



Effect of Exercise Training on Liver Steatosis in Adults with Obesity and Nonalcoholic Fatty Liver Disease

¹Maria Protopapa, ¹Alexandra Avloniti, ¹Theodoros Stampoulis, ¹Christos Kokkotis, ¹Dimitrios Balampanos, ¹Dimitrios Pantazis, ¹Nikolaos Retzepis, ¹Maria Emmanouilidou, ¹Anastasia Gkachtsou, ¹Maria Michalopoulou, ¹Antonios Kampas, ²Ioannis Fatouros, ¹Athanasios Chatzinikolaou

¹Department of Physical Education & Sport Science, Democritus University of Thrace

²Department of Physical Education & Sport Science, University of Thessaly

Abstract

Non-Alcoholic Fatty Liver Disease (NAFLD) is the leading cause of chronic liver disease worldwide. It is characterized by hepatic steatosis and can progress to fibrosis, cirrhosis, and hepatocellular carcinoma. NAFLD is associated with the obesity epidemic and comorbidities such as hyperlipidemia and type 2 diabetes mellitus, primarily affecting middle-aged men and postmenopausal women, although its prevalence is rapidly increasing among younger individuals. Current pharmacological treatment focuses on managing comorbidities, such as cardiovascular and metabolic dysfunctions, rather than directly addressing the liver disease itself. Lifestyle interventions, including diet and exercise, have been shown to be effective in managing steatosis and preventing its progression to cirrhosis. This review aims to synthesize studies examining the effects of various exercise protocols on hepatic steatosis in adults with obesity and to provide guidelines regarding the type and intensity of exercise for managing steatosis in this population. To achieve this objective, a search was carried out in the scientific database PubMed. The results indicated a reduction in steatosis of 10,7% over 16 weeks with the implementation of aerobic training for 45-60 minutes at 60% of heart rate reserve (HRR) or 55% of maximum oxygen uptake (VO₂max), with a training frequency of five times a week. Additionally, reductions of 1-3% in steatosis were observed with both aerobic and high-intensity interval training protocols, as well as resistance exercise, at a training frequency of 3-4 times per week over durations of 4, 8 and 12 weeks, and up to 8 months. In conclusion, training exercise can lead to significant improvements in hepatic steatosis in adults with obesity, with an emphasis on daily aerobic exercise. Further research is needed to explore the effects of different exercise protocols concerning intensity and duration to gain additional insights.

Keywords: *aerobic, interval training, resistance, steatosis*

Ανασκόπηση

Επίδραση της Προπόνησης στην Ηπατική Στεάτωση σε Ενήλικες με Παχυσαρκία και Μη Αλκοολική Λιπώδη Νόσο του Ήπατος

¹Μαρία Πρωτόπαπα, ¹Αλεξάνδρα Αυλωνίτη, ¹Θεόδωρος Σταμπουλής, ¹Χρήστος Κοκκότης, ¹Δημήτριος Μπαλαμπάνος, ¹Δημήτριος Πανταζής, ¹Νικόλαος Ρετζέπης, ¹Μαρία Εμμανουηλίδου, ¹Αναστασία Γκάχτσου, ¹Μαρία Μιχαλοπούλου, ¹Αντώνιος Καμπάς, ²Ιωάννης Φατούρος, ¹Αθανάσιος Χατζηνικολάου

¹Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

²Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Η Μη Αλκοολική Λιπώδης Νόσος του Ήπατος (ΜΑΛΝΗ) αποτελεί την κύρια αιτία χρόνιας ηπατικής νόσου παγκοσμίως. Χαρακτηρίζεται από ηπατική στεάτωση και μπορεί να εξελιχθεί σε ίνωση, κίρρωση και ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα. Συσχετίζεται με την επιδημία της παχυσαρκίας και με συνοσηρότητες όπως η υπερλιπιδαιμία και ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 και εμφανίζεται κυρίως σε μεσήλικες άντρες και εμμηνοπαυσιακές γυναίκες, καθώς η εμφάνισή της αυξάνεται ραγδαία και σε νεότερες ηλικίες. Η φαρμακευτική αγωγή που συνταγογραφείται αφορά στην αντιμετώπιση των συνοσηροτήτων, όπως είναι οι καρδιαγγειακές και μεταβολικές δυσλειτουργίες και όχι άμεσα στην ηπατική νόσο. Τρόπο αντιμετώπισης της στεάτωσης και αποτροπή της εξέλιξής της σε κίρρωση φαίνεται να αποτελεί η παρέμβαση στον τρόπο ζωής, συμπεριλαμβανομένης της διατροφής και της άσκησης. Σκοπός της παρούσας ανασκόπησης ήταν να συγκεντρώσει τις εργασίες που εξέτασαν την επίδραση διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης στην ηπατική στεάτωση σε ενήλικες με παχυσαρκία και να παρουσιάσει το είδος και τα στοιχεία επιβάρυνσης της άσκησης, ως κατευθυντήριες οδηγίες για την αντιμετώπιση της στεάτωσης σε αυτόν τον πληθυσμό. Για την επίτευξη αυτού του στόχου έγινε αναζήτηση στην επιστημονική βάση δεδομένων PubMed. Στα αποτελέσματα διαπιστώθηκε πως επιτυγχάνεται μείωση της στεάτωσης κατά 10,7% στις 16 εβδομάδες με την εφαρμογή αερόβιας προπόνησης σταθερού ρυθμού για 45-60' στο 60% της εφεδρικής καρδιακής συχνότητας (HRR) ή στο 55% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO₂max) με συχνότητα προπόνησης 5 φορές την εβδομάδα. Επίσης, παρατηρήθηκε μείωση κατά 1-3% τόσο με εφαρμογή πρωτοκόλλων αερόβιας όσο με διαλειμματικής μορφής υψηλής έντασης και άσκηση με αντιστάσεις με συχνότητα προπόνησης 3-4 φορές την εβδομάδα στις 4, 8, 12 εβδομάδες και 8 μήνες. Συμπερασματικά, η προπόνηση μπορεί να επιφέρει βελτίωση στην ηπατική στεάτωση ενήλικων με παχυσαρκία και κυρίως η καθημερινή προπόνηση αερόβιας άσκησης. Χρειάζεται να εμπλουτιστεί η έρευνα με παρεμβάσεις πρωτοκόλλων άσκησης διαφορετικών στοιχείων επιβάρυνσης και διάρκειας, ώστε να αποκτηθεί περαιτέρω γνώση.

