ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ & ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ

Πτυχιακή Εργασία

Τα οφέλη της δίαιτας υψηλής σε πρωτεΐνη, σε συνδυασμό με συχνή άσκηση με αντιστάσεις, για απώλεια βάρους

Βομβολάκη Ιωάννα Μαρία Νεκταρία ΑΜ: ΥΔ2664

Διγαλάκη Αλεξάνδρα ΑΜ: ΥΔ2746

Επιβλέπων: Βενιαμάκης Ελευθέριος

ΣΗΤΕΙΑ, Ιούνιος 2024

HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCE
DEPARTMENT OF NUTRITION AND DIETETICS SCIENCES

THESIS

for the Undergraduate Degree

SUBJECT: The benefits of a high-protein diet combined with frequent resistance exercise for weight loss

EDITORS: Vomvolaki Ioanna Maria Nektaria YD: ΥΔ2664

Digalaki Alexandra YD: ΥΔ2746

SUPERVISOR: Veniamakis Eleftherios

SITIA June 2024

Περίληψη

Η απώλεια βάρους ενδέχεται σε μερικές περιπτώσεις να αποτελεί πρόκληση και με μεγάλες απαιτήσεις για κάποια άτομα, ωστόσο πολλές φορές είναι απαραίτητη. Το αυξημένο σωματικό βάρος προδιαθέτει το άτομο στην εμφάνιση πολλών παθολογικών καταστάσεων, όπως διαβήτης, καρδιαγγειακά νοσήματα, καρκίνος, μυοσκελετικά προβλήματα και πρόωρη θνησιμότητα. Έτσι, οι επιστήμονες υγείας συστήνουν στα άτομα με υψηλό σωματικό βάρος να το μειώσουν, προκειμένου να αντιμετωπίσουν υπάρχουσες καταστάσεις ή να προλάβουν την εμφάνιση άλλων στο μέλλον. Οι κύριες προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται στην απώλεια βάρους είναι η άσκηση, η δίαιτα ή συνδυασμός των δύο. Όμως, είναι υπό διερεύνηση ποια στρατηγική έχει τα καλύτερα αποτελέσματα, τόσο στην απώλεια βάρους όσο και στην προστασία της υγείας. Τα τελευταία χρόνια οι επιστήμονες προτείνουν ότι δεν αρκεί απλά η μείωση της πρόσληψης θερμίδων, αλλά παίζει σημαντικό ρόλο και η σύσταση της διατροφής, με τη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη να δείχνει πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα. Έχουν αναφερθεί, όμως και αρνητικές επιπτώσεις από αυτή τη διατροφή, όπως διατροφική ανεπάρκεια, επιβάρυνση της νεφρικής λειτουργίας και οστεοπόρωση. Αντίστοιχα, όσον αφορά την άσκηση, όλο και περισσότεροι υποστηρίζουν την άσκηση με αντιστάσεις ως μια αποτελεσματική στρατηγική, καθώς οδηγεί σε αύξηση της ενεργειακής δαπάνης, με αποτελεσμα την απώλεια σωματικού βάρους, χωρίς όμως να επηρεάζεται η άλιπη μάζα. Ο συνδυασμός των δύο αυτών στρατηγικών φαίνεται να έχει πολλά οφέλη. Αρχικά, έχει μεγάλη αποτελεσματικότητα όσον αφορά την απώλεια σωματικού βάρους. Επιπλέον, οδηγεί σε βελτίωση της σύστασης του σώματος και πρόληψης νοσημάτων που σχετίζονται με την κεντρική παχυσαρκία. Τέλος, φαίνεται πως η παράλληλη προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να μετριάσει τις αρνητικές συνέπειες που έχει η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Προτείνεται, επομένως, συνδυασμός των δύο αυτών στρατηγικών, προκειμένου να επιτευχθούν τα βέλτιστα για το άτομο αποτελέσματα, τόσο στην απώλεια βάρους, όσο και για την προαγωγή της υγείας του.

Λέξεις – Κλειδιά

απώλεια βάρους, παχυσαρκία, δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, άσκηση με αντιστάσεις

Abstract

Losing weight can sometimes be challenging and demanding for some people, but many times it is necessary. Increased body weight predisposes the individual to the occurrence of many pathological conditions, such as diabetes, cardiovascular diseases, cancer, musculoskeletal problems and premature mortality. Thus, health scientists recommend that overweight people lose weight in order to treat existing conditions or prevent others from developing in the future. The main approaches used in weight loss are exercise, diet, or a combination of the two. But it is under investigation which strategy has the best results, both in weight loss and health protection. In recent years, scientists have suggested that simply reducing calorie intake is not enough, but that dietary composition also plays an important role, with high-protein diets showing promising results. However, negative effects of this diet have also been reported, such as nutritional deficiency, burden on kidney function and osteoporosis. Accordingly, when it comes to exercise, resistance training is increasingly being advocated as an effective strategy, as it leads to an increase in energy expenditure leading to weight loss, but without affecting lean mass. Combining these two strategies seems to have many benefits. To begin with, it has great effectiveness in terms of weight loss. In addition, it leads to improvements in body composition and prevention of diseases related to central obesity. Finally, it appears that parallel resistance training can mitigate the negative effects of a high-protein diet. Therefore, a combination of these two strategies is suggested, in order to achieve the best results for the individual, both in terms of weight loss, but also for the promotion of their health.

Keywords

weight loss, obesity, high protein diet, resistance exercise

Περιεχόμενα

Περίληψη iii

Abstract v

Περιεχόμενα vi

Κατάλογος Σχημάτων ix

Κατάλογος Πινάκων x

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια xi

Εισαγωγή 1

1. Απώλεια βάρους 3

1.1. Κίνδυνοι για την υγεία λόγω αυξημένου βάρους 3

1.2. Μηχανισμοί μέσω των οποίων το αυξημένο σωματικό λίπος αυξάνει τον κίνδυνο για την υγεία 3

1.3. Μηχανισμοί μέσω των οποίων η απώλεια βάρους μπορεί να βελτιώσει την υγεία και τον κίνδυνο ασθένειας 4

1.3.1. Μέτρια απώλεια βάρους και πρόληψη του διαβήτη 6

1.3.2. Μέτρια απώλεια βάρους σε διαγνωσμένο διαβήτη τύπου 2 7

1.3.3. Μέτρια απώλεια βάρους και βελτίωση των παραγόντων κινδύνου για καρδιαγγειακά νοσήματα 7

1.3.4. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους για καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου σε όλα τα επίπεδα παχυσαρκίας 8

1.3.5. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους σχετικά με τα συμπτώματα της αποφρακτικής άπνοιας ύπνου 8

1.3.6. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους στην ηπατική στεάτωση και μη αλκοολική στεατωτική ηπατίτιδα 9

1.3.7. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους στο σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών και τη στειρότητα στις γυναίκες....10

1.3.8. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους στην οστεοαρθρίτιδα του γόνατος....10

1.3.9. Οφέλη της παρέμβασης στον τρόπο ζωής στη βελτίωση του συναισθήματος και της λειτουργίας (ποιότητα ζωής, κατάθλιψη, κινητικότητα, σεξουαλική δυσλειτουργία και ακράτεια ούρων λόγω στρες)....11

1.3.10. Απώλεια βάρους και μείωση θνησιμότητας....13

1.3.11. Οφέλη από την απώλεια βάρους στο κόστος υγειονομικής περίθαλψης....13

1.4. Ο ρόλος της διατροφής στην απώλεια βάρους....14

1.4.1. Επιδράσεις στην απώλεια βάρους....15

1.4.2. Επίδραση στη μεταβολική ρύθμιση και τη συμμόρφωση....17

2. Δίαιτα υψηλή σε πρωτεΐνη για την απώλεια βάρους....25

2.1. Κλινικές μελέτες που δείχνουν την επίδραση της δίαιτας υψηλής σε πρωτεΐνη στην απώλεια βάρους ενότητας....27

2.2. Μηχανισμοί μέσω των οποίων η δίαιτα υψηλή σε πρωτεΐνη συμβάλλει στην απώλεια βάρους....33

2.3. Αρνητικές επιπτώσεις της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη....37

3. Άσκηση με αντιστάσεις για την απώλεια βάρους....40

3.1. Ο ρόλος της άσκησης στην απώλεια βάρους....40

3.1.1. Επίδραση της αερόβιας άσκησης....41

3.1.2. Συνδυασμός αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις....45

3.2. Ο ρόλος της άσκησης με αντιστάσεις στην απώλεια βάρους....46

3.2.1. Έλεγχος του σωματικού βάρους....46

3.2.2. Μείωση του σπλαχνικού λιπώδη ιστού....49

3.2.3. Έλεγχος της δισλιπιδαιμίας....52

4. Δίαιτα υψηλή σε πρωτεΐνη σε συνδυασμό με άσκηση με αντιστάσεις για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας.....55

4.1. Αποτελέσματα μελετών σε πειραματικά μοντέλα 55

4.2. Αποτελέσματα μελετών σε ανθρώπους.....57

Συμπεράσματα 69

Βιβλιογραφία.....71

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2-1 Αποτελέσματα μετα-ανάλυσης της μελέτης των Santesso et al. (2012) 29

Σχήμα 2-2 Ποσοστό ατόμων που έχασαν >5 kg ή 10 kg σωματικού βάρους μετά από τρεις μήνες και έξι μήνες διατροφικής παρέμβασης.....30

Σχήμα 2-3 Αλλαγές από την αρχική τιμή στη μάζα σωματικού λίπους σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα που τυχαιοποιήθηκαν σε δύο κατά βούληση δίαιτες μειωμένου λίπους, είτε με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (πρωτεΐνη 12% της συνολικής ενέργειας, n=25) είτε με υψηλή πρωτεΐνη (πρωτεΐνη 25% της συνολικής ενέργεια, n=25) ή ομάδα ελέγχου (καμία παρέμβαση, n=15) 31

Σχήμα 2-4 Το σωματικό βάρος κατά τη διάρκεια απώλειας βάρους 1 μήνα και διατήρησης βάρους 3 μηνών, στην ομάδα με πρόσθετη πρωτεΐνη (n = 73) έναντι της ομάδας ελέγχου (n = 75), αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, σε σύγκριση με την αρχική τιμή.....32

Σχήμα 4-1 Δοκιμές ανοχής γλυκόζης και ινσουλίνης σε ολόκληρο το σώμα. (Α) Τιμές γλυκόζης αίματος κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής ανοχής ινσουλίνης. (Β) Η συνολική περιοχή κάτω από την καμπύλη ipGTT. (Γ) Οι τιμές της γλυκόζης στο αίμα κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής ανοχής γλυκόζης. (Δ) Η συνολική επιφάνεια κάτω από την καμπύλη ipITT. (Ε) Δείκτης διάσπασης γλυκόζης.....57

Σχήμα 4-2 Οι αλλαγές στη σύσταση του σώματος για τις τρεις ομάδες σε σύγκριση με μετρήσεις πριν από τη μελέτη ή κατά την έναρξη 59

Σχήμα 4-3 (Α) Σωματικό βάρος, (Β) λιπώδης μάζα, (Γ) άλιπη μάζα, (Δ) σωματικό λίπος. Οι μέσες αλλαγές με 95% διαστήματα εμπιστοσύνης (CIs) από τις βασικές μεταβλητές στη σύσταση σώματος μόνο για τις ομάδες άσκησης (Ε), ομάδα υψηλότερων υδατανθράκων (HC) και υψηλότερων πρωτεϊνών (HP) 67

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2-1 Δημοφιλείς δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και η σύνθεσή τους σε μακροθρεπτικά συστατικά.....26

Πίνακας 4-1 Σύσταση σώματος 63

Πίνακας 4-2 Αλλαγή στα μέτρα έκβασης στις 10 εβδομάδες παρέμβασης.....65

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

AMP	Μονοφωσφορική Αδενοσίνη
ATP	Τριφωσφορική Αδενοσίνη
DASH	Dietary Approach to Stop Hypertension
DIT	Θερμογένεση που Προκαλείται από τη Δίαιτα
GABA	Γ-αμινοβουτυρικό Οξύ
GFR	Ρυθμός Σπειραματικής Διήθησης
HDL	Λιποπρωτεΐνη Υψηλής Πυκνότητας
LDL	Λιποπρωτεΐνη Χαμηλής Πυκνότητας
ROS	Δραστικά Είδη Οξυγόνου
ΔΜΣ	Δείκτης Μάζας Σώματος

Εισαγωγή

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών, έχει παρατηρηθεί μια αξιοσημείωτη αύξηση των ποσοστών παχυσαρκίας σε όλο τον κόσμο. Ένα άτομο θεωρείται παχύσαρκο εάν ο δείκτης μάζας σώματος του (ΔΜΣ, μετρημένος σε κιλά ανά τετραγωνικό μέτρο ή kg/m2) είναι μεγαλύτερος ή ίσος με 30, ενώ ως υπέρβαρος θεωρείται κάποιος που έχει ΔΜΣ μεταξύ 25 και 29,9 (Lin & Li, 2021). Η παχυσαρκία και το υπέρβαρο σχετίζονται με αυξημένη νοσηρότητα και θνησιμότητα, γεγονός που δείχνει την επιτακτική ανάγκη αντιμετώπισή τους. Η παχυσαρκία σήμερα αποτελεί μια παγκόσμια επιδημία που επηρεάζει όλο τον πλανήτη, εκτός από ορισμένες περιοχές της υποσαχάριας Ασίας και της Αφρικής (Al Kibria, 2019) και τα έθνη με χαμηλά ποσοστά παχυσαρκίας (όπως η Σρι Λάνκα, η Ινδονησία, το Σουδάν, η Σιγκαπούρη, το Τζιμπουτί κ.λπ.) (Mbogori et al., 2020).

Για την μείωση του σωματικού βάρους οι μέθόδοι που χρησιμοποιούνται είναι τρεις. Αρχικά, η αύξηση της φυσικής δραστηριότητας με σκοπό την άυξηση της ενεργειακής δαπάνης, η μείωση της ενεργειακής πρόσληψης μέσω της διατροφής, είτε ο συνδιασμός και των δύο (Swift et al., 2018). Ωστόσο, ακόμα παραμένει υπό διερεύνηση το ποια μορφή δίαιτας και άσκησης έχουν τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στην απώλεια βάρους.

Όσον αφορά τη δίαιτα, τα τελευταία χρόνια η επιστημονική κοινότητα προτείνει ως πιο αποτελεσματική μια δίαια υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Η πρωτεΐνη είναι ένα μακροθρεπτικό συστατικό που είναι κυρίως υπεύθυνο για τη θετική τροποποίηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας τόσο σε άτομα που ασκούνται όσο και σε άτομα που ακολουθούν καθιστικό τρόπο ζωής, παρέχοντας υποστρώματα για την αναγέννηση των ιστών, την αύξηση των μυοϊνιδίων και, ιδιαίτερα, για τη βελτίωση της σύστασης του σώματος (Bray et al., 2012). Η αύξηση της πρόσληψης πρωτεϊνών από τη διατροφή μπορεί να τονώσει την αύξηση της συνολικής ενεργειακής δαπάνης, καθώς προάγει την υψηλότερη θερμογένεση (τόσο υποχρεωτική όσο και προαιρετική), με αποτέλεσμα αυξημένη ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας (Bendtsen et al., 2013). Σε σύγκριση με άλλα μακροθρεπτικά συστατικά, η πρωτεΐνη απαιτεί περίπου 20-30% της χρησιμοποιήσιμης ενέργειας για να μεταβολιστεί και/ή να αποθηκευτεί, ενώ οι υδατάνθρακες απαιτούν 5-10% και τα λιπίδια περίπου το 3% (Leidy et al., 2015).

Αντίστοιχα, η επιστημονική κοινότητα έχει διερευνήσει την αποτελεσματικότητα διαφόρων μορφών άσκησης στην απώλεια βάρους, με πολλούς να υποστηρίζουν την άσκηση με αντιστάσεις ως μια από τις πιο αποτελεσματικές για αυτό τον σκοπό. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η άσκηση με αντιστάσεις μπορεί να αποτρέψει την απώλεια άλιπης μάζας (Braith & Stewart, 2006; Sardeli et al., 2018; Lopez et al., 2022). Επιπλέον, ο σκελετικός μυς είναι ο ιστός που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στο σώμα, και είναι υπεύθυνος για την οξείδωση ή/και την αποθήκευση μεγάλης ποσότητας γλυκόζης (γλυκογόνο) και λιπιδίων του πλάσματος (Ozaki et al., 2016). Η άσκηση και η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών είναι οι κύριοι καθοριστικοί παράγοντες για τη σύνθεση μυϊκής πρωτεΐνης σε ενήλικα άτομα (Santos & Nascimento, 2019). Η σωστή και τακτική άσκηση αυξάνει την οξείδωση των λιπιδίων και μειώνει το ποσοστό σωματικού λίπους, το οποίο συνδέεται θετικά με τη βελτιωμένη σωματική απόδοση και τη συνολική υγεία (Jäger et al., 2017). Συμπερασματικά, από τα παραπάνω προκύπτει ότι ο συνδυασμός μιας δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και συχνή άσκηση με αντιστάσεις θα μπορούσε να έχει σημαντικά αποτελέσματα στην απώλεια βάρους.

Η παρούσα εργασία στοχεύει στο να παρουσιαστούν μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης τα οφέλη της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, σε συνδυασμό με συχνή άσκηση με αντιστάσεις, για απώλεια βάρους. Τα επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα που σκοπεύουμε να απαντηθούν μέσω ανασκόπησης της πιο πρόσφατης βιβλιογραφίας είναι:

- Ποια είναι τα οφέλη της δίαιτας υψηλής σε πρωτεΐνη στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας και πώς επιτυγχάνονται αυτά;
- Ποια είναι τα οφέλη της συχνής άσκησης με αντιστάσεις στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας και πώς επιτυγχάνονται αυτά;
- Ποια είναι τα οφέλη της της δίαιτας υψηλής σε πρωτεΐνη σε συνδυασμό με συχνή άσκηση με αντιστάσεις σύμφωνα με μελέτες;

1. Απώλεια βάρους

1.1. Κίνδυνοι για την υγεία λόγω αυξημένου βάρους

Ο ΔΜΣ πάνω από 25 kg/m^2 σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο για θνησιμότητα και καρδιομεταβολικές ασθένειες και η σχέση δείχνει αυξανόμενο κίνδυνο με την αύξηση του ΔΜΣ (Bhaskaran et al., 2018). Οι πρόσφατες κατευθυντήριες γραμμές για την παχυσαρκία (Wharton et al., 2020) ορίζουν τον Δείκτη Μάζας Σώματος 25 kg/m^2 και 30 kg/m^2 ως δείκτες «υπέρβαρου» και «παχυσαρκίας». Αυτά επανεξετάστηκαν από τους Jensen et al. (2014), ορίζοντάς τα ως έγκυρα, σε σύγκριση με την κατάσταση φυσιολογικού βάρους (ΔΜΣ 18,5 <25kg/m^2), για τον εντοπισμό αυξημένου κινδύνου για διαβήτη, εγκεφαλικό επεισόδιο και στεφανιαία νόσο. Επιπλέον, όταν ο ΔΜΣ αντιμετωπίζεται ως συνεχής μεταβλητή, όσο μεγαλύτερος είναι ο ΔΜΣ, τόσο μεγαλύτερος είναι ο κίνδυνος για αυτές τις καταστάσεις. Όσον αφορά τη θνησιμότητα από κάθε αιτία, όσο μεγαλύτερος ο ΔΜΣ τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος (Jensen et al., 2014). Ωστόσο, το τρέχον σύστημα ταξινόμησης με βάση τον ΔΜΣ συχνά είναι παραπλανητικό όσον αφορά τις επιπτώσεις της μάζας σωματικού λίπους στα ποσοστά θνησιμότητας. Για παράδειγμα, συγχυτικοί παράγοντες σε αυτή τη σχέση αποτελούν η κληρονομική παχυσαρκία, γενετικοί παράγοντες που σχετίζονται με την ανάπτυξη της παχυσαρκίας και η τοποθεσία στην οποία συσσωρεύεται το υπερβολικό λίπος.

1.2. Μηχανισμοί μέσω των οποίων το αυξημένο σωματικό λίπος αυξάνει τον κίνδυνο για την υγεία

Το αυξημένο σωματικό βάρος μπορεί να επιδράσει αρνητικά στην υγεία με πολλαπλούς τρόπους. Η υπερβολική σωματική επιβάρυνση, από το σωματικό βάρος, μπορεί να παίξει ρόλο, ειδικά στην αρθρίτιδα και τον πόνο των κάτω άκρων και στην άπνοια ύπνου. Για παράδειγμα, στην οστεοαρθρίτιδα γόνατος, κάθε κιλό υπερβολικού βάρους ασκεί τετραπλάσια επιβάρυνση στο γόνατο ανά βήμα στις καθημερινές δραστηριότητες (Messier et al., 2005). Μια άλλη οδός είναι μέσω βιοχημικών προϊόντων του λιπώδους ιστού (Sikaris,

2004). Ο ίδιος ο λιπώδης ιστός είναι ένα ενεργό ενδοκρινικό όργανο που εκκρίνει έναν αριθμό κυτοκινών, συμπεριλαμβανομένων μεταξύ άλλων των προφλεγμονωδών και προθρομβωτικών μορίων. Η «υπόθεση της πύλης» υποστηρίζει επίσης ότι τα ελεύθερα λιπαρά οξέα που απελευθερώνονται από το σπλαχνικό λίπος αποθηκεύονται απευθείας στην πυλαία φλέβα που αιματώνει το συκώτι και συμβάλλουν στο μη φυσιολογικό προφίλ λιπιδίων και στην αντίσταση στην ινσουλίνη, χαρακτηριστικό του μεταβολικού συνδρόμου. Τα κυκλοφορούντα ελεύθερα λιπαρά οξέα μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ευαισθησία των μυών στην ινσουλίνη. Τέλος, η λιπώδης διήθηση του ήπατος και των μυών μπορεί να συμβάλει στην παθολογία (Bays, 2014).

1.3. Μηχανισμοί μέσω των οποίων η απώλεια βάρους μπορεί να βελτιώσει την υγεία και τον κίνδυνο ασθένειας

Μια μελέτη από το Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον στο Σεντ Λούις (Magkos et al., 2016) περιγράφει ένα πείραμα στο οποίο αξιολογήθηκαν διαφορετικά επίπεδα απώλειας βάρους για την επίδρασή τους στη μεταβολική λειτουργία και στη βιολογία του λιπώδους ιστού. Αυτό το πείραμα διερεύνησε τους μηχανισμούς με τους οποίους διαφορετικοί βαθμοί απώλειας βάρους επηρεάζουν μια ποικιλία προηγμένων κλινικών καταληκτικών σημείων. Στη μελέτη, 40 εθελοντές με παχυσαρκία και αντίσταση στην ινσουλίνη κατανεμήθηκαν τυχαία στη διατήρηση βάρους ή σε μια διατροφική παρέμβαση απώλειας βάρους που στόχευε σε 5% απώλεια βάρους, στη συνέχεια 10% απώλεια βάρους και στη συνέχεια 15% απώλεια βάρους. Οι πραγματικές μέσες απώλειες βάρους που επιτεύχθηκαν ήταν 5,1% ± 0,9% (n = 19), 10,8% ± 1,3% (n = 9) και 16,4% ± 2,1% (n = 9). Στην κατάσταση διατήρησης βάρους, 14 ολοκλήρωσαν τη μελέτη. Είναι ενδιαφέρον ότι η απώλεια σωματικού βάρους συσχετίστηκε με δυσανάλογη απώλεια σωματικού λίπους σε πολλαπλά σημεία. Η απώλεια βάρους κατά 5%, 11% και 16% συσχετίστηκε με μείωση 10%, 18% και 27% στη συνολική λιπώδη μάζα, αντίστοιχα και 9%, 23% και 30% μείωση στον ενδοκοιλιακό λιπώδη ιστό (cm^3). Ακόμη πιο δυσανάλογη είναι η μείωση των ενδοηπατικών τριγλυκεριδίων, μετρούμενη ως ποσοστό στην Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού, μείωση 13%, 52%

και 65% για κάθε επίπεδο απώλειας βάρους, αντίστοιχα. Έτσι, φαίνεται ότι με τη συνολική απώλεια σωματικού λίπους χάνονται κατά προτίμηση οι αποθήκες ενδοκοιλιακού και ενδοηπατικού λίπους. Αυτή η προνομιακή απώλεια δυσμενών θέσεων αποθήκευσης λίπους μπορεί να οφείλεται στα μεταβολικά οφέλη που παρατηρήθηκαν με την απώλεια βάρους 5-16% στη μελέτη (Magkos et al., 2016).

Επιπλέον, οι Magkos et al. (2016) έδειξαν ότι οι αλλαγές στη σύσταση του σώματος συσχετίστηκαν με ποικίλες βελτιώσεις στα κλινικά τελικά σημεία, αλλά ότι διαφορετικοί ιστοί ανταποκρίθηκαν σε διαφορετικούς βαθμούς απώλειας βάρους. Η απώλεια βάρους κατά 5% μείωσε σημαντικά τις συγκεντρώσεις στο πλάσμα ορισμένων παραγόντων κινδύνου για καρδιομεταβολική νόσο (γλυκόζη, ινσουλίνη, τριγλυκερίδια, τρανσαμινάση αλανίνης και λεπτίνη), αλλά δεν επηρέασε άλλα (ελεύθερα λιπαρά οξέα, λιποπρωτεΐνη χαμηλής και υψηλής πυκνότητας [LDL και HDL, αντίστοιχα] χοληστερόλη και αδιπονεκτίνη). Μόνο μετά από απώλεια βάρους κατά 16% μειώθηκαν οι συγκεντρώσεις των ελεύθερων λιπαρών οξέων και της CRP στο πλάσμα και η συγκέντρωση της αδιπονεκτίνης στο πλάσμα αυξήθηκε σημαντικά. Έτσι, για ορισμένα τελικά σημεία, χρειάζονται μεγαλύτεροι βαθμοί απώλειας βάρους. Αυτή η μελέτη (Magkos et al., 2016) πραγματοποίησε εξελιγμένες δοκιμές ευαισθησίας στην ινσουλίνη πολλών οργάνων (υπερινσουλιναιμικός ευγλυκαιμικός σφιγκτήρας δύο σταδίων με έγχυση σταθερών ισοτοπικά επισημασμένων ιχνηλατών) και έδειξε ότι η ευαισθησία στην ινσουλίνη του ήπατος και του λιπώδους ιστού βελτιώθηκε στην κατά 5% απώλεια βάρους χωρίς περαιτέρω αύξηση, αλλά η μυϊκή ευαισθησία στην ινσουλίνη συνέχισε να βελτιώνεται με 11% και 16% απώλεια βάρους. Η λειτουργία των βήτα κυττάρων βελτιώνεται επίσης σταδιακά με προοδευτική απώλεια βάρους. Η μελέτη εξέτασε την έκφραση του λιπώδους ιστού των γονιδίων που εμπλέκονται στη ροή χοληστερόλης, τη σύνθεση λιπιδίων, την αναδιαμόρφωση της εξωκυτταρικής μήτρας και το οξειδωτικό στρες, και πάλι με σταδιακή βελτίωση της λειτουργίας με προοδευτική απώλεια βάρους (Magkos et al., 2016).

Το συμπέρασμα από την παραπάνω αναφερόμενη μελέτη (Magkos et al., 2016) είναι ότι η μέτρια απώλεια βάρους (5%) έχει πολλαπλά οφέλη μεταβολικών και καρδιαγγειακών παραγόντων κινδύνου και η μεγαλύτερη απώλεια βάρους (11% και 16%) έχει ακόμη περισσότερα οφέλη για τον μεταβολισμό και τους παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου. Ωστόσο, για ορισμένα κλινικά τελικά σημεία, ειδικά εάν κάποιος επιδιώκει βελτίωση στους

δείκτες φλεγμονής, μπορεί να είναι απαραίτητο να επιτευχθεί απώλεια βάρους 16% ή περισσότερο. Αυτό μπορεί να βοηθήσει να εξηγηθεί γιατί κλινικά απαιτείται περισσότερη απώλεια βάρους για να δούμε βελτίωση στις βαθμολογίες δραστηριότητας NASH για τη Μη Αλκοολική Στεατωτική Ηπατίτιδα και για τη βελτίωση των συμπτωμάτων της αποφρακτικής άπνοιας και του πόνου στο γόνατο με οστεοαρθρίτιδα.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι επιδράσεις που έχει η απώλεια βάρους στην προαγωγή της υγείας. Οι επιδράσεις αυτές είναι ποικίλες και περιλαμβάνουν την πρόληψη ανάπτυξης και την αντιμετώπιση παθολογικών καταστάσεων (διαβήτης, καρδιαγγειακά νοσήματα, κ.ά.), τη μείωση της επιβάρυνσης του μυοσκελετικού συστήματος, καθώς και τη λειτουργικότητα του ατόμου και τη γενική θνησιμότητα. Ως αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, η απώλεια βάρους οδηγεί και σε σημαντική μείωση του κόστους υγειονομικής περίθαλψης.

1.3.1. Μέτρια απώλεια βάρους και πρόληψη του διαβήτη

Το όφελος για την υγεία από τη μέτρια απώλεια βάρους αποδεικνύεται καλύτερα κλινικά στη σχέση μεταξύ απώλειας βάρους και πρόληψης του διαβήτη. Ενώ μια μέση απώλεια βάρους 6,7% μείωσε τη συχνότητα εμφάνισης διαβήτη κατά 58% στην ομάδα που συμμετείχε στο Αμερικανικό Πρόγραμμα Πρόληψης Διαβήτη (Knowler et al., 2002) και ομοίως στη Φινλανδική Δοκιμή Πρόληψης Διαβήτη (Tuomilehto et al., 2001), είναι σημαντικό να διακρίνουμε τα ομαδικά οφέλη από τα ατομικά οφέλη. Μια ανάλυση από τους Hamman, et al. (2006) από το Αμερικανικό Πρόγραμμα Πρόληψης Διαβήτη έδειξε ότι σε άτομα με μειωμένη ανοχή γλυκόζης, για κάθε κιλό βάρους που χάνονταν υπήρχε 16% μείωση του κινδύνου εξέλιξης σε διαβήτη. Επιπλέον, μετά από απώλεια βάρους περίπου 10 κιλών, υπήρξε αμελητέο όφελος, όσον αφορά τη μείωση του κινδύνου διαβήτη, από την περαιτέρω απώλεια βάρους. Σαφώς, ακόμη και ένα ή δύο κιλά απώλειας βάρους σε άτομα που κινδυνεύουν να αναπτύξουν διαβήτη τύπου 2 (δηλαδή σε άτομα με προδιαβήτη) μπορεί να έχει οφέλη για την υγεία. Επιπλέον, αυτή η ανάλυση του Προγράμματος Πρόληψης Διαβήτη, έδειξε ότι η απώλεια βάρους οδήγησε σε μειωμένη συχνότητα εμφάνισης διαβήτη ομοίως σε όλες τις φυλές και εθνικότητες και για τα δύο φύλα, για όλες τις ηλικίες και για πολλά επίπεδα σωματικής δραστηριότητας, ανεξάρτητα από το επίπεδο της αρχικής παχυσαρκίας. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώνονται και από μια μεγάλη πληθυσμιακή μελέτη που δημοσιεύτηκε από τους Feldman et al. (2017), σύμφωνα με τους οποίους η διατήρηση,

και ακόμα περισσότερο η μείωση, του σωματικού βάρους λειτουργεί ευεργετικά στην πρόληψη εμφάνισης του διαβήτη στη μετέπειτα ζωή.

1.3.2. Μέτρια απώλεια βάρους σε διαγνωσμένο διαβήτη τύπου 2

Η σχέση μεταξύ μέτριας απώλειας βάρους και βελτίωσης της γλυκαιμίας είναι ισχυρή και δεν περιορίζεται στην πρόληψη του διαβήτη. Αυτό φαίνεται με αναλύσεις από τη μελέτη Look AHEAD σε >5000 άτομα με διαβήτη τύπου 2. Σε μια ανάλυση, ορίστηκαν 11 κατηγορίες απώλειας βάρους (σταθερό βάρος, ≥2%<5%, ≥5%<10%, ≥10%<15% και ≥15%). Αυτή η ανάλυση έδειξε ότι η βελτίωση της γλυκόζης νηστείας και της αιμοσφαιρίνης A1c παρατηρείται μόνο με ≥2-5% απώλεια βάρους. Φυσικά, η μεγαλύτερη απώλεια βάρους συσχετίστηκε με μεγαλύτερο όφελος στα γλυκαιμικά αποτελέσματα με άμεσο και γραμμικό τρόπο. Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά τα οφέλη στα γλυκαιμικά μέτρα επιτεύχθηκαν παράλληλα με μειώσεις στη χρήση αντιδιαβητικών φαρμάκων (Wing et al., 2011).

1.3.3. Μέτρια απώλεια βάρους και βελτίωση των παραγόντων κινδύνου για καρδιαγγειακά νοσήματα

Η μελέτη που αναφέρεται παραπάνω (Wing et al., 2011) αξιολόγησε επίσης την επίδραση των προοδευτικών κατηγοριών απώλειας βάρους σε άλλους παράγοντες κινδύνου και έδειξε ότι η βελτίωση των τριγλυκεριδίων και της συστολικής αρτηριακής πίεσης ξεκινά με ≥2-5% απώλεια βάρους. Για τη διαστολική αρτηριακή πίεση και τη χοληστερόλη HDL, η βελτίωση ξεκινά από ≥5-10% απώλεια βάρους. Όλοι αυτοί οι παράγοντες κινδύνου βελτιώθηκαν με άμεσο και γραμμικό τρόπο, με τη μεγαλύτερη απώλεια βάρους να σχετίζεται με μεγαλύτερο όφελος παράγοντα κινδύνου. Ωστόσο, για τη χοληστερόλη LDL, η σχέση είναι λιγότερο ισχυρή και στη μελέτη Look AHEAD, όπου η αρχική LDL ήταν 100 mg/dl, δεν υπήρξε μείωση της LDL. Ωστόσο, υπήρξε μείωση στη χρήση φαρμάκων που μειώνουν τα λιπίδια στη μέτρια ομάδα απώλειας βάρους (μέσος όρος −8,7% το έτος 1) σε αυτή τη μελέτη (Wing et al., 2011).

1.3.4. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους για καρδιομεταβολικούς παράγοντες κινδύνου σε όλα τα επίπεδα παχυσαρκίας

Σημαντική είναι η απόδειξη από μια άλλη ανάλυση (Wing et al., 2011) από το μεγάλο σύνολο δεδομένων Look AHEAD (n>5000) ότι η βασική κατηγορία ΔΜΣ (παχυσαρκία σταδίου I, II ή III) δεν αλλάζει το όφελος της μέτριας απώλειας βάρους (Unick et al., 2011). Κάθε μία από τις κατηγορίες ΔΜΣ δείχνει το ίδιο ποσό μέσης απώλειας βάρους, όταν εκφράζεται ως ποσοστό από την αρχική τιμή, με την ίδια παρέμβαση στον τρόπο ζωής. Φυσικά, εκείνοι με υψηλότερη κατηγορία ΔΜΣ έχασαν περισσότερο βάρος όταν εκφράζεται σε κιλά, αλλά όταν εκφράζεται αναλογικά δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των κατηγοριών ΔΜΣ στην απώλεια βάρους. Έτσι, για ασθενείς με ΔΜΣ 40 kg/m^2 ή περισσότερο δεν υπήρχε διαφορά στη μέση ποσοστιαία απώλεια βάρους σε σύγκριση με αυτούς με ΔΜΣ 35-40 ή ΔΜΣ 30-35. Επιπλέον, το ίδιο ισχύει για τη βελτίωση στους περισσότερους παράγοντες κινδύνου. Εκτός από την HDL χοληστερόλη, η απώλεια βάρους είχε τον ίδιο αντίκτυπο στις τρεις κατηγορίες ΔΜΣ με σημαντική βελτίωση στην αιμοσφαιρίνη A1c, τα τριγλυκερίδια, τη συστολική αρτηριακή πίεση και την LDL χοληστερόλη (Unick et al., 2011).

