμα, κάμψεις γονάτων, άρση ποδιών, έλξεις και πτώσεις, χορός, αναρρίχηση σκάλας και βηματισμός) 20 λεπτά/ημέρα στο σπίτι	Ομάδα ελέγχου: Μείωση της BMD του μηριαίου και του τροχαντήρα ενώ καμία αλλαγή δεν συνέβη στην ομάδα άσκησης. Η μέση BMC του τροχαντήρα μειώθηκε περισσότερο στην ομάδα ελέγχου. 6 πτώσεις και κατάγματα στην ομάδα άσκησης και 16 στην ομάδα ελέγχου Απώλεια οστού και στις δύο ομάδες στην ακτίνα και στην πτέρνα. Η άσκηση πρόσκρουσης δεν είχε καμία επίδραση στην BMD, ενώ υπήρξε θετική επίδραση στην BMC στον τροχαντήρα. Η άσκηση μπορεί να αποτρέψει τα κατάγματα που σχετίζονται με την πτώση σε ηλικιωμένες γυναίκες με χαμηλή οστική μάζα. Ομάδα άσκησης: Καμία αλλαγή στην BMD του μηριαίου, μείωση 2,9% στον τροχαντήρα, 3,8% στην κερκίδα και 3,1% στην BMD της συνολικής κερκίδας. Ομάδα ελέγχου: μείωση 1,1% της BMD του μηριαίου και 1,6% του τροχαντήρα. Μείωση 3,1% της κερκίδας και 3,4% της συνολικής κερκίδας.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Gusi et al. (2006), Ισπανία	28 γυναίκες 66 ετών Ομάδα δόνησης: 14 Αεροβική άσκηση: 14	32 εβδομάδα	3 φορ/εβδομάδα 12,6Hz	Ομάδα δόνησης: 6 σετx1' και 1' ανάπαυση. Τις πρώτες 2 εβδομάδες έγιναν 3σετx1', συχνότητα ερεθίσματος 12,6Hz, με περιόδους ανάπαυσης 1'. Αύξηση 1 σετ κάθε εβδομάδα μέχρι τα 6 σετ. Κατακόρυφο εύρος WBV στα 3 mm με διάρκεια προγράμματος περίπου 30' με 10 λεπτά προθέρμανση (5' ποδηλασία στα 50 W και 5 λεπτά στατική διάταση για τετρακέφαλο και τρικέφαλο μυ). Αεροβική άσκηση: 1ώρα βάδισμα	Ομάδα δόνησης: αύξηση 4.3% μηριαίο οστό, καμία διαφορά στη σπονδυλική στήλη Ομάδα αερόβιας άσκησης: Καμία μεταβολή στο μηριαίο και τη σπονδυλική στήλη
Woo et al. (2007) Κίνα	180 άτομα 90 άνδρες και 90 γυναίκες 65-74 ετών Ομάδα αντίστασης: 60 Ομάδα TaiChi: 60 Ομάδα ελέγχου: 60	12 μήνες	3 φορές/εβδομάδα	Αντιστάσεις με ελαστικούς ιμάντες, TaiChi 3 συνεδρίες/εβδομάδα, 6 ασκήσεις (άρση χεριού, απαγωγή ισχίου, ύψωση φτέρνας, κάμψη ισχίου, επέκταση, ραχιαία κάμψη αστραγάλου), 30 επαναλήψεις με ελαστικό ιμάντα χαμηλής-μέτριας δύναμης, ένταση (πιθανώς χαμηλή) 3 συνεδρίες/εβδομάδα, 24 τύποι Yang Tai Chi, ένταση	Καμία βελτίωση στην BMD στους άνδρες Μέτρια επίδραση παρατηρήθηκε στην μείωση της BMD στο ισχίο σε ηλικιωμένες γυναίκες. Φάνηκε ότι η ένταση του TaiChi ως άσκηση για τους άνδρες είναι ανεπαρκής, ενώ για τις γυναίκες είναι επαρκής σε ένταση με ευεργετική επίδραση στην BMD. Η ομάδα TC δεν είχε σημαντική βελτίωση στη μυϊκή δύναμη, την ισορροπία ή την ευλυγισία

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Karinkanta et al. (2007), Φιλανδία	149 γυναίκες 70-78 ετών Ομάδα Αντίστασης: 37 (72,7 ετών) Ομάδα Ισορροπίας: 37 (72,9 ετών) Ομάδα συνδυασμένης άσκησης: 38 (72,9 ετών) Ομάδα ελέγχου: 37 (72 ετών)	12 μήνες	3 φορές/εβδομάδα	Ομάδα αντίστασης: 1 άνω άκρου, 6 κάτω άκρου, από 50-60% έως 75-80% 1RM Ομάδα Ισορροπίας: στατική και δυναμική ισορροπία, ευκινησία, άλματα, προσκρούσεις, αλλαγές διεύθυνσης Ομάδα συνδυασμένης άσκησης: Συνδυασμός ισορροπίας και αντίστασης	10% η μέση διαφορά μεταξύ των ομάδων Υψηλότερη στις ομάδες αντίστασης και συνδυασμένης άσκησης η μέση αύξηση της δύναμης εκτάσεως του ποδιού. Δυναμική ισορροπία βελτιώθηκε. Δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των ομάδων στο εγγύς μηριαίο οστό. Η δομή του κνημιαίου άξονα εξασθενούσε 2% λιγότερο από της ομάδας ελέγχου. Η προπόνηση δύναμης, ισορροπίας, ευκινησίας και άλματος (ειδικά σε συνδυασμό) απέτρεψαν τη λειτουργική έκπτωση στις ηλικιωμένες γυναίκες. Τα θετικά αποτελέσματα στη δομή της κνήμης έδειξαν ότι η άσκηση μπορεί να διαδραματίσει ρόλο στην πρόληψη της ευθραυστότητας των οστών.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Tolomio et al. (2008), Ιταλία	64 γυναίκες 50-70 ετών Ομάδα άσκησης: 36 (59,4±4,3 έτη) Ομάδα ελέγχου: 28 (57,7±4,7 έτη)	20 εβδομάδα	3 φορές/εβδομάδα	Αερόβια άσκηση, προπόνηση ισορροπίας και ενδυνάμωσης 2 συνεδρίες 60': βάδισμα, εκτάσεις, μικρά άλματα, ισομετρικές ασκήσεις, αλτήρες, μπάλες και λάστιχα 1 συνεδρίες 45': κυκλική προπόνηση, 5 λεπτά σε κάθε σταθμό (διάδρομος, εργόμετρο βραχίονα, οριζόντια πρέσα ποδιού, ποδήλατο, μηχανή έλξης	Αξιολόγηση πριν και μετά μια περίοδο άσκησης. Αξιολόγηση ποιότητας των οστών με ποσοτική οστεοχηγραφία φαλαγγικών και μέγιστη ισχύς των εκτεινόντων μυών των ποδιών. Όλες οι παράμετροι των οστών και η μέγιστη δύναμη των κάτω άκρων βελτιώθηκαν σημαντικά στην ομάδα άσκησης ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στην ομάδα ελέγχου. Η προπόνηση ευρείας βάσης, 20 εβδομάδων, μπορεί να βελτιώσει τις παραμέτρους της δύναμης των ποδιών και της ποιότητας των οστών - τους κύριους καθοριστικούς παράγοντες του κινδύνου πτώσης και κατάγματος, αντίστοιχα.
Villareal et al. (2008), ΗΠΑ	27 άνδρες και γυναίκες, ≥65 ετών Ομάδα άσκησης: 17 (69,4±4,6 έτη) Ομάδα ελέγχου: 10 (71,1±5,1 έτη)	52 εβδομάδα	3 φορές/εβδομάδα 90'/συνεδρία	90': 15' ευελιξία, 30' αερόβια άσκηση (βάδισμα, επιτάχυνση, σκάλες, ποδήλατο) 75-90% ανώτατος καρδιακός ρυθμός, 30' άσκηση δύναμης 65-80%1RM, 15' ισορροπία	Σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου η ομάδα άσκησης είχε μεγαλύτερες αλλαγές στην BMD στο ισχίο (0,1±2,1 vs 2,4±2.5%), τροchanτήρα (0,2±3,3 vs 3,3±3,1%) και τον ενδοτροchanτήρα (0,3±2,7 vs 2,7± 3,0%)

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Bocalini et al. (2009), Βραζιλία	35 γυναίκες Ομάδα άσκησης: 23 Ομάδα ελέγχου: 12 69±9 έτη	24 εβδομάδα	3 συνεδρίες /εβδομάδα 1 ώρα/συνεδρία	<p>Προθέρμανση 10' (τρέξιμο χαμηλής πρόσκρουσης 50% μέγιστου καρδιακού παλμού) και 1 σετ 50% 1RM.</p> <p>Ασκήσεις δύναμης, 1 επανάληψη, 46% και 39%, άνω και κάτω άκρων</p> <p>3σετx10 επαν., 85% 1RM</p> <p>60' ανάπαυση</p> <p>Εβδομαδιαία προσαρμογή στο φορτίο</p> <p>5 ασκ. κάτω άκρων (πρέσα και κάμψη ποδιών, έκταση γονάτου, προσαγωγή και απαγωγή ισχίου)</p> <p>7 ασκ. άνω άκρων (πρέσα στήθους, πλευρική πίεση, δικέφαλος, τρικέφαλος, κάθισμα, πρέσα ώμου, κοιλιακή πρέσα)</p> <p>Κάθε συνεδρία περιλάμβανε: πίεση ποδιών, πίεση στήθους, κάμψεις ποδιών, πλάγια έλξη προς τα κάτω, κάμψη αγκώνα, επέκταση αγκώνα και ποδιών, άνω πίσω σειρά, απαγωγή ισχίου, προσαγωγός ισχίου, και κοιλιακές κάμψεις.</p> <p>Εναλλαγή άνω και κάτω μυϊκής ομάδας για ελαχιστοποίηση κόπωσης</p> <p>1' ανάπαυσης μεταξύ των ασκήσεων</p>	<p>Το σωματικό βάρος, ο δείκτης μάζας και το ποσοστό λίπους ήταν χαμηλότερα μετά από 24 εβδομάδες στην ομάδα άσκησης</p> <p>Υψηλότερη ενδυνάμωση στην ομάδα άσκησης στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και τον αυχένα του μηριαίου</p> <p>Βελτίωση των παραμέτρων σύστασης του σώματος, αύξηση της μυϊκής δύναμης και διατήρηση της BMD</p> <p>Ομάδα ελέγχου μείωση της BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του αυχένα του μηριαίου</p> <p>Στην ομάδα άσκησης δεν βρέθηκε σημαντική αφαλάτωση στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης ή αυχένα του μηριαίου</p> <p>Οι μη ασκούμενες γυναίκες εμφάνισαν σημαντικό ποσοστό μείωσης της BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (-0,98±0,11%) και στον αυχένα του μηριαίου οστού (-1,58±0,20%), ενώ στις εκπαιδευμένες γυναίκες, υπήρχαν διατήρηση της BMD και για τις δύο θέσεις.</p>

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Silverman et al. (2009)	86 γυναίκες Αεροβική άσκηση 46 Ομάδα ελέγχου 40 50-70 ετών	6 μήνες	3 ημ./εβδομάδα	45-60' βάρδιας 50-75 καρδιακού ρυθμού	Έλεγχος DXA Ομάδα αεροβικής: αύξηση 2% της BMD του μηριαίου οστού Καμία αλλαγή στο BMC του μηριαίου οστού, της σπονδυλικής στήλης Ομάδα ελέγχου: καμία αλλαγή στο BMC του μηριαίου οστού και της σπονδυλικής στήλης, στο BMD του μηριαίου οστού και της σπονδυλικής στήλης
Kukuljan et al. (2009), Αυστραλία	90 άνδρες Ομάδα άσκησης: 46 (60,7±7,1 έτη) Ομάδα ελέγχου: 44 (59,9±7,4 έτη)	12 μήνες	3 φορ./εβδομάδα	60-75' άσκηση δύναμης, 3x15-20 έως 2x8-12 επαναλήψεις (6 άνω άκρου, 2-3 κορμού, 5 άνω άκρου), εξισορρόπηση μυών, βάρος για κάτω άκρα (90-180 προσκρούσεις/συνεδρ.), από 50-60 έως 80-85% 1RM	Δεν υπήρχαν αλληλεπιδράσεις άσκησης στα οστά. Η άσκηση οδήγησε σε βελτίωση 1,8% στην BMD του μηριαίου σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Η μυϊκή δύναμη αυξήθηκαν (20-52%) ως απόκριση στην άσκηση. Η BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης αυξήθηκε 1,4-1,5% σε όλες τις ομάδες.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Bemben et al. (2010) ΗΠΑ	55 γυναίκες Αντίστασης (22), δόνησης και αντίστασης (21), ομάδα ελέγχου (12)	8 μήνες	3 ημ./εβδομάδα	<p>Ασκήσεις αντίστασης και δόνησης με αντίσταση στο άνω και κάτω μέρος του</p> <p>3 σετ x10 επαν., 80% 1 RM</p> <p>60'' ανάπαυση</p> <p>Δόνηση 30-40 Hz, 2-2,8 g σε 3 διαφορετικές θέσεις πριν τις ασκήσεις αντίστασης.</p>	<p>Η BMD της σπονδυλικής στήλης, του διπλού μηριαίου οστού, του αντιβραχίου και όλου του σώματος μετρήθηκε με DXA στην έναρξη και μετά</p> <p>Κατά την έναρξη, δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις ομάδες</p> <p>Στο τέλος, η αντίστασης και δόνηση με αντίσταση δεν υπήρξαν σημαντικές ομαδικές ή χρονικές επιδράσεις στη σπονδυλική στήλη, BMD αριστερού ισχίου ή δεξιού τροchanτήρα.</p> <p>Η BMD του δεξιού ισχίου και του δεξιού μηριαίου αυχένα μειώθηκε σημαντικά σε όλες τις ομάδες.</p> <p>Ανιχνεύθηκε αλληλεπίδραση ομάδας x χρόνου, ελαφρά αύξηση στην ομάδα ελέγχου, μείωση στην ομάδα δόνησης με αντίσταση.</p> <p>Η ομάδα δόνησης με αντίσταση είχε μεγαλύτερη αύξηση στη μυϊκή δύναμη στους 4 μήνες για τράβηγμα lat, κάθισμα, απαγωγή ισχίου και προσαγωγή.</p> <p>Ο μεταβολισμός των οστών δεν επηρεάστηκε από την προπόνηση με αντιστάσεις με ή χωρίς δόνηση.</p> <p>Η προσθήκη δόνησης αύξησε την μυϊκή δύναμη</p>

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Kemmler et al. (2010), Γερμανία	246 γυναίκες Ομάδα άσκησης: 143 (68,9±3,9) Ομάδα ελέγχου: 143 (69,2±4,1)	18 μήνες	4 φορές/εβδομάδα	2 συνεδρίες: 60' αερόβιος χορός, ισορροπία, λειτουργική γυμναστική, ισομετρική δύναμη άνω άκρων και κορμού, 2-3 ασκήσεις άνω άκρων, 70-85% μέγιστος καρδιακός ρυθμός 2 συνεδρίες στο σπίτι: 20' ευελιξία και 10 ασκήσεις ενδυνάμωσης Ομάδα ελέγχου: 1/εβδομάδα συντονισμός, ισορροπία, χορός, αεροβική άσκηση, ασκήσεις δύναμης	227 γυναίκες ολοκλήρωσαν την άσκηση Σημαντικές επιδράσεις άσκησης για την BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (1,8%) και 1% στην σπονδυλική στήλη των ομάδων. Η ομάδα ελέγχου καμία αλλαγή στη σπονδυλική στήλη, μείωση 1,1% στο μηριαίο
Whiterford et al. (2010), Αυστραλία	143 άνδρες 73 ΟΑ, 70 ΟΕ 64,6±6,0 ετών	12 μήνες	3 συνεδρ./εβδ	Περπάτημα Δυναμικές ασκήσεις αντίστασης (όλες οι κύριες μυϊκές ομάδες) σε μηχανήμα, με ελεύθερα βάρη και άλματα 3 σετ x 10 επαναλήψεις, 85% 1RM (π.χ. 8 επαναλήψεις ≈75% 1RM) 4 ασκήσεις κάτω άκρων (κάμψη και έκταση ισχίου, προσαγωγή ισχίου, ανόρθωση κνήμης) 5 ασκήσεις κορμού και άνω άκρων (κάμψη μέσης, εκτάσεις μέσης, δικέφαλοι, τρικέφαλοι, πρηνισμός/υπτιασμός αντιβραχίου)	Σημαντική αύξηση της BMD του ισχίου και για τις δύο ομάδες (ομάδα ελέγχου 1,014-1,050 mg/cm ² , αντίστασης 1,045-1,054 mg/cm ²) Καμία αύξηση στην επίδραση της προπόνησης με αντίσταση σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Η ομάδα αντίστασης αύξησε την φυσική κατάσταση (ομάδα ελέγχου 4,6 ± 11,1%, αντίστασης, 13,0 ± 13,4%) και τη μυϊκή δύναμη των κάτω άκρων (ομάδα ελέγχου 14,3 ± 16,8%, αντίστασης, 39,4 ± 30,87%). Σε ηλικιωμένους άνδρες, ένα πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις δεν αυξάνει την οστική μάζα του ισχίου περισσότερο από το περπάτημα 30 λεπτών τρεις φορές την εβδομάδα.

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Bemben & Bemben (2011), ΗΠΑ	45 άνδρες (65,2±0,2 έτη) 79 γυναίκες (63,8±0,4 έτη)		40 εβδομάδα 2-3 φορ/εβδομάδα	<p>Προπόνηση αντίστασης</p> <p>7 ασκ. κάτω άκρων (κάμψη γονάτου, έκταση γονάτου, πρέσα κάτω άκρου, κάμψη ισχίου, έκταση ισχίου, απαγωγή και προσαγωγή ισχίου)</p> <p>5 ασκ. κορμού και άνω άκρων (κάμψη και έκταση αντιβραχίου, πίεση ώμου, πλευρικές έλξεις, κάθισμα)</p> <p>3 σετx8 επαν. 80% 1RM (2φορ./εβδομάδα)</p> <p>3 σετx16 επαν. 40% 1RM (2φορ./εβδομάδα)</p> <p>3 σετx8 επαν. 80% 1RM (3φορ./εβδομάδα)</p> <p>3 σετx16 επαν. 40% 1RM (3φορ./εβδομάδα)</p>	<p>Σημαντικές επιδράσεις αλλά όχι σημαντικές αλληλεπιδράσεις δοκιμής x ομάδας προπόνησης για την BMD.</p> <p>Η σπονδυλική στήλη, ο τροχαντήρας και η BMD του ισχίου.</p> <p>Η BMD μειώθηκε στην ομάδα χαμηλής έντασης.</p> <p>Άνδρες και γυναίκες εμφάνισαν παρόμοιες βελτιώσεις για τον τροχαντήρα και το ισχίο, αλλά η αλλαγή στη σπονδυλική στήλη έτεινε να είναι υψηλότερη για τους άνδρες από τις γυναίκες.</p> <p>Η προπόνηση με αντίσταση, ανεξαρτήτως έντασης και συχνότητας, ήταν αποτελεσματικά στη βελτίωση της BMD του εγγύς μηριαίου και της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης αλλά όχι του συνολικού σώματος.</p> <p>Άνδρες και γυναίκες ανταποκρίθηκαν παρόμοια στις θέσεις των ισχίων, αλλά οι άνδρες εμφανίζουν μεγαλύτερη ανταπόκριση στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης από τις γυναίκες.</p>

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Marques et al. (2011a), Πορτογαλία	60 γυναίκες Ομάδα άσκησης: 30 Ομάδα ελέγχου: 30 60-95 ετών	8 μήνες	2 φορές/εβδομάδα	60 λεπτά: 15 λεπτά μέτριας υψηλού αντίκτυπου δραστηριότητες (βάδισμα επί τόπου, βηματισμός, ασκήσεις φτέρνας), 10 λεπτά μυϊκές αερόβιες ασκήσεις (άνω και κάτω άκρων), 10 λεπτά ισορροπία, 10 λεπτά ευκινησία και συντονισμός	<p>Η ομάδα άσκησης βελτίωσε τη δύναμη της χειρολαβής, την ταλάντωση, τη δύναμη στην κάμψη του γόνατος και αύξησε την BMD στον αυχένα του μηριαίου (2,8%).</p> <p>Και οι δύο ομάδες μείωσαν την περίμετρο της μέσης και βελτίωσαν τη δυναμική ισορροπία, την απόδοση της βάσης, τη δύναμη στην έκταση του γονάτου στο δεξί πόδι και την κάμψη του γόνατος και για τα δύο πόδια.</p> <p>Φαίνεται ότι 8 μήνες μέτριας πρόσκρουσης ασκήσεων με βάρος και πολλαπλών συστατικών μειώνουν τους πιθανούς παράγοντες κινδύνου για πτώσεις και σχετικά κατάγματα σε γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας</p>
Kukuljan et al. (2011)	90 άνδρες 46 ΟΑ (Μ.Ο. 60,7 ετών), 44 ΟΕ (Μ.Ο. 59,9 ετών)	18 μήνες	3 συνεδρ./εβδομάδα	<p>Δυναμικές ασκήσεις αντίστασης (όλες οι κύριες μυϊκές ομάδες) σε μηχανήμα, με ελεύθερα βάρη και άλματα</p> <p>Περιοδική RT έως και 85% 1RM και εκρηκτική ταχύτητα κατά τη διάρκεια της ομόκεντρης φάσης (τελευταίοι 6 μήνες) και 2-3 σετ διαφορετικού άλματος με 20 επαναλήψεις, με μέγιστη αντίδραση εδάφους 1,5-9,7x σωματικό βάρος</p>	<p>Η άσκηση αύξησε 2,1% την BMD στο μηριαίο και 1,9% σε όλη την περιοχή.</p> <p>Βελτίωση στην BMD της σπονδυλικής στήλης (2,2%)</p> <p>Δεν είχε καμία επίδραση στη BMD του μέσου μηριαίου ή της μέσης κνήμης.</p>

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Marques et al. (2011b) Πορτογαλία	23 γυναίκες 67,3±5,2 έτη	32 εβδομάδα	3 φορές/εβδομάδα 3' χαλάρωση	Ασκήσεις αντίστασης και αεροβικές 4 ασκ. κάτω άκρων (πρέσα ποδιών, αναδιπλώσεις, έκταση γονάτων, απαγωγή ισχίου) 3 σετ x6-8 επαναλήψεις, 75-80% 1RM	Δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ως προς τις βασικές τιμές Τα δεδομένα υποδηλώνουν ότι 8 μήνες RE μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικοί από την αεροβική άσκηση για την αύξηση της BMD και τη μυϊκή δύναμη Και οι δύο παρεμβάσεις προστατεύουν από τον λειτουργικό έλεγχο ισορροπίας που σχετίζεται έντονα με τον κίνδυνο πτώσης.
Von Stengel et al. (2011a)	151 γυναίκες 65-76 ετών (68,5 ± 3,1 έτη) Ομάδα δόνησης Ομάδα συνδυασμένης άσκησης Ομάδα ελέγχου	18 μήνες	2 φορές/εβδομάδα 60' /συνεδρ. + 2 φορές/εβδομάδα(σπίτι) 20' /συνεδρ.	Ομάδα άσκησης: 20 λεπτά αεροβική και χορό, 5 λεπτά προπόνηση ισορροπίας, 20 λεπτά γυμναστική και 15 λεπτά δυναμική προπόνηση ενδυνάμωσης ποδιών σε δονητικές πλάκες (χωρίς κραδασμούς) 2 φορές/εβδομάδα Ομάδα δόνησης: Άσκηση με δόνηση 25-35 Hz ενδυνάμωσης των ποδιών. Η ομάδα ελέγχου πραγματοποίησε πρόγραμμα ευεξίας χαμηλής έντασης.	Η BMD μετρήθηκε στο ισχίο και στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης κατά την έναρξη και την παρακολούθηση με DXA. Μειώσεις καταγράφονταν καθημερινά. Αύξηση της BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στις δύο ομάδες προπόνησης (+1,5% έναντι +2,1%). Στο ισχίο δεν προσδιορίστηκαν αλλαγές σε καμία από τις δύο ομάδες. Ένα πολυλειτουργικό πρόγραμμα προπόνησης είχε θετικό αντίκτυπο στην οσφυϊκή οστική πυκνότητα. Η εφαρμογή κραδασμών δεν ενίσχυσε αυτά τα αποτελέσματα. Μόνο η προπόνηση συμπεριλαμβανομένου του WBV

					επηρέασε σημαντικά τον αριθμό των πτώσεων.
--	--	--	--	--	--

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Von Stengel et al. (2011b)	108 γυναίκες (60-75 ετών) Προπόνηση περιστροφικής δόνησης: 29 (68±4 ετών) Προπόνηση κατακόρυφης δόνησης: 34 (68±4 ετών) Ομάδα ελέγχου: 33 (68±4 ετών)	12 μήνες	3 συνεδρ./εβδομάδα 15'	7x90'' Ομάδα δόνησης: 1-2 squat ποδιών Εύρος: 12 mm (περιστροφική δόνηση), 1,7 mm (κάθετη δόνηση) Ένταση: 12,5Hz (περιστροφική δόνηση), 35Hz (κάθετη δόνηση) Ομάδα ελέγχου: 10 συνεδρίες χαμηλής έντασης	<p>Η BMD μετρήθηκε στο ισχίο και στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης κατά την έναρξη και μετά από 12 μήνες προπόνησης με DXA.</p> <p>Η μέγιστη ισομετρική δύναμη έκτασης ποδιού και η ισχύς του ποδιού προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας πλάκες ενδυνάμωσης.</p> <p>Αύξηση BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στις δύο ομάδες (περιστροφικής δόνησης: +0,7±2,2%, κάθετης δόνησης: +0,5±2,0%), σημαντική σε σύγκριση με την τιμή της ομάδας ελέγχου (-0,4±2,0%).</p> <p>Οι τιμές BMD του αυχένα έτειναν να αυξάνονται και στις δύο ομάδες (περιστροφικής δόνησης: 0,3±2,7%, κάθετης: 1,1±3,4%) και παρέμειναν σταθερές στην ομάδα ελέγχου.</p> <p>Και οι δύο ομάδες απέκτησαν μέγιστη αντοχή στα πόδια (περιστροφικής δόνησης: +27±22%, κάθετης: 24±34%) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.</p> <p>Η προπόνηση δόνησης είναι αποτελεσματική για τη μείωση του κινδύνου για οστεοπόρωση αυξάνοντας</p>

					την οσφυϊκή οστική πυκνότητα και τη δύναμη των ποδιών.
--	--	--	--	--	--

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Verschueren et al. (2011), Βέλγιο	111 γυναίκες, >70 Ομάδα δόνησης: 54 Ομάδα ελέγχου: 57	6 μήνες	3 φορές/εβδομάδα 30-40Hz	Από το 11°-12° λεπτό/συνεδρ. δόνησης με στατικές και δυναμικές ασκήσεις Εύρος: 1,6-2,2g	Αύξηση 0,75% ομάδα δόνησης Ομάδα ελέγχου αύξηση 0,88%
Karakiriou et al. (2012)	32 γυναίκες Χωρίστηκαν σε 3 ομάδες: αεροβική και ασκήσεις αντίστασης (N=10), ασκήσεις κραδασμών (n=13) και ομάδα ελέγχου (N=9). 53 ετών και άνω	6 μήνες	3 φορές/εβδομάδα, 2 σετ/συνεδρ. 7-12'	Ασκήσεις δονήσεων, πλατφόρμα δόνησης όλου του σώματος. 4 μήνες συχνότητα 35 Hz, 2 μήνες 40 Hz. Εύρος δόνησης 1,5 mm. 2 στατικές ασκήσεις (γόνατα ελαφρώς λυγισμένα και φτέρνες στο βάθρο / ισορροπία στο ένα πόδι), 3 σετ καθ' όλο το βμηνο Διάρκεια αυξήθηκε σταδιακά 45-80'', 1' ανάπαυση. Αεροβική και RT Προπόνηση με βάρη, 11 ασκήσεις (πρέσα πάγκου, επέκταση ποδιών, πίεση ποδιών, squat, pec-deck, pull-down προς τα εμπρός, επέκταση, απαγωγή, προσαγωγή ισχίου). Ένταση 70% 1-RM 10 12 επαναλήψεις για κάθε σετ	Ευνοϊκές προσαρμογές στην BMD και τη μυϊκή δύναμη Αύξηση οσφυϊκής BMD (1,23%) Η διατήρηση της οσφυϊκής BMD στην ομάδα των κραδασμών δεν ήταν στατιστικά σημαντική Η προπόνηση με δονήσεις διατηρεί την BMD σε μικρότερες προπονήσεις (≈20') Η δόνηση βελτίωσε τη μυϊκή απόδοση αλλά ήταν λιγότερο αποτελεσματική από την προπόνηση άσκησης Θετικά αποτελέσματα άσκησης στη μέγιστη δύναμη που συνοδεύτηκαν από ενίσχυση της μυϊκής αντοχής στην ομάδα συνδυασμένης άσκησης Σταδιακά απαιτείται λιγότερη προσπάθεια για να ξεπεραστεί το ίδιο απόλυτο φορτίο.