Λέξεις κλειδιά: αερόβια, διαλειμματική άσκηση, αντιστάσεις, στεάτωση

Εισαγωγή

Το ήπαρ είναι ένα ενδοσπλαχνικό όργανο, εμπλεκόμενο σε περίπου 500 λειτουργίες του οργανισμού, μεταξύ άλλων, στο μεταβολισμό των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των λιπιδίων, την πέψη, τη ρύθμιση του γλυκογόνου, την αποθήκευση σιδήρου και διάφορων βιταμινών, τον αναβολισμό και καταβολισμό πρωτεϊνών (Vernon et al., 2024). Είναι επιρρεπές στη συσσώρευση λίπους σε συγκεκριμένες συνθήκες και σε προχωρημένες καταστάσεις δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα υγείας, όπως η ηπατική ίνωση, στεατοηπατίτιδα, ηπατική ανεπάρκεια και ο καρκίνος (Khan et al., 2022; American Cancer Society, 2024). Πιο συγκεκριμένα, η συσσώρευση λίπους στο ήπαρ είναι γνωστή ως Λιπώδης Νόσος του Ήπατος (ΛΝΗ), έχει πάρει τη μορφή πανδημίας με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και τη μακροζωία του ανθρώπου, γι' αυτό απασχολεί έντονα την ιατρική και ερευνητική κοινότητα (Kaya & Yilmaz, 2022; Khan et al., 2022). Προγνωστικούς παράγοντες για τη ΛΝΗ, εκτός από το φύλο, αποτελούν η ηλικία, η παχυσαρκία, η διατροφή, ο καθιστικός τρόπος ζωής, η αποχή από την προπόνηση, η χρόνια φαρμακευτική αγωγή, η κατανάλωση αλκοόλ, η ηπατίτιδα, η κληρονομικότητα κ.α. (Iqbal et al., 2019; Khan et al., 2022). Η ΛΝΗ είναι η πιο συχνή αιτία της χρόνιας ηπατικής νόσου. Χαρακτηρίζεται από στεάτωση και η παρατεταμένη εμφάνιση λίπους και φλεγμονής στο ήπαρ δημιουργεί ίνωση με ή χωρίς την εμφάνιση στεατοηπατίτιδας (McCullough, 2004). Η επακόλουθη έκταση της ηπατικής ίνωσης, δημιουργεί ακαμψία στο όργανο και ουλώδη ιστό με συνέπεια η νόσος να εξελίσσεται σε κίρρωση και τελικά σε ηπατική ανεπάρκεια και καρκίνωμα. Στα πρώτα στάδια, είναι ασυμπτωματική και διαγιγνώσκεται, συνήθως σε τυχαίο έλεγχο, με υπέρηχο, μαγνητική ή αξονική τομογραφία ήπατος ή/και με αυξημένους ηπατικούς ενζυμικούς δείκτες, όπως η γ-γλουταμυλοτρανσφεράση (γ-GT), η αμινοτρανσφεράση της αλανίνης (ALT), η ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST) κ.α. (McCullough et al., 2007). Τον πιο αξιόπιστο αλλά ταυτόχρονα και παρεμβατικό τρόπο αποτελεί η ηπατική βιοψία. Τον πιο σύνθετο, προσιτό και οικονομικό τρόπο αποτελεί η υπερηχογραφική ηπατονεφρική απεικόνιση, κατά την οποία πραγματοποιείται σύγκριση της φωτεινότητας του ήπατος σε σχέση με την φωτεινότητα του νεφρού και σπανιότερα του παγκρέατος και του σπλήνα (Slentz et al., 2011). Τα αίτια εμφάνισής της μπορεί να είναι δευτεροπαθή, όπως η κατανάλωση αλκοόλ (Αλκοολική ΛΝΗ, ΑΛΝΗ) ή πρωτογενή, τα οποία οφείλονται σε μεταβολικούς και άλλους παράγοντες, πλην της κατανάλωσης αλκοόλ, και κατά συνέπεια η νόσος παίρνει την ονομασία Μη Αλκοολική Λιπώδης Νόσος του Ήπατος (ΜΑΛΝΗ). Πρόσφατα, προτάθηκε για τη νόσο η διεθνής ονομασία Σχετιζόμενη με το Μεταβολισμό Λιπώδης Νόσος του Ήπατος (Metabolism Associated Fatty Liver Disease, MAFLD) (Eslam et al., 2020).