1.3.5. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους σχετικά με τα συμπτώματα της αποφρακτικής άπνοιας ύπνου

Η μελέτη Look AHEAD ενσωμάτωσε μια υπομελέτη της υπνικής άπνοιας, που ονομάζεται Sleep AHEAD. Περισσότερο από το 80% των συμμετεχόντων με διαβήτη τύπου 2 σε τέσσερις περιοχές του Look AHEAD είχαν τουλάχιστον ήπια αποφρακτική άπνοια ύπνου (Foster et al., 2009). Με την εντατική παρέμβαση στον τρόπο ζωής, η μέση απώλεια βάρους σε ένα έτος σε αυτές τις τέσσερις θέσεις ήταν 10,8 kg έναντι 0,6 kg στην ομάδα υποστήριξης και εκπαίδευσης για τον διαβήτη. Στο 1 έτος, η ύφεση του δείκτη υποπνοϊκής άπνοιας, <5 συμβάντα ανά ώρα, ήταν 3 φορές πιο συχνή στους συμμετέχοντες στην ομάδα εντατικής παρέμβασης στον τρόπο ζωής (13,6%) από ότι στους συμμετέχοντες στην ομάδα υποστήριξης και εκπαίδευσης για τον διαβήτη (3,5%). Επιπλέον, ο επιπολασμός της σοβαρής αποφρακτικής άπνοιας ύπνου μεταξύ των συμμετεχόντων στην ομάδα εντατικής παρέμβασης στον τρόπο ζωής (18,4%) ήταν ο μισός από αυτόν της ομάδας υποστήριξης

και εκπαίδευσης για τον διαβήτη (37,9%). Οι συμμετέχοντες με απώλεια βάρους 10 κιλών ή περισσότερο είχαν τις μεγαλύτερες βελτιώσεις. Στην πραγματικότητα, απαιτείται απώλεια βάρους 10 κιλών ή περισσότερο για σημαντική συσχέτιση με την αλλαγή στον δείκτη υποπνοϊκής άπνοιας. Στα 4 χρόνια, οι βελτιώσεις παρέμειναν, παρά την ανάκτηση βάρους στα 5,2 kg από την αρχική τιμή στην ομάδα δείκτη υποπνοϊκής άπνοιας (Kuna et al., 2013). Η ύφεση στα 4 χρόνια ήταν 5 φορές πιο συχνή με την εντατική παρέμβαση στον τρόπο ζωής (20,7%) από την υποστήριξη και εκπαίδευση για τον διαβήτη (3,6%) (Kuna et al., 2013). Επομένως, η απώλεια βάρους μπορεί να είναι ένας σημαντικός τροποποιητής των συμπτωμάτων της αποφρακτικής άπνοιας ύπνου, όπως μετράται από τον δείκτη άπνοιας υπόπνοιας, αλλά απαιτείται απώλεια βάρους τουλάχιστον 10% ή περισσότερο για να παρατηρηθεί διαφορά στα κλινικά συμπτώματα. Αυτό το μεγαλύτερο ποσό απώλειας βάρους που απαιτείται για βελτίωση, μπορεί να σχετίζεται με τη φυσική πρόσκρουση στον αεραγωγό από το υπερβολικό σωματικό λίπος και μπορεί να χρειαστεί πιο αναλογική απώλεια βάρους για να παρατηρηθούν αποτελέσματα.

1.3.6. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους στην ηπατική στεάτωση και μη αλκοολική στεατωτική ηπατίτιδα

Όπως συζητήθηκε παραπάνω, στο πείραμα που διεξήχθη από τους Magkos et al. (2016), η απώλεια βάρους μειώνει δυσανάλογα το λίπος από το συκώτι. Σε αυτή τη μελέτη, η απώλεια βάρους 5% μείωσε τα ενδοηπατικά τριγλυκερίδια κατά 13%. Η απώλεια βάρους 11% τα μείωσε κατά 52% και η απώλεια 16% κατά 65%. Ως μέρος μιας υπομελέτης, 96 συμμετέχοντες στο Look AHEAD υποβλήθηκαν σε φασματοσκοπία μαγνητικού συντονισμού πρωτονίων για να ποσοτικοποιηθεί η λιπώδης διήθηση του ήπατος, με την ηπατική στεάτωση να ορίζεται ως 5,5%, ενώ η υψηλότερη ως μη αλκοολική λιπώδης νόσος του ήπατος (Lazo et al., 2010). Σε αυτή τη μελέτη, όσο μεγαλύτερη η απώλεια βάρους τόσο μεγαλύτερη η μείωση της ηπατικής στεάτωσης. Ωστόσο, ενώ υπήρχαν ομαδικές διαφορές στη στεάτωση, με την ομάδα παρέμβασης στον τρόπο ζωής να μειώνει τη στεάτωση κατά μέσο όρο 50,8% (έναντι 22,8% στην ομάδα υποστήριξης, $P>0,04$), δεν υπήρχαν διαφορές στην ομάδα στις μέσες τιμές ALT και ASP (Lazo et al., 2010). Φαίνεται ότι μπορεί να χρειάζεται 10% ή περισσότερο απώλεια βάρους για να έχει αντίκτυπο στις Βαθμολογίες Δραστηριότητας NASH όπως αξιολογούνται με βιοψία ήπατος (Promrat et al., 2010).

1.3.7. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους στο σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών και τη στειρότητα στις γυναίκες

Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα των γυναικών με σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών είναι οι διαταραχές της εμμήνου ρύσεως και η επακόλουθη υπογονιμότητα, εκτός από την περίσσεια ανδρογόνων και τη μεταβολική δυσλειτουργία. Τα περισσότερα από τα στοιχεία δείχνουν βελτίωση στους κύκλους ωορρηξίας και επακόλουθη εγκυμοσύνη με απώλεια βάρους σε παχύσαρκες γυναίκες με σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών. Επιπλέον, ακόμη και μια ελάχιστη απώλεια βάρους της τάξης του 2-5% του συνολικού σωματικού βάρους βελτιώνει τη λειτουργία της ωορρηξίας και είναι πιο πιθανό να οδηγήσει σε αυθόρμητη εγκυμοσύνη (Kiddy et al., 1992). Υπάρχουν ακόμα πιο ισχυρά στοιχεία που υποστηρίζουν βελτιωμένα αποτελέσματα στους κύκλους ωορρηξίας και την εγκυμοσύνη σε υψηλότερα ποσοστά απώλειας βάρους της τάξης του 5 και 10% του συνολικού σωματικού βάρους (Crosignani et al., 2003). Η επιστροφή της φυσιολογικής εμμηνορροϊκής λειτουργίας και η μειωμένη υπερτρίχωση πιστεύεται ότι οφείλονται σε βελτιωμένη ευαισθησία στην ινσουλίνη, μειωμένα επίπεδα ωχρινοτρόπου ορμόνης και χαμηλότερη ανδρογοναιμία (Crosignani et al., 2003; Huber-Buchholz, Carey & Norman, 1999). Όχι μόνο είναι πιο εύκολο να επιτευχθεί εγκυμοσύνη μετά από μέτρια απώλεια βάρους, είναι επίσης πιο πιθανό να οδηγήσει σε επιτυχή γέννα, με τα ποσοστά αποβολών να είναι χαμηλότερα σε γυναίκες με χαμηλότερο ΔΜΣ (Boots & Stephenson, 2011).

1.3.8. Οφέλη της μέτριας απώλειας βάρους στην οστεοαρθρίτιδα του γόνατος

Η οστεοαρθρίτιδα του γόνατος συνδέεται στενά με την παχυσαρκία ως παράγοντας κινδύνου και είναι αρκετά συχνή. Μια παρέμβαση δίαιτας και άσκησης που πέτυχε απώλεια βάρους 5,7% κατά μέσο όρο και σε σύγκριση με μια κατάσταση ελέγχου προκάλεσε σημαντικές βελτιώσεις στο WOMAC (βαθμολογία του Πανεπιστημίου Δυτικού Οντάριο MacMaster, το οποίο μετρά την αυτοαναφερόμενη λειτουργία), την απόσταση περπατήματος των 6 λεπτών ($p<0,05$), τον χρόνο ανάβασης σκάλας ($p<0,05$) και τον πόνο στο γόνατο (Messier et al., 2004). Τα φορτία της άρθρωσης του γόνατος αξιολογήθηκαν

επίσης σε αυτούς τους ασθενείς και οι ερευνητές βρήκαν ότι κάθε κιλό απώλειας βάρους είχε ως αποτέλεσμα μια 4πλάσια μείωση του φορτίου που ασκείται στο γόνατο ανά βήμα κατά τη διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων (Messier et al., 2005). Συσσωρευμένη σε χιλιάδες βήματα την ημέρα, μια μείωση αυτού του μεγέθους φαίνεται να είναι κλινικά σημαντική. Μια μεταγενέστερη μελέτη πέτυχε μέση απώλεια βάρους 10,6% με δίαιτα και άσκηση, και σε σύγκριση με μια συνθήκη ελέγχου μόνο της άσκησης προκάλεσε σημαντική βελτίωση στον πόνο, τη λειτουργία, τα επίπεδα IL-6 και τη μέτρηση της ποιότητας ζωής (Messier et al., 2013). Ωστόσο, τα αποτελέσματα της απεικόνισης με ακτινογραφία και ο μαγνητικός συντονισμός δεν πήγαν το ίδιο καλά. Παρά τις θετικές επιδράσεις της απώλειας βάρους σε αυτή τη μελέτη στα συμπτώματα καθώς και στα μηχανιστικά αποτελέσματα (όπως η δύναμη συμπίεσης των αρθρώσεων και οι δείκτες φλεγμονής), δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στον ρυθμό δομικής εξέλιξης είτε σε ακτινογραφία είτε σε μαγνητική τομογραφία (Hunter et al., 2015). Έτσι, εάν πρόκειται να επιτευχθεί πραγματική επίπτωση στην οστεοαρθρίτιδα του γόνατος, πρέπει να αντιμετωπιστεί πριν διαπιστωθεί παθολογία στο γόνατο, μόνο στο στάδιο του πόνου στο γόνατο. Στη μελέτη Look AHEAD σε άνδρες και γυναίκες με διαβήτη τύπου 2, υπήρχε 15% λιγότερη συχνότητα πόνου στο γόνατο το πρώτο έτος στην ομάδα παρέμβασης στον τρόπο ζωής (-8,7% απώλεια βάρους) από την ομάδα υποστήριξης (-0,9% απώλεια βάρους) σε ένα έτος (White et al., 2015). Ωστόσο, το έτος 4 αυτή η διαφορά επίπτωσης μειώθηκε στο 5% και δεν ήταν πλέον στατιστικά σημαντική (White et al., 2015). Επομένως, η καλύτερη στρατηγική θα ήταν η έγκαιρη θεραπεία και η πιο επιθετική θεραπεία για μεγαλύτερη απώλεια βάρους, αποτρέποντας έτσι την εμφάνιση δομικής βλάβης στην άρθρωση.

1.3.9. Οφέλη της παρέμβασης στον τρόπο ζωής στη βελτίωση του συναισθήματος και της λειτουργίας (ποιότητα ζωής, κατάθλιψη, κινητικότητα, σεξουαλική δυσλειτουργία και ακράτεια ούρων λόγω στρες)

Ενώ η μείωση των κινδύνων για άλλες ασθένειες είναι σημαντική, εξίσου σημαντική είναι η βελτίωση του τρόπου με τον οποίο αισθάνονται και λειτουργούν οι ασθενείς. Υπάρχει μια γνωστή διαβαθμισμένη απόκριση στην απώλεια βάρους που επιτυγχάνεται μέσω της

παρέμβασης στον τρόπο ζωής και της βελτίωσης της ποιότητας ζωής, όπως μετράται από το Εργαλείο Αξιολόγησης Βάρους – Ποιότητας Ζωής (Kolotkin et al., 2001). Πράγματι, στο Look AHEAD, το πρώτο έτος, η ποιότητα ζωής βελτιώθηκε περισσότερο στην ομάδα που έλαβε παρέμβαση στον τρόπο ζωής, από εκείνους που δεν έλαβαν (Williamson et al., 2009).

Επίσης, στο Look AHEAD, υπήρχαν λιγότεροι ασθενείς που ανέπτυξαν δυνητικά σημαντικά συμπτώματα κατάθλιψης (που ορίζονται ως Beck Depression Inventory (Beck et al., 1961) score >10) στην ομάδα παρέμβασης στον τρόπο ζωής σε σύγκριση με την κατάσταση υποστήριξης (Faulconbridge et al., 2012). Σε 1 έτος, η συχνότητα BDI ≥10 ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ομάδα που έλαβε εντατική παρέμβαση στον τρόπο ζωής από την ομάδα υποστήριξης και εκπαίδευσης για τον διαβήτη (6,3% έναντι 9,6%, P < 0,001) υποδεικνύοντας ότι η απώλεια βάρους δεν επιταχύνει την κατάθλιψη και μπορεί να λειτουργήσει προστατευτικά από αυτήν. Επιπλέον, οι συμμετέχοντες στην παρέμβαση στον τρόπο ζωής με και χωρίς συμπτώματα κατάθλιψης κατά την έναρξη έχασαν 7,8 ± 6,7% και 8,7 ± 6,9% του συνολικού σωματικού βάρους, αντίστοιχα, μια διαφορά που δεν θεωρείται κλινικά σημαντική.

Το Look AHEAD αξιολόγησε επίσης τη λειτουργικότητα. Για τους συμμετέχοντες στην παρέμβαση του τρόπου ζωής, σε σύγκριση με την κατάσταση υποστήριξης, υπήρξε εξασθένηση της μείωσης της κινητικότητας που εμφανίζεται με τη γήρανση (Rejeski et al., 2012).

Σε υπέρβαρες και παχύσαρκες γυναίκες με διαβήτη τύπου 2 που συμμετείχαν στο Look AHEAD, η ακράτεια ούρων από στρες βελτιώθηκε σε εκείνες που τυχαιοποιήθηκαν στην παρέμβαση του τρόπου ζωής σε σύγκριση με την κατάσταση υποστήριξης (Phelan et al., 2012). Το Look AHEAD έδειξε το ίδιο εύρημα στους άνδρες (Breyer et al., 2014). Μελετήθηκε επίσης η σεξουαλική δυσλειτουργία στο Look AHEAD και υπήρξε βελτίωση στις μετρήσεις της σεξουαλικής λειτουργίας για τους συμμετέχοντες στην παρέμβαση του τρόπου ζωής σε σύγκριση με την κατάσταση υποστήριξης. Υπήρξε βελτίωση στη στυτική λειτουργία για τους άνδρες (Wing et al., 2010) και τη σεξουαλική δυσλειτουργία στις γυναίκες (Wing et al., 2013).

1.3.10. Απώλεια βάρους και μείωση θνησιμότητας

Στη μελέτη Look AHEAD, οι συμμετέχοντες παρακολουθήθηκαν για 13 χρόνια. Η μέση αρχική απώλεια βάρους σε 1 έτος ήταν 8,7%, αλλά το ήμισυ του βάρους ανακτήθηκε. Στο τέλος της δοκιμής δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στη συχνότητα εμφάνισης ενός σύνθετου καταληκτικού σημείου για μείζονα καρδιαγγειακά τελικά σημεία, για την εντατική παρέμβαση στον τρόπο ζωής, σε σύγκριση με την κατάσταση υποστήριξης και εκπαίδευσης για τον διαβήτη (Look AHEAD Research Group et al., 2013). Ωστόσο, μια μεταγενέστερη ανάλυση από το Look AHEAD (Look AHEAD Research Group, 2016) όπου άτομα που έχασαν τουλάχιστον το 10% του σωματικού τους βάρους σε κάθε σκέλος της μελέτης, κατά το πρώτο έτος της μελέτης, είχαν 21% χαμηλότερο κίνδυνο για την πρωτογενή έκβαση μειζόνων καρδιαγγειακών συμβαμάτων (p=0,034) και 24% μειωμένο κίνδυνο έκβασης δευτερογενούς καρδιαγγειακής νόσου (p=0,003) σε σύγκριση με άτομα με σταθερό βάρος ή αύξηση βάρους. Ομολογουμένως, αυτή δεν είναι μια τυχαιοποιημένη σύγκριση, αλλά μια post hoc ανάλυση, αλλά υποδηλώνει ότι μπορεί να χρειαστεί περισσότερο από 10% απώλεια βάρους για να επιτευχθεί μείωση των καρδιαγγειακών συμβάντων και της θνησιμότητας.

1.3.11. Οφέλη από την απώλεια βάρους στο κόστος υγειονομικής περίθαλψης

Σε μια ανάλυση από το Look AHEAD (Espeland et al., 2014) ο αντίκτυπος της παρέμβασης στον τρόπο ζωής στη χρήση και το κόστος των ιατρικών υπηρεσιών, με σύγκριση την συνθήκη υποστήριξης, έδειξε ότι στην ομάδα τροποποίησης του τρόπου ζωής, οι ετήσιες νοσηλεύσεις μειώθηκαν κατά 11% (P=0,004) και οι ημέρες νοσηλείας κατά 15% (p=0,01). Το κόστος για νοσηλεία ήταν 10% μικρότερο στην ομάδα αλλαγής του τρόπου ζωής (p=0,04). Η εξοικονόμηση κόστους φαρμάκων ήταν 7% στην ομάδα του τρόπου ζωής σε σύγκριση με την ομάδα υποστήριξης (P<0,001). Σε διάστημα 10 ετών, η σχετική εξοικονόμηση κόστους ανά άτομο στην ομάδα του τρόπου ζωής ήταν 5280$ (95% CI = 3385-7175). Ωστόσο, δεν υπήρχαν διαφορές στο κόστος των εξωτερικών ασθενών και η εξοικονόμηση δεν παρατηρήθηκε σε όσους είχαν ιστορικό καρδιαγγειακής νόσου (Espeland et al., 2014).

1.4. Ο ρόλος της διατροφής στην απώλεια βάρους

Η κατανόηση της βιολογίας πίσω από τη ρύθμιση του βάρους και την πρόσληψη τροφής είναι εξαιρετικά σημαντική για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών στρατηγικών απώλειας βάρους. Ένας από τους βασικούς πυλώνες στους οποίους βασίζονται οι στρατηγικές απώλειας βάρους είναι ο περιορισμός της ενεργειακής πρόσληψης. Οι δίαιτες περιορισμένης ενέργειας συνταγογραφούνται συνήθως από διαιτολόγους και επαγγελματίες υγείας ως θεραπεία πρώτης γραμμής για την παχυσαρκία και συνιστώνται από τις περισσότερες επιστημονικές εταιρείες και τις διατροφικές οδηγίες. Γενικά, αυτές οι δίαιτες ακολουθούν τον χρυσό κανόνα ότι η μείωση της ημερήσιας πρόσληψης ενέργειας κατά περίπου 500 θερμίδες θα μεταφραζόταν σε απώλεια βάρους περίπου 0,5 kg την εβδομάδα και περίπου 2 kg το μήνα (Koliaki et al., 2018). Αυτό επιτυγχάνεται συχνά με τον έλεγχο του μεγέθους της μερίδας, μειώνοντας την πρόσληψη υδατανθράκων, ολικού λίπους και κορεσμένων λιπαρών και αυξάνοντας την πρόσληψη πρωτεϊνών και φυτικών ινών από φρούτα και λαχανικά, όλα με στόχο τη μείωση της συνολικής ενεργειακής πυκνότητας της δίαιτας και την ενίσχυση της χορταστικής της δράσης (Katsilambros, 2015). Παρά τη γενική συμφωνία σχετικά με την επιστημονική ορθότητα πίσω από αυτές τις προσεγγίσεις, τα στοιχεία από μακροχρόνιες μελέτες δείχνουν μια μέτρια αποτελεσματικότητα στην καλύτερη περίπτωση, μια εξαιρετικά ετερογενή απόκριση και μια χαμηλή διατήρηση του χαμένου βάρους (Langeveld & DeVries, 2015). Σε μια μετα-ανάλυση 29 μακροπρόθεσμων δοκιμών για τη διατήρηση του βάρους, διατηρήθηκε μόνο μια απώλεια βάρους κατά 3% μετά από μια περίοδο 5 ετών (Anderson et al., 2001). Το εξαιρετικά υψηλό ποσοστό αποτυχίας διατήρησης του χαμένου βάρους, που εκτιμάται ότι είναι πάνω από 80%, πιστεύεται ότι είναι κυρίως αποτέλεσμα της μεταβολικής προσαρμογής και των αντισταθμιστικών μηχανισμών που τείνουν να διατηρούν το σωματικό βάρος και τα αποθέματα ενέργειας (Hall, Hammond & Rahmandad, 2014; Dayan et al., 2019).

Οι μεταβολικές αποκρίσεις στον ενεργειακό περιορισμό και την απώλεια βάρους έχουν μελετηθεί εκτενώς, ωστόσο τα περισσότερα δεδομένα αφορούν μεμονωμένα μονοπάτια και δεν έχει συντεθεί ακόμα η πλήρης εικόνα. Ανοδική ρύθμιση των επιπέδων των ορμονών της πείνας (γκρελίνη) και της κορτιζόλης, σημαντικές μειώσεις στις ανορεξιγόνες ορμόνες

(λεπτίνη, ινσουλίνη, πεπτίδιο τύπου γλυκαγόνης-1 [glucagon-like peptide- 1, GLP-1], πεπτίδιο τυροσίνης-τυροσίνης [peptide tyrosine-tyrosine, PYY], χολοκυστοκινίνη [CCK]), τεστοστερόνη, ορμόνες θυρεοειδούς και ενεργειακή δαπάνη (περίπου 28% μείωση) και ακόμη και αυξημένη αντίληψη της αξίας της ανταμοιβής των τροφίμων συγκαταλέγονται στους αντισταθμιστικούς μηχανισμούς που ακολουθούν την απώλεια βάρους, προάγοντας την πρόσληψη ενέργειας και αφήνοντας τα άτομα που κάνουν δίαιτα ευάλωτα στην επαναπρόσληψη του χαμένου σωματικού βάρους (Moehlecke et al., 2016). Αυτή η αλλαγή στο ενδοκρινικό προφίλ έχει βρεθεί ότι επιμένει μετά την περίοδο της απώλειας βάρους, για τουλάχιστον ένα χρόνο.

Έχουν προταθεί διάφορες διατροφικές προσεγγίσεις και στρατηγικές που στοχεύουν το σύστημα ανάδρασης που περιγράφηκε προηγουμένως, αξιοποιώντας την ευαισθησία του στη σύνθεση της δίαιτας με διαφορετικούς τρόπους και σε πολλαπλά μέτωπα. Αυτές οι προσεγγίσεις μπορούν γενικά να κατηγοριοποιηθούν σε εστιασμένη στα μακροθρεπτικά συστατικά (π.χ. δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες, χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά, υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη) που υπογραμμίζει τη διαφορική συμβολή των μακροθρεπτικών συστατικών στο μεταβολισμό και την ενεργειακή ομοιόσταση, στο διατροφικό πρότυπο (π.χ. μεσογειακή διατροφή) και στο διατροφικό χρονοδιάγραμμα (π.χ. διαλείπουσα νηστεία) (Lam, 2019).

1.4.1. Επιδράσεις στην απώλεια βάρους

Η τροποποίηση της σύνθεσης μακροθρεπτικών συστατικών μιας δίαιτας έχει αποτελέσει το θεμέλιο για πολλές ατομικές στρατηγικές απώλειας βάρους με στόχο να ξεπεραστεί η μεταβολική αντιστάθμιση και η κακή τήρηση που σχετίζονται με δίαιτες περιορισμένης ενέργειας (Bray et al., 2019). Η συζήτηση για το ποια σύνθεση μακροθρεπτικών συστατικών είναι αποτελεσματικότερη έναντι της άλλης για την επίτευξη απώλειας βάρους έχει ξεκινήσει πολλά χρόνια πριν, χωρίς να οδηγηθούμε σε κάποιο σαφές συμπέρασμα. Μέχρι σήμερα, τα στοιχεία δεν υποστηρίζουν κάποια συγκεκριμένη ισορροπία μακροθρεπτικών συστατικών έναντι άλλων, και διαφορές στην απώλεια βάρους έχουν παρατηρηθεί μόνο όταν συνοδεύονται από σημαντικό ενεργειακό έλλειμμα (Hwalla & Jaafar, 2020).

Σε μια από τις μεγαλύτερες δοκιμές που εξέτασαν τις επιδράσεις διαφορετικών προφίλ μακροθρεπτικών συστατικών, τη μελέτη Πρόληψη του Υπέρβαρου Με χρήση Νέων Διατροφικών Στρατηγικών (Preventing Overweight Using Novel Dietary Strategies, POUNDS lost), παρόμοια απώλεια βάρους και αλλαγές στη σύνθεση του σώματος παρατηρήθηκαν σε 6 μήνες και 2 χρόνια (Zhang et al., 2012). Αυτά τα ευρήματα έχουν επίσης επιβεβαιωθεί από μια σειρά από μετα-αναλύσεις και συστηματικές ανασκοπήσεις τυχαιοποιημένων κλινικών δοκιμών, που υποδεικνύουν ότι διαφορετικοί συνδυασμοί μακροθρεπτικών συστατικών μπορούν να οδηγήσουν σε παρόμοια αποτελέσματα απώλειας βάρους με ελάχιστες διαφορές στην απώλεια βάρους βραχυπρόθεσμα (μέση διαφορά λιγότερο < 1 kg στους 6 μήνες ή λιγότερο) εφόσον υπάρχει καλή τήρηση της δίαιτας (Ge et al., 2020). Πιο πρόσφατα, οι Ge et al. (2020) δημοσίευσαν μια μετα-ανάλυση 121 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών όπου συγκρίνεται η αποτελεσματικότητα 14 δημοφιλών διατροφών, συμπεριλαμβανομένων διαίτων εστιασμένων σε μακροθρεπτικά συστατικά (χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες, χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά, μέτριας περιεκτικότητας σε καθένα από τα μακροθρεπτικά συστατικά) και διαίτων εστιασμένων στα διατροφικά πρότυπα (Μεσογειακή διατροφή και Διαιτητική προσέγγιση για να σταματήσει η υπέρταση [Dietary Approach to Stop Hypertension, DASH], με κύριο αποτέλεσμα να είναι ο βαθμός απώλειας βάρους και αλλαγές στους καρδιαγγειακούς δείκτες (λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας [low-density lipoprotein, LDL], λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας [high-density lipoprotein, HDL], αρτηριακή πίεση, C-αντιδρώσα πρωτεΐνη) στους 6 και 12 μήνες παρακολούθησης. Στην ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν μελέτες που περιλάμβαναν υπέρβαρους (δείκτης μάζας σώματος, ΔΜΣ 25-29) ή παχύσαρκους (ΔΜΣ ≥30) ενήλικες. Με βάση τα ευρήματα, η δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες βρέθηκε να επιτυγχάνει μεγαλύτερη απώλεια βάρους σε σύγκριση με τις συνήθεις δίαιτες, χωρίς να παρατηρούνται διαφορές στην αποτελεσματικότητα μεταξύ τους. Η μείωση του βάρους σημειώθηκε σε μικρότερο βαθμό με τη μεσογειακή διατροφή και άλλα ισορροπημένα διατροφικά πρότυπα με μακροθρεπτικά συστατικά, ωστόσο, στους 12 μήνες, όλες οι επιπτώσεις στην απώλεια βάρους και οι δείκτες καρδιαγγειακής νόσου ήταν αμελητέες για όλες τις δίαιτες (Wycherley et al., 2012). Πέρα από την επίδραση στην απώλεια βάρους, οι τελευταίες δεκαετίες έχουν οδηγήσει σε μεγαλύτερη κατανόηση της διαφορικής επίδρασης των μακροθρεπτικών συστατικών στη μεταβολική ρύθμιση της πρόσληψης τροφής και της

όρεξης. Αν και μπορεί να μην επηρεάζει απαραίτητα τα αποτελέσματα απώλειας βάρους, η ρύθμιση της περιεκτικότητας σε μακροθρεπτικά συστατικά θα μπορούσε να επιφέρει μεταβολικά οφέλη και να αλλάξει την πρόσληψη τροφής με τρόπο που βοηθά τα άτομα που ακολουθούν μια δίαιτα να ενισχύσουν την προσήλωσή τους σε αυτή (Carreiro et al., 2016; Vogels, Diepvens & Westerterp-Plantenga, 2005).

1.4.2. Επίδραση στη μεταβολική ρύθμιση και τη συμμόρφωση

Δίαιτες με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες

Οι δίαιτες με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες υποστηρίζονται από πολλούς λόγω της ικανότητάς τους να καταστέλλουν την πρόσληψη τροφής και την όρεξη, να προκαλούν οξείδωση λίπους και ταχεία απώλεια βάρους και να βελτιώνουν τους μεταβολικούς δείκτες, κυρίως μέσω της κετογένεσης. Η πτώση των επιπέδων ινσουλίνης που ακολουθεί μια χαμηλή πρόσληψη υδατανθράκων αναστρέφει την αναστολή της ορμόνης λιπάσης και αυξάνει τη διάσπαση του λίπους από τον λιπώδη ιστό και το σχηματισμό κετονικών σωμάτων στο ήπαρ (Barber et al., 2021). Με τα ανεπαρκή επίπεδα γλυκόζης στο σώμα, οι κετόνες γίνονται η κύρια πηγή ενέργειας στο σώμα. Οι ανορεξιγονικές επιδράσεις των κετονικών σωμάτων στον κορεσμό και την πείνα έχουν αναφερθεί ευρέως στη βιβλιογραφία, συμπεριλαμβανομένης μιας μετα-ανάλυσης από τους Gibson et al. (2015) όπου αποδείχθηκε ότι οι κετογονικές δίαιτες αποτρέπουν την αύξηση της όρεξης μετά την απώλεια βάρους και βοήθησαν τους υπέρβαρους και παχύσαρκους που κάνουν δίαιτα να αισθάνονται λιγότερο πεινασμένοι σε κατάσταση νηστείας και χορτάτοι μετά το φαγητό (Gibson et al., 2015). Μια υψηλότερη συγκέντρωση κετονοσωμάτων στο πλάσμα μετά από διατροφική κέτωση σχετίζεται με μειωμένη έκκριση γκρελίνης και χαμηλότερη υποκειμενική πείνα (Sumithran et al., 2013). Σύμφωνα με τους Paoli et al. (2015), τα κετονοσώματα, συγκεκριμένα το β-υδροξυβουτυρικό, μειώνουν την έκφραση του *NPY* και του *AgRP* στον υποθάλαμο, αυξάνουν τα επίπεδα CCK και μειώνουν τα επίπεδα της γκρελίνης μετά τα γεύματα. Η χρήση εξωγενών κετονών όπως οι εστέρες κετόνης για σκοπούς απώλειας βάρους είναι επίσης ένα αναδυόμενο πεδίο, αλλά απαιτεί πιο εκτεταμένη έρευνα για την αξιολόγηση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητάς τους (Deemer, Plaisance & Martins, 2020).

Ωστόσο, ο ρόλος των κετονικών σωμάτων στον κύκλο πείνας-κορεσμού είναι αντιφατικός, καθώς μπορούν να ασκήσουν τόσο ορεξιγονικές όσο και ανορεξιογόνες επιδράσεις. Στην ορεξιγονική οδό, τα σώματα κετόνης έχει βρεθεί ότι αυξάνουν τα επίπεδα αδιπονεκτίνης, γ-αμινοβουτυρικού οξέος (γ-aminobutyric acid, GABA) και την φωσφορυλίωση της πρωτεϊνικής κινάσης ενεργοποιημένης από μονοφωσφορική αδενοσίνη (adenosine monophosphate, AMP) και μειώνουν την παραγωγή δραστικών ειδών οξυγόνου (reactive oxygen species, ROS) στο επίπεδο του εγκεφάλου, αυξάνοντας την πρόσληψη τροφής και μειώνοντας τον κορεσμό (Paoli et al., 2015). Τα υποθαλαμικά ROS πιστεύεται ότι ρυθμίζουν την ενεργειακή ομοιόσταση, προάγουν τον κορεσμό και είναι απαραίτητα για τις επιδράσεις της ινσουλίνης στην καταστολή της πρόσληψης τροφής (Paoli et al., 2015; Jaillard et al., 2009). Ένας άλλος μηχανισμός με τον οποίο οι δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες μπορεί να προκαλέσουν γρήγορη απώλεια βάρους είναι η διούρηση ως συνέπεια της εξάντλησης του γλυκογόνου, καθώς 1 g γλυκογόνου σχετίζεται με 3 g νερού (Jaillard et al., 2009). Ορισμένα στοιχεία υποστηρίζουν τα αποτελέσματα της υψηλότερης πρόσληψης πρωτεϊνών αντί της χαμηλότερης πρόσληψης υδατανθράκων στην πρόκληση απώλειας βάρους, κυρίως μέσω των επιδράσεων κορεσμού των πρωτεϊνών και των αυξημένων θερμογονικών επιδράσεων, εκτός από την κακή γευστικότητα της δίαιτας (Frigolet et al., 2011).

Εάν υπάρχει μειωμένη πρόσληψη ενός μακροθρεπτικού συστατικού (όπως οι υδατάνθρακες), τότε πρέπει να υπάρχει σχετική αύξηση της ημερήσιας θερμιδικής συνεισφοράς από άλλα μακροθρεπτικά συστατικά (όπως λίπη και πρωτεΐνες), για να αντισταθμιστεί η μείωση της πρόσληψης υδατανθράκων. Επομένως, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι πολλές διατροφικές παρεμβάσεις, συμπεριλαμβανομένης της δίαιτας χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες, είναι στην πραγματικότητα πιο περίπλοκες από ό,τι υποδηλώνουν οι τίτλοι τους. Αυτή η επίγνωση είναι σημαντική κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μιας τέτοιας δίαιτας (Barber et al., 2021).