				<p>Ανάπαυση 30 λεπτών μεταξύ των ασκήσεων και 3 λεπτών μεταξύ των σετ.</p> <p>Αερόβια άσκηση</p> <p>20' με 9 διαφορετικές ασκήσεις βημάτων</p> <p>40' κάθε άσκηση και 20' ανάπαυση μεταξύ ασκήσεων. 2 σετ/συνεδρ. για 2'</p> <p>Ένταση 70-85%</p> <p>Ύψος βήματος 18-20 cm</p> <p>Προθέρμανση 15' λεπτών (βάδισμα διάδρομο ή ποδηλασία, ασκήσεις διατάσεων άνω και κάτω άκρων, άλματα με δύο πόδια), 1-2 σετx25 επαναλήψεις</p> <p>Ασκήσεις έκτασης κοιλίας και πλάτης (1 για κάθε μυϊκή ομάδα), 2-4 σετx16 επαναλήψεις, 10' διατάσεις</p>	
--	--	--	--	--	--

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Allison et al. (2013), Ηνωμένο Βασίλειο	100 άνδρες Ομάδα άσκησης: 50 Ομάδα ελέγχου: 50 Μ.Ο.69,9±4 ετών	12 μήνες	7 φορ./εβδομάδα 15' η κάθε συνεδρία	Μονόπλευρες αναπηδήσεις, χωρίς φορτίο η ΟΕ Ατομική άσκηση, χωρίς επίβλεψη, 7 συνεδρ./εβδομάδα, 5 σετx10 επαναλήψεις πολλαπλών κατευθύνσεων, μονόπλευρες αναπηδήσεις με 15'' ανάπαυση Ισορροπία και οστική φόρτιση	Παρατηρήθηκε μείωση στην BMD του μηριαίου, του ισχίου, σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στον τροχαντήρα μεταξύ των δύο ομάδων
Marques et al. (2013) Πορτογαλία	23 άνδρες (68,2±5,2 έτη) 24 γυναίκες (68,2±5,7 έτη)	32 εβδομάδα	3 συνεδρ./εβδομάδα 150'' ανάπαυση	4 ασκ. κάτω άκρων (πρέσα ποδιού, έκταση γονάτου, κάμψη άκρου, απαγωγή ισχίου) 4 ασκ. κορμού και άνω άκρων (πρέσα στήθους, πλευρική ανύψωση, πρέσα ώμου, κάμψη κοιλιακών) 3 σετ x6-8 επαν. 75-80% 1RM	Στο τέλος, άνδρες και γυναίκες αύξησαν τη δυναμική ισορροπία (6,4%), τη μυϊκή δύναμη (11,0%) και τον τροχαντήρα (0,7%), τον μεσοτρονιστή (0,7%), το συνολικό ισχίο (0,6%) και την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (1,7%) Μείωση της φλεγμονής και αύξηση της BMD, της ισορροπίας και της μυϊκής δύναμης των κάτω άκρων, Μικρή επίδραση στους δείκτες του οστικού μεταβολισμού. Σημαντική η άσκησης για την αντιμετώπιση της φλεγμονής που σχετίζεται με την ηλικία και τη μυϊκή δύναμη, την ισορροπία και τη μείωση της BMD.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Mosti et al. (2013)	21 γυναίκες 61,9 ετών ± 5 έτη	12 εβδομάδα	3 συνεδρ./εβδομάδα 2-3 λεπτά χαλάρωσης μεταξύ των σετ	Κάτω άκρα Squat 2 σετx8-12 επαναλήψεις 50% 1RM 4 σετx3-5 επαναλήψεις 85-90% 1RM >5 επαναλήψεις το φορτίο αυξανόταν 2.5 kg	Ομάδα άσκησης βελτίωσε 1RM και τη δύναμη στο squat σημαντικά μεγαλύτερη από την ομάδα ελέγχου. Βελτίωση μέγιστης δύναμης 6,4±4,6%. Καμία αλλαγή στην αντοχή Μέτρηση με DXA Το BMC στη σπονδυλική στήλη αυξήθηκε 2,9±2,8%, σημαντικά υψηλότερο από την ομάδα ελέγχου Το BMC στο μηριαίο οστό αυξήθηκε 4,9±5,6% στην ομάδα άσκησης Αύξηση της οστικής περιοχής 2,4±2,0% στη σπονδυλική στήλη και 5,2±5,1% στο μηριαίο οστό. Καμία αλλαγή στην ομάδα ελέγχου
Halvarsson et al. (2014), Σουηδία	96 άτομα 94 γυναίκες και 2 άνδρες 66-87 ετών Ομάδα άσκησης: 34 (76±10) Ομάδα άσκησης και φυσικής δραστηριότητας: 31 (77±9) Ομάδα ελέγχου: 31(76±10)	12 εβδομάδα	45' 3 ημέρες/εβδομάδα	Ομάδα άσκησης: διπλή/ πολλαπλή άσκηση, βάδισμα, ισορροπία και λειτουργικές εργασίες. Ομάδα άσκησης και φυσικής δραστηριότητας: όλα τα παραπάνω + επιπλέον 30' υπαίθρια βόλτα. 12 εβδομάδες, 45 λεπτά, 3 ημέρες/εβδομάδα. AR, 89%	Αυτο-αποτελεσματικότητα. Φόβος πτώσης, βάδισμα, ισορροπία, λειτουργική κατάσταση αυτοαναφοράς Οι δύο ομάδες άσκησης βελτίωσαν σημαντικά την αυτο-αποτελεσματικότητα που σχετίζεται με την πτώση έναντι της ομάδας ελέγχου και την ισορροπία. Σημαντικές διαφορές μεταξύ ομάδων για ταχύτητα βαδίσματος, με γρήγορη ταχύτητα βαδίσματος, προηγμένη φυσική λειτουργία κάτω άκρων

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Helge et al. (2014), Δανία	26 άνδρες 18 ΟΑ-8 ΟΕ 65-75 ετών	12 μήνες	2-3 συνεδρ./εβδομάδα	Ποδόσφαιρο σε φυσικό γρασίδι Δυναμική άσκηση με αντιστάσεις σε όλους τους κύριους μυς, χωρίς βάρη 4 σετx15 λεπτά, 65-90% μέγιστος καρδιακός ρυθμός, 2 λεπτά ανάπαυση μεταξύ των σετ 5-7 ασκήσεις (πίεση, έκταση, κάμψεις ποδιών, έλξη προς τα κάτω και πλευρικές ανυψώσεις, προβολές, σειρά καθίσματος), 4 σετ στα 8RM (8 επαναλήψεις ≈75% 1RM), εκρηκτική ομόκεντρη κίνηση	Βελτίωση στο μηριαίο (3,8-5,4%) Μετά από 4 μήνες σημαντική επίδραση στην BMD και μετά από 12 μήνες η βελτίωση υπερδιπλασιάστηκε. Η προπόνηση με αντίσταση δεν είχε καμία επίδραση στην οστική πυκνότητα. Συνολικά, ο ρυθμός BMD αυξήθηκε στην ομάδα άσκησης και μακροπρόθεσμα μπορεί να μειώσει την εξαρτώμενη από την ηλικία μείωση της οστικής μάζας.
Bolam et al. (2015), Αυστραλία	57 άνδρες Ομάδα άσκησης: 36 (62,1±6,9 έτη) Ομάδα ελέγχου: 21 (58,7±7,4 έτη)	9 μήνες	4 συνεδρ/εβδομάδα	Δυναμική άσκηση αντιστάσεων (άνω κορμός) σε μηχανήματα και ελεύθερα βάρη. Άλματα πολλαπλών κατευθύνσεων με υψηλή δύναμη αντίδρασης εδάφους 4 συνεδρ./εβδομάδα, 2x60 λεπτά/εβδομάδα, άλματα και δυναμική προπόνηση αντίστασης άνω κορμού με 4 ασκήσεις. 2σετx12επαναλήψ., 60% 1RM 2 συνεδρ. άλματος/εβδομάδα με 3 ασκήσεις, 2-4 σετ, 5-18 επαναλήψεις Δύναμη αντίδρασης εδάφους 4,6-5,8 φορές το σωματικό βάρος 1 λεπτό ξεκούραση μεταξύ των σετ Ομάδα άλματος υψηλής έντασης 80 άλματα/συνεδρ. Ομάδα άλματος χαμηλής έντασης 40 άλματα/συνεδρ.	Ενώ η άσκηση αντίστασης μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια σε μεσήλικες και ηλικιωμένους άνδρες, το τρέχον συνδυασμένο πρόγραμμα δεν επέφερε σημαντικές βελτιώσεις στην BMD.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Hinton et al. (2015), ΗΠΑ	58 άνδρες 25-60 ετών	12 μήνες	2-3 φορ/εβδομάδα	Ασκήσεις αντίστασης RT 2 φορές /εβδομάδα, τουλάχιστον 48 ώρες μεταξύ των συνεδριών Άλμα 3 φορές/εβδομάδα, τουλάχιστον 24 ώρες μεταξύ της προπόνησης Κύκλος 6 εβδομάδων ακολουθούμενος από μια εβδομάδα ανάπαυσης, Συνολικά ολοκληρώθηκαν 8 κύκλοι	Αύξηση BMD σε όλο το σώμα και την σπονδυλική στήλη. Σημαντική αύξηση κατά 0,6% και 1,3% μετά από 6 μήνες RT ή Άλματος Η αύξηση διατηρήθηκε στους 12 μήνες
Evstigneeva et al. (2016), Ρωσία	78 γυναίκες Ομάδα άσκησης: 40 (70,7±8,1 έτη) Ομάδα ελέγχου: 38 (67,6±7,0 έτη)	52 εβδομάδα	40' 2 ημέρ./εβδομάδα	Ισομετρικές και ασκήσεις δύναμης, ισορροπία, στάση, τεχνικές αναπνοής Βάδιση, κάθισμα, άλμα	Ισορροπία, λειτουργική κινητικότητα Σημαντικά καλύτερη στην ομάδα άσκησης (44,2±7,5) έναντι της ομάδας ελέγχου (56,6±9,4). Ο πόνος, η σωματική λειτουργία, η κύφωση, η κινητικότητα, η κοινωνική λειτουργία και η γενική υγεία βελτιώθηκαν στην ομάδα άσκησης.
Cunha et al. (2018), Βραζιλία	62 γυναίκες 68,0±4,3 έτη	12 εβδομάδα	3 φορ./εβδομάδα	Άσκηση αντίστασης: 1 σετ vs 3 σετ, 10-15 RM, 1-2' ανάπαυση μεταξύ των σετ Πρόοδος: 2-5% και 5-10% για το άνω και κάτω σκέλος	Κανένα από τα πρωτόκολλα δεν άλλαξαν την BMD σε όλο το σώμα.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Armamento-Villareal (2020), ΗΠΑ	160 άτομα, 70 ετών Ομάδα αερόβιας: 40 Ομάδα αντίστασης: 40 Ομάδα συνδυασμένης προπόνησης: 40 Ομάδα ελέγχου: 40	26 εβδομάδα	Ομάδα αερόβιας και αντίστασης: 3 φορ./εβδομάδα, ≈60', Ομάδα συνδυασμένης: 3 φορ./εβδομάδα, 75-90'	Ομάδα αερόβιας: 10' ασκήσεις ευελιξίας, 40' άσκηση, 10' ασκήσεις ισορροπίας. Βάδισμα σε διάδρομο, σταθερό ποδήλατο και σκάλες, 65% PHR που αυξήθηκε σταδιακά στο 70-85%. Ομάδα αντίστασης: 10' ασκήσεις ευελιξίας, 40' άσκηση, 10' ασκήσεις ισορροπίας. 9 ασκήσεις άνω και κάτω κορμού, μηχανήματα με βάρη, 1-2 σετx8-12 επαναλήψεις 65% 1RM που αυξήθηκε σταδιακά στα 2-3 σετ 85% 1RM. Ομάδα συνδυασμένης: 10' ασκήσεις ευελιξίας, 30-40' αερόβια άσκηση, 30-40' ασκήσεις αντίστασης, 10' ασκήσεις ισορροπίας, Συνδυασμός αερόβιας και αντίστασης.	Η BMD μειώθηκε λιγότερο στην ομάδα αντίστασης (-0,006 g/cm ²) και συνδυασμένης προπόνησης (-0,012 g/cm ²) από ότι στην ομάδα αερόβιας προπόνησης (-0,027 g/cm ²) Η BMD στο ισχίο μειώθηκε λιγότερο στην ομάδα αντίστασης (-0.006±0,004 g/cm ²) και στην ομάδα συνδυασμένης προπόνησης (-0,012±0,004 g/cm ²) από ότι στην ομάδα αερόβιας (-0,027±0,004 g/cm ²). Δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ της ομάδας αντίστασης και της συνδυασμένης προπόνησης Ανάλογα ήταν τα αποτελέσματα για την BMD στο μηριαίο, τον τροχαντήρα και τον ενδοτροχαντηριακό. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές στην BMD στην κνήμη, τη σπονδυλική στήλη ή όλο το σώμα.

(συνεχίζεται)

Πίνακας 1. (συνέχεια)

Συγγραφείς	Συμμετέχοντες	Διάρκεια	Ένταση	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Harding et al. (2020), Αυστραλία	93 άνδρες 67,1±7,5 έτη Ομάδα άσκησης: 67 Ομάδα ελέγχου: 26 >60 ετών	8 μήνες		Ισομετρική αξονική μηχανική, υψηλής έντασης αντιστάσεις Άρση βάρους, squat, πιέσεις ώμων με μπάρα και πήδημα chin-up 2 συνεδρ./εβδομάδα, 3 ασκήσεις (άρση βάρους, squat και πιέσεις ώμων με μπάρα), 5 σετ x 5 επαναλήψεις, 80-85% 1RM (RPE≥16), 5 σετ x 5 επαναλήψεις πήδημα chin-ups με προσγείωση με επίπεδο πέλμα 2 συνεδρ./εβδομάδα, 4 ασκήσεις (πίεση στήθους, πίεση ποδιών, έλξη κορμού, κατακόρυφη ανύψωση, συσκευή bioDensity), ισομετρική συστολή σχεδόν 5 δευτερολέπτων (RPE≥16)	Η ομάδα ελέγχου βελτίωση της BMD στον τροχαντήρα (2,8±0,8%), τη σπονδυλική στήλη (4,1±0,7%), τον δείκτη ακαμψίας (1,6±0,9%), την άλιπη μάζα (1,5±0,8%) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Η ισομετρική αξονική πίεση βελτίωσε την άλιπη μάζα (0,8±0,8%) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.
Kemmler et al. (2020), Γερμανία	43 άνδρες >72 ετών Ομάδα άσκησης: 21 (77,8 ετών) Ομάδα ελέγχου: 22 (79,2 ετών)	18 μήνες	2 φορ./εβδομάδα	Ομάδα άσκησης: Περιοδικό πρωτόκολλο υψηλής έντασης/προσπάθειας για τη μυϊκή και οστική μάζα και λειτουργία. Προπόνηση με δυναμικές αντιστάσεις (όλες οι κύριες μυϊκές ομάδες) σε μηχανήματα 1 σετ δυναμικής άσκησης με περιόδους υψηλής έντασης (έως 85% 1RM), υψηλής προσπάθειας (μέγιστη επανάληψη, supersets, drop sets) και υψηλή ταχύτητα (εκρηκτική ομόκεντρη κίνηση)	Η υψηλής έντασης άσκηση αντίστασης υπό συνεχή επίβλεψη είναι μια αποτελεσματική, ελκυστική, εφικτή και ασφαλής μέθοδος για την αντιμετώπιση παραγόντων κινδύνου Στους παράγοντες μυοσκελετικού κινδύνου, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν έναν πιο εξέχοντα ρόλο για τις μη φαρμακολογικές στρατηγικές πρόληψης.

BMD: (Body Mass Density) Οστική πυκνότητα, DXA: Dual-energy X-ray Absorptiometry, RM: (Repetition Max) Μέγιστη Επανάληψη, HRR: Heart rate reserve, HRT: (Hormone Replacement Therapy) Θεραπεία Ορμονικής Υποκατάστασης, NTX: N-terminal telopeptide

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Επίδραση της άσκησης στην οστική πυκνότητα

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι η BMD αυξάνεται στους συμμετέχοντες κατά την άσκηση, ωστόσο δεν είναι σημαντικά υψηλότερη σε σύγκριση με τις ομάδες ελέγχου. Για την BMD του μηριαίου οστού, η αύξηση είναι μικρότερη από ό,τι στην περιοχή της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Οι απόψεις για την επίδραση της άσκησης στην ποιότητα του οστικού ιστού ποικίλλουν. Συγκεκριμένα, η επίδραση της άσκησης στην περιφερειακή BMD σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες αξιολογήθηκε υποδηλώνοντας ότι η άσκηση μπορεί να επιβραδύνει τον ρυθμό οστικής απώλειας σε αυτή την ηλικιακή ομάδα.

Οι Angin & Erden (2009) καταλήγουν σε θετική επίδραση του προγράμματος άσκησης στην αύξηση της BMD και της ποιότητας ζωής. Η αποτελεσματικότητα ενός 5ετούς προγράμματος άσκησης στη BMD και στην ισορροπία διερευνήθηκε από τους Walker et al. (2000). Για τις μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπόρωση μπορεί να σταθεροποιηθεί η BMD της οσφυϊκής περιοχής και να μειωθούν τα κατάγματα. Οι Lange et al. (2007) έδειξαν ότι η σωματική δραστηριότητα έχει επιβραδυντική επίδραση στο ποσοστό απώλειας οστού σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, ανεξάρτητα από τη θεραπεία ορμονικής υποκατάστασης. Σημαντική αύξηση της BMD και μείωση των οστικών δεικτών βρέθηκε από τους Āurišoná & Zvarka (2004) τόσο στην ομάδα άσκησης όσο και στην ομάδα ελέγχου. Οι συγγραφείς δηλώνουν ότι η τακτική άσκηση είναι σημαντικό συστατικό της ολοκληρωμένης διαχείρισης της οστεοπόρωσης. Οι Bergström et al. (2008) έδειξαν θετική επίδραση της φυσικής προπόνησης στην BMD του ισχίου. Δεν βρέθηκε σημαντική επίδραση της άσκησης στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης.

Η επίδραση της άσκησης στην BMD μπορεί να επηρεαστεί από τον τύπο, την ένταση και τη συχνότητά της. Οι Kerr et al. (1996) εξέτασαν την επίδραση ενός προγράμματος προοδευτικής προπόνησης με αντίσταση 1 έτους (ομάδα δύναμης και αντοχής) στην οστική μάζα και έδειξαν ότι η μετεμμηνοπαυσιακή οστική μάζα μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με άσκηση ενδυνάμωσης με χαμηλές επαναλήψεις υψηλού φορτίου. Αυτό δεν επιβεβαιώθηκε για ένα σχήμα αντοχής. Αντίθετα, οι Bemben & Bemben (2011) βρήκαν θετικές αποκρίσεις της BMD για το ισχίο και τη σπονδυλική στήλη (όχι για το

σύνολο του σώματος) για όλους τους τύπους προπόνησης με αντίσταση, ανεξάρτητα από την ένταση και τη συχνότητα.

Η επίδραση της άσκησης για μια περίοδο 3 ετών στη διακοπή ή την επιβράδυνση της οστικής απώλειας κατά τα πρώτα μετεμμηνοπαυσιακά χρόνια αξιολογήθηκε από τους Engelke et al. (2006). Η εφαρμογή του προγράμματος άσκησης υψηλής έντασης κατάφερε να διατηρήσει την οστική πυκνότητα στη σπονδυλική στήλη, το ισχίο και την πτέρνα, αλλά όχι στο αντιβράχιο. Οι Chow et al. (1987) αξιολόγησαν την επίδραση 1 έτους αερόβιας άσκησης και προγραμμάτων άσκησης δύναμης στην οστική μάζα. Διαπίστωσαν ότι και οι δύο ομάδες παρουσίασαν σημαντική βελτίωση στις μετρούμενες παραμέτρους. Η επίδραση μιας παρέμβασης άσκησης διάρκειας 2 ετών και η χορήγηση συμπληρωμάτων ασβεστίου (600 mg) στην οστική πυκνότητα αξιολογήθηκε από τους Kerr et al. (2001) σε 3 ομάδες ασθενών (δύναμης, φυσική κατάσταση, ομάδα ελέγχου). Δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των ομάδων στον πήχη, στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης ή σε ολόκληρο το σώμα. Η σημαντική επίδραση του προγράμματος ενδυνάμωσης βρέθηκε στο ισχίο (διατροχανθηριακό ισχίο). Οι Judge et al. (2005) εξέτασαν την επίδραση της κατ' οίκον προπόνησης με αντίσταση στην οστική πυκνότητα του μηριαίου σε μακροχρόνιους χρήστες ορμονοθεραπείας. Η άσκηση μείωσε την αλλαγή στα οστά και αύξησε την BMD του μηριαίου οστού. Οι Korpelainen et al. (2006) δεν βρήκαν επίδραση της μακροπρόθεσμης άσκησης στην BMD στην κερκίδα και στο ισχίο, ενώ υπήρχε θετική επίδραση στην περιεκτικότητα μετάλλων στα οστά του τροχαντήρα. Η άσκηση φόρτισης υψηλής πρόσκρουσης σε οστεοπενικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες αξιολογήθηκε από τους Chien et al. (2000) και Vainionpää et al. (2005). Ένα πρόγραμμα 24 εβδομάδων είχε θετική επίδραση στην επιβράδυνση της μείωσης της BMD (Chien et al., 2000). Οι Vainionpää et al. (2005) υποστήριξαν ότι αυτό το είδος άσκησης μπορεί να είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος πρόληψης της οστεοπόρωσης. Οι Martyn-St James & Carroll (2009) αξιολόγησαν τις επιδράσεις των μικτών προγραμμάτων άσκησης στην μετεμμηνοπαυσιακή οστική απώλεια στο ισχίο και τη σπονδυλική στήλη. Τα προγράμματα ασκήσεων συνδύαζαν τρέξιμο με άλλες δραστηριότητες φορτίων χαμηλής πρόσκρουσης και μεικτά προγράμματα με υψηλής έντασης αντίσταση σε μπορούσαν να μειώσουν την οστική απώλεια στο ισχίο και τη σπονδυλική στήλη. Οι επιδράσεις των ασκήσεων αργής (αντοχή) και γρήγορης (δύναμη) αντίστασης σε διάφορες οστεοπυκνοσυμμετρικές παραμέτρους συγκρίθηκαν από τους Von Stengel et al. (2005) και Von Stengel et al. (2007).

Οι αλλαγές στην BMD μετά από 1 έτος προπόνησης δεν ήταν σημαντικές για την ομάδα άσκησης δύναμης, ενώ η τιμή BMD στην ομάδα άσκησης δύναμης ήταν σημαντικά χαμηλότερη.

4.2. Είδος άσκησης

Είναι σημαντικό να καθοριστεί εάν χρειάζονται συγκεκριμένες συσκευές RT για τη δημιουργία επιτυχημένων προγραμμάτων. Υπέρ της «προπόνησης με ελεύθερα βάρη» (έναντι «συσκευής» και «μεικτού τύπου» προπόνησης), παρατηρούνται διαφορές στην BMD στο LS, FN και TH. Αυτό είναι αποδεκτό λόγω της πολύ μικρότερης προσπάθειας κατά την προπόνηση με ελεύθερα βάρη. Σχετικά με τους ηλικιωμένους, τα ελεύθερα βάρη μπορεί να είναι πιο ευνοϊκά για την αύξηση της λειτουργικότητας και ειδικότερα της δύναμης των εκτεινόντων ποδιών κυρίως λόγω της σχέσης τους με τους περιορισμούς κινητικότητας, την αναπηρία, τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα (Roshanravan et al., 2017).

4.2.1. Αερόβια άσκηση

Από τα αποτελέσματα ερευνών, όπου εφαρμόστηκαν μεμονωμένα προγράμματα αερόβιας άσκησης (Borer et al., 2007; Καρακύριου και συν., 2013), 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 (Καρακύριου και συν., 2013).

Μια από τις πιο κοινές μορφές αερόβιας άσκησης είναι η βόδιση, άσκηση αποδεκτή από τους ηλικιωμένους, επειδή είναι ακίνδυνη, αυτοδιαχειριζόμενη και εύκολα εφαρμόσιμη. Η βόδιση εισήχθη σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Sandler et al., 1987) πριν οι ερευνητές προσπαθήσουν να αυξήσουν τη μηχανική φόρτιση στο σώμα, συμπεριλαμβάνοντας ασκήσεις με υψηλότερο αντίκτυπο όπως π.χ. step aerobics και άλματα (Grove & Londeree, 1992). Το περπάτημα φαίνεται να είναι η πιο κοινή επιλογή μεταξύ των ηλικιωμένων λόγω της φύσης του, του χαμηλού κινδύνου, της έλλειψης ανάγκης επίβλεψης και της καθολικής διαθεσιμότητας και, ως εκ τούτου, οι περισσότερες έρευνες που μελέτησαν την επίδραση της αερόβιας προπόνησης στην οστική μάζα πραγματοποιούνται με αυτόν τον τρόπο άσκησης. Ωστόσο, τα αποτελέσματα που

σχετίζονται με την οστική μάζα που λαμβάνεται με αυτόν τον τύπο δραστηριότητας παραμένουν ακόμη αμφιλεγόμενα (Martyn-St James & Carroll, 2008).

