



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΑΣΚΗΣΗ, ΕΡΓΟΣΠΙΡΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ»



## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Πιλοτικό πρόγραμμα πρόωμης ανίχνευσης γεροντικής  
σαρκοπενίας και πρόβλεψης του κινδύνου εμφάνισης καταγμάτων  
ευθραστότητας υπερηλίκων ατόμων σε πρωτοβάθμιες  
υγειονομικές δομές κοινοτικής φροντίδας.**

Αντζουλάς Παναγιώτης  
Ιατρός - ειδικευόμενος χειρουργός ορθοπαιδικός  
Φυσικοθεραπευτής

### ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μέντης Εμμανουήλ, επιβλέπων καθηγητής  
Αλμπάνη Ελένη, μέλος τριμελούς επιτροπής  
Γκούβα Μαίρη, μέλος τριμελούς επιτροπής

ΛΑΡΙΣΑ, 2021



UNIVERSITY OF THESSALY  
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES- FACULTY OF MEDICINE  
DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT SCIENCE



MASTER OF SCIENCE  
«EXERCISE, ERGOSPIROMETRY AND REHABILITATION»

---

## THESIS

**Pilot implementation of a primary sarcopenia early detection program and fragility fracture risk screening of the elderly population, in primary health care units.**

**LARISA, 2021**

## Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες .....	5
Πρόλογος .....	6
Περίληψη .....	7
Abstract.....	8
<b>ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....</b>	<b>9</b>
1 Εισαγωγή.....	9
2 Σαρκοπενία.....	10
2.1 Προϋποθέσεις ορισμού .....	10
2.2 Ορισμός.....	10
2.3 Επιδημιολογία .....	11
2.4 Παθοφυσιολογία.....	12
2.5 Αιτιολογία .....	15
2.6 Τύποι σαρκοπενίας.....	19
2.7 Διάγνωση .....	20
2.8 Διαφοροδιάγνωση .....	23
2.9 Θεραπεία.....	24
3 Βιταμίνη D και σαρκοπενία .....	25
4 Βιταμίνη C και σαρκοπενία.....	27
5 Ωμέγα-3 και σαρκοπενία.....	28
6 Άσκηση και σαρκοπενία.....	30
<b>ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ .....</b>	<b>32</b>
Σκοπός .....	32
Υλικό και μέθοδος.....	32
Δείγμα.....	32
Υλικό .....	33
Περιγραφή δοκιμασιών.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Στατιστική ανάλυση.....	39

<i>Αποτελέσματα της έρευνας</i> .....	40
<i>Συζήτηση</i> .....	45
<i>Συμπεράσματα</i> .....	51
<i>Βιβλιογραφία</i> .....	53
<i>Παράρτημα</i> .....	58

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να γράψω δυο λογία απευθυνόμενος στους ανθρώπους που υπήρξαν δίπλα μου τόσο κατά τη διάρκεια αυτής της διαδρομής, όσο και νωρίτερα στην έως τώρα καριέρα μου. Κατ' αρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή αυτής της εργασίας τον κ. Εμμανουήλ Μέντη ο οποίος με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να σχεδιάσω, να εκτελέσω και να παρουσιάσω τα αποτελέσματα αυτής της σημαντικής και πρωτοποριακής έρευνας. Τον ορθοπαιδικό κ. Σάββα Γιακουμάκη ο οποίος αποτέλεσε και αποτελεί για εμένα σπάνιο παράδειγμα ανθρώπου και επιστήμονα.

Θα ήταν σημαντική παράλειψη αν δεν αφιέρωνα κάποιες γραμμές σε ορισμένα πολύ αγαπημένα μου πρόσωπα δίχως τη βοήθεια και την κατανόηση των οποίων η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία δε θα είχε ολοκληρωθεί. Θέλω να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, Καλλιόπη και Βασίλειο, για την ηθική αλλά και την οικονομική βοήθεια που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια προκειμένου να καταφέρω να ολοκληρώσω την Ιατρική, τη Φυσικοθεραπεία αλλά και το μεταπτυχιακό .

Τέλος, θα ήθελα να ζητήσω συγγνώμη από την σύζυγό μου Γεωργία και τον νεοφερμένο στη ζωή μας Βασίλειο, που σήμερα είναι 11 μηνών, για τις χαμένες βόλτες τα απογεύματα και τα Σαββατοκύριακα, αλλά και να ευχαριστήσω την σύζυγο μου για την κατανόηση - υπομονή που έδειξε για τις ώρες απομόνωσης στο γραφείο.

## Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της υποχρεωτικής πτυχιακής εργασίας του ΔΠΜΣ «Άσκηση, Εργοσπιρομετρία και Αποκατάσταση» του Πανεπιστημίου της Θεσσαλίας, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2021, υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Εμμανουήλ Μέντη.

Η σημερινή κοινωνία μπορεί να χαρακτηριστεί ως γηράσκουσα. Το γήρας έχει συσχετισθεί με τη προοδευτική έκπτωση της μυϊκής δύναμης και ακολούθως της μυϊκής μάζας. Η σαρκοπενία στην τρίτη ηλικία είναι συχνή. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξει την αποτελεσματικότητα της θεραπευτικής άσκησης σε συνδυασμό με τη βιταμίνη D, το ασκορβικό οξύ και τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα στην της σωματικής λειτουργικής δραστηριότητας και ποιότητας ζωής αυτών των ασθενών.

Ένας συνδυασμός θεραπευτικής άσκησης και διατροφής έχει αποδειχθεί σε πρόσφατες μελέτες ότι μπορεί να αυξήσει τον μυϊκό ιστό και κατ' επέκταση την λειτουργικότητα του ασθενούς. Υπάρχουν πολλοί τρόποι ώστε να σχεδιασθεί ένα κατάλληλο πλάνο αντιμετώπισης σε ατομικό επίπεδο για να επιτευχθεί η επιθυμητή λειτουργικότητα στον ασθενή και να αυξηθεί η ποιότητα ζωής του.

Η αναζήτηση του υλικού για την υλοποίηση της διπλωματικής που διεξήχθη με θέμα «Πιλοτικό πρόγραμμα πρόιμης αντίχνευσης γεροντικής σαρκοπενίας και πρόβλεψης του κινδύνου εμφάνισης καταγμάτων ευθραστότητας υπερηλίκων ατόμων σε πρωτοβάθμιες υγειονομικές δομές κοινοτικής φροντίδας» ξεκίνησε στις 1/09/2019 και ολοκληρώθηκε στις 20/12/2019. Τέλος η βιβλιογραφική αναζήτηση στηρίχτηκε στη διεθνή βάση δεδομένων Pubmed.

## Περίληψη

### Σκοπός

Οι κύριοι παράγοντες για την πρωτοπαθή σαρκοπενία είναι οι προ φλεγμονώδεις κυτοκίνες, η χαμηλή αυξητική ορμόνη, τα επίπεδα τεστοστερόνης, η αυξημένη παραγωγή ελεύθερων ριζών οξυγόνου και ο υποσιτισμός. Επίσης, η ακινησία και η έλλειψη άσκησης παίζει σημαντικό ρόλο. Τα συμπληρώματα βιταμίνης C, βιταμίνης D και ωμέγα-3 λιπαρών διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην πρόληψη της σαρκοπενίας. Η μελέτη αποσκοπεί στην ευαισθητοποίηση του γηρασκόμου πληθυσμού σχετικά με τη σημασία της τακτικής άσκησης και της ισορροπημένης διατροφής για τη διατήρηση της ικανότητας βάδισης και αυτοεξυπηρέτησης, μέσω προγραμμάτων κοινοτικής φροντίδας σε μονάδες πρωτοβάθμιας υγειονομικής περίθαλψης.

### Υλικό και Μέθοδος

Μελετήθηκαν και επανεκτιμήθηκαν 21/39 άτομα, 18 θήλεα και 3 άρρενα, ηλικίας μεταξύ 57-74 ετών για 3 μήνες. Κάθε άτομο εκτιμήθηκε, πριν και 3 μήνες μετά την τροποποίηση του καθημερινού διατολογίου (χορήγηση βιταμίνη D 2000 IU/d, ασκορβικό οξύ 1000mg/d και 1000mg ω<sub>3</sub>-λιπαρών οξέων/d) και την έναρξη άσκησης με εφαρμογή ειδικού ασκησιολογίου (περιελάβανε ασκήσεις ενδυνάμωσης κάτω άκρων και κορμού, αερόβια και αναερόβια άσκηση). Αξιολογήθηκε η φυσική δραστηριότητα μέσω την ταχύτητα βάδισης (gait speed) σε οριζόντιο τάπητα μήκους 2,40μ και το Frax-score ως εργαλείο πρόβλεψης του κινδύνου εμφάνισης κατάγματος ευθραυστότητας.

### Αποτελέσματα

Οι καθημερινές ασκήσεις συνδυαστικά με λήψη διατροφής πλούσιας σε βιταμίνη D, C και ωμέγα-3 λίπη συμβάλλει στην καλύτερη ποιότητα ζωής του γηρασκόμου πληθυσμού. Διαφαίνεται μια αύξηση της ταχύτητας βάδισης όπως και η ταχύτητα περπατήματος στους συμμετέχοντες. Η συμμετοχή σε προγράμματα για την πρόληψη της οστεοπόρωσης σχετίζεται με οικονομικά οφέλη. Ωστόσο, η άσκηση και η σωστή διατροφή απέτυχαν να μειώσουν σημαντικά τον προβλεπόμενο δεκαετή κίνδυνο καταγμάτων ευθραυστότητας στα άτομα της παρούσας έρευνας. Τέλος, η συμμόρφωση των ασθενών με τη θεραπεία ήταν μάλλον μη ικανοποιητική, με τις οδηγίες για την καθημερινή άσκηση να γίνονται ευρύτερα αποδεκτές από την ημερήσια συνταγή συμπληρωμάτων διατροφής.

### Συμπεράσματα

Το πρόγραμμα διαλογής για πρωτοπαθή σαρκοπενία είναι ένα μέσο έγκαιρης ανίχνευσης ατόμων με κίνδυνο κατάγματος. Μειώνοντας έτσι το κόστος της υγειονομικής περίθαλψης και βελτιώνοντας την πρόγνυσή τους. Η εφαρμογή ενός προγράμματος από αερόβιες και αναερόβιες ασκήσεις, καθώς και η πρόσληψη συμπληρωμάτων διατροφής συμβάλουν στην καλύτερη ποιότητα ζωής του πληθυσμού. Διαφαίνεται από την αύξηση της ταχύτητας βάδισης και τη βελτίωση της φυσικής δραστηριότητας των συμμετεχόντων.

**Λέξεις κλειδιά:** σαρκοπενία, άσκηση, διατροφή, πρόληψη

## **Abstract**

### **Introduction**

It is well established in the literature that the main factors responsible for primary sarcopenia are proinflammatory cytokines, low growth hormone, testosterone levels, increased production of oxygen free radicals and malnutrition. Immobility and lack of exercise plays a significant role. However, recent studies have reported that vitamin C, vitamin D and omega-3 fatty acid supplementations play a key role in the prevention of sarcopenia. The purpose of this study was to raise awareness among the aging population about the importance of regular exercise combined with a balanced diet in the preservation of the walking capacity and self-care ability of the elderly people, through community care programs in primary health care units.

### **Materials and Methods**

In this study, 21 out of 39 participants of which 18 females and 3 males between 57-74 years old. The participants were evaluated before and 3 months after the modification of their daily diet (supplements included Vitamin D 2000 IU/day, ascorbic acid 1000 mg/day and 1000 mg of omega-3 fatty acids/day) and a systematic approach of exercises. They received specific exercise instructions which included aerobic and resistance training in order to increase their muscle mass. The physical activity was evaluated on a 2.40 m long horizontal carpet by assessing the gait speed. In addition, the FRAX-score (Fracture Risk Assessment Tool) was used to identify individuals at high risk of fragility fractures.

### **Results**

Daily exercises in a systematic way combined with a diet rich in vitamin D, C and omega-3 fats contributes to a better quality of life of the aging population. Moreover, as evident from the increase in gait speed, the walking speed was increased in the physical active elderly people. In addition, making vulnerable population to participate in programs for the prevention of osteoporosis is associated with economic benefits. However, exercise and proper nutrition failed to significantly reduce the ten-year predicted risk of fragility fractures in the elderly. Finally, the patients' compliance with the treatment was rather unsatisfactory, with the instructions for daily exercise being more widely accepted than the daily dietary supplement prescription.

### **Conclusions**

Screening programs for primary sarcopenia and osteoporosis in the elderly population is a means of detecting elder individuals with sarcopenia and osteoporotic fracture risk early, thus reducing health care costs and improving their prognosis. In addition, the implementation of a training program consisting of aerobic and anaerobic exercises as well as the intake of dietary supplements including Vitamin D, ascorbic acid and omega-3 fatty acids may be a feasible and safe primary health care intervention for frail individuals in order to reduce the fracture risk and improve physical activity.

**Key words:** sarcopenia, exercise, diet, prevention



## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 1. Εισαγωγή

Για πρώτη φορά ο όρος σαρκοπενία χρησιμοποιήθηκε από τον Irwin Rosenberg σε άρθρο του το 1997, όπου κάνει αναφορά σε μία παρουσίαση που είχε διεξαχθεί στις 17 Απριλίου 1996, στην Ουάσιγκτον (1). Το εν λόγω συμπόσιο με θέμα «Σαρκοπενία: Διάγνωση και Μηχανισμοί», συνόψισε την προέλευση και τη σημασία του όρου σαρκοπενία (2). Από τον Evans και τους συνεργάτες του το 1995 αρχίσαν να δημοσιεύονται τα πρώτα άρθρα που ασχολήθηκαν με τον ορισμό της σαρκοπενίας και που πρωτοεμφανίστηκαν στη βιβλιογραφία ορίζοντας ως σαρκοπενία την «συσχετιζόμενη με την ηλικία απώλεια μυϊκής μάζας που οδηγεί σε μείωση της δύναμης και της αεροβικής ικανότητας και ως αποτέλεσμα έχει τη μείωση λειτουργικής ικανότητας των ηλικιωμένων» (3).

Ο όρος σαρκοπενία έκτοτε χρησιμοποιήθηκε και σε άλλα άρθρα όπως για παράδειγμα από τους Butler και Dehlin, οι οποίοι αρχίσαν να αναφέρουν την πιθανή αντιστρεψιμότητα αυτής της κατάστασης (4). Από το 1995 υπάρχει μία εκθετική αύξηση στον αριθμό των μελετών φθάνοντας τις 140 δημοσιεύσεις το 2006 (1). Ενώ οκτώ χρόνια αργότερα, ο αριθμός των άρθρων αριθμούσε τις 2290 δημοσιεύσεις (4). Οι αλλαγές που συνήθως εμφανίζονται με στη προχωρημένη ηλικία είναι η μειωμένη μυϊκή μάζα του σώματος και η αυξημένη μάζα του λίπους. Αυτές οι δύο αλλαγές συμβαίνουν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου και φαίνεται να έχουν αξιοσημίωντες λειτουργικές και μεταβολικές συνέπειες στον οργανισμό (1). Η σημαντική απώλεια της μάζας του σκελετικού μυός με την πάροδο της ηλικίας είναι ευρέως γνωστή με τον όρο σαρκοπενία και σχετίζεται με την σημαντική μείωση της δύναμης, τη λειτουργική ανεπάρκεια και τέλος την αναπηρία (5). Η σαρκοπενία πλέον μπορεί να προσδιοριστεί ως ένα παγκόσμιο φαινόμενο που λόγω της αύξησης του γηρασκόμενου πληθυσμού είναι αυτή τη στιγμή στο προσκήνιο. Ο όρος προέρχεται από την ελληνική λέξη σάρκα και πενία, δηλαδή απώλεια μυϊκού ιστού. Η φυσική διαδικασία γήρανσης από μόνη της οδηγεί στη φθορά του σώματος όμως η σαρκοπενία είναι μία προοδευτική πάθηση, όπου αρχίζει από την τέταρτη δεκαετία και με ανεξήγητους μηχανισμούς μπορεί να επηρεάσει ορισμένους ανθρώπους περισσότερο από άλλους (6). Έπειτα από τρεις σχεδόν δεκαετίες έρευνας εναποτίθεται μία πληθώρα κλινικών πληροφοριών που στόχο έχουν να βελτιώσουν την κατανόηση του φάσματος της σαρκοπενίας. Υπάρχει πλέον ευχερέστερη κατανόηση της συνεισφοράς της διατροφής, της άσκησης και των ορμονών με τις κλινικές εκδηλώσεις της σαρκοπενίας και της συσχέτισης της με άλλες ασθένειες.

Ως εκ τούτου η κλινική έρευνα σε συνδυασμό με τις νέες γνώσεις που προστίθενται καθημερινά έχουν οδηγήσει σε μία καλύτερη προσέγγιση του ορισμού των διαφορών ανάμεσα στη μυϊκή μάζα, τη μυϊκή δύναμη και τη σωματική απόδοση. Με αποτέλεσμα η εύρεση των επιπλοκών της σαρκοπενίας

που είναι η μειωμένη κινητικότητα του ατόμου, ο κίνδυνος κατάγματος, η αναπηρία και η αύξηση της θνησιμότητας να ανευρίσκονται ευκολότερα.

Η κατανόηση πλέον της σημασίας της μυϊκής μάζας και της μυϊκής λειτουργίας στον υπερήλικα με σαρκοπενία και των συνδετικών αλλαγών στο μυϊκό ιστό σε κλινικές εκβάσεις, έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της αρχικής του ανατομικής έννοιας (χαμηλή μυϊκή μάζα) προς έναν πιο λειτουργικό όρο, ότι η σαρκοπενία αποτελεί απώλεια κατά κύριο λόγο της μυϊκής δύναμης και όχι απλά απώλεια μυϊκής μάζας (7).

## **2. Σαρκοπενία**

### **2.1 Προϋποθέσεις ορισμού**

Ο ορισμός της σαρκοπενίας πρέπει να είναι πρακτικός ώστε να εξασφαλίζει στον ιατρό και στους άλλους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης μία σαφή κατανόηση για το τι είναι σαρκοπενία, ώστε να υπάρχει πρόσβαση στα αναγκαία εργαλεία της διάγνωσης καθώς και της εποπτείας για την αποτελεσματικότερη θεραπευτική παρέμβαση. Επίσης λόγω αποδείξεων των ερευνών ότι η βελτίωση της μυϊκής δύναμη είναι περισσότερο αναγκαία από τις ανατομικές αλλαγές (δηλαδή, της μυϊκής μάζας), ο ορισμός πρέπει να περιλαμβάνει κριτήρια για τη βελτίωση των δραστηριοτήτων της καθημερινότητας, οι οποίες είναι πολύ σημαντικές στη ζωή των ατόμων με σαρκοπενία.

Επιπλέον ένας αποδεκτός ορισμός της νόσου πρέπει να παρέχει σαφήνεια του στόχου για τα κλινικά προγράμματα που πρέπει να ακολουθηθούν. Δημιουργώντας ένα καθορισμένο σχεδιασμό, προγραμματισμό και εκτέλεση κλινικών δοκιμών. Τέλος πρέπει να περιέχει κριτήρια διαφορικής διάγνωσης μεταξύ των ασθενών με σαρκοπενία και ασθενών με παρόμοιες καταστάσεις, όπως καχεξία ή αδυναμία (7).

### **2.2 Ορισμός**

Η EWGSOP (European Working Group on Sarcopenia in Older People) είναι μια επιστημονική εταιρεία που ασχολείται με την σαρκοπενία. Σύμφωνα με αυτή η σαρκοπενία είναι μία σχετιζόμενη με την πάροδο της ηλικίας προοδευτική διαδικασία απώλειας της μυϊκής μάζας, που έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη αντοχή και λειτουργικότητα του ατόμου, ορισμός που αποδόθηκε κατά τη πρώτη συνεδρίαση της επιστημονικής εταιρίας (1,6).

Το 2018 στη δεύτερη και τελευταία συνάντηση της ευρωπαϊκής εταιρίας σαρκοπενίας ο ορισμός άλλαξε καθώς η σαρκοπενία αποτελεί ένα πολύπλοκο σύνδρομο που περιλαμβάνει την σημαντική μείωση της μυϊκής μάζας αποκλειστικά ή σε συνδιασμό και με την αύξηση του λιπώδη ιστού, όπου πλέον δεν σχετίζεται μόνο με τα ηλικιωμένα άτομα αλλά και με τις μικρότερες ηλικίες λόγω της καθιστικής ζωής (8). Η EWGSOP 2 για να ενσωματώσει τη σημασία τόσο της ποσότητας όσο και της

ποιότητας του μυός, συνέστησε έναν αλγόριθμο χρησιμοποιώντας την παρουσία της μειωμένης μυϊκής μάζας και της μειωμένης λειτουργικότητας. Έτσι, ο νέος ορισμός περιλαμβάνει τρεις μεταβλητές α) μειωμένη μυϊκή δύναμη, β) μειωμένη ποιότητα και ποσότητα μυός, γ) μειωμένη φυσική κατάσταση (8).

Με αυτό το τρόπο γίνεται η εκτίμηση της μειωμένης μυϊκής μάζας λαμβάνοντας υπόψιν δύο τυπικές αποκλίσεις (SD) με βάση εκείνων του υγιούς πληθυσμού. Οι αποκλεισεις αυτές είναι τα λειτουργικά ελλείμματα στην ελάττωση της ταχύτητας βάδισης (<0,8 m/s) και στη μείωση του δρασμού της λαβής του καρπού (<30kg στους άνδρες και <20kg στις γυναίκες). Πρότεινε ως προ-σαρκοπενία η μειωμένη μυϊκή μάζα χωρίς λειτουργικά ελλείμματα, ενώ σαρκοπενία ορίζεται ως η μειωμένη μυϊκή μάζα με ένα έλλειμμα στην ταχύτητα βάδισης ή στη δύναμη δρασμού και τέλος ως σοβαρή σαρκοπενία η μειωμένη μυϊκή μάζα με ταυτόχρονη μειωμένη ταχύτητα βάδισης και δύναμη δρασμού.

Ο ορισμός που έχει παραθέσει η EWGSOP 2 είναι ξεκάθαρος και σε βάθος οπου χρησιμοποιείται πλέον ευρέως (8). Η έρευνα πάνω στην κλινική πράξη θα είναι αυτή που θα καθορίσει αν μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της αναπηρίας και της δυσλειτουργίας των ατόμων με σαρκοπενία. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν θέματα προς συζήτηση, που έχουν να κάνουν με τη μέτρηση της μυϊκής μάζας, των τιμών των δεικτών της σαρκοπενίας και της μέτρησης της ποιότητας του μυϊκού ιστού (9).