Η ΜΑΛΝΗ έχει συσχετιστεί με την παχυσαρκία, την αντίσταση στην ινσουλίνη, το σακχαρώδη διαβήτη, την καρδιαγγειακή νόσο, την χρόνια νεφρική νόσο, την υπέρταση, τη δυσλιπιδαιμία, τις διάφορες μορφές καρκίνου κ.α. (Eslam, Newsome, et al., 2020). Ετησίως, πάνω από 800.000 άτομα, σε παγκόσμιο επίπεδο, πεθαίνουν από ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα, το τρίτο από τα είδη καρκίνου που αποτελούν αιτία θανάτου (Khan et al., 2022; American Cancer Society, 2024). Ο επιπολασμός της ΜΑΛΝΗ ανέρχεται στο 25% παγκοσμίως και είναι ανησυχητικό ότι ο ρυθμός εμφάνισής της αυξήθηκε ραγδαία κατά την μετάβαση στην προηγούμενη δεκαετία, από 18% σε 31% και συμβαδίζει με το ρυθμό εμφάνισης των σχετικών παραγόντων κινδύνου, όπως είναι η παχυσαρκία (Iqbal et al., 2019; Kaya & Yilmaz, 2022). Εκτιμάται ότι μέχρι το 2030 το ποσοστό αυτό θα έχει αυξηθεί κατά 21% επιπλέον (Dong et al., 2024; Estes et al., 2018). Αξιοσημείωτο είναι ότι, περισσότεροι από 52 εκατομμύρια άνθρωποι στην Ευρώπη πάσχουν από ΜΑΛΝΗ και οι ετήσιες ιατρικές οικονομικές δαπάνες ανέρχονται στα 35 δισεκατομμύρια ευρώ (Younossi et al., 2016).

Η ΜΑΛΝΗ εμφανίζεται κυρίως στους άντρες ηλικίας 40-50 χρόνων και αυτό οφείλεται στην κεντρικού τύπου παχυσαρκία (Dong et al., 2024), ενώ η φυλετική διαφοροποίηση φαίνεται να εξαλείφεται κατά τη μετεμμηνοπαυσιακή περίοδο των γυναικών. Το πρόβλημα επιδεινώνεται με την πάροδο της ηλικίας, η οποία αποτελεί ανεξάρτητο παράγοντα κινδύνου ηπατικής ίνωσης, κατά συνέπεια, νοσηρότητας και θνησιμότητας σε ηλικιωμένα άτομα. Η ΜΑΛΝΗ, παρά η γενική εναπόθεση σπλαχνικού λίπους, φαίνεται να αποτελεί μεγαλύτερο παράγοντα κινδύνου για εμφάνιση καρδιομεταβολικής νόσου (Keating et al., 2012).

Πληθώρα ερευνών έχουν εστιαστεί στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας κυρίως με διαίτα και άσκηση προσανατολισμένες στην απώλεια βάρους (Villareal et al., 2017) ή με φαρμακευτική αγωγή και χειρουργική επέμβαση (Haywood & Sumithran, 2019; Jensen et al., 2014; Thompson et al., 2007; Yumuk et al., 2015). Οι συγκεκριμένοι τρόποι αντιμετώπισης αποδείχθηκαν αναποτελεσματικοί καθώς η απώλεια βάρους επιφέρει αντισταθμιστικές αλλαγές στις ορμόνες των λιποκυττάρων και του εντέρου, την ενεργειακή δαπάνη, την όρεξη και εγκεφαλικές αντιδράσεις στα τρόφιμα που καθιστούν δύσκολη την διατήρηση της απώλειας βάρους (Fothergill et al., 2016; Rosenbaum et al., 2008; Sumithran et al., 2011). Επιπλέον, η επεμβατική μέθοδος με στόχο την απώλεια

βάρους είναι αμφιλεγόμενο αν επιφέρει επιπλοκές, σαρκοπενία και πρόωρη θνησιμότητα κατά τη γήρανση (Miller & Wolfe, 2008). Παρά τα διάφορα πρωτόκολλα φαρμακευτικής αγωγής που έχουν μελετηθεί, ο αμερικανικός οργανισμός τροφίμων και φαρμάκων (Food and Drug Administration, FDA) δεν έχει προχωρήσει στην έγκριση συγκεκριμένης φαρμακευτικής θεραπείας. Σύμφωνα με τις πιο πρόσφατες κατευθυντήριες οδηγίες της αμερικανικής ένωσης για τη μελέτη των νοσημάτων του ήπατος (American Association for the Study of Liver Diseases, AASLD), η αντιμετώπιση της ΜΑΛΝΗ θα πρέπει να επικεντρώνεται στη θεραπεία των συναφών μεταβολικών συννοσηροτήτων και της ηπατικής νόσου, όπως είναι η υπερτριγλυκεριδαμία, η δυσλιπιδαιμία και τα καρδιομεταβολικά νοσήματα.