Οι επιπτώσεις της βάδισης στην BMD έχουν ληφθεί ευρέως υπόψη, αν και τα αποτελέσματα δεν είναι πάντα συνεπή στις διάφορες μελέτες (Martyn-St James & Carroll, 2008; Watts et al., 2012; Ma et al., 2013; Bolam et al., 2015). Συγκεκριμένα, φάνηκε απουσία σημαντικών επιδράσεων στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης ή στον αυχένα του μηριαίου οστού (Nikander et al., 2010; Daly, 2019). Ομοίως, οι Gomez-Cabello et al. (2012) έδειξαν ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις συσχέτισης της αύξησης της BMD και της άσκησης με βάδισμα. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα του βαδίσματος στη διατήρηση του επιπέδου της BMD και στην πρόληψη της απώλειας έχει αποτελέσματα σε αυτόν τον τύπο άσκησης (Benedetti et al., 2018).

Οι θετικές επιδράσεις της αερόβιας άσκησης στην οστική μάζα βρέθηκαν από τους Chien et al. (2000) όπου ανέφεραν ότι το περπάτημα σε συνδυασμό με το βηματισμό σε μέτρια ένταση ήταν αποτελεσματικό στην αντιστάθμιση της μείωσης της BMD σε οστεοπενικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Μετά από 24 εβδομάδες προπόνησης, η BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του αυχένα του μηριαίου οστού στην ομάδα άσκησης αυξήθηκε σημαντικά κατά 2,0% και 6,8% και στην ομάδα ελέγχου μειώθηκε κατά 2,3% και 1,5%. Ωστόσο, δεν είναι σαφές εάν τα ίδια οφέλη για τα οστά θα είχαν επιτευχθεί μόνο με τον βηματισμό. Οι Evans et al. (2007) έδειξαν ότι 9 μήνες αερόβιας προπόνησης (περπάτημα, κωπηλασία και ανάβαση σκαλοπατιών) δεν είχαν καμία επίδραση στην οστική μάζα ολόκληρου του σώματος, της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης ή του μηριαίου αυχένα.

Η βάδιση, ως μεμονωμένη παρέμβαση, δεν είναι ικανή να τροποποιήσει την απώλεια οστικής μάζας. Ωστόσο, στο πλαίσιο ενός προγράμματος διατήρησης της υγείας καλό είναι να περπατά κάποιος για τουλάχιστον 30 λεπτά την ημέρα. Επίσης, η αερόβια άσκηση και ειδικότερα η διαδρομή με υψηλή ένταση και ταχύτητα, με τζόκινγκ, ανάβαση σκάλας και βηματισμό, είναι ικανή να περιορίσει τη μείωση της BMD (Benedetti et al., 2018). Πρέπει λοιπόν, να ληφθούν υπόψη ορισμένες παράμετροι που μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα του βαδίσματος, όπως το γρήγορο/αργό ή δυνατό περπάτημα/εβδομαδιαία. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν ενδείξεις ότι η παρέμβαση άνω των 6 μηνών μπορεί να προσφέρει σημαντικά και θετικά αποτελέσματα στην BMD

του αυχένα του μηριαίου σε περι- και μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Ma et al., 2013; Benedetti et al., 2018).

Στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ των ομάδων γρήγορου περπατήματος και ομάδας ελέγχου, αν και καμία από τις δύο ομάδες δεν παρουσίασε πτώση της BMD σε αυτό το σημείο. Τα θετικά αποτελέσματα της αερόβιας άσκησης έχουν επίσης δοκιμαστεί σε συγκεκριμένους πληθυσμούς όπως σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες που θεραπεύθηκαν από καρκίνο του μαστού, υπέρβαρες και παχύσαρκες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες που συμμετέχουν σε πρόγραμμα απώλειας βάρους ή οστεοπενικές/οστεοπορωτικές ηλικιωμένες γυναίκες (Yamazaki et al., 2004; Irwin et al., 2009; Silverman et al., 2009). Σε αυτές τις περιπτώσεις το περπάτημα ή το τζόκινγκ συσχετίστηκε με μειώσεις του σωματικού λίπους και με διακοπή απώλειας, διατήρηση ή βελτίωση της BMC και της BMD, δείχνοντας ότι η άσκηση μπορεί επίσης να προκαλέσει ευνοϊκές αλλαγές στην οστική μάζα σε αυτούς τους συγκεκριμένους πληθυσμούς. Οι Ay et al. (2003) εξέτασαν την αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος εκγύμνασης στο νερό στο οστό της πτέρνας των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών με χαμηλή οστική μάζα. Σε αυτόν τον πληθυσμό, η υπομέγιστη αερόβια άσκηση 3 φορές την εβδομάδα κατά τη διάρκεια 6 μηνών ήταν αρκετή για να βελτιώσει έως και το 63% το T-score στην πτέρνα.

Άλλες μελέτες δείχνουν πώς το ταχύ βάδισμα ή τζόκινγκ μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στην BMD του ισχίου και της σπονδυλικής στήλης σε γυναίκες εμμηνοπαυσιακής ηλικίας (Bolan et al., 2015). Ορισμένες δραστηριότητες χαμηλής πρόσκρουσης, όπως το τζόκινγκ, σε συνδυασμό με την ανάβαση σκάλας και το περπάτημα, ευνοούν τη μικρή απώλεια οστικής μάζας στο ισχίο και στη σπονδυλική στήλη στις εμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Έτσι, το περπάτημα/τζόκινγκ πρέπει να φτάσει σε επαρκές υψηλό επίπεδο μηχανικής καταπόνησης που καθορίζει μια σημαντική δύναμη αντίδρασης του εδάφους ικανή να διεγείρει την οστική μάζα (Morseth et al., 2011; Kelley et al., 2012; Cheung & Giangregorio, 2012; Benedetti et al., 2018).

Λόγω της χαμηλής επίδρασης της αερόβιας άσκησης, οι περισσότερες από τις μελέτες που διερεύνησαν τη σχέση της BMD και της άσκησης βάρους δεν αναφέρουν αυξήσεις στις παραμέτρους των οστών μετά από ένα πρόγραμμα προπόνησης. Ωστόσο, το γεγονός ότι η αερόβια άσκηση μπορεί να διατηρήσει ή να επιβραδύνει την απώλεια οστικής μάζας σε ηλικιωμένους πρέπει να θεωρείται σημαντικό αποτέλεσμα αυτού του

είδους άσκησης. Επιπλέον, οι τρέχουσες μελέτες δείχνουν ότι ένα πρόγραμμα αερόβιας άσκησης μπορεί να έχει περισσότερα οφέλη για την υγεία των οστών όταν περιλαμβάνει δραστηριότητες υψηλού αντίκτυπου όπως τζόκινγκ ή βηματισμό.

Τα ανόμοια αποτελέσματα των μελετών ενδεχομένως οφείλονται στην ηλικία των συμμετεχόντων, τις σκελετικές θέσεις που αξιολογήθηκαν και του τρόπου, της έντασης, της διάρκειας και της συχνότητας της άσκησης που διέφεραν από μελέτη σε μελέτη. Αυτές οι ασκήσεις δεν σχεδιάστηκαν για τη μεγιστοποίηση των δυνάμεων φόρτισης κατά τη μηχανική καταπόνηση των οστών και την πρόκληση αλλαγών στην BMD, επομένως, οι παρεμβάσεις που συνδυάζουν αερόβια προπόνηση με άλλες μορφές άσκησης που παρέχουν επαρκή σκελετική φόρτιση μπορεί να έχουν μεγαλύτερο όφελος στη βελτίωση της οστικής μάζας στους ηλικιωμένους. Λόγω του γεγονότος ότι οι γυναίκες είναι πιο πιθανό να υποφέρουν από οστεοπόρωση, υπάρχει έλλειψη μελετών που αφορούν τους άνδρες.

4.2.2. Προπόνηση δύναμης και αντίστασης

Η άσκηση δύναμης και αντίστασης (Resistance Training, RT) είναι τεχνικές που έχουν ήδη μελετηθεί για την αύξηση της οστικής μάζας στα άτομα τρίτης ηλικίας. Η λογική αυτών των ασκήσεων έγκειται στο μηχανικό ερέθισμα που παράγεται έμμεσα στο οστό (Guadalupe-Grau et al., 2009; Hingorjo et al., 2018; Cheung & Giangregorio, 2012). Όπως και οι ασκήσεις με βάρη, η άσκηση δύναμης καθορίζει τη δύναμη αντίδρασης της άρθρωσης και τη μυϊκή ενδυνάμωση, παράγοντας σημαντικό όφελος στην BMD, στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και, σε μεγαλύτερο βαθμό, στον αυχένα του μηριαίου οστού. Αυτός ο τύπος δραστηριότητας ορίζεται επίσης ως «μη πρόσκρουση» και μπορεί να πραγματοποιηθεί με βάρη ή χωρίς βάρη (κολύμπι, ποδηλασία) (Morseth et al., 2011; Benedetti et al., 2018).

Ερευνητικές μελέτες δείχνουν ότι η προπόνηση με αντιστάσεις θεωρείται βασικός παράγοντας για τη βελτιστοποίηση του επιπέδου οστικής μάζας (Dias Quiterio et al., 2011). Η προπόνηση με αντιστάσεις είναι μια από τις πιο συχνά συνταγογραφούμενες μορφές άσκησης που εφαρμόζεται για τη βελτίωση της οστικής μάζας σε ηλικιωμένους.. Τα σαφή οφέλη της, όπως η μυϊκή υπερτροφία, η δύναμη και η ισχύς (Widrick et al., 2002) είναι μόνο ένα μέρος των πλεονεκτημάτων, επειδή έχει επίσης αναφερθεί συμβάλλει στην πρόληψη και τη θεραπεία της οστεοπόρωσης (Kohrt et al., 2004). Η αυξημένη μηχανική

καταπόνηση στο οστό που παρέχεται από αυτό το είδος προπόνησης έχει αποδειχθεί ως αιτιολογικός παράγοντας οστεογένεσης.

Παρά το γεγονός ότι ο ιστός των οστών δεν προσφέρει αρκετή πλαστικότητα σε σύγκριση με άλλους ιστούς (Vainionpää et al., 2007; Arija-Blazquez et al., 2014), οι Going & Lauder milk (2019) αναφέρουν ότι η RT αυξάνει την BMD κατά περίπου 1-3% στις ανατομικές θέσεις FN και LS στις προεμμηνοπαυσιακές και μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Επιπλέον, δήλωσαν ότι αναμένονται ελάχιστες μετρήσιμες αυξήσεις για τον πληθυσμό, χωρίς επίδραση του παράγοντα της ηλικίας στην οστική μάζα πέρα από αυτή που εμφανίζεται κατά την μικρή ηλικία, και ότι τα άτομα άνω των 55 ετών παρουσίασαν μεγαλύτερες αυξήσεις στην BMD λόγω της ευαισθησίας των οστών σε μείωση με τη γήρανση. Άλλες μελέτες δεν επιβεβαίωσαν την προαναφερθείσα δήλωση και ανέφεραν μόνο χαμηλές αλλαγές στο BMD των FN, TH και LS, οι οποίες κυμαίνονταν από 0,1-2,0% σε συμμετέχοντες > 60 ετών που συμμετείχαν σε πρωτόκολλα RT (Weaver et al., 2016 Min et al., 2019).

Η άσκηση ενδυνάμωσης μπορεί να συμβάλλει στη μείωση της BMD 1-3% ανά έτος σε σύγκριση με ενήλικες που δεν συμμετέχουν τακτικά σε προγράμματα άσκησης (Westcott, 2012), τονίζοντας ότι η προπόνηση με αντίσταση προσφέρει επαρκή μηχανική καταπόνηση για την τόνωση της βελτίωσης της BMD σε συγκεκριμένες ανατομικές θέσεις, όπως ο αυχέννας του μηριαίου (Femoral Neck, FN), το ολικό ισχίο (Total Hip) και η οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (Lumbar Spinal, LS), όπου η μείωση του θα μπορούσε να είναι πρόβλημα (Marques et al., 2011 Mosti et al., 2013).

Οι Kelley et al. (2001), οι Martyn-St. & Carroll (2006) και οι Zhao et al. (2017) ανέφεραν αμελητέες έως χαμηλές επιδράσεις των ασκήσεων αντίστασης στην BMD ή στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης ή στον αυχένα του μηριαίου. Τα πρωτόκολλα υψηλής ισχύος ($\approx 60\%$ 1RM) έδειξαν σημαντικές αλλά χαμηλές-μέτριες επιδράσεις BMD στο LS (n= 8) και FN (n=8) αλλά όχι για BMD σε TH (n= 5). Από την άλλη, η μελέτη των Martyn-StJames et al. (2006) περιλάμβανε μόνο μελέτες αντίστασης υψηλής έντασης και οι αναλύσεις δεν επιβεβαίωσαν το αποτέλεσμα ότι η άσκηση δυναμικής αντίστασης με μέτρια ($65\% < 80\%$ 1RM) ή υψηλή ένταση ($\geq 80\%$ 1RM) είναι ανώτερη από τα πρωτόκολλα με χαμηλή ένταση.

Μελέτες έδειξαν ότι η προπόνηση δύναμης μπορεί να αποτρέψει την αφαλάτωση των οστών σε γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας (Bocalini et al., 2009; de Matos et al., 2009)

και σε άνδρες (Daly et al., 2005). Οι Bocalini et al. (2009) αξιολόγησαν τις επιδράσεις της προπόνησης ενδυνάμωσης στην BMD των μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών χωρίς θεραπεία ορμονικής υποκατάστασης. Μετά από 24 εβδομάδες προπόνησης, οι ανεκπαίδευτες γυναίκες εμφάνισαν σημαντική ποσοστιαία μείωση της BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στον αυχένα του μηριαίου, ενώ η BMD διατηρήθηκε σε εκπαιδευμένες γυναίκες και στις δύο θέσεις. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν από τους de Matos et al. (2009) σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπενία ή οστεοπόρωση. Μετά από 12 μήνες άσκησης με βάρη, ανιχνεύθηκε μια μη σημαντική αύξηση της BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης (1,17%) και μη σημαντικές μειώσεις της BMD (0,71%) στο ισχίο στην εκπαιδευμένη ομάδα. Από την άλλη πλευρά, η ομάδα ελέγχου παρουσίασε σημαντική απώλεια στην BMD της σπονδυλικής στήλης (2,26%). Σε μελέτη που διεξήχθη από τους Daly et al. (2005) σε άνδρες και γυναίκες ηλικίας 60-80 ετών που συμπλήρωσαν 12 μήνες παρέμβασης, η BMD και η BMC ολικού σώματος δεν άλλαξαν στην ενεργό ομάδα μετά από 6 μήνες προπόνησης με βάση το γυμνάσιο, αλλά μειώθηκαν κατά 0,9% και 1,5%, αντίστοιχα, στην ομάδα ελέγχου. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν στο τέλος του προγράμματος.

Μελέτες εξέτασαν την επίδραση της ενδυνάμωσης των μυών του άνω και κάτω άκρου, για συγκεκριμένες ομάδες όπως ο λαγονοψοϊτής μυς και οι εκτείνοντες της σπονδυλικής στήλης. Οι Zehnacker et al. (2007) έδειξαν ότι η αποτελεσματικότητα της άσκησης δύναμης στα σημεία του ισχίου και της σπονδυλικής στήλης σχετίζεται με την ένταση της άσκησης. Απαιτεί υψηλά φορτία (70-90% της μέγιστης επανάληψης) για 8-10 επαναλήψεις των 2-3 σετ που εκτελούνται τουλάχιστον για 1 χρόνο, 3 φορές την εβδομάδα για 45-70 λεπτά ανά συνεδρία (Benedetti et al., 2018). Σε σχέση με το ισχίο, η άσκηση είναι αποτελεσματική στον μείζονα τροχαντήρα εάν αφορά τους γλουτούς, στον μικρότερο τροχαντήρα, αν αφορά τον λαγονοψοϊτή μυ και το τρίγωνο Ward (προσαγωγί και εκτείνοντες ισχίου) (Kerr et al., 1996). Οι Kerr et al. (1996) κατέληξαν ότι υπάρχουν πολλές πιθανές εξηγήσεις για τη διαφορετική αποτελεσματικότητα των ασκήσεων για συγκεκριμένα σημεία: μυϊκές παρεμβολές, βάρος ή τύπος συστολής, διάρκεια και φύση της άσκησης (Benedetti et al., 2018).

Σε μελέτες φάνηκε ότι η BMD θα μπορούσε να αυξηθεί ή τουλάχιστον να διατηρηθεί σε διαφορετικά σημεία μετά από προγράμματα προπόνησης δύναμης. Ωστόσο, δεν υπάρχει έρευνα που να διαπιστώνει ότι η BMD αυξάνεται σε όλα τα σημεία

που μετρείται. Οι Kerr et al. (2001) εξέτασαν την επίδραση στην οστική πυκνότητα σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες μιας 2ετούς παρέμβασης άσκησης και συμπληρώματος ασβεστίου, δείχνοντας σημαντικές επιδράσεις του προγράμματος ενδυνάμωσης στο σύνολο (+0,9%) και στο ενδοτροχαντικό ισχίο (+1,1%), ενώ δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ των ομάδων στο αντιβράχιο, στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης ή σε ολόκληρο το σώμα. Η αύξηση της οστικής μάζας με το σχήμα αντοχής ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στο τροchanτηριακό και μεσοτροchanτήριο ισχίο, στο τρίγωνο του Ward και στο υπεραπώτερο ακτινωτό σημείο σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, ενώ δεν υπήρξε σημαντική αύξηση της BMD με το σχήμα αντοχής εκτός από την κερκίδα. Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μετεμμηνοπαυσιακή οστική μάζα μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με ένα σχήμα ενδυνάμωσης με χαμηλές επαναλήψεις υψηλού φορτίου αλλά όχι από ένα σχήμα αντοχής με υψηλές επαναλήψεις χαμηλού φορτίου. Ως εκ τούτου, το μέγιστο φορτίο φαίνεται να είναι πιο σημαντικό από τον αριθμό των επαναλήψεων (πάντα πάνω από ένα όριο) στην αύξηση της οστικής μάζας στις πρώιμες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.

Οι Bunout et al. (2001) δεν βρήκαν επιπλέον οφέλη από βραχυπρόθεσμα προγράμματα άσκησης ενδυνάμωσης στην κερκίδα, την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, τον αυχένα του μηριαίου ή οστικής μάζας ολόκληρου του σώματος, που δείχνουν παρόμοια συντήρηση ή απώλεια σε διάρκεια της περιόδου εκπαίδευσης στην ομάδα ελέγχου.

Οι Chilibeck et al. (2002) σύγκριναν τις συνδυασμένες και ξεχωριστές επιδράσεις της προπόνησης άσκησης και της θεραπείας με διφωσφονικά στα στοιχεία των οστών σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Περιλήφθηκαν 48 μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες που χωρίστηκαν τυχαία σε ομάδες. Πραγματοποιήθηκε άσκηση ενδυνάμωσης (3 ημέρες/εβδομάδα). Τα οστά αξιολογήθηκαν με DXA πριν και μετά από 12 μήνες παρέμβασης. Μετά την αφαίρεση των ακραίων αποτελεσμάτων, οι αλλαγές στην οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και στην περιεκτικότητα ήταν μεγαλύτερες στα άτομα που έλαβαν αγωγή σε σύγκριση με το εικονικό φάρμακο (-0,32 και 0%, αντίστοιχα) ενώ η άσκηση δεν είχε κανένα αποτέλεσμα. Η προπόνηση είχε ως αποτέλεσμα σημαντικά μεγαλύτερες αυξήσεις στη μυϊκή δύναμη και τη μάζα του άλιπου ιστού και μεγαλύτερη απώλεια λιπώδους μάζας σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Η

προπόνηση ενδυνάμωσης επηρεάζει ευνοϊκά τη σύσταση του σώματος και τη μυϊκή δύναμη, κάτι που μπορεί να είναι σημαντικό για την πρόληψη των πτώσεων.

Οι Goings et al. (2003) μελέτησαν το συνδυασμό άσκησης, ορμονικής θεραπείας και συμπληρωμάτων ασβεστίου στην παροχή ωφελειών για τη βελτίωση της οστικής πυκνότητας σε σύγκριση με μία μόνο παρέμβαση. Στην έρευνα συμμετείχαν 320 υγιείς, μη καπνίστριες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, που υποβλήθηκαν ή όχι σε θεραπεία ορμονικής υποκατάστασης, τυχαιοποιήθηκαν σε ομάδες άσκησης ή ελέγχου και παρακολούθηθηκαν για 12 μήνες. Όλες λάμβαναν 800 mg συμπληρώματα κιτρικού ασβεστίου ημερησίως. Οι γυναίκες που ασκούσαν εκτέλεσαν εποπτευόμενη αερόβια άσκηση, ασκήσεις με βάρη και άρση βαρών, 3 φορές την εβδομάδα σε συγκεκριμένους χώρους. Η BMD αξιολογήθηκε με απορρόφηση ακτίνων X διπλής ενέργειας. Οι γυναίκες που χρησιμοποιούσαν HRT, ασβέστιο και ασκούσαν αύξησαν την οστική πυκνότητα του αυχένα του μηριαίου, της τροchanτηρικής και της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης κατά περίπου 1-2%. Η BMD του ισχίου αυξήθηκε επίσης σημαντικά κατά $\approx 1,0\%$ σε γυναίκες που ασκούσαν και χρησιμοποιούσαν ασβέστιο χωρίς HRT σε σύγκριση με μια αμελητέα αλλαγή στις γυναίκες που χρησιμοποίησαν HRT και δεν ασκούσαν. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η BMD τοπικά μπορεί να βελτιωθεί με αερόβια δραστηριότητα με βάρος σε συνδυασμό με άρση βαρών σε κλινικά σημεία σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Η ανταπόκριση ήταν σημαντική σε περισσότερα σημεία σε γυναίκες που χρησιμοποίησαν HRT, υποδηλώνοντας μεγαλύτερο όφελος με την ορμονική υποκατάσταση και την άσκηση σε σύγκριση με την ορμονική θεραπεία μόνο.

Οι Whiteford et al. (2010) έδειξαν ότι 12 μήνες προπόνησης ενδυνάμωσης 1 φορά την εβδομάδα οδήγησε σε παρόμοια κέρδη BMD στον τροchanτήρα και στο ολικό ισχίο με μια ομάδα ελέγχου και δεν βρέθηκαν αλλαγές στην BMD ολόκληρου του σώματος, της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του αυχένα του μηριαίου μετά την παρέμβαση.

Οι Liu-Ambrose et al. (2004) έδειξαν σημαντική αύξηση στην οστική πυκνότητα του φλοιού στην περιοχή της κνήμης όσο και της κερκίδας σε μεγαλύτερες γυναίκες μετά από 25 εβδομάδες άσκησης. Καμία από τις μετρήσεις DXA δεν άλλαξε σημαντικά στο τέλος των παρεμβάσεων. Ως εκ τούτου, η άσκηση ενδυνάμωσης φαίνεται να είναι ένα ισχυρό ερέθισμα για τη βελτίωση και τη διατήρηση της οστικής μάζας κατά τη διαδικασία της γήρανσης. Ενώ έχουν αναφερθεί οφέλη για τον αυχένα του μηριαίου, την οσφυϊκή μοίρα

της σπονδυλικής στήλης και την κερκίδα, η οστική πυκνότητα ολόκληρου του σώματος φαίνεται να μην επηρεάζεται από αυτό το είδος προπονητικού προγράμματος, καθώς καμία από τις μελέτες δεν έδειξε αυξήσεις σε αυτήν την παράμετρο. Επιπλέον, αν και η DXA είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική οστικής πυκνομέτρησης (Kanis et al., 2008) σε κλινικές διαγνωστικές και ερευνητικές μελέτες, η ικανότητα του pQCT να αξιολογεί τη γεωμετρία των οστών μπορεί να είναι επωφελής για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της προπόνησης στην υγεία των οστών.

Οι Sinaki et al. (2002) έδειξαν ότι η δύναμη των μυών της πλάτης σε οστεοπορωτικές γυναίκες είναι σημαντικά μειωμένη σε σύγκριση με υγιή άτομα. Επομένως, η ενδυνάμωση αυτών των μυών μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο σπονδυλικών καταγμάτων με απλά προγράμματα δυναμικών αντιστάσεων (έλξης και έκτασης βάρους πίσω από τον αυχένα) από θέση καθίσματος. Μετά από δύο χρόνια άσκησης, υπήρξε σημαντική μείωση της απώλειας της BMD στα άτομα που υποβλήθηκαν στην παρέμβαση. Αυτή η σημαντική διαφορά, σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, διατηρήθηκε οκτώ χρόνια αργότερα, παρά τη μείωση τόσο της BMD όσο και της μυϊκής δύναμης (Benedetti et al., 2018).

Οι Bemben et al. (2011) διερεύνησαν τις επιδράσεις της άσκησης με αντίσταση στην BMD σε ηλικιωμένες γυναίκες και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της BMD στο εγγύς μηριαίο και στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης είναι ανεξάρτητη από την ένταση και τη συχνότητα της ισοτονικής άσκησης των άνω και κάτω άκρων. Οι αυξήσεις στην ενδυνάμωση του άνω μέρους του σώματος είναι μικρότερες από ό,τι για το πόδι ή το ισχίο που οφείλεται στο ότι και τα δύο προγράμματα προπόνησης περιλάμβαναν περισσότερες ασκήσεις στο κάτω μέρος παρά στο άνω. Φάνηκε ότι τα πρωτόκολλα προπόνησης με αντίσταση υψηλού φορτίου και υψηλής επανάληψης ήταν αποτελεσματικά στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης και του μεγέθους σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, υποδεικνύοντας ότι η προπόνηση αντίστασης χαμηλής έντασης μπορεί να είναι ευεργετική για τη μυϊκή ικανότητα σε γυναίκες για τις οποίες η υψηλή ένταση η άσκηση αντενδείκνυται. Συγκεκριμένα, δεν υπήρχε διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών στο επίπεδο του μηριαίου οστού, ενώ στις γυναίκες η επίδραση είναι μεγαλύτερη στη σπονδυλική στήλη. Αντίθετα ένα πρόγραμμα χαμηλής έντασης επαρκούς όγκου προπόνησης μπορεί να παράγει σχετικά οφέλη δύναμης παρόμοια με ένα πρόγραμμα υψηλότερης έντασης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Υπάρχουν

ορισμένες σημαντικές συνέπειες για την προπόνηση με αντίσταση για τους ηλικιωμένους πληθυσμούς. Ένα πρόγραμμα χαμηλότερης έντασης μπορεί να γίνει πιο εύκολα από άτομα μεγαλύτερης ηλικίας προσδίδοντας υγεία και οφέλη. Τόσο τα προγράμματα προπόνησης με αντίσταση υψηλού όσο και χαμηλού όγκου που εκτελούνται με την ίδια υψηλή ένταση είναι εξίσου αποτελεσματικά στη βελτίωση της ισομετρικής δύναμης και του μεγέθους των μυών. Στην πραγματικότητα, φαίνεται ότι το οστό στην εμμηνοπαυσιακή ηλικία μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με ασκήσεις ενδυνάμωσης υψηλού φορτίου με λίγες επαναλήψεις αλλά όχι με ασκήσεις αντίστασης πολλών επαναλήψεων χαμηλού φορτίου. Το μέγιστο φορτίο που ασκείται είναι πιο σημαντικό από τον αριθμό των επαναλήψεων για την αύξηση της οστικής μάζας στις εμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Gomez-Cabello et al., 2012; Benedetti et al., 2018).