### 2.3 Επιδημιολογία

Η προοδευτική μείωση της μυϊκής μάζας προκύπτει από την τέταρτη δεκαετία της ζωής και έπειτα. Έχει υπολογιστεί πως η απώλεια αυτή είναι περίπου 8% ανά δεκαετία, έως την ηλικία των 70 ετών και μετά από αυτή την ηλικία η απώλεια αυξάνεται στο 15% ανά δεκαετία. Προκαλείται μείωση 40% στους σκελετικούς περιφερικούς μύες από ηλικία των 30 έως 60 ετών. Ενώ ανα δεκαετία υπάρχει απώλεια 10-15% της δύναμης των κάτω άκρων ανά στα άτομα έως 70 ετών, με τη πάροδο του χρόνου το ποσοστό αυτό αυξάνεται και ανέρχεται στο 25-40% ανά δεκαετία.

Η απώλεια της μυϊκής μάζας φαίνεται να είναι μεγαλύτερη στους άνδρες από ότι στις γυναίκες. Η λειτουργική ανεπάρκεια στους υπερήλικες έχει άμεση σχέση με την αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα σε αυτές τις ηλικιακές ομάδες.

Το 14% ατόμων ηλικίας 65-70 χρήζει εκτεταμένης παρακολούθησης και βοήθειας στις βασικές καθημερινές δραστηριότητες της ζωής του, ποσοστό που αυξάνεται κατακόρυφα στο ηλικιωμένους άνω των 85 ετών (10).

Συγκεκριμένα για την σαρκοπενία, μελέτες αναφέρουν υψηλό επιπολασμό σε ποσοστό 10-24% μεταξύ ατόμων 65-70 ετών και ποσοστό 30-50% ηλικιωμένους άνω των 80 ετών. Οι δαπάνες της ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης στην σαρκοπενία στις ΗΠΑ το 2000 υπολογίστηκαν περίπου στα 18,5 δισεκατομμύρια δολάρια (10).

Η σαρκοπενία επηρεάζει πάνω από το 40% των ατόμων ηλικίας άνω των 70 ετών, όπου υπολογίζεται γύρω στα 50 εκατομμύρια άτομα παγκοσμίως. Ενώ αυτός ο αριθμός εκτιμάται πως θα αυξηθεί στα 500 εκατομμύρια το έτος 2050 (10). Υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη στρατηγικών με στόχο τη μείωση των της σαρκοπενίας και κατά συνέπεια τη μείωση της αναπηρίας. Η εθνικότητα επίσης μπορεί να σχετιστεί κατα κάποιο τρόπο, ιδιαίτερα αν οι πληθυσμοί αναφοράς και μελέτης δεν ταιριάζουν (11).

#### 2.4 Παθοφυσιολογία

Η παθοφυσιολογία της σαρκοπενίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια ανισορροπία μεταξύ της πρωτεϊνικής σύνθεσης των σκελετικών μυών και τον αυξημένο καταβολισμό πρωτεϊνών (12). Παρ' όλα αυτά παραμένει πολύπλοκη καθώς περιλαμβάνει το μυϊκό ιστό, το σχετιζόμενο με αυτόν νευρικό ιστό και τις ρυθμιστικές ορμόνες.

Η γήρανση επιφέρει μείωση στη ποιότητα των μυϊκών ινών με αποτέλεσμα μείωση στη μέγιστη δύναμη, στη ταχύτητα και στην ελαστικότητα. Η αδυναμία των μυϊκών ινών εξηγείται με την αλληλεπίδραση αρκετών αλλαγών που σχετίζονται με την ηλικία, όπως η μείωση του μεγέθους και του αριθμού των μυϊκών ινών και η αύξηση της αναλογίας τύπου I / τύπου II μυϊκών ινών, μέσω της απώλειας των ινών τύπου II, που είναι εμφανείς από την πρόωμη ενηλικίωση. Η ελαστικότητα των τενόντων μειώνεται φανερά κατά τη γήρανση, με συνέπεια οι ηλικιωμένοι να έχουν περιορισμό του εύρους των κινήσεων και ελαττωμένη μυϊκή δύναμη (13).

Με την ηλικία, εντοπίζονται αλλοιώσεις στη σύνθεση των μυών, υπάρχει αύξηση της λιπώδους μάζας κυρίως στην ενδοκοιλιακή περιοχή, που οδηγεί σε διήθηση με λίπος των μυών τη γνωστή μυοστεάτωση. Κατ' αυτό το τρόπο ελαττώνεται σημαντικά η ποιότητα και ταυτόχρονα η απόδοση των σκελετικών μυών, μια κατάσταση γνωστή ως «σαρκοπενική παχυσαρκία» (13).

Όπως είναι γνωστό η παχυσαρκία φέρει αντίσταση στην ινσουλίνη, που είναι μια κατάσταση χρόνιας φλεγμονής, καθώς εντοπίζονται αυξημένες συγκεντρώσεις δεικτών φλεγμονής, της ιντερλευκίνης-6 (IL-6) και του παράγοντα νέκρωσης όγκου-α (TNF-α) (13). Οι συγκεκριμένοι δείκτες είναι υπεύθυνοι τόσο για τη μείωση της μυϊκής ισχύος όσο και της μυϊκής μάζας των ατόμων. Στην παχυσαρκία, επιπλέον πρέπει να συνυπολογιστεί και η μειωμένη ικανότητα μυϊκής αναδόμησης λόγω της διαδικασίας της διαφοροποίησης των μυϊκών προγονικών κυττάρων σε λιποκύτταρα (13).

Η παχυσαρκία σε συνδυασμό με τη μειωμένη φυσική δραστηριότητα που παρατηρείτε στα ηλικιωμένα άτομα, λόγω υπέρβουρας αισθημάτων φόβου για τυχόν πτώση, επιφέρει επίσης νοητική εξασθένηση, με αποτέλεσμα την επιπλέον ελάττωση της μάζας και της δύναμης του μυός (14).

Τέλος πρέπει να τονιστεί πως στην παθογένεση της σαρκοπενίας καθοριστικό ρόλο έχουν τα στεροειδή του φύλου, καθώς η ελαττωμένη συγκέντρωση των οιστρογόνων στις μετά-εμμηνόπαυσιακές γυναίκες έχει ως αποτέλεσμα την επιπλέον συγκέντρωση των προ-φλεγμονωδών

κυτοκινών. Αυτές οι ορμόνες έχουν επίδραση στη μάζα των μυών, δεδομένης της παρουσίας των οιστρογονικών β-υποδοχέων στην κυτταρική μεμβράνη και στο κυτταρόπλασμα του μυϊκού ιστού. Υπάρχουν στη βιβλιογραφία αντικρουόμενα δεδομένα για το ρόλο της θεραπείας ορμονικής υποκατάστασης (ΘΟΥ) για τη διατήρηση της μυϊκής μάζας και αντοχής στους υπερήλικες (15). Στις μετα-εμμηνοπαυσιακές γυναίκες η ελαττωμένη συγκέντρωση τεστοστερόνης και δευδροεπιανδροστερόνης (DHEA) φαίνεται να επηρεάζουν την παθοφυσιολογία της σαρκοπενίας (15).

#### **2.4.1 Η επίδραση της γήρανσης στους μύες**

Κατά το στάδιο της γήρανσης του ατόμου παρατηρείται μείωση της σκελετικής μυϊκής μάζας και της δύναμης με αποτέλεσμα να υπάρχει μείωση στην απόδοση, η οποία σχετίζεται με την ηλικία. Αυτό οφείλεται τόσο στη συνολική μειωμένη φυσική κατάσταση των σκελετικών μυών όσο και στη δυσανάλογη μυϊκή ατροφία των μυϊκών ινών τύπου Ια (ταχείας συστολής) κατά την διάρκεια της γήρανσης.

Επίσης με το πέρας της ηλικίας εμφανίζεται μείωση στον αριθμό και στην ενεργοποίηση των δορυφορικών κυττάρων ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με τις μυϊκές ίνες τύπου Ια, οι οποίες μειώνουν την αναγεννησιακή και την αντισταθμιστική ικανότητα των μυϊκών ινών.

Εν αντιθέσει η μυοστατίνη αυξάνεται στον γηρασκόμοιο πληθυσμό, η οποία είναι αρνητικός ρυθμιστής της μυϊκής μάζας, και μπορεί να οδηγήσει σε μυϊκή ατροφία. Ακόμη, οι αλλαγές στη ρύθμιση της μυοστατίνης συμβάλλουν σε αλλαγές στο πρωτεϊνικό προφίλ των σκελετικών μυών (9).

#### **2.4.2 Μείωση της πρωτεϊνοσύνθεσης**

Η ατροφία των μυϊκών ινών, κυρίως των ινών τύπου Ια συνδέεται με τη μείωση της πρωτεϊνικής σύνθεσης, και ιδιαίτερα με την ελάττωση στη σύνθεση των MHC (Myosin Heavy Chain). Για την διατήρηση της μυϊκής μάζας, το ποσοστό διάσπασης των μυϊκών πρωτεϊνών δεν πρέπει να υπερβαίνει αυτό της σύνθεσης, πράγμα που δεν ισχύει κατά τη γήρανση καθώς η σύνθεση των πρωτεϊνών μειώνεται κατά περίπου 30%.

Ο λόγος για τη ελαττωμένη σύνθεση των πρωτεϊνών είναι η μείωση του mRNA που μεταφράζει τις πρωτεΐνες αυτές. Ένας στενός συσχετισμός μεταξύ των ποσοστών της MHC και της μυϊκής δύναμης υποδηλώνει ότι η μυϊκή συστολή καθορίζεται κατά ένα μέρος από την ικανότητα παραγωγής των απαραίτητων πρωτεϊνών. Συμπερασματικά, η μείωση στη σύνθεση των πρωτεϊνών εξηγεί την ελάττωση της μυϊκής μάζας που σχετίζεται με την ηλικία.

### **2.4.3 Μιτοχονδριακή δυσλειτουργία**

Σε κυτταρικό επίπεδο η μείωση του αριθμού ή της δραστηριότητας των μιτοχονδρίων ευθύνεται για τη μυϊκή κόπωση, την ελαττωμένη ικανότητα αντοχής και την μειωμένη δύναμη. Τα μιτοχόνδρια παράγουν ATP, το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή της μυϊκής δύναμης (συστολής). Κατά συνέπεια η παραγωγή ATP είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της συσταλτικής δραστηριότητας μέσα στο μυ.

Με την πάροδο της ηλικίας παρατηρείται ελάττωση στη σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών, ειδικότερα στα μιτοχόνδρια εξαιτίας των μεταλλάξεων και των διαγραφών που συμβαίνουν στο μιτοχονδριακό DNA.

### **2.4.4 Διατροφή**

Η πρόσληψη της τροφής είναι μια σύνθετη διαδικασία που ρυθμίζεται από κεντρικούς και περιφερικούς μηχανισμούς. Η πρόσληψη της τροφής μειώνεται κατά τη διάρκεια της γήρανσης. Μεγαλύτερη μείωση έχουν οι άνδρες συγκριτικά με τις γυναίκες. Αυτή καθ' αυτή η φυσιολογική ανορεξία λόγω του γήρατος δεν είναι βέβαιο ότι οδηγεί στην παθογένεση και στη παθοφυσιολογία της σαρκοπενίας.

Στα υπερήλικα άτομα η μείωση του βάρους προκαλεί ελάττωση του λιπώδους ιστού αλλά και του μυϊκού ιστού. Η μυϊκή μάζα για να αποκατασταθεί μετά την μείωση του βάρους απαιτεί σωματική άσκηση σε συνδυασμό με πρόσληψη θερμίδων. Έτσι η παθολογική ή φυσιολογική ανορεξία παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και την εμφάνιση της σαρκοπενίας.

### **2.4.5 Κυτοκίνες**

Η μείωση του μυϊκού ιστού με την πάροδο της ηλικίας μπορεί να επέλθει από τη μείωση των αναβολικών παραγόντων, όπως είναι οι αναπτυξιακές ορμόνες, τα ανδρογόνα, τα οιστρογόνα και οι παράγοντες νευρολογικής ανάπτυξης. Επιπλέον ένας ακόμα λόγος είναι η μείωση της καθημερινής δραστηριότητας μέσω της αύξησης των παραγόντων καταβολισμού που είναι οι φλεγμονώδεις κυτοκίνες.

Η μεταβολή στις κυτοκίνες προκαλείται από το γήρας και είναι ακόμα εντονότερη σε άτομα υπερήλικα. Η σαρκοπενία εξελίσσεται για πολλά έτη με αποτέλεσμα μία μικρή αλλαγή στο ισοζύγιο των μυϊκών πρωτεϊνών αναβολισμού και καταβολισμού να δημιουργήσει μία μεγάλη αλλαγή στη σύνθεση του σώματος κατά τη διάρκεια των ετών. Ο συνδυασμός της ελάττωσης των αναβολικών ερεθισμάτων με την αύξηση των καταβολικών ερεθισμάτων δημιουργεί ένα δίκτυο παραγόντων με αποτέλεσμα τη μείωση της μυϊκής μάζας και της μυϊκής δύναμης, οδηγώντας με αυτό το τρόπο στη σαρκοπενία.

#### 2.4.6 Ορμόνες

Τέσσερις αναβολικές πρωτεΐνες-ορμόνες είναι αυτές που ρυθμίζουν τις μυϊκές πρωτεΐνες. Αυτές είναι η αυξητική ορμόνη (GH), η τεστοστερόνη, η ινσουλινο-αυξητική ορμόνη-1 (IGF- 1) και η δευδροεπιανδροστερόνης (DHEA).

Μεταξύ της ηλικίας των 73-94 ετών υπάρχει ελάττωση περίπου 3% κάθε έτος στα επίπεδα της ελεύθερης τεστοστερόνης. Η μείωση αυτή σχετίζεται με τη ελάττωση της μυϊκής μάζας και της μυϊκής δύναμης που κάνει την εμφάνισή της κατά το γήρας. Από την άλλη η αυξητική ορμόνη εκκρίνεται από την υπόφυση του εγκεφάλου με παλμικό ρυθμό κυρίως τη νύχτα και με τη σειρά της διεγείρει την αυξημένη περιφερική παραγωγή της IGF-1. Τα επίπεδα τόσο της αυξητικής ορμόνης όσο και της IGF-1 ελαττώνονται με την πάροδο της ηλικίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανεπάρκεια της αυξητικής ορμόνης και ταυτόχρονα τη μείωση της μυϊκής μάζας και την αύξηση της λιπώδους μάζας.

Μετά τη δεύτερη δεκαετία της ζωής υπάρχει προοδευτική μείωση των επιπέδων DHEA. Η μείωση είναι γραμμική με την πάροδο του χρόνου και αναλογεί σε ποσοστό μείωσης 10% ανά δεκαετία έως την ηλικία των 80 ετών, όπου μετά γίνεται η μείωση αυτή γίνεται πιο γρήγορα.

#### 2.5 Αιτιολογία

Στον υπερήλικο πληθυσμό παρατηρείται απώλεια της μυϊκής μάζας, γεγονός που επιφέρει σημαντικές συνέπειες τόσο φυσιολογικές και λειτουργικές όσο και υγειονομικές. Η σαρκοπενία συνδέεται άμεσα με την ελάττωση στην ικανότητα βάδισης, τη μυϊκή αδυναμία και την αύξηση της νοσηλείας (16). Πολλαπλοί παράγοντες έχουν ενοχοποιηθεί για την παθογένεια της σαρκοπενίας. Αυτοί είναι η απώλεια των μυϊκών ινών λόγω ηλικίας, η ελαττωμένη φυσική δραστηριότητα, η διατροφική ανεπάρκεια συνεπεία μειωμένης πρόσληψης θερμίδων και πρωτεϊνών, η ορμονική πτώση και η χαμηλού βαθμού συστηματική εμβολή.

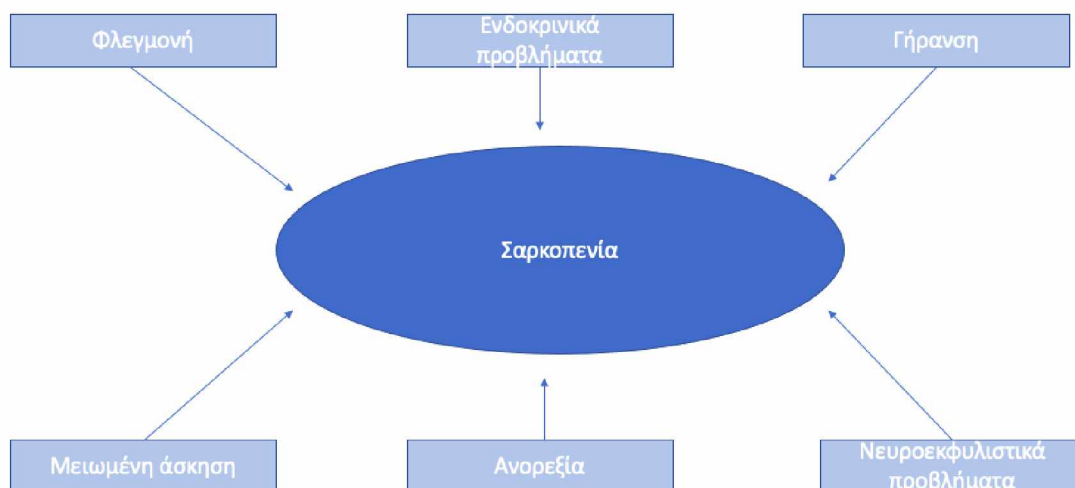
Διάφορες επιπρόσθετες φυσιολογικές αλλαγές που εμφανίζονται λόγω της ηλικίας και της σαρκοπενίας επηρεάζουν την εύρυθμη λειτουργία των μυών, ανεξάρτητα εάν αυτές οι αλλαγές δεν συμβαίνουν εντός των μυϊκών ινών. Δεν υπάρχουν όμως έρευνες που να κάνουν γνωστό αν αυτές οι αλλαγές μεταβάλλουν την βασική πρωτεϊνική δομή που ως αποτέλεσμα έχει τη δυσλειτουργία των μυοϊνιδίων. Αυτές οι αλλαγές προκαλούν ωστόσο αυξημένη συσσώρευση λιπώδους ιστού γύρω από τις μυϊκές ίνες με συνέπεια τη μείωση στην αναβολική επίδραση του ενδοκρινικού συστήματος.

Άλλες αλλαγές συσχετιζόμενες με την ηλικία είναι η αναδιαμόρφωση των κινητικών μονάδων, η απώλεια των κινητικών νευρώνων καθώς και η βλάβη της νευρομυϊκής ενεργοποίησης που έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του ρυθμού πυροδότησης των κινητικών μονάδων του νευρικού συστήματος (16).

Τέλος η ύπαρξη μιας επιδημιολογικής έρευνας όσον αφορά τις αναπτυξιακές επιδράσεις στη μάζα και δύναμη του ατόμου έχει δείξει ότι το μικρό μέγεθος του σώματος κατά την γέννηση έχει άμεση σχέση με τη μείωση αυτών των δύο παραγόντων στην ενήλικη ζωή. Τα συγκεκριμένα στοιχεία προέρχονται από 10 μελέτες που έχουν ερευνήσει τη συσχέτιση μεταξύ χαμηλού βάρους κατά τη γέννηση και της ελαττωμένης δύναμης δραγμού, όπου βρέθηκε να υπάρχει ομοιογένεια σε αυτή την συσχέτιση κατά αύξηση 2,06 kg στη λαβή για κάθε κιλό σωματικού βάρους κατά τη γέννηση (17).

Η EWGSOP έχει διαχωρίσει την σαρκοπενία σε δύο κατηγορίες με βάση την αιτία που την προκαλεί, προτείνοντας τον διαχωρισμό σε πρωτοπαθή και δευτεροπαθή. Πρωτοπαθής σαρκοπενία είναι όταν δεν υπάρχει άλλη προφανής αιτία πέραν της προχωρημένης ηλικίας του ατόμου, ενώ αντίθετα η δευτεροπαθής είναι όταν υπάρχουν μία ή περισσότερες αιτίες. Στα περισσότερα υπερήλικα άτομα η αιτία της σαρκοπενίας είναι πολυπαραγοντική, γι' αυτό το λόγο είναι δύσκολο να καθοριστεί αν το κάθε άτομο πάσχει από πρωτοπαθή ή δευτεροπαθή σαρκοπενία (9).

Η σαρκοπενία όπως αναλύθηκε παραπάνω είναι πολυπαραγοντική μπορεί να εμφανιστεί λόγω παραγόντων που έχουν να κάνουν αποκλειστικά με την ηλικία ή με δευτεροπαθείς χρόνιες παθήσεις (Εικόνα 1). Εξαιτίας αυτής της πολυπλοκότητας του η διάκριση του αιτιολογικού παράγοντα είναι δύσκολο να προσδιοριστεί.



**Εικόνα 1:** Παράγοντες σαρκοπενίας

### 2.5.1 Μηχανισμοί μυϊκής σύνθεσης και αποδόμησης

Η κατανόηση των μηχανισμών που έχουν σχέση με τη σαρκοπενία απαιτεί την εξοικείωση των παραγόντων που δρουν στη μυϊκή μάζα δηλαδή στην ισορροπία της μυϊκής σύνθεσης και αποδόμησης. Συνοπτικά όταν υπάρξει διαταραχή σε αυτή την ισορροπία θα παρατηρηθεί είτε μυϊκή



αποδόμηση ή υπερτροφία. Ο μηχανισμός που οδηγεί στη ανασύνθεση μυϊκών ινών περιλαμβάνει την ενεργοποίηση πρωτεϊνικής κινάσης B (Akt)της εξαρτώμενης από τις σερίνη/θρεονίνη, η οποία με τη σειρά της οδηγεί στην ενεργοποίηση του μεταγραφικού παράγοντα στόχου της ραπαμυκίνης των θηλαστικών (mTOR). Οι περισσότεροι αναβολικοί παράγοντες, η τεστοστερόνη, ο ινσουλινομιμητικός αυξητικός παράγοντας-1 (IF-1) και τα αμινοξέα διακλαδισμένης αλύσου ενεργοποιούν το συγκεκριμένο μονοπάτι (18).

Σημαντικό παράγοντα στην διαδικασία αυτή συντελεί η μυοστατίνη που εκκρίνεται από τα μυϊκά κύτταρα και λειτουργεί τοπικά. Η μυοστατίνη είναι μέλος των μετασχηματιστικών αυξητικών παραγόντων-β (Transforming Growth Factor-β, TGF-β) και με τη σειρά της ασκεί αρνητική δράση στη μάζα του μυός καθώς αναστέλλει το μονοπάτι Akt/mTOR (18).