Η εύρεση εναλλακτικών τρόπων αντιμετώπισης είναι επιτακτική. Δεδομένου ότι η ΜΑΛΝΗ εμφανίζεται σε άτομα με παχυσαρκία και συνδέεται με το μεταβολικό σύνδρομο και τον καρδιαγγειακό κίνδυνο, η έρευνα για τους τρόπους αντιμετώπισης προσανατολίζεται στη φυσική δραστηριότητα (Bull et al., 2020), την προπόνηση και τη διατροφή (Crocì et al., 2016). Οι κατευθυντήριες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μελέτη του ήπατος, του διαβήτη και της παχυσαρκίας προσανατολίζονται προς την αλλαγή των συνηθειών φυσικής δραστηριότητας και διατροφής, με προοδευτική αύξηση της αερόβιας και της άσκησης με αντιστάσεις (EASL-EASD-EASO, 2016). Η προπόνηση από μόνη της, φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ΜΑΛΝΗ, είτε αυτή συνδυάζεται με πρόγραμμα διατροφής είτε όχι. Από μια ανασκόπηση και μετα-ανάλυση, φάνηκε ότι η παρέμβαση προπονητικών προγραμμάτων από μόνη της είναι ικανή να μειώσει το ηπατικό λίπος, ενώ δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά όταν συγκρίθηκαν οι ομάδες προπόνησης με τις ομάδες προπόνησης που συμμετείχαν ταυτόχρονα και σε διατροφική παρέμβαση (Keating et al., 2012). Το αξιοσημείωτο είναι πως στις περισσότερες μελέτες η απώλεια σωματικού βάρους δεν ξεπερνούσε το 0,5 κιλό. Παρόλα αυτά, η επίδραση της προπόνησης σε άτομα με ΜΑΛΝΗ ακόμα και χωρίς απώλεια σωματικού βάρους, είναι πολύ σημαντική, καθώς βελτιώνεται η ηπατική στεάτωση, η αντίσταση στην ινσουλίνη και η οξειδωση των λιπιδίων (Hallsworth et al., 2011). Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι η αερόβια προπόνηση συμβάλλει στη μείωση σωματικού βάρους και λιπώδους ιστού, αυξάνει την αερόβια αντοχή και την καρδιοαναπνευστική ικανότητα, καθιστώντας το άτομο πιο ανθεκτικό και λειτουργικό στις καθημερινές δραστηριότητες (Beavers et al., 2017; Villareal et al., 2017). Επιπρόσθετα, η προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης με αντιστάσεις, βελτιώνει τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του σκελετικού μυ, τη λειτουργικότητα όλου του σώματος (Villareal et al., 2017) και αυξάνει το βασικό μεταβολικό ρυθμό με αποτέλεσμα την αύξηση της ενεργειακής δαπάνης. Επιπλέον, τόσο η καρδιοαναπνευστική προπόνηση (Keating, Sabag, et al., 2023; Sabag et al., 2022; Slomko et al., 2021) όσο και η προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης (Hashida 2017) φαίνεται να επιδρούν θετικά στη ΜΑΛΝΗ, με παρόμοια αποτελέσματα. Δεδομένου ότι η αερόβια προπόνηση απαιτεί περισσότερη ενεργειακή δαπάνη (Hashida et al., 2017) και οι πάσχοντες είναι κυρίως αδρανή άτομα με παχυσαρκία και με περιορισμένη καρδιοαναπνευστική ικανότητα, η προπόνηση δύναμης ίσως να είναι πιο προσιτή για αυτή την πληθυσμιακή ομάδα στην αρχή.

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να συγκεντρωθούν και να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα μελετών σχετικά με την επίδραση των διαφόρων πρωτοκόλλων προπόνησης που έχουν χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση της ΜΑΛΝΗ σε ενήλικες με παχυσαρκία. Έτσι αναμένεται να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα και κατευθυντήριες οδηγίες σχετικά με το είδος, τη διάρκεια, την ένταση και την ποσότητα της άσκησης, ως ένας εναλλακτικός, μη επεμβατικός/φαρμακευτικός τρόπος αντιμετώπισης της νόσου και κατ' επέκταση βελτίωσης της γενικής υγείας, της μακροζωίας και της ποιότητας ζωής του ανθρώπου.

Μεθοδολογία

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στη βάση δεδομένων Pubmed για εύρεση επιστημονικών άρθρων που στόχος τους ήταν να εξετάσουν την επίδραση της προπόνησης στη μείωση της ηπατικής στεάτωσης ενήλικων με παχυσαρκία με απεικονιστικές μεθόδους. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση ήταν (((((NAFLD) OR (MAFLD) OR ("nonalcoholic fatty liver disease") OR ("metabolic associated fatty liver disease")))) AND ((Adults))) AND (((exercise) OR (training) OR ("aerobic training") OR ("resistance training")))). Αρχικά εμφανίστηκαν 1382 επιστημονικά άρθρα και μετά την εφαρμογή φίλτρων για ελεύθερη πρόσβαση και κλινική ή τυχαίοποιημένα ελεγχόμενη δοκιμή παρέμειναν 105. Δεδομένου ότι τα κριτήρια επιλογής των άρθρων ήταν η διερεύνηση της ηπατικής στεάτωσης σε Μη Αλκοολική Λιπώδη Νόσο του Ήπατος, με απεικονιστικές μεθόδους, σε ενήλικες με παχυσαρκία και η παρέμβαση της προπόνησης, αποκλείστηκαν τα άρθρα που δεν ανταποκρίνονταν στο σκοπό της παρούσας μελέτης ή είχαν ελλιπή δεδομένα στη μεθοδολογία και παρέμειναν 13 μελέτες, που

πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης. Από αυτές τις μελέτες διαχωρίστηκαν τα πρωτόκολλα άσκησης σε αερόβια με συνεχόμενο ρυθμό, διαλειμματικής μορφής και άσκηση με αντιστάσεις. Κατά την προσπάθεια ομαδοποίησης των στοιχείων επιβάρυνσης και σύγκρισης των αποτελεσμάτων, ο χρόνος άσκησης στα πρωτόκολλα αερόβιας και διαλειμματικής άσκησης μετατράπηκε σε λεπτά ανά εβδομάδα. Στα αποτελέσματα παρουσιάζεται η επίδραση της προπόνησης στην ηπατική στεάτωση ($p < .05$) δίνοντας έμφαση στην επίδραση του κάθε είδους προπόνησης.