Επιπλέον, οι γυναίκες χρειάζονται μεγαλύτερη άσκηση έντασης για να επιτύχουν ορισμένα αποτελέσματα στην οστική μάζα. Η αποτελεσματικότητα της προοδευτικής άσκησης με αντιστάσεις επιβεβαιώνεται από τους Cheung & Giangregorio (2012) που θεώρησαν αυτή την άσκηση την καλύτερη σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες για τη βελτίωση της BMD στη σπονδυλική στήλη και το ισχίο. Αυτό δεν ισχύει για τους ηλικιωμένους, στους οποίους η σωματική δραστηριότητα και η άσκηση έχουν ελάχιστες επιπτώσεις στην οστική πυκνότητα, ενώ θα πρέπει να γίνεται άσκηση ενδυνάμωσης. Ωστόσο, στην κλινική πράξη, σε οστεοπορωτικά άτομα με υψηλό κίνδυνο σπονδυλικού κατάγματος, η χρήση μηχανών αντίστασης θα πρέπει να είναι καλά μελετημένη, καθώς αυτή η τεχνική απαιτεί συχνά κάμψη και στρέψη του κορμού προς τα εμπρός για την εκτέλεση της άσκησης ή τη ρύθμιση του εξοπλισμού (Giangregorio et al., 2014; Benedetti et al., 2018).

Άρα, η άσκηση δύναμης καθορίζει την αύξηση της οστικής πυκνότητας σε συγκεκριμένο σημείο, ιδιαίτερα στον αυχένα του μηριαίου οστού και στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, η οποία διατηρείται βραχυπρόθεσμα έως μεσοπρόθεσμα. Συνιστώνται τουλάχιστον 3 συνεδρίες την εβδομάδα για ένα χρόνο. Η προοδευτική άσκηση με αντίσταση για τα κάτω άκρα είναι ο πιο αποτελεσματικός τύπος παρέμβασης άσκησης στην οστική πυκνότητα για τον αυχένα του μηριαίου οστού (Benedetti et al., 2018).

Γενικά, η προπόνηση με αντίσταση αναγνωρίζεται ως ο πιο αποτελεσματικός τύπος άσκησης για την υγεία των οστών. Είναι σαφές ότι επιβάλλονται ποικίλα φορτία ή

αντιστάσεις στο οστό κατά τη διάρκεια της προπόνησης που προκαλούν ερεθίσματα και οστεογονική απόκριση του οστού (Turner & Robling, 2005). Φαίνεται ότι οι μηχανικές φορτίσεις έχουν χαμηλότερη επίδραση στην εμφάνιση οστεογονικού αποτελέσματος με τη γήρανση. Με βάση αυτό, πιθανόν να συμβεί προοδευτική απώλεια οστικής ευαισθησίας που σχετίζεται με χημικά και φυσικά σήματα. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ρύθμιση της οστεοκλαστικής δραστηριότητας για την κατανόηση των αλλαγών των οστών που προκαλούνται από τη φυσική καταπόνηση (μηχανικό φορτίο). Φαίνεται ότι το OPG και το RANKL είναι σημαντικοί ρυθμιστές της οστεοκλαστογένεσης, αν και έχουν γίνει ελάχιστες ολοκληρωμένες προσπάθειες για τον χαρακτηρισμό των επιπτώσεων της μακροχρόνιας σωματικής άσκησης στην έκφραση και των δύο κυτοκινών στον ορό. Συνολικά, φαίνεται ότι η άσκηση με αντιστάσεις αυξάνει την οστική πυκνότητα στον τροχαντήρα και το ολικό ισχίο, την ισορροπία και τη δύναμη και ότι αυτά τα αποτελέσματα επηρεάζουν περισσότερο από την προπόνηση αντοχής σε ηλικιωμένες γυναίκες (Marques et al., 2011). Οι Zehnacker et al. (2007) υποστήριξαν ότι η τακτική άσκηση με αντίσταση κατά τη διάρκεια 1 έτους με συχνότητα 2-3 φορές την εβδομάδα έχει σημαντικά αποτελέσματα στη διατήρηση ή αύξηση της BMD της σπονδυλικής στήλης και του ισχίου σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.

Όσον αφορά την επίδραση της άσκησης αντίστασης στην BMD σε ηλικιωμένους ενήλικες, η επιθυμητή οστεογονική δράση έχει θεωρηθεί προληπτική καθώς οι ελάχιστες μετρήσιμες αλλαγές στη μάζα ή/και την πυκνότητα των οστών υποστηρίζονται από τη βελτίωση του μεταβολισμού των ιστών (Bemben et al., 2010; Bocalini et al., 2009). Στην πραγματικότητα, ένας σημαντικός αριθμός διαχρονικών μελετών υποστηρίζει ότι η RT αποτελεί ευνοϊκό τρόπο άσκησης για την ενίσχυση της υγείας των οστών αποφεύγοντας την απώλεια των τιμών της BMD με την πάροδο του χρόνου ή παρουσιάζοντας μικρές αυξήσεις, με πρωτόκολλο 3-12 μήνες επεμβατικής περιόδου (Mosti et al., 2013). Από την άλλη, υπάρχουν μελέτες που αναφέρουν μικρές μειώσεις της BMD με την RT (Bocalini et al., 2009; Bemben et al., 2010). Επιπλέον, παρουσιάζεται ασυμφωνία μεταξύ των μελετών λόγω επίδρασης διαφόρων παραγόντων όπως η ηλικία, το φύλο, η εθνικότητα, η διατροφική κατάσταση, το επίπεδο προετοιμασίας, η υγεία των οστών ή τέλος διαφορετικοί πειραματικοί σχεδιασμοί (διάρκεια, ασκήσεις κ.λπ.).

Ειδικότερα, η προαναφερθείσα απόκλιση στα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν για διαφορετικές μελέτες RT για ηλικιωμένους ενήλικες καθιστά δύσκολη την παροχή

στοιχείων για την αποτελεσματικότητα της διέγερσης της BMD και έτσι περιορίζει τη διεκδίκηση σχετικά με τον βέλτιστο σχεδιασμό RT (όγκος, ένταση, ανάπαυση) για τη διατήρηση της υγείας των οστών σε ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας.

Η συστηματική και μακροχρόνια άσκηση με βάρη μπορεί να δράσει θετικά στη μετεμνηνοπαυσιακή περίοδο της γυναίκας και να μειώσει το ρυθμό οστικής απώλειας, ή ακόμη να αυξήσει την οστική πυκνότητα των οσφυϊκών σπονδύλων κατά 1-2%. Τα αποτελέσματα δεν ισχύουν σε πρόσφατα μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες ή σε γυναίκες με υψηλή οστική πυκνότητα (Maddalozzo & Snow, 2000; Nikander et al., 2010; Καρακύριου και συν., 2013). Σχετικά με τα χαρακτηριστικά του προγράμματος δύναμης, που προκαλούν τα κατάλληλα μηχανικά ερεθίσματα στο οστό και οδηγούν σε οστεογένεση, τα συμπεράσματα είναι αντικρουόμενα και χρήζουν περαιτέρω έρευνας (Καρακύριου και συν., 2013).

Συγκρίνοντας διαφορετικούς τύπους σωματικών ασκήσεων, οι Howe et al. (2011) βρήκαν σημαντική επίδραση στην BMD για στατικές ασκήσεις στη σπονδυλική στήλη και τον καρπό καθώς και για δυναμικές ασκήσεις χαμηλής πρόσκρουσης (συμπεριλαμβανομένου της βάδισης και του Tai Chi) (Benedetti et al., 2018). Το Tai Chi φαίνεται να έχει θετική επίδραση στην μείωση της απώλειας BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στον εγγύς αυχένα του μηριαίου καθώς και σε βιοδείκτες του μεταβολισμού των οστών. Ωστόσο, για να είναι αποτελεσματική αυτή η δραστηριότητα πρέπει να διαρκέσει τουλάχιστον 12 μήνες (Bake & Hawley, 2012; Sun et al., 2016; Zou et al., 2017; Chow et al., 2018; Benedetti et al., 2018).

Οι Rahimi et al. (2020) ανέφεραν την απουσία επιπτώσεων της άσκησης με αντίσταση στην BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και τον αυχένα του μηριαίου σε μετεμνηνοπαυσιακές ομάδες γυναικών 60 ετών και άνω. Στις μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες, οι τρέχουσες συστάσεις άσκησης και η επίδραση της στην BMD είναι αμφισβητήσιμα (Shojaa et al., 2020).

Η εφαρμογή ειδικών προγραμμάτων άσκησης με αντίσταση σε μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες σε συνδυασμό με άσκηση δύναμης μπορεί να επιβραδύνει την απώλεια οστικής μάζας (Bemben et al., 2000; Wolff et al., 1999) και να τη διατηρήσει (Ryan et al., 1998; Wallace & Cumming, 2000) ή ακόμη και να αυξήσει την περιφερειακή οστική πυκνότητα (Maddalozzo & Snow, 2000).

Οι Whiteford et al. (2010) έδειξαν ότι οι περισσότερες τιμές BMD για τα FN, TH και LS άλλαξαν θετικά μετά από πρωτόκολλα RT που διήρκησαν 12-52 εβδομάδες αλλά χωρίς στατιστική διαφορά, ενώ ομάδα ελέγχου που δεν προπονήθηκε άλλαξε αρνητικά, όπως αναμενόταν, ενισχύοντας το ότι η επίδραση της RT στην BMD αφορά στην πρόληψη φυσικών μειώσεων ή επιβράδυνσης του ρυθμού φυσικής μείωσης με τη γήρανση. Μάλιστα, μετά από αναθεώρηση της επίδρασης των προγραμμάτων προπόνησης άσκησης στην οστική μάζα, οι Wolff et al. (1999) έδειξαν ότι το ποσοστό πρόληψης ή αναστροφής της απώλειας οστικής μάζας είναι 1% ετησίως για τις ανατομικές θέσεις FN και LS σε μεγαλύτερες γυναίκες που ασκούσαν τακτικά. Περαιτέρω, η μελέτη των Rhodes et al. (2000), με γυναίκες ηλικίας 65-75 ετών που συμμετείχαν σε πρόγραμμα RT για 54 εβδομάδες με φορτίο υψηλής έντασης (75% 1 RM), ανέφεραν μικρές και όχι σημαντικές, βελτιώσεις στο FN, τρίγωνο Ward (W) (0,69 0,13 έναντι 0,70 0,11 g/cm²), στον τροχαντήρα (0,74 0,10 έναντι 0,75 0,11 g/cm²) και τη σπονδυλική στήλη (1,10 0,17 vs. 1,13 0,18 g/cm²), ενώ στην ομάδα ελέγχου μειώθηκε, επίσης μη σημαντικά ή ήταν αμετάβλητη η BMD για το μηριαίο (0,78 0,09 έναντι 0,73 0,10 g/cm²), W (0,63 0,10 έναντι 0,59 0,12 g/cm²) και τον τροχαντήρα (0,69 0,12 έναντι 0,67 0,11 g/cm²) και LS (1,01 0,17 έναντι 1,01 0,17 g/cm²). Οι Bocalini et al. (2009) ανέφεραν την επίδραση της RT στην BMD σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες σε προπόνηση μέτριας έντασης (60-70% 1 RM) για 24 εβδομάδες. Οι συγγραφείς δεν παρατήρησαν αλλαγές στο BMD για LS (0,01%) και FN (0,04%) στην ομάδα που ασκήθηκε με αντίσταση, ενώ η ομάδα ελέγχου μείωσε την BMD για το LS (0,89%) και το FN (1,54%).

Οι Zhao et al. (2015) δεν βρήκαν σημαντική επίδραση των πρωτοκόλλων προπόνησης μόνο με αντίσταση μετεμμηνοπαυσιακών γυναικών στην BMD για FN (0,21 g/cm²) και το LS (0,18 g/cm²) αλλά θεώρησαν το αποτέλεσμα ικανοποιητικό τουλάχιστον για την αποφυγή μειώσεων της BMD κατά την περίοδο της παρέμβασης. Ωστόσο, όταν ένα πρόγραμμα άσκησης περιλαμβάνει RT σε συνδυασμό με ασκήσεις υψηλής πρόσκρουσης ή ασκήσεις με βάρος (τένις, τρέξιμο, χορός), οι συγγραφείς παρατήρησαν υψηλότερες βελτιώσεις στην BMD για το FN (0,41 g/cm², CI95% = 0,18–0,64 g/cm²) και LS (0,43 g/cm², CI95% = 0,16–0,70 g/cm²). Αυτό συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες και ενισχύει την άποψη ότι η RT διασφαλίζει την υγεία των οστών διατηρώντας την BMD σε ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας. Ωστόσο, μεταξύ μελετών (Going & Laudermilk, 2009; Bemben et al., 2010; Westcott, 2012; Mosti et al., 2013) αναφέρονται αντικρουόμενα

αποτελέσματα σχετικά με τις αλλαγές της BMD, που μπορούν να αποδοθούν στις διαφορές στην υπερφόρτωση της προπόνησης, στον όγκο (2-4 σετx3-15 επαναλήψεις) και την ένταση (80-90% 1 RM ή 8-10 RM), περίοδος εκπαίδευσης (2,5-12 μήνες), χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων (μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες ή άνδρες), μέγεθος δείγματος (21-143 συμμετέχοντες) και διατροφικός έλεγχος (π.χ. θεραπεία υποκατάστασης ή οιστρογόνα ελλειπής) (Bocalini et al., 2009; Whiteford et al., 2010; Mosti et al., 2013;; Arazi et al., 2018).

Η επίδραση της έντασης του φορτίου στο BMD κάθε ανατομικής θέσης αναφέρθηκε από τους Maddalozzo & Snow (2000), αναλύοντας πρωτόκολλα RT με φορτία υψηλής (70-90% 1 RM) και μέτριας έντασης (40-60% 1 RM). Οι συγγραφείς ανέφεραν, στους άνδρες, σημαντικές αυξήσεις στην BMD του LS, του τροχαντήρα και ολόκληρου του σώματος με το πρωτόκολλο υψηλής έντασης και αυξήσεις επίσης για τον τροχαντήρα με την προπόνηση μέτριας έντασης. Οι γυναίκες εμφάνισαν μόνο διαφορές (εξεταζόμενες σε ποσοστιαίες τιμές) στο BMD του τροχαντήρα και του FN με το πρωτόκολλο υψηλής έντασης, χωρίς διαφορά για την προπόνηση μέτριας έντασης. Οι διαφορές μεταξύ των ανατομικών θέσεων μεταξύ των ανδρών θα μπορούσαν να εξηγηθούν από τα κατώφλια ανταπόκρισης του ενδοοστικού οστεογενούς στρες (Maddalozzo & Snow, 2000; Frost, 2003; Mosti et al., 2013). Οι γυναίκες μπορεί να χρειάζονται μεγαλύτερη διέγερση για να αποκτήσουν καλύτερες αποκρίσεις BMD, αν και τα δεδομένα είναι ανεπαρκή για οποιαδήποτε δήλωση και ορισμένοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι τα αυξημένα μηχανικά ερεθίσματα (όγκος ή ένταση) δεν μεταφράζονται σε πρόσθετες αυξήσεις στην BMD (Bemben & Bemben, 2011).

Όσον αφορά τον αριθμό των ασκήσεων στα πρωτόκολλα RT, οι μελέτες δείχνουν 4-5 τύπους ασκήσεων για τους μύες των κάτω άκρων (π.χ. εκτείνοντες και καμπτήρες ισχίου και γόνατος, γάμπας, προσαγωγούς ισχίου και απαγωγείς), άνω άκρα (καμπτήρες αγκώνα και εκτατές, και καμπτήρες ώμου και απαγωγείς) και κορμός (θωρακικός, πλάτη και κοιλιακή χώρα) που εκτελούνται τόσο σε μηχανήματα όσο και με ελεύθερο βάρος (Whiteford et al., 2010; Bemben & Bemben, 2011; Marques et al., 2011). Δρουν με διαφορετικούς τρόπους στις ανατομικές θέσεις, με περιφερειακές επιδράσεις και επιδράσεις σε ολόκληρο το σώμα (Guimaraes et al., 2018; Pimenta et al., 2019). Ωστόσο, ο αριθμός των ασκήσεων που σχεδιάστηκαν για διαφορετικές περιοχές του σώματος δεν καθόρισε το μέγεθος της επίδρασης στην BMD (Bemben et al., 2010; Marques et al., 2013;

Mosti et al., 2013; Pimenta et al., 2019). Πιθανώς, μεγαλύτερες αλλαγές που σχετίζονται με τα πρωτόκολλα RT οφείλονται στη μηχανοευαισθησία του οστικού ιστού, που φαίνεται να είναι υψηλή σε άτομα με χαμηλότερες τιμές BMD, όπως συμβαίνει στην οστεοπενία και/ή στην οστεοπόρωση (Bemben & Bemben, 2011; Marques et al., 2013).

Τα περισσότερα πρωτόκολλα RT έχουν προγραμματιστεί με 3 σετ (Whiteford et al., 2010 Bemben et al., 2010) παρά τις μελέτες που συνέκριναν την επίδραση του αριθμού των σετ στην οστική πυκνότητα και ανέφεραν ότι 2 σετ είναι ικανοποιητικά για την εξασφάλιση θετικών αποτελεσμάτων, κυρίως όταν συνδυάζονται με 4 ή 5 ασκήσεις για τους μύες διαφορετικών περιοχών του σώματος (Guimaraes et al., 2018; Pimenta et al., 2019). Επιπλέον, ο αριθμός των επαναλήψεων που συνήθως σχεδιάζονταν κυμαινόταν από 8-12, με την ένταση του φορτίου από 60-85% 1 RM (Marques et al., 2013). Τέλος, η διάρκεια ανάπαυσης που παρατηρήθηκε μεταξύ των σετ κυμαινόταν από 60-120 δευτερόλεπτα (Guimaraes et al., 2018; Pimenta et al., 2019) και η συχνότητα των προπονήσεων ανά εβδομάδα ήταν (Bemben et al., 2010; Marques et al., 2011).

Η ανάλυση έδειξε ότι η διάρκεια των πρωτοκόλλων RT δεν επηρέασε τις τιμές της BMD πέρα από τις 12 εβδομάδες προπόνησης. Δεν παρατηρούνται σημαντικές αυξήσεις στην BMD σε περιόδους μεταξύ 17-52 εβδομάδων (Rhodes et al., 2000; Bocalini et al., 2009), γεγονός που δείχνει ότι η επίδραση της RT στην οστική μάζα σε έναν ηλικιωμένο πληθυσμό αποτρέπει τις μειώσεις που σχετίζονται με την ηλικία (Warren et al., 2008 Whiteford et al., 2010). Θεωρητικά, μια μεγαλύτερη περίοδος πρωτοκόλλου RT δείχνει ότι η διαδικασία απαιτεί 3-4 μήνες και η σταθεροποίηση του περιεχομένου/πυκνότητας οστικής μάζας συμβαίνει σε περίπου 6-8 μήνες (Kohrt et al., 2004). Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτής της ανασκόπησης δεν υποστήριξαν τη θεωρία ότι οι μεγαλύτερες παρεμβάσεις ενδέχεται να έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στην οστική πυκνότητα, καθώς μόνο μία από τις μελέτες που περιλαμβάνονται στις παρούσες αναλύσεις πραγματοποίησε πρωτόκολλο εκπαίδευσης μικρότερο από 6 μήνες και η διάρκεια της RT δεν επηρέασε την απόκριση BMD.

Αν και η RT μπορεί να επηρεάσει θετικά την αναδόμηση των οστών, η βιοχημική διαδικασία που είναι υπεύθυνη για αυτό το αποτέλεσμα δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητή (Laurent et al., 2016). Ωστόσο, άλλοι παράγοντες μπορεί να μεσολαβούν στις επιπτώσεις της σωματικής άσκησης στην υγεία των οστών, όπως η διατροφική κατάσταση

του ατόμου, η γενετική και η ορμονική ομοιόσταση (Bemben et al., 2010), που εξηγούν γιατί ορισμένες μελέτες δεν έχουν δείξει θετικές επιδράσεις της RT στην BMD.

Σύμφωνα με όσα μελετήθηκαν φάνηκαν οι σημαντικές θετικές επιδράσεις της άσκησης δυναμικής αντίστασης στην BMD σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Ωστόσο, υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των περιοχών. Ενώ οι μέσες διαφορές για το BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και το ολικό BMD του ισχίου μπορούν να θεωρηθούν μέτρια, το αντίστοιχο αποτέλεσμα για τον αυχένα του μηριαίου είναι αρκετά χαμηλό. Ίσως η διαφορετική διαμόρφωση φόρτωσης κατά τη διάρκεια της άσκησης δυναμικής αντίστασης μπορεί να εξηγήσει τα διαφορετικά αποτελέσματα (Zhao et al., 2015). Μια εξήγηση για τη σημαντικά χαμηλότερη επίδραση στην περιοχή του αυχένα του μηριαίου κατά τη διάρκεια της άσκησης με αντίσταση μπορεί να είναι το υψηλό επίπεδο άγχους από τις καθημερινές δραστηριότητες. Τα φορτία που φέρουν βάρος σε καταστάσεις ορθοστασίας με ένα πόδι, όπως το περπάτημα, έχουν ως αποτέλεσμα υψηλές τάσεις των μυών του απαγωγέα και υψηλές καταπονήσεις, ειδικά στον αυχένα του μηριαίου. Οι μετρήσεις δύναμης αποκάλυψαν αντίστοιχα φορτία περίπου τριπλάσια της μάζας σώματος (Bergmann et al., 2001). Επίσης, οι δυνάμεις αντίδρασης της άρθρωσης που προκαλούνται από τις ασκήσεις αντίστασης μπορεί να μην έχουν υπερβεί το όριο για την προσαρμογή των οστών και, ως εκ τούτου, να μην εμφανίζονται αποτελέσματα από την άσκηση.

4.2.3. Συνδυασμένη προπόνηση

Προβληματισμό προκαλεί αν ο συνδυασμός πολλών τύπων άσκησης σε ένα πρόγραμμα προπόνησης θα μπορούσε να είναι πιο αποτελεσματικός στη βελτίωση της BMC και της BMD στον ηλικιωμένο πληθυσμό. Ο συνδυασμός προγραμμάτων δύναμης και αερόβιας μορφής άσκησης βρίσκει όλο και περισσότερους υποστηρικτές για την πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης (Asikainen et al., 2004; Kemmler & Engelke, 2004; Καρακύριου και συν., 2005) και φαίνεται να οδηγεί σε διέγερση της οστικής πυκνότητας (Milliken et al., 2003). Υποστηρίζεται ότι τα προγράμματα αυτά συνδυάζουν υψηλή ένταση, κατακόρυφη επιβάρυνση και ποικιλία ασκήσεων, που μπορεί να προκαλέσουν μυϊκές συσπάσεις σε διαφορετικές μυϊκές ομάδες και μηχανικές φορτίσεις μεγαλύτερες από αυτές που δέχονται, συνήθως, τα οστά (Καρακύριου και συν., 2013).

Η πολυδιάστατη άσκηση αποτελείται από το συνδυασμό διαφορετικών ασκήσεων (αερόμπικ, ενδυνάμωση, προοδευτική αντίσταση, ισορροπία και χορός) και στοχεύει στην αύξηση ή τη διατήρηση της οστικής μάζας. Αυτό σημαίνει ότι οι ίδιες παρεμβάσεις παρέχονται σε όλους τους ανθρώπους προσαρμοσμένες στα ατομικά τους χαρακτηριστικά (Hopewell et al., 2016 Benedetti et al., 2018). Τα συνδυασμένα προγράμματα άσκησης συμπεριλαμβανομένων δραστηριοτήτων με βάρη, ισορροπία, τζόκινγκ, χαμηλής πρόσκρουσης, υψηλού μεγέθους άσκηση, μυϊκή δύναμη και προσομοιωμένες λειτουργικές εργασίες, συνιστώνται για τον προσδιορισμό της αύξησης της BMD ή τουλάχιστον για τη διατήρησή της. Ωστόσο, ο συνδυασμός της άσκησης θα πρέπει να προσαρμόζεται στα κλινικά χαρακτηριστικά του ασθενούς. Δεν υπάρχει συμφωνία για το καλύτερο πρωτόκολλο όσον αφορά τη διάρκεια, τη συχνότητα και το είδος των ασκήσεων που θα συνδυαστούν. Το πιο σχετικό αποτέλεσμα εντοπίστηκε στη σπονδυλική στήλη (Benedetti et al., 2018).

Ο συνδυασμός πολλών τύπων άσκησης συνιστάται σε άτομα που έχουν προσβληθεί από οστεοπόρωση με στόχο την αντιμετώπιση της μείωσης της οστικής μάζας (de Kam et al., 2009; Marty-St James & Carroll, 2009; Serra, 2013; Daly, 2017; Beck et al., 2017; Varahra et al., 2018). Έχει σημαντική επίδραση στην οστική πυκνότητα σε τρία σημεία: στον αυχένα του μηριαίου και στον μείζονα τροχαντήρα αλλά το μέγιστο όφελος είναι στο επίπεδο της σπονδυλικής στήλης (Howe et al., 2011).

Ποικίλες μεθοδολογικές αποκλίσεις, όσον αφορά τον προτεινόμενο συνδυασμό ασκήσεων, τα χαρακτηριστικά ασθενών με ή χωρίς κατάγματα και τα μέτρα έκβασης φαίνονται σημαντικές για τον καθορισμό του αποτελέσματος του προγράμματος άσκησης. Οι Kemmler et al. (2009) και Kukuljan et al. (2009) αναφέρουν σημαντική βελτίωση της BMD στο επίπεδο της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, του αυχένα του μηριαίου οστού και του μεγαλύτερου τροχαντήρα, ακολουθώντας προγράμματα που περιλαμβάνουν μυϊκή ενδυνάμωση και ασκήσεις πρόσκρουσης. Οι Nikander et al. (2010) αναφέρουν σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες διαφορετικά αποτελέσματα σχετικά με τα αποτελέσματα της άσκησης. Ενώ η προπόνηση με αντίσταση φαίνεται να έχει καλή επίδραση στην οσφυϊκή μάζα, η συσχέτιση αυτού του τύπου άσκησης με τις ασκήσεις «χαμηλής-μέτριας» πρόσκρουσης όπως το τζόκινγκ, το περπάτημα και η ανάβαση σκαλοπατιών είναι πολύ πιο αποτελεσματική στη διατήρηση της οσφυϊκής μάζας και στις δύο οσφυϊκές μοίρες.