Το ερώτημα σχετικά με την ασφάλεια των διαίτων χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο διαμάχης με περιορισμένα στοιχεία που εξετάζουν τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις τους. Σε μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή από τους Retterstol et al. (2018), μια δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες σε συνδυασμό με υψηλή διατροφική πρόσληψη λίπους βρέθηκε ότι αυξάνει

την LDL-C στο πλάσμα κατά 44% εύρος μεταξύ 5% και 107%) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου σε άτομα φυσιολογικού βάρους σε μια περίοδο 3 εβδομάδων, η οποία θα μπορούσε να αυξήσει τον κίνδυνο καρδιαγγειακής νόσου. Ωστόσο, μελέτες σχετικά με τις μεταβολικές επιδράσεις της δίαιτας με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, συγκεκριμένα στο λιπιδαιμικό προφίλ, αναφέρουν ασυνεπή ευρήματα και ενώ ορισμένες δεν σημειώνουν διαφοροποιημένο αντίκτυπο, άλλες υποδεικνύουν βελτιώσεις στους δείκτες λιπιδίων μεταξύ μιας σειράς άλλων μεταβολικών οφελών, συμπεριλαμβανομένης μεγαλύτερης μείωσης της HbA1C και καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 (Brouns, 2018; Webster et al., 2019; Ahmed et al., 2020). Η χαμηλή πρόσληψη υδατανθράκων, δηλαδή διαιτητικών ινών, είναι επίσης γνωστό ότι σχετίζεται με αρνητικές επιπτώσεις στη λειτουργία του εντέρου και τη γενική υγεία (Zong et al., 2016; Brinkworth et al., 2009). Οι Brinkworth et al. (2009) συσχέτισαν μια δίαιτα περιορισμένης ενέργειας χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες με δυσμενείς επιπτώσεις στη δραστηριότητα του εντέρου σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα που σχετίζονται με τη χαμηλή πρόσληψη φυτικών ινών και τη μειωμένη παραγωγή λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας από το μικροβίωμα του παχέος εντέρου, το οποίο μπορεί δυνητικά μακροπρόθεσμα να συμβάλει στην ανάπτυξη νόσου του εντέρου. Σε μια μελέτη των Kennedy et al. (2001) όπου εξετάστηκε η συσχέτιση της ποιότητας των τροφίμων σε διαφορετικές δίαιτες (μετρούμενη με τη βαθμολογία του δείκτη τροφίμων) και τις επιπτώσεις στην υγεία, οι δίαιτες χαμηλών υδατανθράκων (<30%) έλαβαν τη χαμηλότερη βαθμολογία, επιδεικνύοντας επομένως τη χαμηλότερη ποιότητα ως διατροφή.

Τα στοιχεία σχετικά με την αποτελεσματικότητα της δίαιτας με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες στην απώλεια βάρους είναι επίσης εξαιρετικά ασυνεπή, κυρίως λόγω της μεγάλης μεταβλητότητας στην ποσότητα των υδατανθράκων που λαμβάνονται και στη διάρκεια των μελετών. Ενώ ένας αριθμός μετα-αναλύσεων δείχνει ένα πλεονέκτημα της δίαιτας χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες σε σχέση με τις δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και ισορροπημένες δίαιτες (Boaz, Raz & Wainstein, 2015; Vogels, Diepvens & Westerterp-Plantenga, 2005; Hession et al., 2009; Santos et al., 2012; Sackner-Bernstein, Kanter & Kaul, 2015; Hashimoto et al., 2016), άλλες δείχνουν παρόμοια αποτελέσματα απώλειας βάρους (Mansoor et al., 2016; Hu et al., 2012; Johnston et al., 2014; Hall et al., 2016). Ενώ οι δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες μπορεί να είναι αποτελεσματικές για βραχυπρόθεσμη απώλεια βάρους, η μακροπρόθεσμη

συμμόρφωση είναι τόσο δύσκολη όσο και δυνητικά επικίνδυνη, καθώς μια σημαντική μείωση της πρόσληψης υδατανθράκων μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα LDL,από την υψηλη πρόσληψη λίπους, αυξάνοντας τον κίνδυνο θνησιμότητας (Koliaki et al., 2018; Brouns, 2018; Noto et al., 2013).

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, τα στοιχεία υποστηρίζουν την βραχυπρόθεσμη αποτελεσματικότητα της δίαιτας χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες (έως 6 μήνες) στην απώλεια βάρους. Ωστόσο, η μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητά της είναι απογοητευτική, με (μείωση του δυναμικού απώλειας βάρους και των μεταβολικών οφελών της πέραν των 6 μηνών από την υιοθέτησή της. Επιπλέον, οι πρακτικοί περιορισμοί αυτού του είδους δίαιτας περιλαμβάνουν τον σχετικό περιορισμό των επιλογών τροφίμων που περιορίζουν την αποδοχή της δίαιτας για το άτομο, ιδιαίτερα μακροπρόθεσμα. Υπάρχουν επίσης ανησυχίες για την ασφάλεια της δίαιτας χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες που προέρχονται από διατροφικές ανισορροπίες (με σχετική περίσσεια πρόσληψης λίπους και πρωτεΐνης από τη διατροφή με συσχετιζόμενη δυσλιπιδαιμία και αυξημένο κίνδυνο αντίστασης στην ινσουλίνη και ανάπτυξη σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2) και κετωτικές επιδράσεις. Τέλος, η δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες συχνά οδηγεί σε μείωση της πρόσληψης διαιτητικών ινών, με δυνητικά σοβαρές δυσμενείς συνέπειες για τη γενική υγεία και τη μικροχλωρίδα του εντέρου (Barber et al., 2021).

<u>Δίαιτες με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά</u>

Μια εναλλακτική προσέγγιση με επίκεντρο τα μακροθρεπτικά συστατικά είναι η δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά. Η σχέση μεταξύ της πρόσληψης λίπους και του σωματικού βάρους έχει μελετηθεί εδώ και δεκαετίες. Οι δίαιτες χαμηλών λιπαρών συνιστώνται ιστορικά για απώλεια βάρους για διάφορους λόγους. Το λίπος είναι το πιο ενεργειακά πυκνό και λιγότερο χορταστικό μακροθρεπτικό συστατικό και η μείωση της πρόσληψής του θα μείωνε σημαντικά την πρόσληψη θερμίδων (Koliaki et al., 2018). Αυτές οι συστάσεις λαμβάνουν επίσης υπόψη τη σημαντική συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης λίπους, κυρίως κορεσμένων και τρανς λιπαρών, της χοληστερόλης του πλάσματος και του κινδύνου ανάπτυξης καρδιαγγειακής νόσου (Zhang et al., 2012). Παρά το θεωρητικό πλεονέκτημα, οι μετα-αναλύσεις και οι τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές απέτυχαν να αποδείξουν ότι η δίαιτα χαμηλών λιπαρών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη απώλεια

βάρους από τις αντίστοιχες ισοθερμιδικές. Σε μια συστηματική ανασκόπηση 53 μελετών, όπου συμπεριλήφθηκαν άτομα φυσιολογικού βάρους, υπέρβαροι και παχύσαρκοι, οι δίαιτες χαμηλών λιπαρών βρέθηκαν εξίσου ή και λιγότερο αποτελεσματικές στη διατήρηση της μακροπρόθεσμης απώλειας βάρους σε σύγκριση με παρεμβάσεις υψηλότερης περιεκτικότητας σε λιπαρά και παρόμοιας ενεργειακής περιεκτικότητας (Zhang et al., 2012). Σε 2 μετα-αναλύσεις τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών, ο συνδυασμός χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά με υψηλότερη πρόσληψη πρωτεϊνών παρήγαγε ευνοϊκότερα αποτελέσματα για απώλεια βάρους, κορεσμό, τριγλυκερίδια πλάσματος, ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας και μάζα λίπους σε σύγκριση με δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά τυπικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ή χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες (Clifton, Condo & Keogh, 2014; Claessens et al., 2009).

Ωστόσο, τα αποτελέσματα του συνδυασμού χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά με υψηλή πρόσληψη υδατανθράκων μπορεί να είναι λιγότερο ελπιδοφόρα. Σε μια μελέτη των Tessitore et al. (2017), τα ποντίκια που τρέφονταν μακροχρόνια με δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες εμφάνισαν ηπατική βλάβη η οποία συνοδεύτηκε από σημαντική αύξηση των επιπέδων ηπατικών φλεγμονωδών μεσολαβητών (ιντερλευκίνη-1β, ιντερλευκίνη-6, παράγοντας νέκρωσης όγκου-α και αυξητικός παράγοντας ηπατοκυττάρων). Τα ευρήματα αυτά ήταν συγκρίσιμα με αυτά που παρατηρήθηκαν σε ποντίκια που τρέφονταν με δίαιτα πλούσια σε λιπαρά, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σε ποντίκια που τρέφονταν με τυπική δίαιτα. Μετά από 18 μήνες, το 30% των ποντικών που έτρωγαν δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες εμφάνισαν οζίδια με καθορισμένα νεοπλασματικά χαρακτηριστικά. Η παρατηρούμενη ηπατική βλάβη έχει υποτεθεί ότι είναι αποτέλεσμα της αυξημένης πρόσληψης υδατανθράκων, συγκεκριμένα της φρουκτόζης. Η φρουκτόζη είναι γνωστό ότι σπάνια απορροφάται από το έντερο και σχεδόν εξ ολοκλήρου καθαρίζεται από το ήπαρ. Στο ήπαρ, η φωσφορυλίωση της φρουκτόζης παράγει μεταβολίτες που μπορούν να προκαλέσουν συσσώρευση ηπατικού λίπους που κατά συνέπεια οδηγεί σε βλάβη και ογκογένεση (Johnston et al., 2014).

Από την άποψη του κορεσμού, μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή 12 μηνών από τους Hu et al. (2016) βρήκε ότι η δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά μειώνει το PYY και

συνεπώς τον κορεσμό περισσότερο από μια δίαιτα χαμηλή σε υδατάνθρακες σε παχύσαρκα άτομα, ενώ δεν υπήρχε επίδραση στη γκρελίνη ούτε στην αυτοαναφερόμενη όρεξη σε καμία από τις δύο ομάδες. Αυτή η μελέτη ανέφερε επιπλέον ότι οι αλλαγές στο PYY σχετίζονται κατά 99% με τη σύνθεση των μακροθρεπτικών συστατικών και όχι με την απώλεια βάρους (Noto et al., 2013). Αυτά τα ευρήματα, ωστόσο, έχουν αντικρουστεί σε άλλες μελέτες (μικρότερου μεγέθους δείγματος) που δεν έδειξαν καμία διαφορά στις επιδράσεις στο PYY μεταξύ δίαιτας χαμηλών υδατανθράκων και χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά, επίσης σε παχύσαρκα άτομα (Boden et al., 2005; Essah et al., 2007). Επιπλέον, υπάρχουν σημαντικά στοιχεία από δύο μεγάλες και μακροχρόνιες μελέτες (μελέτες Women's Health Initiative και Look AHEAD) ότι η ευεργετική επίδραση της δίαιτας χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά στην καρδιαγγειακή νόσο είναι στην καλύτερη περίπτωση οριακή, είτε συνοδεύεται από περιορισμένη πρόσληψη ενέργειας είτε όχι (Howard et al., 2006; Look et al., 2013).

Δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες

Μελέτες τόσο σε παχύσαρκα όσο και σε μη παχύσαρκα άτομα αναφέρουν ότι οι δίαιτες πλούσιες σε πρωτεΐνες έχουν μεγαλύτερη χορταστική επίδραση σε σύγκριση με άλλες ισο-ενεργητικές δίαιτες εστιασμένες σε μακροθρεπτικά συστατικά. Μάλιστα, συνοδεύονται από καλύτερη διατήρηση της άλιπης μάζας μετά την απώλεια βάρους (Wycherley et al., 2012; Drummen et al., 2018; Morell & Fiszman, 2017; Pesta & Samuel, 2014). Οι ισχυρές χορταστικές επιδράσεις των διαίτων με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες πιστεύεται ότι προκύπτουν από τη συνδυασμένη έκφραση πολλών μηχανισμών που ενεργοποιούνται είτε άμεσα είτε έμμεσα από τα αυξημένα επίπεδα των κυκλοφορούντων αμινοξέων. Τα στοιχεία αναφέρουν σταθερή αύξηση στα επίπεδα των ανορεξιγόνων ορμονών (GLP-1, PYY, CCK) ή μεγαλύτερη μείωση των επιπέδων ορεξιγονικών ορμονών (γκρελίνη) και χαμηλά επίπεδα λεπτίνης μετά από υψηλή πρόσληψη πρωτεΐνης, η οποία με τη σειρά της θα δρούσε μέσω του κεντρικού νευρικού συστήματος για την καταστολή της πρόσληψης τροφής (Batterham et al., 2006; Hall et al., 2003; Lejeune et al., 2006; Smeets et al., 2008; Veldhorst et al., 2009; Tomé et al., 2019).

Μελέτες σε ζώα έδειξαν ότι το αλλοιωμένο μεταβολικό προφίλ παραμένει για 12 εβδομάδες σε ποντίκια που καταναλώνουν δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (Schwartz et al., 2017; Vu et al., 2017), ωστόσο αυτό απαιτεί περαιτέρω έρευνες σε ανθρώπους για

μεγαλύτερες χρονικές περιόδους. Ένας άλλος κλασικός μηχανισμός πίσω από το αποτέλεσμα κορεσμού που προκαλεί η πρόσληψη πρωτεΐνης είναι η αυξημένη θερμογένεση που προκαλείται από τη δίαιτα (diet-induced thermogenesis, DIT) που συμβάλλει στην αυξημένη ενεργειακή δαπάνη. Μελέτες έχουν δείξει ότι η διατροφική πρωτεΐνη αυξάνει σημαντικά την DIT, τον μεταβολικό ρυθμό ύπνου και τον βασικό μεταβολικό ρυθμό σε ένα θάλαμο αναπνοής 36 ωρών σε σύγκριση με ισοθερμιδικούς διατροφικούς υδατάνθρακες και λίπος αντίστοιχου όγκου (Lejeune et al., 2006; Mikkelsen, Toubro & Astrup, 2000). Ένας σημαντικός λόγος για την υψηλότερη θερμική επίδραση της πρωτεΐνης σε σύγκριση με άλλα μακροθρεπτικά συστατικά είναι ότι απαιτεί άμεση μεταβολική επεξεργασία λόγω της αδυναμίας του σώματος να την αποθηκεύσει, επιπλέον του υψηλότερου κόστους τριφωσφορικής αδενοσίνης (adenosine triphosphate, ATP) που απαιτείται για τη σύνθεση του πεπτιδικού δεσμού και την παραγωγή ουρίας (Drummen et al., 2018; Morell & Fiszman, 2017).

Η γενικά κακή γευστικότητα των διαίτων με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες έχει επίσης εμπλακεί στην κατασταλτική επίδραση της πρόσληψης τροφής (Morell & Fiszman, 2017). Η υψηλή πρόσληψη πρωτεΐνης έχει επίσης προταθεί ότι προκαλεί ηπατική γλυκονεογένεση σε τρωκτικά (Morell & Fiszman, 2017). Με τη ρύθμιση της σηματοδότησης γλυκόζης στον εγκέφαλο, η γλυκονεογένεση θα μπορούσε να είναι ένας επιπλέον μηχανισμός με τον οποίο η υψηλή πρόσληψη πρωτεϊνών μπορεί να προκαλέσει κορεσμό. Ωστόσο, αυτή η θεωρία δεν έχει υποστηριχθεί επαρκώς από στοιχεία και μια μελέτη από τους Azzout-Marniche et al. (2007) έδειξε ότι μια δίαιτα πλούσια σε πρωτεΐνες χωρίς πρόσληψη υδατανθράκων δεν διεγείρει επαρκώς τη γλυκονεογένεση για να σηματοδοτήσει κορεσμό.

Οι μεταβολικές και κατασταλτικές της όρεξης επιδράσεις των πρωτεϊνών πιστεύεται ότι εξαρτώνται από τον τύπο και την ποιότητα των πρωτεϊνών που καθορίζονται από τη σύνθεση σε αμινοξέα (απαραίτητα έναντι μη απαραίτητα, κετογονικά έναντι γλυκογονικά) (Morell & Fiszman, 2017). Μακροπρόθεσμα, ο κορεσμός που προκαλείται από τις διατροφικές πρωτεΐνες δεν θεωρείται ότι διατηρείται καθώς το ανθρώπινο σώμα φαίνεται να προσαρμόζεται στην υψηλή πρόσληψη πρωτεϊνών αυξάνοντας τον κύκλο εργασιών πρωτεϊνών και την οξείδωση των αμινοξέων (Drummen et al., 2018). Όσον αφορά την επίδραση στην απώλεια βάρους, οι τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές που

πραγματοποιήθηκαν σε παχύσαρκα άτομα γενικά υποδεικνύουν συγκρίσιμα αποτελέσματα μεταξύ δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και άλλων ισοθερμιδικών διαίτων κανονικής πρόσληψης πρωτεΐνης που είναι χαμηλότερες είτε σε λίπος είτε σε υδατάνθρακες, ωστόσο ορισμένες μελέτες αναφέρουν ασυνεπή ευρήματα (Campos-Nonato et al., 2017; Verreijen et al., 2017; Noakes et al., 2005; Johnstone et al., 2008).

Τα αποτελέσματα της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες σε συνδυασμό με διαφορετικές συνθέσεις υδατανθράκων και λίπους έχουν επίσης εξεταστεί στη βιβλιογραφία. Σε μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή που πραγματοποιήθηκε από τους Johnstone et al. (2012), η δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (4% υδατάνθρακες) και μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και μέτριας περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες (35% υδατάνθρακες) είχαν συγκρίσιμα αποτελέσματα στη βελτίωση των δεικτών αντίστασης στην ινσουλίνη, τη λιπαιμία και τη φλεγμονή σε παχύσαρκα άτομα. Αν και η δίαιτα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες οδήγησε σε μεγαλύτερη απώλεια βάρους, αυτό αποδόθηκε σε μεγαλύτερη απώλεια στο συνολικό νερό του σώματος. Μια προηγούμενη τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή από τους Baba et al. (1999) είχε δείξει ότι μια δίαιτα πλούσια σε πρωτεΐνες (45% πρωτεΐνες, 25% υδατάνθρακες, 30% λίπος) προκάλεσε μεγαλύτερη απώλεια βάρους, χαμηλότερη μείωση της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας και φυσιολογικά επίπεδα μέσης ινσουλίνης νηστείας σε υπερινσουλιναιμικά παχύσαρκα άτομα σε σύγκριση με μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (12% πρωτεΐνες, 58% υδατάνθρακες, 30% λίπος), η οποία επίσης αποδείχθηκε ότι μειώνει τα επίπεδα ινσουλίνης αλλά όχι στον βαθμό ομαλοποίησης.

Από την άλλη πλευρά, μία τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή από τους Noakes et al. (2005) διαπίστωσε ότι μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, σε συνδυασμό με χαμηλή πρόσληψη λιπαρών, ήταν πιο αποτελεσματική στην επίτευξη καλύτερων διατροφικών και μεταβολικών αποτελεσμάτων σε υπέρβαρες και παχύσαρκες γυναίκες, σε σύγκριση με μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες. Μεγαλύτερη απώλεια βάρους μετά από δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά, με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, παρατηρήθηκε μόνο σε γυναίκες με αυξημένα τριγλυκερίδια πλάσματος, ενώ δεν παρατηρήθηκε διαφορά σε γυναίκες με χαμηλά επίπεδα τριγλυκεριδίων. Αυτή η μελέτη

ήταν από τις πρώτες που ανέδειξε μια πιθανή αλληλεπίδραση φαινοτύπου-διατροφής που απαιτεί επιβεβαίωση από άλλες μελέτες (Noakes et al., 2005).

2. Δίαιτα υψηλή σε πρωτεΐνη για την απώλεια βάρους

Οι δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα πιθανό εργαλείο για την απώλεια βάρους (Halton & Hu, 2004). Οι γενικές διατροφικές οδηγίες για ενήλικες προτείνουν ένα αποδεκτό εύρος κατανομής μακροθρεπτικών συστατικών 45-65% της συνολικής ενέργειας από υδατάνθρακες, 20-35% από λίπος και 10-35% από πρωτεΐνη με συνιστώμενη διατροφική δόση 46 και 56 g/ημέρα ή 0,8 g/kg σωματικού βάρους πρωτεΐνη για γυναίκες και άνδρες, αντίστοιχα (Trumbo et al., 2002). Οι προσλήψεις πρωτεϊνών που υπερβαίνουν το 15-16% της συνολικής ενέργειας, έως και το 35% των

συνολικών θερμίδων, ή οι προσλήψεις που υπερβαίνουν την συνιστώμενη διατροφική δόση έχουν θεωρηθεί ότι φθάνουν στο όριο αυτού που συνιστά μια δίαιτα «υψηλής πρωτεΐνης» (Antonio et al., 2016).

Οι δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (και χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες) έχουν λάβει πρόσφατα μεγάλη προσοχή. Οι πιο γνωστές είναι η δίαιτα Atkins, η οποία είναι μια δίαιτα που δεν περιορίζει την ενέργεια, έχει χαμηλή περιεκτικότητα υδατανθράκων (έως 30 g/ημέρα), υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και λιπαρά (Atkins, 2002), η δίαιτα South Beach (χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες), η δίαιτα Stillman (χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά) και η δίαιτα Zone (χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες, υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες) (Πίνακας 2-1) (St Jeor et al., 2001). Αλλά και δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη που περιέχουν κανονική ποσότητα υδατανθράκων (20% πρωτεΐνη, 50% υδατάνθρακες και 30% λίπη) έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τη βελτίωση των μεταβολικών παραμέτρων, υποδηλώνοντας ότι η διατήρηση του βάρους εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη αλλά όχι απαραίτητα από χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (Soenen et al., 2012). Σήμερα, εκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον κόσμο ακολουθούν αυτές τις δημοφιλείς δίαιτες.

Πίνακας 2-1 Δημοφιλείς δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και η σύνθεσή τους σε μακροθρεπτικά συστατικά

Δίαιτα	**Υδατάνθρακες**	**Λίπος**	**Πρωτεΐνη**	**g/kg/ημέρα πρωτεΐνη***
Προτεινόμενη από το Υπουργείο Γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής	45-65%	20-35%	10-35%	0,8
Atkins	6%	59%	35%	2.3
South Beach	28%	33%	39%	2.6
Stillman	3%	33%	64%	4.3
Zone	36%	29%	34%	2.3

Υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, φυσιολογική περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες	50%	30%	20%	1.3

*βασίζεται σε δίαιτα 2000 kcal και άτομο 75 κιλών

(Πηγή: Pesta & Samuel, 2014)

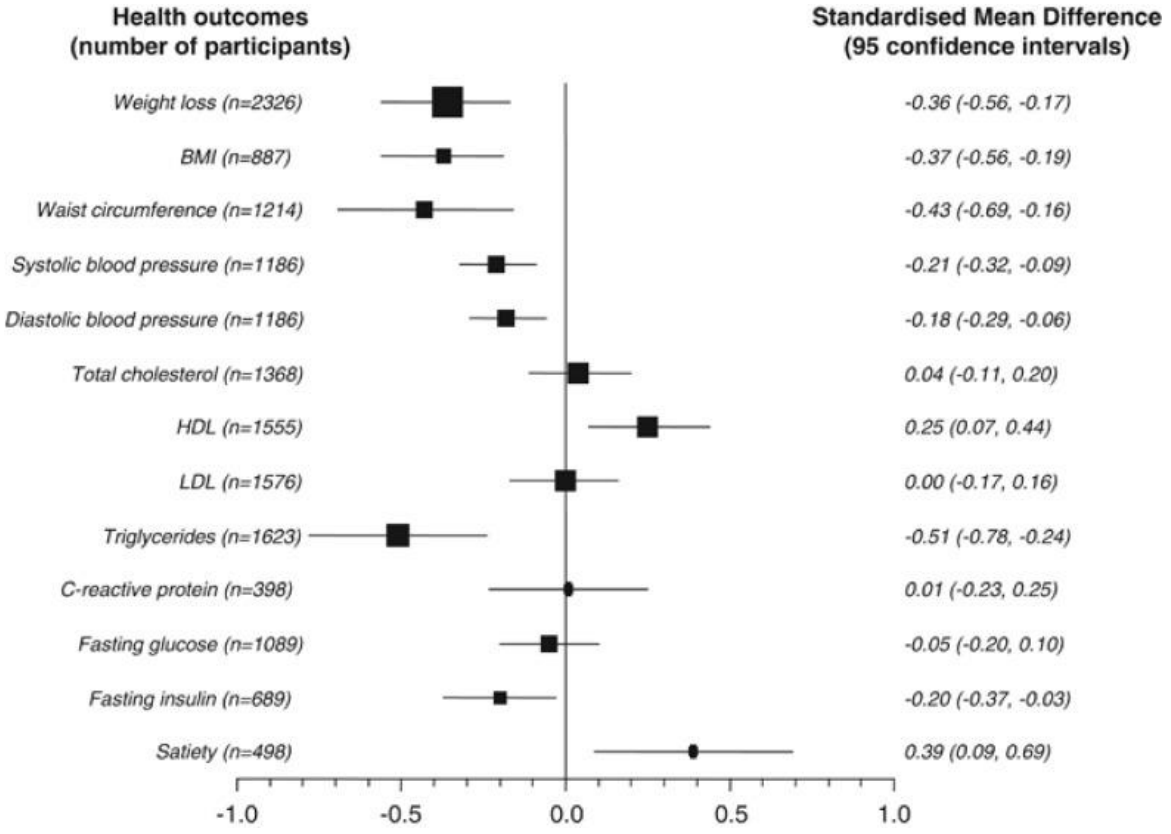
2.1. Κλινικές μελέτες που δείχνουν την επίδραση της δίαιτας υψηλής σε πρωτεΐνη στην απώλεια βάρους ενότητας

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από πρωτεΐνες, οι οποίες χρησιμεύουν επίσης ως πηγή ενέργειας και αποτελούν απαραίτητο θρεπτικό συστατικό για την αύξηση και την ανάπτυξη. Η ποσότητα πρωτεΐνης που πρέπει να καταναλώνουν οι ενήλικες καθημερινά για την πρόληψη της ανεπάρκειας πρωτεΐνης είναι 0,80 g/kg σωματικού βάρους, που ισοδυναμεί με 48–56 g και αντιπροσωπεύει το 10%–15% της ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης (Fulgoni et al., 2008). Μέχρι σήμερα, σε πολλές κλινικές δοκιμές έχει ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της κατανάλωσης πρωτεΐνης σε ποσότητες υψηλότερες από τη συνιστώμενη διατροφική δόση στον έλεγχο του σωματικού βάρους.

Οι Wycherley et al. (2012) πραγματοποίησαν μια μετα-ανάλυση 24 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών που συνέκριναν την ενεργειακά περιορισμένη, ισοθερμιδική, υψηλή σε πρωτεΐνες, χαμηλή σε λιπαρά δίαιτα ,με μια δίαιτα τυπικής περιεκτικότητας πρωτεϊνών και χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά. Η διαφορά στην πρόσληψη πρωτεΐνης μεταξύ των ομάδων υψηλής και τυπικής περιεκτικότητας πρωτεϊνών ήταν μικρότερη από 1.250 kJ/ημέρα, με τα άτομα στην ομάδα δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη να καταναλώνουν 1,07-1,60 g πρωτεΐνης/kg σωματικού βάρους/ημέρα (27%-35% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης που καταναλώνεται ως πρωτεΐνη) και τα άτομα στην άλλη ομάδα να καταναλώνουν 0,55-0,88 g/kg σωματικού βάρους/ημέρα (16%-21% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης που καταναλώνεται ως πρωτεΐνη). Τα δεδομένα αφορούσαν συνολικά 1.063 άτομα και η μέση διάρκεια της δίαιτας ήταν 12,1±9,3

εβδομάδες. Τα άτομα στην ομάδα που ακολούθησε δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη παρουσίασαν σημαντική μείωση στο σωματικό βάρος (-0,79 kg, 95% διάστημα εμπιστοσύνης [CI], -1,50 έως -0,08 kg), στη μάζα λίπους (-0,87 kg, 95% CI, -1,26 έως -0,48 kg), και τα τριγλυκερίδια του αίματος (-20,3 mg/dL, 95% CI, -29,2 έως -10,6 mg/dL), καθώς και σημαντική αύξηση της άλιπης μάζας (0,43 kg, 95% CI, 0,09–0,78 kg) και της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας (595,5 kJ/ημέρα, 95% CI, 67,0– 1,124,1 kJ/ημέρα) (Wycherley et al., 2012).

Οι Santesso et al. (2012) διεξήγαγαν μια μετα-ανάλυση 74 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών με διαφορά μικρότερη από 5% στην πρόσληψη θερμίδων μεταξύ των δύο ομάδων μελέτης, ανεξάρτητα από τον ενεργειακό περιορισμό. Σε σύγκριση με τα άτομα στην ομάδα δίαιτας με τυπική περιεκτικότητα πρωτεΐνης που κατανάλωναν πρωτεΐνη ως 5%-23% της ημερήσιας συνολικής τους ενέργειας, τα άτομα στην ομάδα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη που κατανάλωναν πρωτεΐνη ως 16%-45% της ημερήσιας συνολικής ενέργειας εμφάνισαν σημαντική μείωση στο σωματικό βάρος (-0,36 kg, 95% CI, –0,56 έως –0,17 kg), τον ΔΜΣ (–0,37 kg/m^2, 95% CI, –0,56 έως 0,19 kg/m^2), την περίμετρο μέσης (–0,43 cm, 95% CI, –0,69 έως –0,16 cm) και την αρτηριακή πίεση (συστολική: –0,21 mmHg, 95% CI, –0,32 έως –0,09 mmHg και διαστολική: –0,18 mmHg· 95% CI, –0,29 έως –0,06 mmHg), αλλά ο βαθμός βελτίωσης ήταν μικρός (Εικόνα 1) (Santesso et al., 2012).

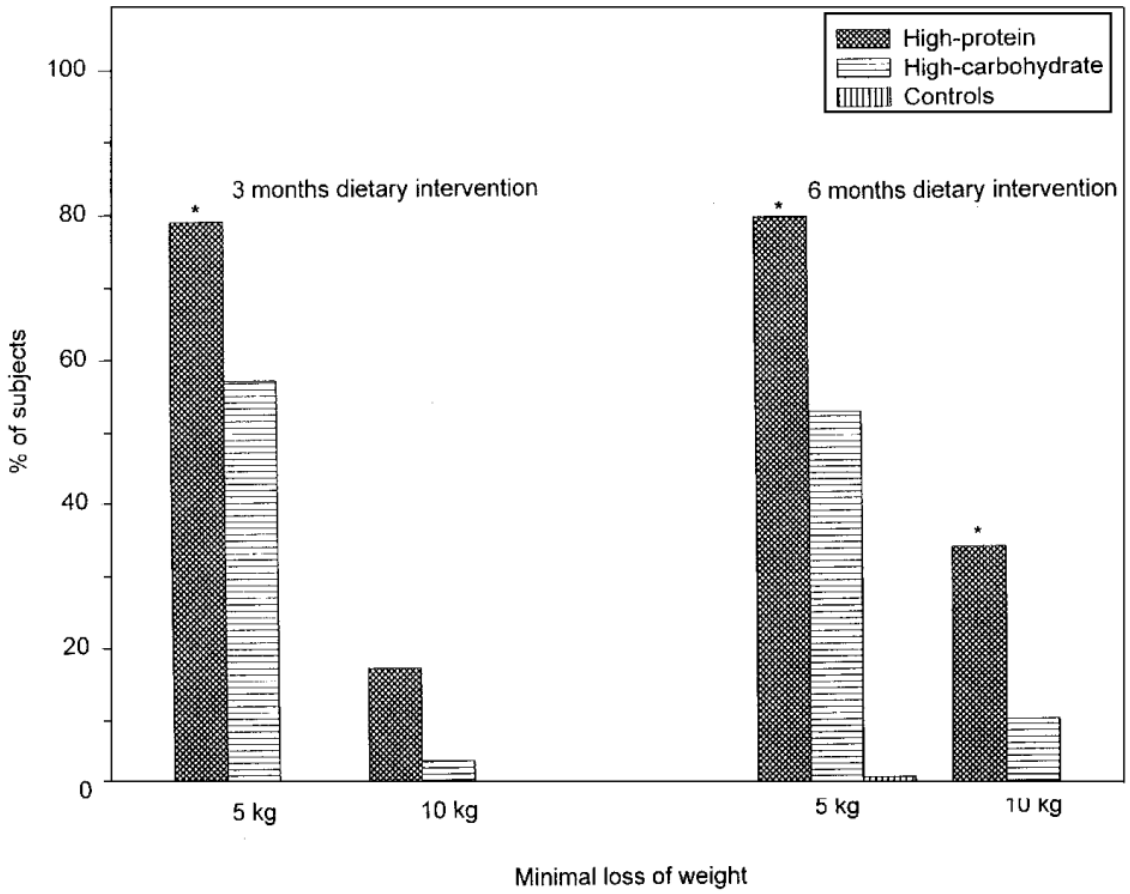


Σχήμα 2-1 Αποτελέσματα μετα-ανάλυσης της μελέτης των Santesso et al. (2012)

(Πηγή: Santesso et al., 2012)

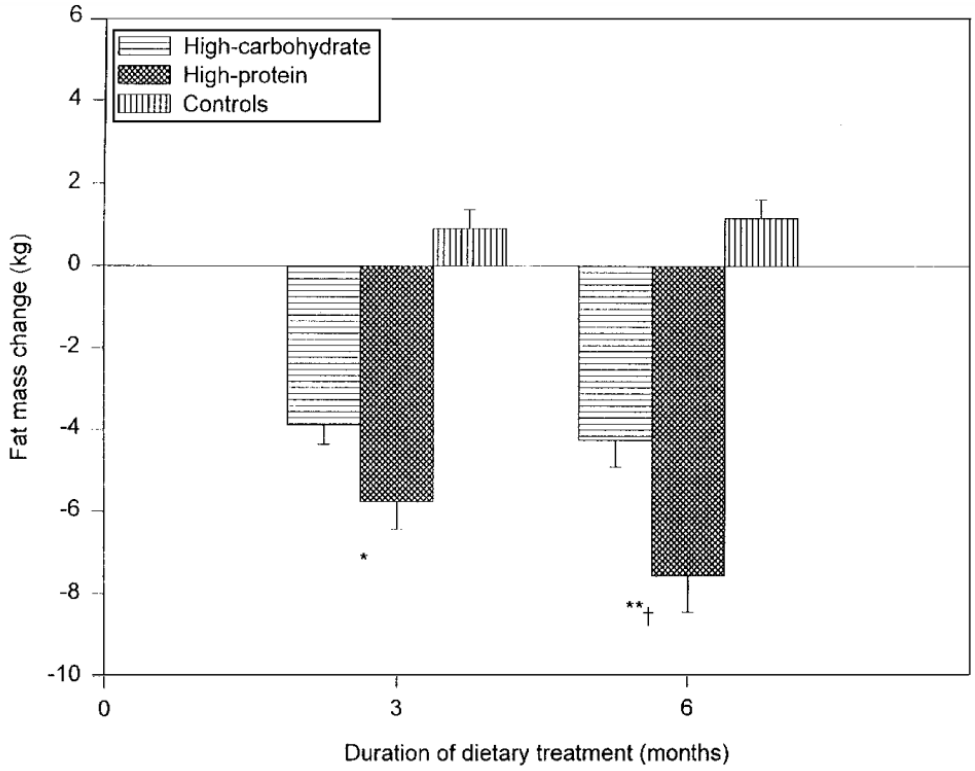
Η πλειονότητα των κλινικών μελετών που εξετάζουν τα αποτελέσματα της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες χρησιμοποίησαν ελεγχόμενες δίαιτες που παρείχαν οι ερευνητές. Ωστόσο, ορισμένες κλινικές δοκιμές, όπως αυτές των Skov et al. (1999) και των Weigle et al. (2005) χρησιμοποίησαν δίαιτες *ad libitum* (σίτιση κατά την οποία το άτομο τρέφεται χωρίς περιορισμούς). Οι Skov et al. (1999) τυχαιοποίησαν τους συμμετέχοντες σε μια εξάμηνη τυχαιοποιημένη δοκιμή διατροφικής παρέμβασης σε μία από τις τρεις ομάδες δίαιτας: δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (η πρωτεΐνη αποτελούσε το 25% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης, n=25), δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (η πρωτεΐνη που αποτελούσε το 12% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης, n=25) ή ομάδα ελέγχου (n=15), με την κατανάλωση λίπους να ορίζεται στο 30% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης. Αν και οι συμμετέχοντες ακολούθησαν μια δίαιτα κατά βούληση σε καθορισμένα εστιατόρια, τους δόθηκε η οδηγία να τηρούν αυστηρά την απαιτούμενη σύνθεση διατροφής. Το ποσοστό απόσυρσης ήταν αρκετά χαμηλό (10%) σε

σύγκριση με συγκρίσιμα πειράματα ελεγχόμενης σίτισης. Σε σύγκριση με εκείνους στην ομάδα δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες, οι συμμετέχοντες στην ομάδα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μείωσαν σημαντικά το σωματικό βάρος (-3,7 kg, 95% CI, -6,2 έως -1,3 kg) και τη μάζα λίπους (-3,3 kg, 95% CI , -5,5 έως -1,1 kg) μετά από 6 μήνες (Εικόνες 2 και 3) (Skov et al., 1999).