Αποτελέσματα

Οι μελέτες που επιλέχθηκαν βάσει των κριτηρίων ένταξης σε αυτή την ανασκόπηση χρονολογούνται από το 2009 έως το 2020. Συνολικά, συμπεριλήφθηκαν 13 μελέτες από τις οποίες σε 9 το δείγμα αποτέλεσαν άνδρες και γυναίκες (Cuthbertson et al., 2016; Johnson et al., 2009a; Keating et al., 2015; Pugh et al., 2013, 2014; Ryan et al., 2020; Slentz et al., 2011; Sullivan et al., 2012; Zelber-Sagi, 2014), σε 1 αποκλειστικά άνδρες (Whyte et al., 2020), ενώ σε 3 μελέτες το φύλο δεν διευκρινίζεται (Hallsworth et al., 2011, 2015; Winn et al., 2018). Σε όλες τις ομάδες το δείγμα αποτέλεσαν ενήλικες με παχυσαρκία και αποκλείστηκαν μελέτες στις οποίες οι συμμετέχοντες έπασχαν από στεατοηπατίτιδα (Houghton et al., 2017; Keating, Croci, et al., 2023) ή διαβήτη τύπου II (Abdelbasset et al., 2019, 2020; Bacchi et al., 2013; Banitalebi et al., 2019; Cassidy et al., 2016; Sabag et al., 2020). Σε μία μελέτη, υπάρχει ως κριτήριο αποκλεισμού, η πρόσληψη φαρμάκων για τον διαβήτη που προκαλούν στεατοηπατίτιδα, ωστόσο, δεν αναφέρεται αν οι συμμετέχοντες είχαν διαβήτη ή έπαιρναν οποιαδήποτε φαρμακευτική αγωγή (Hallsworth et al., 2015) και έχει συμπεριληφθεί στην παρούσα εργασία. Η διάγνωση και η εξέλιξη της ηπατικής στεάτωσης έγινε με απεικονιστικές μεθόδους, όπως είναι η μαγνητική (Cuthbertson et al., 2016; Hallsworth et al., 2011, 2015; Johnson et al., 2009a; Keating et al., 2012; Pugh et al., 2013, 2014; Ryan et al., 2020; Whyte et al., 2020), η αξονική (Slentz et al., 2011) και η υπερηχογραφική (Zelber-Sagi, 2014) απεικόνιση. Επίσης, αποκλείστηκαν μελέτες που δεν εξέτασαν τη μεταβολή της στεάτωσης (Draz et al., 2020) ή το έκαναν υπολογίζοντας την ηπατική λειτουργία βάσει προσδιορισμού του β-υδροξυβουτυρικού (Croci et al., 2016), που αποτελεί δείκτη ηπατικής κετογένεσης, ή με τη χρήση τύπων (Banitalebi et al., 2019) βάσει ηπατικών και λιπιδαιμικών δεικτών. Συνολικά, αξιολογήθηκαν 13 εργασίες, από τις οποίες προέκυψαν 12 πρωτόκολλα αερόβιας προπόνησης, 3 διαλειμματικής, 3 αντιστάσεων, και 1 συνδυαστικό αερόβιας σταθερού ρυθμού με αντιστάσεις (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Μελέτες και πρωτόκολλα της ανασκόπησης.

Μελέτη	Αερόβια	Διαλειμματική	Αντιστάσεις	Συνδυασμός	Ελέγχου
Cuthbertson, 2016	✓				✓
Pugh, 2014	✓				✓
Pugh, 2013	✓				✓
Sullivan, 2012	✓				✓
Johnson, 2009	✓				✓
Hallsworth, 2015		✓			✓
Winn, 2017	✓	✓			✓
Ryan, 2020	✓	✓			
	✓				
Keating, 2015	✓				✓
	✓				
Hallsworth, 2011			✓		✓
Zelber-Sagi, 2014			✓		✓
Slentz, 2011	✓		✓	✓	
Whyte, 2020	✓				✓