Η άσκηση με βάρη έχει σημαντικά θετικά αποτελέσματα στη μέγιστη δύναμη, ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια του προπονητικού προγράμματος (American College of Sports Medicine, 2009). Οι Karakiriou et al. (2012) με τον συνδυασμό βηματικής αερόβιας άσκησης και άσκησης δύναμης κατέληξαν σε σημαντικές βελτιώσεις στη μέγιστη δύναμη. Αυτό ίσως οφειλόταν στην ιδιαιτερότητα των προπονητικών αποτελεσμάτων και των νευρικών προσαρμογών. Τα θετικά αποτελέσματα της άσκησης στη μέγιστη δύναμη συνοδεύτηκαν επίσης από ενίσχυση της μυϊκής αντοχής στην ομάδα συνδυασμένης άσκησης. Σταδιακά απαιτείται λιγότερη προσπάθεια για να ξεπεραστεί το ίδιο απόλυτο φορτίο.

Οι μεγαλύτερες βελτιώσεις με ένα πρόγραμμα άσκησης πολλαπλών συστατικών βρέθηκαν από τους Kemmler et al. (2010) και Kukuljan et al. (2009). Ειδικότερα, οι Kemmler et al. (2010) ανέφεραν ότι, σε σύγκριση με ένα γενικό πρόγραμμα ευεξίας, 18 μήνες παρέμβασης με άσκηση βελτίωσαν σημαντικά την BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στον αυχένα του μηριαίου. Οι Kukuljan et al. (2009) έδειξαν ότι ένα 12μηνο πρόγραμμα προπόνησης πολλαπλών συστατικών ασκήσεων δύναμης και πρόσκρουσης οδήγησε σε αύξηση από 1,6% σε 2,1% της οστικής πυκνότητας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, τον αυχένα του μηριαίου, τον τροχαντήρα και το ολικό ισχίο σε ηλικιωμένους άντρες. Άλλες μελέτες (Villareal et al., 2003) συνδυασμένης προπόνησης βρήκαν επίσης βελτιώσεις σε μικρότερο βαθμό. Σε σωματικά αδύναμες ηλικιωμένες γυναίκες, δοκιμάστηκαν διαφορετικά προγράμματα και συνδυασμός προγράμματος ενδυνάμωσης και αερόβιας προπόνησης. Και οι δύο ομάδες υποβλήθηκαν σε συνεχιζόμενη θεραπεία ορμονικής υποκατάστασης. Μετά από 9 μήνες προπόνησης, υπήρξαν μεγαλύτερες αυξήσεις της οστικής μάζας στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης μεταξύ των ατόμων που εκτελούσαν το συνδυασμένο πρόγραμμα προπόνησης σε σύγκριση με εκείνα της ομάδας ελέγχου (3,5% έναντι 1,5%), με τάση για μεγαλύτερες αυξήσεις στην οστική πυκνότητα του σώματος (1,5% έναντι 0,2%). Ωστόσο, δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στην BMD του ισχίου. Ανάλογα, οι Tolomio et al. (2010) έδειξαν ότι ένα πρόγραμμα άσκησης 20 εβδομάδων με αερόβιες ασκήσεις ισορροπίας και δύναμης μπόρεσε να βελτιώσει όλες τις παραμέτρους των οστών που αξιολογήθηκαν με την ποσοτική οστεοσονογραφία φαλαγγικών σε οστεοπενικές και οστεοπορωτικές μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Η επίδραση της μακροπρόθεσμης άσκησης στην οστική μάζα σε διάφορες σκελετικές θέσεις σε ηλικιωμένες γυναίκες με

χαμηλή BMD μελετήθηκε από τους Korpelainen et al. (2006). Στη μελέτη αυτή, το πρόγραμμα άσκησης συνίστατο σε άλματα και άσκηση ισορροπίας, 3 φορές την εβδομάδα για 6 μήνες. Μετά από μια περίοδο 30 μηνών, δεν σημειώθηκε καμία αλλαγή στην ομάδα άσκησης στον αυχένα ή στον τροχαντήρα, ενώ βρέθηκε μείωση της οστικής μάζας σε αυτά τα σημεία εντός της ομάδας ελέγχου. Επιπλέον, σημαντική μείωση του BMC σημειώθηκε στον τροχαντήρα και στις δύο ομάδες, ενώ η απώλεια ήταν μεγαλύτερη στην ομάδα ελέγχου. Η άσκηση δεν είχε καμία σημαντική επίδραση στο οστό στην πτέρνα, την άπω ή την υπεραπώτερη κερκίδα, όπου οι τιμές μειώθηκαν ανάλογα και στις δύο ομάδες. Οι Karinkanta et al. (2007) έδειξαν ότι η συνδυασμένη προπόνηση με άλματα αντίστασης-ισορροπίας δεν ήταν αρκετή για να ενισχύσει την οστική μάζα σε ηλικιωμένες γυναίκες, αλλά στις εκπαιδευμένες γυναίκες αποδυναμώθηκε κατά 2% λιγότερο ο κνημιαίος άξονας σε σχέση με την ομάδα ελέγχου. Τέλος, οι Marques et al. (2011) έδειξαν ότι η προπόνηση πολλαπλών συστατικών με μέτριας έντασης άσκηση με βάρη μπορεί να δημιουργήσει σημαντική προσαρμογή των οστών σε μια περίοδο 8 μηνών σε ηλικιωμένες γυναίκες μέσω μιας αύξησης της BMD στον αυχένα του μηριαίου.

Οι Karakiriou et al. (2012) έδειξαν ότι η αύξηση της οσφυϊκής οστικής πυκνότητας μετά την παρέμβαση υποδεικνύει θετικές φυσιολογικές προσαρμογές. Αυτό είναι σύμφωνο με τα αποτελέσματα άλλων μελετών (Kemmler et al., 2003; Maddalozzo & Snow, 2000; Milliken et al., 2003) που υποστηρίζουν τον συνδυασμό αερόβιας άσκησης και άσκησης αντίστασης ως τον καταλληλότερο είδος άσκησης για μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.

Ωστόσο, μελέτες που πραγματοποιήθηκαν και στα δύο φύλα δεν βρήκαν καμία επίδραση στην οστική μάζα από τα συνδυασμένα προγράμματα προπόνησης, δείχνοντας ότι η BMD σε διαφορετικά σημεία διατηρείται (de Jong et al., 2000; Santa-Clara et al. 2003; Binder et al., 2005) ή μειώνεται (Stewart et al., 2005) με τον ίδιο τρόπο με αυτούς που δεν έλαβαν μέρος στα προγράμματα άσκησης.

Καθώς οι κοινές προσπάθειες απώλειας βάρους στους ηλικιωμένους ενήλικες μπορεί να έχουν δυσμενείς συνέπειες στον οστικό ιστό, αρκετοί συγγραφείς έχουν αντιπαραβάλει τον αντίκτυπο ενός προγράμματος άσκησης πολλαπλών συστατικών και διατροφής στην οστική μάζα και στα δύο φύλα. Οι Villareal et al. (2008) εξέτασαν την επίδραση 52 εβδομάδων δίαιτας και συνδυασμένης θεραπείας άσκησης σε αδύναμους, παχύσαρκους ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες. Παρατήρησαν μεγαλύτερες μειώσεις

στην BMD του ισχίου στην ομάδα δίαιτας συνδυασμένης με άσκηση από ό,τι στην ομάδα ελέγχου, ενώ δεν εντοπίστηκαν διαφορές μεταξύ των ομάδων στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης ή σε ολόκληρο το σώμα.

Τα πιο απαιτητικά προγράμματα άσκησης υψηλής έντασης (π.χ. άλμα), είναι αποτελεσματικά μόνο όταν σχετίζονται με άλλες ασκήσεις χαμηλής έντασης. Οι Bolan et al. (2013) αναφέρουν θετικό οστεογονικό αποτέλεσμα της άσκησης με αντίσταση μόνο ή όταν σχετίζεται με δραστηριότητες υψηλής έντασης βάρους. Η ένταση και η αύξηση του τύπου του φορτίου είναι δύο θεμελιώδη στοιχεία της άσκησης για την αποφυγή φαινομένων προσαρμογής και βελτίωση της οστικής μάζας αντί απλώς μείωσης της απώλειας (Benedetti et al., 2018).

Οι Giangregorio et al. (2014) τόνισαν τη σημασία, για τα άτομα με οστεοπόρωση και οστεοπορωτικό σπονδυλικό κάταγμα, της συμμετοχής σε πρόγραμμα πολυδιάστατης άσκησης με άσκηση αντίστασης σε συνδυασμό με άσκηση ισορροπίας. Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι τέτοια άτομα δεν πρέπει να συμμετέχουν σε αερόβια προπόνηση, αποκλείοντας την προπόνηση με αντίσταση ή ισορροπία (Benedetti et al., 2018)..

Οι Xu et al. (2016) ποσοτικοποίησαν τη συχνότητα εκτέλεσης μια πολυδιάστατης άσκηση προκειμένου να είναι αποτελεσματική. Προτείνουν ότι κάθε συνεδρία θα πρέπει να είναι 30-60 λεπτών, 3 ή περισσότερες φορές την εβδομάδα για τουλάχιστον 10 μήνες. Επίσης, οι Marquez et al. (2011) υποστήριξαν ότι ο συνδυασμός ασκήσεων χωρίς βάρη για μυϊκή ενδυνάμωση, αντίστασης, αερόβιας άσκησης και ασκήσεων ισορροπίας προσδιορίζει την αύξηση της BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στον αυχένα του μηριαίου σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Έτσι, ένα πρόγραμμα άσκησης πολλαπλών συστατικών με μέτρια-υψηλή πρόσκρουση (επί τόπου βηματισμός, βηματισμός με 120-125b/m, σε πάγκο 15cm και πτώσεις φτέρνας σε άκαμπτη επιφάνεια) μπορεί να καθορίσει αύξηση της BMD στον αυχένα του μηριαίου σε πληθυσμό ηλικιωμένων γυναικών που δεν είχαν κάνει ποτέ προγράμματα άσκησης στο παρελθόν (Benedetti et al., 2018).

Οι ειδικοί συνιστούν κυρίως ασκήσεις αντοχής και προπόνηση όπως περπάτημα και τρέξιμο. Αυτές οι δραστηριότητες που φέρουν βάρος χρησιμοποιούνται ευρέως από τους ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες. Οι Kohrt et al. (1997) ανέφεραν ότι ένα πρόγραμμα άσκησης που περιλάμβανε περπάτημα, τζόκινγκ και αναρρίχηση σκαλοπατιών είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές αυξήσεις στην BMD ολόκληρου του

σώματος, στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, στον αυχένα του μηριαίου και στο τρίγωνο του Ward. Ωστόσο, οι ασκήσεις υψηλής έντασης (υπερμαραθώνιος, τρέξιμο >64 χλμ την εβδομάδα) συνοδεύονται από πολλές οστεοαρθρικές βλάβες και μικροτραυματισμούς.

Οι Mackelvie et al. (2000) ανέφεραν αυξήσεις στην BMD μεταξύ των δρομέων υψηλής απόδοσης, κυρίως στον αυχένα του μηριαίου οστού. Ήταν ένα σημαντικό αποτέλεσμα της βιάδισης στον αυχένα του μηριαίου, αλλά όχι στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης, αν και το αποτέλεσμα που παρατηρήθηκε στον αυχένα του μηριαίου είναι πιθανότατα πολύ μικρό για να είναι κλινικά αποτελεσματικό όσον αφορά την πρόληψη των καταγμάτων. Ωστόσο, σε μελέτη το περπάτημα για τουλάχιστον 4 ώρες/εβδομάδα συσχετίστηκε με 41% χαμηλότερο κίνδυνο κατάγματος ισχίου σε σύγκριση με το περπάτημα για λιγότερο από 1 ώρα/εβδομάδα. Έχει αναφερθεί ότι όσοι περπατούν τακτικά, θα βιώσουν χαμηλότερο κίνδυνο κατάγματος μέσω της προώθησης της ισορροπίας (Howe et al., 2007; Martyn-St James & Carroll, 2008) και της μείωσης του κινδύνου πτώσης, σε σχέση με τις αλλαγές που παρατηρούνται στην BMD στις μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες (Martyn-St James & Carroll, 2008). Ωστόσο, οι Maud et al. (1981) σχεδίασε τη μελέτη ενός δρομέα μεγάλων αποστάσεων, ηλικίας άνω των 70 ετών, με ιστορικό προπόνησης πάνω από 50 χρόνια και δεν βρήκαν αλλοιώσεις στο μυοσκελετικό σύστημα.

Φαίνεται ότι το αρχικό επίπεδο BMD είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τον καθορισμό των αποτελεσμάτων του προγράμματος προπόνησης. Τα χαμηλότερα βασικά επίπεδα οστικής μάζας μπορεί να σχετίζονται με υψηλότερα οφέλη μέσω της άσκησης και, ως εκ τούτου, η προπόνηση πολλαπλών συστατικών μπορεί να θεωρηθεί ως ένα από τα κύρια μη φαρμακευτικά μέτρα που θα πρέπει να προωθηθεί σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας, ειδικά οστεοπενικές και οστεοπορωτικές γυναίκες σε μια προληπτική προσέγγιση για «υγεία των οστών».

Συμπερασματικά, οι συνδυασμοί διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης μπορούν να βελτιώσουν ή τουλάχιστον να αποτρέψουν την οστική μείωση στις μετεμνηνοπαυσιακές γυναίκες. Ωστόσο, οι άνδρες φαίνεται να είναι λιγότερο επιρρεπείς σε αλλαγές στην οστική μάζα, που πιθανώς αποδίδεται στα υψηλότερα αρχικά επίπεδα οστικής μάζας τους ή ακόμα και επειδή χρειάζονται ερέθισμα άσκησης υψηλότερης έντασης. Ωστόσο, καθώς οι μελέτες στους άνδρες είναι λιγότερο εκτεταμένες, χρειάζεται

περισσότερη έρευνα για να ανακαλύψουμε τα πραγματικά αποτελέσματα αυτού του είδους εκπαίδευσης σε αυτό το φύλο.

4.2.4. Ασκήσεις δόνησης

Η δόνηση ολόκληρου του σώματος (Whole Body Vibration, WBV) είναι μια θεραπευτική παρέμβαση που βασίζεται στη χρήση ενός μηχανικού ερεθίσματος υψηλής συχνότητας σε μια δονούμενη πλατφόρμα (Gomez-Cabello et al., 2012 Dionello et al., 2016 Benedetti et al., 2018). Είναι ένα πολλά υποσχόμενο προληπτικό μέτρο που έχει προταθεί, για να βοηθήσει στην πρόληψη των καταγμάτων των οστών και της οστεοπόρωσης. Η δόνηση αποτελεί μηχανικό ερέθισμα με χαρακτηριστικά ταλάντωσης. Προβλήθηκε ως εναλλακτική μέθοδος άσκησης, που μπορεί να προκαλέσει τα κατάλληλα ερεθίσματα για οστεοβλαστική δράση (Cardinale & Wakeling, 2005; Τοκμακίδης & Καρακύριου, 2006). Χρησιμοποιεί μηχανικά ερεθίσματα υψηλής συχνότητας, που παράγονται από μια δονούμενη πλατφόρμα και μεταδίδονται μέσω του σώματος στο οστό και διεγείρουν τους αισθητηριακούς υποδοχείς. Οι σκελετικές αποκρίσεις στο WBV αναφέρονται ότι είναι παρόμοιες με αυτές της ειδικής εκπαίδευσης που ενεργοποιεί τη μηχανομετατροπή στα οστά και διεγείρει την οστεογένεση (Fjeldstad et al., 2009). Ουσιαστικά, τα δονητικά ερεθίσματα επηρεάζουν τη σκελετική αρχιτεκτονική άμεσα, ενεργοποιώντας την μηχανική καταπόνηση ή έμμεσα μέσω ενίσχυσης του μηχανικού σήματος με ενδομυελική πίεση ή ροή υγρού στο οστό ιστού μέσω μηχανισμών που δεν είναι πλήρως κατανοητοί (Rubin et al., 2002). Αυτή η μορφή εναλλακτικής άσκησης είναι σχετικά νέα στο χώρο της υγείας, με συνέπεια να υπάρχουν διαφορετικές απόψεις για τα χαρακτηριστικά του αποτελεσματικότερου προγράμματος.

Μακροχρόνιες έρευνες σε πειραματόζωα (Rubin et al., 2002 Christiansen & Silva 2006) έδειξαν ότι η WBV μπορεί να προκαλέσει αναβολική δράση στα οστά με οστεογένεση σε δοκιδωτό οστό (Rubin et al., 2004). Οι Dionello et al. (2016) αναφέρουν μέση διάρκεια άσκησης 2-22 μήνες, με 1-2 εβδομαδιαίες συνεδρίες, διάρκειας από 4-20min, με κάθετη ή οριζόντια δονητική ενέργεια, σε μεταβλητή συχνότητα 12-90Hz και εύρος 0,7-12mm. Η θετική επίδραση του WBV στη βελτίωση της BMD σε διαφορετικά σημεία υποστηρίζεται επίσης από άλλες μελέτες (Slatkovska et al., 2010; Ma et al., 2016; Merriman & Jackson, 2009). Αυτό επιβεβαιώνεται από τους Oliveira et al. (2016) που καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι, παρά το γεγονός ότι η WBV μπορεί να λειτουργεί ως

βοηθητικός παράγοντας στην πρόληψη ή θεραπεία της οστεοπόρωσης, ειδικά για την BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης, η ιδανική παρέμβαση δεν είναι ακόμη σαφής (Benedetti et al., 2018). Η προπόνηση με δονήσεις φαίνεται να διατηρεί την BMD σε μικρότερες προπονήσεις (περίπου 20 λεπτά) από το συμβατικό πρόγραμμα προπόνησης, που μπορεί να διαρκεί έως 1 ώρα.

Επιπλέον, οι Verschueren et al. (2004) παρατήρησαν σημαντικές θετικές αλλαγές στην BMD του ισχίου και διατήρηση της BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Συγκεκριμένα μελέτησαν και μέτρησαν την BMD του ισχίου σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες μετά από ένα πρόγραμμα προπόνησης 24 εβδομάδων με WBV. Η WBV αύξησε σημαντικά την BMD του ισχίου υποδηλώνοντας ότι μπορεί να είναι χρήσιμη στην πρόληψη της οστεοπόρωσης. Η μηχανική καταπόνηση υψηλής συχνότητας έχει αποδειχθεί ότι διεγείρει την οστική αντοχή. Συμμετείχαν 70 γυναίκες, 58-74 ετών, κατανεμημένες τυχαία σε ομάδα άσκησης με δόνηση (N=25), ομάδα άσκησης με αντίσταση (N=22) και ομάδα ελέγχου (N=23). Η ομάδα δόνησης εκτέλεσε στατικές και δυναμικές ασκήσεις εκτατών γόνατος σε πλατφόρμα δόνησης (squat, βαθύ squat, ευρεία στάση squat, squat με ένα πόδι και άλματα) 35-40 Hz, 2,28-5,09 g που φόρτωσε μηχανικά το οστό και προκάλεσε αντανακλαστικές συσπάσεις των μυών. Ο προπονητικός φόρτος ήταν χαμηλός στην αρχή και αυξήθηκε αργά σύμφωνα με την αρχή της υπερφόρτωσης. Ο όγκος της προπόνησης αυξήθηκε συστηματικά κατά τη διάρκεια της προπονητικής περιόδου των 6 μηνών αυξάνοντας τη διάρκεια της συνεδρίας, τον αριθμό των επαναλήψεων ή τον αριθμό των διαφορετικών ασκήσεων. Η ένταση της προπόνησης αυξήθηκε συντομεύοντας τις περιόδους ανάπαυσης ή αυξάνοντας το εύρος (χαμηλό 1,7 mm, υψηλό, 2,5 mm) ή/και τη συχνότητα (35-40 Hz) της δόνησης. Επιπλέον, το προπονητικό φορτίο αυξήθηκε αλλάζοντας τη μορφή εκτέλεσης των ασκήσεων από ασκήσεις κυρίως με δύο πόδια σε ασκήσεις με ένα πόδι. Η διάρκεια του προγράμματος WBV ήταν το πολύ 30 λεπτά και περιλάμβανε ζέσταμα και χαλάρωση. Ο ακριβής βαθμός μεταδοτικότητας είναι άγνωστος. Η ομάδα αντίστασης ξεκίνησε με τυποποιημένη προθέρμανση 20 λεπτών βηματισμού, τρεξιματος ή ποδηλασίας. Η ένταση των καρδιαγγειακών ασκήσεων ελεγχόταν αυτόματα και αυξήθηκε συστηματικά από το 60% στο 80% του καρδιακού ρυθμού. Στην συνέχεια πραγματοποίησαν εκτατές ασκήσεις γόνατος με δυναμικές ασκήσεις πίεσης και έκτασης ποδιών, αυξάνοντας από χαμηλή (20 RM) σε υψηλή (8 RM) αντίσταση. Το πρόγραμμα προπόνησης με αντίσταση αφορούσε

άτομα ηλικίας άνω των 60 ετών. Έγιναν 10-15 επαναλήψεις μέχρι το σημείο της κόπωσης για να προκληθεί βελτίωση στη μυϊκή δύναμη όσο και στην αντοχή. Κατά τη διάρκεια των πρώτων 14 εβδομάδων προπόνησης, η ένταση αυξήθηκε συστηματικά από 2 σετ των 20 επαναλήψεων το μέγιστο (RM) σε 2 σετ των 15 RM, 2 σετ των 12 RM, 2 σετ των 10 RM και τελικά 2 σετ των 8 RM. Τις τελευταίες 10 εβδομάδες, ο όγκος και η ένταση της προπόνησης κυμαίνονταν μεταξύ 3 σετ των 12 RM και 1 σετ των 8 RM. Κάθε πρόγραμμα διήρκεσε περίπου 1 ώρα συνολικά. Η ομάδα ελέγχου δεν συμμετείχε σε καμία άσκηση. Η BMD του ισχίου μετρήθηκε χρησιμοποιώντας DXA κατά την έναρξη και μετά την παρέμβαση 6 μηνών. Η ισομετρική και δυναμική ισχύς μετρήθηκαν με τη βοήθεια ενός μηχανοκίνητου δυναμόμετρου. Από την ανάλυση δεν παρατηρήθηκαν παρενέργειες σχετιζόμενες με τους κραδασμούς. Η προπόνηση με δόνηση βελτίωσε την ισομετρική και δυναμική μυϊκή δύναμη (15% και 16%, αντίστοιχα) και αύξησε σημαντικά την BMD του ισχίου (0,93%). Δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην BMD του ισχίου σε γυναίκες που συμμετείχαν σε προπόνηση με αντιστάσεις (0,60%). Οι δείκτες της οστικής εναλλαγής δεν άλλαξαν σε καμία από τις ομάδες. Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η προπόνηση με δόνηση μπορεί να είναι ένας εφικτός και αποτελεσματικός τρόπος για την τροποποίηση των καλά αναγνωρισμένων παραγόντων κινδύνου για πτώσεις και κατάγματα σε ηλικιωμένες γυναίκες.

Οι Rubin et al. (2004) ανέφεραν παρόμοια μεταβολή στη συνολική BMD της σπονδυλικής στήλης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες που χρησιμοποιούσαν στελέχη υψηλής συχνότητας αλλά χαμηλού μεγέθους, υποδηλώνοντας ότι δεν υπάρχει λόγος να εφαρμοστούν υψηλότερα μεγέθη κραδασμών για την ασφάλεια του χόνδρου και των οστών. Επίσης, φαίνεται ότι οι υψηλότερες επιταχύνσεις δεν παράγουν περαιτέρω θετικά αποτελέσματα στην BMD (Russo et al., 2004; Torvinen et al., 2003). Επομένως, η προπόνηση με δόνηση ολόκληρου του σώματος μπορεί να είναι ένας εφικτός και αποτελεσματικός τρόπος για την αναστολή της απώλειας BMD σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Η ανεπάρκεια οιστρογόνων προκαλεί ταχεία και διαρκή αύξηση της σκελετικής αναδιαμόρφωσης που αντικατοπτρίζεται από αύξηση στους βιοχημικούς δείκτες της οστικής ανανέωσης (Delmas et al., 2000). Οι Iki et al. (2007) έδειξαν ότι η οστεοκαλσίνη μπορεί να είναι χρήσιμη στην πρόβλεψη της εξέλιξης της οστεοπόρωσης σε οστεοπενικές γυναίκες. Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων οστεοκαλσίνης σε εμμηνοπαυσιακές γυναίκες με χαμηλή BMD πιθανώς σχετίζεται με αύξηση του σχηματισμού οστού ως

συνέπεια της αυξημένης οστικής απορρόφησης (De Leo et al., 2000; Iki et al., 2007), υποδηλώνοντας ότι η προπόνηση με άσκηση κατέστειλε την οστική ανανέωση, πιθανώς ενεργώντας ως μια μη φαρμακολογική αντιαπορροφητική παρέμβαση που ανέστρεψε την οστική απώλεια. Ίσως η νευρομυϊκή ενεργοποίηση μέσω δόνησης να προκαλεί βελτιώσεις στην απόδοση δύναμης παρόμοιες με αυτές που παρατηρούνται με την προπόνηση δύναμης (Delecluse et al., 2003; Vuori, 2001). Έτσι, η μηχανική δόνηση ενεργοποιεί το νευρομυϊκό σύστημα και επηρεάζει τους περιφερειακούς κινητικούς νευρώνες προκαλώντας αντανακλαστικά διέγερση στους κεντρικούς κινητικούς νευρώνες και στο εξωπυραμιδικό σύστημα μέσω νευρικών οδών (Cardinale & Bosco, 2003). Οι Karakiriu et al. (2012) έδειξαν ότι η δονητική διέγερση βελτίωσε τη μυϊκή απόδοση αλλά ήταν λιγότερο αποτελεσματική από την προπόνηση άσκησης. Σε αυτό συμφωνούν και οι Roelants et al. (2003).