Σχήμα 2-2 Ποσοστό ατόμων που έχασαν >5 kg ή 10 kg σωματικού βάρους μετά από τρεις μήνες και έξι μήνες διατροφικής παρέμβασης

(Πηγή: Santesso et al., 2012)



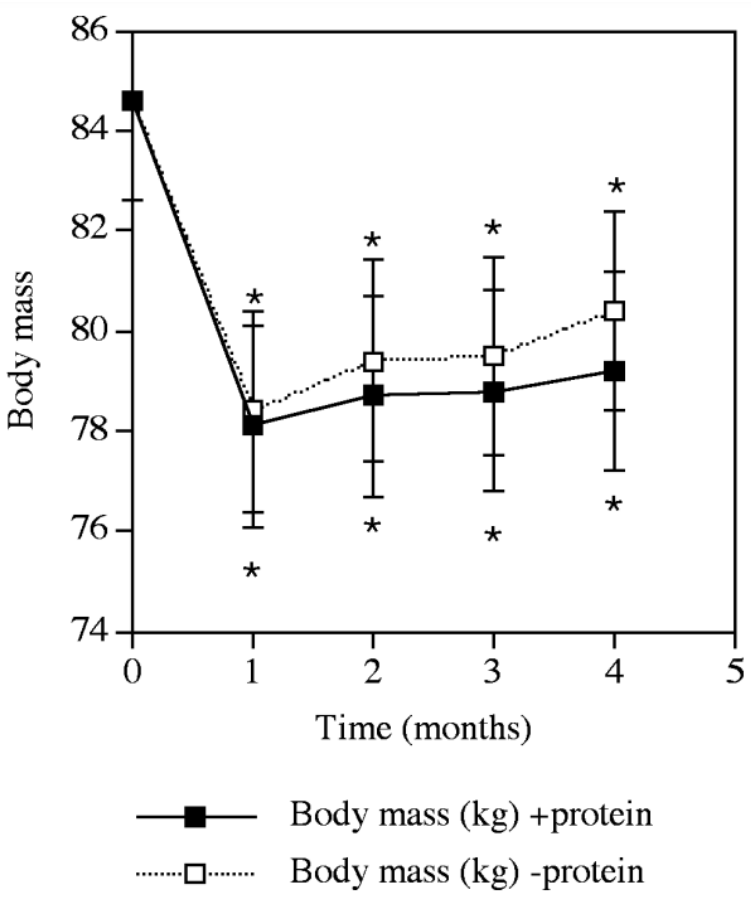
Σχήμα 2-3 Αλλαγές από την αρχική τιμή στη μάζα σωματικού λίπους σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα που τυχαιοποιήθηκαν σε δύο κατά βούληση δίαιτες μειωμένου λίπους, είτε με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες (πρωτεΐνη 12% της συνολικής ενέργειας, n=25) είτε με υψηλή πρωτεΐνη (πρωτεΐνη 25% της συνολικής ενέργεια, n=25) ή ομάδα ελέγχου (καμία παρέμβαση, n=15)

(Πηγή: Skov et al., 1999)

Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στη μελέτη των Weigle et al. (2005). Αυτή η μελέτη ήταν μια δοκιμή ενός σκέλους που περιλάμβανε μια δίαιτα διατήρησης βάρους (15% πρωτεΐνη, 35% λίπος και 50% υδατάνθρακες) για τις πρώτες 2 εβδομάδες, μια ισοθερμιδική δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες (30% πρωτεΐνη, 20% λίπος και 50% υδατάνθρακες) για τις επόμενες 2 εβδομάδες και κατά βούληση σίτιση με δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες (30% πρωτεΐνη, 20% λίπος και 50% υδατάνθρακες) για τις επόμενες 12 εβδομάδες. Μετά την δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, ο κορεσμός αυξήθηκε, ενώ το σωματικό βάτος (–4,9±0,5 kg) και η μάζα λίπους (–3,7±0,4 kg) μειώθηκαν σημαντικά (Weigle et al., 2005).

Ορισμένες έρευνες εξέτασαν πώς η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες επηρέασε την αύξηση βάρους μετά τη μείωση του βάρους. Σε 148 ήπια παχύσαρκους συμμετέχοντες,

οι Westerterp-Plantenga et al. (2004) χρησιμοποίησαν μια δίαιτα πολύ χαμηλής ενέργειας για 4 εβδομάδες για να προωθήσουν την απώλεια βάρους. Τα άτομα στη συνέχεια έλαβαν πρωτεΐνη σε ποσότητα 48,2 g/ημέρα για 3 μήνες. Τα άτομα στην ομάδα επιπλέον πρωτεϊνών έλαβαν το 18% της ημερήσιας συνολικής ενέργειας ως πρωτεΐνη, σε σύγκριση με το 15% για τους συμμετέχοντες στην ομάδα ελέγχου. Σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, οι συμμετέχοντες στην ομάδα πρωτεΐνης παρουσίασαν 50% χαμηλότερη αύξηση βάρους (Εικόνα 4). Η ανάκτηση βάρους αφορούσε την άλιπη μάζα στους συμμετέχοντες της ομάδας υψηλής κατανάλωσης πρωτεΐνης και τη λιπώδη μάζα στους συμμετέχοντες της ομάδας ελέγχου (Westerterp-Plantenga et al., 2004).



Σχήμα 2-4 Το σωματικό βάρος κατά τη διάρκεια απώλειας βάρους 1 μήνα και διατήρησης βάρους 3 μηνών, στην ομάδα με πρόσθετη πρωτεΐνη (n = 73) έναντι της ομάδας ελέγχου (n = 75), αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, σε σύγκριση με την αρχική τιμή

(Πηγή: Westerterp-Plantenga et al., 2004)

Οι Lejeune, Kovacs και Westerterp-Plantenga (2005) αναφέρουν αντίστοιχα ότι οι συμμετέχοντες που κατανάλωναν 30 g πρωτεΐνης καθημερινά για έξι μήνες είδαν μικρότερη αύξηση βάρους (0,8 έναντι 3,0 kg, P<0,05). Η πρόσληψη πρωτεΐνης έχει συνδεθεί με απώλεια βάρους και μείωση της μάζας λίπους σύμφωνα και με άλλες μελέτες, όπως αυτές των Clifton, Keogh και Noakes (2008) και Layman et al. (2009), οι οποίες εξέτασαν δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και υδατάνθρακες για εννέα και δώδεκα μήνες, αντίστοιχα.

Συμπερασματικά, πολυάριθμες κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση περισσότερων πρωτεϊνών από ό,τι συνιστάται (τουλάχιστον 18%) βελτιώνει τη σύνθεση του σώματος και προκαλεί απώλεια βάρους, ανεξάρτητα από τη συνολική ενεργειακή πρόσληψη. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη έχει μακροχρόνιες επιπτώσεις στην απώλεια βάρους και μπορεί να αποτρέψει την αύξηση βάρους μετά την αρχική απώλεια βάρους.

2.2. Μηχανισμοί μέσω των οποίων η δίαιτα υψηλή σε πρωτεΐνη συμβάλλει στην απώλεια βάρους

Εκτός από τη μείωση του σωματικού βάρους αυξάνοντας τον κορεσμό και τη δαπάνη ενέργειας, η διατροφική πρωτεΐνη ενισχύει επίσης τη σύνθεση του σώματος αυξάνοντας την άλιπη μάζα. Ο αυξημένος κορεσμός από την πρόσληψη πρωτεΐνης σχετίζεται με αύξηση της συγκέντρωσης αμινοξέων στο αίμα, ορμονών που αναστέλλουν την πείνα, θερμογένεσης που προκαλείται από τη διατροφή και επιπέδων κετόνης στο σώμα (Drummen et al., 2018). Οι δίαιτες με χαμηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ενθαρρύνουν ένα θετικό ενεργειακό ισοζύγιο, ενώ η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας προκαλεί αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο - μια κατάσταση κατά την οποία δαπανάται περισσότερη ενέργεια από ό, τι καταναλώνεται (Drummen et al., 2018).

<u>Δαπάνη ενέργειας</u>

Οι τρεις συνιστώσες της ημερήσιας ενεργειακής δαπάνης είναι: (1) η ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας, (2) η ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται από τη διατροφή και (3) η ενεργειακή

δαπάνη που προκαλείται από τη δραστηριότητα. Η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη αυξάνει τις ενεργειακές δαπάνες αυξάνοντας τη θερμογένεση που προκαλείται από τη διατροφή και τον μεταβολισμό σε ηρεμία. Η ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται από τη διατροφή είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ενέργεια που απαιτείται για την αποθήκευση της διατροφής, τις πρώιμες φάσεις του μεταβολισμού των θρεπτικών ουσιών και την εντερική απορρόφηση θρεπτικών συστατικών. Οι δύο κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται από τη διατροφή είναι οι συνολικές θερμίδες και η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μιας δίαιτας. Με άλλα λόγια, η ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται από τη διατροφή αυξάνεται καθώς αυξάνεται η ποσότητα των θερμίδων και της πρωτεΐνης. Η ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται από τη διατροφή είναι συνήθως 5%-10% της συνολικής πρόσληψης θερμίδων για τους υδατάνθρακες, 20%-30% για πρωτεΐνες και 0%-3% για λίπος (Tappy, 1996).

Η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη συμβάλλει επίσης στην απώλεια βάρους αποτρέποντας τη μείωση της ενεργειακής δαπάνης ηρεμίας. Σε μια μετα-ανάλυση 24 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών, οι Wycherley et al. (2012) ανακάλυψαν ότι ενώ η ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας είχε μειωθεί τόσο σε αυτούς που κατανάλωναν δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (1.25±17 g πρωτεΐνη/kg σωματικού βάρους/ημέρα) όσο και σε αυτούς που κατανάλωναν φυσιολογική ποσότητα πρωτεϊνών (0,72±0.09 g πρωτεΐνη/kg σωματικού βάρους/ημέρα), ήταν υψηλότερη σε αυτούς που κατανάλωναν περισσότερη πρωτεΐνη (142 kcal/ημέρα, 95% CI, 16-269 kcal/ημέρα). Η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη είναι γνωστό ότι διατηρεί την ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας αποτρέποντας την απώλεια άλιπης μάζας (Wycherley et al., 2012).

Αφού η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται από τη διατροφή, αυξάνεται και ο κορεσμός. Η μεγαλύτερη ζήτηση οξυγόνου που απαιτείται για την επεξεργασία της πρωτεΐνης που καταναλώνεται αυξάνει το αίσθημα ικανοποίησης (Westerterp-Plantenga et al., 1999). Σύμφωνα με αυτήν την αρχή, τα άτομα που ζουν σε μεγάλα υψόμετρα, όπου υπάρχει λιγότερη πίεση οξυγόνου, τείνουν να ζυγίζουν λιγότερο ως αποτέλεσμα της μειωμένης διατροφικής τους πρόσληψης (Lippl et al., 2010).

Γενικά, η διατροφική πρωτεΐνη αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη επειδή έχει σημαντικά υψηλότερη ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται από τη διατροφή ,σε συγκριση με το λίπος και τους υδατάνθρακες, και διατηρεί την ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας, αποτρέποντας την

απώλεια άλιπης μάζας. Επιπλέον, η υψηλότερη ενεργειακή δαπάνη που προκαλείται από τη διατροφή αυξάνει τον κορεσμό, το οποίο βοηθά επιπλέον στην απώλεια βάρους.

Ορμόνες πείνας

Οι Holt et al. (1995) ήταν οι πρώτοι που απέδειξαν ότι η διατροφική πρωτεΐνη ενισχύει τον κορεσμό. Στη μελέτη τους, βαθμολόγησαν 38 είδη διατροφής για κορεσμό και διαπίστωσαν ότι τα τρόφιμα πλούσια σε πρωτεΐνη έλαβαν τις υψηλότερες βαθμολογίες, ακολουθούμενα από τα τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και λίπος. Δήλωσαν επίσης ότι η περιεκτικότητα σε λίπος ήταν αντιστρόφως συνδεδεμένη με τη βαθμολογία του δείκτη κορεσμού, ενώ η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σχετίζεται άμεσα με τη βαθμολογία του δείκτη κορεσμού (Holt et al., 1995).

Η αύξηση των ανορεξιγονικών ορμονών GLP-1, χολοκυστοκινίνης και PYY είναι μία από τις βασικές διαδικασίες με τις οποίες η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες προκαλεί κορεσμό (Belza et al., 2013; Diepvens, Häberer and Westerterp-Plantenga, 2008). Οι πρωτεΐνες που ενεργοποιούν το πνευμονογαστρικό νεύρο διεγείρουν επίσης την απελευθέρωση των GLP-1, χολοκυστοκινίνης και PYY, η οποία οδηγεί σε μείωση της όρεξης (Davidenko et al., 2013). Τα εντεροενδοκρινικά κύτταρα που εκκρίνουν αυτές τις ανορεξιγόνες ορμόνες βρίσκονται στον αυλό του εντέρου. Αυτά τα κύτταρα αναγνωρίζουν τα θρεπτικά συστατικά στον πεπτικό σωλήνα και απελευθερώνουν τις ορμόνες GLP-1, PYY και χολοκυστοκινίνη, οι οποίες αυξάνουν τον κορεσμό και μειώνουν την πρόσληψη τροφής (Koh, 2014; Tan & Bloom, 2013). Σε πολυάριθμες κλινικές μελέτες που συνέκριναν τις επιδράσεις της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και κανονικής περιεκτικότητας σε δείκτες κορεσμού και ρύθμισης της όρεξης, ανακαλύφθηκε ότι η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη αύξησε τα επίπεδα των PYY, GLP-1 και χολοκυστοκινίνης στο πλάσμα, καθώς και τις αισθήσεις πληρότητας και πείνας (Halton & Hu, 2004; van der Klaauw et al., 2013).

Η ορεξιογόνος ορμόνη γκρελίνη κάνει τους ανθρώπους να αισθάνονται πιο πεινασμένοι, ενώ η κατανάλωση πρωτεΐνης μειώνει τη συγκέντρωσή της στο πλάσμα (Wren et al., 2001). Οι Bowen et al. (2006a; 2006b) διαπίστωσαν ότι τα υγρά συμπληρώματα που περιέχουν πρωτεΐνη αντί γλυκόζης καταστέλλουν σημαντικά την απελευθέρωση γκρελίνης.

Συμπερασματικά, η κατανάλωση πρωτεΐνης αυξάνει τα επίπεδα GLP-1, χολοκυστοκινίνης και PYY, τα οποία απελευθερώνονται στο έντερο και μειώνουν την πείνα, ενώ μειώνουν τα επίπεδα της γκρελίνης, η οποία διεγείρει την πείνα. Τέτοιες τροποποιήσεις στην απελευθέρωση των ορμονών κορεσμού είναι ένα κρίσιμο συστατικό της απώλειας βάρους που προκαλείται από την δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη.

Αμινοστατική θεωρία

Η αμινοστατική θεωρία, που παρουσιάστηκε αρχικά το 1956, υποστηρίζει ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις αμινοξέων στο πλάσμα αυξάνουν τον κορεσμό και, αντίθετα, η μείωση της συγκέντρωσης αμινοξέων στο πλάσμα προκαλεί πείνα (Mellinkoff et al., 1956). Αυτή η θεωρία προτείνει ότι η περίσσεια αμινοξέων που δεν απαιτείται για τη σύνθεση πρωτεϊνών στο σώμα αυξάνει τη σηματοδότηση κορεσμού στον εγκέφαλο. Σύμφωνα με πολυάριθμες μελέτες, σε σύγκριση με δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά ή υδατάνθρακες, οι δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη αύξησαν σημαντικά τη συγκέντρωση αμινοξέων στο πλάσμα (Veldhorst et al., 2009) και τον κορεσμό (Westerterp-Plantenga et al., 1999; Poppitt, McCormack & Buffenstein, 1998). Επειδή τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε ότι η αυξημένη συγκέντρωση αμινοξέων στο πλάσμα μετά την πρόσληψη πρωτεΐνης δεν συνδέεται σταθερά με την πείνα και επειδή τα επίπεδα αμινοξέων πλάσματος νηστείας δεν σχετίζονται με την όρεξη, η αμινοστατική θεωρία έχει χάσει την αξιοπιστία της (Niijima, Torii & Uneyama, 2005). Η αμινοστατική υπόθεση μπορεί να εξηγηθεί από μελλοντική έρευνα που εξετάζει ρητά τον ομοιοστατικό μηχανισμό που συνδέει τα περιφερειακά όργανα με το κεντρικό νευρικό σύστημα.

Γλυκονεογένεση

Ένας άλλος μηχανισμός απώλειας βάρους που προκαλείται από τη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη είναι οι αυξήσεις στη γλυκονεογένεση που προκαλείται από τη διατροφική πρωτεΐνη. Με τη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, τα αμινοξέα που παραμένουν μετά την πρωτεϊνική σύνθεση εμπλέκονται σε μια εναλλακτική οδό γνωστή ως γλυκονεογένεση (Jungas, Halperin & Brosnan, 1992). Η φωσφοενολοπυρουβική καρβοξυκινάση, ένα ένζυμο που ξεκινά τη γλυκονεογένεση, και η γλυκόζη-6-φωσφατάση,

ένα ένζυμο που εμπλέκεται στα τελευταία στάδια της γλυκονεογένεσης, παρουσιάζουν και τα δύο υψηλότερη έκφραση ως απόκριση στη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Ως αποτέλεσμα, η υψηλότερη ενεργειακή απαίτηση για τη γλυκονεογένεση αυξάνει την ενεργειακή δαπάνη, η οποία βοηθά στην απώλεια βάρους (Azzout-Marniche et al., 2007). Επιπλέον, είναι γνωστό ότι η γλυκονεογένεση, η οποία οδηγεί σε αύξηση της γλυκόζης, και η επακόλουθη αύξηση στην παραγωγή ηπατικού γλυκογόνου ως αποτέλεσμα του υψηλότερου επιπέδου γλυκόζης, ενισχύουν την αίσθηση πληρότητας στον εγκέφαλο (Azzout-Marniche et al., 2007; McCarty, 1994).

Κετογένεση

Οι δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και χαμηλούς υδατάνθρακες αυξάνουν τη συγκέντρωση νηστείας του β-υδροξυβουτυρικού στο αίμα σε σύγκριση με μια συμβατική δίαιτα. Είναι ευρέως γνωστό ότι μια αύξηση της συγκέντρωσης β-υδροξυβουτυρικού προκαλεί αύξηση του κορεσμού (Veldhorst et al., 2009). Σύμφωνα με τους Veldhorst, Westerterp και Westerterp-Plantenga (2012), αν και η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη χωρίς υδατάνθρακες ενίσχυσε τη γλυκονεογένεση, η διαδικασία δεν αύξησε την όρεξη. Αντίθετα, υπέθεσαν ότι το αυξημένο επίπεδο υδροξυβουτυρικού προκάλεσε πληρότητα. Από την άλλη πλευρά, ορισμένοι υποστηρίζουν ότι η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη απλώς αποτρέπει την αύξηση της όρεξης αντί να την καταστέλλει. Με άλλα λόγια, παρόλο που η συνολική ενεργειακή πρόσληψη ήταν χαμηλή, η περιορισμένη σε ενέργεια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και η τυπική ενεργειακή δίαιτα μέσης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνης έχουν ως αποτέλεσμα το ίδιο επίπεδο όρεξης, αλλά η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη βοηθά στη μείωση του βάρους αποτρέποντας την υπερβολική πρόσληψη τροφής στο επόμενο γεύμα ακόμα κι αν η συνολική ενεργειακή πρόσληψη ήταν χαμηλή (Martens et al., 2014; 2013).

2.3. Αρνητικές επιπτώσεις της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη

Αν και η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη έχει πολλά αποδεδειγμένα πλεονεκτήματα, υπάρχουν ανησυχίες ότι θα μπορούσε να έχει βλαβερές επιπτώσεις στα οστά και τα νεφρά. Αυξάνοντας το όξινο φορτίο του σώματος, εικάζεται εδώ και καιρό ότι η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ενισχύει την απορρόφηση των οστών, τα οποία χρησιμεύουν ως ρυθμιστικά διαλύματα (Calvez et al., 2012), και ορισμένοι ερευνητές έχουν προτείνει ότι η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη αυξάνει τον κίνδυνο κατάγματος οστών και οστεοπόρωσης επιταχύνοντας την οστική απορρόφηση και την απέκκριση ασβεστίου στα ούρα (Heaney & Layman, 2008). Ωστόσο, μια μετα-ανάλυση 74 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών διαπίστωσε ότι όσον αφορά την οστική πυκνότητα της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης και του ισχίου, τα άτομα στην ομάδα δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (16%-45% της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης ως πρωτεΐνη) δεν διέφεραν σημαντικά από αυτά στην ομάδα δίαιτας χαμηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες (5%-23% της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης ως πρωτεΐνη) (Santesso et al., 2012).

Επιπλέον, η έλλειψη πρωτεΐνης συνήθως θεωρείται ως διατροφική ανεπάρκεια. Έχει αναφερθεί συγκεκριμένα ως παράγοντας που επηρεάζει την εμφάνιση της οστεοπόρωσης σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας (Bonjour, Schurch & Rizzoli, 1996). Σύμφωνα με τους Hannan et al. (2000), η μελέτη τους Framingham Osteoporosis, η οποία εξέτασε προοπτικά 615 ηλικιωμένους κατά τη διάρκεια τεσσάρων ετών, βρήκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ της πρόσληψης πρωτεΐνης και της απώλειας οστικής μάζας.

Επιπλέον, υπήρξαν ανησυχίες ότι η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη μπορεί να επιδεινώσει τη νεφρική λειτουργία αυξάνοντας τον ρυθμό σπειραματικής διήθησης (glomerular filtration rate, GFR) και προκαλώντας νεφρική υπερτροφία. Ωστόσο, οι Friedman et al. (2012) εξέτασαν την ασφάλεια της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη σε 307 παχύσαρκους ενήλικες με φυσιολογική νεφρική λειτουργία για μια περίοδο δύο ετών (24 μήνες) και δεν βρήκαν στοιχεία επιδείνωσης της νεφρικής λειτουργίας όσον αφορά αρκετούς δείκτες όπως η GFR και η λευκωματουρία. Ωστόσο, βρήκαν αυξημένα επίπεδα ασβεστίου στα ούρα, χωρίς αλλαγή ούτε στην ουρολιθίαση ούτε στην οστική πυκνότητα, υποδεικνύοντας την ανάγκη για περισσότερη έρευνα. Οι Knight et al. (2003) ανέφεραν επίσης καμία συσχέτιση της υψηλής πρόσληψης πρωτεϊνών με την αλλαγή στο GFR στην προοπτική μελέτη υγείας των νοσηλευτών, στην οποία συμμετείχαν 1.624

γυναίκες. Συγκεκριμένα, διαπίστωσαν ότι όταν η πρόσληψη πρωτεΐνης αυξήθηκε κατά 10 g, ο GFR σε άτομα με ήπια νεφρική ανεπάρκεια (GFR 55-80 mL/min/ 1,73 m^2) μειώθηκε κατά 1,69 mL/min ανά 1,73 m^2.

Η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, γενικά, δεν προκαλεί μείωση της οστικής πυκνότητας. Από την άλλη πλευρά, τα ηλικιωμένα άτομα που είναι επιρρεπή σε διατροφικές ελλείψεις μπορούν να αποτρέψουν την απώλεια οστικής μάζας με μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Αν και η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη δεν έχει καμία επίδραση στη νεφρική λειτουργία σε υγιή άτομα, μπορεί να έχει αρνητικό αντίκτυπο στη νεφρική λειτουργία σε άτομα με νεφρική νόσο. Η βέλτιστη πρόσληψη πρωτεϊνών δεν έχει προφανές μέγιστο όριο, αλλά ο Millward (2012) ανέφερε στη μελέτη του για την ενεργειακά περιορισμένη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ότι έως και 1,66 g/kg σωματικό βάρος/ημέρα δεν είναι επιβλαβή για την υγεία. Σε μελέτες για δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με ουδέτερο ή θετικό ενεργειακό ισοζύγιο, οι Martens et al. (2014) και Bray et al. (2012) διαπίστωσαν ότι η κατανάλωση πρωτεΐνης ως 25%-30% της συνολικής ημερήσιας πρόσληψης θερμίδων για 10-12 εβδομάδες δεν είχε αρνητικές συνέπειες. Ωστόσο, για να βρεθεί ένα ασφαλές ανώτερο όριο στη δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, απαιτούνται πρόσθετες μακροχρόνιες κλινικές δοκιμές.

3. Άσκηση με αντιστάσεις για την απώλεια βάρους

3.1. Ο ρόλος της άσκησης στην απώλεια βάρους

Οι ερευνητές έχουν προτείνει ότι η άσκηση είναι ένα σημαντικό μέτρο του τρόπου ζωής για τη διατήρηση ενός υγιούς βάρους. Ένας από τους τρόπους μείωσης του σωματικού βάρους είναι η μείωση του λιπώδους ιστού, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη μείωση της πιθανότητας εμφάνισης καρδιο-μεταβολικών συννοσηροτήτων. Υπάρχουν δύο μέθοδοι που μπορούν να μειώσουν αποτελεσματικά τον λιπώδη ιστό και περιλαμβάνουν τη διατροφική τροποποίηση και την τροποποίηση της ενεργειακής δαπάνης (δηλαδή άσκηση). Έτσι, η αύξηση της ενεργειακής δαπάνης μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του υπερβολικού λιπώδους ιστού και της παχυσαρκίας. Οι τρέχουσες κατευθυντήριες γραμμές που εκδίδονται από το Αμερικανικό Κολλέγιο Αθλητιατρικής περιλαμβάνουν είτε αερόβια είτε αναερόβια άσκηση. Η αερόβια άσκηση (δηλαδή τρέξιμο, ποδηλασία, κωπηλασία κ.λπ.) είναι μια άσκηση που εξαντλεί το οξυγόνο στους μύες, αλλά η κατανάλωση οξυγόνου είναι επαρκής για να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις που έχουν οι μύες και δεν χρειάζεται να αντλεί ενέργεια από άλλη πηγή (Bateman et al., 2011). Από την άλλη πλευρά, η αναερόβια άσκηση (ή η άσκηση με αντιστάσεις, δηλαδή η άρση βαρών) είναι κατανάλωση οξυγόνου που δεν επαρκεί για να καλύψει τις ενεργειακές απαιτήσεις που έχουν οι μύες και οι μύες πρέπει να διασπούν άλλες πηγές ενέργειας, όπως τα σάκχαρα, για να παράγουν ενέργεια και γαλακτικό οξύ (Bateman et al., 2011). Η σωματική δραστηριότητα, περιλαμβάνεται στην άσκηση, αν και δεν περιλαμβάνει απαραίτητα δομημένα σχέδια/συνεδρίες άσκησης.

Η μέτρηση της άσκησης πραγματοποιείται σε «μεταβολικά ισοδύναμα καθήκοντα», τα οποία ισοδυναμούν κατά προσέγγιση με την προσπάθεια και την ενεργειακή δαπάνη που χρειάζεται για ένα άτομο όταν βρίσκεται σε ηρεμία. Η σωματική δραστηριότητα συχνά ενσωματώνεται σε διάφορες παρεμβάσεις στον τρόπο ζωής, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για τακτική σωματική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η σωματική δραστηριότητα στον γενικό τρόπο ζωής περιλαμβάνει τον καθορισμό στόχων, την επίλυση προβλημάτων, τη σωματική δραστηριότητα στον ελεύθερο χρόνο και τη δραστηριότητα

που χρησιμοποιείται για τις μετακινήσεις. Τα αποτελέσματα ενδιαφέροντος περιλαμβάνουν την καρδιοαναπνευστική ικανότητα, τη σύσταση σώματος και τη μυϊκή ικανότητα. Πρόσφατα, πολλή βιβλιογραφία έχει δείξει τα θετικά αποτελέσματα της άσκησης όχι μόνο στη σωματική υγεία αλλά και στη γνωστική και συναισθηματική ευεξία σε άτομα όλων των ηλικιών (Bechara & Kelly, 2013).

3.1.1. Επίδραση της αερόβιας άσκησης

Καρδιαγγειακά οφέλη

Οι πολλές ωφέλιμες φυσιολογικές αποκρίσεις στην αερόβια άσκηση περιλαμβάνουν μείωση του καρδιακού ρυθμού και της αρτηριακής πίεσης σε ηρεμία καθώς και μείωση του καρδιακού ρυθμού και της αρτηριακής πίεσης κατά τη διάρκεια της υπομέγιστης εργασίας. Ο όγκος του εγκεφαλικού επεισοδίου και η καρδιακή παροχή αυξάνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης. Επιπλέον, η αερόβια άσκηση έχει εντυπωσιακά ευεργετική επίδραση στα επίπεδα χοληστερόλης (Nystoriak & Bhatnagar, 2018).

Έλεγχος βάρους

Κάθε μίλι περπάτημα ή τρέξιμο καίει περίπου 100 θερμίδες. Μερικοί ασθενείς αποθαρρύνονται στη σκέψη ότι πρέπει να περπατήσουν ή να τρέξουν 35 μίλια για να κάψουν 1 κιλό λίπους. Ωστόσο, ένα μέτριο πρόγραμμα περπατήματος ή τρεξίματος 3 μιλίων τρεις φορές την εβδομάδα θα κάψει 46.800 θερμίδες σε ένα χρόνο, με αποτέλεσμα μια πιθανή απώλεια βάρους άνω των 13 κιλών (Donnelly et al., 2013).

Υπάρχουν στοιχεία ότι η μείωση του σωματικού λίπους επιτυγχάνεται και διατηρείται πιο εύκολα όταν η άσκηση αποτελεί μέρος ενός προγράμματος απώλειας βάρους. Ένα από τα προβλήματα αντιμετώπισης της παχυσαρκίας με δίαιτες πολύ χαμηλών θερμίδων είναι ότι ο μεταβολικός ρυθμός ηρεμίας μειώνεται όταν ο αριθμός των θερμίδων που καταναλώνονται μειώνεται πολύ. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι αυτή η πτώση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας αντιστρέφεται από την καθημερινή άσκηση (Donnelly et al., 2013).

Ο κίνδυνος στεφανιαίας νόσου αυξάνεται με το επίπεδο της παχυσαρκίας. Η απώλεια βάρους που προκαλείται από την άσκηση μπορεί να είναι υπεύθυνη για ορισμένα από τα καρδιαγγειακά οφέλη της αερόβιας άσκησης. Όπως αναφέρθηκε ήδη, η απώλεια βάρους μέσω μέτριας δίαιτας ή άσκησης είναι εν μέρει υπεύθυνη για τα αυξημένα επίπεδα HDL χοληστερόλης που παρατηρούνται στους ασκούμενους (Donnelly et al., 2013).

Υπάρχουν ενδείξεις ότι η κατανομή του λίπους έχει σημαντική επίδραση στη θνησιμότητα και τη στεφανιαία νόσο. Έχει βρεθεί μια σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της παχυσαρκίας των αντρών (στην οποία το λίπος αποθηκεύεται πάνω από τη μέση, στον αυχένα, στους ώμους και στην κοιλιά) και της συχνότητας εμφράγματος του μυοκαρδίου, στηθάγχης, εγκεφαλικού επεισοδίου και θανάτου. Η αερόβια άσκηση έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στη μείωση του επικίνδυνου κοιλιακού λίπους που σχετίζεται με αυτή την ανδρική παχυσαρκία (Donnelly et al., 2013).

Ψυχολογικά οφέλη

Οι περισσότεροι άνθρωποι ξεκινούν ένα πρόγραμμα τακτικής αερόβιας άσκησης για να μειώσουν τον κίνδυνο στεφανιαίας νόσου ή για να βοηθήσουν στην απώλεια βάρους. Αλλά πολλοί από αυτούς τους ίδιους ανθρώπους συνεχίζουν με ένα πρόγραμμα άσκησης λόγω των θετικών ψυχικών πλεονεκτημάτων του: μείωση του άγχους και της κατάθλιψης, ρύθμιση των επιπέδων στρες, ακόμη και αλλαγές προσωπικότητας που χαρακτηρίζονται από μια πιο θετική άποψη για τη ζωή (Gilani & Feizabad, 2019).

Μελέτες έχουν δείξει ότι τα άτομα που ασκούνται παρουσιάζουν λιγότερο άγχος, ένταση, κατάθλιψη και κόπωση και περισσότερο σθένος από τα άτομα που ακολουθούν καθιστικό τρόπο ζωής. Το τρέξιμο έχει βρεθεί ότι είναι εξίσου αποτελεσματικό στη θεραπεία της μέτριας κατάθλιψης ακόμα και την ψυχοθεραπεία. Ένας τρόπος με τον οποίο η άσκηση μπορεί να βοηθήσει στην ανακούφιση του άγχους και της κατάθλιψης είναι η αύξηση των επιπέδων των ενδογενών οπιοειδών πεπτιδίων (ενδορφίνες) στο πλάσμα (Gilani & Feizabad, 2019).

Η αερόβια άσκηση είναι επίσης σημαντικά ωφέλιμη για τη μείωση του στρες, συμβάλλοντας έτσι σε μια πιο υγιεινή ζωή. Άτομα που κάνουν αερόβια άσκηση έχουν μειωμένη απόκριση στο ψυχοκοινωνικό στρες σε σύγκριση με άτομα που δεν γυμνάζονται.