### **2.5.2 Διαταραχή στη ρύθμιση της αποδόμησης**

Κατά τη διάρκεια της ημέρας η μυϊκή μάζα του ατόμου υφίσταται πρωτεϊνική αποδόμηση στο στάδιο της νηστείας και στο μεταγευματικό στάδιο τα αμινοξέα προερχόμενα από την τροφή μαζί με την ινσουλίνη ρυθμίζουν την επανασύνθεση της μυϊκής πρωτεΐνης. Ωστόσο στο γηρασκόμο πληθυσμό η γήρανση σε συνδυασμό με τη σωματική αδράνεια και τα χρόνια ή οξεία νοσήματα μειώνουν την ικανότητα ρύθμισης της σύνθεσης της μυϊκής πρωτεΐνης. Επίσης παρατηρείται αυξημένη οξειδωτική των πρωτεϊνών στους μύες που έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση λίπους εντός των μυϊκών ινών. Με συνέπεια την αύξηση των δυσλειτουργικών πρωτεϊνών, που δεν μπορούν με επιτυχία να απομακρυνθούν μέσω του συστήματος της πρωτεόλυσης και του μηχανισμού της αυτοφαγίας. Όλα τα ανωτέρω οδηγούν στη μείωση της μυϊκής δύναμης στη συγκεκριμένη ομάδα του πληθυσμού. Τέλος σε αυτή τη μείωση συμβάλλει και η πιθανή ενίσχυση του μονοπατιού ουβικιτίνης-πρωτεασώματος που αυξάνει το ρυθμό της μυϊκής αποδόμησης.

### **2.5.3 Διαταραχές επιπέδου ορμονών και κυτταροκινών**

Με την πάροδο των ετών παρατηρείται σημαντική ελάττωση στο επίπεδο των αναβολικών κυρίως ορμονών, όπως για παράδειγμα της τεστοστερόνης, η οποία έχει ποικίλες και σημαντικές δράσεις, προκαλώντας αύξηση στη σύνθεση των μυϊκών πρωτεϊνών, ενεργοποίηση του μονοπατιού Akt, αναστολή της μυοστατίνης και αύξηση του αριθμού των δορυφορικών κυττάρων (19). Όλα αυτά σχετίζονται άμεσα με τη διατήρηση της μυϊκής λειτουργίας. Είναι επιπλέον σημαντικό να τονιστεί πως με την ηλικία, παρατηρείται μείωση του IGF-1 που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο τόσο στη διαφοροποίηση όσο και στην αύξηση των μυϊκών ινών.

Συγχρόνως παρατηρείται αντίσταση στην ινσουλίνη, η οποία μπορεί να εμφανιστεί υπό την επίδραση παραγόντων, όπως η παχυσαρκία, ο σακχαρώδης διαβήτης κυρίως τύπου δυο, χρόνιες παθήσεις που έχουν χαρακτηριστικό τους τη συστηματική φλεγμονή καθώς και η σωματική αδράνεια που

σχετίζονται με διαταραχή της έκκρισης του παράγοντα IGF-1 (19). Επιπλέον, η αντίσταση στην ινσουλίνη σε επίπεδο μυός, έχει μελετηθεί πως ταυτόχρονα με τη συσσώρευση λίπους εντός αυτού, έχει σχέση και με ελαττωμένη ικανότητα μεταγευματικού πρωτεϊνικού αναβολισμού.

Η μειωμένη μυϊκή μάζα αποτελεί συνδυασμό τόσο περιορισμένων σε αριθμό αναβολικών σημάτων όσο και από την άλλη ενίσχυση των καταβολικών σημάτων. Τα σήματα αυτά προέρχονται μέσω της δράσης των προφλεγμονωδών κυτταροκινών, όπως είναι ο παράγοντας νέκρωσης όγκων-α (Tumor Necrosis Factor-α, TNF-α), η ιντερλευκίνη 6 (Interleukin-6, IL-6) και οι μυοκίνες, δηλαδή η μυοστατίνη. Οι έρευνες έχουν δείξει πως τα αυξημένα επίπεδα φλεγμονής αποτελούν σημαντικό μηχανισμό της σαρκοπενίας, για παράδειγμα τα αυξημένα επίπεδα TNF-α συσχετίζονται με περιορισμένα επίπεδα μυϊκής μάζας και δύναμης.

Τα επίπεδα TNF-α και IL-6 είναι κατά πολύ αυξημένα σε ασθενείς με σαρκοπενία και διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στις διαδικασίες της μυϊκής πρωτεόλυσης και της απόπτωσης των μυοκυττάρων.

Εντούτοις, δεν είναι ξεκάθαρο αν η αύξηση των φλεγμονωδών κυτταροκινών που σημειώνεται με τη πάροδο της ηλικίας οφείλεται κατά κύριο λόγο στη γήρανση αυτή καθαυτή ή σε συνοδές συννοσηρότητες των ηλικιωμένων ατόμων.

Ένας προτεινόμενος μηχανισμός που περιέχει την ενίσχυση της μυϊκής αποδόμησης είναι η ενεργοποίηση του συστήματος ουβικιτίνης-πρωτεασώματος (Ubiquitin-Proteasome and autophagy Pathway - UPP).

#### **2.5.4 Μειωμένος αριθμός νευρώνων και δορυφορικών κυττάρων**

Κατά την διάρκεια της γήρανσης του ατόμου έχει παρατηρηθεί μείωση στους κινητικούς νευρώνες, που είναι υπεύθυνοι για την αποστολή σημάτων μεταξύ εγκεφάλου και μυών, με συνέπεια την πραγματοποίηση της διαδικασίας της κίνησης του ανθρωπίνου σώματος. Στη διαδικασία αυτή λαμβάνουν μέρος μικρά σε μέγεθος μονοπύρηνια κύτταρα, τα οποία είναι γνωστά ως δορυφορικά κύτταρα. Στα σήματα αυτά ως απόκριση τα δορυφορικά κύτταρα διαφοροποιούνται και συγχωνεύονται στις μυϊκές ίνες με αποτέλεσμα να συμβάλλουν στη διατήρηση της μυϊκής λειτουργίας. Έχει μελετηθεί και συμπεραθεί πως η ανεπαρκής ενεργοποίηση των δορυφορικών κυττάρων αποτελεί ένα σημαντικό αιτιολογικό παράγοντα στην εμφάνιση της σαρκοπενίας.

#### **2.5.5 Μιτοχονδριακή δυσλειτουργία**

Το μιτοχονδριακό DNA υφίσταται με το πέρασμα των ετών διάφορες και ποικίλες μεταλλάξεις που έχουν ως τελικό αποτέλεσμα τη μιτοχονδριακή δυσλειτουργία. Πιο συγκεκριμένα αυτό που έχει παρατηρηθεί είναι ότι από τη μία μεριά φαίνεται η όλο και λιγότερη (ως προς την ενεργειακή τους

απόδοση) αποτελεσματικότητα των μιτοχονδρίων ενώ από την άλλη παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση στην παραγωγή των δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS- reactive oxygen species). Τα παραπάνω οφείλονται στη δυσλειτουργία κατά τη μεταφορά των ηλεκτρονίων που επεμβαίνουν στους κυτταρικούς μηχανισμούς και με τη σειρά τους επιφέρουν ενίσχυση στη τάση για απόπτωση του μυοκυττάρου.

#### **2.5.6 Διαιτητικές συνήθειες - Ευσική δραστηριότητα**

Σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση της σαρκοπενίας διαδραματίζουν οι διαιτητικές συνήθειες του ατόμου καθώς και το επίπεδο της φυσικής του δραστηριότητας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μειωμένη πρωτεϊνική και θερμιδική πρόσληψη κατά τη διάρκεια της ημέρας επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την εμφάνιση της σαρκοπενίας. Η σημαντικά μειωμένη ενεργειακή πρόσληψη έχει αρνητικό αντίκτυπο στη μυϊκή μάζα τόσο σε δραστήρια όσο και σε μη δραστήρια άτομα. Πρέπει τονιστεί πως η σωματική αδράνεια αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες κινδύνου για την εμφάνιση της σαρκοπενίας. Ο ρυθμός που υφίσταται μείωση η μυϊκή μάζα του ατόμου αυξάνεται με την ηλικία, αλλά είναι πιο έντονος και γρήγορος σε άτομα που εφαρμόζουν καθημερινά ένα καθιστικό τρόπο ζωής συγκριτικά με τα πιο δραστήρια άτομα. Ο καθιστικός τρόπος ζωής ενισχύει την απόκριση σε φλεγμονώδεις παράγοντες με αποτέλεσμα να οδηγεί σε αύξηση του καταβολισμού της μυϊκής μάζας. Οι καταβολικές επιδράσεις των ήδη αυξημένων επιπέδων κορτιζόλης είναι 3 φορές εντονότερες στους κληήρεις σε σύγκριση με τα δραστήρια άτομα. Υπάρχει ένας φαύλος κύκλος ανάμεσα στη σαρκοπενία και τη σωματική αδράνεια. Η έναρξη του συγκεκριμένου συνδρόμου οδηγεί το άτομο τόσο σε σωματική αδράνεια όσο και σε παθοφυσιολογικές μεταβολές, όπως για παράδειγμα είναι η φλεγμονή και η αντίσταση στην ινσουλίνη, που μπορούν να έχουν σαν αποτέλεσμα την επιδείνωση των χαρακτηριστικών της σαρκοπενίας.

#### **2.6 Τύποι σαρκοπενίας**

Υπάρχουν τρεις τύποι σαρκοπενίας η πρωτοπαθής, η δευτεροπαθής και η σχετιζόμενη με την διατροφή. Η πρωτοπαθής σαρκοπενία σχετίζεται με την ηλικία και το αίτιο πρόκλησης σαρκοπενίας είναι η γήρανση. Η δευτεροπαθής σαρκοπενία σχετίζεται είτε με μειωμένη δραστηριότητα όπου παρατηρείται σε άτομα με απώλεια φυσικής κατάστασης είτε με την καθιστική ζωή σε ασθενείς κληήρεις. Είτε σχετίζεται με παθήσεις με φλεγμονώδη και ενδοκρινολογικές νόσους οφειλόμενη στη προχωρημένη ανεπάρκεια διαφόρων οργάνων όπως η καρδιά, οι πνεύμονες, το ήπαρ, οι νεφροί και ο εγκέφαλος. Τέλος η σαρκοπενία σχετιζόμενη με τη διατροφή συνεπεία ανεπάρκειας στη διατροφική πρόσληψη ποσοτήτων ενέργειας και πρωτεϊνών λόγω είτε δυσαπορρόφησης αυτών είτε λόγω διαταραχών του γαστρεντερικού και στη χρήση φαρμάκων που φέρουν ανορεξία (9).

## 2.7 Διάγνωση

### 2.7.1 Εκτίμηση της μυϊκής μάζας

Οι πιο διαδεδομένες και συχνές χρησιμοποιούμενες μέθοδοι χαμηλού κόστους για την εκτίμηση της μυϊκής μάζας του ατόμου αποτελούν η διπλής ενέργειας απορροφησιμετρία ακτίνων X (DXA), οι σωματομετρήσεις και η ανάλυση βιοηλεκτρικής εμπέδησης (BIA). Από την άλλη η μαγνητική τομογραφία (MRI), η αξονική τομογραφία (CT) και η απέκκριση κρεατινίνης αποτελούν εδώ και χρόνια τα χρυσά πρότυπα (gold standard) για την αξιολόγηση της μυϊκής μάζας (8).

- ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΟΜΕΤΡΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ X (DXA)

Μια από τις συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες και ευρέως διαθέσιμες μεθόδους μέτρησης της σύνθεσης του σώματος και εκτίμηση της μυϊκής μάζας είναι η DXA καθώς υπερτερεί λόγω του χαμηλού κόστους. Στα μειονεκτήματα της συγκαταλέγεται η μειωμένη ακρίβεια στην αξιολόγηση της μυϊκής μάζας σε διαφορετικών ηλικιών άτομα και σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις. Επίσης δεν πραγματοποιείται διάκριση μεταξύ του νερού και του αστικού ιστού το οποίο είναι απαλλαγμένο από το λίπος. Ακόμα, μεγάλο μειονέκτημα είναι η έκθεση του ασθενούς σε χαμηλού βαθμού ακτινοβολία (12). Παρά τους παραπάνω περιορισμούς, η DXA παρέχει αρκετά έγκυρες εκτιμήσεις για την μυϊκή μάζα των ατόμων και οι μετρήσεις των αποτελεσμάτων από τους σκελετικούς μύες σχετίζονται με τον επιπολασμό και τις επιπτώσεις της σωματικής αναπηρίας.

- ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΙΟΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΜΠΕΔΗΣΗΣ (BIA)

Με την ανάλυση της βιοεμπέδησης (BIA) υπολογίζουμε τη λιπώδη και την άλιπη μάζα (εικόνα 2). Τα πλεονεκτήματα της εκτίμησης της σύστασης του σώματος με τη χρήση την BIA είναι το μειωμένο κόστος, η ευκολία της μέτρησης στην αναπαραγωγή και στη καταλληλότητα για τους περιπατητικούς και για τους κλινικούς ασθενείς. Οι μετρήσεις με ανάλυση της βιοεμπέδησης υπό τυποποιημένες συνθήκες έχει μελετηθεί ότι σχετίζεται σημαντικά με την αξιολόγηση της μαγνητικής τομογραφίας. Η BIA από την άλλη αποτελεί μια πολύ καλή φορητή εναλλακτική λύση της DXA (10).



Εικόνα 2: βιοηλεκτρική εμπέδηση άνω-κάτω άκρων

- **ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ (MRI) - ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ (CT)**

Οι δύο αυτές απεικονιστικές μέθοδοι, η μαγνητική και η αξονική τομογραφία, θεωρούνται τα χρυσά πρότυπα (gold standards) και οι πιο ακριβείς μέθοδοι για την εκτίμηση της μυϊκής μάζας, της εγκάρσιας διατομής των μυών του ατόμου καθώς και της ποιότητας τους, καθοριζόμενη από την πυκνότητα των μυϊκών ινών και την ενδομυϊκή λιπώδη διήθηση. Η μαγνητική και η αξονική αξιολογούν, το λιπώδη ιστό που συνδέεται με τις ενδομυϊκές λιπώδεις διηθήσεις, οι οποίες με τη σειρά τους μπορεί να επηρεάσουν τη μυϊκή λειτουργία και τη μυϊκή δύναμη. Όμως, τα μειονεκτήματα που έχουν όπως το υψηλό κόστος και η λειτουργική πολυπλοκότητα τους, περιορίζουν τη χρήση τους σε μεγάλες κλινικές δοκιμές.

### **2.7.2 Αξιολόγηση μυϊκής δύναμης**

Η απώλεια της ισχύος και μυϊκής δύναμης δεν συνδέεται αναπόφευκτα με την απώλεια της μυϊκής μάζας. Εν αντιθέσει η απώλεια της μυϊκής μάζας συνδέεται άρρηκτα με ταχύτερη μείωση με την πάροδο της ηλικίας. Ο ορισμός της μυϊκής ισχύος (Watt) περιγράφει τη ταχύτητα με την οποία εκτελείται ένα συγκεκριμένο έργο, ενώ αυτός της μυϊκής δύναμης (Newton) είναι η δύναμη που ο μετρούμενος μυς μπορεί να ασκήσει σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος (12). Πολλές και ποικίλες μέθοδοι είναι διαθέσιμες για τη μέτρηση της ισομετρικής δύναμης τόσο του χεριού και του

αντιβραχίου όσο και των πολύπλοκων ισοκινητικών μετρήσεων της ισχύος και της δύναμης των κάτω άκρων.

Ένα παράδειγμα είναι η μέτρηση της δύναμης λαβής, η οποία αξιολογείται με δυναμόμετρο. Αποτελεί μια απλή υποκατάστατη μέτρηση της δύναμης των κάτω άκρων και αποτελεί έναν σημαντικό κλινικό δείκτη ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων. Ο συγκεκριμένος δείκτης προσφέρει μια προγνωστική τιμή για τη θνησιμότητα παρόμοια με εκείνη του τετρακέφαλου. Παρόλα αυτά, η δύναμη λαβής παρουσιάζει δυσκολίες στην εκτίμηση πολλών ηλικιωμένων, για λόγους όπως οι αρθρικές αλλοιώσεις που παρουσιάζουν τα άτομα στο χέρι και στο καρπό όπως και επειδή δεν μπορεί να αντικατοπτρίσει την απώλεια της λειτουργίας των κάτω άκρων του σώματος.

### **2.7.3 Αξιολόγηση της σωματικής απόδοσης**

Η σωματική απόδοση μπορεί να προσδιοριστεί με τις τυποποιημένες μετρήσεις που συμπληρώνουν αυτές της αξιολόγησης της μυϊκής μάζας για τη μέτρηση της σαρκοπενίας. Η φυσική και σωματική απόδοση των ατόμων σχετίζεται άμεσα με την σύνθεση του σώματος και των μυϊκών παραμέτρων, προβλέποντας με τις σχετικές μετρήσεις τα αποτελέσματα που αφορούν την υγεία, τη θνησιμότητα, τη νοσηρότητα, τη νοσηλεία και η αναπηρία. Η δοκιμασία Short Physical Performance Battery (SPPB) που αξιολογεί σημαντικές παραμέτρους μέσω της ταχύτητας βάρδισης, της άρσης από καρέκλα, τις δοκιμασίες ισορροπίας, βάρδισης τετρακοσίων μέτρων και την εξάλεπτη δοκιμασία είναι από τις ευρέως χρησιμοποιούμενες και διαδεδομένες μετρήσεις (8).

- Short physical performance Battery και Time to walk 8 feet

Είναι μια απλή και ευρέως διαδεδομένη δοκιμασία για τη μέτρηση της λειτουργίας κυρίως των κάτω άκρων με τη χρήση ασκήσεων που σχετίζονται με τις καθημερινές δραστηριότητες των ατόμων. Η SPPB εστιάζει σε τομείς όπως η στατική ισορροπία και η ταχύτητα βάρδισης. Η δοκιμασία Time to walk 8 feet μετρά την ώρα κατά την οποία ένα άτομο ξεκινά να περπατά 2,43 μέτρα (εικόνα 3). Η δοκιμασία αυτή χρησιμοποιείται στην γηριατρική αξιολόγηση και αποτελεί μια χρήσιμη μέτρηση της απόδοσης των ατόμων με σαρκοπενία (8).



Εικόνα 3: Διάδρομος 2,43 μ.

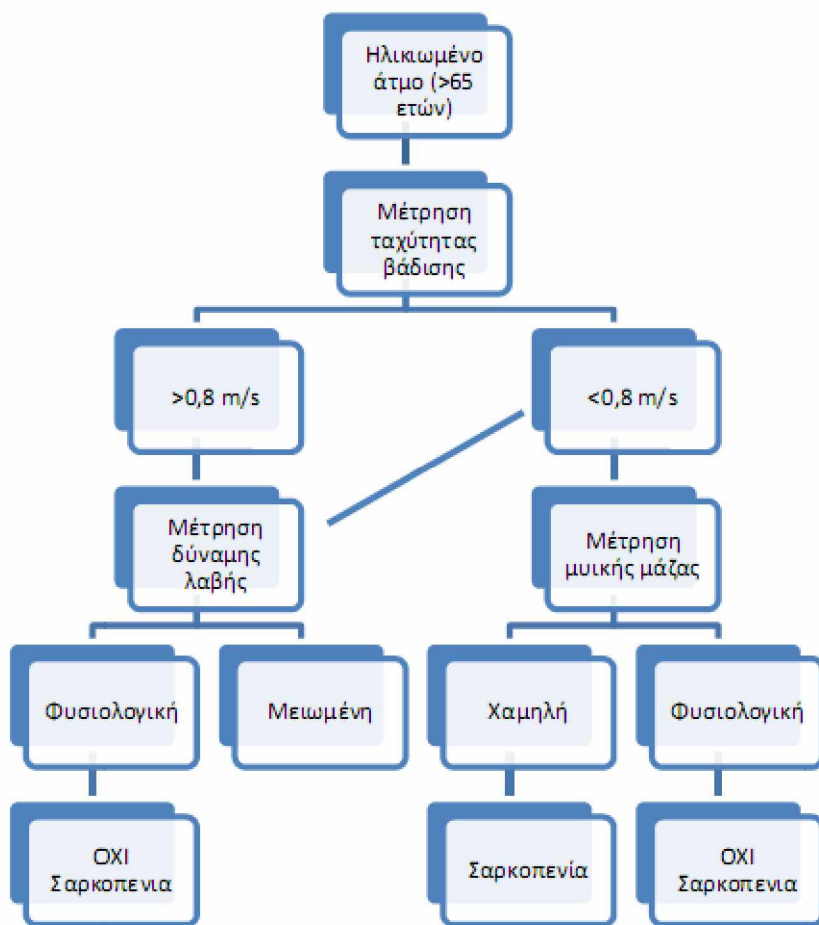
## 2.8 Διαφοροδιάγνωση

Ο εντοπισμός των ατόμων με σαρκοπενία είναι ταυτόχρονα δύσκολος αλλά και σημαντικός καθώς μπορεί να αποτρέψει τη σχετιζόμενη αναπηρία που θα επιφέρει η σαρκοπενία με τη πάροδο του χρόνου - ηλικία.

Η EWGSOP 2 προτείνει μια σταδιακή προσέγγιση για τον εντοπισμό ατόμων με σαρκοπενία (εικόνα 4) (8). Ξεκινά με τη μέτρηση της ταχύτητας βάρδισης χρησιμοποιώντας ως ελάχιστη ταχύτητα κάτω από 0,8m/s για άτομα που διατρέχουν κίνδυνο.

Η σαρκοπενία είναι μία κατάσταση απώλειας μυϊκής μάζας, όπως ο υποσιτισμός και η καχεξία. Οι όροι αυτοί μοιάζουν σημαντικά και η διάκριση τους ως διαφορετικές καταστάσεις αποτελεί ένα πολύπλοκο και δύσκολο εγχείρημα για το οποίο θα πρέπει να εφαρμοσθεί προσεκτική διαφορική διάγνωση. Στον υποσιτισμό η απώλεια του σωματικού λίπους και της άλιπης μάζας οφείλεται στην ανεπαρκή πρόσληψη πρωτεϊνών και ενέργειας, ενώ εν αντιθέσει το λίπος του σώματος σε άτομα με σαρκοπενία διατηρείται ή αυξάνεται (σαρκοπενική παχυσαρκία).

Η καχεξία επιφέρει σημαντική απώλεια μυϊκής μάζας που συνυπάρχει με καταστάσεις ασθένειας όπως ο καρκίνος. Τα περισσότερα άτομα με καχεξία έχουν σαρκοπενία, αλλά από την άλλη πλευρά οι περισσότεροι ασθενείς με σαρκοπενία δεν μπορούν να θεωρηθούν καχεκτικοί (9).



Εικόνα 4: Σταδιακή προσέγγιση για τον εντοπισμό ατόμων με σαρκοπενία

## 2.9 Θεραπεία

Εξ αρχής στη παρούσα διπλωματική έχει αναφερθεί και τονιστεί πως ο ακρογωνιαίος λίθος της θεραπευτικής προσέγγισης στα άτομα με σαρκοπενία είναι ο συνδυασμός της διατροφής με την σωματική άσκηση. Το προπονητικό πρόγραμμα με στόχο τη βελτίωση της αντοχής έχει αποδειχτεί πως αυξάνει τον πρωτεϊνικό σχηματισμό των μυών ενώ ταυτόχρονα αυξάνει τη δύναμη και μάζα.

Με την αερόβια άσκηση αυξάνεται η ευαισθησία της ινσουλίνης σε κυτταρικό επίπεδο ωφελώντας με αυτό το τρόπο στη γήρανση των μυών. Η άσκηση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο, είναι απαραίτητο να συνταγογραφείται και να εφαρμόζεται από τα αρμόδια άτομα (9).