Οι Fjeldstad et al. (2009) έδειξαν ότι 8 μήνες WBV μαζί με προπόνηση δύναμης οδηγεί σε μείωση της BMC ολόκληρου του σώματος, ενώ η οστική μάζα διατηρείται στην ομάδα ελέγχου. Οι Russo et al. (2004) δεν έδειξε αλλαγές στα χαρακτηριστικά των οστών μετά από μια περίοδο 6 μηνών παρέμβασης WBV σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Οι Iwamoto et al. (2005) διαπίστωσαν ότι η προσθήκη WBV δεν ενίσχυσε την αύξηση της BMD σε ηλικιωμένες γυναίκες. Ωστόσο, ορισμένες μελέτες (Rubin et al., 2004; Verschueren et al., 2004; Gusi et al., 2006; Ruan et al., 2008; von Stengel et al., 2011a; Verschueren et al., 2011; von Stengel et al., 2011b) ανέφεραν θετικά ευρήματα, υποδηλώνοντας ότι το WBV μπορεί να αντιπροσωπεύει μια αποτελεσματική μη φαρμακολογική παρέμβαση για την πρόληψη της μείωσης της BMD ή για την αύξηση ή τη διατήρηση της BMD σε ηλικιωμένους πληθυσμούς. Μία από τις πρώτες μελέτες που διεξήχθη βρήκε οφέλη για την οστική μάζα στον αυχένα του μηριαίου και τη σπονδυλική στήλη σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες που ακολούθησαν ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης WBV (Rubin et al., 2004). Προκειμένου να αντιπαραβληθεί η επίδραση της προπόνησης WBV και της προπόνησης δύναμης, οι Verschueren et al. (2004) πραγματοποίησαν μελέτη 24 εβδομάδων σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Βρήκαν ότι η WBV αύξησε σημαντικά την BMD του ισχίου (0,9%). Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην BMD του ισχίου σε γυναίκες που συμμετείχαν σε προπόνηση ενδυνάμωσης ή σε μάρτυρες που ταιριάζουν με την ηλικία. Δύο χρόνια αργότερα, αναφέρθηκε ότι μετά από 8 μήνες WBV σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, η BMD στον αυχένα του μηριαίου οστού της

εκπαιδευμένης ομάδας αυξήθηκε κατά 4,3% σε σύγκριση με την ομάδα που περπατούσε. Η σύγκριση των αλλαγών στην BMD σε άλλα σημεία στο ισχίο έδειξε μια τάση για υψηλότερη αποτελεσματικότητα της δονητικής άσκησης, αλλά η διαφορά δεν έφτασε σε στατιστική σημασία. Αντίθετα, η BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης ήταν αναλλοίωτη και στις δύο ομάδες. Επιπλέον, οι ομάδες WBV παρουσίασαν βελτιωμένη ισορροπία (29%), ενώ η ομάδα που περπατούσε όχι (Gusi et al., 2006).

Άλλη μελέτη έδειξε ότι παρόλο που τα αποτελέσματα της συμβατικής προπόνησης (αερόμπικ, προπόνηση ισορροπίας, λειτουργική γυμναστική και δυναμική ποδιών) δεν ενισχύθηκαν από το WBV, σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, ένα πανομοιότυπο πρόγραμμα άσκησης με δόνηση κατά τη διάρκεια της ενδυνάμωσης των ποδιών Η ακολουθία θα μπορούσε να είναι θετική για να αποτρέψει τη συχνότητα πτώσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο αριθμός των πτώσεων ήταν σημαντικά χαμηλότερος στην ομάδα που εκπαιδεύτηκε με δόνηση (0,7 πτώσεις/άτομο) σε σχέση με την ομάδα που εκπαιδεύτηκε χωρίς κραδασμούς (0,96) και την ομάδα ελέγχου (1,5) μετά από 18 μήνες. (von Stengel et al., 2011). Έρευνα έδειξε την επίδραση των συμπληρωμάτων WBV συν ασβεστίου και βιταμίνης D σε ιδρυματοποιημένες ηλικιωμένες γυναίκες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρξε σημαντική αύξηση της ολικής BMD του ισχίου, η οποία ήταν παρόμοια με αυτή που παρήχθη στην ομάδα ελέγχου (Verschuere et al., 2011).

Σε αντίθεση με άλλες μορφές άσκησης, όπου η διάρκεια του προπονητικού προγράμματος φαίνεται να έχει μεγάλη σημασία για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος στην οστική μάζα, ο αντίκτυπος του WBV στην BMD στους ηλικιωμένους ενήλικες μπορεί να επιτευχθεί ταχύτερα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Ruan et al., (2008) όπου οι περίοδοι 3 και 6 μηνών παρέμβασης WBV ήταν αρκετές για να βελτιώσουν την BMD της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του αυχένα του μηριαίου σε οστεοπορωτικές γυναίκες.

Οι Von Stengel et al. (2011) σύγκριναν την επίδραση δύο διαφορετικών πρωτοκόλλων WBV στην BMD στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και στον αυχένα του μηριαίου. Δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των ομάδων πέρα από τη συχνότητα και το εύρος που διέφεραν μεταξύ των παρεμβάσεων και οδηγούσαν σε παρόμοιες επιταχύνσεις. Σημαντική αύξηση 0,7% παρατηρήθηκε στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης στην ομάδα με τις συσκευές περιστροφικής δόνησης, ενώ η επίδραση

στην κάθετα δονούμενη ομάδα ήταν οριακή μη σημαντική. Δεν βρέθηκαν αλλαγές στην BMD του αυχένα του μηριαίου σε καμία από τις ομάδες.

Αν και δεν αναφέρθηκε στις μελέτες καμία απροσδόκητη δυσμενής έκβαση για την υγεία, έχει προταθεί ότι τα άτομα με μία από τις ακόλουθες παθήσεις δεν θα πρέπει να συμμετέχουν στην προπόνηση με δόνηση: πέτρες στα νεφρά ή στην ουροδόχο κύστη, αρρυθμία, εγκυμοσύνη, επιληψία, καρκίνος, βηματοδότης, ορθοστατική υπόταση χωρίς θεραπεία, πρόσφατα εμφυτεύματα (άρθρωση/κερατοειδής/κοχλιακός κ.λπ.), πρόσφατη χειρουργική επέμβαση, πρόσφατα τοποθετημένες ενδομήτριες συσκευές, οξεία θρόμβωση ή κήλη, οξεία ρευματοειδής αρθρίτιδα, σοβαρή καρδιαγγειακή νόσος, σοβαρός σακχαρώδης διαβήτης ή ημικρανίες (Totony et al., 2009).

Συνοπτικά, η προπόνηση με δόνηση φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματική από το περπάτημα και παρόμοια με την προπόνηση ενδυνάμωσης για τη βελτίωση της οστικής μάζας σε διαφορετικά σημεία σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Ωστόσο, χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να αποδειχθεί ότι αυτό συμβαίνει και στους άνδρες. Επιπλέον, η προπόνηση με δόνηση φαίνεται να έχει κάποια επιπλέον οφέλη όπως βελτιωμένη ισορροπία (Gusi et al., 2006; Kawanabe et al., 2007; Bautmans et al., 2005) και μείωση στον αριθμό των πτώσεων (von Stengel et al., 2011) που είναι εξαιρετικά σημαντικά για την πρόληψη των οστεοπορωτικών καταγμάτων. Η προπόνηση με δόνηση φαίνεται να είναι μια δυνητικά ασφαλής, χαμηλής επίπτωσης εναλλακτική λύση στις τρέχουσες μεθόδους, για την καταπολέμηση της φθοράς των οστών σε άτομα με δυσκολία στην άσκηση ή με περιορισμένη κινητικότητα, χωρίς τους κινδύνους που συνδέονται με την έντονη άσκηση (Mikhael et al., 2010).

Επιπλέον, η διάρκεια της προπόνησης κυμαινόταν από 6-18 μήνες και η συχνότητα προπόνησης 1 φορά την εβδομάδα έως 2 φορές την ημέρα, ενώ ο χρόνος που αφιερώθηκε στην προπόνηση σε μια δεδομένη ημέρα κυμαινόταν από 4-20 λεπτά. Όσον αφορά το είδος της άσκησης δόνησης, ορισμένες μελέτες χρησιμοποίησαν συσκευές που παρείχαν κατακόρυφη (Rubin et al., 2004 Fjeldstad et al., 2009 Verschueren et al., 2011 von Stengel et al., 2011) ή περιστροφική μορφή δόνησης (Russo et al., 2004; Iwamoto et al., 2005; Gusi et al., 2009; von Stengel et al., 2011). Οι συχνότητες δόνησης κυμαίνονταν από σχετικά χαμηλά 12,6 Hz έως το μέγιστο 40 Hz και το εύρος κυμαινόταν από 0,7 mm έως 12 mm. Φαίνεται ότι τα πρωτόκολλα θεραπείας διέφεραν σημαντικά μεταξύ των μελετών. Επομένως, οι διαφορές που βρέθηκαν μεταξύ των μελετών θα μπορούσαν εν μέρει να

μεσολαβούν στον αριθμό των συνεδριών ανά εβδομάδα, τη συχνότητα (Hz), την προσκόλληση, το είδος της μηχανής δόνησης που χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα εκπαίδευσης, καθώς και τις ασκήσεις που εκτελούνται στην πλατφόρμα. Δεν φαίνεται να υπάρχει μια βέλτιστη συνταγή δόνησης για τα οστά σε ηλικιωμένους ενήλικες (Mikhael et al., 2010). Θα πρέπει να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα για τη διερεύνηση της ιδανικής δόσης δόνησης, του χρόνου, της συχνότητας και της στάσης που απαιτούνται για να προκληθεί η βέλτιστη απόκριση (Totosty et al., 2009; Mikhael et al., 2010).

Όσον αφορά τις συσκευές δόνησης, τόσο οι κάθετες όσο και οι περιστροφικές συσκευές δόνησης φαίνεται να είναι αποτελεσματικές για την αύξηση της οστικής μάζας σε ηλικιωμένες γυναίκες. Οι μεγάλες διαφορές που βρέθηκαν μεταξύ των μελετών εμποδίζουν τη σύγκριση βάθους και, ως εκ τούτου, είναι δύσκολο να εξαχθεί ένα συμπέρασμα σχετικά με το ποια μορφή δόνησης έχει πιο ευεργετική επίδραση στην οστική μάζα. Υπάρχει μόνο μία μελέτη στην οποία εξετάζεται αυτό το ζήτημα και φαίνεται ότι η περιστροφική δόνηση μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική από την κάθετη δόνηση (von Stengel et al., 2011), ωστόσο, αυτό το συμπέρασμα είναι πρόωρο δεδομένου ότι τα δεδομένα είναι τόσο περιορισμένα (Gomez-Cabello et al., 2012).

Οι Fratini et al. (2016) υποστηρίζουν ότι η WBV προκαλεί σημαντικές βελτιώσεις της BMD στο ισχίο και τη σπονδυλική στήλη σε σύγκριση με καμία παρέμβαση, ενώ η θεραπεία που σχετίζεται με την θεραπευτική άσκηση δεν έχει σημαντικά αποτελέσματα. Διευκρινίζουν επίσης ότι το πιο οστεογονικό αποτέλεσμα επιτυγχάνεται με πλατφόρμες που εναλλάσσονται πλευρικά, λόγω της ομοιότητας του ερεθίσματος με το βάδισμα, τις μηχανικές ταλαντώσεις μεγέθους μεγαλύτερου από 3g ή/και συχνότητα μικρότερη από 25Hz, ενώ η άσκηση στην πλατφόρμα δεν παρέχει περαιτέρω βελτίωση της BMD. Έτσι, είναι καλύτερα το άτομο κατά τη διάρκεια της θεραπείας να παίρνει στατικές στάσεις (όρθια στάση ή βαθύ κάθισμα). Ωστόσο, πολλοί παράγοντες (π.χ. πλάτος, συχνότητα, στάση) επηρεάζουν την ικανότητα των δονήσεων να μεταδίδονται στο σημείο στόχο. Το επαρκές επίπεδο διέγερσης που απαιτείται για την παραγωγή αυτών των αποτελεσμάτων δεν έχει ακόμη καθοριστεί (Benedetti et al., 2018).

Αντίθετα, οι Lau et al. (2011) έδειξαν ότι ενώ η χρήση πλατφόρμας δόνησης μπορεί να βελτιώσει τη μυϊκή δύναμη στα κάτω άκρα των ηλικιωμένων ατόμων και δεν φαίνεται να προκαλεί σημαντικές αλλαγές στην οστική πυκνότητα στις γυναίκες. Ομοίως, ενώ η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από τους Cheung & Giangregorio (2012) δείχνει μόνο

μια μέτρια κλινική βελτίωση της BMD στο ισχίο σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, οι Jepsen et al. (2017) ανέφεραν μείωση του ρυθμού πτώσης όχι όμως της BMD (Benedetti et al., 2018).

Η εφαρμογή προγράμματος δόνησης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Russo, et al., 2003 Rubin et al., 2004) δεν παρουσίασε τις προσδοκώμενες προσαρμογές στην οστική μάζα, ίσως λόγω του περιορισμένου αριθμού προπονήσεων (2 συνεδρίες εβδομαδιαίως), σε συνδυασμό με τη χαμηλή προσέλευση στις συνεδρίες δόνησης ή ακόμα γιατί η φόρτιση δόνησης δεν ήταν η βέλτιστη για αύξηση της οστικής μάζας. Οι Russo et al. (2003) έδειξαν ότι οι παράμετροι των οστών δεν άλλαξαν σε διάστημα 6 μηνών επειδή το συνολικό πρόγραμμα δόνησης ήταν 6min ανά συνεδρία, 2 φορές την εβδομάδα, παρόλο που η συχνότητα του μηχανικού σήματος ήταν υψηλή (28Hz) (Καρακύριου και συν., 2013). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρθηκαν από τους Rubin et al. (2004), χρησιμοποιώντας θεραπείες 10min, δύο φορές την ημέρα για 12 μήνες, σε συχνότητα 30Hz αλλά σε πολύ χαμηλό εύρος (55mm). Επιπλέον, θετικές προσαρμογές 0,93% στην οστική πυκνότητα του ισχίου, σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες παρατηρήθηκαν μετά από περίοδο 6 μηνών στην οστική πυκνότητα του ισχίου με ερέθισμα 20min, σε υψηλή συχνότητα δόνησης (35-40Hz) και πλάτος (1,7-2,5mm), 3 φορές την εβδομάδα (Verschueren et al., 2004).

Ο Ruan et al. (2008) παρατήρησαν σημαντική αύξηση της οστικής πυκνότητας στους οσφυϊκούς σπονδύλους και τον αυχένα του μηριαίου οστού (κατά 4,3% και 3,2% αντίστοιχα) οστεοπορωτικών γυναικών, που ασκήθηκαν με πρόγραμμα δόνησης για 6 μήνες, υποστηρίζοντας ότι το παρεμβατικό πρόγραμμα μηχανικών δονήσεων (30Hz, 5mm, 10min) ήταν κατάλληλο ώστε να επηρεάσει το μεταβολισμό των οστικών κυττάρων (Καρακύριου και συν., 2013).

Έτσι η άσκηση με δονούμενες πλατφόρμες φαίνεται να επιδρά στην ενίσχυση της μυϊκής δύναμης, στη βελτίωση της ισορροπίας και στη μείωση του κινδύνου πτώσης σε οστεοπορωτικά άτομα (Benedetti et al., 2018). Παραμένει ασαφές εάν η προπόνηση με δόνηση έχει θετικές προσαρμογές στο μυοσκελετικό σύστημα ή αν αυτές οι προσαρμογές είναι συγκρίσιμες με αυτές που παρατηρούνται με άλλους τρόπους άσκησης, όπως ο συνδυασμός αντίστασης και αερόβιας προπόνησης, σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (Καρακύριου και συν., 2013).

4.3. Συχνότητα, διάρκεια και ένταση άσκησης

Για να αξιολογηθεί η επίδραση της φυσικής δραστηριότητας στην αλλαγή των οστικών δεικτών, είναι επίσης σημαντικό να ληφθούν υπόψη παράμετροι όπως τύπος, ένταση, διάρκεια κ.λπ.

Η συχνότητα της άσκησης μπορεί να είναι η πιο σημαντική πτυχή για το σχεδιασμό ενός πρωτοκόλλου άσκησης. Εκτός από τον άμεσο αντίκτυπο της στο εξεταζόμενο αποτέλεσμα, η συχνότητα άσκησης επηρεάζει άμεσα τη σκοπιμότητα του προγράμματος και συνεπώς τη συμμόρφωση των συμμετεχόντων. Φαίνεται ότι η μικρότερη συχνότητα προπόνησης (<2 συνεδρίες/εβδομάδα) είχε σημαντικά υψηλότερα μεγέθη επίδρασης για αλλαγές BMD στο LS και το TH έναντι της υψηλότερης συχνότητας προπόνησης (≥2 συνεδρίες/εβδομάδα). Αν και ορισμένες μελέτες δεν εντόπισαν σημαντικές διαφορές BMD μετά από μεταβολές στην συχνότητα της άσκησης (Bailey et al., 2010; Bemben & Bemben, 2011; Ashe et al., 2013), άλλες μελέτες (Cussler et al., 2005; Kemmler et al., 2013; Kemmler et al., 2014; Kemmler et al., 2016) κατέδειξαν σαφώς σημαντικά υψηλότερα μεγέθη επίδρασης για αλλαγές BMD σε LS και TH κατά την εφαρμογή συχνότητας τουλάχιστον 2 συνεδρίες/εβδομάδα σε σύγκριση με 1-2 συνεδρίες/εβδομάδα. Η χαμηλότερη συχνότητα όχι μόνο ήταν λιγότερο ευνοϊκή αλλά δεν έδειξε καμία επίδραση στην BMD στο LS ή στο TH. Ωστόσο, μπορεί να υπάρχουν κάποιες εξηγήσεις για τουλάχιστον παρόμοια αποτελέσματα BMD μετά από άσκηση με διαφορετική συχνότητα. Αρχικά, μπορεί να υποθεθεί ότι η υψηλότερη ένταση ίσως αντισταθμίσει την επίδραση της χαμηλότερης συχνότητας ή (αντίστροφα) η υψηλή συχνότητα σε συνδυασμό με την υψηλή ένταση να οδηγήσει σε ατελή προσαρμογή στην άσκηση. Θα μπορούσε επίσης να γίνει κατανοητό ότι ιδιαίτερα κατά την πρώιμη φάση μιας παρέμβασης, κάθε πρωτόκολλο άσκησης ειδικά για τα οστά θα μπορούσε να προκαλέσει θετικά αποτελέσματα στην οστική πυκνότητα σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητα από τη συχνότητα των ασκήσεων.

Μια άλλη βασική παράμετρος των επιπτώσεων της άσκησης σε ένα δεδομένο αποτέλεσμα είναι η ένταση άσκησης που κατηγοριοποιήθηκε σύμφωνα με το % 1RM (χαμηλή<65%, μέτρια 65–80%, υψηλή ένταση≥80% 1RM). Ωστόσο, αν και δεν προσδιορίζεται σταθερά μελέτες (Vincent & Braith, 2002) υποστηρίζουν ότι η υψηλή ένταση άσκησης είναι ανώτερη από τη μέτρια ή χαμηλή για την αντιμετώπιση της BMD. Η υπεροχή της υψηλής έντασης RT υποστηρίζεται έντονα (Hsieh & Turner, 2001) και δείχνει ότι το υψηλότερο μέγεθος παραμόρφωσης του οστού αυξάνει τον σχηματισμό οστού

γραμμικά ως προς το μέγεθος της παραμόρφωσής του. Σε αντίθεση με ένα σταθερό «όριο προσαρμογής οστών» φαίνεται ότι υπάρχουν κατώφλια φόρτωσης για μοντελοποίηση/αναδιαμόρφωση που ποικίλλουν μεταξύ διαφορετικών σκελετικών θέσεων, ανάλογα με το συνηθισμένο ιστορικό φόρτισης (Hsieh et al., 2001). Ωστόσο, δεν βρήκαμε κάποιο στοιχείο για την υπεροχή της υψηλής έντασης RT σε οποιοδήποτε σημείο.

Φαίνεται ότι η μηχανική καταπόνηση κατά τη διάρκεια της RT προκαλεί αλλαγές της BMD στους ενήλικες. Η αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος με ανάλυση των μικτών επιπτώσεων, δεν έδειξε σημαντική διαφορά της BMD μεταξύ μελετών μεγαλύτερης και μικρότερης διάρκειας, είτε στο LS, FN ή TH. Έτσι, παρά την προοδευτική αύξηση της έντασης της άσκησης, δεν υπάρχουν σχετικές περαιτέρω επαγόμενες από την άσκηση επιδράσεις μετά την αρχική προσαρμογή των οστών, είτε με μοντελοποίηση είτε (γρήγορη) αναδιαμόρφωση. Οι Kemmler et al. (2016) που εφάρμοσαν μακροπρόθεσμα πρωτόκολλα μικτής άσκησης έδειξαν συνεχή επίδραση της άσκησης στην BMD σε LS και FN.

Η άσκηση μικρότερης έντασης επικεντρώνεται κυρίως στην αποκατάσταση και έτσι το κύριο αποτέλεσμα δεν έγκειται στην αλλαγή της φυσιολογίας του φορτίου αλλά μάλλον στη βελτίωση της στάσης του σώματος, στην προσαρμογή των μυϊκών ανισορροπιών και στη σταθερότητα της στάσης. Για να διατηρηθεί η επιθυμητή βέλτιστη BMD, απαιτείται η διατήρηση ενός βέλτιστου επιπέδου έντασης που σχετίζεται με το λειτουργικό φορτίο κατά τη σωματική δραστηριότητα (Melendez-Ortega, 2007). Το φορτίο που προκαλείται κατά τη διάρκεια της άσκησης, είναι απαραίτητο για την προσαρμογή των οστών (Vainionpää et al., 2005). Έτσι, η κίνηση είναι σημαντικό στοιχείο για την πρόληψη και τη θεραπεία της οστεοπόρωσης.

Υπάρχει στενή αλληλεπίδραση του αριθμού των επαναλήψεων και του μεγέθους της καταπόνησης. Με σεβασμό στη φυσιολογία των οστών, ο αριθμός των κύκλων φόρτωσης είναι αμελητέος κατά την εφαρμογή υψηλού μεγέθους παραμόρφωσης. Ωστόσο, υπάρχουν στοιχεία (Kemmler & von Stengel, 2011) ότι οι υψηλότεροι αριθμοί επαναλήψεων μπορεί να αντισταθμίσουν τα χαμηλά έως οριακά μεγέθη παραμορφώσεων. Οι Cullen et al. (2001) έδειξαν ότι 40 επαναλήψεις με μέγεθος παραμόρφωσης 1000μΣ δεν επηρέασε το οστό κατά το ρυθμό σχηματισμού, ενώ 120 ή 400 επαναλήψεις είχαν ως αποτέλεσμα σημαντική αύξηση της παραμέτρου. Ωστόσο,

εξετάζοντας τη συνάφεια του όγκου άσκησης/συνεδρίας με τις αλλαγές BMD, δεν παρατηρήθηκε κάποια σχετική επίδραση.

Ο Melendez-Ortega (2007) υποστηρίζει ότι το εύρος του φορτίου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οστική πυκνότητα σε σχέση με τον αριθμό των επαναλήψεων. Η επαναλαμβανόμενη καταπόνηση των οστών πέρα του φυσιολογικού ορίου μπορεί να οδηγήσει σε τραυματισμό ή ακόμα και κάταγμα. Οι Englund et al. (2005) θεωρούν τη μακροχρόνια προπόνηση με βάρη ως την καταλληλότερη δραστηριότητα που επηρεάζει την BMD. Οι Vainionpää et al. (2005) απέδειξε ότι αυτό το είδος άσκησης όχι μόνο επηρεάζει την οστική πυκνότητα αλλά βελτιώνει και την αρχιτεκτονική των οστών. Αντίθετα, οι Schwab & Klein (2008) ισχυρίζονται ότι η σύντομη επαναλαμβανόμενη φόρτιση του οστού έχει θετικό αντίκτυπο στη βιολογία του.

Σύμφωνα με τους Yamazaki et al. (2004) είναι πολύ πιο αποτελεσματική στην αύξηση της BMD σε σχέση με την σωματική δραστηριότητα χαμηλότερης έντασης (π.χ. αργό περπάτημα). Επιλέχθηκαν 50 μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες, 49-75 ετών, με οστεοπενία/οστεοπόρωση. Οι 32 γυναίκες μπήκαν στο πρόγραμμα άσκησης (ομάδα άσκησης) και 18 στην ομάδα ελέγχου. Η άσκηση περιλάμβανε καθημερινό περπάτημα σε εξωτερικό χώρο, η ένταση του οποίου ήταν το 50% της μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου, με διάρκεια τουλάχιστον 1 ώρα, περισσότερα από 8000 βήματα, συχνότητα 4 ημέρες την εβδομάδα για 12 μήνες. Η οσφυϊκή BMD μετρήθηκε στην αρχή και κάθε 6 μήνες με DXA και στις δύο ομάδες. Δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στα βασικά χαρακτηριστικά, όπως ηλικία, ύψος, σωματικό βάρος, δείκτης οστικής μάζας, χρόνια από την εμμηνόπαυση, οσφυϊκή οστική πυκνότητα μεταξύ των δύο ομάδων. Παρόλα αυτά, η οσφυϊκή οστική πυκνότητα στην ομάδα άσκησης ήταν αυξημένη σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, αλλά διατηρήθηκε από την έναρξη. Ο μηχανισμός για τη θετική ανταπόκριση της οσφυϊκής οστικής πυκνότητας στη μέτρια άσκηση βάρδισης σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπενία/οστεοπόρωση φαίνεται να είναι η καταστολή της οστικής.

Παρόμοια αποτελέσματα διαπιστώθηκαν από τους Maddalozzo & Snow (2000) που υποστήριζαν ότι υψηλότερο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται μέσω ενός προγράμματος ασκήσεων υψηλής έντασης. Οι Chien et al. (2000) προσδιόρισε ότι η ένταση της σωματικής δραστηριότητας πρέπει να βρίσκεται πάνω από το όριο της αερόβιας, δηλαδή πάνω από το 60-70% της μέγιστης αερόβιας ικανότητας. Οι Brooke-Wavell et al. (2001) και οι Yamazaki et al. (2004) πρότειναν το περπάτημα ως κατάλληλη δραστηριότητα για την

αύξηση της οστικής πυκνότητας. Το περπάτημα είναι η ευκολότερη και καλύτερη διαθέσιμη μορφή σωματικής δραστηριότητας, που μπορεί εφαρμοστεί σχεδόν οπουδήποτε, ενέχει μικρούς κινδύνους τραυματισμού και αμελητέες οικονομικές απαιτήσεις αν και πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κίνδυνοι πτώσης σε ανώμαλα ή ολισθηρά εδάφη. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος πρόληψης της οστεοπόρωσης είναι το γρήγορο περπάτημα (Brooke-Wavell et al., 2001).