Οι ακριβείς μηχανισμοί αυτής της μείωσης του στρες δεν έχουν διευκρινιστεί, αλλά μπορεί η αερόβια άσκηση να προκαλεί μείωση των συμπαθητικών καρδιαγγειακών αποκρίσεων στο ψυχοκοινωνικό στρες (Gilani & Feizabad, 2019).

Άλλα οφέλη

Εν μέρει λόγω των ψυχολογικών της πλεονεκτημάτων, η τακτική αερόβια άσκηση είναι ένα πολύτιμο συμπλήρωμα στη συμβουλή του γιατρού για διακοπή του καπνίσματος. Αυτή η ευεργετική επίδραση πιθανώς προκύπτει από έναν συνδυασμό των ακόλουθων παραγόντων: βελτιωμένη εικόνα του εαυτού, ανακούφιση από το στρες και την κατάθλιψη, την απόρριψη μιας αρνητικής δραστηριότητας προς όφελος μιας συνολικής πιο υγιεινής προσέγγισης στη ζωή και την ασυμβατότητα του καπνίσματος με την επιθυμία επίτευξης μέγιστου χρόνου (Gilani & Feizabad, 2019).

Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι η άσκηση μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της οστεοπόρωσης. Το 1984 το National Institutes of Health Consensus Development Panel συνέστησε ένα πρόγραμμα «μέτριας άσκησης με βάρος» για πιθανή πρόληψη της οστεοπόρωσης. Μέχρι να υπάρξουν περισσότερα στοιχεία, πιθανότατα δεν θα ήταν συνετό να προτείνουμε αερόβια άσκηση αποκλειστικά για την πρόληψη της οστεοπόρωσης. Ωστόσο, η γνώση ότι αυτή η πρόληψη είναι ένα πιθανό όφελος μπορεί να αποτελέσει πρόσθετο κίνητρο για την έναρξη ενός προγράμματος άσκησης, ιδιαίτερα για γυναίκες μέσης ηλικίας (Benedetti et al., 2018).

Για πολλά χρόνια, η σωματική άσκηση θεωρείται ευεργετική για ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη. Αυτοί οι ασθενείς χρειάζονται ιδιαίτερα την προστασία έναντι της στεφανιαίας νόσου που παρέχει η άσκηση. Επιπλέον, η άσκηση αυξάνει τη χρήση της γλυκόζης και μειώνει τις απαιτήσεις σε ινσουλίνη. Φυσικά, αυτό σημαίνει ότι μπορεί να είναι απαραίτητη η πρόσληψη θερμίδων κατά τη διάρκεια της άσκησης ή η προσαρμογή του σχήματος ινσουλίνης για την παροχή λιγότερης δράσης ινσουλίνης κατά τη στιγμή της άσκησης. Οι ασθενείς πρέπει επίσης να προφυλάσσονται από καθυστερημένη υπογλυκαιμία, η οποία μπορεί να εμφανιστεί από 12 έως 24 ώρες μετά από έντονη άσκηση (Kirwan, Sacks & Nieuwoudt, 2017).

Πρόσθετα πιθανά οφέλη της αερόβιας άσκησης περιλαμβάνουν βελτίωση σε ορισμένες από τις μεταβολικές ανωμαλίες σε ασθενείς που υποβάλλονται σε αιμοκάθαρση, υψηλότερα ποσοστά αποχής στους αλκοολικούς, και μεγαλύτερη κινητική ικανότητα σε άτομα με νοητική καθυστέρηση (Mersy, 1991).

Πιθανές αρνητικές επιδράσεις

Τα προγράμματα αερόβιας άσκησης μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς, ιδιαίτερα εάν δεν δίνεται προσοχή. Για άτομα που ξεκινούν πρόγραμμα τρεξίματος ή περπατήματος, τα σωστά παπούτσια είναι υψίστης σημασίας και μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη διαστρέμματος της κνήμης, της χονδρομαλακίας, του μυϊκού πόνου, της καταπόνησης των οπίσθιων μηριαίων και του πόνου στη μέση, που είναι οι τραυματισμοί που είναι πιο πιθανό να εμφανιστούν στο τρέξιμο. Οι τραυματισμοί μπορεί να ελαχιστοποιηθούν με τη χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού και με τον περιορισμό των αυξήσεων του χρόνου που αφιερώνεται για την εκτέλεση της αερόβιας δραστηριότητας στο 10% την εβδομάδα (Hofstetter et al., 1991).

Ο ξαφνικός θάνατος σε δρομείς έχει απασχολήσει το κοινό, ειδικά από τότε που ο δημοφιλής συγγραφέας του τρεξίματος Jim Fixx πέθανε τρέχοντας πριν από αρκετά χρόνια. Οι περισσότεροι από αυτούς τους σπάνιους θανάτους οφείλονται σε υποκείμενη στεφανιαία νόσο. Η πιο συντηρητική προσέγγιση για την πρόληψη του αιφνίδιου θανάτου είναι να γίνεται τεστ αντοχής σε διάδρομο για όλα τα άτομα ηλικίας άνω των 35 ετών που σχεδιάζουν να ξεκινήσουν ένα πρόγραμμα αερόβιας άσκησης. Μια πιο πρακτική προσέγγιση είναι να γίνεται τεστ άσκησης μόνο για άτομα που έχουν έναν ή περισσότερους παράγοντες κινδύνου για στεφανιαία νόσο ή που πρόκειται να ξεκινήσουν ένα αρκετά δυναμικό πρόγραμμα. Η συμβουλή στους ασκούμενους να προσέχουν τα συμπτώματα της καρδιακής νόσου και να σταματήσουν την άσκηση εάν έχουν πόνο στο στήθος, δύσπνοια ή άλλα καρδιακά συμπτώματα μπορεί να είναι πιο σημαντική από την εκτέλεση τεστ αντοχής (Najari, Alimohammadi & Ghodrati, 2016).

Αθλητική αμηνόρροια μπορεί να εμφανιστεί σε νεαρές γυναίκες που ασκούνται έντονα. Αυτό το πρόβλημα παρατηρείται στις περισσότερες γυναίκες που ασκούν έντονη αερόβια δραστηριότητα -όπως τρέξιμο, αερόμπικ ή γυμναστική που έχει ως αποτέλεσμα

χαμηλότερο σωματικό βάρος και χαμηλότερο ποσοστό σωματικού λίπους. Υπάρχουν ουσιαστικές ενδείξεις ακόμα ότι προκύπτει και απώλεια οστικής μάζας σε αυτές τις γυναίκες. Είναι πολύ σημαντικό να μην αποδίδεται η αμηνόρροια στην άσκηση έως ότου η ενδελεχής αξιολόγηση εξαλείψει άλλες πιθανές αιτίες. Αν και οι μελέτες αυτού του προβλήματος βρίσκονται ακόμη σε εξέλιξη, φαίνεται λογικό σε περιπτώσεις αθλητικής αμηνόρροιας να συνιστάται η αύξηση της πρόσληψης ασβεστίου σε 1.500 mg/l ημερησίως και να εξετάζεται το ενδεχόμενο χορήγησης συμπληρωμάτων οιστρογόνων και/ή προγεστερόνης (Dadgostar et al., 2009).

3.1.2. Συνδυασμός αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις

Η εκτέλεση αερόβιας άσκησης και ενδυνάμωσης ταυτόχρονα είναι ένα ουσιαστικό μέρος της φυσικής προπόνησης που στοχεύει στη βελτίωση όχι μόνο της υγείας αλλά και της αθλητικής απόδοσης (Schumann et al., 2022). Πέρα από τα οφέλη που σχετίζονται με την υγεία από τον συνδυασμό των τρόπων προπόνησης σε ένα πρόγραμμα παρέμβασης, οι ερευνητές έχουν ασχοληθεί επίσης με τις επιπτώσεις τέτοιων συνδυασμών που σχετίζονται με τη φυσική κατάσταση. Μεταξύ των προσπαθειών αύξησης της δύναμης εν όψει αποτελεσμάτων που σχετίζονται με τη φυσική κατάσταση, μια μελέτη για τη βελτίωση της δύναμης με το συνδυασμό δύο τρόπων προπόνησης δύναμης σε ένα πρόγραμμα παρέμβασης απέδειξε την αποτελεσματικότητα της σύνθετης προπόνησης και την υπεροχή της έναντι της παραδοσιακής προπόνησης με αντιστάσεις σε ερασιτέχνες αρσιβαρίστες της Μαλαισίας με τουλάχιστον 2 χρόνια αγωνιστικής εμπειρίας άρσης βαρών σε κρατικό επίπεδο (Ern et al., 2018).

Η αερόβια άσκηση αντοχής θεωρείται γενικά ότι έχει περιορισμένη επίδραση στη μυϊκή υπερτροφία. Αυτό υποστηρίζεται από έρευνες που υποδηλώνουν ότι η αερόβια άσκηση ενεργοποιεί τις καταβολικές οδούς, ενώ η αναερόβια άσκηση διεγείρει τις αναβολικές οδούς (Hargreaves & Spriet, 2020). Τόσο η αερόβια άσκηση όσο και η άσκηση με αντίσταση έχει βρεθεί ότι είναι ευεργετικές για την αύξηση της μυϊκής μάζας, της δύναμης και της λειτουργίας. Το ερώτημα παραμένει εάν ο συνδυασμός αυτών των δύο τύπων άσκησης αποφέρει ανώτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με την εκτέλεση οποιουδήποτε τρόπου άσκησης μόνο (Tan et al., 2023).

Ορισμένες πρόσφατες μελέτες (Lee et al., 2020; Timmins et al., 2020) δεν έδειξαν καμία επίδραση παρεμβολής της αερόβιας προπόνησης όταν συνδυάζεται με προπόνηση δύναμης. Μια μελέτη (Lee et al., 2020) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ταυτόχρονη προπόνηση, ανεξάρτητα από τη σειρά άσκησης, μπορεί να είναι μια βιώσιμη στρατηγική για τη βελτίωση της μέγιστης δύναμης στο κάτω μέρος του σώματος και της συνολικής άλιπης μάζας συγκριτικά με την προπόνηση μόνο με αντίσταση χωρίς αναφορά σε μυϊκή υπερτροφία. Η ίδια μελέτη προτείνει ότι η συμβατική προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να διευκολύνει την αύξηση της δύναμης στην ταυτόχρονη προπόνηση.

3.2. Ο ρόλος της άσκησης με αντιστάσεις στην απώλεια βάρους

3.2.1. Έλεγχος του σωματικού βάρους

Τόσο η ανάπαυση όσο και η ενεργειακή δαπάνη που σχετίζεται με τη δραστηριότητα μειώνεται με την ηλικία (Westerterp, 2000). Η μειωμένη ενεργειακή δαπάνη μπορεί να έχει σημαντική δυσμενή επίδραση στη διατήρηση του βάρους (Weinsier et al., 2002). Μελέτες σχετικά με τη χρησιμότητα της άσκησης με αντιστάσεις στο πλαίσιο της απώλειας βάρους έχουν δείξει ανάμεικτα αποτελέσματα. Αν και είναι σαφές ότι η αερόβια άσκηση σχετίζεται με πολύ μεγαλύτερη ενεργειακή δαπάνη κατά τη διάρκεια της συνεδρίας άσκησης από ότι η προπόνηση με αντιστάσεις, ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι η τακτική άσκηση με αντιστάσεις είναι αποτελεσματική στην προώθηση της απώλειας βάρους σε παχύσαρκα άτομα (Rice et al., 1999; Sarsan et al., 2006). Ένας σημαντικός αριθμός μελετών έχει δείξει ότι η άσκηση με αντιστάσεις σχετίζεται με μείωση της λιπώδους μάζας και μια ταυτόχρονη αύξηση της άλιπης μάζας σώματος και επομένως έχει μικρή ή καθόλου αποτελεσματική αλλαγή στο συνολικό σωματικό βάρος (Cauza et al., 2005; Dunstan et al., 2002; Hunter et al., 2000; 2002; Schmitz et al., 2003; Treuth et al., 1994; 1995a). Η άσκηση με αντιστάσεις αύξησε τη μυϊκή μάζα κατά τουλάχιστον 1 έως 2 κιλά σε μελέτες επαρκούς διάρκειας.

Η εφαρμογή της άσκησης με αντιστάσεις μέσα σε ένα πρόγραμμα περιορισμού της διατροφικής πρόσληψης έχει μελετηθεί, μαζί με ένα συνδυασμένο διατροφικό περιορισμό και πρόγραμμα αερόβιας άσκησης (Ross et al., 1996; Donnelly et al., 1991; Pronk, Donnelly

& Pronk., 1992; Wadden et al., 1997; Weinstock, Dai & Wadden, 1998). Όσον αφορά τις σχετικές επιδράσεις, η προσθήκη ασκήσεων με αντιστάσεις έχει βρεθεί ότι αποτρέπει την απώλεια άλιπης μάζας, δευτερογενώς στον διατροφικό περιορισμό (Geliebter et al., 1997; Sweeney et al., 1993). Μια μελέτη έδειξε ότι η άσκηση με αντιστάσεις δύο φορές την εβδομάδα θα μπορούσε να αποτρέψει την απώλεια άλιπης μάζας που σχετίζεται με την ηλικία, καθώς και τον σχετικό μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας που σχετίζεται στενά με τις απώλειες στην άλιπη μάζα (Vaughan et al., 1991). Η άσκηση με αντιστάσεις συμβάλλει σε αυξήσεις του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας ως αποτέλεσμα μεγαλύτερης ανανέωσης της μυϊκής πρωτεΐνης (Evans, 2001). Θεωρητικά, μια αύξηση μυϊκής μάζας κατά 1 κιλό θα πρέπει να οδηγήσει σε αύξηση του μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας κατά περίπου 21 kcal/kg νέου μυός. Έτσι, η άσκηση με αντιστάσεις, όταν διατηρείται για χρόνια ή δεκαετίες, μεταφράζεται σε κλινικά σημαντικές διαφορές στην ημερήσια ενεργειακή δαπάνη και στα κέρδη λίπους που σχετίζονται με την ηλικία. Για παράδειγμα, μια διαφορά 5 kg στην άλιπη μάζα μεταφράζεται σε διαφορά στην ενεργειακή δαπάνη 100 kcal ανά ημέρα (που ισοδυναμεί με 4,7 kg λιπώδους μάζας ανά έτος) (Wolfe, 2006). Ωστόσο, ένας αριθμός μελετών έχει δείξει ότι η άσκηση με αντιστάσεις θα αυξήσει το μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας, τουλάχιστον εάν η προπόνηση είναι αρκετά έντονη ώστε να προκαλέσει αύξηση της άλιπης μάζας (Campbell et al., 1994; Pratley et al., 1994; Treuth et al., 1995b).

Σε μια τυχαιοποιημένη δοκιμή ελέγχου (Kraemer et al., 1999), 35 υπέρβαροι άντρες τυχαιοποιήθηκαν σε ομάδα ελέγχου, σε ομάδα τροποποίησης δίαιτας μόνο, σε ομάδα τροποποίησης δίαιτας που έκανε αερόβια άσκηση ή σε ομάδα τροποποίησης δίαιτας που έκανε τόσο αερόβια άσκηση όσο και ασκήσεις με αντιστάσεις. Μετά από 12 εβδομάδες, η απώλεια βάρους στις τρεις ομάδες παρέμβασης ήταν παρόμοια και σημαντική, εκ των οποίων το 69%, το 78% και το 97%, αντίστοιχα, οφείλονταν στην απώλεια λίπους. Αυτή η μελέτη υπογραμμίζει τη δυνατότητα της άσκησης με αντιστάσεις να παρέχει ένα μοναδικό ερέθισμα για την εξοικονόμηση του καταβολισμού της σωματικής πρωτεΐνης, αλλάζοντας έτσι τη σχέση μεταξύ του άλιπης μάζας και του λιπώδους μάζας. Η άσκηση δεν παρείχε πρόσθετο ερέθισμα για μεγαλύτερη απώλεια βάρους σε σύγκριση με αυτό που προέκυψε μόνο από τον διαιτητικό περιορισμό. Η ομάδα που ακολουθούσε μόνο δίαιτα έδειξε επίσης σημαντική μείωση της άλιπης μάζας.

Μια άλλη μελέτη τυχαιοποίησε 29 παχύσαρκους άνδρες σε μία από τις τρεις θεραπείες διάρκειας 16 εβδομάδων, οι οποίες αποτελούνταν από υποθερμιδική δίαιτα μόνη ή σε συνδυασμό με ασκήσεις με αντιστάσεις (στο 80% της μέγιστης προσπάθειας) ή αερόβια άσκηση (Rice et al., 1999). Ενώ η μείωση του βάρους (−12,4 kg) και ο συνολικός λιπώδης ιστός (−9,7 kg) δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ των τριών ομάδων, η άλιπη μάζα διατηρήθηκε μόνο μετά την προπόνηση άσκησης (ανεξάρτητα από τον τρόπο λειτουργίας), σε σύγκριση με την ομάδα που έκανε μόνο δίαιτα (−2,5 kg). Το κύριο εύρημα αυτής της μελέτης ήταν ότι ο διατροφικός περιορισμός σε συνδυασμό είτε με αερόβια άσκηση είτε με άσκηση με αντιστάσεις αύξησε την επίδραση της δίαιτας μόνο στα επίπεδα ινσουλίνης σε παχύσαρκους άνδρες.

Μια περαιτέρω δοκιμή αξιολόγησε εάν οι αυξήσεις στην άλιπη μάζα και οι μειώσεις στη λιπώδη μάζα από 15 εβδομάδες εποπτευόμενης άσκησης με αντιστάσεις δύο φορές την εβδομάδα (στο 80% της μέγιστης προσπάθειας) θα μπορούσαν να διατηρηθούν για 6 μήνες άσκησης χωρίς επίβλεψη (Schmitz et al., 2003). Κατά τη διάρκεια των συνολικών 39 εβδομάδων άσκησης με αντιστάσεις, η ομάδα θεραπείας κέρδισε 0,89 kg περισσότερο σε άλιπη μάζα, έχασε 0,98 kg περισσότερο σε λιπώδη μάζα και έχασε 1,63% περισσότερο σε ποσοστό σωματικού λίπους σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η άσκηση με αντιστάσεις δύο φορές την εβδομάδα δεν είχε ως αποτέλεσμα σημαντική απώλεια βάρους, αλλά δυνητικά θα μπορούσε να αποτρέψει την αύξηση του λίπους που σχετίζεται με την ηλικία για μια περίοδο ετών. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι είναι πιθανό οι θετικές αλλαγές στη σύσταση του σώματος που σχετίζονται με την άσκηση με αντιστάσεις να μπορούσαν να διατηρηθούν σε ένα πρόγραμμα άσκησης χωρίς επίβλεψη μετά την ολοκλήρωση του καθεστώτος άσκησης υπό επίβλεψη.

Σε μια άλλη μελέτη (Shaw & Shaw, 2006), ένα σχήμα άσκησης με αντιστάσεις 8 εβδομάδων που χορηγήθηκε 3 φορές την εβδομάδα (στο 60% της μέγιστης προσπάθειας) άλλαξε σημαντικά τη μάζα σώματος των συμμετεχόντων (+0,58%), το ποσοστό σωματικού λίπους (−13,05%), την άλιπη μάζα (+5,05%) και τη λιπώδη μάζα (−12,11%) σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου. Αυτή η μελέτη υποστήριξε μια σχέση μεταξύ άσκησης με αντιστάσεις και ΔΜΣ, που αποδεικνύεται από την αύξηση του ΔΜΣ. Επομένως, η χρήση του ΔΜΣ για τον προσδιορισμό του κινδύνου καρδιαγγειακής νόσου θα πρέπει να χρησιμοποιείται με

προσοχή σε εκείνα τα άτομα με αυξημένη άλιπη μάζα (όπως θα ήταν αναμενόμενο μετά την άσκηση με αντιστάσεις).

Πιο πρόσφατα, τα αποτελέσματα ενός 6μηνου προγράμματος άσκησης με αντιστάσεις (στο 50% έως 80% της μέγιστης προσπάθειας) αναλύθηκαν σε σχέση με το οξειδωτικό στρες που προκαλείται από την άσκηση και την ομοκυστεΐνη και τη χοληστερόλη σε κανονικούς και υπέρβαρους ηλικιωμένους ενήλικες (Vincent, Bourguignon & Vincent, 2006). Το οξειδωτικό στρες προτείνεται να είναι ένας δυνητικός παράγοντας στα πρώιμα και προχωρημένα στάδια της καρδιαγγειακής νόσου (Stocker & Keaney, 2004). Στη μελέτη, 49 ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας στρωματοποιήθηκαν με βάση το ΔΜΣ και κατανεμήθηκαν τυχαία είτε σε ομάδα ελέγχου χωρίς άσκηση είτε σε ομάδα άσκησης με αντιστάσεις. Τα ευρήματα έδειξαν ότι τα επίπεδα υδροϋπεροξειδίων λιπιδίων (lipid hydroperoxides, PEROXs) και ομοκυστεΐνης ήταν χαμηλότερα τόσο στις υπέρβαρες όσο και στις φυσιολογικές ομάδες που έκαναν άσκηση με αντιστάσεις σε σύγκριση με τις ομάδες ελέγχου. Η αλλαγή στη μυϊκή δύναμη συσχετίστηκε με την ομοκυστεΐνη στους 6 μήνες, ενώ η αλλαγή στα PEROX σχετίστηκε με την αλλαγή στο σωματικό λίπος. Αυτή η μελέτη έδειξε ότι η άσκηση με αντιστάσεις μειώνει το οξειδωτικό στρες που προκαλείται από την άσκηση και την ομοκυστεΐνη, ανεξάρτητα από το λίπος. Ένας πιθανός μηχανισμός για τη μείωση του οξειδωτικού στρες που προκαλείται από την άσκηση με αντιστάσεις θα μπορούσε να περιλαμβάνει την επαγόμενη από συστολή ανοδική ρύθμιση των αντιοξειδωτικών ενζύμων (Parise et al., 2005).

3.2.2. Μείωση του σπλαχνικού λιπώδη ιστού

Ο λιπώδης ιστός είναι ένα κύριο ενδοκρινικό όργανο, που εκκρίνει ουσίες όπως η αδιπονεκτίνη, η λεπτίνη, η ρεζιστίνη, ο παράγοντας νέκρωσης όγκου α, η ιντερλευκίνη 6 και ο αναστολέας του ενεργοποιητή πλασμινογόνου-1 που μπορεί να διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στην παθογένεση του μεταβολικού συνδρόμου (Trayhurn & Beattie, 2001). Η υπερβολική κεντρική παχυσαρκία και ιδιαίτερα ο σπλαχνικός λιπώδης ιστός έχουν συνδεθεί με την ανάπτυξη δυσλιπιδαιμίας, υπέρτασης, αντίστασης στην ινσουλίνη, διαβήτη τύπου 2 και καρδιαγγειακής νόσου (Hurley & Roth, 2000; Hunter et al., 1997). Μια σχετική αύξηση του σωματικού λίπους συνδέεται με μείωση της ευαισθησίας στην ινσουλίνη τόσο σε παχύσαρκα όσο και σε ηλικιωμένα άτομα (Park et al., 2003; Dela & Kjaer, 2006).

Αρκετές μελέτες έχουν δείξει μειώσεις στον σπλαχνικό λιπώδη ιστό μετά από προγράμματα άσκησης με αντιστάσεις (Hunter et al., 2002; Treuth et al., 1994; 1995a; Ross et al., 1996; Ross & Rissanen, 1994; Cuff et al., 2003). Οι Treuth et al. παρατήρησαν σημαντικές μειώσεις στο σπλαχνικό λίπος σε ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες μετά από 16 εβδομάδες άσκησης με αντιστάσεις (Treuth et al., 1994; 1995a). Σε δύο μελέτες, οι Ross et al. μέτρησαν τις περιφερειακές απώλειες λίπους μετά από 16 εβδομάδες άσκησης σε συνδυασμό με διατροφικές παρεμβάσεις σε μεσήλικες παχύσαρκους άνδρες (Ross et al., 1996; Ross & Rissanen, 1994). Στην πρώτη τους μελέτη (Ross & Rissanen, 1994), οι δοκιμές τόσο της δίαιτας συν αερόβιας άσκησης όσο και της δίαιτας συν άσκησης με αντιστάσεις (στο 70% έως 80% της μέγιστης προσπάθειας) προκάλεσαν παρόμοιες απώλειες σπλαχνικού λίπους, οι οποίες ήταν μεγαλύτερες από τις απώλειες όλου του υποδόριου λίπους. Σε μια μελέτη παρακολούθησης (Ross et al., 1996), απομόνωσαν τις επιδράσεις της αερόβιας άσκησης και της άσκησης με αντιστάσεις (στο 70% έως 80% της μέγιστης προσπάθειας) συγκρίνοντας τις αποκρίσεις μόνο στη δίαιτα. Και οι 3 ομάδες έχασαν σημαντικές ποσότητες συνολικού σωματικού λίπους, ενώ και οι 3 ομάδες παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερη απώλεια σπλαχνικού λίπους σε σύγκριση με την απώλεια υποδόριου λίπους σε ολόκληρο το σώμα. Οι αλλαγές ανήλθαν σε 40% μείωση του σπλαχνικού λίπους στη δίαιτα συν ομάδα ασκήσεων με αντιστάσεις, 39% στη δίαιτα συν ομάδα αερόβια άσκηση και 32% μείωση στην ομάδα που έκανε μόνο δίαιτα. Μια μελέτη ανέδειξε την πιθανότητα εξειδίκευσης του φύλου στην απόκριση μείωσης του σπλαχνικού λίπους στην άσκηση με αντιστάσεις (Hunter et al., 2002). Οι Hunter et al. (2002) μελέτησαν γυναίκες και άνδρες μεγαλύτερης ηλικίας μετά από 25 εβδομάδες άσκησης με αντιστάσεις (στο 65% έως 80% της μέγιστης προσπάθειας). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι και τα δύο φύλα αύξησαν σημαντικά τη μυϊκή μάζα και μείωσαν τη μάζα λίπους ολόκληρου του σώματος. Ωστόσο, οι γυναίκες έχασαν επίσης σημαντική ποσότητα υποδόριου και σπλαχνικού λιπώδους ιστού (−6% και −11%, αντίστοιχα), ενώ οι άνδρες όχι.

Αν και απαιτείται περισσότερη έρευνα για να διευκρινιστούν αυτές οι πιθανές ειδικές για το φύλο απαντήσεις, η συνολική διαθέσιμη βιβλιογραφία υποστηρίζει τη χρήση της άσκησης με αντιστάσεις, με ή χωρίς αερόβια άσκηση, και με ή χωρίς τροποποίηση διατροφής, ως αποτελεσματική παρέμβαση στη μείωση της κοιλιακής παχυσαρκίας. Φαίνεται ότι η άσκηση με αντιστάσεις έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις εναποθέσεις σπλαχνικού λίπους τόσο μέσω άμεσων επιδράσεων (π.χ. κατά την απώλεια βάρους ή

διατήρηση βάρους) όσο και με καθυστερημένες επιδράσεις (κατά την ανάκτηση βάρους). Τα αποτελέσματα των δύο μελετών των Ross et al. (Ross et al., 1996; Ross & Rissanen, 1994) υποδεικνύουν τη δυνατότητα για άσκηση με αντιστάσεις χαμηλού όγκου, υψηλής έντασης για την επίτευξη μειώσεων στον συνολικό και περιφερειακό λιπώδη ιστό όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με δίαιτα περιορισμού θερμίδων. Ωστόσο, αυτή η παρατήρηση απαιτεί επιβεβαίωση από πρόσθετες μελέτες.

Συνολικά, ισχυρά στοιχεία υποστηρίζουν την ιδέα ότι η τακτική άσκηση με αντιστάσεις μπορεί να αλλάξει αποτελεσματικά τη σύσταση του σώματος σε παχύσαρκους άνδρες και γυναίκες, ανεξάρτητα από τον διατροφικό περιορισμό. Έχει αποδειχθεί ότι η άσκηση με αντιστάσεις αυξάνει την άλιπη μάζα, τη μυϊκή δύναμη και τον μεταβολικό ρυθμό ηρεμίας και κινητοποιεί τον σπλαχνικό και τον υποδόριο λιπώδη ιστό στην κοιλιακή περιοχή. Επιπλέον, η άσκηση με αντιστάσεις μειώνει το οξειδωτικό στρες που προκαλείται από την άσκηση και τα επίπεδα ομοκυστεΐνης σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας, που σχετίζονται με καρδιαγγειακή νόσο.

Η πλειονότητα της έρευνας σχετικά με την άσκηση με αντιστάσεις με παιδιά μέχρι σήμερα έχει επικεντρωθεί σε παιδιά που βρίσκονται στην προεφηβεία και στην ασφάλεια και αποτελεσματικότητα αυτού του τύπου προπόνησης παρά στα πιθανά οφέλη για την υγεία του μεταβολισμού. Υπάρχουν μόνο λίγα στοιχεία ότι τα παιδιά και οι έφηβοι μπορεί να αντλήσουν προσαρμογές που σχετίζονται με τη μεταβολική υγεία από την εποπτευόμενη άσκηση με αντιστάσεις (Strasser & Schobersberger, 2011). Ωστόσο, οι μεθοδολογικοί περιορισμοί στο σώμα αυτής της βιβλιογραφίας καθιστούν δύσκολο τον προσδιορισμό της βέλτιστης άσκησης με αντιστάσεις για την επίτευξη μεταβολικών επιδράσεων σε παιδιά και εφήβους, καθώς και την έκταση και τη διάρκεια αυτών των οφελών. Απαιτούνται πιο εύρωστα σχεδιασμένες τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές μεμονωμένης μορφής που χρησιμοποιούν τυποποιημένες αναφορές και ακριβείς αξιολογήσεις αποτελεσμάτων για τον προσδιορισμό της έκτασης των αποτελεσμάτων υγείας που αποδίδονται αποκλειστικά στην άσκηση με αντιστάσεις και για να καταστεί δυνατή η ανάπτυξη βασισμένων σε στοιχεία στρατηγικών πρόληψης και θεραπείας της παχυσαρκίας σε αυτήν την ηλικιακή ομάδα. Επιπλέον, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες με παρακολούθηση τουλάχιστον έξι μηνών μετά την παρέμβαση προκειμένου να εκτιμηθεί εάν οι προτεινόμενες οδηγίες σχετικά με την

άσκηση με αντιστάσεις μπορούν να διατηρηθούν ως μέρος ενός καθημερινού τρόπου ζωής και εάν η βελτιωμένη σύσταση σώματος μπορεί να διατηρηθεί για μεγαλύτερες περιόδους.

3.2.3. Έλεγχος της δισλιπιδαιμίας

Επί του παρόντος, υπάρχει ένας μικρός αριθμός αντικρουόμενων δεδομένων σχετικά με τις επιδράσεις της άσκησης με αντιστάσεις στα επίπεδα λιπιδίων στο αίμα σε υγιείς ηλικιωμένους και σε ασθενείς με δυσλιπιδαιμία. Σε μια πρόσφατη δοκιμή, 131 άτομα χωρίστηκαν τυχαία σε μια ομάδα άσκησης με αντιστάσεις, μια ομάδα αερόβιας άσκησης, μια συνδυασμένη ομάδα άσκησης με αντιστάσεις και αερόβιας άσκησης ή μια ομάδα ελέγχου που δεν ασκούνταν (Boardley et al., 2007). Τα ευρήματα έδειξαν ότι ο τρόπος άσκησης δεν επηρέασε τα λιπίδια του αίματος. Αντίθετα, η ολική χοληστερόλη, η LDL και τα τριγλυκερίδια πλάσματος ήταν σημαντικά χαμηλότερα σε όλες τις ομάδες. Αυτά τα δεδομένα είναι συγκρίσιμα με μια άλλη μελέτη που διερεύνησε τις επιδράσεις της άσκησης με αντιστάσεις και της αερόβιας άσκησης στις μεταβολικές παραμέτρους σε 60 παχύσαρκες γυναίκες (Fenkci et al., 2006). Μετά από 20 εβδομάδες προπόνησης χωρίς δίαιτα, σημειώθηκαν σημαντικές μειώσεις στα επίπεδα τριγλυκεριδίων πλάσματος και ολικής χοληστερόλης σε καθεμία από τις ομάδες μελέτης. Οι Fahlman et al. έδειξαν ότι και οι δύο ομάδες αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις παρουσίασαν αυξημένη HDL-C και μειωμένα τριγλυκερίδια πλάσματος στο τέλος μιας περιόδου προπόνησης 10 εβδομάδων σε 45 υγιείς ηλικιωμένες γυναίκες (Fahlman et al., 2002). Η ομάδα που πραγματοποίησε άσκηση με αντιστάσεις (στο 80% της μέγιστης προσπάθειας) είχε επίσης σημαντικά χαμηλότερη LDL-C και ολική χοληστερόλη σε σύγκριση με την ομαδα ελεγχου. Αυτές οι ευνοϊκές αλλαγές συνέβησαν χωρίς ταυτόχρονες αλλαγές στο βάρος ή στη διατροφή.

Καμία από τις παραπάνω μελέτες δεν περιελάμβανε ασθενείς με μη φυσιολογικά λιπιδικά προφίλ. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τις επιδράσεις της άσκησης με αντιστάσεις σε άτομα με δυσλιπιδαιμία. Αρκετές προηγούμενες μελέτες εξέτασαν τη σχέση μεταξύ της άσκησης με αντιστάσεις και των επιπέδων λιποπρωτεΐνης πλάσματος, με μικτά αποτελέσματα. Σε μια μελέτη, οι προεμμηνοπαυσιακές γυναίκες κατατάχθηκαν τυχαία σε ένα πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις ή σε μια ομάδα ελέγχου για 5 μήνες (Boyden et al., 1993). Η ομάδα άσκησης με αντιστάσεις εμφάνισε σημαντική μείωση στην ολική χοληστερόλη και την LDL-C, ενώ δεν σημειώθηκαν σημαντικές

αλλαγές στα επίπεδα HDL-C ή τριγλυκεριδίων ορού σε καμία από τις ομάδες. Οι αλλαγές στη σύσταση του σώματος δεν έδειξαν σημαντικές συσχετίσεις με αλλαγές στην ολική χοληστερόλη ή την LDL-C. Μια άλλη μελέτη προσδιόρισε τις επιδράσεις 20 εβδομάδων άσκησης με αντιστάσεις στα λιπιδικά προφίλ σε δεκαέξι μη αθλούμενους άνδρες με μη φυσιολογικά επίπεδα λιποπρωτεϊνών-λιπιδίων και τουλάχιστον δύο άλλους παράγοντες κινδύνου για στεφανιαία νόσο (Kokkinos et al., 1991). Το πρόγραμμα άσκησης δεν οδήγησε σε σημαντικές αλλαγές στις συγκεντρώσεις των τριγλυκεριδίων, ολικής χοληστερόλης και HDL-C στο πλάσμα. Αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα που παρατηρήθηκαν μετά από 12 εβδομάδες άσκησης με αντιστάσεις (στο 60% έως 70% της μέγιστης επανάληψης) στα επίπεδα λιποπρωτεϊνών-λιπιδίων σε δεκαέξι παχύσαρκες γυναίκες που ακολουθούσαν καθιστική ζωή (Manning et al., 1991). Αντίθετα, μια άλλη μελέτη εξέτασε τις επιδράσεις 16 εβδομάδων υψηλής έντασης άσκησης με αντιστάσεις στους παράγοντες κινδύνου για στεφανιαία νόσο σε έντεκα υγιείς, μη αθλούμενους άντρες (Hurley et al., 1988). Το πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις είχε ως αποτέλεσμα αύξηση 13% στην HDL-C, μείωση 5% στην LDL-C και μείωση 8% στην αναλογία ολικής χοληστερόλης/HDL-C, παρά το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στο σωματικό βάρος ή το ποσοστό σωματικού λίπους.

Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι η άσκηση με αντιστάσεις έχει τη δυνατότητα να μειώσει τους παράγοντες κινδύνου για στεφανιαία νόσο, ανεξάρτητα από τις αλλαγές στο σωματικό βάρος ή τη σύσταση του σώματος. Τα αποτελέσματα μιας προοπτικής μελέτης που επικεντρώθηκε στα επίπεδα λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών σε προηγουμένως καθιστικούς άνδρες και γυναίκες που υποβλήθηκαν σε άσκηση με αντιστάσεις για 16 εβδομάδες ήταν παρόμοια (Goldberg et al., 1984). Οι γυναίκες που συμμετείχαν εμφάνισαν μείωση της ολικής χοληστερόλης κατά 9,5%, μείωση της LDL-C κατά 17,9% και μείωση των τριγλυκεριδίων κατά 28,3%. Στους άνδρες, η LDL-C μειώθηκε κατά 16,2%, ενώ οι αναλογίες ολικής χοληστερόλης και LDL-C έναντι HDL-C μειώθηκαν κατά 21,6% και 28,9%, αντίστοιχα. Έτσι, η άσκηση με αντιστάσεις μπορεί να οδηγήσει σε ευνοϊκές αλλαγές στα επίπεδα λιπιδίων και λιποπρωτεϊνών σε προηγουμένως καθιστικούς άνδρες και γυναίκες. Ωστόσο, υπάρχουν περιορισμοί. Μόνο μία από τις προαναφερθείσες μελέτες διεξήχθη με άτομα με δυσλιπιδαιμία και δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με την επίδραση της άσκησης με αντιστάσεις μόνο σε ασθενείς με δυσλιπιδαιμία.

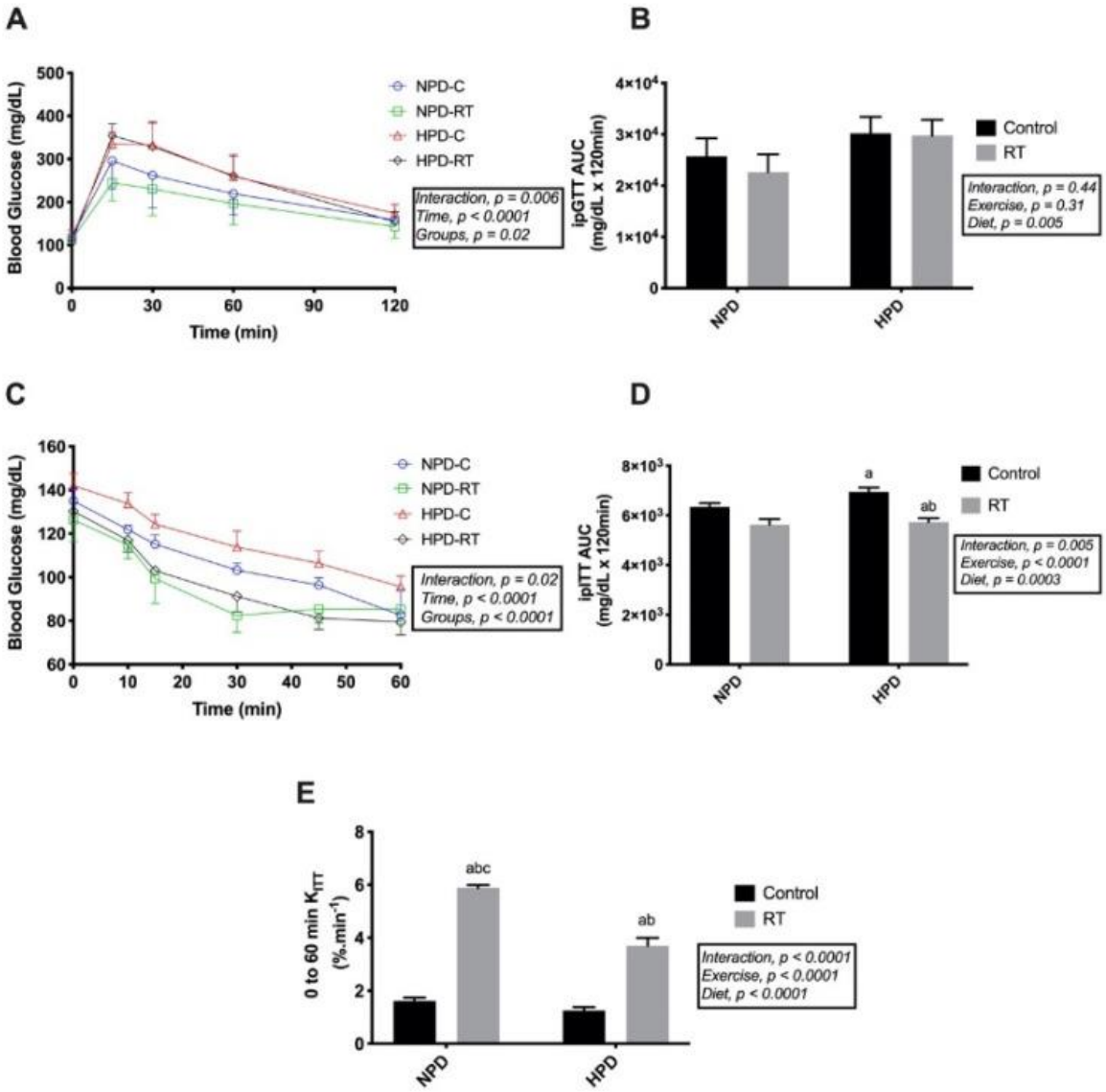
4. Δίαιτα υψηλή σε πρωτεΐνη σε συνδυασμό με άσκηση με αντιστάσεις για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας

4.1. Αποτελέσματα μελετών σε πειραματικά μοντέλα

Η μελέτη των DE Almeida et al. (2020) εξέτασε την υπόθεση ότι μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη που βασίζεται σε απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος σε συνδυασμό με προπόνηση δύναμης βελτιώνει την απόδοση και μειώνει το σωματικό λίπος χωρίς να προάγει βλάβες στην υγεία. Η μελέτη πραγμαοτοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ως οργανισμούς μοντέλα αρσενικούς αρουραίους Wistar, ηλικίας 45 ημερών, οι οποίοι χωρίστηκαν σε τέσσερις ομάδες: ζώα που έκαναν καθιστική ζωή και λάμβαναν φυσιολογική ποσότητα πρωτεϊνης (14%), ζώα που έκαναν καθιστική ζωή και λάμβαναν αυξημένη ποσότητα πρωτεϊνης (35%), ζώα που ασκούνταν και λάμβαναν φυσιολογική ποσότητα πρωτεϊνης (14%) και ζώα που ασκούνταν και λάμβαναν αυξημένη ποσότητα πρωτεϊνης (35%). Η μελέτη είχε διάρκεια 6 εβδομάδες και τα ζώα ασκούνταν 3 φορές την εβδομάδα. Το σωματικό βάρος των ζώων δεν διέφερε μεταξύ των ομάδων πριν και μετά την παρέμβαση. Η απόδοση βελτιώθηκε σημαντικότερα στην ομάδα ζώων που λάμβαναν υψηλή ποσότητα πρωτεϊνών και ασκούνταν σε σύγκριση με τις άλλες ομάδες. Δεν υπήρξε διαφορά στα επίπεδα της τεστοστερόνης στο πλάσμα, του IGF-1 και οι αιματολογικές παράμετροι παρέμειναν φυσιολογικές. Τα σχετικά βάρη των νεφρών ήταν υψηλότερα στις ομάδες που τρέφονταν με δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη. Το βάρος του ήπατος ήταν υψηλότερο στην ομάδα που λάμβανε αυξημένη ποσότητα πρωτεϊνών και ασκούνταν σε σύγκριση με τις ομάδες που λάμβαναν φυσιολογική ποσότητα πρωτεϊνης, ανεξαρτήτως της φυσικής δραστηριότητας, και το βάρος της καρδιάς ήταν μεγαλύτερο στην ομάδα που λάμβανε υψηλή ποσότητα πρωτεϊνών και έκανε καθιστική ζωή σε σύγκριση με τις ομάδες που λάμβαναν φυσιολογική ποσότητα πρωτεϊνών. Όσον αφορά το σχετικό μυϊκό βάρος του τετρακέφαλου και του γαστροκνημίου, η ομάδα που λάμβανε αυξημένη ποσότητα πρωτεϊνης και ασκούνταν έδειξε υψηλότερη τιμή σε σύγκριση με την ομάδα που

ασκούνταν αλλά λάμβανε φυσιολογική ποσότητα πρωτεΐνης. Από τη μελέτη αυτή προκύπτει ότι μια δίαιτα που περιέχει 35% απομονωμένη πρωτεΐνη ορού γάλακτος που συνοδεύεται από προπόνηση με αντιστάσεις βελτίωσε την απόδοση, ενώ οδήγησε και σε αύξηση του βάρους των μυών και των οργάνων των ζώων, χωρίς να βλάψει τους ιστούς που σχετίζονται με τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών (επιβεβαιωμένο από αμετάβλητες αιματολογικές παραμέτρους), γεγονός που μπορεί να ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιομεταβολικών διαταραχών (DE Almeida et al., 2020).

Η μελέτη των Medeiros et al. (2021) διερεύνησε την επίδραση των διαίτων υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες στον έλεγχο της γλυκόζης, το μέγεθος των λιποκυττάρων και τους φλεγμονώδεις βιοδείκτες του επιδιδυμικού λιπώδους ιστού σε αρουραίους που υποβάλλονταν σε ασκήσεις με αντιστάσεις. Δεκαοκτώ αρουραίοι Wistar χωρίστηκαν τυχαία σε τέσσερις ομάδες: ομάδα που κατανάλωνε φυσιολογική ποσότητα πρωτεΐνης (17% συνολική διαιτητική πρόσληψη πρωτεΐνης) και ομάδα που κατανάλωνε υψηλή ποσότητα πρωτεΐνης (26,1% πρωτεΐνη) χωρίς προπόνηση με αντιστάσεις και αντίστοιχα ομάδες με διαφορετική πρόσληψη πρωτεΐνης που υποβλήθηκαν σε προπόνηση με αντιστάσεις για 12 εβδομάδες με βάρη στερεωμένα στην ουρά τους. Η αύξηση βάρους ήταν σημαντικά χαμηλότερη στις ομάδες που ασκήθηκαν με αντίσταση σε σύγκριση με τους ελέγχους τους ($p < 0,0001$). Ενώ η δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες χωρίς προπόνηση με αντιστάσεις προκάλεσε δυσανεξία στη γλυκόζη, διευρυμένα λιποκύτταρα και αυξημένα επίπεδα TNF-α, MCP-1 και IL1-β στον επιδιδυμικό λιπώδη ιστό ($p < 0,05$), η άσκηση με αντιστάσεις μείωσε αυτές τις επιβλαβείς επιδράσεις, με την ομάδα που έλαβε υψηλή ποσότητα πρωτεϊνών και άσκηση με αντιστάσεις να εμφανίζει βελτιωμένο έλεγχο της γλυκόζης του αίματος (Εικόνα 5), χωρίς να αυξάνεται η φλεγμονώδη κυτοκίνη στον επιδιδυμικό λιπώδη ιστό ($p < 0,05$). Επιπλέον, η προπόνηση με αντιστάσεις αύξησε την έκφραση γλουταθειόνης ανεξάρτητα από τη δίαιτα ($p < 0,05$). Η άσκηση με αντιστάσεις, επομένως, μπορεί να προσφέρει προστασία έναντι της υπερτροφίας των λιποκυττάρων, των προφλεγμονωδών καταστάσεων και της δυσανεξίας στη γλυκόζη κατά τη διάρκεια της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες. Τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν τις πιθανές προστατευτικές επιδράσεις της προπόνησης με αντιστάσεις για τον μετριασμό των δυσπροσαρμοστικών επιδράσεων της δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες (Medeiros et al., 2021).



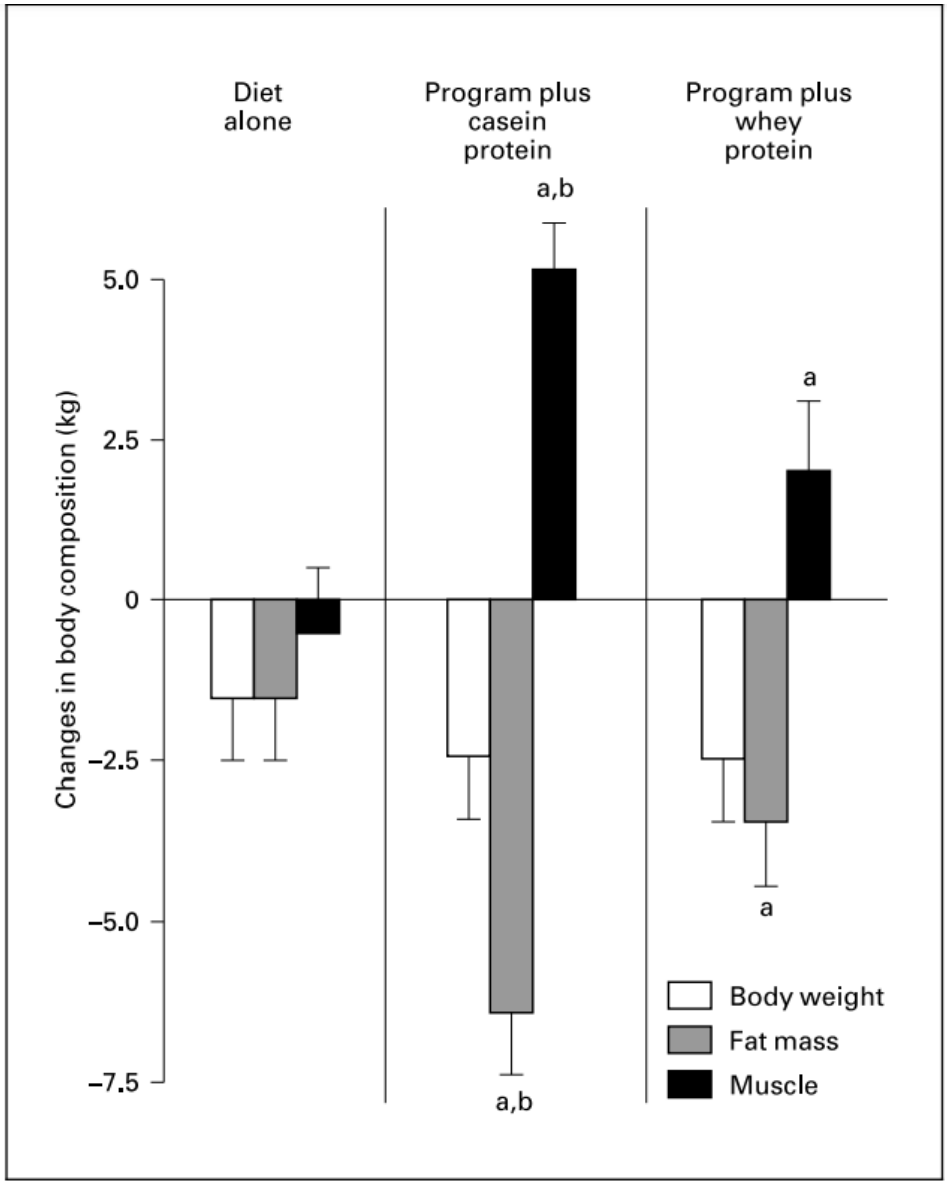
Σχήμα 4-1 Δοκιμές ανοχής γλυκόζης και ινσουλίνης σε ολόκληρο το σώμα. (Α) Τιμές γλυκόζης αίματος κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής ανοχής ινσουλίνης. (Β) Η συνολική περιοχή κάτω από την καμπύλη ipGTT. (Γ) Οι τιμές της γλυκόζης στο αίμα κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής ανοχής γλυκόζης. (Δ) Η συνολική επιφάνεια κάτω από την καμπύλη ipITT. (Ε) Δείκτης διάσπασης γλυκόζης

(Πηγή: Medeiros et al., 2021)

4.2. Αποτελέσματα μελετών σε ανθρώπους

Μια από τις πρώτες μελέτες σε ανθρώπους που δημοσιεύτηκαν ήταν αυτή των Demling & DeSanti (2000), οι οποίοι συνέκριναν τα αποτελέσματα μιας μέτριας υποθερμιδικής δίαιτας

με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και της προπόνησης με αντιστάσεις, χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικά συμπληρώματα πρωτεΐνης, έναντι της υποθερμιδικής δίαιτας μόνο στις αλλαγές στη σύνθεση του σώματος σε υπέρβαρους αστυνομικούς. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε μια τυχαιοποιημένη, προοπτική μελέτη 12 εβδομάδων που συνέκρινε τις αλλαγές στη σύσταση του σώματος που προκαλούνται από τρεις διαφορετικές μεθόδους θεραπείας σε τρεις ομάδες μελέτης. Μία ομάδα υποβλήθηκε μόνο σε μη λιπογονική, υποθερμιδική δίαιτα (80% των προβλεπόμενων αναγκών). Μια δεύτερη ομάδα υποβλήθηκε σε υποθερμιδική δίαιτα συν άσκηση με αντιστάσεις συν πρόσληψη υψηλής ποσότητας πρωτεΐνης (1,5 g/kg/ημέρα) χρησιμοποιώντας υδρόλυμα πρωτεΐνης καζεΐνης. Στην τρίτη ομάδα η θεραπεία ήταν πανομοιότυπη με τη δεύτερη, εκτός από τη χρήση ενός προϊόντος υδρόλυσης πρωτεΐνης ορού γάλακτος. Στη μελέτη αυτή παρατήρησαν ότι η απώλεια βάρους ήταν περίπου 2,5 κιλά και στις τρεις ομάδες. Το μέσο ποσοστό σωματικού λίπους μόνο με δίαιτα μειώθηκε από 27 ± 1,8 σε 25 ± 1,3% στις 12 εβδομάδες. Με δίαιτα, άσκηση και καζεΐνη η μείωση ήταν από 26 ± 1,7 σε 18 ± 1,1% και με δίαιτα, άσκηση και πρωτεΐνη ορού γάλακτος η μείωση ήταν από 27 ± 1,6 σε 23 ± 1,3%. Η μέση απώλεια λίπους ήταν 2,5 ± 0,6, 7,0 ± 2,1 και 4,2 ± 0,9 kg στις τρεις ομάδες, αντίστοιχα. Η άλιπη μάζα δεν άλλαξε στην ομάδα που ακολούθησε μόνο δίαιτα, ενώ οι ομάδες που έκαναν άσκηση με αντιστάσεις συν καζεϊνη και ορό γάλακτος παρουσίασαν κέρδος 4 ± 1,4 και 2 ± 0,7 kg, αντίστοιχα (Εικόνα 6). Η μέση αύξηση της δύναμης για το στήθος, τους ώμους και τα πόδια ήταν 59 ± 9% για την καζεΐνη και 29 ± 9% για τον ορό γάλακτος. Αυτή η σημαντική διαφορά στη σύσταση και τη δύναμη του σώματος είναι πιθανό να οφείλεται στη βελτιωμένη κατακράτηση αζώτου και στα συνολικά αντικαταβολικά αποτελέσματα που προκαλούνται από τα πεπτιδικά συστατικά της υδρόλυσης καζεΐνης, δείχνοντας ότι η πηγή της πρωτεϊνης παίζει σημαντικό ρόλο στα προκύπτοντα αποτελέσματα (Demling & DeSanti, 2000).



Σχήμα 4-2 Οι αλλαγές στη σύσταση του σώματος για τις τρεις ομάδες σε σύγκριση με μετρήσεις πριν από τη μελέτη ή κατά την έναρξη

(Πηγή: Demling & DeSanti, 2000)

Σκοπός της μελέτης των Meckling & Sherfey (2007) ήταν να εξεταστούν οι επιδράσεις των αναλογιών υδατανθράκων προς πρωτεΐνη 3:1 και 1:1, των υποθερμιδικών δίαιτων με και χωρίς άσκηση και των παραγόντων κινδύνου που σχετίζονται με το Μεταβολικό Σύνδρομο σε υπέρβαρες και παχύσαρκες Καναδές γυναίκες. Οι ομάδες ορίστηκαν ως δίαιτα ελέγχου, δίαιτα ελέγχου με άσκηση, δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ή δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με άσκηση. Ελεύθερες γυναίκες από την κοινότητα των

Γκουέλφ μελετήθηκαν σε πανεπιστημιακό κέντρο υγείας και φυσικής κατάστασης. Οι συμμετέχουσες ήταν 44 από τις 60 υπέρβαρες και παχύσαρκες γυναίκες που είχαν τυχαιοποιηθεί στα 4 προγράμματα απώλειας βάρους. Οι συνήθεις δίαιτες των υποκειμένων ήταν ενεργειακά περιορισμένες και έπρεπε να περιέχουν είτε αναλογία 1:1 είτε 3:1 ενέργειας υδατανθράκων προς πρωτεΐνη. Τα άτομα είτε ασκήθηκαν 3 φορές/εβδομάδα είτε διατήρησαν το φυσιολογικό επίπεδο δραστηριότητάς τους για 12 εβδομάδες. Τα κύρια μέτρα έκβασης ήταν η απώλεια βάρους, τα λιπίδια του αίματος, η αρτηριακή πίεση, η ινσουλίνη, η σύσταση του σώματος, η ισορροπία αζώτου, η φυσική κατάσταση και η ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας. Όλες οι ομάδες έχασαν βάρος κατά την περίοδο των 12 εβδομάδων: -2,1 κιλά για την ομάδα ελέγχου, -4,0 κιλά στην ομάδα ελέγχου σε συνδυασμό με άσκηση, -4,6 κιλά στην ομάδα δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και -7,0 κιλά στην ομάδα δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με άσκηση. Όλοι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν βελτιωμένη σύσταση σώματος, μειωμένη αρτηριακή πίεση και μειωμένη περιφέρεια μέσης και ισχίου. Οι πραγματικές δίαιτες που καταναλώθηκαν από τα άτομα περιείχαν αναλογίες υδατανθράκων προς πρωτεΐνη 3,0:1, 2,7:1, 1,5:1 και 0,96:1 για τις ομάδες ελέγχου, ελέγχου με άσκηση, δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με άσκηση, αντίστοιχα. Η καρδιαγγειακή ικανότητα βελτιώθηκε και στις δύο ομάδες άσκησης. Δεν υπήρξαν αλλαγές στην ενεργειακή δαπάνη ηρεμίας. Δεν αναφέρθηκαν ανεπιθύμητες ενέργειες. Οι σημαντικές αλλαγές στα λιπίδια του αίματος περιελάμβαναν μειωμένη ολική χοληστερόλη στις ομάδες δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και ελέγχου με άσκηση, μειωμένη χοληστερόλη λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας μόνο στην ομάδα δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και μειωμένα τριγλυκερίδια αίματος μόνο στην ομάδα δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με άσκηση. Η χοληστερόλη λιποπρωτεΐνης υψηλής πυκνότητας, τα επίπεδα γλυκόζης αίματος νηστείας και η ινσουλίνης νηστείας δεν φαίνεται να επηρεάζονται από τη διατροφή ή την άσκηση. Μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ήταν ανώτερη από μια δίαιτα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά και υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες είτε μόνη της είτε όταν συνδυάζεται με ένα πρόγραμμα αερόβιας προπόνησης/αντίστασης για την προώθηση της απώλειας βάρους και της ισορροπίας του αζώτου, ενώ παρομοίως βελτιώνει τη σύσταση του σώματος και τους παράγοντες κινδύνου για το Μεταβολικό Σύνδρομο σε υπέρβαρες και παχύσαρκες Καναδές (Meckling & Sherfey, 2007).

Οι Wycherley et al. (2010) αξιολόγησαν τις επιπτώσεις δύο υποθερμιδικών δίαιτων χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά που διαφέρουν στην αναλογία υδατανθράκων προς πρωτεΐνη, με και χωρίς προπόνηση άσκησης με αντιστάσεις, στην απώλεια βάρους, τη σύσταση του σώματος και τα αποτελέσματα κινδύνου για καρδιαγγειακές παθήσεις σε υπέρβαρους/παχύσαρκους ασθενείς με διαβήτη τύπου 2. Συνολικά 83 άνδρες και γυναίκες με διαβήτη τύπου 2 (ηλικίας 56,1 ± 7,5 ετών, ΔΜΣ 35,4 ± 4,6 kg/m^2) κατατάχθηκαν τυχαία σε μια ισοθερμιδική δίαιτα περιορισμένης ενέργειας (θηλυκά άτομα 6 MJ/ημέρα, άνδρες 7 MJ/ ημέρα) είτε τυπικής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακα (υδατάνθρακας:πρωτεΐνη:λίπος 53:19:26) (ομάδα 1) είτε υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (43:33:22) (ομάδα 2), με ή χωρίς επιτηρούμενη προπόνηση με αντιστάσεις (3 ημέρες/εβδομάδα) για 16 εβδομάδες. Τη μελέτη ολοκλήρωσαν 59 συμμετέχοντες. Παρατηρήθηκε μια σημαντική επίδραση της ομάδας (P ≤ 0,04) για το σωματικό βάρος, τη λιπώδη μάζα και την περίμετρο μέσης, με τις μεγαλύτερες μειώσεις να σημειώνονται στην ομάδα που ακολουθούσε δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες και πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις (βάρος [ομάδα 1: -8,6 ± 4,6 kg, ομάδα 2: -9,0 ± 4,8 kg, ομάδα 1 με προπόνηση: −10,5 ± 5,1 kg, ομάδα 2 με προπόνηση: −13,8 ± 6,0 kg], μάζα λίπους [ομάδα 1: −6,4 ± 3,4 kg, ομάδα 2: −6,7 ± 4,0 kg, ομάδα 1 με προπόνηση: −7,9 ± 3,7 kg, ομάδα 2 με προπόνηση: −11,1 ± 3,7 kg] και περίμετρος μέσης [ομάδα 1: −8,2 ± 4,6 cm, ομάδα 2: −8,9 ± 3,9 cm, ομάδα 1 με προπόνηση: −11,3 ± 4,6 cm, ομάδα 2 με προπόνηση: −13,7 ± 4,6 cm]). Υπήρξε συνολική μείωση (P <0,001) στην άλιπη μάζα (-2,0 ± 2,3 kg), στην αρτηριακή πίεση (-15/8 ± 10/6 mmHg), στη γλυκόζη (-2,1 ± 2,2 mmol/l), στην ινσουλίνη (−4,7 ± 5,4 mU/l), την A1C (−1,25 ± 0,94%), τα τριγλυκερίδια (−0,47 ± 0,81 mmol/l), την ολική χοληστερόλη (−0,67 ± 0,69 mmol/l) και την LDL χοληστερόλη (−0,33 ± 0,37 mmol /l), χωρίς διαφορά μεταξύ των ομάδων (P ≥ 0,17). Φαίνεται, επομένως, πως μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες περιορισμένης ενέργειας σε συνδυασμό με άσκηση με αντιστάσεις πέτυχε μεγαλύτερη απώλεια βάρους και πιο ευνοϊκές αλλαγές στη σύσταση του σώματος. Ωστόσο, όλες οι θεραπείες είχαν παρόμοιες βελτιώσεις στον γλυκαιμικό έλεγχο και στους δείκτες κινδύνου καρδιαγγειακής νόσου (Wycherley et al., 2010).

Σκοπός της μελέτης των Antonio et al. (2015) ήταν να προσδιοριστεί εάν μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες σε συνδυασμό με ένα περιοδικό πρόγραμμα προπόνησης με βαριές αντιστάσεις θα επηρέαζε τους δείκτες σύστασης σώματος, απόδοσης και υγείας. Οι ερευνητές μελέτησαν 48 υγιείς άνδρες και γυναίκες που έκαναν προπόνηση

με αντιστάσεις, τους οποίους υπέβαλαν σε ένα πρόγραμμα προπόνησης με βαριές αντιστάσεις. Οι συμμετέχοντες κατηγοριοποιήθηκαν σε άτομα που κατανάλωναν φυσιολογική ποσότητα πρωτεϊνών (~2 g/kg/ημέρα) και σε αυτούς που κατανάλωναν υψηλή ποσότητα πρωτεϊνών >3 g/kg/ ημέρα και τους συμβούλεψαν να συνεχίσουν την ίδια δίαιτα. Παρ' ολ' αυτά, η ομάδα ατόμων που κατανάλωνε φυσιολογική ποσότητα πρωτεϊνών άρχισε να καταναλώνει σημαντικά ($p < 0,05$) περισσότερη πρωτεΐνη κατά τη διάρκεια της περιόδου θεραπείας σε σύγκριση με την αρχική μέτρηση. Η ομάδα υψηλής πρόσληψης πρωτεϊνών άρχισε να καταναλώνει περισσότερη ($p < 0,05$) συνολική ενέργεια και πρωτεΐνη κατά τη διάρκεια της περιόδου θεραπείας σε σύγκριση με την αρχική πρόσληψη. Υπήρξαν σημαντικές χρονικές αλλαγές ανά ομάδα ($p \leq 0,05$) στο σωματικό βάρος (αλλαγή: $+1,3 \pm 1,3$ kg στην ομάδα κανονικής πρόσληψης πρωτεϊνών, $-0,1 \pm 2,5$ στην ομάδα υψηλής πρόσληψης πρωτεϊνών), στη λιπώδη μάζα (αλλαγή: $-0,3 \pm 2,2$ kg στην ομάδα κανονικής πρόσληψης πρωτεϊνών, $-1,7 \pm 2,3$ στην ομάδα υψηλής πρόσληψης πρωτεϊνών) και % σωματικού λίπους (αλλαγή: $-0,7 \pm 2,8$ στην ομάδα κανονικής πρόσληψης πρωτεϊνών, $-2,4 \pm 2,9$ στην ομάδα υψηλής πρόσληψης πρωτεϊνών) (Πίνακας 2). Η ομάδα κανονικής πρόσληψης πρωτεϊνών κέρδισε σημαντικά περισσότερο σωματικό βάρος από την ομάδα υψηλής πρόσληψης πρωτεϊνών. Ωστόσο, η δεύτερη ομάδα παρουσίασε μεγαλύτερη μείωση στη λιπώδη μάζα και το % σωματικού λίπους. Υπήρχε σημαντική χρονική επίδραση για την άλιπη μάζα, χωρίς να διαφέρει μεταξύ των δύο ομάδων (αλλαγή: $+1,5 \pm 1,8$ στην ομάδα κανονικής πρόσληψης πρωτεϊνών, $+1,5 \pm 2,2$ στην ομάδα υψηλής πρόσληψης πρωτεϊνών). Επιπλέον, ένα σημαντικό αποτέλεσμα χρόνου ($p \leq 0,05$) παρατηρήθηκε και στις δύο ομάδες σε σχέση με βελτιώσεις στη μέγιστη δύναμη (δηλαδή, 1-RM squat και πάγκο), κάθετο άλμα και έλξεις. Επιπρόσθετα, δεν υπήρξαν αλλαγές σε καμία από τις παραμέτρους του αίματος (δηλαδή, στο βασικό μεταβολικό προφίλ). Συμπεραίνεται, επομένως, ότι η κατανάλωση δίαιτας με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (3,4 g/kg/ημέρα) σε συνδυασμό με ένα βαρύ πρόγραμμα προπόνησης με αντιστάσεις μπορεί να αποφέρει οφέλη όσον αφορά τη σύσταση του σώματος. Επιπλέον, από τη μελέτη αυτή δεν προκύπτουν ενδείξεις ότι η κατανάλωση μιας δίαιτας με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες έχει επιβλαβείς επιπτώσεις (Antonio et al., 2015).

Πίνακας 4-1 Σύσταση σώματος

	Φυσιολογική πρωτεΐνη ΠΡΙΝ	**Φυσιολογική πρωτεΐνη ΜΕΤΑ**	**Υψηλή πρωτεΐνη ΠΡΙΝ**	**Υψηλή πρωτεΐνη ΜΕΤΑ**	**Μεταξύ των ομάδων**
Σωματικό βάρος (kg)	74.7 ± 15.3	20-35%	10-35%	0,8	P = 0.04
Άλιπη μάζα (kg)	59.6 ± 13.4	59%	35%	2.3	Μη σημαντική διαφορά
Λιπώδης μάζα (kg)	15.1 ± 6.0	33%	39%	2.6	P = 0.04
% ποσοστό σωματικού λίπους	20.2 ± 7.6	33%	64%	4.3	P = 0.05

(Πηγή: Pesta & Samuel, 2014)

Ο κύριος στόχος της μελέτης των Amamou et al. (2017) ήταν να προσδιοριστεί η επίδραση ενός θερμιδικού περιορισμού 16 εβδομάδων με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες σε συνδυασμό με προπόνηση με αντιστάσεις στους παράγοντες κινδύνου χρόνιας νόσου σε παχύσαρκα ηλικιωμένα άτομα με μεταβολικές διαταραχές. Συνολικά 26 υπέρβαροι ενήλικες ηλικίας μεταξύ 60 και 75 ετών (ΔΜΣ 32,4 ± 3,9 kg/m^2) με τουλάχιστον 2 παράγοντες του μεταβολικού συνδρόμου συμμετείχαν σε αυτή τη μελέτη και τυχαιοποιήθηκαν σε δύο ομάδες: 1) θερμιδικός περιορισμός με υψηλή πρόσληψη πρωτεΐνης και 2) θερμιδικός περιορισμός με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες σε συνδυασμό με προπόνηση δυναμικής με αντιστάσεις. Η θερμιδική πρόσληψη μειώθηκε κατά 500 kcal/ημέρα σε όλους τους συμμετέχοντες και η πρόσληψη πρωτεΐνης ισοδυναμούσε με το 25-30% των συνολικών θερμίδων (~1,4 g/kg/ημέρα). Η προπόνηση περιελάμβανε 3 συνεδρίες/εβδομάδα προπόνηση με αντιστάσεις σε μηχανήματα τροχαλίας. Οι μετρήσεις έκβασης περιελάμβαναν ολική μάζα λίπους και μάζα κορμού, ολική και σκωληκοειδική άλιπη μάζα σώματος, επίπεδο γλυκόζης νηστείας, προφίλ λιπιδίων και αρτηριακή πίεση. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τα επίπεδα ολικών και κορμού άλιπης μάζας (όλα p<0,0001) καθώς και τα επίπεδα γλυκόζης νηστείας (p<0,0001), τριγλυκεριδίων (p=0,002) και ολικής χοληστερόλης (p=0,03) μειώθηκαν παρόμοια και στις δύο ομάδες. Ωστόσο, η συνολική (p=0,04) και η επιμέρους (p=0,02) άλιπη μάζα μειώθηκαν μόνο στην ομάδα που

λάμβανε υψηλή ποσότητα πρωτεϊνών μόνο. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι ο ενεργειακός περιορισμός με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες βελτιώνει το προφίλ υγείας των παχύσαρκων ηλικιωμένων που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο εμφάνισης χρόνιας νόσου, αλλά πρέπει να συνδυαστεί με προπόνηση με αντιστάσεις για τη διατήρηση της άλιπης μάζας (Amamou et al., 2017).