Είναι πολυάριθμες οι μελέτες που έχουν επικεντρωθεί τα τελευταία χρόνια στα οφέλη της άσκησης στην αύξηση της μυϊκής μάζας, στη δύναμη και κατά συνέπεια στη λειτουργική ικανότητα στους σαρκοπενικούς ασθενείς. Οι νεότερες κατευθυντήριες οδηγίες προσανατολίζονται για πρόληψη και αντιμετώπιση της σαρκοπενίας σε προγράμματα ασκήσεων που περιλαμβάνουν αντιστάσεις, ωστόσο έχει αποδειχτεί και η συμμετοχή σε προγράμματα αερόβιας άσκησης (20).



Ένα ενδεδειγμένο πρόγραμμα που προτείνεται είναι η άσκηση για 20 – 30 λεπτά την ημέρα για τουλάχιστον 3 φορές την εβδομάδα με λήψη συμπληρωμάτων διατροφής ταυτόχρονα. (21). Το συγκεκριμένο πρόγραμμα κρίνεται απαραίτητο τόσο για την πρόληψη όσο και για την ενδελεχή αντιμετώπιση της σαρκοπενίας (22).

### 3 Βιταμίνη D και σαρκοπενία

Υπάρχουν 5 τύποι βιταμίνης D, όμως οι δυο κύριες μορφές της είναι η D2 ή εργοκαλσιφερόλη και η D3 ή χοληκαλσιφερόλη. Η 25(OH)D ή καλσιδιόλη είναι ο κύριος μεταβολίτης της βιταμίνης D και η μέτρηση αυτής στον ορό θεωρείται ως ο καλύτερος δείκτης της συνολικής βιταμίνης D, προκύπτει από τη σύνθεση στο δέρμα μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας όσο από την καθημερινή διατροφική πρόσληψη (23). Οι φυσιολογικές τιμές ορίζονται ως οι συγκεντρώσεις της 25(OH)D ορού > 30 ng/ml χωρίς να ξεπερνά το 90 ng/ml, ως «ανεπάρκεια» συγκεντρώσεις < 20 ng/ml, ενώ ως «έλλειψη» συγκεντρώσεις 21-29 ng/ml. Οι συγκεντρώσεις αυτές πρέπει να συνυπολογίζονται με τις μεταβολές στα επίπεδα απορρόφησης ασβεστίου (Ca) και παραθορμόνης (PTH). Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις περισσότεροι από ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι έχουν ανεπάρκεια βιταμίνης D παγκοσμίως. Ενώ αυτοί που διατρέχουν το μεγαλύτερο κίνδυνο είναι οι υπερήλικες υπό κατ' οίκον φροντίδα, άτομα με σκουρότερες επιδερμίδες κυρίως γυναίκες και ιδιαίτερα αν είναι καλυμμένες με ρούχα, επίσης ασθένειες με παθήσεις που απαιτούν αποφυγή του ήλιου όπως συστηματικό ερυθματώδη λύκο ή πάσχουν από δυσαπορρόφηση.

Στο δέρμα, το ήπαρ και το νεφρό πραγματοποιείται ο μεταβολισμός της βιταμίνης D. Η βιταμίνη D3 παράγεται από την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UVB) πάνω στην επιδερμίδα. Λόγω αυτού η προβολή στον ήλιο είναι πολύ βασική και αποτελεί το 80-90% του συνόλου της βιταμίνης D στον οργανισμό. Το υπόλοιπο 20% προέρχεται από τη διατροφική πρόσληψη μέσω λιπαρών ψαριών, αυγών και γάλατος.

Η υπεριώδης ακτινοβολία μετατρέπει την 7-δευδροχοληστερόλη σε προβιταμίνη D, η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε βιταμίνη D3, όπου συνδέεται με σφαιρίνες που δεσμεύουν την βιταμίνη D. Το σύμπλεγμα αυτό πηγαίνει στο ήπαρ όπου υδροξυλιώνεται σε 25(OH)D3, μορφή με την οποία κυκλοφορεί σε μεγάλη ποσότητα. Η 25(OH)D3 στους νεφρούς υποβάλλεται στη τελική της υδροξυλίωση όπου παράγεται η βιολογικά δραστική μορφή της η 1,25(OH)2D3. Η PTH ενεργοποιεί την 1-υδροξυλίωση και αυτή καταστέλλεται από τον αυξητικό παράγοντα των ινοβλαστών-23 (FGF-23). Η 1,25(OH)2D3 αλληλεπιδρά με τον υποδοχέα της βιταμίνης D (VDR) στον πυρήνα του κυττάρου και ενεργοποιεί τους διαύλους ασβεστίου. Το ποσό σύνθεσης βιταμίνης D εξαρτάται είτε από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η διάρκεια έκθεσης στον ήλιο και η χρήση - ποσότητα

αντιηλιακών κρεμών, είτε από τους βιολογικούς παράγοντες, που είναι το χρώμα του δέρματος και η σωστή λειτουργία των νεφρών (24).

Στους ηλικιωμένους πληθυσμούς η κύρια πηγή βιταμίνης D είναι η διατροφή (βιταμίνη D2 από τα φυτά και βιταμίνη D3 από τα ζώα) λόγω της μειωμένης συγκέντρωσης 7-δευδροχοληστερόλης και από τη διαταραγμένη υδροξυλίωση στο ήπαρ και τους νεφρούς. Με αποτέλεσμα αυτός να είναι ο λόγος που παρατηρείται σημαντική έλλειψη βιταμίνης D σε αυτόν τον πληθυσμό, ειδικότερα στους υπερήλικους ασθενείς με ευπάθεια (frailty), που χαρακτηρίζονται από μειωμένη πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και μυϊκή απώλεια.

Οι υποδοχείς της βιταμίνης D (VDR, vitamin D receptors) εκφράζονται σε ένα μεγάλο αριθμό κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων και των σκελετικών μυών. Υπάρχουν δύο μηχανισμοί με τους οποίους η βιταμίνη D μπορεί να δράσει στους σκελετικούς μυς, οι VDR να δρουν ως πυρηνικοί υποδοχείς και να επηρεάζουν την έκφραση γονιδίων είτε να οι VDR να δρουν μέσω μη-πυρηνικών υποδοχέων και να συμμετέχουν σε μη-γονιδιακές δράσεις (25).

Συνοπτικά, οι γονιδιακές δράσεις των υποδοχέων της βιταμίνης D περιλαμβάνουν την αύξηση του διαθέσιμου ασβεστίου, πετυχαίνοντας με αυτό το τρόπο την δράση της δεσμευτικής πρωτεΐνης του ασβεστίου (calbindin-D9K) στο κυτταρόπλασμα, τη τροποποίηση και την αύξηση των μυϊκών κυττάρων δρώντας αποτελεσματικά στην έκφραση του αυξητικού παράγοντα της ινσουλίνης, ο οποίος προκαλεί την υπερτροφία των σκελετικών μυών. Ενώ από την άλλη, οι μηχανισμοί των μη-γονιδιακών δράσεων της βιταμίνης D δεν έχουν διευκρινιστεί. Κάποιες μελέτες έδειξαν πως η 1,25(OH)<sub>2</sub>D συνδέεται με μεμβρανικό υποδοχέα που ενεργοποιεί μονοπάτια τα οποία επάγουν την mitogen-activated protein kinase MAP κινάση και τη φωσφολιπάση C, οδηγώντας σε ταχύτατη εισροή ασβεστίου στο κύτταρο.

Έχει παρατηρηθεί αναστρέψιμη ατροφία των μυϊκών ινών τύπου II και λιπώδης διήθηση των σκελετικών μυών σε ασθενείς με σημαντική ανεπάρκεια βιταμίνης D παρατηρήθηκε (26). Έχουν αναγνωρισθεί σε μοριακό και γονιδιακό επίπεδο οι άμεσες και οι έμμεσες επιδράσεις της βιταμίνης D στη λειτουργικότητα των μυών, πολλές φορές αυτές οι μεταβολές επηρεάζονται και από την ταυτόχρονη παρουσία υποκαλιαιμίας και υποφωσφαταιμίας.

Ο ρόλος της βιταμίνης D είναι σημαντικός καθώς ρυθμίζει τις ελεγχόμενες από το ασβέστιο λειτουργίες των μυών όπως για παράδειγμα είναι η συστολή των μυών, η μιτοχονδριακή λειτουργία στο κύτταρο και τέλος η ευαισθησία στην ινσουλίνη. Οι υποδοχείς της βιταμίνης D όπως και το ένζυμο 1α-υδροξυλάση εκφράζονται στους σκελετικούς μύες (25) και η έκφρασή τους μειώνεται με την πάροδο της ηλικίας (27). Οι VDR εμπλέκονται στην ενδομυϊκή φλεγμονή, καθώς έχουν συσχετιστεί με την IL-6 στον ανθρώπινο σκελετικό μυ (28). Η μειωμένη έκφραση των VDR υποδοχέων και της 1α-υδροξυλάσης αυξάνει τη συγκέντρωση IL-6 και TNF-α, οι οποίες καταστέλλουν με τη σειρά τους τη σύνθεση μυϊκής πρωτεΐνης και οδηγούν με αυτόν τον τρόπο στην

απόπτωση των σκελετικών μυών και στην αυξημένη διαφοροποίηση των μυϊκών κύτταρων σε λιποκύτταρα (29). Σε έρευνα όπου μελετήθηκαν ηλικιωμένες γυναίκες με χορήγηση χοληκαλσιφερόλης (4000 IU/ημέρα) επί τέσσερις συνεχείς μήνες, παρατηρήθηκε 30% αύξηση των ενδομυϊκών VDR υποδοχέων και 10% αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας των μυϊκών ινών, και συγκεκριμένα των ινών τύπου II μυϊκών ινών (27).

#### **4 Βιταμίνη C και σαρκοπενία**

Η Βιταμίνη C γνωστή και ως L- ασκορβικό οξύ, είναι μια απαραίτητη υδατοδιαλυτή βιταμίνη με αντιοξειδωτικές ιδιότητες, επίσης σχετίζεται με το μεταβολισμό και την φυσιολογία των σκελετικών μυών όπου η ημερήσια πρόσληψη θα μπορούσε να αποτρέψει την ηλικιακή απώλεια σκελετού μυός (30).

Εκτός από την ισχυρή αντιοξειδωτική της δράση, η βιταμίνη C παίζει σημαντικό ρόλο στη σύνθεση του κολλαγόνου που με τη σειρά του αποτελεί ένα βασικό δομικό συστατικό των σκελετικών μυϊκών κυττάρων και των τενόντων, της καρνιτίνης που είναι απαραίτητη για το μεταβολισμό των λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας κατά τη διάρκεια της σωματικής δραστηριότητας, της νορεπινεφρίνης που λειτουργεί ως νευροδιαβιβαστής αλλά και ως ορμόνη (31). Επιπλέον η βιταμίνη C έχει ένα ηλεκτρόνιο δότη το οποίο μπορεί να μειώσει την οξειδωτική βλάβη στους μύες κατά τη μείωση της συγκέντρωσης των φλεγμονωδών κυτοκινών στη κυκλοφορία (32-33).

Η ελλιπής πρόσληψη βιταμίνης C για διάστημα από 1 έως 3 μηνών οδηγεί σε αναιμία με συμπτώματα όπως μυαλγία, άλγος, μώλωπες, περιθυλακική αιμορραγία, προβλήματα στα ούλα και απότομες αλλαγές στη διάθεση (34-35).

Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν έχει τη δυνατότητα να συνθέτει βιταμίνη C από μόνος του, καθώς η βιταμίνη C είναι υδατοδιαλυτή ο οργανισμός την αποβάλλει με τα ούρα και δεν έχει τη δυνατότητα να την αποθηκεύσει. Για το λόγο αυτό πρέπει να λαμβάνουμε την ποσότητα που χρειαζόμαστε καθημερινά από τη διατροφή μας από πλούσιες πηγές φυσικής βιταμίνης C που έχουν μεγάλη απορροφητικότητα από τον οργανισμό (33).

Σύμφωνα με έρευνα τα χαμηλά επίπεδα βιταμίνης C στην κυκλοφορία σε άνδρες και γυναίκες μέσης και μεγαλύτερης ηλικίας, συνδέονται με χαμηλή εκτιμώμενη μάζα των σκελετικών μυών (30).

Η βιταμίνη C μπορεί να βοηθήσει τους ανθρώπους πάνω από τα πενήντα να διατηρήσουν τη μυϊκή μάζα στη μετέπειτα ζωή. Τα ηλικιωμένα άτομα που καταναλώνουν επαρκή ποσότητα βιταμίνης C έχουν πολύ καλύτερη σκελετική μυϊκή μάζα. Με το πέρας της ηλικίας τα άτομα χάνουν τη μυϊκή μάζα και τη δύναμη των σκελετικών μυών. Σε ηλικία άνω των 50 τα άτομα χάνουν έως και το 1 % της μάζας των σκελετικών μυών τους κάθε χρόνο. Αυτή η απώλεια επηρεάζει περισσότερα από 50 εκατομμύρια άτομα παγκοσμίως και οδηγεί σε επιπτώσεις, όπως η σαρκοπενία, η σωματική αναπηρία,

ο διαβήτης τύπου 2, η μέτρια ποιότητα ζωής και συμβάλλει με τη σειρά της στη θνησιμότητα (30). Η κατανάλωση της βιταμίνης C συνδέεται με τη μυϊκή μάζα των σκελετικών μυών του ανθρώπου, καθώς η ημερήσια κατανάλωση βιταμίνης C συντελεί στην προστασία των κυττάρων και των ιστών από τις δυνητικά επιβλαβείς ουσίες των ελευθέρων ριζών. Οι ελεύθερες ρίζες χωρίς αντίσταση μπορούν να συμβάλουν στην καταστροφή των μυών, επιταχύνοντας έτσι την εξασθένιση που σχετίζεται με την ηλικία.

Ο Lewis και οι συνεργάτες του μελέτησαν δεδομένα από περισσότερα από 13.000 άτομα ηλικίας μεταξύ 42-82 ετών, τα οποία συμμετέχουν στη μελέτη του EPIC (*European Prospective Investigation on Cancer and Nutrition*), υπολόγισαν τη μάζα των σκελετικών μυών τους και ανέλυσαν την πρόσληψη της βιταμίνης C από ένα ημερολόγιο επτά ημερών. Εξέτασαν επίσης την ποσότητα βιταμίνης C στο αίμα τους. Τα άτομα με τις υψηλότερες ποσότητες βιταμίνης C στη διατροφή ή το αίμα τους είχαν τη μεγαλύτερη εκτιμώμενη μάζα σκελετικών μυών, σε σύγκριση με εκείνα με τις χαμηλότερες ποσότητες (30).

Συμπερασματικά η βιταμίνη C είναι σημαντική για την υγεία των μυών σε ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες και είναι χρήσιμη για την πρόληψη της μυϊκής απώλειας που σχετίζεται με την ηλικία. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς η βιταμίνη C διατίθεται εύκολα σε φρούτα και λαχανικά ή συμπληρώματα, επομένως η βελτίωση της πρόσληψης αυτής της βιταμίνης είναι σχετικά απλή (34).

Σχεδόν το 60% των ανδρών και το 50% των γυναικών δεν καταναλώνουν επαρκή ποσότητα βιταμίνης C ημερησίως όπως προβλέπεται, σύμφωνα με τις συστάσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια των Τροφίμων.

### **5 Ωμέγα-3 και σαρκοπενία**

Τα ω-3 λιπαρά οξέα είναι πολυακόρεστα λιπαρά οξέα που πήραν το όνομά τους λόγω του ότι ο πρώτος διπλός δεσμός εμφανίζεται στο τρίτο άτομο άνθρακα, σε αντίθεση με τα ω-6 λιπαρά οξέα στα οποία ο πρώτος διπλός δεσμός βρίσκεται στο έκτο άτομο άνθρακα ξεκινώντας τη μέτρηση από το μεθυλικό άκρο που αναφέρεται ως ωμέγα.

Οι τρεις κύριες μορφές των ωμέγα-3 οξέων που χρειάζεται ο άνθρωπος είναι το σιπενταενοϊκό οξύ (EPA), το εικοσιδυοεξαενοϊκό οξύ (DHA) και το α-λινολεϊκό οξύ (ALA) (36). Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα με αποτέλεσμα να τα προσλαμβάνει μέσω της τροφής, καθώς στον ανθρώπινο οργανισμό δεν υφίστανται τις απαραίτητες ενζυμικές διεργασίες όπου υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής διπλού δεσμού πέρα από το 9<sup>ο</sup> άτομο άνθρακα από το καρβοξυτελικό άκρο του λιπαρού οξέος (36). Το EPA και DHA θεωρούνται μορφές ωμέγα-3 μακράς αλυσίδας που βρίσκονται στα ψάρια, σε ορισμένους τύπους εκχυλισμάτων φυκιών

και συμπληρωμάτων ιχθυελαίου, το ALA, η μορφή βραχείας αλυσίδας, βρίσκεται σε φυτικές πηγές όπως σπόρος λιναριού, καρύδια και σογιέλαιο.

Τα ωμέγα-3 οξέα αναγνωρίζονται γενικά ως αντιφλεγμονώδεις παράγοντες. Συνδυαζόμενο κλειδί μεταξύ των λιπαρών οξέων και φλεγμονής αποτελεί το γεγονός ότι τα κύτταρα της φλεγμονής τυπικά περιέχουν υψηλή συγκέντρωση του ω-6 αραχιδονικό οξύ (AA) και χαμηλές συγκεντρώσεις σε ω-3, ιδιαίτερα εισαπενταενοϊκού οξέος (EPA). Τα εικοσανοειδή από το AA προάγουν τη φλεγμονή ενώ αυτά που προέρχονται από το EPA είναι γενικά λιγότερο φλεγμονώδη ή ανενεργά ή ακόμη και αντιφλεγμονώδη. Έχει βρεθεί πως ένα εικοσανοειδές μπορεί να είναι προ-φλεγμονώδες σε έναν ιστό και αντιφλεγμονώδες σε έναν άλλο. Η διαιτητική πρόσληψη ω-3 αντιτίθεται στις φλεγμονώδεις δράσεις των εικοσανοειδών προερχόμενων από το AA, με τρεις μηχανισμούς: παρεκτόπιση, συναγωνισμό, αναστολή και άμεση αντενέργεια (37).

Με την παρεκτόπιση η διαιτητική πρόσληψη ω3 μειώνει τις συγκεντρώσεις του AA στον εγκέφαλο και άλλους ιστούς. Το EPA αναστέλλει την απελευθέρωση του AA μέσω της φωσφολιπάσης από τις κυτταρικές μεμβράνες. Ενώ με το συναγωνισμό και την αναστολή το EPA συναγωνίζεται με το AA για τη δράση των ενζύμων COX και LOX. Η παρουσία του στους ιστούς ελαττώνει κατά συνέπεια την απόδοση των εικοσανοειδών από το AA. Συμπερασματικά με αυτό τον τρόπο τα ωμέγα-3 οξέα έχουν αποδειχθεί ότι αποτρέπουν τις βλαβερές επιδράσεις της νέκρωσης όγκου στην μυϊκή διαφοροποίηση *in vitro*. Με αυτή τη διαδικασία αυτά τα οξέα έχουν ειδικά ευεργετικά αποτελέσματα που συνδέονται με τη μείωση των καταστάσεων φλεγμονής που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν μέρος της διαδικασίας γήρανσης του γηράσκοντος μυ (38).

Ο ακριβής μηχανισμός δράσης των ωμέγα-3 στη σαρκοπενία βρίσκεται ακόμη υπό έρευνα. Πολλές μελέτες στρέφονται στους μηχανισμούς και στα αντιφλεγμονώδη αποτελέσματα των ωμέγα-3. Σε μια πρόσφατη μετα-ανάλυση, οι Custodero et al. επιβεβαίωσε τη μείωση των CRP και IL-6 μετά τη συμπλήρωση με ωμέγα-3 PUFA σε μεσήλικες και ηλικιωμένους ενήλικες (38). Σε άλλη έρευνα το συμπλήρωμα με ω-3 είχε σημαντική μείωση του αποτελέσματος στις IL-6, IL-1β και στα επίπεδα TNFα μετά από 4 εβδομάδες χρήσης και ακόμη μεγαλύτερα μετά 8 εβδομάδες (39). Όπως είναι γνωστό η χρόνια φλεγμονή προτείνεται να διαδραματίσει ρόλο στην ανάπτυξη της σαρκοπενίας. Ως εκ τούτου, η καταστολή αυτού του χαμηλού βαθμού φλεγμονής θεωρείται ως ένας μηχανισμός μέσω των οποίων τα ωμέγα-3 μπορούν να εξουδετερώσουν τη σαρκοπενία (40).

Ο συνδυασμός συμπληρωμάτων ωμέγα-3 με παρέμβαση στην άσκηση μπορεί να είναι ένας πολλά υποσχόμενος θεραπευτικός παράγοντας για τη σαρκοπενία, με τα συμπληρώματα ωμέγα-3 να ενισχύουν τις επιδράσεις στη μυϊκή μάζα και τη μυϊκή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (40).

## 6 Άσκηση και σαρκοπενία

Σε πολλές μελέτες έχει αποδειχτεί ότι ένα καλό επίπεδο φυσικής δραστηριότητας έχει θετική επίδραση στην απώλεια μυών και αντοχής με αποτέλεσμα τη μείωση της πιθανότητας στην εμφάνιση σαρκοπενίας. Αντιθέτως το χαμηλό επίπεδο φυσικής δραστηριότητας σχετίζεται άμεσα με μια ταχεία μείωση της μυϊκής μάζας και της δύναμης.

Ακόμα η έναρξη σωματικής δραστηριότητας σε προχωρημένη ηλικία είναι αποτελεσματική στην αντιμετώπιση της σαρκοπενίας. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας συστήνεται η συμμετοχή σε τακτική σωματική άσκηση καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του ατόμου και αποτρέπει τη σωματική αδράνεια που αναγνωρίζεται ως κύρια αιτία χρόνιων εκφυλιστικών ασθενειών και παράγοντας που συμβάλλει στη ανάπτυξη σαρκοπενίας και κατά συνέπεια στη λειτουργική αναπηρία του ατόμου (41).

Η άσκηση έχει αποδειχθεί πως μπορεί να καταπολεμήσει και να μετριάσει τη μυϊκή δυσλειτουργία και τη νευρομυϊκή βλάβη που προκαλείται από την εκ φύσεως διαδικασία της γήρανσης. Υπάρχουν πολλοί τύποι άσκησης με θετικό πρόσημο στην υγεία του ατόμου, όμως για καλύτερα αποτελέσματα αρκετές μελέτες προτείνουν τις ασκήσεις με βάρη (42).