Ειδικότερα, οι Brooke-Wavell et al. (2001) μελέτησα 117 μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες (65,3±6,0 έτη) εκ των οποίων οι 70 είχαν λάβει ορμονική θεραπεία για τουλάχιστον 5 χρόνια. Η διάρκεια της δραστηριότητας αξιολογήθηκε με μόνιτορ σε ζώνη μέσης και η στάση με μετρητή ταλάντωσης. Τα άτομα ομαδοποιήθηκαν σε χαμηλή (LPA, ≤15 λεπτά/ημέρα) ή υψηλή (HPA, >15 λεπτά/ημέρα) σωματική δραστηριότητα. Η μέγιστη ισομετρική ισχύς των καμπτήρων γόνατος προσδιορίστηκε σε 49 από την ομάδα ορμονοθεραπείας και 12 από την ομάδα ελέγχου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, η μέση δύναμη εκτατών γόνατος ήταν υψηλότερη σε γυναίκες με ορμονοθεραπεία (115,3 (5,2), 118,2 (7,2) και 97,6 (9,3)). Φάνηκε ότι οι σωματικά πιο δραστήριες μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες είχαν σημαντικά καλύτερη σταθερότητα στάσης από τις λιγότερο δραστήριες γυναίκες, ενώ η ορμονοθεραπεία δεν είχε σημαντική επίδραση. Η σωματική δραστηριότητα μπορεί επομένως να έχει ρόλο στη μείωση του κινδύνου κατάγματος μέσω της μείωσης του κινδύνου πτώσης.

Οι Feskanich et al. (2002) επισημαίνουν αυξημένους κινδύνους πτώσης σε μεγαλύτερη ταχύτητα βάδισης ενώ υπάρχουν μελέτες (Martyn-St James & Carroll, 2008) που δεν απέδειξαν την επίδραση του περπατήματος στην αύξηση της BMD. Τα προγράμματα άσκησης που περιλαμβάνουν συνδυασμό ασκήσεων φόρτωσης, ισορροπίας και συντονισμού, αποκλείοντας τις αλματικές δραστηριότητες, βελτιώνουν την BMD, ενισχύουν τη μυϊκή δύναμη και την ικανότητα βάδισης και έτσι μειώνουν τους κινδύνους πτώσης και καταγμάτων (Englund et al., 2005). Σύμφωνα με τους Feskanich et al. (2002), οι δραστηριότητες που βελτιώνουν την ισορροπία και την ευλυγισία συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση των κινδύνων πτώσης, ενώ οι ασκήσεις με βαρύ φορτίο και αντίσταση ενισχύουν τη μυϊκή δύναμη και την οστική πυκνότητα. Οι κοινές καθημερινές δραστηριότητες μπορεί να έχουν τον ίδιο ή και μεγαλύτερο αντίκτυπο από την κατευθυνόμενη παρέμβαση άσκησης. Ο Kerry (2003) δεν βρήκε θετική επίδραση των

σωματικών δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις δουλειές του σπιτιού στην ποιότητα του οστικού ιστού.

4.4. Επίδραση ηλικίας και φύλου

Ως προς τις διαφορές στην αντίδραση στην προπόνηση μεταξύ ανδρών και γυναικών ή νέων και ηλικιωμένων, τα αποτελέσματα εξακολουθούν να είναι αμφιλεγόμενα. Οι Basse et al. (1998) εξέτασε την επίδραση της άσκησης με άλματα σε προεμμηνόπαυσιακές και μετεμμηνόπαυσιακές γυναίκες. Σε προεμμηνόπαυσιακές γυναίκες, η άσκηση οδήγησε σε σημαντική αύξηση (2,8%) της οστικής πυκνότητας του μηριαίου οστού μετά από 5 μήνες, μια αλλαγή σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή που βρέθηκε στην ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, στις μετεμμηνόπαυσιακές γυναίκες δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων άσκησης και ελέγχου μετά από 12 ή 18 μήνες. Φαίνεται ότι οι προεμμηνόπαυσιακές γυναίκες ανταποκρίνονται θετικά σε αυτή τη σύντομη άσκηση υψηλής επίδρασης, αλλά οι μετεμμηνόπαυσιακές γυναίκες όχι. Αντίθετα, οι Ryan et al. (2004) διαπίστωσαν ότι δεν υπήρχαν διαφορές φύλου μεταξύ ανδρών και γυναικών για καμία από τις περιοχές BMD και καμία διαφορά ηλικίας στην απόκριση στην ενδυνάμωση, εκτός από μια τάση μεταξύ νεαρών και μεγαλύτερων ατόμων για τον αυχένα του μηριαίου. Ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης ολόκληρου του σώματος διάρκειας 6 μηνών βελτίωσε την BMD της μηριαίας περιοχής σε νέους και σε υγιείς ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες, ενώ δεν βρέθηκαν αλλαγές στη σπονδυλική στήλη και σε ολόκληρο το σώμα.

Τέλος, οι Maddalozzo et al. (2000) σύγκριναν τις επιδράσεις στην οστική μάζα σε υγιείς ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες ενός προγράμματος προπόνησης ενδυνάμωσης μέτριας έντασης σε καθιστή θέση με ένα πρόγραμμα άσκησης υψηλής έντασης όρθιας ελεύθερου βάρους. Μετά από 24 εβδομάδες, η προπόνηση υψηλής έντασης είχε ως αποτέλεσμα αύξηση της BMD της σπονδυλικής στήλης στους άνδρες (1,9%) αλλά όχι στις γυναίκες, ενώ η προπόνηση μέτριας έντασης δεν προκάλεσε αλλαγές σε κανένα από τα δύο φύλα σε αυτό το σημείο. Παρατηρήθηκαν αυξήσεις στον τροχαντήρα στους άνδρες ανεξάρτητα από την ένταση της προπόνησης, αλλά όχι στις γυναίκες σε οποιοδήποτε σημείο του ισχίου.

Αν και χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να ελεγχθεί η πραγματική επιρροή του φύλου και της ηλικίας ως απάντηση στην προπόνηση, φαίνεται ότι οι γυναίκες, ειδικά οι μεγαλύτερες σε ηλικία, αποκομίζουν λιγότερα οφέλη μετά από προπονητικά προγράμματα από ό,τι οι άνδρες και οι νέες γυναίκες.

Όσον αφορά τις επιπτώσεις της διακοπής της προπόνησης στην οστική μάζα των ηλικιωμένων, πιστεύεται ότι απαιτείται συνεχής προπόνηση άσκησης για να διατηρηθεί η αύξηση της οστικής μάζας που αποκτάται μέσω των διαφορετικών προγραμμάτων άσκησης. Διαφορετικά, η BMD επανέρχεται στα βασικά επίπεδα.

Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες έδειξαν ότι οι βελτιώσεις της BMC και της BMD μετά από συγκεκριμένα προγράμματα άσκησης επανήλθαν στα βασικά επίπεδα με την διακοπή της προπόνησης. Οι Dalsky et al. (1988) έδειξαν ότι η προπόνηση άσκησης με βάρη μπόρεσε να αυξήσει το BMC της οσφυϊκής μοίρας κατά 5,2% πάνω από την αρχική τιμή μετά από 9 μήνες προπόνησης, ενώ δεν υπήρξε καμία αλλαγή (-1,4%) στην ομάδα ελέγχου. Μετά από 22 μήνες άσκησης, το BMC αυξήθηκε κατά 6,1% στην ομάδα προπόνησης. Ωστόσο, μετά από 13 μήνες μειωμένης δραστηριότητας, η οστική μάζα παρέμεινε 1,1% πάνω από την αρχική τιμή στην ομάδα απομάκρυνσης. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπόρωση, δείχνοντας ότι 1 και 2 χρόνια γρήγορου περπατήματος και γυμναστικής είναι αρκετά για τη βελτίωση της οστικής μάζας στην οσφυϊκή περιοχή, αλλά η BMD επανήλθε σε ένα επίπεδο που δεν ήταν σημαντικά διαφορετικό από τον έλεγχο με 1 έτος απομάκρυνσης (Iwamoto et al., 2001). Ειδικότερα, οι Iwamoto et al. (2001) εξέτασαν την επίδραση της άσκησης και της έλλειψης προπόνησης στην οστική πυκνότητα σε 35 μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με οστεοπόρωση, 53-77 ετών που χωρίστηκαν τυχαία σε ομάδα ελέγχου (N=20), ομάδα άσκησης 2 ετών (N=8) και ομάδα χωρίς άσκηση 1 έτους (N=7). Η άσκηση περιλάμβανε καθημερινό γρήγορο περπάτημα και γυμναστική. Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στην αρχική οσφυϊκή οστική πυκνότητα, που μετρήθηκε με DXA μεταξύ των τριών ομάδων. Η μέση ποσοστιαία μεταβολή της BMD σε σύγκριση με την αρχική ήταν σημαντικά υψηλότερη στα 1 και 2 έτη στην ομάδα προπόνησης και στο 1 έτος στην ομάδα χωρίς προπόνηση από ό,τι στην ομάδα ελέγχου και δεν διέφερε σημαντικά στα 2 χρόνια μεταξύ της μη προπόνησης και των ομάδων ελέγχου. Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι το προπονητικό πρόγραμμα άσκησης οδήγησε σε σημαντική αύξηση της οσφυϊκής οστικής πυκνότητας σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες με

οστεοπόρωση σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου και η οστική πυκνότητα επανήλθε σε επίπεδο μη σημαντικά διαφορετικό από τον έλεγχο με την ομάδα χωρίς προπόνηση. Απαιτείται συνεχής προπόνηση άσκησης για τη διατήρηση της οστικής μάζας που αποκτάται μέσω της άσκησης.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του είδους και της διάρκειας της άσκησης στον οστικό μεταβολισμό ατόμων τρίτης ηλικίας. Για τις ανάγκες της εργασίας μελετήθηκαν διεξοδικά 48 άρθρα δημοσιευμένα από το 2000 έως το 2021.

Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν φάνηκε ότι τα στοιχεία σχετικά με την άσκηση για άτομα τρίτης ηλικίας είναι εξαιρετικά ετερογενή όσον αφορά τις παρεμβάσεις και τα αποτελέσματα. Αυτή η ετερογένεια ευθύνεται για τις διαφορετικές επιδράσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

Ειδικότερα, η διάγνωση της οστεοπόρωσης βασίζεται στη μέτρηση της BMD που αντιπροσωπεύει το 70% της αντοχής των οστών και, ως εκ τούτου, αποτελεί σημαντικό δείκτη του επικείμενου κινδύνου κατάγματος (Wilkins & Birge, 2005). Σύμφωνα με τον WHO, οι τιμές BMD χωρίζονται σε τρεις ομάδες: κανονική BMD, οστεοπενία και οστεοπόρωση. Οι Wilkins & Birge (2005) υποστήριξαν ότι οι παράγοντες που συμβάλλουν στη μειωμένη BMD είναι τροποποιήσιμοι και μη. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν το κάπνισμα, η χαμηλή πρόσληψη ασβεστίου και βιταμίνης D, η έκθεση στο ηλιακό φως, η καθιστική ζωή, το χαμηλό σωματικό βάρος, το στρες/κατάθλιψη, η χειρουργική επέμβαση, τα φάρμακα υπογοναδισμού και η θεραπεία με γλυκοκορτικοειδή. Στους μη τροποποιήσιμους παράγοντες ανήκουν η προχωρημένη ηλικία, το γυναικείο φύλο, η λευκή/ασιατική φυλή, το οικογενειακό ιστορικό οστεοπόρωσης και κατάγματος ισχίου, η δυσανεξία στη λακτόζη, οι μεταβολικές διαταραχές που επηρεάζουν τον σκελετό και κάποιες κακοήθειες (μυέλωμα, λέμφωμα). Ο κίνδυνος κατάγματος θεωρείται ότι σχετίζεται με την ηλικία, λόγω μείωσης της οστικής πυκνότητας του εγγύς μηριαίου οστού και της σχετιζόμενης με την ηλικία αύξησης στις πτώσεις που σχετίζεται με επιδείνωση της ισορροπίας (Dontas & Yiannakopoulos, 2007).

Αν και δεν είναι εύκολο να καθοριστεί το βέλτιστο πρόγραμμα άσκησης, η σύνθεση των στοιχείων φανερώνει ότι τα πολλαπλά διαφορετικά είδη προγραμμάτων άσκησης έχουν ευεργετικά αποτελέσματα. Οι μελέτες σε ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας και ηλικιωμένους δείχνουν ότι οι μεταβλητές που σχετίζονται με τα οστά μπορούν να αυξηθούν ή τουλάχιστον να εξασθενήσουν τη μείωση της οστικής μάζας κατά τη γήρανση, ακολουθώντας ένα πρόγραμμα προπόνησης. Το περπάτημα αυξάνει μέτρια το φορτίο του σκελετού και, ως εκ τούτου, αυτός ο τύπος άσκησης έχει αποδειχθεί λιγότερο

αποτελεσματικός στην πρόληψη της οστεοπόρωσης. Αυτή η παρέμβαση άσκησης δεν έχει σχεδιαστεί ειδικά για τη μεγιστοποίηση των δυνάμεων φόρτισης για τη μηχανική καταπόνηση των οστών και την πρόκληση αλλαγών στην BMD, επομένως, οι παρεμβάσεις που συνδυάζουν αερόβια προπόνηση με άλλες μορφές άσκησης που παρέχουν επαρκή σκελετική φόρτιση μπορεί να έχουν μεγαλύτερα οφέλη στη βελτίωση της οστικής μάζας στους ηλικιωμένους ενήλικες.

Η άσκηση ενδυνάμωσης είναι ένα ισχυρό ερέθισμα για τη βελτίωση και τη διατήρηση της οστικής μάζας κατά τη διαδικασία της γήρανσης. Οι καλύτερες βελτιώσεις φαίνεται να επιτυγχάνονται μέσω της άσκησης δύναμης υψηλής έντασης με 3 συνεδρίες την εβδομάδα και 2-3 σετ ανά συνεδρία. Αν και μπορεί να παρατηρηθούν σημαντικές επιδράσεις μετά από 4-6 μήνες σε ορισμένες θέσεις του σώματος, η αποτελεσματικότητα του προπονητικού προγράμματος είναι μεγαλύτερη όταν εκτείνεται για τουλάχιστον 1 χρόνο. Προγράμματα άσκησης πολλαπλών συστατικών ενδυνάμωσης, αερόβιας, υψηλής πρόσκρουσης και/ή προπόνησης με βάρη καθώς και προπόνησης με δόνηση μόνα τους ή σε συνδυασμό, μπορεί να βοηθήσουν στην αύξηση ή τουλάχιστον στην πρόληψη της μείωσης της οστικής μάζας με τη γήρανση, ειδικά σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες. Ενώ τα οφέλη για τον αυχένα του μηριαίου, την οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης και την κνήμη έχουν αναφερθεί μετά από παρεμβάσεις άσκησης, η οστική μάζα ολόκληρου του σώματος φαίνεται να είναι λιγότερο επιρρεπής σε αλλαγές μέσω της άσκησης. Το τελευταίο θα μπορούσε να εξηγηθεί λόγω του γεγονότος ότι το όφελος για την πυκνότητα των μετάλλων περιορίζεται κυρίως στα οστά που εμπλέκονται άμεσα στην άσκηση (Todd & Robinson, 2003). Γενικότερα, οι ασκήσεις δύναμης δεν έχουν ούτε θετική ούτε αρνητική επίδραση στην ακεραιότητα των οστών σε έναν υγιή ηλικιωμένο πληθυσμό και των δύο φύλων. Τα πρωτόκολλα αντοχής έπρεπε να περιλαμβάνουν 4-5 ασκήσεις για τον κορμό, τα άνω και κάτω άκρα, με 2-3 σετ ανά άσκηση, 8-12 επαναλήψεις στα 70-90 % 1 RM, ανάπαυση 60-120' μεταξύ των σετ και 3 συνεδρίες την εβδομάδα για 12-52 εβδομάδες. Ωστόσο, αυτές οι γενικές κατευθυντήριες γραμμές φαίνεται να συνδέονται καλύτερα με την πρόληψη της μεγάλης απώλειας οστικής μάζας παρά με την αύξηση της οστικής μάζας με τη γήρανση και, ως εκ τούτου, είναι ευεργετικές για τη μείωση του κινδύνου οστικών διαταραχών, καθώς δεν υπάρχει συναίνεση σχετικά με θετικές αλλαγές με τα πρωτόκολλα RT, ακόμη και όσον αφορά τις μικρές αυξήσεις, στην BMD.

Η προπόνηση με αντιστάσεις χρησιμοποιείται ως στρατηγική πρόληψης ή μετριασμού της απώλειας της BMD. Αυτός ο τύπος άσκησης προκαλεί ερεθίσματα έντασης στα οστά που παράγουν μηχανική ρύθμιση της οστεογονικής απόκρισης και, ως εκ τούτου, αυξάνουν την περιεκτικότητα των οστών σε μέταλλα (Zhao et al., 2015; Watson et al., 2018). Ωστόσο, η αερόβια προπόνηση και άλλες μορφές άσκησης χαμηλής έντασης, όπως η ποδηλασία και η κολύμβηση, έχει αποδειχθεί ότι έχουν μικρή ή καθόλου επίδραση στην υγεία των οστών (Marques et al., 2011; Daly et al., 2019). Οι πολυαρθρικές ασκήσεις συμβάλλουν στην βελτίωση των οστών σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Μακροχρόνια πρωτόκολλα προπόνησης αντοχής για 4-6 μήνες, με μέτρια έως βαριά φορτία (50-80%, 1 RM), 2-3 σετ για άσκηση και 3 συνεδρίες την εβδομάδα, συμπεριλαμβανομένων των squats και των ασκήσεων deadlifts, έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνουν την BMD της σπονδυλικής στήλης και του ισχίου, καθώς και των άνω άκρων, έως και 3,8%, που θεωρείται κλινικά σημαντικό (Pimenta et al., 2019). Οι ασκήσεις με ελεύθερο βάρος που εκτελούνται με υψηλά φορτία (>70% 1 RM) υποδηλώνουν μεγαλύτερη ενίσχυση της BMD (Giangregorio et al., 2014; Watson et al., 2018).

Οι σκελετικές αποκρίσεις στα προγράμματα δόνησης φαίνεται ότι είναι παρόμοιες με αυτές της ειδικής προπόνησης που διεγείρει την οστεογένεση και λαμβάνοντας υπόψη ότι ο αντίκτυπος της δόνησης στην BMD στους ηλικιωμένους μπορεί να επιτευχθεί πιο γρήγορα από ό,τι σε άλλες μορφές άσκησης, αυτού του είδους η προπόνηση είναι μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για την πρόληψη καταγμάτων οστών και οστεοπόρωσης. Επειδή αυτός ο τύπος άσκησης υπό ιατρική συνταγή είναι δυνητικά ασφαλής, μπορεί να θεωρηθεί ως εναλλακτική λύση χαμηλού αντίκτυπου σε σχέση με τις τρέχουσες μεθόδους για την καταπολέμηση της φθοράς των οστών σε άτομα με δυσανεξία στην άσκηση ή με περιορισμένη κινητικότητα, χωρίς τους κινδύνους που συνδέονται με την έντονη άσκηση ή την έντονη άσκηση.

Τα αποτελέσματα των μελετών καταλήγουν ότι η άσκηση με δόνηση φαίνεται πιο αποτελεσματική από την απλή βάδιση και έχει παρόμοια αποτελεσματικότητα με την προπόνηση ενδυνάμωσης για τη βελτίωση της οστικής μάζας σε συγκεκριμένα σημεία (μηριαίο και σπονδυλική στήλη) σε μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες.

Αν και η DXA είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική οστικής πυκνότητας μεταξύ των αναφερόμενων μελετών, η ικανότητα του pQCT να αξιολογεί τις ιδιότητες των οστών μπορεί να αποδειχθεί πλεονεκτική για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της

προπόνησης στην υγεία των οστών. Σε κάποιες από τις μελέτες που εξετάστηκαν, οι αλλαγές στην οστική μάζα και τη μορφή έγιναν εμφανείς με το pQCT ακόμη και όταν οι μετρήσεις DXA ήταν ασήμαντες. Αν και οι περισσότερες θέσεις των οστών που μετρήθηκαν με pQCT και DXA διέφεραν, οι μετρήσεις pQCT παρείχαν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τις επιδράσεις της άσκησης στα οστά που δεν μπορούσαν να διευκρινιστούν από το DXA (Hamilton et al., 2010).

Ωστόσο, οι μεγάλες διακυμάνσεις στον τύπο, την ένταση και τη διάρκεια των προγραμμάτων προπόνησης, οι διαφορές στην ηλικία, το φύλο και τα χαρακτηριστικά των ατόμων (δηλαδή χρήση φαρμάκων, αρχική οστική μάζα ή συνύπαρξη άλλων παθολογιών) ή τα σκελετικά σημεία που διερευνήθηκαν και η έλλειψη διατροφικής επίβλεψης (ασβεστίου ή βιταμίνης D), είναι τα κύρια εμπόδια για τη γνώση του τύπου άσκησης με τα μεγαλύτερα οφέλη για την οστική μάζα.

Σε μελλοντική έρευνα θα μπορούσαν να περιληφθούν μακροχρόνια προγράμματα άσκησης που επιτρέπουν στα οστά να προσαρμοστούν στη μηχανική καταπόνηση της προπόνησης, να ενταχθούν μέτρα pQCT σε σαρωτές DXA σε τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές, να γίνουν περισσότερες δοκιμές σε άνδρες και δη ηλικιωμένους, να γίνουν περαιτέρω συγκρίσεις του φύλου και της ηλικίας με την ανταπόκριση στην προπόνηση, να περιληφθούν κι άλλες παράμετροι όπως η διατροφή και να αξιολογηθεί η επίδραση της μη άσκησης μετά από παρέμβαση άσκησης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Arazi H. & Eghbali E. (2017). Effects of Different Types of Physical Training on Bone Mineral Density in Men and Women. *Journal of Osteoporosis and Physical Activity*, 5(3), 1-5.
2. Arazi H., Samadpour M. & Eghbali E. (2018). The effects of concurrent training (aerobic-resistance) and milk consumption on some markers of bone mineral density in women with osteoporosis. *BMC Womens Health*, 18, 202.
3. Arija-Blazquez A., Ceruelo-Abajo S., Diaz-Merino M.S., Godino-Duran J.A., Martinez-Dhier L., Martin J.L. & Florensa-Vila J. (2014). Effects of electromyostimulation on muscle and bone in men with acute traumatic spinal cord injury: A randomized clinical trial. *J. Spinal Cord Med.*, 37, 299–309.
4. Armamento-Villareal R., Aguirre L., Waters D.L., Napoli N., Qualls C. & Villareal D.T. (2020). Effect of aerobic or resistance exercise, or both, on bone mineral density and bone metabolism in obese older adults while dieting: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res.*, 35:430–9.
5. Ashe M.C., Gorman E., Khan K.M., Brasher P.M., Cooper D.M., McKay H.A. & Liu-Ambrose T. (2013). Does frequency of resistance training affect tibial cortical bone density in older women? A randomized controlled trial. *Osteoporos Int*, 24:623–632
6. Ay A. & Yurtkuran M. (2003). Evaluation of hormonal response and ultrasonic changes in the heel bone by aquatic exercise in sedentary postmenopausal women. *Am J Phys Med Rehabil*, 82 (12): 942-9
7. Bailey C.A. & Brooke-Wavell K. (2010). Optimum frequency of exercise for bone health: randomised controlled trial of a high-impact unilateral intervention. *Bone*, 46:1043–1049
8. Bassej E. J., Rothwell M. C., 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 and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 13(12), 1805-1813
9. Bautmans I., Van Hees E., Lemper J. C. & Mets T. (2005). The feasibility of Whole Body Vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. *BMC geriatrics*, 5, 17.
10. Beck B.R., Daly R.M., Singh M.A. & Taafe D.R. (2016). Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *J Sci Med Sport*, 20(5), 438-445.
11. Bemben D.A. & Bemben M.G. (2011) Dose-response effect of 40 weeks of resistance training on bone mineral density in older adults. *Osteoporos Int*, 22:179–186

12. Bembien D.A., Fetters N.L., Bembien M.G., Nabavi N. & Koh E.T. (2000). Musculoskeletal responses to high- and low-intensity resistance training in early postmenopausal women. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(11), 1949-1957.
13. Bembien D.A., Palmer I.J., Bembien M.G. & Knehans, A.W. (2010). Effects of combined whole-body vibration and resistance training on muscular strength and bone metabolism in postmenopausal women. *Bone*, 47, 650–656.
14. Bergmann G., Deuretzbacher G., Heller M., Graichen F., Rohlmann A., Strauss J. & Duda G.N. (2001). Hip contact forces and gait patterns from routine activities. *J Biomech*, 34:859-871
15. Binder E.F., Brown M., Sinacore D.R., Steger-May K., Yarasheski K. E. & Schechtman K.B. (2004). Effects of extended outpatient rehabilitation after hip fracture: a randomized controlled trial. *JAMA*, 292(7), 837–846.
16. Bliuc D., Alarkawi D., Nguyen T.V., Eisman J.A. & Center J.R. (2015). Risk of subsequent fractures and mortality in elderly women and men with fragility fractures with and without osteoporotic bone density: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *J Bone Miner Res.*, 30(4), 637-646.
17. Bocalini D.S., Serra A.J. & Dos Santos, L. (2010). Moderate resistive training maintains bone mineral density and improves functional fitness in postmenopausal women. *J. Aging Res.*, 760818.
18. Bocalini D.S., Serra A.J., dos Santos L., Murad N. & Levy R.F. (2009). Strength training preserves the bone mineral density of postmenopausal women without hormone replacement therapy. *Journal of aging and health*, 21(3), 519–527.
19. Bolam K.A., Skinner T.L., Jenkins D.G., Galvão D.A. & Taaffe D.R. (2015). The Osteogenic Effect of Impact-Loading and Resistance Exercise on Bone Mineral Density in Middle-Aged and Older Men: A Pilot Study. *Gerontology*, 62(1), 22-32.
20. Brooke-Wavell K., Perrett L.K., Howarth P.A. & Haslam, R.A. (2001). The influence of visual environment on postural stability in healthy older women. *Age and Ageing*, 30(4): 41
21. Bunout D., Barrera G., de la Maza P., Avendaño M., Gattas V., Petermann M. & Hirsch, S. (2001). The impact of nutritional supplementation and resistance training on the health functioning of free-living Chilean elders: results of 18 months of follow-up. *The Journal of nutrition*, 131(9), 2441S–6S.
22. Chan D.C., Chang C.B., Han D.S., Hong C.H., Hwang J.S., Tsai K.S. & Yang R.S. (2018). Effects of exercise improves muscle strength and fat mass in patients with high fracture risk: A randomized control trial. *Journal of the Formosan Medical Association Taiwan yizhi*, 117(7), 572–582

23. Chan K., Qin L., Lau M., Woo J., Au S., Choy W., Lee K. & Lee S. (200). A randomized, prospective study of the effects of Tai Chi Chun exercise on bone mineral density in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehabil*, 85:717–22.
24. Chang K., Center J., Nguyen T. & Eisman J. (2004). Incidence of hip and other osteoporotic fractures in elderly men and women: Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *J Bone Miner Res*, 19(4), 532-536.
25. Chien M.Y., Wu Y.T., Hsu A.T., Yang R.S. & Lai J.S. (2000). Efficacy of a 24-week aerobic exercise program for osteopenic postmenopausal women. *Calcified tissue international*, 67(6), 443-448.
26. Chilibeck P.D., Davison K.S., Whiting S.J., Suzuki Y., Janzen C.L. & Peloso, P. (2002). The effect of strength training combined with bisphosphonate (etidronate) therapy on bone mineral, lean tissue, and fat mass in postmenopausal women. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 80(10), 941–950.
27. Chodzko-Zajko W.J., Proctor D.N., Fiatarone Singh M.A., Minson C.T., Nigg C.R., Salem G.J. & Skinner J.S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(7), 1510-1530.
28. Choe Y.R., Jeong, J.R. & Kim Y.P. (2020). Grip strength mediates the relationship between muscle mass and frailty. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle*, 11, 441–451.
29. Crandall C.J., Newberry S.J., Diamant A., Lim Y.W., Gellad W.F., Booth M.J., Motala A. & Shekelle, P.G. (2014). Comparative effectiveness of pharmacologic treatments to prevent fractures: an updated systematic review. *Ann Intern Med.*, 161(10), 711-723.
30. Cullen D.M., Smith R.T. & Akhter MP (2001). Bone-loading response varies with strain magnitude and cycle number. *J Appl Physiol.*, 91: 1971–1976
31. Cummings S.R. & Melton L.J. (2002). Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet*, 359(9319), 1761-1767.
32. Cunha P.M., Ribeiro A.S., Tomeleri C.M., Schoenfeld B.J., Silva A.M., Souza M.F., Nascimento M.A., Sardinha L.B. & Cyrino E.S. (2018). The effects of resistance training volume on osteosarcopenic obesity in older women. *Journal of sports sciences*, 36(14), 1564-1571.
33. Cussler E.C., Going S.B., Houtkooper L.B., Stanford V.A., Blew R.M., Flint-Wagner H.G., Metcalfe L.L., Choi J.E. & Lohman T.G. (2005). Exercise frequency and calcium intake predict 4-year bone changes in postmenopausal women. *Osteoporos Int*, 16:2129-2141
34. Dalsky G.P., Stocke K.S., Ehsani A.A., Slatopolsky E., Lee W.C. & Birge S.J. (1988). Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Annals of internal medicine*, 108(6), 824-828.