Οι Verreijen et al. (2017) πραγματοποίησαν μια τυχαιοποιημένη ελεγχόμενη δοκιμή στην οποία διερεύνησαν αν μια δίαιτα υψηλής πρωτεΐνης σε συνδυασμό με ή χωρίς άσκηση με αντιστάσεις θα είναι καλύτερο στη διατήρηση της άλιπης μάζας κατά την απώλεια βάρους σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ηλικιωμένους ενήλικες. Στη μελέτη συμπεριλήφθηκαν 100 υπέρβαροι και παχύσαρκοι ενήλικες ηλικίας 55-80 ετών. Κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος απώλειας βάρους 10 εβδομάδων όλα τα άτομα ακολούθησαν μια υποθερμιδική δίαιτα. Τα άτομα κατανεμήθηκαν τυχαία στο να ακολουθήσουν είτε δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (1,3 g/kg σωματικού βάρους) είτε δίαιτα με κανονική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (0,8 g/kg), με ή χωρίς πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις σε συχνότητα 3 φορές/εβδομάδα. Κατά την έναρξη, ο μέσος (±SD) ΔΜΣ ήταν 32 ± 4 kg/m^2. Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, η πρόσληψη πρωτεΐνης ήταν $1{,}13 \pm 0{,}35$ g/kg στις ομάδες με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες έναντι $0{,}98 \pm 0{,}29$ στις κανονικής περιεκτικότητας σε πρωτεϊνες ομάδες, κάτι που αντανακλά $16{,}3 \pm 5{,}2$ g/ημέρα υψηλότερη πρόσληψη πρωτεΐνης στις ομάδες υψηλής πρωτεΐνης. Τόσο η διατροφή με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες όσο και η άσκηση δεν επηρέασαν σημαντικά την αλλαγή στο σωματικό βάρος, την άλιπη μάζα και τη λιπώδη μάζα. Δεν παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση αλληλεπίδρασης μεταξύ περιεκτικότητας σε πρωτείνες και άσκησης με αντιστάσεις για την άλιπη μάζα. Ωστόσο, η ανάλυση εντός της ομάδας έδειξε ότι η δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη σε συνδυασμό με την άσκηση αύξησε σημαντικά την άλιπη μάζα ($+0{,}6 \pm 1{,}3$ kg, $p = 0{,}011$) (Πίνακας 3). Επομένως, στη μελέτη αυτή, μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη δεν επηρέασε σημαντικά τις αλλαγές στην άλιπη μέσα κατά τη μέτρια απώλεια βάρους σε υπέρβαρους και παχύσαρκους ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας. Ωστόσο, μόνο η ομάδα με τη συνδυασμένη παρέμβαση δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη και άσκησης με αντιστάσεις παρουσίασε σημανιτκή αύξηση της άλιπης μάζας (Verreijen et al., 2017).

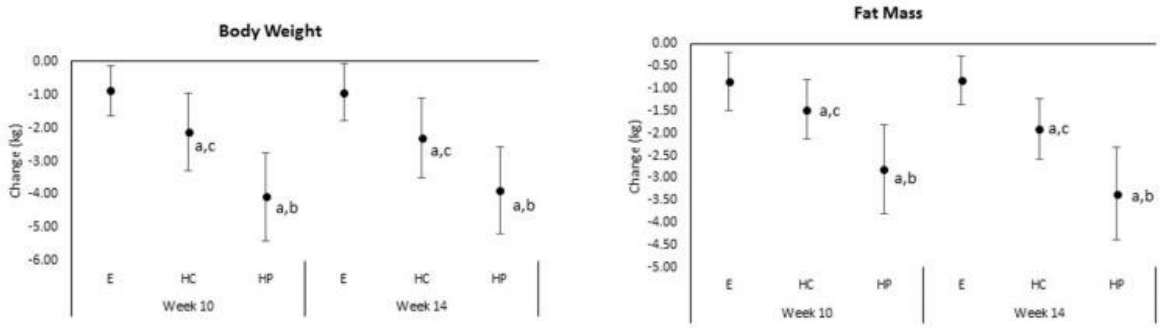
Πίνακας 4-2 Αλλαγή στα μέτρα έκβασης στις 10 εβδομάδες παρέμβασης

Δίαιτα	**Ομάδα ελέγχου (n=22)**	**Ομάδα πρωτεΐνης (n=21)**	**Ομάδα άσκησης (n=25)**	**Ομάδα πρωτεΐνης και άσκησης (n=32)**
Σωματικό βάρος (kg)	−1.7 ± 1.8*	−2.1 ± 3.6*	−2.6 ± 2.9*	−2.0 ± 2.2*
ΔΜΣ (kg/m^2)	−0.6 ± 0.6*	−0.8 ± 1.1*	−1.0 ± 1.0*	−0.9 ± 0.9*
Περιφέρεια μέσης (cm)	−3 ± 4*	−3 ± 4*	−4 ± 4*	−3 ± 3*
Λιπώδης μάζα (kg)	−1.5 ± 2.5*	−2.1 ± 3.4*	−2.8 ± 3.7*	−2.6 ± 2.4*
Ποσοστό λίπους (%)	−1.0 ± 2.1*	−1.3 ± 2.2*	−1.9 ± 3.3*	−2.1 ± 2.0*
Άλιπη μάζα (kg)	−0.0 ± 1.4	0.0 ± 1.5	+0.2 ± 2.3	+0.6 ± 1.3*

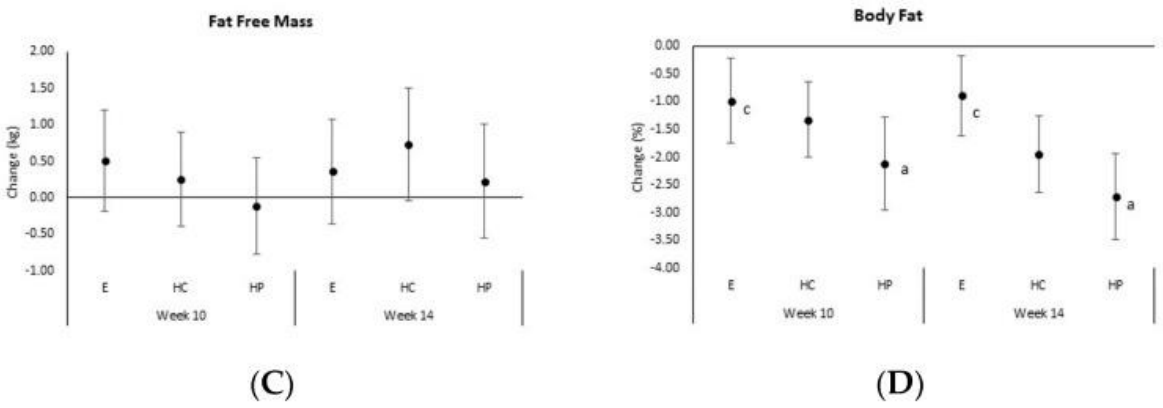
(Πηγή: Verreijen et al., 2017)

Η μελέτη των Galbreath et al. (2018) εξέτασε εάν η συμμόρφωση σε μια δίαιτα υψηλότερης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα άσκησης με αντιστάσεις θα οδηγήσει σε πιο ευνοϊκές αλλαγές στη σύσταση του σώματος, τους δείκτες υγείας ή/και τη λειτουργική ικανότητα σε γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας σε σύγκριση με μια παραδοσιακή δίαιτα με υψηλότερη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες ή μόνο άσκηση χωρίς παρέμβαση δίαιτας. Συνολικά, 54 υπέρβαρες και παχύσαρκες γυναίκες (65,9 ± 4,7 ετών, 78,7 ± 11 kg, 30,5 ± 4,1 kg/m^2, 43,5 ± 3,6% λίπος) χωρίστηκαν τυχαία σε μια ομάδα άσκησης μόνο (ομάδα ελέγχου), ομάδα που έκανε άσκηση συν υπο-ενεργειακή δίαιτα υψηλότερης περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες (ομάδα υδατανθράκων) ή δίαιτα υψηλότερης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη (ομάδα πρωτεϊνών). Οι συμμετέχοντες ακολούθησαν τα αντίστοιχα σχέδια διατροφής τους και πραγματοποίησαν ένα εποπτευόμενο πρόγραμμα άσκησης αντίστασης 30 λεπτών 3 ημέρες την εβδομάδα. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν ότι μετά από 14 εβδομάδες, οι συμμετέχοντες στην ομάδα δίαιτας με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες παρουσίασαν σημαντικά μεγαλύτερες μειώσεις στο βάρος (ομάδα ελέγχου −1,3 ± 2,3, [−2,4, −0,2], ομάδα υδατανθράκων −3,0 ± 3,1 [−4,5, −1,5], ομάδα πρωτεϊνών −4,8 ± 3,2, [−6,4, −3,1]%, p = 0,003), τη λιπώδη μάζα (ομάδα ελέγχου −2,7 ± 3,8, [−4,6, −0,9],

ομάδα υδατανθράκων −5,9 ± 4,2 [−8,0, −3,9], ομάδα πρωτεϊνών −10,2 ± 5,8 [−13,2, −7,2%], p < 0,001) και το ποσοστό σωματικού λίπους (ομάδα ελέγχου −2,0 ± 3,5 [−3,7, −0,3], ομάδα υδατανθράκων −4,3 ± 3,2 [−5,9, −2,8], ομάδα πρωτεϊνών −6,3 ± 3,5 [−8,1, −4,5] %, p = 0,002) χωρίς σημαντικές μειώσεις στην άλιπη μάζα ή στη δαπάνη ενέργειας ηρεμίας με την πάροδο του χρόνου ή μεταξύ των ομάδων (Εικόνα 7). Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν στη λεπτίνη (ομάδα ελέγχου −1,8 ± 34 [−18, 14], ομάδα υδατανθράκων 43,8 ± 55 [CI 16, 71], ομάδα πρωτεϊνών −26,5 ± 70 [−63, −9,6] ng/mL, p = 0,001) και την αδιπονεκτίνη (ομάδα ελέγχου 43,1 ± 76,2 [6,3, 79,8], ομάδα υδατανθράκων −27,9 ± 33,4 [−44,5, −11,3], ομάδα πρωτεϊνών 52,3 ± 79 [11,9, 92,8] μg/mL, p = 0). Όλες οι ομάδες παρουσίασαν σημαντικές βελτιώσεις στη μυϊκή δύναμη, τη μυϊκή αντοχή, την αερόβια ικανότητα, τους δείκτες ισορροπίας και λειτουργικής ικανότητας και αρκετούς δείκτες υγείας. Αυτά τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι μια δίαιτα υψηλότερης πρωτεΐνης με παράλληλη συμμετοχή σε ένα πρόγραμμα ασκήσεων με αντιστάσεις προώθησε πιο ευνοϊκές αλλαγές στη σύσταση του σώματος σε σύγκριση με μια δίαιτα υψηλότερης περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες σε γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας (Galbreath et al., 2018).



(A) **(B)**



(C) (D)

Σχήμα 4-3 (Α) Σωματικό βάρος, (Β) λιπώδης μάζα, (Γ) άλιπη μάζα, (Δ) σωματικό λίπος. Οι μέσες αλλαγές με 95% διαστήματα εμπιστοσύνης (CIs) από τις βασικές μεταβλητές στη σύσταση σώματος μόνο για τις ομάδες άσκησης (E), ομάδα υψηλότερων υδατανθράκων (HC) και υψηλότερων πρωτεϊνών (HP)

(Πηγή: Galbreath et al., 2018)

Πρωταρχικός στόχος της μελέτης των McKenna et al. (2021) ήταν να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα των συμπληρωμάτων πρωτεΐνης και της διατροφικής συμβουλευτικής με είτε μέτρια (~1,0 g/kg/ημέρα) ή υψηλότερη (~1,6 g/kg/ημέρα) πρόσληψη πρωτεΐνης κατά τη διάρκεια της προπόνησης με αντιστάσεις στη δύναμη (μία μέγιστη επανάληψη, 1-RM, ισοκινητική και ισομετρική μέγιστη ροπή) σε υγιείς ενήλικες μέσης ηλικίας. Συνολικά, 50 ενήλικες μέσης ηλικίας (ηλικία: 50 ± 8 ετών, ΔΜΣ: 27,2 ± 4,1 kg/m^2) τυχαιοποιήθηκαν είτε σε μέτρια είτε σε υψηλή πρόσληψη πρωτεΐνης κατά τη διάρκεια ενός προγράμματος προπόνησης με αντίσταση 10 εβδομάδων (3 × εβδομάδα). Οι συμμετέχοντες έλαβαν διατροφικές συμβουλές και κατανάλωναν είτε 15 g είτε 30 g πρωτεΐνης από άπαχο βοδινό κρέας αμέσως μετά την άσκηση και κάθε βράδυ. Η συνολική μάζα σώματος αυξήθηκε σε 1,3 (0,0, 2,6) kg στην ομάδα μέτριας πρόσληψης πρωτεΐνης και 1,5 (0,1, 1,0) kg στην ομάδα υψηλής πρόσληψης, χωρίς διαφορά μεταξύ των ομάδων (κύριο αποτέλεσμα χρόνου: P = 0,003). Υπήρχε μια κύρια επίδραση του χρόνου για τις μετρήσεις της άλιπης μάζας (P < 0,001). Το σωματικό λίπος και η οστική πυκνότητα και η περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία δεν άλλαξαν ανάλογα με την παρέμβαση, ανεξάρτητα από την πρόσληψη πρωτεΐνης. Η μέγιστη δύναμη (1-RM) για όλες τις ασκήσεις πάνω και κάτω σώματος αυξήθηκε σημαντικά χωρίς επίδραση της πρόσληψης πρωτεΐνης (P < 0,050). Υπήρχε μια κύρια επίδραση του χρόνου για την άλιπη μάζα (P <0,005). Οι καρδιαγγειακοί, νεφρικοί ή γλυκαιμικοί βιοδείκτες δεν επηρεάστηκαν από την παρέμβαση. Η μικροχλωρίδα του

εντέρου συσχετίστηκε με πολλά αποτελέσματα υγείας (P < 0,050). Συμπερασματικά, η υψηλότερη πρόσληψη πρωτεΐνης πάνω από μέτριες ποσότητες δεν ενισχύει τις προσαρμογές της προπόνησης με αντιστάσεις σε ενήλικες μέσης ηλικίας που δεν προπονούνταν προηγουμένως (McKenna et al., 2021).

Οι Olenick, Pearson και Jenkins (2023) διερεύνησαν τις επιδράσεις ενός νέου προτύπου δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες στον μεταγευματικό μεταβολισμό και τη σύσταση του σώματος (π.χ. περιφέρεια μέσης και ισχίου, σωματικό λίπος (%), λιπώδης μάζα, άλιπη μάζα) σε γυναίκες που ασκούνται με αντιστάσεις για ψυχαγωγικούς λόγους. 15 γυναίκες συμμετείχαν σε μια διατροφική παρέμβαση οκτώ εβδομάδων με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (~1,5–1,6 g/kg/ημέρα). Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε ομάδες υψηλής (5-6 ημέρες/εβδομάδα προπόνηση με αντιστάσεις) και χαμηλής συχνότητας προπόνησης (2-3 ημέρες/εβδομάδα προπόνηση με αντιστάσεις). Δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση στην απώλεια βάρους που παρατηρήθηκε σε κάθε ομάδα. Μετά την παρέμβαση, υπήρξε σημαντική μείωση στην περιφέρεια μέσης στην ομάδα υψηλής συχνότητας προπόνησης (p = 0,044), στο % σωματικού λίπους στην ομάδα χαμηλής συχνότητας (p = 0,012) και στη λιπώδη μάζα λίπους στην ομάδα χαμηλής συχνότητας (p = 0,014). Μετά την παρέμβαση, οι γυναίκες που ασκούνταν συχνότερα είχαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές μεταβολικού ρυθμού ηρεμίας από ότι γυναίκες που ασκούνταν λιγότερο συχνά (p = 0,036). Αυτές που ασκούνταν λιγότερο συχνά είχαν υψηλότερα επίπεδα οξείδωσης λίπους σε σύγκριση με αυτές που ασκούνταν περισσότερο πριν από την παρέμβαση (p = 0,048), αλλά σημαντική μείωση στην απόλυτη (p = 0,050) και σχετική (p = 0,050) οξείδωση λίπους μετά την παρέμβαση. Ακόμα, οι γυναίκες της ομάδας μικρότερης συχνότητας προπόνησης είχαν σημαντική αύξηση στην απόλυτη (p = 0,032) και σχετική (p = 0,029) οξείδωση υδατανθράκων πριν από την παρέμβαση (p = 0,032). Για τη γλυκόζη του αίματος, δεν ανιχνεύθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων (p > 0,05). Αυτά τα ευρήματα υποδηλώνουν ότι ένα νέο πρότυπο διατροφής με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες προκαλεί μια μεταβολική μετατόπιση που ευνοεί την οξείδωση των υδατανθράκων σε γυναίκες που συμμετέχουν σε προπόνηση με αντιστάσεις χαμηλής συχνότητας, αλλά δεν αλλάζει τον μεταβολισμό του λίπους και των υδατανθράκων σε γυναίκες που συμμετέχουν σε προπόνηση με αντιστάσεις με υψηλή συχνότητα (Olenic, Pearson & Jenkins, 2023).

Συμπεράσματα

Η απώλεια βάρους μπορεί να μειώσει σημαντικά τη συχνότητα εμφάνισης ασθενειών που σχετίζονται με την παχυσαρκία και το υπέρβαρο και τη σχετιζόμενη θνησιμότητα, να μειώσει τη συχνότητα εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων, να καθυστερήσει σημαντικά την εξέλιξη της μειωμένης ανοχής στη γλυκόζη στον σακχαρώδη διαβήτη και να βελτιώσει την ακράτεια ούρων, την υπνική άπνοια, την κατάθλιψη, την ποιότητα ζωής και τη σωματική λειτουργία.

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η σωστή καθοδήγηση διατροφής και άσκησης μπορεί να βοηθήσει στο να επιτευχθεί βραχυπρόθεσμη απώλεια βάρους. Ωστόσο, οι συνιστώμενες διατροφικές κατευθυντήριες γραμμές για την απώλεια βάρους ποικίλλουν σημαντικά και έχουν αναθεωρηθεί αρκετές φορές.

Μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μπορεί να προσφέρει επαρκή κορεσμό και γεύση φαγητού για να αντισταθεί το άτομο στην πείνα που προκαλείται από τον περιορισμό των θερμίδων και ως εκ τούτου μπορεί να αυξήσει τη συμμόρφωση. Σε σύγκριση με μια δίαιτα πλούσια σε υδατάνθρακες, μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες έχει πιο σημαντική θερμική επίδραση, η οποία αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας. Μια δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες σε συνδυασμό με προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να μειώσει την απώλεια άλιπης σωματικής μάζας κατά την απώλεια βάρους και να διατηρήσει ένα σχετικά υψηλό βασικό μεταβολικό ρυθμό. Μπορεί επίσης να αναπτύξει καλές διατροφικές συνήθειες και να βελτιώσει την αυτό-αποτελεσματικότητα στο αρχικό στάδιο απώλειας βάρους. Αυτή η βελτίωση στην αυτό-αποτελεσματικότητα προέρχεται από τον ενθουσιασμό για τη διαχείριση της πρόσληψης δίαιτας και την άσκηση.

Όπως αναφέρεται, ωστόσο, παραπάνω, μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη ενέχει και ορισμένους κινδύνους για τον οργανισμό. Μέχρι στιγμής δεν έχει αποσαφηνιστεί η βέλτιστη περιεκτικότητα, από την οποία μια δίαιτα υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη μπορεί να προσφέρει τα οφέλη όσον αφορά την απώλεια βάρους, με την ελάχιστη ζημιά για τον οργανισμό. Καθότι πρόκειται για μια πολλά υποσχόμενη διατροφή, θα πρέπει να βρεθεί η χρυσή τομή, ώστε να χορηγείται με ασφάλεια. Ακόμα, είναι σημαντικό να διερευνηθεί η ασφάλεια της παρέμβασης σε ειδικούς πληθυσμούς, όπως άτομα με προβλήματα στα νεφρά,

καθώς η δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη έχει δειχθεί ότι μπορεί να επηρεάσει τη νεφρική λειτουργία.

Όσον αφορά τις κλινικές οδηγίες, από τη μελέτη αυτή προκύπτει ότι ο συνδυασμός δίαιτας υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη με άσκηση με αντιστάσεις είναι πιο αποτελεσματικός από την εφαρμογή κάθε παρέμβασης χωριστά. Επομένως, οι επαγγελματίες υγείας θα πρέπει να το προτείνουν συχνότερα στους ασθενείς, ως μια υγιής και αποτελεσματική επιλογή για την απώλεια βάρους.

Κρίσιμη παρατήρηση: Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην τεκμηρίωση όλου του παραπάνω κειμένου με βιβλιογραφικές παραπομπές που ακολουθούν τις σχετικές οδηγίες. Όπου δεν υπάρχει παραπομπή θεωρείται ότι το κείμενο ανήκει στους φοιτητές. **Δεν επιτρέπετε η χρήση προτάσεων ή δεδομένων από άλλες εργασίες, χωρίς αυτές να αναφέρονται**. Αναφορά πρέπει να γίνεται σε κάθε παράγραφο που χρησιμοποιείται κείμενο από άλλο άρθρο, ακόμη και αν πρόκειται για το ίδιο άρθρο κάθε φορά.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Ahmed SR, Bellamkonda S, Zilbermint M, Wang J, and Kalyani RR. 2020. "Effects of the low carbohydrate, high fat diet on glycemic control and body weight in patients with type 2 diabetes: experience from a community-based cohort." *BMJ Open Diabetes Res Care* 8(1):e000980.

Al Kibria GM, Swasey K, Hasan MZ, Sharmeen A, and Day B. 2019 "Prevalence and factors associated with underweight, overweight and obesity among women of reproductive age in India." *Glob Health Res Policy* 4:24.

Amamou T, Normandin E, Pouliot J, Dionne IJ, Brochu M, and Riesco E.2017 "Effect of a High-Protein Energy-Restricted Diet Combined with Resistance Training on Metabolic Profile in Older Individuals with Metabolic Impairments." *J Nutr Health Aging* 21(1):67-74.

Anderson JW, Konz EC, Frederich RC, and Wood CL. 2001. "Long-term weight-loss maintenance: a meta-analysis of US studies." *Am J Clin Nutr* 74(5):579-584.

Antonio J, Ellerbroek A, Silver T, et al. 2015. "A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women--a follow-up investigation." *J Int Soc Sports Nutr*. 12:39.

Antonio J, Ellerbroek A, Silver T, et al. 2016. "A High Protein Diet Has No Harmful Effects: A One-Year Crossover Study in Resistance-Trained Males." *J Nutr Metab* 2016:9104792.

Atkins, C. D. C. 2002 *Dr. Atkins' new diet revolution*. Government Institutes.

Azzout-Marniche D, Gaudichon C, Blouet C, et al. 2017 "Liver glyconeogenesis: a pathway to cope with postprandial amino acid excess in high-protein fed rats?." *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 292(4):R1400-R1407.

Baba NH, Sawaya S, Torbay N, Habbal Z, Azar S, and Hashim SA. 1999 "High protein vs high carbohydrate hypoenergetic diet for the treatment of obese hyperinsulinemic

subjects." *Int J Obes Relat Metab Disord* 23(11):1202-1206.

Barber TM, Hanson P, Kabisch S, Pfeiffer AFH, and Weickert MO. 2021. "The Low-Carbohydrate Diet: Short-Term Metabolic Efficacy Versus Longer-Term Limitations." *Nutrients* 13(4):1187.

Bateman LA, Slentz CA, Willis LH, et al. 2011. "Comparison of aerobic versus resistance exercise training effects on metabolic syndrome (from the Studies of a Targeted Risk Reduction Intervention Through Defined Exercise - STRRIDE-AT/RT)." *Am J Cardiol* 108(6):838-844.

Batterham RL, Heffron H, Kapoor S, et al. 2006. "Critical role for peptide YY in protein-mediated satiation and body-weight regulation." *Cell Metab* 4(3):223-233.

Bays H. 2014. "Central obesity as a clinical marker of adiposopathy; increased visceral adiposity as a surrogate marker for global fat dysfunction." *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 21(5):345-351.

Bechara RG, and Kelly ÁM. 2013. "Exercise improves object recognition memory and induces BDNF expression and cell proliferation in cognitively enriched rats." *Behav Brain Res* 245:96-100.

Beck AT, Ward CH, Mendelson M, Mock J, and Erbaugh J. 1961. "An inventory for measuring depression." *Arch Gen Psychiatry* 4:561-571.

Belza A, Ritz C, Sørensen MQ, Holst JJ, Rehfeld JF, and Astrup A. 2013. "Contribution of gastroenteropancreatic appetite hormones to protein-induced satiety." *Am J Clin Nutr* (5):980-989.

Bendtsen LQ, Lorenzen JK, Bendsen NT, Rasmussen C, and Astrup A. 2013. "Effect of dairy proteins on appetite, energy expenditure, body weight, and composition: a review of the evidence from controlled clinical trials." *Adv Nutr* 4(4):418-438.

Benedetti MG, Furlini G, Zati A, and Letizia Mauro G. 2018. "The Effectiveness of Physical Exercise on Bone Density in Osteoporotic Patients." *Biomed Res Int* 2018:4840531.

Bhaskaran K, Dos-Santos-Silva I, Leon DA, Douglas IJ, and Smeeth L. 2018. "Association of BMI with overall and cause-specific mortality: a population-based cohort study of 3·6 million adults in the UK." *Lancet Diabetes Endocrinol* 6(12):944-953.

Boardley D, Fahlman M, Topp R, Morgan AL, and McNevin N. 2007. "The impact of exercise training on blood lipids in older adults." *Am J Geriatr Cardiol* 16(1):30-35.

Boaz M, Raz O, and Wainstein J. 2015. "Low fat vs. low carbohydrate diet strategies for weight reduction: a meta-analysis." *J Obes Weight Loss Ther 5*(273): 2.

Boden G, Sargrad K, Homko C, Mozzoli M, and Stein TP. 2005. "Effect of a low-carbohydrate diet on appetite, blood glucose levels, and insulin resistance in obese patients with type 2 diabetes." *Ann Intern Med* 142(6):403-411.

Bonjour JP, Schurch MA, and Rizzoli R. 1996. "Nutritional aspects of hip fractures." *Bone* 18(3 Suppl):139S-144S.

Boots C, and Stephenson MD. 2011. "Does obesity increase the risk of miscarriage in spontaneous conception: a systematic review." *Semin Reprod Med* 29(6):507-513.

Bowen J, Noakes M, and Clifton PM. 2006a. "Appetite regulatory hormone responses to various dietary proteins differ by body mass index status despite similar reductions in ad libitum energy intake." *J Clin Endocrinol Metab* 91(8):2913-2919.

Bowen J, Noakes M, Trenerry C, and Clifton PM. 2006b. "Energy intake, ghrelin, and cholecystokinin after different carbohydrate and protein preloads in overweight men." *J Clin Endocrinol Metab* 91(4):1477-1483.

Boyden TW, Pamenter RW, Going SB, et al. 1993. "Resistance exercise training is associated with decreases in serum low-density lipoprotein cholesterol levels in premenopausal women." *Arch Intern Med* 153(1):97-100

Braith RW, and Stewart KJ. 2006. "Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease." *Circulation* 113(22):2642-2650.

Bray GA, Krauss RM, Sacks FM, and Qi L. 2019. "Lessons Learned from the POUNDS Lost Study: Genetic, Metabolic, and Behavioral Factors Affecting Changes in Body Weight, Body Composition, and Cardiometabolic Risk." *Curr Obes Rep* 8(3):262-283.

Bray GA, Smith SR, de Jonge L, et al. 2012. "Effect of dietary protein content on weight gain, energy expenditure, and body composition during overeating: a randomized controlled trial." *JAMA* 307(1):47-55.

Breyer BN, Phelan S, Hogan PE, et al. 2014. "Intensive lifestyle intervention reduces

urinary incontinence in overweight/obese men with type 2 diabetes: results from the Look AHEAD trial." *J Urol* 192(1):144-149.

Brinkworth GD, Noakes M, Clifton PM, and Bird AR. 2009. "Comparative effects of very low-carbohydrate, high-fat and high-carbohydrate, low-fat weight-loss diets on bowel habit and faecal short-chain fatty acids and bacterial populations." *Br J Nutr* 101(10):1493-1502.

Brouns F. 2018. "Overweight and diabetes prevention: is a low-carbohydrate-high-fat diet recommendable?" *Eur J Nutr* 57(4):1301-1312.

Calvez J, Poupin N, Chesneau C, Lassale C, and Tomé D. 2012. "Protein intake, calcium balance and health consequences." *Eur J Clin Nutr* 66(3):281-295.

Campbell WW, Crim MC, Young VR, and Evans WJ. 1994. "Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults." *Am J Clin Nutr* 60(2):167-175.

Campos-Nonato I, Hernandez L, and Barquera S. 2017. "Effect of a High-Protein Diet versus Standard-Protein Diet on Weight Loss and Biomarkers of Metabolic Syndrome: A Randomized Clinical Trial." *Obes Facts* 10(3):238-251.

Carreiro AL, Dhillon J, Gordon S, et al. 2016. "The Macronutrients, Appetite, and Energy Intake." *Annu Rev Nutr* 36:73-103.

Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, et al. 2005. "The relative benefits of endurance and strength training on the metabolic factors and muscle function of people with type 2 diabetes mellitus." *Arch Phys Med Rehabil* 86(8):1527-1533.

Claessens M, van Baak MA, Monsheimer S, and Saris WH. 2009. "The effect of a low-fat, high-protein or high-carbohydrate ad libitum diet on weight loss maintenance and metabolic risk factors." *Int J Obes (Lond)* 33(3):296-304.

Clifton PM, Condo D, Keogh JB. 2014. "Long term weight maintenance after advice to consume low carbohydrate, higher protein diets--a systematic review and meta analysis." *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 24(3):224-235.

Clifton PM, Keogh JB, and Noakes M. 2008. "Long-term effects of a high-protein weight-loss diet." *Am J Clin Nutr* 87(1):23-29.

Crosignani PG, Colombo M, Vegetti W, Somigliana E, Gessati A, and Ragni G. 2003. "Overweight and obese anovulatory patients with polycystic ovaries: parallel improvements in anthropometric indices, ovarian physiology and fertility rate induced by diet." *Hum Reprod* 18(9):1928-1932.

Cuff DJ, Meneilly GS, Martin A, Ignaszewski A, Tildesley HD, and Frohlich JJ. 2003. "Effective exercise modality to reduce insulin resistance in women with type 2 diabetes." *Diabetes Care* 26(11):2977-2982.

Dadgostar H, Razi M, Aleyasin A, Alenabi T, and Dahaghin S. 2009. "The relation between athletic sports and prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea in Iranian female athletes." *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol* 1(1):16.

Davidenko O, Darcel N, Fromentin G, and Tomé D. 2013. "Control of protein and energy intake - brain mechanisms." *Eur J Clin Nutr* 67(5):455-461.

Dayan PH, Sforzo G, Boisseau N, Pereira-Lancha LO, and Lancha AH Jr. "A new clinical perspective: Treating obesity with nutritional coaching versus energy-restricted diets." *Nutrition* 60:147-151.

DE Almeida PC, DA Rosa Lima T, Avila ETP, et al. 2020. "High-Protein Diet Associated with Resistance Training Improves Performance and Decreases Adipose Index in Rats." *Int J Exerc Sci* 13(2):1366-1381.

Deemer SE, Plaisance EP, and Martins C. 2020. "Impact of ketosis on appetite regulation-a review." *Nutr Res* 77:1-11.

Dela F, and Kjaer M. 2006. "Resistance training, insulin sensitivity and muscle function in the elderly." *Essays Biochem* 42:75-88.

Demling RH, and DeSanti L. 2000. "Effect of a hypocaloric diet, increased protein intake and resistance training on lean mass gains and fat mass loss in overweight police officers." *Ann Nutr Metab* 44(1):21-29.

Diepvens K, Häberer D, and Westerterp-Plantenga M. 2008. "Different proteins and biopeptides differently affect satiety and anorexigenic/orexigenic hormones in healthy humans." *Int J Obes (Lond)* 32(3):510-518.

Donnelly JE, Honas JJ, Smith BK, et al. 2013. "Aerobic exercise alone results in clinically

significant weight loss for men and women: midwest exercise trial 2." *Obesity (Silver Spring)* 21(3):E219-E228.

Donnelly JE, Pronk NP, Jacobsen DJ, Pronk SJ, and Jakicic JM. 1991. "Effects of a very-low-calorie diet and physical-training regimens on body composition and resting metabolic rate in obese females." *Am J Clin Nutr* 54(1):56-61.

Drummen M, Tischmann L, Gatta-Cherifi B, Adam T, and Westerterp-Plantenga M. 2018. "Dietary Protein and Energy Balance in Relation to Obesity and Co-morbidities." *Front Endocrinol (Lausanne)* 9:443.

Dunstan DW, Daly RM, Owen N, et al. 2002. "High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes." *Diabetes Care* 25(10):1729-1736.

Ern, Garry Kuan Pei, Wan Firdaus, and Oleksandr Krasilshchikov. 2018. "Effects of using complex training method on muscular power among competitive male weightlifters." *Malaysian Journal of Sport Science and Recreation (MJSSR)* 14.1: 11-23.

Espeland MA, Glick HA, Bertoni A, et al. 2013. "Impact of an intensive lifestyle intervention on use and cost of medical services among overweight and obese adults with type 2 diabetes: the action for health in diabetes." *Diabetes Care* 37(9):2548-2556.

Essah PA, Levy JR, Sistrun SN, Kelly SM, and Nestler JE. 2007. "Effect of macronutrient composition on postprandial peptide YY levels." *J Clin Endocrinol Metab* 92(10):4052-4055.

Evans WJ. 2001. "Protein nutrition and resistance exercise." *Can J Appl Physiol* 26 Suppl:S141-S152.

Fahlman MM, Boardley D, Lambert CP, and Flynn MG. 2002. "Effects of endurance training and resistance training on plasma lipoprotein profiles in elderly women." *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 57(2):B54-B60.

Faulconbridge LF, Wadden TA, Rubin RR, et al. 2012. "One-year changes in symptoms of depression and weight in overweight/obese individuals with type 2 diabetes in the Look AHEAD study." *Obesity (Silver Spring)* 20(4):783-793.

Feldman AL, Griffin SJ, Ahern AL, et al. 2017. "Impact of weight maintenance and loss on diabetes risk and burden: a population-based study in 33,184 participants." *BMC Public Health* 17(1):170.