Η άσκηση και ειδικότερα η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης προκαλεί εκτός από μυϊκή υπερτροφία των μυϊκών ινών και ωφέλιμες μεταβολές στη νευρομυϊκή λειτουργία αυτών. Άλλες ασκήσεις πέραν των αντιστάσεων όπως το βάδισμα, η ισορροπία, ο συντονισμός και οι λειτουργικές ασκήσεις, μπορεί επίσης να είναι αποτελεσματικές στη βελτίωση της ισορροπίας στους ηλικιωμένους. Συμπερασματικά, η προοδευτικά αυξανόμενη σε ένταση άσκηση μπορεί να καταπολεμήσει τη σαρκοπενία ενώ παράλληλα η καθημερινή άσκηση έχει βαθιά επίδραση στους φυσιολογικούς μηχανισμούς του νευρικού και του μυϊκού συστήματος του ανθρώπινου οργανισμού που με τη σειρά τους επηρεάζουν τη σωματική δύναμη. Παράγοντες πέραν της μυϊκής μάζας όπως είναι το μήκος των μυϊκών ινών και η δυσκαμψία των τενόντων, αυξήθηκαν κατά 10% και κατά 64% αντίστοιχα μετά την αθλητική δραστηριότητα σε ηλικιωμένα άτομα. Υπάρχουν ευρέως αποδεκτά δεδομένα και στοιχεία που τεκμηριώνουν πως η παρατεταμένη αδράνεια σε ηλικιωμένα άτομα, οδηγεί σε απώλεια της μυϊκής τους μάζας και δύναμης. Τα συγκεκριμένα ευρήματα οδηγούν τους κλινικούς ιατρούς να υποστηρίζουν τη χρήση της άσκησης για την αντιμετώπιση και πρόληψη της σαρκοπενίας σε πρωτοβάθμιες υγειονομικές δομές κοινοτικής φροντίδας.

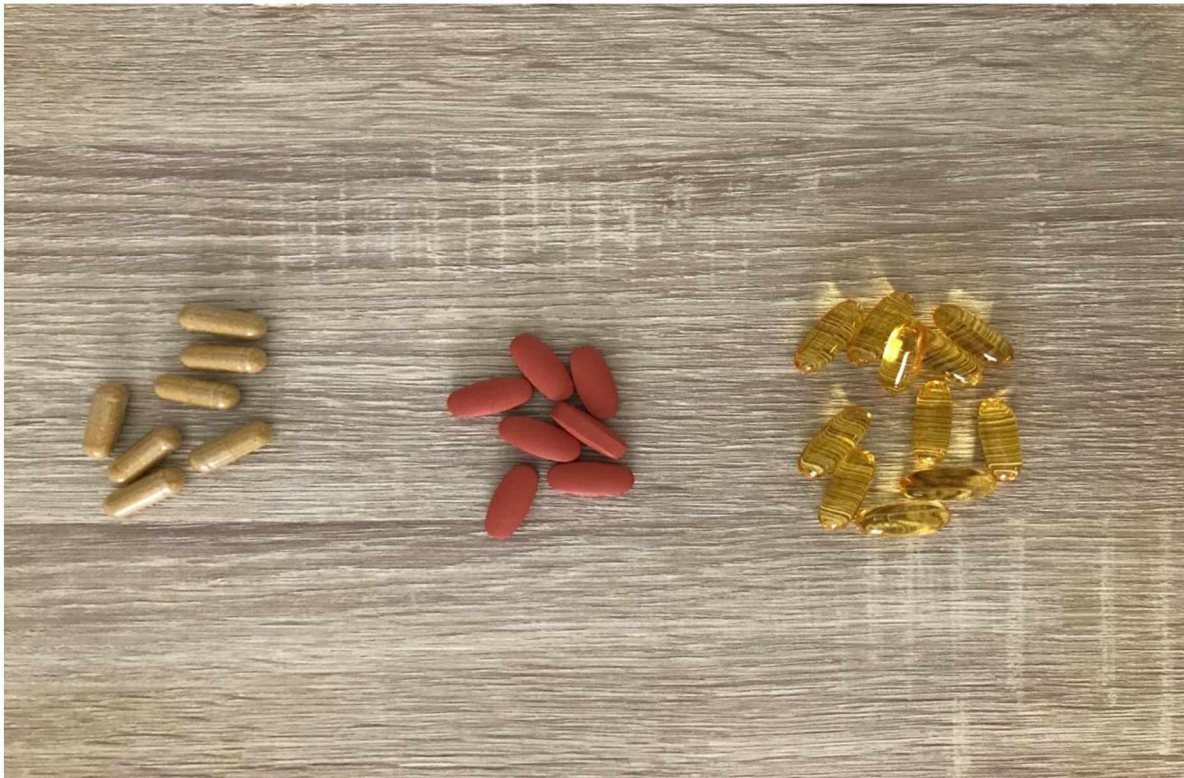
Για την πρόληψη της σαρκοπενίας είναι απαραίτητη η επίτευξη μέγιστης οστικής μάζας πριν από την ηλικία των 30 ετών με σκοπό να διατηρηθεί η μυϊκή μάζα σε μετέπειτα μεγαλύτερες ηλικίες όπως ταυτόχρονα και η διατήρηση ενός υγιούς σωματικού βάρους. Η καθημερινή σωματική άσκηση, αναερόβια και αερόβια, διατηρεί την οστική και μυϊκή μάζα του ατόμου έτσι ώστε να ελαττώνεται η πιθανότητα για οστεοπενία / οστεοπόρωση καθώς και η εμφάνιση σαρκοπενίας.

Τέλος η αερόβια άσκηση και η άσκηση δύναμης διεγείρουν τη λιπόλυση του οργανισμού και συμβάλλουν κατ' αυτό το τρόπο στη μείωση της παχυσαρκίας στο πληθυσμό. Συμπερασματικά, η συνήθης ημερήσια δραστηριότητα για τα υπερήλικα άτομα διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην πρόληψη και τη διαχείριση της σαρκοπενίας (43).

## ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Σκοπός

Η μελέτη αποσκοπεί στην ευαισθητοποίηση του πληθυσμού στη σημασία της συστηματικής άσκησης και ισορροπημένης διατροφής ώστε να διαφυλαχτεί η περιπατητική ιδιότητα και η αυτοεξυπηρέτηση των ηλικιωμένων ατόμων, μέσα από προγράμματα πρόληψης και κοινοτικής φροντίδας σε πρωτοβάθμιες υγειονομικές δομές.



Εικόνα 5: Συμπληρώματα διατροφής βιταμίνη D 2000 IU/d, ασκορβικό οξύ 1000mg/d και 1000mg  $\omega_3$ -λιπαρών οξέων/d ημερησίως.

### Υλικό και μέθοδος

#### Δείγμα

Πριν την έναρξη της παρούσας μελέτης 39 άτομα από διάφορες περιοχές της πόλης της Πάτρας εκδήλωσαν ενδιαφέρον, ύστερα από ενημέρωση και πρόσκληση του Ελληνικού Ερυθρού Σταυρού, να συμμετέχουν στην έρευνα στο ιατρείο οστεοπόρωσης. Από αυτά τα άτομα 18 αποκλείστηκαν, είτε γιατί δεν πληρούσαν τα βασικά κριτήρια συμμετοχής (να μη πάσχουν από κάποιο μυοσκελετικό χρόνιο πρόβλημα υγείας), είτε γιατί δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν τις αρχικές μετρήσεις. Τελικά,



στην παρούσα έρευνα έλαβαν μέρος εθελοντικά 21 άτομα (>57 ετών), τα οποία, ολοκλήρωσαν τις αρχικές και τις τελικές μετρήσεις.

Η ηλικία και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ατόμων παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Οι συμμετέχοντες πριν την έναρξη ενημερωθήκαν λεπτομερώς και υπέγραψαν φόρμα συγκατάθεσης για τη συμμετοχή τους στην παρούσα έρευνα (Παράρτημα 1). Όλοι οι δοκιμαζόμενοι ενημέρωσαν τον προσωπικό τους ιατρό για τη συμμετοχή τους στην παρούσα έρευνα και προσκόμισαν σχετική βεβαίωση πριν την έναρξη της μελέτης.

Συνοπτικά μελετήθηκαν και επανεκτιμήθηκαν 21 απο39 άτομα, 18 θήλεα και 3 άρρενα, ηλικίας μεταξύ 57-74 ετών με υπέρβαρο σωματότυπο, αστικής καταγωγής και μεσαίου κοινωνικοοικονομικού επιπέδου για 3 μήνες. Σε κάθε άτομο πριν και 3 μήνες μετά την τροποποίηση του καθημερινού διαιτολογίου και την έναρξη της συστηματικής άσκησης με εφαρμογή ειδικού ασκησιολογίου, που περιελάμβανε ασκήσεις ενδυνάμωσης κάτω άκρων και κορμού, αερόβια άσκηση και ασκήσεις με αντίσταση, εκτιμήθηκε η φυσική δραστηριότητά τους με εργαλείο αξιολόγησης την ταχύτητα βάδισης (gait speed) σε οριζόντιο τάπητα μήκους 2,40μ και το Frax-score ως εργαλείο αξιολόγησης και πρόβλεψης του κινδύνου εμφάνισης κατάγματος ευθραυστότητας. Τα συμπληρώματα διατροφής περιλάμβαναν βιταμίνη D 2000 IU/d, ασκορβικό οξύ 1000mg/d και 1000mg ω<sub>3</sub>-λιπαρών οξέων/d ημερησίως (εικόνα 5).

	<b>Μέσος όρος</b>	<b>Όρια</b>
<b>Ηλικία (έτη)</b>	65,5 ± 8,5	57 - 74
<b>Ανάστημα (m)</b>	1,65 ± 0,17	1,48 - 1,82
<b>Βάρος (Kg)</b>	79,5 ± 24,5	55 - 104
<b>Δείκτης Μάζας Σώματος</b>	28,4 ± 3,3	25,1 - 31,7

Πίνακας 1: Ηλικία και τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ατόμων.

### Υλικό

Για την πραγματοποίηση της παρούσας μελέτης (παρέμβαση και μετρήσεις) χρησιμοποιήθηκε ένας αριθμός οργάνων, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2).

Όργανα μέτρησης	Μέτρηση - αξιολόγηση	Χαρακτηριστικά
Αναστημόμετρο	Μέτρηση αναστήματος	Ειδικό σταθερό αναστημόμετρο (Seca model 220, Seca, Hamburg, Germany) με ακρίβεια 1 cm.
Ζυγός	Μέτρηση σωματικής μάζας	Ζυγός ακριβείας (Seca model 755, Seca, Hamburg, Germany) με ακρίβεια 0,5 kg.
Διάδρομος	Μέτρηση βάδισης	Διάδρομος απόστασης 10 ποδίων (2,43 μέτρα) μεταξύ 2 σημείων
Χρονόμετρο	Μέτρηση χρόνου	Casio HS-80TW-1 Χειρός

Πίνακας 2: Ο αριθμός οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν.

### Περιγραφή δοκιμασιών

Πριν και μετά τη λήξη του προγράμματος παρέμβασης που προτείναμε πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση όλων των συμμετεχόντων, η οποία περιελάμβανε δοκιμασίες για τη καταγραφή των ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών των ατόμων (ανάστημα, σωματική μάζα) και του χρόνου βάδισης στο ειδικά διαμορφωμένο τάπητα 2,4 μέτρων. Πριν την έναρξη των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε προθέρμανση 2-3 λεπτών που περιελάμβανε ειδικές ασκήσεις και διατάσεις των άκρων και του κορμού. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά όλες οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης.

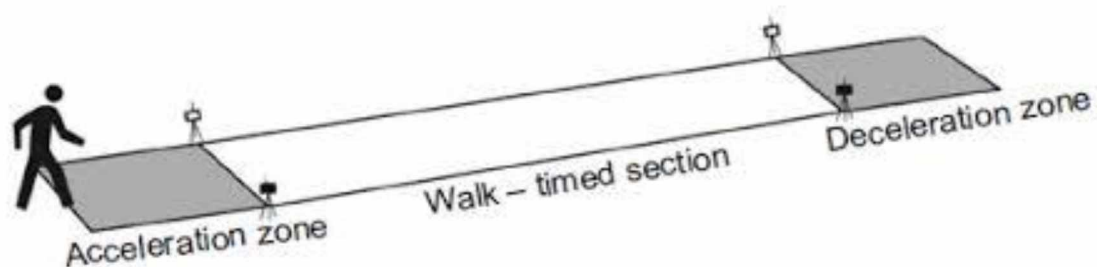
### Μετρήσεις ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών

Μέτρηση της σωματικής μάζας: Όλοι οι δοκιμαζόμενοι χωρίς τα υποδήματα τους στέκονταν στο κέντρο του ζυγού, σε στάση προσοχής και με το βάρος του σώματος του να κατανέμεται στα δυο κάτω άκρα εξίσου. Η μέτρηση πραγματοποιήθηκε πριν την έναρξη του προγράμματος και τρεις μήνες μετά με ακρίβεια μισού χιλιόγραμμου (0,5 kg) και επαναλήφθηκε 2 φορές στη κάθε συνάντηση.

Μέτρηση του αναστήματος: Όλοι οι εξεταζόμενοι στέκονταν ορθοί χωρίς τα υποδήματα του και με το βάρος του σώματος να κατανέμεται εξίσου στα δυο κάτω άκρα ενώ τα άνω άκρα κρεμόνταν ελεύθερα στα πλάγια, τα πόδια ενωμένα και η κεφαλή σε ευθεία θέση. Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με ακρίβεια μισού εκατοστού (0,5 cm) και έγινε επανάληψη 2 φορές.

Μέτρηση χρόνου βάδισης: Οι εξεταζόμενοι από την ίδια αρχική θέση, ξεκίνησαν τη βάδιση του πάνω στον ειδικά διαμορφωμένο τάπητα των 2,4 μέτρων. Ζητήθηκε από τα άτομα να περπατούν

φυσιολογικά και σταθερά όπως στη καθημερινότητά τους, χωρίς να αυξήσουν ή να μειώσουν τη ταχύτητα βάδισης. Για αυτό το λόγο υπήρχε μια ζώνη προετοιμασίας προτού ξεκινήσει η χρονομέτρηση στη κύρια ζώνη των 2,4 μέτρων του τάπητα βάδισης (εικόνα 6). Κατά τη διάρκεια των προσπαθειών υπήρξε λεκτική παρακίνηση, η οποία ήταν ίδια για όλους τους δοκιμαζόμενους (ένταση φωνής και λέξεις κλειδιά).



Εικόνα 6: Ειδικά διαμορφωμένος τάπητας των 2,4 μέτρων.

Αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης κατάγματος ευθραυστότητας: Το εργαλείο frax (εικόνα 7) αναπτύχθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) για την εκτίμηση του κινδύνου κατάγματος στους ασθενείς. Βασίζεται σε ατομικά μοντέλα ασθενών στα οποία ενσωματώνονται οι κίνδυνοι που σχετίζονται τόσο με κλινικούς παράγοντες κινδύνου όσο και με την οστική πυκνότητα (BMD) στον αυχένα του μηριαίου. Από τους ασθενείς ζητήσαμε όλες τις πληροφορίες για τον υπολογισμό του frax score.

### Εργαλείο υπολογισμού

Παρακαλείστε να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις για τον υπολογισμό της δεκαετούς πιθανότητας κατάγματος βάσει της οστικής πυκνότητας.

Χώρα: <b>Ην. Βασιλείο</b>	Όνομα/Κωδικός: <input type="text"/>
<b>Ερωτηματολόγιο:</b>	
1. Ηλικία (μεταξύ 40 και 90 ετών) ή την ημερομηνία γέννησης Ηλικία: <input type="text"/> Ημερομηνία γέννησης: Ε: <input type="text"/> Μ: <input type="text"/> Η: <input type="text"/>	10. Δευτεροπαθής οστεοπόρωση <input checked="" type="radio"/> Όχι <input type="radio"/> Ναι
2. Φύλο <input type="radio"/> Άνδρας <input type="radio"/> Γυναίκα	11. 3 ή περισσότερες μονάδες αλκοόλ ημερησίως <input checked="" type="radio"/> Όχι <input type="radio"/> Ναι
3. Βάρος (κιλά) <input type="text"/>	12. BMD αυχένα μηριαίου (g/cm <sup>2</sup> ) επιλέξτε BMD <input type="text"/>
4. Ύψος (εκατοστά) <input type="text"/>	<input type="button" value="Καθαρισμός πεδίων"/> <input type="button" value="Υπολογισμός"/>
5. Προηγούμενο κάταγμα <input checked="" type="radio"/> Όχι <input type="radio"/> Ναι	
6. Ιστορικό κατάγματος ισχίου σε γονέα <input checked="" type="radio"/> Όχι <input type="radio"/> Ναι	
7. Κάπνισμα <input checked="" type="radio"/> Όχι <input type="radio"/> Ναι	
8. Γλυκοκορτικοειδή <input checked="" type="radio"/> Όχι <input type="radio"/> Ναι	
9. Ρευματοειδής αρθρίτιδα <input checked="" type="radio"/> Όχι <input type="radio"/> Ναι	

Εικόνα 7:

Το frax score αναπτύχθηκε από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) για την εκτίμηση του κινδύνου κατάγματος.

## Πρόγραμμα παρέμβασης

Οι συμμετέχοντες εκτιμήθηκαν, πριν και 3 μήνες μετά την τροποποίηση του καθημερινού διαιτολογίου και επιπλέον έναρξης συστηματικής άσκησης με εφαρμογή ειδικού ασκησιολογίου που περιλάμβανε ασκήσεις ενδυνάμωσης κάτω άκρων και κορμού, αερόβια άσκηση και ασκήσεις με αντίσταση. Η φυσική δραστηριότητα του κάθε συμμετέχοντα εκτιμήθηκε με εργαλείο αξιολόγησης την ταχύτητα βάδισης (gait speed) σε οριζόντιο τάπητα μήκους 2,40μ και το Frax-score ως εργαλείο αξιολόγησης και πρόβλεψης του κινδύνου εμφάνισης κατάγματος ευθραυστότητας. Τα συμπληρώματα διατροφής περιελάμβαναν τη βιταμίνη D 2000 IU/d, το ασκορβικό οξύ 1000mg/d και 1000mg  $\omega_3$ -λιπαρών οξέων ημερησίως.

Αναλυτικά, τα 21 άτομα ακολούθησαν πρόγραμμα παρέμβασης διάρκειας τριών μηνών με συχνότητα προπόνησης 3 έως 4 φορές την εβδομάδα (με κενό μιας ημέρας μεταξύ των προπονητικών μονάδων). Κάθε προπονητική μονάδα είχε υπολογιστεί πως είχε διάρκεια 20-25 λεπτά. Αυτή περιλάμβανε 5 λεπτά προθέρμανση, 10-15 λεπτά ασκήσεις ενδυνάμωσης ολόκληρου του σώματος και 5 λεπτά αποθεραπεία. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα σχεδιάστηκε ώστε να περιέχει εξειδικευμένες ασκήσεις για την ενδυνάμωση των κυριότερων και μεγαλύτερων μυών του ανθρωπίνου σώματος. Στα άτομα αναφέρθηκε πως όλες οι ασκήσεις πρέπει να πραγματοποιούνται με αργό και ελεγχόμενο ρυθμό. Επίσης πρέπει να τονιστεί πως οι καθημερινές δραστηριότητες δεν αντικαθιστούν τις ασκήσεις που δόθηκαν, συνεχίζοντας τον συνηθισμένο τρόπο ζωής τους.

Καθ'όλη τη διάρκεια του προγράμματος παρέμβασης πραγματοποιήθηκε σταδιακή αύξηση της επιβάρυνσης, αφήνοντας ελεύθερο το συμμετέχοντα να επιλέξει αυξάνοντας είτε τον αριθμό των επαναλήψεων ανά σειρά (6-12) είτε τον αριθμό των ασκήσεων (5-8 διαφορετικές ασκήσεις τη ημέρα σύμφωνα με τις δυνατότητες του κάθε ασκούμενου, έτσι ώστε όλοι να πραγματοποιήσουν την απαιτούμενη συνολική ποσότητα άσκησης κατά τη διάρκεια της προπονητικής μονάδας.

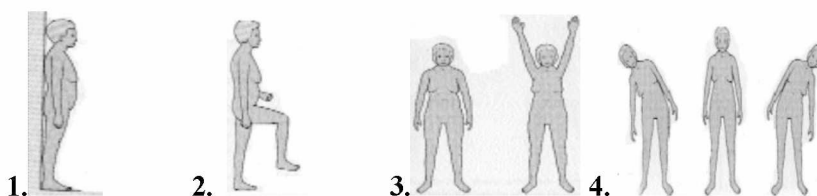
Παρακάτω (ασκήσεις χρήσιμες για την οστεοπόρωση) παρέχεται το ασκησιολόγιο που δόθηκε στους συμμετέχοντες. Περιλάμβανε 14 ασκήσεις για τις βασικές μυικές ομάδες, όπου τα άτομα μπορούσαν να επιλέξουν. Η κάθε άσκηση αναλύεται στο τρόπο που πρέπει να εκτελείται. Επίσης, κατά τη πρώτη συνάντηση εξηγήθηκε στον κάθε συμμετέχοντα ο τρόπος εκτέλεσης των ασκήσεων και δόθηκαν παραδείγματα.

Τέλος, το πρόγραμμα διατροφής που ακολούθησαν οι συμμετέχοντες ήταν βασισμένο στην μεσογειακή διατροφή. Κατά τη πρώτη συνάντηση δόθηκαν οδηγίες. Επίσης, ζητήθηκε από τα άτομα να καταναλώνουν καθημερινά συμπληρώματα διατροφής που περιλάμβαναν βιταμίνη D 2000 IU, ασκορβικό οξύ 1000mg και 1000mg  $\omega_3$ -λιπαρών οξέων ημερησίως.

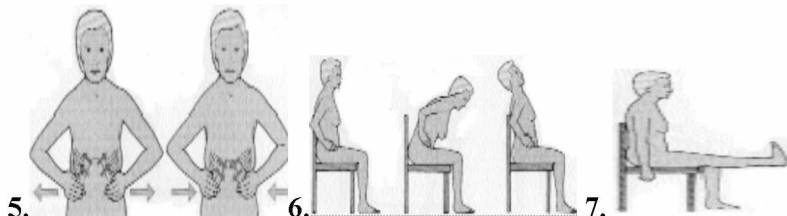
## Οι ασκήσεις που δόθηκαν στους συμμετέχοντες

Παραθέσαμε μερικές ασκήσεις όπου κατά την πρώτη εκτέλεση θα έπρεπε να προσέξουν πολύ για να μην εξαντληθούν και επιδεινώσουν την κατάστασή τους. Παρακάτω παρουσιάζονται οι ασκήσεις με τις οδηγίες.

1. Σταθείτε με την πλάτη στον τοίχο και προσπαθήστε να ακουμπήσετε ταυτόχρονα στον τοίχο την πτέρνα, τους γλουτούς, τους ώμους και το κεφάλι σας
2. Κάντε επιτόπου 30 βήματα σηκώνοντας το πόδι σας όσο πιο ψηλά γίνεται.
3. Κάντε ανάταση των χεριών. Εισπνεύστε κατά την ανύψωση και εκπνεύστε με το κατέβασμα των χεριών.