Αερόβια

Συνολικά παρουσιάζονται 12 πρωτόκολλα αερόβιας προπόνησης με σταθερό ρυθμό σε ενήλικες με παχυσαρκία από το 2009 μέχρι το 2020. Η συνολική διάρκεια παρέμβασης διήρκεσε 4 (Johnson et al., 2009a; Winn et al., 2018), 8 (Keating et al., 2015), 12 (Ryan et al., 2020), 16 εβδομάδες (Cuthbertson et al., 2016; Pugh et al., 2013, 2014; Sullivan et al., 2012; Whyte et al., 2020) και σε μία μελέτη έφτασε τις 32 εβδομάδες (Slentz et al., 2011). Με συχνότητα προπόνησης από 3 μέχρι 5 φορές την εβδομάδα, ο συνολικός χρόνος άσκησης που χρησιμοποιήθηκε κυμάνθηκε από 135 μέχρι 300 λεπτά ανά εβδομάδα. Πιο συγκεκριμένα, ο χρόνος αυξήθηκε προοδευτικά τις πρώτες εβδομάδες μέχρι να επιτευχθούν 135 (Johnson et al., 2009a; Keating et al., 2015), 150-180 (Ryan et al., 2020), 225-240 (Cuthbertson et al., 2016; Keating et al., 2015; Pugh et al., 2013, 2014; Winn et al., 2018) ή 300 (Johnson et al., 2009a; Whyte et al., 2020) λεπτά άσκησης την εβδομάδα. Σε μία από αυτές κριτήριο ήταν η επίτευξη ενός θερμιδικού ελλείμματος 400 θερμίδων ανά προπονητική μονάδα. Σε μία ακόμα μελέτη το κριτήριο ήταν η συνολική διανυόμενη απόσταση των 19,2χλμ την εβδομάδα (Slentz et al., 2011). Επίσης, η ένταση της άσκησης είτε ήταν σταθερή είτε προοδευτικά αυξανόμενη (Cuthbertson et al., 2016; Keating et al., 2015; Pugh et al., 2013, 2014; Winn et al., 2018), ορίστηκε ως υπομέγιστο ποσοστό της VO₂max ή της HRmax ή HRReserve ή ως εύρος μιας 20βάθμιας κλίμακας αντικειμενικής αντίληψης της κόπωσης (RPE). Έτσι, αναλύθηκαν πρωτόκολλα με ένταση 60% HRR (Cuthbertson et al., 2016; Pugh et al., 2013, 2014), 70% VO₂max (Johnson et al., 2009a; Keating et al., 2015) ή 70% HRmax (Ryan et al., 2020) στα οποία έγινε προοδευτική αύξηση στις πρώτες συνεδρίες άσκησης μέχρι να επιτευχθεί η τελική ένταση. Ενώ σε άλλα πρωτόκολλα η ένταση έμεινε σταθερή κατά τη διάρκεια της μελέτης και αντιστοιχούσε στο 55% VO₂max (Winn et al., 2018), 50% VO₂max (Keating et al., 2015), 75% VO₂max (Slentz et al., 2011) είτε σε εύρος έντασης που αντιστοιχεί σε 40-60% HRR (Whyte et al., 2020) ή 45-55% VO₂max (Sullivan et al., 2012). Το δείγμα αποτέλεσαν ενήλικες άνδρες και γυναίκες με παχυσαρκία και με διαγνωσμένη ηπατική στεάτωση. Σε δύο μελέτες συμμετείχαν εξολοκλήρου άνδρες (Johnson et al., 2009a; Whyte et al., 2020) και σε μία δεν αναφέρεται το φύλο (Winn et al., 2018). Στις περισσότερες μελέτες τα αποτελέσματα της αερόβιας προπόνησης συγκρίθηκαν με ομάδα ελέγχου (Cuthbertson et al., 2016; Johnson et al., 2009a; Keating et al., 2015; Pugh et al., 2013, 2014; Sullivan et al., 2012; Whyte et al., 2020; Winn et al., 2018) η οποία συνέχισε τις καθημερινές συνήθειες ή μια πολύ ήπιας έντασης δραστηριότητα, όπως διατάξεις και ασκήσεις με μπάλα γυμναστικής, λειτουργώντας ως placebo, ή δόθηκαν οδηγίες για τις διατροφικές συνήθειες και τη φυσική δραστηριότητα χωρίς κάποια επίβλεψη. Επιπλέον, σε δύο από αυτές τις μελέτες οι αρχικές μετρήσεις συγκρίθηκαν με ομάδα ελέγχου που δεν έπασχε από ΜΑΛΝΗ (Pugh et al., 2013, 2014). Επιπρόσθετα, σε μία έρευνα έγινε σύγκριση τριών πρωτοκόλλων αερόβιας προπόνησης συνεχόμενου ρυθμού (Keating et al., 2015). Η μια ομάδα προπονήθηκε με υψηλή ένταση και χαμηλό όγκο, η άλλη με χαμηλή/μέτρια ένταση και μικρό όγκο και η τρίτη με χαμηλή ένταση και μικρό όγκο. Σε δύο μελέτες υπήρξε σύγκριση με πρωτόκολλο διαλειμματικής προπόνησης (Ryan et al., 2020; Winn et al., 2018), σε μία μελέτη με προπόνηση αντιστάσεων (Slentz et al., 2011) και σε μία μελέτη με συνδυαστικό πρωτόκολλο αερόβιας και προπόνηση με αντιστάσεις (Slentz et al., 2011). Από τα αποτελέσματα των ερευνών παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση της ηπατικής στεάτωσης σε τέσσερις μελέτες (Cuthbertson et al., 2016; Slentz et al., 2011; Whyte et al., 2020; Winn et al., 2018) σε μία εκ των οποίων υπήρχε σημαντική διαφορά και ως προς την ομάδα ελέγχου (Cuthbertson et al., 2016). Σε τρεις μελέτες, επιπλέον, τα αποτελέσματα ήταν σημαντικά ως προς την ομάδα ελέγχου (Johnson et al., 2009; Keating et al., 2015; Sullivan et al., 2012). Τέλος, σε δύο μελέτες, φαίνεται να υπάρχει μείωση της ηπατικής στεάτωσης, ωστόσο αυτή συγκρίθηκε με την ομάδα ελέγχου, στην οποία είχαν δοθεί συμβουλές για αλλαγή στις καθημερινές συνήθειες φυσικής δραστηριότητας και διατροφής και δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Pugh et al., 2013, 2014). Συγκεντρωτικά, τα στοιχεία επιβάρυνσης των πρωτοκόλλων αυτών των μελετών που επέφεραν σημαντικές βελτιώσεις της στεάτωσης αφορούν ένα μεγάλο εύρος διάρκειας 135-300 λεπτών την εβδομάδα, ξεκινώντας προοδευτικά από 80-90 λεπτά, ή την επίτευξη διανυόμενης απόστασης 19,2 χιλ/εβδομάδα, με ένταση 45-75% VO₂max ή 30-60% HRR, με συνολική διάρκεια παρέμβασης 4-16 εβδομάδες ή 8 μήνες. Τα πρωτόκολλα της αερόβιας άσκησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Πρωτόκολλα αερόβιας προπόνησης.