Fenkci S, Sarsan A, Rota S, and Ardic F. 2006. "Effects of resistance or aerobic exercises on metabolic parameters in obese women who are not on a diet." *Adv Ther* 23(3):404-413.

Foster GD, Borradaile KE, Sanders MH, et al. 2009. "A randomized study on the effect of weight loss on obstructive sleep apnea among obese patients with type 2 diabetes: the Sleep AHEAD study." *Arch Intern Med* 169(17):1619-1626.

Frigolet ME, Ramos Barragán VE, and Tamez González M. 2011. "Low-carbohydrate diets: a matter of love or hate." *Ann Nutr Metab* 58(4):320-334.

Fulgoni VL 3rd. 2008. "Current protein intake in America: analysis of the National Health and Nutrition Examination Survey, 2003-2004." *Am J Clin Nutr* 87(5):1554S-1557S.

Galbreath M, Campbell B, LaBounty P, et al. 2018. "Effects of Adherence to a Higher Protein Diet on Weight Loss, Markers of Health, and Functional Capacity in Older Women Participating in a Resistance-Based Exercise Program." *Nutrients* 10(8):1070.

Ge L, Sadeghirad B, Ball GDC, et al. 2020. "Comparison of dietary macronutrient patterns of 14 popular named dietary programmes for weight and cardiovascular risk factor reduction in adults: systematic review and network meta-analysis of randomised trials." *BMJ* 369:m696.

Geliebter A, Maher MM, Gerace L, Gutin B, Heymsfield SB, and Hashim SA. 1997. "Effects of strength or aerobic training on body composition, resting metabolic rate, and peak oxygen consumption in obese dieting subjects." *Am J Clin Nutr* 66(3):557-563.

Gibson AA, Seimon RV, Lee CM, et al. 2015. "Do ketogenic diets really suppress appetite? A systematic review and meta-analysis." *Obes Rev* 16(1):64-76.

Gilani SRM, and Feizabad AK. 2019. "The effects of aerobic exercise training on mental health and self-esteem of type 2 diabetes mellitus patients." *Health Psychol Res* 7(1):6576.

Shaw I, and Shaw BS. 2008. "Relationship between resistance training and lipoprotein profiles in sedentary male smokers." *Cardiovasc J Afr* 19(4):194-197.

Hall KD, Chen KY, Guo J, et al. 2016. "Energy expenditure and body composition changes after an isocaloric ketogenic diet in overweight and obese men." *Am J Clin Nutr* 104(2):324-333.

Hall KD, Hammond RA, and Rahmandad H. 2014. "Dynamic interplay among homeostatic, hedonic, and cognitive feedback circuits regulating body weight." *Am J Public Health* 104(7):1169-1175.

Hall WL, Millward DJ, Long SJ, and Morgan LM. 2003. "Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite." *Br J Nutr* 89(2):239-248.

Halton TL, and Hu FB. 2004. "The effects of high protein diets on thermogenesis, satiety and weight loss: a critical review." *J Am Coll Nutr* 23(5):373-385.

Hamman RF, Wing RR, Edelstein SL, et al. 2006. "Effect of weight loss with lifestyle intervention on risk of diabetes." *Diabetes Care* 29(9):2102-2107.

Hannan MT, Tucker KL, Dawson-Hughes B, Cupples LA, Felson DT, and Kiel DP. 2000. "Effect of dietary protein on bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study." *J Bone Miner Res* 15(12):2504-2512.

Hargreaves M, and Spriet LL. 2020. "Skeletal muscle energy metabolism during exercise." *Nat Metab* 2(9):817-828.

Hashimoto Y, Fukuda T, Oyabu C, et al. 2016. "Impact of low-carbohydrate diet on body composition: meta-analysis of randomized controlled studies." *Obes Rev* 17(6):499-509.

Heaney RP, and Layman DK. 2008. "Amount and type of protein influences bone health." *Am J Clin Nutr* 87(5):1567S-1570S.

Hession M, Rolland C, Kulkarni U, Wise A, and Broom J. 2009. "Systematic review of randomized controlled trials of low-carbohydrate vs. low-fat/low-calorie diets in the management of obesity and its comorbidities." *Obes Rev* 10(1):36-50.

Hofstetter CR, Hovell MF, Macera C, et al. 1991. "Illness, injury, and correlates of aerobic

exercise and walking: a community study." *Res Q Exerc Sport* 62(1):1-9.

Holt, Susanne HA, et al. 1995. "A satiety index of common foods." *European journal of clinical nutrition* 49.9: 675-690.

Howard BV, Van Horn L, Hsia J, et al. 2006. "Low-fat dietary pattern and risk of cardiovascular disease: the Women's Health Initiative Randomized Controlled Dietary Modification Trial." *JAMA* 295(6):655-666.

Hu T, Mills KT, Yao L, et al. 2012. "Effects of low-carbohydrate diets versus low-fat diets on metabolic risk factors: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials." *Am J Epidemiol* 176 Suppl 7(Suppl 7):S44-S54.

Hu T, Yao L, Reynolds K, et al. 2016. "The effects of a low-carbohydrate diet on appetite: A randomized controlled trial." *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 26(6):476-488.

Huber-Buchholz MM, Carey DG, and Norman RJ. 1998. "Restoration of reproductive potential by lifestyle modification in obese polycystic ovary syndrome: role of insulin sensitivity and luteinizing hormone." *J Clin Endocrinol Metab* 84(4):1470-1474.

Hunter DJ, Beavers DP, Eckstein F, et al. 2015. "The Intensive Diet and Exercise for Arthritis (IDEA) trial: 18-month radiographic and MRI outcomes." *Osteoarthritis Cartilage* 23(7):1090-1098.

Hunter GR, Bryan DR, Wetzstein CJ, Zuckerman PA, and Bamman MM. 2002. "Resistance training and intra-abdominal adipose tissue in older men and women." *Med Sci Sports Exerc* 34(6):1023-1028.

Hunter GR, Kekes-Szabo T, Snyder SW, Nicholson C, Nyikos I, and Berland L. 1997. "Fat distribution, physical activity, and cardiovascular risk factors." *Med Sci Sports Exerc* 29(3):362-369.

Hunter GR, Wetzstein CJ, Fields DA, Brown A, and Bamman MM. 2000. "Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults." *J Appl Physiol (1985)* 89(3):977-984.

Hurley BF, and Roth SM. 2000. "Strength training in the elderly: effects on risk factors for age-related diseases." *Sports Med* 30(4):249-268.

Hurley BF, Hagberg JM, Goldberg AP, et al. 1998. "Resistive training can reduce coronary

risk factors without altering VO2max or percent body fat." *Med Sci Sports Exerc* 20(2):150-154.

Hwalla N, and Jaafar Z. 2020. "Dietary Management of Obesity: A Review of the Evidence." *Diagnostics (Basel)* 11(1):24.

Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, et al. 2017. "International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise." *J Int Soc Sports Nutr* 14:20.

Jaillard T, Roger M, Galinier A, et al. 2009. "Hypothalamic reactive oxygen species are required for insulin-induced food intake inhibition: an NADPH oxidase-dependent mechanism." *Diabetes* 58(7):1544-1549.

Jensen MD. 2014. "Guidelines (2013) for managing overweight and obesity in adults." *Obesity* 22.2: S1.

Johnston BC, Kanters S, Bandayrel K, et al. 2014. "Comparison of weight loss among named diet programs in overweight and obese adults: a meta-analysis." *JAMA* 312(9):923-933.

Johnstone AM, Horgan GW, Murison SD, Bremner DM, and Lobley GE. 2008. "Effects of a high-protein ketogenic diet on hunger, appetite, and weight loss in obese men feeding ad libitum." *Am J Clin Nutr* 87(1):44-55.

Johnstone AM, Lobley GE, Horgan GW, et al. 2011. "Effects of a high-protein, low-carbohydrate v. high-protein, moderate-carbohydrate weight-loss diet on antioxidant status, endothelial markers and plasma indices of the cardiometabolic profile." *Br J Nutr* 106(2):282-291.

Jungas RL, Halperin ML, and Brosnan JT. 1992. "Quantitative analysis of amino acid oxidation and related gluconeogenesis in humans." *Physiol Rev* 72(2):419-448. doi:10.1152/physrev.1992.72.2.419

Kahn R, Buse J, Ferrannini E, Stern M, American Diabetes Association; European Association for the Study of Diabetes. 2005. "The metabolic syndrome: time for a critical appraisal: joint statement from the American Diabetes Association and the European Association for the Study of Diabetes." *Diabetes Care* 28(9):2289-2304.

Katsilambros NL. 2015. "Nutritional treatment of obesity in adults. What is certain and what

uncertain." *Archives of Hellenic Medicine/Arheia Ellenikes Iatrikes* 32.3.

Kennedy ET, Bowman SA, Spence JT, Freedman M, and King J. 2001. "Popular diets: correlation to health, nutrition, and obesity." *J Am Diet Assoc* 101(4):411-420.

Kiddy DS, Hamilton-Fairley D, Bush A, et al. 1992. "Improvement in endocrine and ovarian function during dietary treatment of obese women with polycystic ovary syndrome." *Clin Endocrinol (Oxf)*. 36(1):105-111.

Kirwan JP, Sacks J, and Nieuwoudt S. 2017. "The essential role of exercise in the management of type 2 diabetes." *Cleve Clin J Med* 84(7 Suppl 1):S15-S21.

Knight EL, Stampfer MJ, Hankinson SE, Spiegelman D, amd Curhan GC. 2003. "The impact of protein intake on renal function decline in women with normal renal function or mild renal insufficiency." *Ann Intern Med* 138(6):460-467.

Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE, et al. 2002. "Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin." *N Engl J Med* 346(6):393-403.

Koh, G. 2014. "Gut hormone response to diet." *The Korean Journal of Obesity* 23.1: 6-15.

Kokkinos PF, Hurley BF, Smutok MA, et al. 1991. "Strength training does not improve lipoprotein-lipid profiles in men at risk for CHD." *Med Sci Sports Exerc* 23(10):1134-1139.

Koliaki C, Spinos T, Spinou M, Brinia ME, Mitsopoulou D, and Katsilambros N. 2018. "Defining the Optimal Dietary Approach for Safe, Effective and Sustainable Weight Loss in Overweight and Obese Adults." *Healthcare (Basel)* 6(3):73.

Kolotkin RL, Crosby RD, Williams GR, Hartley GG, and Nicol S. 2001. "The relationship between health-related quality of life and weight loss." *Obes Res* 9(9):564-571. doi:10.1038/oby.2001.73

Kraemer WJ, Volek JS, Clark KL, et al. 1999. "Influence of exercise training on physiological and performance changes with weight loss in men." *Med Sci Sports Exerc* 31(9):1320-1329.

Kuna ST, Reboussin DM, Borradaile KE, et al. 2013. "Long-term effect of weight loss on obstructive sleep apnea severity in obese patients with type 2 diabetes." *Sleep* 36(5):641-649A.

Lam CCBL. 2019. "Obesity Updates: Understanding Obesity as a Disease and Intermittent Fasting." *The Singapore Family Physician* 16-19.

Langeveld M, and DeVries JH. 2015. "The long-term effect of energy restricted diets for treating obesity." *Obesity (Silver Spring)* 23(8):1529-1538.

Lazo M, Solga SF, Horska A, et al. 2010. "Effect of a 12-month intensive lifestyle intervention on hepatic steatosis in adults with type 2 diabetes." *Diabetes Care* 33(10):2156-2163.

Lee MJ, Ballantyne JK, Chagolla J, et al. 2020. "Order of same-day concurrent training influences some indices of power development, but not strength, lean mass, or aerobic fitness in healthy, moderately-active men after 9 weeks of training." *PLoS One* 15(5):e0233134.

Leidy HJ, Clifton PM, Astrup A, et al. 2015. "The role of protein in weight loss and maintenance." *Am J Clin Nutr* 101(6):1320S-1329S.

Lejeune MP, Kovacs EM, and Westerterp-Plantenga MS. 2005. "Additional protein intake limits weight regain after weight loss in humans." *Br J Nutr* 93(2):281-289.

Lejeune MP, Westerterp KR, Adam TC, Luscombe-Marsh ND, and Westerterp-Plantenga MS. 2006. "Ghrelin and glucagon-like peptide 1 concentrations, 24-h satiety, and energy and substrate metabolism during a high-protein diet and measured in a respiration chamber." *Am J Clin Nutr* 83(1):89-94.

Lin X, and Li H. 2021. "Obesity: Epidemiology, Pathophysiology, and Therapeutics." *Front Endocrinol (Lausanne)* 12:706978.

Lippl FJ, Neubauer S, Schipfer S, et al. 2010. "Hypobaric hypoxia causes body weight reduction in obese subjects." *Obesity (Silver Spring)* 18(4):675-681.

Look AHEAD Research Group. 2016. "Association of the magnitude of weight loss and changes in physical fitness with long-term cardiovascular disease outcomes in overweight or obese people with type 2 diabetes: a post-hoc analysis of the Look AHEAD randomised clinical trial." *The lancet Diabetes & endocrinology* 4.11: 913-921.

Look AHEAD Research Group, Wing RR, Bolin P, et al. 2013. "Cardiovascular effects of

intensive lifestyle intervention in type 2 diabetes." *N Engl J Med* 369(2):145-154.

Lopez P, Taaffe DR, Galvão DA, et al. 2022. "Resistance training effectiveness on body composition and body weight outcomes in individuals with overweight and obesity across the lifespan: A systematic review and meta-analysis." *Obes Rev* 23(5):e13428.

Magkos F, Fraterrigo G, Yoshino J, et al. 2016. "Effects of Moderate and Subsequent Progressive Weight Loss on Metabolic Function and Adipose Tissue Biology in Humans with Obesity." *Cell Metab* 23(4):591-601.

Manning JM, Dooly-Manning CR, White K, et al. 1991. "Effects of a resistive training program on lipoprotein--lipid levels in obese women." *Med Sci Sports Exerc* 23(11):1222-1226.

Mansoor N, Vinknes KJ, Veierød MB, and Retterstøl K. 2016. "Effects of low-carbohydrate diets v. low-fat diets on body weight and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomised controlled trials." *Br J Nutr* 115(3):466-479.

Martens EA, Lemmens SG, and Westerterp-Plantenga MS. 2013. "Protein leverage affects energy intake of high-protein diets in humans." *Am J Clin Nutr* 97(1):86-93.

Martens EA, Tan SY, Dunlop MV, Mattes RD, and Westerterp-Plantenga MS. 2014. "Protein leverage effects of beef protein on energy intake in humans." *Am J Clin Nutr* 99(6):1397-1406.

Mbogori T, Kimmel K, Zhang M, Kandiah J, and Wang Y. 2020. "Nutrition transition and double burden of malnutrition in Africa: A case study of four selected countries with different social economic development." *AIMS Public Health* 7(3):425-439.

McCarty MF. 1994. "Promotion of hepatic lipid oxidation and gluconeogenesis as a strategy for appetite control." *Med Hypotheses* 42(4):215-225.

McKenna CF, Salvador AF, Hughes RL, et al. 2021. "Higher protein intake during resistance training does not potentiate strength, but modulates gut microbiota, in middle-aged adults: a randomized control trial." *Am J Physiol Endocrinol Metab* 320(5):E900-E913.

Meckling KA, and Sherfey R. 2007. "A randomized trial of a hypocaloric high-protein diet, with and without exercise, on weight loss, fitness, and markers of the Metabolic

Syndrome in overweight and obese women." *Appl Physiol Nutr Metab* 32(4):743-752.

Medeiros CS, de Sousa Neto IV, Silva KKS, et al. 2021. "The Effects of High-Protein Diet and Resistance Training on Glucose Control and Inflammatory Profile of Visceral Adipose Tissue in Rats." *Nutrients* 13(6):1969.

Mellinkoff Sm, Frankland M, Boyle D, and Greipel M. 1956. "Relationship between serum amino acid concentration and fluctuations in appetite." *J Appl Physiol* 8(5):535-538.

Mersy DJ. 1991. "Health benefits of aerobic exercise." *Postgrad Med* 90(1):103-112.

Messier SP, Gutekunst DJ, Davis C, DeVita P. 2005. "Weight loss reduces knee-joint loads in overweight and obese older adults with knee osteoarthritis." *Arthritis Rheum* 52(7):2026-2032.

Messier SP, Loeser RF, Miller GD, et al. 2004. "Exercise and dietary weight loss in overweight and obese older adults with knee osteoarthritis: the Arthritis, Diet, and Activity Promotion Trial." *Arthritis Rheum* 50(5):1501-1510.

Messier SP, Mihalko SL, Legault C, et al. 2013. "Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis: the IDEA randomized clinical trial." *JAMA* 310(12):1263-1273.

Mikkelsen PB, Toubro S, and Astrup A. 2000. "Effect of fat-reduced diets on 24-h energy expenditure: comparisons between animal protein, vegetable protein, and carbohydrate." *Am J Clin Nutr* 72(5):1135-1141.

Millward DJ. 2012. "Identifying recommended dietary allowances for protein and amino acids: a critique of the 2007 WHO/FAO/UNU report." *Br J Nutr* 108 Suppl 2:S3-S21.

Moehlecke M, Canani LH, Silva LO, Trindade MR, Friedman R, and Leitão CB. 2016. "Determinants of body weight regulation in humans." *Arch Endocrinol Metab* 60(2):152-162.

Morell P, and Fiszman S. 2017. "Revisiting the role of protein-induced satiation and satiety." *Food Hydrocolloids* 68: 199-210.

Najari F, Alimohammadi A, and Ghodrati P. 2016. "Sudden Death Following Exercise; a Case Series." *Emerg (Tehran)* 4(2):97-100.

Niijima A, Torii K, and Uneyama H. 2005. "Role played by vagal chemical sensors in the hepato-portal region and duodeno-intestinal canal: an electrophysiological study." *Chem Senses* 30 Suppl 1:i178-i179.

Noakes M, Keogh JB, Foster PR, and Clifton PM. 2005. "Effect of an energy-restricted, high-protein, low-fat diet relative to a conventional high-carbohydrate, low-fat diet on weight loss, body composition, nutritional status, and markers of cardiovascular health in obese women." *Am J Clin Nutr* 81(6):1298-1306.

Noto H, Goto A, Tsujimoto T, and Noda M. 2019. "Low-carbohydrate diets and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of observational studies." *PLoS One* 8(1):e55030.

Nystoriak MA, and Bhatnagar A. 2018. "Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise. *Front Cardiovasc Med* 5:135.

Olenick AA, Pearson RC, and Jenkins NT. 2023. "Training Status Impacts Metabolic Response to A High-Protein Weight Loss Diet in Recreationally Resistance-Trained Females." *Int J Exerc Sci* 16(2):377-392.

Ozaki H, Loenneke JP, Buckner SL, and Abe T. 2016. "Muscle growth across a variety of exercise modalities and intensities: Contributions of mechanical and metabolic stimuli." *Med Hypotheses* 88:22-26.

Paoli A, Bosco G, Camporesi EM, and Mangar D. 2015. "Ketosis, ketogenic diet and food intake control: a complex relationship." *Front Psychol* 6:27.

Parise G, Phillips SM, Kaczor JJ, and Tarnopolsky MA. 2005. "Antioxidant enzyme activity is up-regulated after unilateral resistance exercise training in older adults." *Free Radic Biol Med* 39(2):289-295.

Park SK, Park JH, Kwon YC, Kim HS, Yoon MS, and Park HT. 2003. "The effect of combined aerobic and resistance exercise training on abdominal fat in obese middle-aged women." *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 22(3):129-135.

Pesta DH, and Samuel VT. 2014. "A high-protein diet for reducing body fat: mechanisms and possible caveats." *Nutr Metab (Lond)* 11(1):53.

Phelan S, Kanaya AM, Subak LL, et al. 2012. "Weight loss prevents urinary incontinence

in women with type 2 diabetes: results from the Look AHEAD trial." *J Urol* 187(3):939-944.

Pi-Sunyer FX. 2002. "The obesity epidemic: pathophysiology and consequences of obesity." *Obes Res* 10 Suppl 2:97S-104S.

Poppitt SD, McCormack D, and Buffenstein R. 1998. "Short-term effects of macronutrient preloads on appetite and energy intake in lean women." *Physiol Behav* 64(3):279-285.

Pratley R, Nicklas B, Rubin M, et al. 1994. "Strength training increases resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50- to 65-yr-old men." *J Appl Physiol (1985)* 76(1):133-137.

Promrat K, Kleiner DE, Niemeier HM, et al. 2010. "Randomized controlled trial testing the effects of weight loss on nonalcoholic steatohepatitis." *Hepatology* 51(1):121-129.

Pronk NP, Donnelly JE, and Pronk SJ. 1992. "Strength changes induced by extreme dieting and exercise in severely obese females." *J Am Coll Nutr* 11(2):152-158.

Rejeski WJ, Ip EH, Bertoni AG, et al. 2012. "Lifestyle change and mobility in obese adults with type 2 diabetes." *N Engl J Med* 366(13):1209-1217.

Retterstøl K, Svendsen M, Narverud I, and Holven KB. 2018. "Effect of low carbohydrate high fat diet on LDL cholesterol and gene expression in normal-weight, young adults: A randomized controlled study." *Atherosclerosis* 279:52-61.

Rice B, Janssen I, Hudson R, and Ross R. 1999. "Effects of aerobic or resistance exercise and/or diet on glucose tolerance and plasma insulin levels in obese men." *Diabetes Care* 22(5):684-691.

Ross R, and Rissanen J. 1994. "Mobilization of visceral and subcutaneous adipose tissue in response to energy restriction and exercise." *Am J Clin Nutr* 60(5):695-703.

Ross R, Rissanen J, Pedwell H, Clifford J, and Shragge P. 1996. "Influence of diet and exercise on skeletal muscle and visceral adipose tissue in men." *J Appl Physiol (1985)* 81(6):2445-2455.

Sackner-Bernstein J, Kanter D, and Kaul S. 2015. "Dietary Intervention for Overweight and Obese Adults: Comparison of Low-Carbohydrate and Low-Fat Diets. A Meta-Analysis." *PLoS One* 10(10):e0139817.

Santesso N, Akl EA, Bianchi M, et al. 2012. "Effects of higher- versus lower-protein diets on health outcomes: a systematic review and meta-analysis." *Eur J Clin Nutr*. 66(7):780-788.

Santos CS, and Nascimento FEL. 2019. "Isolated branched-chain amino acid intake and muscle protein synthesis in humans: a biochemical review." *Einstein (Sao Paulo)* 17(3):eRB4898.

Santos FL, Esteves SS, da Costa Pereira A, Yancy WS Jr, and Nunes JP. 2012. "Systematic review and meta-analysis of clinical trials of the effects of low carbohydrate diets on cardiovascular risk factors." *Obes Rev* 13(11):1048-1066.

Sardeli AV, Komatsu TR, Mori MA, Gáspari AF, and Chacon-Mikahil MPT. 2018. "Resistance Training Prevents Muscle Loss Induced by Caloric Restriction in Obese Elderly Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Nutrients* 10(4):423.

Jang SH, Paik IY, Ryu JH, Lee TH, and Kim DE. 2019. "Effects of aerobic and resistance exercises on circulating apelin-12 and apelin-36 concentrations in obese middle-aged women: a randomized controlled trial." *BMC Womens Health*. 19(1):23.

Schmitz KH, Jensen MD, Kugler KC, Jeffery RW, and Leon AS. 2003. "Strength training for obesity prevention in midlife women." *Int J Obes Relat Metab Disord* 27(3):326-333.

Schumann M, Feuerbacher JF, Sünkeler M, et al. 2022. "Compatibility of Concurrent Aerobic and Strength Training for Skeletal Muscle Size and Function: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis." *Sports Med* 52(3):601-612.

Schwartz MB, Just DR, Chriqui JF, and Ammerman AS. 2017. "Appetite self-regulation: Environmental and policy influences on eating behaviors." *Obesity (Silver Spring)* 25 Suppl 1:S26-S38.

Shaw I, and Shaw BS. 2006. "Consequence of resistance training on body composition and coronary artery disease risk." *Cardiovasc J S Afr* 17(3):111-116.

Sikaris KA. 2004. "The clinical biochemistry of obesity." *Clin Biochem Rev* 25(3):165-181.

Skov AR, Toubro S, Rønn B, Holm L, and Astrup A. 1999. "Randomized trial on protein vs carbohydrate in ad libitum fat reduced diet for the treatment of obesity." *Int J Obes*

Relat Metab Disord 23(5):528-536.

Smeets AJ, Soenen S, Luscombe-Marsh ND, Ueland Ø, and Westerterp-Plantenga MS. 2008. "Energy expenditure, satiety, and plasma ghrelin, glucagon-like peptide 1, and peptide tyrosine-tyrosine concentrations following a single high-protein lunch." *J Nutr* 138(4):698-702.

Soenen S, Bonomi AG, Lemmens SG, et al. 2012. "Relatively high-protein or 'low-carb' energy-restricted diets for body weight loss and body weight maintenance?." *Physiol Behav* 107(3):374-380.

St Jeor ST, Howard BV, Prewitt TE, et al. 2001. "Dietary protein and weight reduction: a statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism of the American Heart Association." *Circulation* 104(15):1869-1874.

Stocker R, and Keaney JF Jr. 2004. "Role of oxidative modifications in atherosclerosis." *Physiol Rev* 84(4):1381-1478.

Strasser B, and Schobersberger W. 2011. "Evidence for resistance training as a treatment therapy in obesity." *J Obes* 2011:482564.

Sumithran P, Prendergast LA, Delbridge E, et al. 2013. "Ketosis and appetite-mediating nutrients and hormones after weight loss." *Eur J Clin Nutr* 67(7):759-764.

Sweeney ME, Hill JO, Heller PA, Baney R, and DiGirolamo M. 1993. "Severe vs moderate energy restriction with and without exercise in the treatment of obesity: efficiency of weight loss." *Am J Clin Nutr* 57(2):127-134.

Swift DL, McGee JE, Earnest CP, Carlisle E, Nygard M, and Johannsen NM. 2018. "The Effects of Exercise and Physical Activity on Weight Loss and Maintenance." *Prog Cardiovasc Dis* 61(2):206-213.

Tan J, Krasilshchikov O, Kuan G, et al. 2023. "The Effects of Combining Aerobic and Heavy Resistance Training on Body Composition, Muscle Hypertrophy, and Exercise Satisfaction in Physically Active Adults." *Healthcare (Basel)* 11(17):2443.

Tan T, and Bloom S. 2013. "Gut hormones as therapeutic agents in treatment of diabetes and obesity." *Curr Opin Pharmacol* 13(6):996-1001.

Tappy L. 1996. "Thermic effect of food and sympathetic nervous system activity in humans." *Reprod Nutr Dev* 36(4):391-397.

Tessitore A, Mastroiaco V, Vetuschi A, et al. 2017. "Development of hepatocellular cancer induced by long term low fat-high carbohydrate diet in a NAFLD/NASH mouse model." *Oncotarget* 8(32):53482-53494.

Timmins RG, Shamim B, Tofari PJ, Hickey JT, and Camera DM. 2020. "Differences in Lower Limb Strength and Structure After 12 Weeks of Resistance, Endurance, and Concurrent Training." *Int J Sports Physiol Perform* 15(9):1223-1230.

Tomé D, Chaumontet C, Even PC, Darcel N, and Azzout-Marniche D. 2019. "Protein status modulates the rewarding value of foods and meals to maintain an adequate protein intake." *Physiol Behav* 206:7-12.

Trayhurn P, and Beattie JH. 2001. "Physiological role of adipose tissue: white adipose tissue as an endocrine and secretory organ." *Proc Nutr Soc* 60(3):329-339.

Treuth MS, Hunter GR, Kekes-Szabo T, Weinsier RL, Goran MI, and Berland L. 1995. "Reduction in intra-abdominal adipose tissue after strength training in older women." *J Appl Physiol (1985)* 78(4):1425-1431.

Treuth MS, Hunter GR, Weinsier RL, and Kell SH. 1995. "Energy expenditure and substrate utilization in older women after strength training: 24-h calorimeter results." *J Appl Physiol (1985)* 78(6):2140-2146.

Treuth MS, Ryan AS, Pratley RE, et al. 1994. "Effects of strength training on total and regional body composition in older men." *J Appl Physiol (1985)* 77(2):614-620.

Trumbo P, Schlicker S, Yates AA, Poos M, Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, and The National Academies. 2003. "Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids." *J Am Diet Assoc* 102(11):1621-1630.

Tuomilehto J, Lindström J, Eriksson JG, et al. 2001. "Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance." *N Engl J Med* 344(18):1343-1350.

Unick JL, Beavers D, Jakicic JM, et al. 2011. "Effectiveness of lifestyle interventions for

individuals with severe obesity and type 2 diabetes: results from the Look AHEAD trial." *Diabetes Care* 34(10):2152-2157.

van der Klaauw AA, Keogh JM, Henning E, et al. 2013. "High protein intake stimulates postprandial GLP1 and PYY release." *Obesity (Silver Spring)* 21(8):1602-1607.

Vaughan L, Zurlo F, and Ravussin E. 1991. "Aging and energy expenditure." *The American journal of clinical nutrition* 53(4): 821-825.

Veldhorst MA, Nieuwenhuizen AG, Hochstenbach-Waelen A, et al. 2009. "Comparison of the effects of a high- and normal-casein breakfast on satiety, 'satiety' hormones, plasma amino acids and subsequent energy intake." *Br J Nutr* 101(2):295-303.

Veldhorst MA, Westerterp KR, and Westerterp-Plantenga MS. 2012. "Gluconeogenesis and protein-induced satiety." *Br J Nutr* 107(4):595-600.

Veldhorst MA, Westerterp KR, van Vught AJ, and Westerterp-Plantenga MS. 2010. "Presence or absence of carbohydrates and the proportion of fat in a high-protein diet affect appetite suppression but not energy expenditure in normal-weight human subjects fed in energy balance." *Br J Nutr* 104(9):1395-1405.

Verreijen AM, Engberink MF, Memelink RG, van der Plas SE, Visser M, and Weijs PJ. 2017. "Effect of a high protein diet and/or resistance exercise on the preservation of fat free mass during weight loss in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial." *Nutr J* 16(1):10.

Vincent HK, Bourguignon C, and Vincent KR. 2006. "Resistance training lowers exercise-induced oxidative stress and homocysteine levels in overweight and obese older adults." *Obesity (Silver Spring)* 14(11):1921-1930.

Vogels N, Diepvens K, and Westerterp-Plantenga MS. 2005. "Predictors of long-term weight maintenance." *Obes Res* 13(12):2162-2168.

Vu JP, Luong L, Parsons WF, et al. 2017. "Long-Term Intake of a High-Protein Diet Affects Body Phenotype, Metabolism, and Plasma Hormones in Mice." *J Nutr* 147(12):2243-2251.

Wadden TA, Vogt RA, Andersen RE, et al. 1997. "Exercise in the treatment of obesity: effects of four interventions on body composition, resting energy expenditure, appetite,

and mood." *J Consult Clin Psychol* 65(2):269-277.

Webster CC, Murphy TE, Larmuth KM, Noakes TD, and Smith JA. 2019. "Diet, Diabetes Status, and Personal Experiences of Individuals with Type 2 diabetes Who Self-Selected and Followed a Low Carbohydrate High Fat diet." *Diabetes Metab Syndr Obes* 12:2567-2582.

Weigle DS, Breen PA, Matthys CC, et al. 2005. "A high-protein diet induces sustained reductions in appetite, ad libitum caloric intake, and body weight despite compensatory changes in diurnal plasma leptin and ghrelin concentrations." *Am J Clin Nutr* 82(1):41-48.

Weinsier RL, Hunter GR, Desmond RA, Byrne NM, Zuckerman PA, and Darnell BE. 2002. "Free-living activity energy expenditure in women successful and unsuccessful at maintaining a normal body weight." *Am J Clin Nutr* 75(3):499-504.

Weinstock RS, Dai H, and Wadden TA. 1998. "Diet and exercise in the treatment of obesity: effects of 3 interventions on insulin resistance." *Arch Intern Med* 158(22):2477-2483.

Westerterp KR. 2000. "Daily physical activity and ageing." *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 3(6):485-488.

Westerterp-Plantenga MS, Lejeune MP, Nijs I, van Ooijen M, and Kovacs EM. 2004. "High protein intake sustains weight maintenance after body weight loss in humans." *Int J Obes Relat Metab Disord* 28(1):57-64.

Westerterp-Plantenga MS, Rolland V, Wilson SA, and Westerterp KR. 1999. "Satiety related to 24 h diet-induced thermogenesis during high protein/carbohydrate vs high fat diets measured in a respiration chamber." *Eur J Clin Nutr* 53(6):495-502.

Wharton S, Lau DCW, Vallis M, et al. 2020. "Obesity in adults: a clinical practice guideline." *CMAJ* 192(31):E875-E891.

White DK, Neogi T, Rejeski WJ, et al. 2015. "Can an intensive diet and exercise program prevent knee pain among overweight adults at high risk?." *Arthritis Care Res (Hoboken)* 67(7):965-971.

Williamson DA, Rejeski J, Lang W, et al. 2009. "Impact of a weight management program on health-related quality of life in overweight adults with type 2 diabetes." *Arch Intern*

Med 169(2):163-171.

Wilson PW, D'Agostino RB, Sullivan L, Parise H, and Kannel WB. 2002. "Overweight and obesity as determinants of cardiovascular risk: the Framingham experience." *Arch Intern Med* 162(16):1867-1872.

Wing RR, Bond DS, Gendrano IN 3rd, et al. 2013. "Effect of intensive lifestyle intervention on sexual dysfunction in women with type 2 diabetes: results from an ancillary Look AHEAD study." *Diabetes Care* 36(10):2937-2944.

Wing RR, Lang W, Wadden TA, et al. 2011. "Benefits of modest weight loss in improving cardiovascular risk factors in overweight and obese individuals with type 2 diabetes." *Diabetes Care* 34(7):1481-1486.

Wing RR, Rosen RC, Fava JL, et al. 2010. "Effects of weight loss intervention on erectile function in older men with type 2 diabetes in the Look AHEAD trial." *J Sex Med* 7(1 Pt 1):156-165.

Wolfe RR. 2006. "The underappreciated role of muscle in health and disease." *Am J Clin Nutr* 84(3):475-482.

Wren AM, Seal LJ, Cohen MA, et al. 2001. "Ghrelin enhances appetite and increases food intake in humans." *J Clin Endocrinol Metab* 86(12):5992.

Wycherley TP, Moran LJ, Clifton PM, Noakes M, and Brinkworth GD. 2012. "Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials." *Am J Clin Nutr* 96(6):1281-1298.

Wycherley TP, Noakes M, Clifton PM, Cleanthous X, Keogh JB, and Brinkworth GD. 2010. "A high-protein diet with resistance exercise training improves weight loss and body composition in overweight and obese patients with type 2 diabetes." *Diabetes Care* 33(5):969-976.

Zhang X, Qi Q, Zhang C, et al. 2012. "FTO genotype and 2-year change in body composition and fat distribution in response to weight-loss diets: the POUNDS LOST Trial." *Diabetes* 61(11):3005-3011.

Zong G, Gao A, Hu FB, Sun Q. 2016. "Whole Grain Intake and Mortality From All Causes,

Cardiovascular Disease, and Cancer: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies.” *Circulation* 133(24):2370-2380.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

Αποδέχομαι ότι η Βιβλιοθήκη μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.