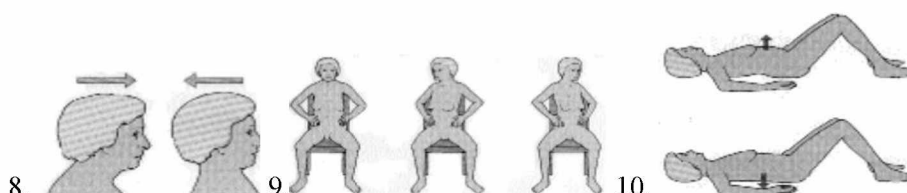


4. Κάμψεις του κορμού δεξιά αριστερά 5 φορές εκατέρωθεν.
5. Βάλτε τα χέρια σας κάτω από τα πλευρά σας. Εισπνεύστε από την μύτη και νοιώστε τα πλευρά σας να μετακινούνται προς τα έξω. Στη συνέχεια εκπνεύστε από το στόμα, σπρώχνοντας ήπια με τα χέρια σας τα πλευρά σας βοηθώντας να βγει ο αέρας.
6. Καθίστε και βάλτε τα χέρια σας στη μέση, κάντε μια βαθιά επίκνιψη, ανάκαμψη, τέντωμα της πλάτης κοιτώντας μπροστά.

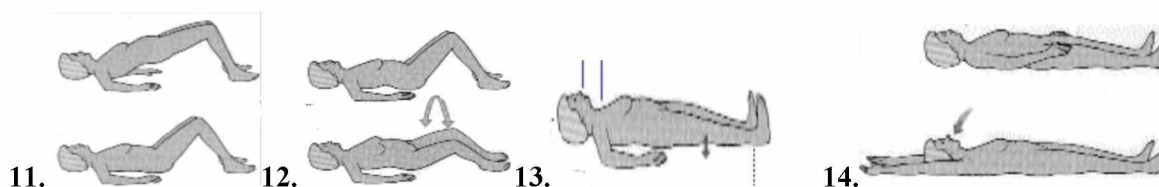


7. Σηκώστε το ένα πόδι μπροστά και τραβήξτε τα δάκτυλα προς τα πίσω τεντώνοντας το γόνατο. Επαναλάβετε με το άλλο πόδι.

8. Κρατήστε τον κορμό σταθερό με την πλάτη τεντωμένη στην πλάτη της καρέκλας και τεντώστε το κεφάλι σας προς τα πίσω. Στη συνέχεια κάντε επιστροφή και επίκυψη.
9. Βάλτε τα χέρια σας στη μέση, κάντε στροφή του κορμού αριστερά και επιστροφή στην αρχική σας θέση και στη συνέχεια δεξιά στροφή του κορμού.



10. Ξαπλώστε στο πάτωμα και σηκώστε τα πόδια σας, λυγίζοντας τα γόνατα. Σφίγγοντας τους μύες της κοιλιάς σας, ανασηκώστε τη καμάρα της μέσης σας και στη συνέχεια επιστρέψτε στο πάτωμα.
11. Βάζοντας δύναμη στα πόδια ανασηκώστε την μέση σας όσο πιο πολύ μπορείτε και επιστρέψτε στο πάτωμα.
12. Με τα πόδια σε κάμψη και ενωμένα τα γόνατα στρέψτε το κορμό σας δεξιά και αριστερά.
13. Ξαπλωμένοι και με τεντωμένα τα γόνατά σας, τραβήξτε τα δάκτυλά προς πάνω.
14. Ξαπλωμένοι και με τεντωμένα τα πόδια, τραβήξτε τα χέρια σας προς τα πίσω. Χαλαρώστε και φέρτε τα χέρια σας μπροστά. Εισπνεύστε με την ανάταση και εκπνεύστε με την επιστροφή.



## Δοκιμασία

Πριν την έναρξη της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε σειρά πέντε πιλοτικών προγραμμάτων, με στόχο να καθοριστούν τα στοιχεία της επιβάρυνσης που χρησιμοποιηθήκαν στην παρούσα ερεύνα. Εν συνεχεία, οι συμμετέχοντες, οι οποίοι πληρούσαν τις προϋποθέσεις για να λάβουν μέρος στη μελέτη, προσήλθαν στον Ελληνικό Ερυθρό Σταυρό τμήμα Πατρών, προκειμένου να ενημερωθούν για το πρόγραμμα που θα ακολουθήσουν. Εξοικειώθηκαν με το πρόγραμμα άσκησης, μελετήθηκε το ιστορικό των ασθενών και συζητήθηκαν διάφοροι προβληματισμοί για τη διατροφή και την άσκηση. Μετά από δέκα ημέρες, ο κάθε συμμετέχων προσήλθε σε προκαθορισμένη ημέρα και ώρα, προκειμένου να λάβει μέρος στις αρχικές μετρήσεις. Επιπλέον, προσκομίστηκαν και εξετάσεις οστικής πυκνότητας που είχαν ζητηθεί στη πρώτη συνάντηση.

Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον Ελληνικό Ερυθρό Σταυρό του τμήματος Πατρών, πριν την έναρξη του προγράμματος, αρχική μέτρηση, και διήρκησαν κατά μέσο όρο 30 λεπτά για τον κάθε συμμετέχοντα.

Ύστερα από την ολοκλήρωση των αρχικών μετρήσεων, συζητήθηκαν τυχόν απορίες και δόθηκε το πρόγραμμα άσκησης, το πρόγραμμα διατροφής και τα συμπληρώματα. Στη συνέχεια, για διάστημα τριών μηνών και με συχνότητα 3 έως 4 φορές την εβδομάδα, τα άτομα ακολούθησαν το πρόγραμμα άσκησης και διατροφής που περιγράφηκε παραπάνω.

Μετά τη λήξη του προγράμματος έγινε επανάληψη των μετρήσεων, οι τελικές μετρήσεις, με τον ίδιο τρόπο που είχαν πραγματοποιηθεί πριν την έναρξη της παρέμβασης. Οι τελικές μετρήσεις για κάθε δοκιμαζόμενο πραγματοποιήθηκαν 3-4 ημέρες μετά τη λήξη της τελευταίας προπονητικής μονάδας και εφόσον είχαν περάσει τρεις μήνες από την αρχική μέτρηση. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τον ίδιο ερευνητή, κάτω από σταθερές συνθήκες όπως ήταν ο χώρος, η θερμοκρασία, η υγρασία και η ώρα της ημέρας (απογευματινές ώρες).

## Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική ανάλυση της παρούσας διπλωματικής έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS όπου χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων. Επιπλέον, για κάθε μια από τις μεταβλητές που αξιολογήθηκαν στην έρευνα έγινε έλεγχος της προσαρμογής σε κανονική κατανομή με δεδομένο το κριτήριο Shapiro- Wilk, αλλά επίσης χρησιμοποιήθηκε και έλεγχος της ισότητας των διακυμάνσεων (Levens Test for Equality of Variances).

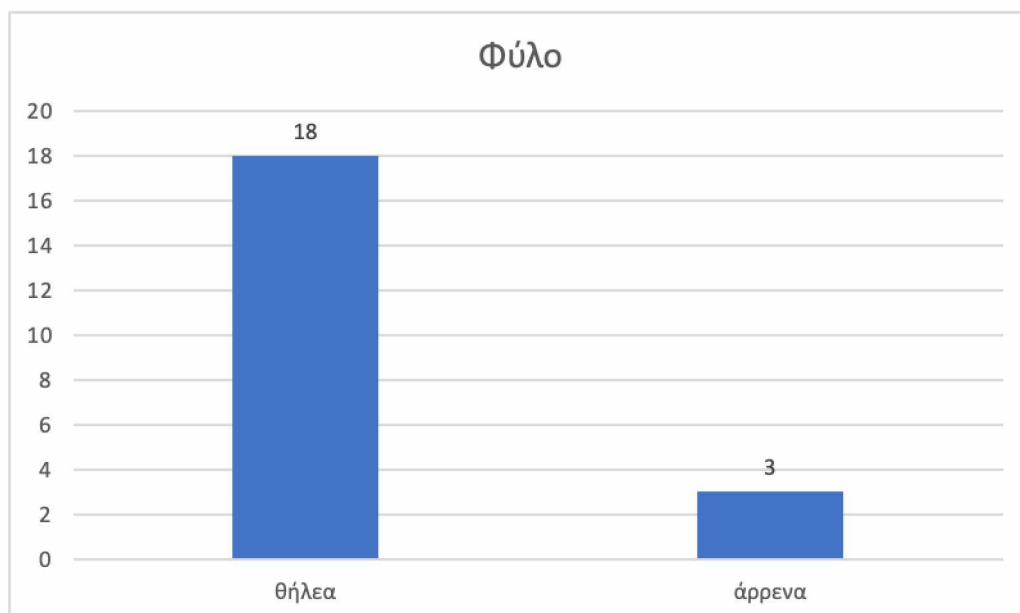
Από τον επακόλουθο έλεγχο της προσαρμογής σε κανονική κατανομή με δεδομένο το κριτήριο Shapiro-Wilk, ανέκλυσε το συμπέρασμα πως όλες οι μεταβλητές που εκτιμήθηκαν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Ακόμα, από τον έλεγχο της ισότητας των διακυμάνσεων (Levens Test for

Equality of Variances) διερευνήθηκε ότι όλες οι μεταβλητές της έρευνας παρουσίασαν ομοιογένεια κατά τη διακύμανση μεταξύ των δειγμάτων.

Για την εξέταση της επίδρασης του εξειδικευμένου προγράμματος προπόνησης και διατροφής στη ταχύτητα και στο δείκτη frag για την αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης κατάγματος ευθραυστότητας των ηλικιωμένων ατόμων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με δύο παράγοντες. Το επίπεδο της σημαντικότητας ορίστηκε στο  $p < 0.05$ , σύμφωνα με τη στατιστική. Επίσης, το μέγεθος της επίδρασης εκτιμήθηκε σύμφωνα με τον τύπο του Cohen: ( $d = \text{difference between means/pooled SD}$ ) [88].

### Αποτελέσματα της έρευνας

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3) όπου υπάρχουν όλα τα στοιχεία της αρχικής και της τελικής μέτρησης όλων των συμμετεχόντων. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 21 άτομα εκ των οποίων 18 ήταν γυναίκες και 3 ήταν άντρες (σχεδιάγραμμα 1). Ηλικίας από 57-74 ετών (σχεδιάγραμμα 2), ενώ το 62% ήταν άνω των 66 ετών (μέσος όρος  $65,5 \pm 8,5$ ).



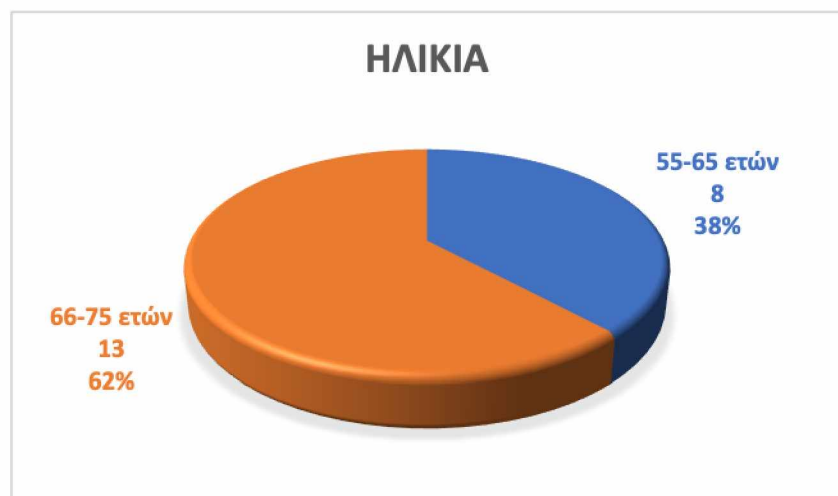
Σχεδιάγραμμα 1: Φύλο συμμετεχόντων.



ΑΣΘΕΝΗΣ	ΗΛΙΚΙΑ (y)	ΒΑΡΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ	ΒΑΡΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΒΑΔΙΣΗΣ ΠΡΟ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΒΑΔΙΣΗΣ ΜΕΤΑ	ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΒΑΔΙΣΗΣ	FRAX SCORE ΠΡΟ	FRAX SCORE ΜΕΤΑ
		ΠΡΟ (Kgr)	(Kgr)	(m/sec)	(m/sec)	(%)	(ΜΟΠ) (%)	(ΜΟΠ) (%)
1	68	92	90	0,96	1,18	22,91	20	20
2	74	83	82	0,92	1,28	39,13	10	11
3	57	93	91	0,84	1,17	39,28	2,4	2,4
4	70	80	85	0,77	0,86	11,69	9,8	9,1
5	65	56	54	1,41	1,9	35,71	21	22
6	60	80	77	0,94	1,2	27,66	7,7	7,9
7	63	74	74	0,8	1,12	40	5	5,4
8	74	67	66	0,82	1,08	31,7	12	12
9	67	81	85	0,61	0,92	50,82	10	9,8
10	72	66	59	1,16	0,87	-25	15	16
11	57	67	70	0,71	1,05	47,88	3,9	3,8
12	74	61	65	0,6	0,6	0	27	26
13	72	55	55	0,69	1,26	82,61	13	13
14	60	75	75	0,65	0,88	35,38	11	11
15	72	90	90	0,83	1,06	27,71	3,4	3,4
16	74	63	65	1,12	1,09	-3	13	13
17	68	64	64	0,81	1,03	27,16	15	15
18	60	68	69	0,87	1,3	49,43	11	10
19	74	60	60	0,56	1,3	132,14	29	33
20	71	65	65	0,92	1,1	19,57	19	16
21	64	58	58	0,57	0,93	63,16	27	29

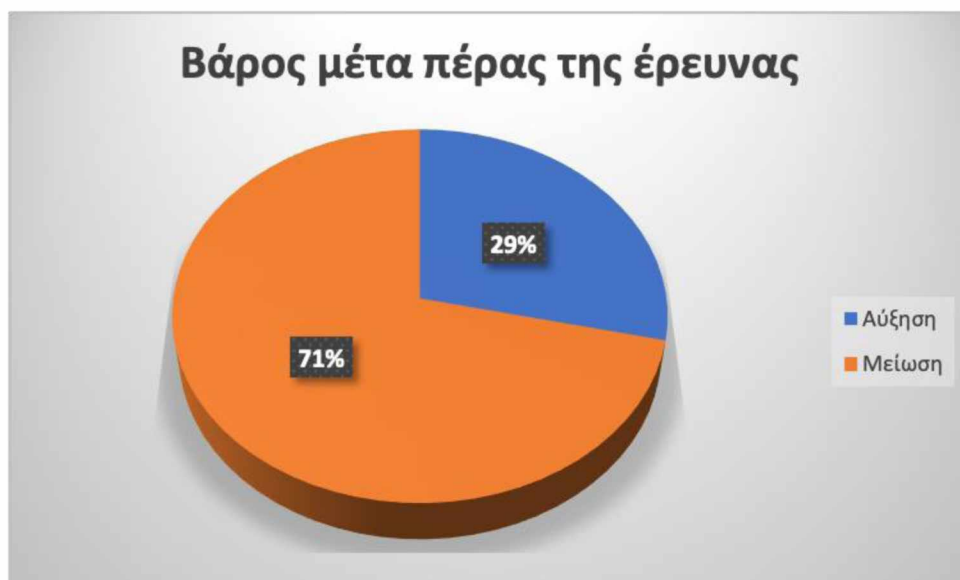
Πίνακας 3: Αποτελέσματα της έρευνας.

Από την επεξεργασία όλων των δεδομένων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων «πρόγραμμα προπόνησης και διατροφής» και «χρόνος» στη ταχύτητα βάδισης ( $F = 15,3$ ,  $p < 0,001$ ) όσο και στο δείκτη frax για την αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης κατάγματος ευθραυστότητας ( $F = 23,41$ ,  $p < 0,001$ ).



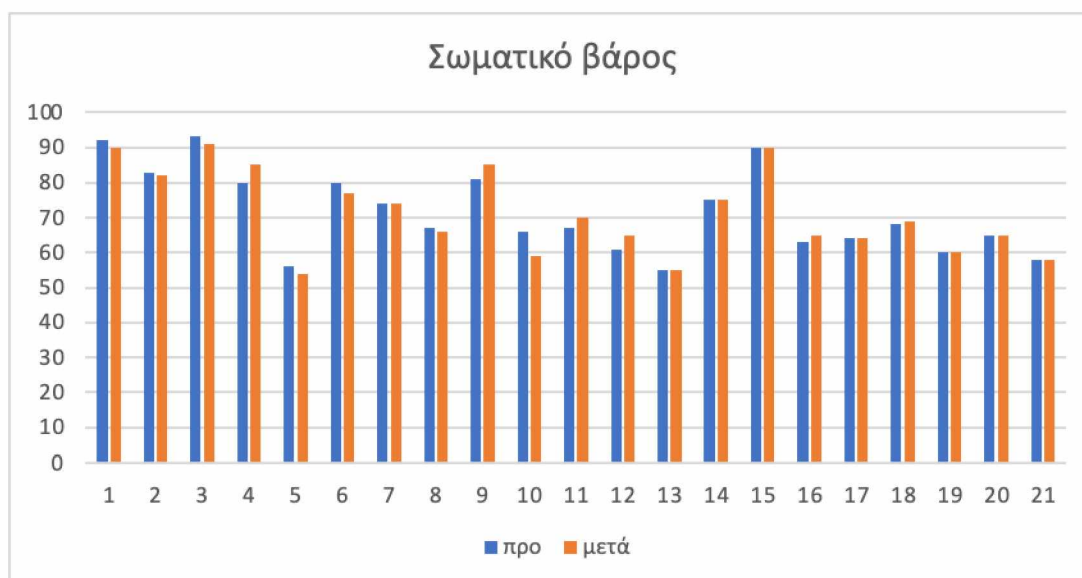
Σχεδιάγραμμα 2: Ηλικία ασθενών.

Στους συμμετέχοντες παρατηρήθηκε σαφώς στατιστικά σημαντική διαφορά στη ταχύτητα βάρους, βάρους και αξιολόγησης κινδύνου εμφάνισης κατάγματος ευθραυστότητας μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης ( $p < 0,001$ ).



Σχεδιάγραμμα 3: Το ποσοστό αυξομείωσης του σωματικού βάρους μετά το πέρας του προγράμματος.

Πιο αναλυτικά, το βάρος των ηλικιωμένων συμμετεχόντων μειώθηκε ή παρέμεινε αμετάβλητο μετά το πέρας του προγράμματος παρέμβασης στα 15 άτομα (ποσοστό 71%) ενώ μόνο 6 άτομα αύξησαν το βάρος του (σχεδιάγραμμα 3 και σχεδιάγραμμα 4).



Σχεδιάγραμμα 4: Αναλυτικά το σωματικό βάρος του κάθε εξεταζόμενου πριν και μετά το πρόγραμμα.

Όσον αφορά την ταχύτητα βάρδισης στον ειδικά διαμορφωμένο τάπητα, των 2,44 μέτρων, η αρχική μέτρηση διέφερε σε σύγκριση με τη δεύτερη μέτρηση όπου παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων ( $p < 0,001$ ). Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές της ποσοστιαίας μεταβολής της ταχύτητας μεταξύ αρχικής και τελικής μέτρησης.



Σχεδιάγραμμα 5: Μεταβολή της ταχύτητας βάρδισης μετά το πέρας της παρέμβασης.

Σε 16 συμμετέχοντες παρατηρήθηκε άνω του 30% ποσοστιαία αύξηση της ταχύτητας σε 3 παρατηρήθηκε κάτω του 30 % ενώ μόλις 2 συμμετέχοντες παρουσίασαν μείωση της ταχύτητας τους μετά το τέλος του προγράμματος παρέμβασης (σχεδιάγραμμα 5). Κατά μέσο όρο η ταχύτητα αυξήθηκε κατά 0,26 m/s, όπου στην αρχική μέτρηση ήταν 0,86 m/s και στη τελική 1,1m/s (σχεδιάγραμμα 6).



Σχεδιάγραμμα 6: Μέσος όρος ταχύτητας βάρδισης πριν και μετά την παρέμβαση.

Τέλος, η σημαντικότερη μέτρηση στην συγκεκριμένη εργασία είχε να κάνει με το δείκτη frax, για την αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης κατάγματος ευθραυστότητας στα άτομα που συμμετείχαν στη παρούσα μελέτη.

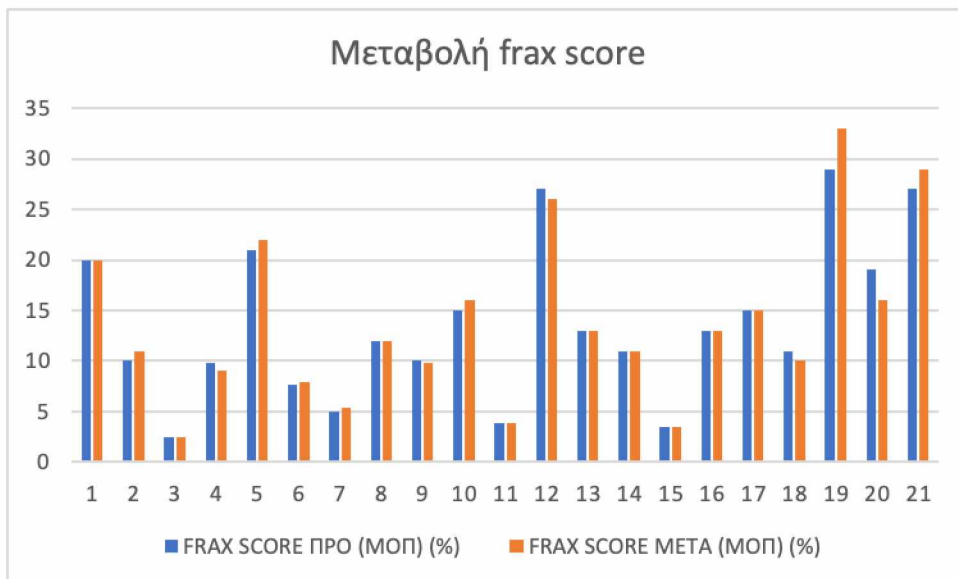


Σχεδιάγραμμα 7: Μεταβολή του frax score μετά το πέρας του προγράμματος.

Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε στην αρχική μέτρηση με τα δεδομένα εκείνης της περιόδου και επανεκτιμήθηκε έπειτα από τρεις μήνες αφού είχε ολοκληρωθεί το πρόγραμμα παρέμβασης. Από τα αποτελέσματα προέκυψε πως το frax score βελτιώθηκε κατά μέσο όρο 0,3% (σχεδιάγραμμα 7), από όπου σε 16 άτομα αυξήθηκε το ποσοστό του δείκτη ενώ μόνο σε 5 άτομα επιδεινώθηκε (σχεδιάγραμμα 8). Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται στο σχεδιάγραμμα 9 μεταξύ πρώτης και δεύτερης μέτρησης.