35. Daly R.M., Dalla V.J., Duckham R.L. & Fraser S.F. & Helge, E.W. (2019). Exercise for the prevention of osteoporosis in postmenopausal women: an evidence-based guide to the optimal prescription. *Brazilian journal of physical therapy*, 23(2), 170-180.
36. Daly R.M., Dunstan D.W., Owen N., Jolley D., Shaw J.E. & Zimmet P.Z. (2005). Does high-intensity resistance training maintain bone mass during moderate weight loss in older overweight adults with type 2 diabetes? *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 16(12), 1703-1712.
37. de Jong N., Chin A Paw M.J., de Groot L.C., Hiddink G.J. & van Staveren W.A. (2000). Dietary supplements and physical exercise affecting bone and body composition in frail elderly persons. *American journal of public health*, 90(6), 947-954.
38. de Matos O., Lopes da Silva D.J., Martinez de Oliveira J. & Castelo-Branco C. (2009). Effect of specific exercise training on bone mineral density in women with postmenopausal osteopenia or osteoporosis. *Gynecological endocrinology: the official journal of the International Society of Gynecological Endocrinology*, 25(9), 616-620.
39. Dhanwal D.K., Dennison E.M., Harvey N.C. & Cooper C. (2011). Epidemiology of hip fracture: worldwide geographic variation. *Indian J Orthop*, 45(1), 15-22.
40. Dias Quiterio A.L., Carnero E.A., Baptista F.M. & Sardinha LB (2011). Skeletal mass in adolescent male athletes and non-athletes: Relationships with high-impact sports. *J Strength Cond Res*, 25: 3439-3447
41. Englund U., Littbrand H., Sondell A., Pettersson U. & Bucht, G. (2005). A 1-year combined weight-bearing training program is beneficial for bone mineral density and neuromuscular function in older women. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 16(9), 1117–1123.
42. Evans E.M., Racette S.B., Van Pelt R.E., Peterson L.R. & Villareal D.T. (2007). Effects of soy protein isolate and moderate exercise on bone turnover and bone mineral density in postmenopausal women. *Menopause (New York, N.Y.)*, 14(3 Pt 1), 481–488.
43. Evstigneeva L., Lesnyak O., Bultink I.E., Lems W.F., Kozhemyakina E., Negodaeva E., Guselnikova G. & Belkin A. (2016). Effect of twelve-month physical exercise program on patients with osteoporotic vertebral fractures: a randomized, controlled trial. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 27(8), 2515–2524.
44. Fjeldstad C., Palmer I.J., Bemben M.G. & Bemben D.A. (2009). Whole-body vibration augments resistance training effects on body composition in postmenopausal women. *Maturitas*, 63(1), 79–83.

45. Frost H.M. (2003). Bone's mechanostat: A 2003 update. *Anat. Rec. A Discov. Mol. Cell Evol. Biol.*, 275, 1081–1101.
46. Giangregorio L.M., Papaioannou A., Macintyre N.J., Ashe M.C., Heinonen A., Shipp K., Wark J., McGill S., Keller H., Jain R., Laprade J. & Cheung A.M. (2014). Too Fit To Fracture: exercise recommendations for individuals with osteoporosis or osteoporotic vertebral fracture. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 25(3), 821–835.
47. Going S. & Lauder milk M. (2009) Osteoporosis and strength training. *Am J Lifestyle Med*, 3: 310-319
48. Going S., Lohman T., Houtkooper L., Metcalfe L., Flint-Wagner H., Blew R., Stanford V., Cussler E., Martin J., Teixeira P., Harris M., Milliken L., Figueroa-Galvez A. & Weber J. (2003). Effects of exercise on bone mineral density in calcium-replete postmenopausal women with and without hormone replacement therapy. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 14(8), 637-643.
49. Gomez-Cabello A., Ara I., Gonzalez-Aguero A., Casajus J.A. & Vicente-Rodriguez G. (2012). Effects of training on bone mass in older adults: a systematic review. *Sports Med.*, 1 42(4):301-325.
50. Guimaraes B.R. Pimenta L.D. Massini D.A., Dos Santos D., Siqueira L., Simionato A.R., Dos Santos L.G.A., Neiva C.M. & Pessôa Filho D.M. (2018). Muscle strength and regional lean body mass influence on mineral bone health in young male adults. *PLoS ONE*, 13, e0191769.
51. Gullberg, B., Johnell, O., & Kanis, J. A. (1997). World-wide projections for hip fracture. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 7(5), 407–413. <https://doi.org/10.1007/pl00004148>
52. 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 Musculoskelet Disord*, 7: 92
53. Halvarsson A., Franzén E. & Ståhle A. (2015). Balance training with multi-task exercises improves fall-related self-efficacy, gait, balance performance and physical function in older adults with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*, 29(4), 365–375.
54. Hans D., Genton L., Drezner M.K., Schott A.M., Pacifici R., Avioli L., Slosman D.O. & Meunier P.J. (2002). Monitored impact loading of the hip: initial testing of a home-use device. *Calcified tissue international*, 71(2), 112-120.

55. Helge E.W., Andersen T.R., Schmidt J.F., Jørgensen N.R., Hornstrup T., Krstrup P. & Bangsbo J. (2014). Recreational football improves bone mineral density and bone turnover marker profile in elderly men. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24 Suppl 1, 98–104
56. Herrera A., Lobo-Escolar A., Mateo J., Gil J., Ibarz E. & Gracia L. (2012). Male osteoporosis: a review. *World J Orthop*, 3(12), 223-234.
57. Hinton P.S., Nigh P. & Thyfault J. (2015). Effectiveness of resistance training or jumping-exercise to increase bone mineral density in men with low bone mass: A 12-month randomized, clinical trial. *Bone*, 79, 203–212.
58. Howe T.E., Rochester L., Jackson A., Banks P.M. & Blair V.A. (2007) Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database of Sys Rev*, 4: CD004963.
59. Hsieh Y.F. & Turner C.H. (2001) Effects of loading frequency on mechanically induced bone formation. *J Bone Miner Res*, 16:918-924
60. Hsieh YF, Robling AG, Ambrosius WT, Burr DB, Turner CH (2001) Mechanical loading of diaphyseal bone in vivo: the strain threshold for an osteogenic response varies with location. *J Bone Miner Res* 16:2291–2297
61. Huovinen V., Ivaska K.K., Kiviranta R., Bucci M., Lipponen H., Sandboge S., Raiko J., Eriksson J.G., Parkkola R., Iozzo P. & Nuutila P. (2016). Bone mineral density is increased after a 16-week resistance training intervention in elderly women with decreased muscle strength. *European journal of endocrinology*, 175(6), 571–582.
62. Irwin M.L., Alvarez-Reeves M., Cadmus L., Mierzejewski E., Mayne S.T., Yu H., Chung G.G., Jones B., Knobf M.T. & DiPietro L. (2009). Exercise improves body fat, lean mass, and bone mass in breast cancer survivors. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 17(8), 1534–1541.
63. Iwamoto J., Takeda T. & Ichimura S. (2001). Effect of exercise training and detraining on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *J Orthop Sci*, 6 (2): 128-32
64. 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 postmenopausal osteoporotic women treated with alendronate. *Aging Clinical and Experimental Research*, 17, 157-163.
65. Jiang H.X., Majumdar S.R., Dick D.A., Moreau M., Raso J., Otto D.D. & Johnston D.W. (2005). Development and initial validation of a risk score for predicting in-hospital and 1-year mortality in patients with hip fractures. *J Bone Miner Res*, 20(3), 494-500.
66. Johnell O. & Kanis J. (2005). Epidemiology of osteoporotic fractures. *Osteoporos Int*, 16(Suppl2), S3-S7.

67. Kanis J.A., Burlet N., Cooper C., Delmas P.D., Reginster J.Y., Borgstrom F. & Rizzoli R. (2008). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporos Int.* 19:399-428
68. Kanis J.A., McCloskey E., Branco J., Brandi M.L., Dennison E., Devogelaer J.P., Ferrari S., Kaufman J.M., Papapoulos S., Reginster J.Y. & Rizzoli R. (2014). Goal-directed treatment of osteoporosis in Europe. *Osteoporos Int.*, 25(11), 2533-43.
69. Kanis, J. A., Cooper, C., Rizzoli, R., Reginster, J. Y., & Scientific Advisory Board of the European Society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis (ESCEO) and the Committees of Scientific Advisors and National Societies of the International Osteoporosis Foundation (IOF) (2019). European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 30(1), 3–44.
70. Karakiriou S.T., Douda H.T., Smilios I.G., Volaklis K.A. & Tokmakidis S.P. (2012). Effects of vibration and exercise training on bone mineral density and muscle strength in postmenopausal women. *European Journal of Sport Science*, 12:1, 81-88
71. Karinkanta, S., Heinonen, A., Sievänen, H., Uusi-Rasi, K., Pasanen, M., Ojala, K., Fogelholm, M., & Kannus, P. (2007). A multi-component exercise regimen to prevent functional decline and bone fragility in home-dwelling elderly women: randomized, controlled trial. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 18(4), 453–462.
72. KawanabeK., Kawashima A., Sashimoto I., Takeda T., Sato Y. & Iwamoto J. (2007). Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *The Keio journal of medicine*, 56(1), 28-33.
73. Kelley G.A., Kelley K.S. & Tran Z.V. (2001). Resistance training and bone mineral density in women: a meta-analysis of controlled trials. *Am J Phys Med Rehabil*, 80:65-77
74. Kemmler W. & von Stengel S. (2011). Exercise and osteoporosis-related fractures: perspectives and recommendations of the sports and exercise scientist. *Phys Sportmed*, 39:142-157
75. Kemmler W. & von Stengel S. (2013). Exercise frequency, health risk factors, and diseases of the elderly. *Arch Phys Med Rehabil*, 94:2046–2053
76. Kemmler W. & von Stengel S. (2014). Dose-response effect of exercise frequency on bone mineral density in post-menopausal, osteopenic women. *Scand J Med Sci Sports*, 24:526–534

77. Kemmler W., Engelke K. & von Stengel S. (2016). Long-term exercise and bone mineral density changes in postmenopausal women-are there periods of reduced effectiveness? *J Bone Miner Res*, 31:215– 222
78. Kemmler W., Kohl M., von Stengel S. & Schoene D. (2020). Effect of high-intensity resistance exercise on cardiometabolic health in older men with osteosarcopenia: the randomised controlled Franconian Osteopenia and Sarcopenia Trial (FrOST). *BMJ Open Sport Exerc Med.*, 24 6(1):e000846.
79. Kemmler W., Shojaa M., Kohl M. & von Stengel S. (2020). Effects of Different Types of Exercise on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Calcified tissue international*, 107(5), 409-439.
80. Kemmler W., von Stengel S. & Kohl M. (2016). Exercise frequency and bone mineral density development in exercising postmenopausal osteopenic women. Is there a critical dose of exercise for affecting bone? Results of the Erlangen Fitness and Osteoporosis Prevention Study. *Bone*, 89:1-6
81. Kemmler W., von Stengel S., Engelke K., Häberle L. & Kalender W.A. (2010). 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. *Archives of internal medicine*, 170(2), 179–185.
82. Kemmler W., Weineck J., Kalender W.A. & Engelke K. (2004). The effect of habitual physical activity, non-athletic exercise, muscle strength, and VO₂max on bone mineral density is rather low in early postmenopausal osteopenic women. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 4(3), 325–334.
83. Kerr D., Ackland T., Maslen B., Morton A. & Prince R. (2001). Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 16(1), 175-181.
84. Kerr D., Morton A., Dick I. & Prince, R. (1996). Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 11(2), 218-225
85. Kohrt W.M., Bloomfield S.A., Little K.D., Nelson M.E. & Yingling V.R. (2004). American College of Sports Medicine Position Stand: Physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc*, 36: 1985-1996
86. Kohrt W.M., Ehsani A.A. & Birge S.J. (1997). Effects of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground-reaction forces on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res*, 12: 1253–1261

87. Korpelainen R., Keinänen-Kiukaanniemi S., Heikkinen J., Väänänen 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: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 17(1), 109–118.
88. Kothawala P., Badamgarav E., Ryu S., Miller R.M. & Halbert R.J. (2007). Systematic review and meta-analysis of real-world adherence to drug therapy for osteoporosis. *Mayo Clin Proc.*, 82(12), 1493-501.
89. Kukuljan S., Nowson C.A., Bass S.L., Sanders K., Nicholson G.C., Seibel M.J., Salmon J., & Daly R.M. (2009). Effects of a multi-component exercise program and calcium-vitamin-D3-fortified milk on bone mineral density in older men: a randomised controlled trial. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 20(7), 1241–1251.
90. Laurent M.R., Dubois V., Claessens F., Verschueren S.M., Vanderschueren D., Gielen E. & Jardí F. (2016). Muscle-bone interactions: From experimental models to the clinic? A critical update. *Mol. Cell Endocrinol.*, 432, 14-36
91. Liu-Ambrose T.Y., Khan K.M., Eng J.J., Heinonen A. & McKay H.A. (2004). Both resistance and agility training increase cortical bone density in 75- to 85-year-old women with low bone mass: a 6-month randomized controlled trial. *Journal of clinical densitometry: the official journal of the International Society for Clinical Densitometry*, 7(4), 390–398
92. MacKelvie K.J., Taunton J.E., McKay H.A. & Khan K.M. (2000). Bone mineral density and serum testosterone in chronically trained, high mileage 40-55 years old male runners. *Br J Sports Med*, 34: 273-278
93. Maddalozzo G.F. & Snow C.M. (2000). High intensity resistance training: effects on bone in older men and women. *Calcif Tissue Int.*, 66 (6): 399-404
94. Marques E. A., Wanderley F., Machado L., Sousa F., Viana J.L., Moreira-Gonçalves D., Moreira P., Mota J. & Carvalho J. (2011b). Effects of resistance and aerobic exercise on physical function, bone mineral density, OPG and RANKL in older women. *Experimental gerontology*, 46(7), 524–532.
95. Marques E.A., Mota J., Machado L., Sousa F., Coelho M., Moreira P. & Carvalho J. (2011a). Multicomponent training program with weight-bearing exercises elicits favorable bone density, muscle strength, and balance adaptations in older women. *Calcified tissue international*, 88(2), 117–129.
96. Marques E.A., Mota J., Viana J.L., Tuna D., Figueiredo P., Guimaraes J.T. & Carvalho J. (2013). Response of bone mineral density, inflammatory cytokines, and biochemical

- bone markers to a 32-week combined loading exercise programme in older men and women. *Arch. Gerontol. Geriatr.*, 57, 226–233.
97. Martyn-St James M. & Carroll S. (2008). Meta-analysis of walking for preservation of bone mineral density in postmenopausal women. *Bone*, 43: 521-531
 98. Martyn-St. James M. & Carroll S (2006) High intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporos Int*, 17:1225–1240
 99. Mikhael M., Orr R. & Fiatarone Singh M.A. (2010). The effect of whole body vibration exposure on muscle or bone morphology and function in older adults: a systematic review of the literature. *Maturitas*, 66 (2): 150-7
 100. 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(4), 478–484
 101. Min S.K., Oh T., Kim S.H., Cho J., Chung H.Y., Park D.H. & Kim C.S. (2019). Position statement: Exercise guidelines to increase peak bone mass in adolescents. *J. Bone Metab.*, 26, 225–239.
 102. Mohammad H.R., Kennedy J.A., Mellon S.J., Judge A., Dodd C.A. & Murray D.W. (2020). The clinical outcomes of cementless unicompartmental knee replacement in patients with reduced bone mineral density. *J. Orthop. Surg. Res.*, 15, 35.
 103. Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G. & Group P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med.*, 6, e1000097.
 104. Mosti M.P., Kaehler N., Stunes A.K., Hoff J. & Syversen U. (2013). Maximal strength training in postmenopausal women with osteoporosis or osteopenia. *J. Strength Cond. Res.*, 27, 2879–2886.
 105. Pimenta L.D., Massini D.A., Dos Santos D., Siqueira L.O.C., Sancassani A., Dos Santos L.G.A., Guimarães B.R., Neiva C.M. & Pessôa Filho D.M. (2019). Women’s femoral mass content correlates to muscle strength independently of lean body mass. *Rev. Bras. Med. Esporte.*, 25, 485–489.
 106. Rahimi G.R.M., Smart N.A., Liang M.T.C., Bijeh N., Albanaqi A.L., Fathi M., Niyazi A. & Rahimi M.N. (2020). The impact of different modes of exercise training on bone mineral density in older postmenopausal women: a systematic review and meta-analysis research. *Calcified Tissue International*, 106(6), 577-590.

107. Rhodes E.C., Martin A.D., Taunton J.E., Donnelly M., Warren J. & Elliot, J. (2000). Effects of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women. *Br. J. Sports Med.*, 34, 18–22.
108. Roshanravan B., Patel K.V., Fried L.F., Robinson-Cohen C., de Boer I.H., Harris T., Murphy R.A., Satterfield S., Goodpaster B.H., Shlipak M., Newman A.B., Kestenbaum B. & Health ABC study (2017). Association of muscle endurance, fatigability, and strength with functional limitation and mortality in the health aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 72:284–291
109. 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(13), 1155-1158.
110. 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 and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 19(3), 343-351.
111. Russo C.R., Lauretani F., Bandinelli S., Bartali B., Cavazzini C., Guralnik J.M., & Ferrucci L. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 84(12), 1854–1857
112. Ryan A.S., Ivey F.M., Hurlbut D.E., Martel G.F., Lemmer J.T., Sorkin J.D., Metter E.J., Fleg J.L. & Hurley B.F. (2004). Regional bone mineral density after resistive training in young and older men and women. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 14(1), 16-23.
113. Santa-Clara, H., Fernhall, B., Baptista, F., Mendes, M. & Bettencourt Sardinha L. (2003). Effect of a one-year combined exercise training program on body composition in men with coronary artery disease. *Metabolism: clinical and experimental*, 52(11), 1413–1417.
114. Shojaa M., von Stengel V., Kohl M., Schoene D. & Kemmler W. (2020). Effects of dynamic resistance exercise on bone mineral density in postmenopausal women - a systematic review and meta-analysis with special emphasis to exercise parameters. *Osteo Int*, 31(8), 1427-1444.
115. Silverman N.E., Nicklas B.J. & Ryan A.S. (2009). Addition of aerobic exercise to a weight loss program increases BMD, with an associated reduction in inflammation in overweight postmenopausal women. *Calcif Tissue Int*, 84 (4): 257-65
116. Sobolev B., Sheehan K.J., Kuramoto L. & Guy P. (2015). Risk of second hip fracture persists for years after initial trauma. *Bone*, 75, 72-76.

117. Stewart K.J., Bacher A.C., Hees P.S., Tayback M., Ouyang P. & Jan de Beur S. (2005). Exercise effects on bone mineral density relationships to changes in fitness and fatness. *American journal of preventive medicine*, 28(5), 453–460.
- 1) 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 and mineral metabolism*, 20(4), 196–200.
118. Tarantino U., Iolascon G., Cianferotti L., Masi L., Marcucci G., Giusti F., Marini F., Parri S., Feola M., Rao C., Piccirilli E., Zanetti E.B., Cittadini N., Alvaro R., Moretti A., Calafiore D., Toro G., Gimigliano F., Resmini G. & Brandi, M.L. (2017). Clinical guidelines for the prevention and treatment of osteoporosis: summary statements and recommendations from the Italian Society for Orthopaedics and Traumatology. *J Orthop Traumatol*, 18(Suppl 1), 3-36.
119. Tieland M., Trouwborst I. & Clark B.C. (2018). Skeletal muscle performance and ageing. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle*, 9, 3–19.
120. Todd J.A. & Robinson R.J. (2003). Osteoporosis and exercise. *Postgrad Med J.*, 79 (932): 320-3
121. Tolomio S., Ermolao A., Lalli A. & Zaccaria M. (2010). The effect of a multicomponent dual-modality exercise program targeting osteoporosis on bone health status and physical function capacity of postmenopausal women. *Journal of women & aging*, 22(4), 241–254.
122. Tolomio S., Ermolao A., Travain G. & Zaccaria M. (2008). Short-term adapted physical activity program improves bone quality in osteopenic/osteoporotic postmenopausal women. *Journal of physical activity & health*, 5(6), 844–853.
123. Totosy J.O., Giangregorio L.M. & Craven B.C. (2009). Whole-body vibration as potential intervention for people with low bone mineral density and osteoporosis: a review. *J Rehabil Res Dev*, 46 (4): 529-42
124. Turner C.H. & Robling A.G. (2005). Mechanisms by which exercise improves bone strength. *J Bone Miner Metab*, 23: 16-2
125. Vainionpaa A., Korpelainen R., Sievanen H., Vihriala E., Leppaluoto J. & Jamsa T. (2007). Effect of impact exercise and its intensity on bone geometry at weight-bearing tibia and femur. *Bone*, 40, 604–611.
126. Verschueren S.M., Bogaerts A., Delecluse C., Claessens A.L., Haentjens P., Vanderschueren D. & Boonen S. (2011). The effects of whole-body vibration training and vitamin D supplementation on muscle strength, muscle mass, and bone density in institutionalized elderly women: a 6-month randomized, controlled trial. *Journal of bone and mineral research: the official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 26(1), 42–49.

127. Verschueren S.M., Roelants M., Delecluse C., Swinnen S., Vanderschueren D. & Boonen S. (2004). Effect of 6-Month Whole Body Vibration Training on Hip Density, Muscle Strength, and Postural Control in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Pilot Study. *J Bone Miner Res*, 19: 352-359.
128. Villareal D.T., Binder E.F., Yarasheski K.E., Williams D.B., Brown M., Sinacore D.R. & Kohrt W.M. (2003). Effects of Exercise Training on Bone Mineral Density in Frail Elderly men and women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51: 985-990.
129. Villareal D.T., Shah K., Banks M.R., Sinacore D.R. & Klein S. (2008). Effect of weight loss and exercise therapy on bone metabolism and mass in obese older adults: a one-year randomized controlled trial. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 93(6), 2181–2187
130. Vincent K.R. & Braith R.W. (2002). Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Med Sci Sports Exerc*, 34:17-23
131. Von Stengel S., Kemmler W., Bebenek M., Engelke K. & Kalender W.A. (2011a). Effects of whole-body vibration training on different devices on bone mineral density. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(6), 1071–1079.
132. von Stengel S., Kemmler W., Engelke K. & Kalender W.A. (2011b). Effects of whole body vibration on bone mineral density and falls: results of the randomized controlled ELVIS study with postmenopausal women. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 22(1), 317–325.
133. Warren M., Petit M.A., Hannan P.J. & Schmitz K.H. (2008). Strength training effects on bone mineral content and density in premenopausal women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40, 1282–1288.
134. Watson S.L., Weeks B.K., Weis L.J., Harding A.T., Horan S.A. & Beck B.R. (2018). High-Intensity Resistance and Impact Training Improves Bone Mineral Density and Physical Function in Postmenopausal Women with Osteopenia and Osteoporosis: The LIFTMOR Randomized Controlled Trial. *J. Bone Miner. Res.*, 33, 211–220.
135. Weaver C.M., Gordon C.M., Janz K.F., Kalkwarf H.J., Lappe J.M., Lewis R., O’Karma M., Wallace T.C. & Zemel B.S. (2016). The National Osteoporosis Foundation’s position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: A systematic review and implementation recommendations. *Osteoporos. Int.*, 27, 1281–1386.
136. Westcott W.L. (2012). Resistance training is medicine: Effects of strength training on health. *Curr. Sports Med. Rep.*, 11, 209–216.
137. Whiteford J., Ackland T.R., Dhaliwal S.S., James A.P., Woodhouse J.J., Price R., Prince R.L. & Kerr D.A. (2010). Effects of a 1-year randomized controlled trial of resistance

- training on lower limb bone and muscle structure and function in older men. *Osteoporos. Int.*, 21, 1529–1536.
138. Widrick J.J., Stelzer J.E., Shoepe T.C. & Garner D.P. (2002). Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 283: R408-416.
 139. 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. *Osteoporos. Int.*, 9, 1–12.
 140. Woo J., Hong A., Lau E. & Lynn H. (2007). A randomised controlled trial of Tai Chi and resistance exercise on bone health, muscle strength and balance in community-living elderly people. *Age and ageing*, 36(3), 262–268.
 141. Wright N.C., Looker A.C., Saag K.G., Curtis J.R., Delzell E.S., Randall S. & Dawson-Hughes B. (2014). The recent prevalence of osteoporosis and low bone mass in the United States based on bone mineral density at the femoral neck or lumbar spine. *Journal of bone and mineral research. The official journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 29(11), 2520-2526.
 142. Xu J., Lombardi G., Jiao W. & Banfi G. (2016). Effects of Exercise on Bone Status in Female Subjects, from Young Girls to Postmenopausal Women: An Overview of Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Sports medicine*, 46(8), 1165–1182.
 143. 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(5), 500–508.
 144. Zamoscinska M., Faber I.R. & Busch D. (2020). Do older adults with reduced bone mineral density benefit from strength training? A critically appraised topic. *J. Sport Rehabil.*, 29, 833–840.
 145. Zehnacker C.H. & Bemis-Dougherty A. (2007). Effect of weighted exercises on bone mineral density in post menopausal women. *A systematic review. Journal of geriatric physical therapy*, 30(2), 79–88.
 146. Zhao R., Zhao M. & Xu Z. (2015) The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *Osteoporos Int*, 26:1605– 1618