Μελέτη	Πρωτόκολλο	Ομάδα ελέγχου	Συμμετέχοντες	Αποτελέσματα προπόνησης	Αποτελέσματα ελέγχου
Cuthbertson, 2016	προοδευτικά 30-45' στο 30-60% HRR, 3-	συμβουλευτική, προτροπή για	30 (23 άνδρες + 7 γυναίκες), 50 (46-58) χρόνων, ΔΜΣ	IHCL* [#] -9,3% (-13,1, -5,3 95% CI)	IHCL -2,5% (-6,2, 1,2) [pre 16(9,6-32,5)]

	5/εβδομάδα, 16 εβδομάδες	άσκηση, χωρίς παρακολούθηση	30,7 (29,2 -32,9) kg/m ²	[pre 19,4(14,6-36,1) post 10,1(6,5-27,1)]	post 14,6(8,8-27,3)]
Pugh, 2014	προοδευτικά 30-45' στο 30-60% HRR 3-5/εβδομάδα, 16 εβδομάδες	συμβουλευτική, προτροπή άσκηση για προαγωγή υγείας, χωρίς παρακολούθηση	13 (7 άνδρες & 6 γυναίκες), 50+/-3 χρόνων, ΔΜΣ 30+/-1 (29-32) kg/m ²	IHCL -8,4% (-12,5, -4,2 95% CI) [pre 27(14,7, 39,3) post 18 (11, 25)]	IHCL -5% (-10,3, 0,2 95% CI) [pre 23,8 (16, 31,5) post 19,8 (12,8, 26,8)]
Pugh, 2013	προοδευτικά 30-45' στο 30-60% HRR, 3-5/εβδομάδα, 16 εβδομάδες	συμβουλευτική, προτροπή άσκηση για προαγωγή υγείας, χωρίς παρακολούθηση	6 άνδρες/γυναίκες, 45+/-5 χρόνων, ΔΜΣ 31(29,32) kg/m ²	IHCL -13% (-19,8, -6,2) [pre 25,1(9,5, 66,4) post 14,2(5,4, 37)]	IHCL -6,5% (-14, 1,1) [pre 22,4(12,1, 41,3) post 18,5(8,4, 40,9)]
Sullivan, 2012	προοδευτικά 30-60', 45-55% VO ₂ peak, 5/εβδομάδα, 16 εβδομάδες	χωρίς παρέμβαση	12 (4 άνδρες + 8 γυναίκες), 48,6+/-2,2 χρόνων, ΔΜΣ 37,1+/-1,1 kg/m ²	IHTG# -10,3+/-4,6%	
Johnson, 2009	προοδευτικά 30-45', 50-70% VO ₂ max, 3/εβδομάδα, 4 εβδομάδες (15' έργο, 5' διάλειμμα)	30' διατάξεις στο σπίτι, 3/εβδομάδα	12 άνδρες-γυναίκες, 49+/-2,3 χρόνων, ΔΜΣ 32,2+/-0,8 kg/m ²	HTGC# -1,8% (pre 8,6+/-2,5 post 6,8+/-1,9%)	HTGC +0,2 (pre 9,2+/-3,8% post 9,4+/-3,9%)
Winn, 2018	περίπου 60' μέχρι τις 400 kcals, 55% VO ₂ max, 4/εβδομάδα, 4 εβδομάδες	χωρίς παρέμβαση	8 ενήλικες, 46+/-9 χρόνων, ΔΜΣ 40,3+/-5,2 kg/m ²	IHL* -1,1% (-2,1, -0,07 95% CI)	IHL +0,9% (-1,4, 3,3 95% CI)
Ryan, 2020	45' στο 70% HRmax, 250 kcals, 4/εβδομάδα, 12 εβδομάδες		15 (5 άνδρες & 10 γυναίκες), 30+/-6 χρόνων, ΔΜΣ 34,1+/-3,3 kg/m ²	ηπατικό λίπος -1,2% (pre 10,4+/-10% post 9+/-7,3%)	
Keating, 2015	προοδευτικά 30-45', 60-70% VO ₂ peak, 3/εβδομάδα, 8 εβδομάδες		12 (6 άνδρες & 6 γυναίκες), 44,2+/-2,8 χρόνων, ΔΜΣ 36,3+/-1,7 kg/m ²	IHL# -2,38+/-0,73% (pre 8,4+/-1,5 post 6+/-1)	
	προοδευτικά 45-60', 50% VO ₂ peak, 4/εβδομάδα, 8 εβδομάδες	5' ποδήλατο στο 30W/διατάξεις/μασάζ/fit ball, 3/εβδομάδα	12 (5 άνδρες + 7 γυναίκες), 45,5+/-2,3 χρόνων, ΔΜΣ 33,9+/-0,9 kg/m ²	IHL# -2,62+/-1% (pre 9,4+/-2 post 6,8+/-1,4)	IHL +1,1+/-0,62% (pre 7,7+/-2,6 post 8,8+/-3,2)
	προοδευτικά 30-45', 50% VO ₂ peak, 3/εβδομάδα, 8 εβδομάδες		12 (3 άνδρες + 9 γυναίκες), 45,6+/-3,6 χρόνων, ΔΜΣ 31,3+/-0,8 kg/m ²	IHL# -0,84+/-0,47% (pre 4,5+/-1,4 post 3,7+/-1)	
Slentz, 2011	19,2 χιλιόμετρα/εβδομάδα, 75% VO ₂ max, 8 μήνες		48 (22 άνδρες & 26 γυναίκες), 49,5+/-9,8 χρόνων, ΔΜΣ 30,4+/-3,2 kg/m ²	Ηπατικό λίπος score* -2,5+/-5,7 HU (pre 44,3+/-11 HU), λόγος ήπατος/σπλήνας*	