Σχεδιάγραμμα 8: Αποτελέσματα frax score συμμετεχόντων μετά το πέρας του προγράμματος.



Σχεδιάγραμμα 9: Αναλυτικά το frax score του κάθε συμμετέχοντα πριν και μετά την εφαρμογή του προγράμματος.

Εν κατακλείδι, από την επεξεργασία των δεδομένων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση των παραγόντων «πρόγραμμα» και «χρόνος» σε όλους τους δείκτες (βάρος, ταχύτητα, δείκτης frax) ( $p < 0,001-0,05$ ) μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης μέτρησης. Άρα η αρχική υπόθεση επιβεβαιώθηκε ότι το συγκεκριμένο πρόγραμμα βοήθησε τους συμμετέχοντες στη βελτίωση της υγείας τους.

## Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε η επίδραση ενός εξειδικευμένου προγράμματος ενδυνάμωσης ολόκληρου του σώματος, με ασκήσεις μεγάλων μυϊκών ομάδων, με ταυτόχρονη προσαρμογή στη διατροφή του κάθε συμμετέχοντα στη μεταβολή του βάρους, της ταχύτητας και του δείκτη frax. Μετά το πέρας του προγράμματος παρέμβασης, διάρκειας τριών μηνών με μέσο όρο 3-4 προπονήσεις την εβδομάδα, παρατηρήθηκε βελτίωση όλων των δεικτών στα άτομα που συμμετείχαν στη μελέτη.

### *Η επίδραση των προγραμμάτων άσκησης στη διατήρηση της μυϊκής μάζας*

Προηγούμενες μελέτες στη διεθνή βιβλιογραφία, οι οποίες εφάρμοσαν ποικίλα γενικά προγράμματα άσκησης με ή χωρίς εξειδικευμένο ασκησιολόγιο για την ενδυνάμωση των βασικών και μεγάλων μυϊκών ομάδων, κατέληξαν σε παρόμοια αποτελέσματα όπως η παρούσα μελέτη.

Πιο συγκεκριμένα, μια σημαντική μελέτη στον τομέα της άσκησης και της σαρκopenίας είναι η μελέτη LIFE (44), μια πολυκεντρική τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη που συγκρίνει ένα

πρόγραμμα σωματικής δραστηριότητας με ένα πρόγραμμα επιτυχούς γήρανσης σε περισσότερους από 1600 αδρανείς ηλικιωμένους με παρακολούθηση περίπου 3 ετών. Το αποτέλεσμα της μελέτης ήταν η βασική κινητική αναπηρία δηλαδή η ανικανότητα του ατόμου να περπατήσει απόσταση 400 μέτρων. Το πρόγραμμα της ομάδα παρέμβασης αποτελούνταν από ένα συνδυασμό περπατήματος με μέτρια ένταση, ασκήσεις αντίστασης, ισορροπίας, τέντωμα και συμβουλευτική συμπεριφοράς. Το επιτυχημένο πρόγραμμα γήρανσης της ομάδας ελέγχου αποτελούνταν από σεμινάρια αγωγής και ασκήσεις άνω άκρων. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα υποστηρίζουν την άποψη ότι ένα συγκεκριμένο καθημερινό πρόγραμμα φυσικών ασκήσεων συνδυασμού ασκήσεων αντοχής και αντίστασης είναι εξ' αποτελέσματος σημαντικό στην πρόληψη σημαντικών αναπηριών κινητικής λειτουργίας και αδυναμίας σε υπερήλικα άτομα.

Επιπλέον, στην μελέτη των Mijnaerends et al (45), η άσκηση φάνηκε να επιδρά σημαντικά στη βελτίωση της μυϊκής μάζας και στην ταυτόχρονη βελτίωση της λειτουργικής απόδοσης. Επίσης συμπεράναν πως η άσκηση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εμφάνιση ή όχι της σαρκοπενίας, διότι τα λιγότερα δραστήρια άτομα έχουν πολύ περισσότερες πιθανότητες να εμφανίσουν στο μέλλον σαρκοπενία ενώ στα ήδη σαρκοπενικά η επιδείνωση της κατάστασης τους είναι βέβαιη. Επιπροσθέτος παρατηρήθηκε ότι οι σαρκοπενικοί ασθενείς είναι λιγότερο δραστήριοι από τους μη-σαρκοπενικούς ασθενείς. Θα έπρεπε συμπερασματικά να δίνεται περισσότερο έμφαση από τα ηλικιωμένα άτομα στο να βελτιώσουν τα επίπεδα άσκησης καθώς αυτή θα επιβραδύνει την εμφάνιση της σαρκοπενίας ενώ γενικά θα μειώσει τα αρνητικά αποτελέσματα για την υγεία τους.

Η έρευνα των Marzetti et al (41), έδειξε πως το πρόγραμμα με ασκήσεις αντίστασης και ισορροπίας είναι σε θέση να βελτιώσει τη μυϊκή δύναμη αλλά και να μειώσει το σωματικό λίπος σε ηλικιωμένους. Οι ασκήσεις αντιστάσεων 2-3 φορές την εβδομάδα προβάλλει στην βελτίωση της λειτουργικής απόδοσης και στη μείωση σε τυχόν κινητικούς περιορισμούς και μυϊκές αδυναμίες.

Στην μελέτη των Liu et al (46), ερευνάται αν τα άτομα με σαρκοπενία πρέπει να ενισχύσουν τη φυσική τους κατάσταση. Μετά από πρόγραμμα άσκησης, το συμπέρασμα δείχνει ότι η φυσική δραστηριότητα είναι πιο ευεργετική στο να αυξήσει την σωματική κατάσταση των συμμετεχόντων σε άσκηση απ'ότι ένα πρόγραμμα που δεν αποτελείται απο κάποια στοιχεία άσκησης. Επίσης, δεν βρέθηκαν διαφορές μεταξύ σαρκοπενικών ατόμων και μη στο ποσοστό συμμόρφωσης τους σε προγράμματα άσκησης, παρόλο που στα άτομα με σαρκοπενία συνυπάρχουν αρκετές φορές συννοσηρότητες, γεγονός που μπορεί να αποτελέσει τροχοπέδη για τη συμμετοχή τους σε τέτοια προγράμματα. Με αυτό το τρόπο η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε πως αν και οι σαρκοπενικοί ασθενείς θεωρούνται ευπαθείς, μπορούν να ανταποκριθούν επαρκώς σε ένα πρόγραμμα άσκησης που θα βελτιώσει τη φυσική τους κατάσταση με σκοπό την καλύτερη ποιότητα ζωής.

Ακόμα μια μελέτη των Artigas et al (47), διερευνά την επίδραση ενός προγράμματος άσκησης ταυτόχρονα με ένα πρόγραμμα διατροφής ανάμεσα σε σαρκοπενικές παχύσαρκες και σε μη

σαρκοπενικές παχύσαρκες γυναίκες. Τα δεδομένα της μελέτης έδειξαν σημαντική μείωση στο σωματικό βάρος και στη λιπαρή μάζα και στις δύο ομάδες ελέγχου. Όμως η ΑΜΣ (Αλιπη Μάζα Σώματος) των παχύσαρκων γυναικών με σαρκοπενία διατηρήθηκε εν αντιθέσει με την ΑΜΣ των μη σαρκοπενικών παχύσαρκων γυναικών το οποίο ελαττώθηκε. Το συγκεκριμένο μη ξεκάθαρο αποτέλεσμα ίσως οφείλεται σε αρκετούς παράγοντες στη συγκεκριμένη μελέτη όπως για παράδειγμα εάν το μέγεθος της παρέμβασης ήταν μεγάλο ή μικρό, ή εάν υπήρχε στη περίπτωση μεγαλύτερης παρέμβασης μείωση στην ΑΜΣ των σαρκοπενικών παχύσαρκων γυναικών. Επιπρόσθετα, στην συγκεκριμένη μελέτη έγινε η χρήση πρωτεϊνών στο 20- 25%, ποσοστό πολύ μεγαλύτερο από αυτό που συνιστάται από την Γαλλική Υπηρεσία Ασφάλειας Τροφίμων σε άτομα - ασθενείς με ιδιαίτερα καθιστικό τρόπο ζωής (προτείνεται πρωτεΐνη στο 15%). Ακόμα μια παρατήρηση είναι ότι ίσως οι παχύσαρκες σαρκοπενικές γυναίκες να είχαν μικρότερη μυϊκή μάζα για να χάσουν σε σύγκριση με τις μη σαρκοπενικές παχύσαρκες γυναίκες. Όπως επίσης, το πρόγραμμα άσκησης παρότι ήταν ένα πρόγραμμα αερόβιας άσκησης μέτριας έντασης στην παρούσα κλινική μελέτη όμως, να μην ήταν επαρκές. Από το συμπέρασμα της συγκεκριμένης κλινικής έρευνας επιβεβαιώνονται τα οφέλη του προγράμματος αερόβιας άσκησης στα άτομα με σαρκοπενία με ταυτόχρονο συνδυασμό ενός τυποποιημένου προγράμματος διατροφής. Αλλά, για την απάχη μυϊκή μάζα η αερόβια άσκηση είναι πρακτικά ή λιγότερο κατάλληλη σε σύγκριση με πρόγραμμα ασκήσεων με αντιστάσεις. Συμπερασματικά τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας αναλύουν ότι το πρόγραμμα που ακολουθήθηκε ήταν περισσότερο κατάλληλο για σαρκοπενικά άτομα με προϋπάρχουσα αρκετά χαμηλή μυϊκή μάζα.

Στην μελέτη των Liao et al, (48) ερευνάται η δράση των ασκήσεων αντίστασης με τη χρήση των Theraband σε γυναίκες παχύσαρκες με σαρκοπενία. Μέσω αυτής την κλινικής δοκιμής ανευρίσκονται τα οφέλη των ασκήσεων με αντιστάσεις με τη χρήση ελαστικών ζωνών διαφόρων χρωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα αυτής της έρευνας φαίνεται να συμφωνούν με τα μέχρι τώρα αποτελέσματα όλων των προηγούμενων ερευνών που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση προϊόντων των Theraband ως προς τα κύρια οφέλη που ως επί το πλείστον είναι η μείωση της λιπαρής μάζας του ατόμου με ταυτόχρονη αύξηση της άπαχης μάζας, αύξηση της μυϊκής δύναμης και βελτίωση της φυσικής κατάστασης ικανότητας. Επίσης, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας δείχνουν ότι ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται στα προγράμματα ασκήσεων αντίστασης με λάστιχα για την καλύτερη διαχείριση και αποτελεσματικότερη θεραπεία των παχύσαρκων ασθενών με σαρκοπενία, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση σε ηλικιωμένες παχύσαρκες σαρκοπενικές παχύσαρκες (προσαρκοπενίας - κατηγορίας σαρκοπενίας τύπου 1) για την βελτίωση της μυϊκής μάζας και της δύναμης τους. Το συμπέρασμα από το συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι πως ασκήσεις με λάστιχα αντίστασης μπορούν να συμβάλλουν στη λήψη των κατάλληλων αποφάσεων για την βέλτιστη θεραπεία ηλικιωμένων παχύσαρκων γυναικών με προσαρκοπενία (δηλαδή σαρκοπενική παχυσαρκία κατηγορίας τύπου 1).

Πρέπει να αναφερθεί πως αρκετές φορές είναι δύσκολο μια κλινική μελέτη να είναι απόλυτα ακριβής και αξιόπιστη. Αυτό μπορεί να οφείλεται τόσο στη συγκεκριμένη μέθοδο που χρησιμοποιεί όσο και στο δείγμα που εξετάζεται κάθε φορά.

Κατά συνέπεια μπορεί να υπάρχει πιθανή αλλοίωση και μη ακριβής προσέγγιση των δεδομένων που αρκετές φορές δύναται να οδηγήσει σε λάθος τελικό συμπέρασμα. Ως εκ τούτου είναι σημαντικό να τονίζονται οι τυχόν αδυναμίες κάθε κλινικής μελέτης και αναλόγως με τις αστοχίες και αδυναμίες που προκύπτουν έτσι ώστε ο κάθε αναγνώστης να είναι σε θέση να βγάλει ένα αντικειμενικό συμπέρασμα και να μην υιοθετεί απόλυτα το τελικό αποτέλεσμα. Για αυτό το λόγο παρακάτω, συνοψίζονται οι αστοχίες και οι αδυναμίες των κλινικών μελετών που εξετάστηκαν.

Ξεκινώντας με την μελέτη των Hassan et al (49), οι περιορισμοί που προκύπτουν είναι ότι οι συμμετέχοντες της παρούσας έρευνας είχαν μια πολύ καλή λειτουργικότητα και ως αποτέλεσμα αυτού ήταν πως το αντιπροσωπευτικό δείγμα δεν μπορεί να ταυτιστεί πλήρως με όλα τα ηλικιωμένα άτομα που διαμένουν σε κέντρα φροντίδας και απασχόλησης. Επιπλέον, η παρούσα μελέτη εκδόθηκε ως υπομελέτη της αρχικής έρευνας με τα δεδομένα που συλλέχθηκαν να είναι αρκετά περιορισμένα και ταυτόχρονα το δείγμα να είναι μικρό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έρχεται σε αντίθεση με τους κανόνες σχετικά με την ακεραιότητα της βέλτιστης θεραπείας και με συνέπεια η υπομελέτη να πάρει ένα δείγμα ευκολίας με δεδομένα, στοιχεία και αποτελέσματα που δεν είχαν ως κύριο στόχο το αρχικό σχέδιο της μελέτης.

Αρκετά παρόμοιοι περιορισμοί υπήρξαν και στην μελέτη των Liu et al (46), καθώς και αυτή ήταν μια δευτερογενής ανάλυση των στοιχείων και το μέγεθος του δείγματος που επιλέχτηκε ήταν μικρό. Ακόμα, στη συγκεκριμένη έρευνα λόγω έλλειψης βασικών δεδομένων περιορίστηκαν αρκετά στο να καθορίσουν τη μυϊκή μάζα των συμμετεχόντων σύμφωνα με τα κριτήρια που δίνονται από το EWGSOP. Επίσης, όσον αφορά στην εργασία των Mijnaerends et al (45), η επικράτηση των αποτελεσμάτων της σαρκοπενίας ήταν αρκετά υψηλότερη από το δείγμα που ανέλυσαν και αυτό γιατί αρκετοί σαρκοπενικοί ασθενείς χάθηκαν κατά τη διάρκεια των επανεκτιμήσεων. Οι συμμετέχοντες που δεν προσήλθαν στην αρχική και στην τελική αξιολόγηση ήταν ασθενείς με αρκετά περισσότερες συννοσηρότητες και πολλά από τα άτομα αυτά δεν είχαν λάβει ποτέ συμμετοχή σε πρόγραμμα άσκησης. Αυτό υποδηλώνει με τη σειρά του ότι η επικράτηση της σαρκοπενίας είναι αυξημένη από το αποτέλεσμα που δείχνει η παρούσα έρευνα. Κάνοντας αναφορά στο γεγονός πως η φυσική κατάσταση των ατόμων αξιολογήθηκε με ερωτηματολόγια, αυτό από μόνο του οδηγεί αυτόματα σε μη αξιόπιστα αποτελέσματα, καθώς ο κάθε συμμετέχων μπορεί να υπερεκτιμήσει ή και να υποτιμήσει το βαθμό άσκησης που εκτελεί καθημερινά. Ένας τελευταίος περιορισμός της μελέτης είναι πως στη διάρκεια των 5 ετών δεν πραγματοποιήθηκε κάποιας άλλης μορφής αξιολόγηση για την φυσική κατάσταση των ατόμων πέρα από μία τυπική παρακολούθηση (follow-up) και αυτό μπορεί να περιορίσει ως ένα μεγάλο βαθμό τη συσχέτιση της σαρκοπενίας με την άσκηση.



Ακόμα μία μελέτη των Kim et al (50), εμπεριέχει αρκετούς περιορισμούς. Ξεκινώντας από έναν μικρό περιορισμό που αναφέρεται στο ότι για την αξιολόγηση της μυϊκής μάζας χρησιμοποίησαν τη μέθοδο BIA ως μια πιο οικονομική μέτρηση σε σχέση με άλλες μεθόδους όπως η μαγνητική τομογραφία ή η αζονική που είναι πιο ακριβείς αλλά και ταυτόχρονα πιο έγκυρες. Σε συγκρίσεις που έχουν γίνει ανάμεσα στην MRI και στην BIA φαίνεται να έχουν μεγάλη συσχέτιση όσον αφορά την αξιοπιστία τους. Στις έρευνες που μελετούν τη λήψη αμινοξέων έχει τονιστεί ότι συμβάλλουν στην αναδόμηση των μυϊκών ινών και επομένως στη βελτίωση της μυϊκής μάζας αλλά στην παρούσα έρευνα δεν αξιολογήθηκε αν η βελτίωση της μυϊκής μάζας είναι αποτέλεσμα από την πρόσληψη των αμινοξέων. Επίσης, τα δεδομένα που προέκυψαν από την ομάδα άσκησης και συμπληρώματος θα μπορούσαν να συμπεριλάβουν στην έρευνα και τη χρήση placebo σε ένα δείγμα ατόμων για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, γεγονός που δεν συνέβη στην εν λόγω μελέτη. Τέλος, αρκετά άτομα έκαναν ταυτόχρονη λήψη αμινοξέων σε συνδυασμό με γάλα. Αυτό δεν μπορεί με ακρίβεια να εξασφαλίσει με αν επέδρασε τελικά θετικά ή όχι και η λήψη γάλακτος.

Καταλήγοντας, στη μελέτη των Liao et al, (48) αξιολογήθηκαν οι επιδράσεις ενός προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις σε σαρκοπενικές παχύσαρκες γυναίκες, όπου υπήρχαν περιορισμοί στη μελέτη. Από τις δύο ομάδες, το αρχικό δείγμα πραγματοποιήθηκε από 23 άτομα που περιλαμβάνονταν στην πειραματική ομάδα και 18 άτομα από την ομάδα ελέγχου, όπου το δείγμα ήταν ανόμοιο μεταξύ του. Επιπλέον, η συγκεκριμένη έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο σε σαρκοπενικές παχύσαρκες γυναίκες και δεν αξιολογήθηκαν καθόλου άντρες, λόγω της διαφοράς των αποτελεσμάτων των δύο φύλων. Κατά συνέπεια τα αποτελέσματα της άσκησης αντιστάσεων δεν μπορούν να γενικευθούν για ολόκληρο τον ηλικιωμένο πληθυσμό. Επιπρόσθετα, η παρούσα μελέτη περιελάμβανε νεότερες σαρκοπενικές παχύσαρκες γυναίκες, το οποίο με τη σειρά του θα μπορούσε να συμβάλλει ως προκατάληψη για τον γενικό σαρκοπενικό ηλικιωμένο πληθυσμό. Άλλος ένας περιορισμός στην έρευνα είναι το μικρό μέγεθος του δείγματος το οποίο περιόρισε της σχέση μεταξύ της βελτίωσης της σύνθεσης του σώματος και της φυσικής κατάστασης των συμμετεχόντων. Τέλος, δεν χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα κάποιο συγκεκριμένο διατροφικό πρόγραμμα ή πρόγραμμα συμπληρώματος διατροφής. Πλέον έχει γίνει αποδεκτό πως συγκεκριμένα διατροφικά πρότυπα ή συμπληρώματα διατροφής μπορούν να βελτιώσουν το σωματικό βάρος των ατόμων με σαρκοπενία όπως και τη μυϊκή μάζα κατά τη διάρκεια προγράμματος ασκήσεων αντίστασης (RET).

#### *Η επίδραση της διατροφής στη σαρκοπενία*

Εκτός από τα προγράμματα άσκησης με ή χωρίς αντιστάσεις η διατροφή έχει ένα βασικό κομμάτι στην εξέλιξη της σαρκοπενίας. Πολλές έρευνες έχουν αποδείξει πλέον πως η σωστή διατροφή σε συνδυασμό με συμπληρώματα διατροφής έχει βέλτιστα αποτελέσματα στους σαρκοπενικούς ασθενείς.

Στην έρευνα των Artigas et al (47), παρατηρήθηκαν οι επιδράσεις ενός προγράμματος τροποποίησης διατροφής σε σαρκοπενικές γυναίκες παχύσαρκες και σε μη σαρκοπενικές παχύσαρκες γυναίκες, οι κυριότεροι περιορισμοί της ήταν: το μικρό χρονικό διάστημα εφαρμογής του προγράμματος άσκησης με ταυτόχρονη διατροφή για χρονικό διάστημα τριών εβδομάδων, λόγω του γεγονότος ότι το Γαλλικό Σύστημα Υγείας μπορεί να προσφέρει χρηματική κάλυψη σε τέτοιες έρευνες έως και τρεις εβδομάδες ως μέγιστο χρόνο. Ένας ακόμα περιορισμός της παρούσας έρευνας ήταν η μεγάλη τυπική απόκλιση που διαφάνηκε στη θερμιδική πρόσληψη παρά το γεγονός πως το τυποποιημένο σχέδιο διατροφής όπως και οι συμμετέχοντες δεν καταλάωναν όλα τα γεύματα τους σύμφωνα με το πλάνο αλλά ανάλογα με τις προτιμήσεις τους.

Μια μετά-ανάλυση εκτίμησε την επίδραση της βιταμίνης D στην μυϊκή δύναμη, τη μυϊκή μάζα και μυϊκή απόδοση, συμπεριλαμβάνοντας ασθενείς όλων των ηλικιών, χωρίς όμως την εκτίμηση της ύπαρξης κάποιας παθολογικής κατάστασης (51). Τα αποτελέσματα έδειξαν θετική επίδραση της βιταμίνης D μόνο στην μυϊκή δύναμη, SMD 0.17 ( $p = 0,02$ ), χωρίς κάποια άλλη επίδραση στις άλλες δύο παραμέτρους (51).

Άλλη μελέτη (52) υποστηρίζει την υπόθεση αιτιώδους συσχέτισης μεταξύ ανεπάρκειας βιταμίνης D και αυξημένου κινδύνου σαρκοπενίας σε ηλικιωμένους. Η επίδραση της βιταμίνης D στους μυς έχει διερευνηθεί ευρέως, υποδηλώνοντας ότι αυτή η ορμόνη μπορεί να διεγείρει τον πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση των σκελετικών μυϊκών ινών, διατηρώντας και βελτιώνοντας τη μυϊκή δύναμη και τη φυσική απόδοση. Οι ηλικιωμένοι έχουν υψηλότερο επιπολασμό χαμηλών επιπέδων Βιταμίνης D ως συνέπεια της χαμηλής πρόσληψης διατροφής και της μειωμένης υπεριώδους ακτινοβολίας του δέρματος. Επομένως, οι ηλικιωμένοι με ανεπάρκεια βιταμίνης D ενδέχεται να κινδυνεύουν από σαρκοπενία.

Όσον αφορά την βιταμίνη C, σύμφωνα με τη θεωρία της γήρανσης και τη συμμετοχή του οξειδωτικού στρες στην παθογένεση της σαρκοπενίας (53), έχει προταθεί πως η χορήγηση ασκορβικού οξέος με τα υψηλά επίπεδα αντιοξειδωτικών στο πλάσμα συνδέθηκαν με χαμηλότερο κίνδυνο ανάπτυξης αναπηρίας και μείωσης της μυϊκής δύναμης. Επίσης σχετίζεται με το μεταβολισμό και τη φυσιολογία των σκελετικών μυών όπου η ημερήσια πρόσληψη θα μπορούσε να αποτρέψει την ηλικιακή απώλεια σκελετού μυς.

Σε μια μελέτη του 2020 αναλύθηκε πως η βιταμίνη C έχει φυσιολογική σχέση με τους σκελετικούς μυς και μπορεί να τους προστατεύει κατά της γήρανσης (54). Ανέλυσαν δεδομένα από > 13.000 άνδρες και γυναίκες στην Ευρωπαϊκή προοπτική έρευνα για την ομάδα καρκίνου ηλικίας 42-82 ετών. Οι διατροφικές προσλήψεις βιταμίνης C υπολογίστηκαν από εβδομαδιαίο ημερολόγιο τροφίμων και η βιταμίνη C πλάσματος μετρήθηκε στο περιφερικό αίμα. Τα ευρήματά είχαν σχετικά θετική συσχέτιση, τόσο στη διατροφική όσο και στη κυκλοφορούμενη βιταμίνη C στη σκελετική μυϊκή μάζα σε άνδρες και

γυναίκες μέσης και μεγαλύτερης ηλικίας, υποδηλώνουν ότι η πρόσληψη βιταμίνης C από τη διατροφή μπορεί να είναι χρήσιμη για τη μείωση της απώλειας μυών που σχετίζεται με την ηλικία.

Ένα ακόμα συμπλήρωμα διατροφής που έχει ευεργετική δράση στην αντιμετώπιση της σαρκοπενίας είναι τα ωμέγα 3 λιπαρά. Σε πρόσφατη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας του 2019 (55) διατυπώθηκε η άποψη ότι τα ωμέγα-3 λιπαρά μπορεί να είναι εναλλακτικός θεραπευτικός παράγοντας για τη σαρκοπενία λόγω των αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων τους, που στοχεύουν στη χρόνια φλεγμονή χαμηλού βαθμού που σχετίζεται με την ηλικία και η οποία συμβάλλει στην ανάπτυξη της σαρκοπενίας. Επιπλέον, μπορεί επίσης να έχουν αναβολική επίδραση στους μύες μέσω της ενεργοποίησης της σηματοδότησης mTOR και της μείωσης της αντίστασης στην ινσουλίνη. Καταλήγουν πως υπάρχουν ενδείξεις για ευεργετική επίδραση των συμπληρωμάτων ωμέγα-3 σε σαρκοπενικούς ηλικιωμένους, η οποία επίδραση αυξάνεται με την ταυτόχρονη άσκηση. Ωστόσο, η ακριβής δοσολογία, η συχνότητα και η χρήση (μόνη ή συνδυασμένη) στη θεραπεία και την πρόληψη της σαρκοπενίας χρειάζεται ακόμα περαιτέρω διερεύνηση.

Τέλος, η γήρανση συνδέεται με τη σαρκοπενία και τη λειτουργική παρακμή, οδηγώντας σε ευπάθεια και αναπηρία. Ως τροποποιήσιμος παράγοντας κινδύνου, η διατροφή μπορεί να αποτελεί στόχο για την πρόληψη ή την αναβολή της εμφάνισης αυτών των γηριατρικών καταστάσεων. Μεταξύ των θρεπτικών συστατικών η βιταμίνη D και τα ω-3 πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (n-3 PUFA) παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις αποδεδειγμένες επιδράσεις τους στην υγεία των σκελετικών μυών. Μια ακόμα ανασκόπηση στοχεύει στην εξέταση των πρόσφατων παρατηρητικών και επεμβατικών στοιχείων σχετικά με τις συσχετίσεις και τον ρόλο αυτών των θρεπτικών συστατικών στη μυϊκή μάζα, τη δύναμη, την κινητικότητα και τη φυσική λειτουργία των ηλικιωμένων ενηλίκων, οι οποίοι είτε είναι υγιείς είτε κινδυνεύουν από αδυναμία (56). Η παρούσα εργασία καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τα συνδυασμένα συμπληρώματα βιταμίνης D και ω-3 μπορεί να προσφέρουν πρόσθετα οφέλη και να αντιπροσωπεύουν μια στρατηγική παρέμβασης στην πρόληψη της σαρκοπενίας και της λειτουργικής πτώσης.

## **Συμπεράσματα**

Πρόκειται για την πρώτη έρευνα που εξετάζει την επίδραση ενός προγράμματος άσκησης στο σπίτι με ταυτόχρονη χορήγηση συμπληρωμάτων διατροφής (βιταμίνης C, βιταμίνης D και ωμέγα-3 λιπαρών οξέων) σε ενήλικα άτομα με στόχο τη διατήρηση της ικανότητας βάδισης και αυτοεξυπηρέτησης του ηλικιωμένου πληθυσμού, μέσω προγραμμάτων κοινοτικής φροντίδας σε μονάδες πρωτοβάθμιας υγειονομικής περίθαλψης. Με βάση τις μελέτες που περιλαμβάνονται στη παρούσα έρευνα, η χορήγηση συμπληρωμάτων συγχρόνως με πρόγραμμα άσκησης έχει θετική επίδραση στην συνολική μυϊκή μάζα. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα κρίνεται απαραίτητο τόσο για την πρόληψη όσο και για την ενδεδειγμένη αντιμετώπιση της σαρκοπενίας

Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης θα μπορούσαν να έχουν θετικό αντίκτυπο στην δημοσία υγεία σε πρωτοβάθμιες υγειονομικές δομές κοινοτικής φροντίδας και κυρίως στον τομέα των μυοσκελετικών παθήσεων. Ειδικότερα δε στο αντικείμενο της σαρκοπενίας και στο σύνδρομο ευπάθειας, οι οποίες αποτελούν δύο χαρακτηριστικές παθολογικές οντότητες με μεγάλο ενδιαφέρον στη διεθνή βιβλιογραφία για την κατανόηση και αντιμετώπιση τους τα τελευταία χρονιά.

Οι συνδυαστικές ή μεμονωμένες ασκήσεις με συστηματικό αλλά και εξατομικευμένο τρόπο καθημερινά σε συνδυασμό με μία διατροφή πλούσια σε βιταμίνη D, C και  $\omega_3$ -λιπαρά συμβάλλει στην καλύτερη ποιότητα ζωής του πληθυσμού. Διαφαίνεται από την αύξηση της ταχύτητας βάδισης βελτίωση της φυσικής δραστηριότητας των ατόμων. Προκύπτει δε ότι είναι επωφελής για τη μυϊκή δύναμη και τη μυϊκή μάζα, επίδραση που μπορεί άμεσα να βοηθήσει τους σαρκοπενικούς ασθενείς στην πρόληψη των πτώσεων.

Έχοντας υπόψιν όλες αυτές τις μελέτες, η συμμετοχή σε προγράμματα πρόληψης ευπαθών πληθυσμιακών ομάδων θα πρέπει να ενθαρρύνεται έτσι ώστε να χαιρεί μεγαλύτερης απήχησης προς όφελος του γενικότερου κοινωνικού συνόλου και της οικονομίας της δημόσιας υγείας. Η μη προγραμματισμένη άσκηση και μια απλή διατροφή δεν επαρκούν προκειμένου να μειωθεί σημαντικά ο δεκαετής προβλεπόμενος κίνδυνος εμφάνισης καταγμάτων ευθραυστότητας σε ηλικιωμένους ασθενείς.

Τέλος ο αριθμός των ασθενών, που συμμορφώθηκε και τήρησε όλες τις οδηγίες της επιστημονικής ομάδας εργασίας ήταν μάλλον μη ικανοποιητικός. Η οδηγία για καθημερινή άσκηση έγινε περισσότερο αποδεκτή από ότι η οδηγία για καθημερινή λήψη συμπληρωμάτων διατροφής.

Ωστόσο, απαιτούνται επιπλέον μελέτες και έρευνες για τον καθορισμό των βέλτιστων συγκεντρώσεων της βιταμίνης C, της βιταμίνης D και των ωμέγα-3 λιπαρών οξέων. Όπως και η διάρκεια χορήγησης των συμπληρωμάτων αυτών πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω. Όταν αυτά τα ερωτήματα απαντηθούν, θα μπορούσαν με επιτυχία να ενσωματωθούν στον τρέχοντα προληπτικό, διαγνωστικό και θεραπευτικό αλγόριθμο για ασθενείς με σαρκοπενία.

## Βιβλιογραφία

1. Fielding RA, Vellas B, Evans WJ, Bhasin S, Morley JE, Newman AB et al. Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences. *J Am Med Dir Assoc*. 2011,12(4):249-256
2. Roman D, Mahoney K, Mohamadi A. Sarcopenia: What's in a Name?. *JAMDA*. 2013,14:80-82
3. Evans WJ. What Is Sarcopenia?. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1995, 50A(Special):5-8.
4. Michel JP. Sarcopenia: There Is a Need for Some Steps Forward. *JAMDA*. 2015,15(1):379-380
5. Hanna JS. Sarcopenia and Critical Illness. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 2015,39(3):273-281.
6. Campbell TM, Vallis LA. Predicting fat-free mass index and sarcopenia in assisted-living older adults. *AGE*. 2015, 36(2):96-74
7. Roman D, Mahoney K, Mohamadi A. Sarcopenia: What's in a Name?. *JAMDA*. 2013, 14(1):80-82
8. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*. 2018, 10(1):1-9
9. Cruz-Jentoft AJ, Landi F. Sarcopenia. *Clinical Medicine*. 2014,14(2):183-186
10. Iolascon G, Di Pietro G, Gimigliano F, Mauro GL, Moretti A, Giamattei MT, Ortolani S, Tarantino U, Brandi ML. Physical exercise and sarcopenia in older people: position paper of the Italian Society of Orthopaedics and Medicine (OrtoMed). *Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism*. 2014;11(3):215-221
11. Cruz-Jentoft Alfonso J, Francesco Landi, Stephane M. Schneider, Clemente Zuniga, Hidenori Arai, Yves Boirie et al, 2014, Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS) . *Age Ageing*, 43(6):748-759.
12. Muscaritoli M, Anker SD, Argiles J, Aversa Z, Bauer JM, Biolo G, et al. Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) "cachexia-anorexia in chronic wasting diseases" and "nutrition in geriatrics". *Clin Nutr*. 2010;29(2):154-9.
13. Kob R, Bollheimer LC, Bertsch T, Fellner C, Djukic M, Sieber CC, et al. Sarcopenic obesity: molecular clues to a better understanding of its pathogenesis? *Biogerontology*. 2015;16(1):15-29.

14. Muscaritoli M, Anker SD, Argiles J, Aversa Z, Bauer JM, Biolo G, et al. Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) "cachexia-anorexia in chronic wasting diseases" and "nutrition in geriatrics". *Clin Nutr.* 2010;29(2):154-9.
15. Sipilä S, Narici M, Kjaer M, Pollanen E, Atkinson RA, Hansen M, et al. Sex hormones and skeletal muscle weakness. *Biogerontology.* 2013;14(3):231-45.
16. Frontera WR, Zayas AR, Rodriguez N. Aging of human muscle: understanding sarcopenia at the single muscle cell level. *Phys Med Rehabil Clin N Am.* 2012;23(1):201-207
17. Patel HP, Syddall HE, Martin HJ, Stewart C E, Cooper C, Sayer AA. Hertfordshire sarcopenia study: design and methods. *BMC Geriatrics.* 2010;10(1):43
18. Liguori I, Russo G, Aran L, Bulli G, Curcio F, Della-Morte D, et al. Sarcopenia: assessment of disease burden and strategies to improve outcomes. *Clinical Interventions in Aging.* 2018;13(1): 913–927.
19. Frasca D, Blomberg BB, Paganelli R. Aging, obesity, and inflammatory age-related diseases. *Front Immunol.* 2017, 8:1745.
20. Bauer J, Morley JE, Schols WJ, et al. D. Sarcopenia: A Time for Action. An SCWD Position Paper. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle.* 2019;10(5):956-961
21. Naseeb MA, Volpe SL. Protein and exercise in the prevention of sarcopenia and aging. *Nutrition Research.* 2017;40(3):1–20.
22. Fatima M, Brennan-Olsen SL, Duque. Therapeutic approaches to osteosarcopenia: insights for the clinician. *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease.* 2019;11(2):17-20.
23. Giustina A, Adler RA, Binkley N, Bouillon R, Ebeling PR, Lazaretti-Castro M, et al. Controversies in Vitamin D: Summary Statement From an International Conference. *J Clin Endocrinol Metab.* 2019;104(2):234-40.
24. Mehrotra A, Leung WY, Joson T. Nutritional vitamin D supplementation and health- related outcomes in hemodialysis patients: a protocol for a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev.* 2015;4(1):13-16.
25. Halfon M, Phan O, Teta D. Vitamin D: a review on its effects on muscle strength, the risk of fall, and frailty. *Biomed Res Int.* 2015, 2015:953241.
26. Domingues-Faria C, Chanet A, Salles J, Berry A, Giraudet C, Patrac V, et al. Vitamin D deficiency down-regulates Notch pathway contributing to skeletal muscle atrophy in old wistar rats. *Nutr Metab (Lond).* 2014;11(1):47.
27. Ceglia L, Niramitmahapanya S, da Silva Morais M, Rivas DA, Harris SS, Bischoff- Ferrari H, et al. A randomized study on the effect of vitamin D(3) supplementation on skeletal muscle

- morphology and vitamin D receptor concentration in older women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2013,98(12):E1927-35.
28. Pojednic RM, Ceglia L, Lichtenstein AH, Dawson-Hughes B, Fielding RA. Vitamin D receptor protein is associated with interleukin-6 in human skeletal muscle. *Endocrine.* 2015,49(2):512-20.
  29. Ryan KJ, Daniel ZC, Craggs LJ, Parr T, Brameld JM. Dose-dependent effects of vitamin D on transdifferentiation of skeletal muscle cells to adipose cells. *J Endocrinol.* 2013,217(1):45- 58.
  30. Lewis LN, Hayhoe PG, Mulligan AA, Luben RN, Khaw T, Ailsa A. Lower dietary and circulating vitamin C in middle- and older-aged men and women are associated with lower estimated skeletal muscle mass. *The Journal of Nutrition.* 2020,12;150(10):2789-2798
  31. Chapman MA, Meza R, Lieber RL. Skeletal muscle fibroblasts in health and disease. *Differentiation.* 2016,92:108–115.
  32. Dalle S, Rossmeislova L, Koppo K. The role of inflammation in age-related sarcopenia. *Front Physiol.* 2017, 8(1):10-15.
  33. Cerullo F, Gambassi G, Cesari M. Rationale for antioxidant supplementation in sarcopenia. *J Aging Res.* 2012:316943.
  34. Takisawa S, Funakoshi T, Yatsu T, Nagata K, Aigaki T, Machida S, Ishigami A. Vitamin C deficiency causes muscle atrophy and a deterioration in physical performance. *Sci Rep.* 2019.9(13):4702. 13.
  35. Ryan MJ, Dudash HJ, Docherty M, Geronilla KB, Baker BA, Haff GG, Cutlip RG, Alway SE. Vitamin E and C supplementation reduces oxidative stress, improves antioxidant enzymes and positive muscle work in chronically loaded muscles of aged rats. *Exp Gerontol.* 2010, 45(14):882–895.
  36. Shahidi F, Ambigaipalan P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual Review of Food Science and Technology.* 2018, 9(1):345–381.
  37. Di Girolamo FG, Situlin R, Mazzucco S, et al. Omega-3 fatty acids and protein metabolism: enhancement of anabolic interventions for sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2014,17:145–150.
  38. Custodero C, Mankowski RT, Lee SA et al. Evidence-based nutritional and pharmacological interventions targeting chronic low-grade inflammation in middle-age and older adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing Res Rev.* 2018,46:42–59
  39. Tan A, Sullenbarger B, Prakash R et al. Supplementation with eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid reduces high levels of circulating proinflammatory cytokines in aging adults: a randomized, controlled study. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids.* 2018,132:23-29.

40. Dupont J, Dedeeyne L, Dalle S, Koppo K, Gielen E. The role of omega-3 in the prevention and treatment of sarcopenia. *Aging Clin Exp Res*. 2019,31(6):825-836.
41. Marzetti E, Calvani R, Tosato M, et al. Physical activity and exercise as countermeasures to physical frailty and sarcopenia. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2017, 29(1), 35–42.
42. Ji HM, Han J, Jin DS, Suh H, Chung YS, Won YY. Sarcopenia and Sarcopenic Obesity in Patients Undergoing Orthopedic Surgery. *Clinics in Orthopedic Surgery*. 2016,8(2): 194.
43. Jafari Nasabian P, Inglis J, Kelly O, Ilich J. Osteosarcopenic obesity in women: impact, prevalence, and management challenges. *International Journal of Women’s Health*. 2017,9: 33–42.
44. Fielding RA, Rejeski WJ, Blair S et al. The lifestyle interventions and independence for elders study: design and methods. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2011,66A(11):1226–1237.
45. Mijnders DM, Koster A, Schols J, Meijers M, et al. Physical activity and incidence of sarcopenia:the population-based AGES-Reykjavic study. *Age and Ageing*. 2016, 45:614-621.
46. Liu CK, Leng X, Kritchevsky SB, Ding J, Earnest CP, et al. The impact of sarcopenia on a physical activity intervention:The lifestyle interventions and independence foe elders pilot study (LIFE-P). *J Nutr Health Aging*. 2014,18(1):59-64.
47. Artigas SB, Garnier B, Joffroy S, Riesco E, et al. Caloric restriction and aerobic exercise in sarcopenic and non- sarcopenic obese woman? an observational and retrospective study. *J. Cachexia, Sarcopenia & Muscle*. 2016,7:284-289.
48. Liao CD, Tsaouo JY, Lin LF, Huang CW, et al. Effects of elastic resistance exercise on body composition and physical capacity in older women with sarcopenic obesity? A CONSORT-compliant prospective randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(23):e7115.
49. Hassan BH, Hewitt J, Keogh JWL, Bermeo S, Duque G, Henwood TR. Impact of resistance training on sarcopenia in nursing care facilities: A pilot study. *Geriatric Nursing*. 2016, 37:116-121
50. Kim HK, Suzuki T, Saito K, Yoshida H, Kobayashi H, Kato H, et al. Effects of exercise and amino acid supplementation on body composition and physical function in community-dwelling elderly Japanese sarcopenic women: A randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc*. 2012,60:16-23
51. Beaudart C, Buckinx F, Rabenda V, Gillain S, Cavalier E, Slomian J, et al. The effects of vitamin D on skeletal muscle strength, muscle mass, and muscle power: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014,99(11):4336- 45.



52. Remelli F, Vitali A, Zurlo A, Volpato S. Vitamin D deficiency and sarcopenia in older persons *Nutrients*. 2019,11(12):2861.
53. Calvani R, Miccheli A, Landi F, et al. Current nutritional recommendations and novel dietary strategies to manage sarcopenia. *J Frailty Aging*. 2013,2(1):38–53.
54. Landi F, Camprubi-Robles M, Bear DE, Cederholm T, Malafarina V, Welch AA, Cruz-Jentoft AJ. Muscle loss: the new malnutrition challenge in clinical practice. *Clin Nutr*. 2019, 38:2113–20.
55. Dupont J, Dedebye L, Dalle S, Koppo K, Gielen E. The role of omega-3 in the prevention and treatment of sarcopenia. *Aging Clin Exp Res* . 2019, 31(6):825-836.
56. Tessier AJ, Chevalier S. An Update on Protein, Leucine, Omega-3 Fatty Acids and Vitamin D in the Prevention and Treatment of Sarcopenia and Functional Decline. *Nutrients*. 2018,10(8):1099.

## Παράρτημα 1

*Έντυπο συναίνεσης ασθενών για τη συμμετοχή τους στην παρούσα μελέτη.*

Τίτλος Ερευνητικής Εργασίας: Πιλοτικό πρόγραμμα πρόωμης ανίχνευσης γεροντικής σαρκοπενίας και πρόβλεψης του κινδύνου εμφάνισης καταγμάτων ευθραστότητας υπερηλίκων ατόμων σε πρωτοβάθμιες υγειονομικές δομές κοινοτικής φροντίδας.

Επιστημονικός Υπεύθυνος: Εμμανουήλ Μέντης

Ερευνητής: Αντζουλιάς Παναγιώτης

1. Σκοπός της ερευνητικής εργασίας: Η μελέτη αποσκοπεί στην ευαισθητοποίηση του γηρασκόμενου πληθυσμού σχετικά με τη σημασία της τακτικής άσκησης και της ισορροπημένης διατροφής για τη διατήρηση της ικανότητας βάδισης και αυτοεξυπηρέτησης, μέσω προγραμμάτων κοινοτικής φροντίδας σε μονάδες πρωτοβάθμιας υγειονομικής περίθαλψης.
2. Διαδικασία μετρήσεων: οι μετρήσεις θα γίνουν στο χώρο του Ελληνικού Ερυθρού Σταυρού, τμήμα Πατρών. Η συμμετοχή σας στην έρευνα απαιτεί να επισκεφτείτε το χώρο 2 φορές σε χρονικό διάστημα 3 μηνών. Στη πρώτη επίσκεψη θα προηγηθεί ενημέρωση και εξοικείωση με το μηχάνημα αξιολόγησης, τις δοκιμασίες και το πρόγραμμα άσκησης - διατροφής. Ενώ στη τελευταία επίσκεψη θα γίνει μόνο αξιολόγηση.
3. Κίνδυνοι και ενοχλήσεις: κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας υπάρχει μια πιθανότητα αισθήματος δυσφορίας. Αυτό είναι απολύτως φυσιολογικό.
4. Δημοσίευση δεδομένων: η συμμετοχή σας στην παρούσα μελέτη συνεπάγεται τη ταυτόχρονη γραπτή συμφωνία με τη δημοσίευση των δεδομένων και των αποτελεσμάτων της, με την προϋπόθεση τήρησης της ανωνυμίας σας.
5. Πληροφορίες: εφόσον υπάρξει απορία σχετικά με το σκοπό και τον τρόπο με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί η παρούσα εργασία, μπορείτε να διατυπώσετε τις ερωτήσεις
6. Ελευθερία: η συμμετοχή σας στη παρούσα μελέτη είναι καθαρά εθελοντική. Είστε ελεύθερος-η να μη συναινέσετε τη συμμετοχή σας, όποτε επιθυμείτε.

Διάβασα το έντυπο αυτό και κατανοώ τις διαδικασίες που θα εκτελέσω. Συναινώ να συμμετέχω στην εργασία.

Ημερομηνία: \_\_/\_\_/\_\_

Όνοματεπώνυμο και υπογραφή συμμετέχοντος

Υπογραφή ερευνητή