				+0,08+/-0,12 HU (pre 1,07+/-0,24 HU)	
Whyte, 2020	προοδευτικά 20-60', 40-60% HRR, 4-5/εβδομάδα, 16 εβδομάδες	συμβουλευτική, προτροπή άσκηση για προαγωγή υγείας, χωρίς παρακολούθηση	15 άνδρες, 52,4+/-7,5 χρόνων, ΔΜΣ 31,6+/-3,2 (27-40) kg/m ²	IHCL** -10,7% [pre 19,6% (14,6, 36,1) post 8,9% (4,4, 17,8)]	Καμία αλλαγή

VO2max: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, HRR: αποθεματικό καρδιακού ρυθμού, kcals: χιλιοθερμίδες, HRmax: μέγιστη καρδιακή συχνότητα, IHTG: ενδοηπατικά τριγλυκερίδια, HTGC: ηπατικό περιεχόμενο σε τριγλυκερίδια, IHCL: ενδοηπατοκυτταρικά λιπίδια, IHL: ενδοηπατικό λίπος, HU: Hounsfield Units, pre: αρχική τιμή μέτρησης πριν την παρέμβαση, post: τελική τιμή μέτρησης μετά την παρέμβαση, *: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$, #: $p \leq 0.05$ ως προς την ομάδα ελέγχου.

Διαλειμματική

Για τη διαλειμματική προπόνηση αναλύθηκαν 3 πρωτόκολλα από το 2015 έως το 2020. Παρουσιάζεται ως χρόνος έργου ο συνολικός χρόνος άσκησης και επιπλέον, αθροιστικά, τα χρονικά διαστήματα υψηλής έντασης. Η συνολική διάρκεια της παρέμβασης διήρκεσε 4 (Winn et al., 2018) ή 12 (Hallsworth et al., 2015; Ryan et al., 2020) εβδομάδες. Η διάρκεια της άσκησης υψηλής έντασης ανά εβδομάδα αυξήθηκε προοδευτικά σε μία μελέτη από 20-40 λεπτά (Ryan et al., 2020), σε ακόμα μία από 30-60 λεπτά (Hallsworth et al., 2015) και σε μια ακόμα έρευνα η διάρκεια της ημερήσιας άσκησης εξαρτήθηκε από το θερμιδικό έλλειμμα που προκάλεσε η άσκηση (Winn et al., 2018). Στη συγκεκριμένη μελέτη στόχος ήταν η κατανάλωση 400 θερμίδων ανά προπονητική μονάδα και αυτό επιτυγχανόταν περίπου σε 55+/-5 λεπτά. Εφόσον η συχνότητα της προπόνησης ήταν 4φ/εβδομάδα, η συνολική διάρκεια ήταν περίπου 220 λεπτά και οι ενεργειακές απαιτήσεις 1600 θερμίδες ανά εβδομάδα (Winn et al., 2018). Στις άλλες δύο μελέτες η συνολική διάρκεια άσκησης την εβδομάδα αυξήθηκε προοδευτικά από 64-104 λεπτά (Ryan et al., 2020) και από 99-129 λεπτά (Hallsworth et al., 2015). Στο σύνολο των πρωτοκόλλων χρησιμοποιήθηκε ένταση στο 90% της HRmax (Ryan et al., 2020), στο 80% της VO2max (Winn et al., 2018), καθώς και σε εύρος έντασης που κυμάνθηκε από 16-17 RPE (Hallsworth et al., 2015). Τα αποτελέσματα της διαλειμματικής προπόνησης συγκρίθηκαν με ομάδα ελέγχου (Hallsworth et al., 2015; Winn et al., 2018) ή με ομάδα αερόβιας προπόνησης συνεχόμενου ρυθμού (Ryan et al., 2020; Winn et al., 2018). Τα αποτελέσματα των δύο ερευνών έδειξαν μείωση της ηπατικής στεατώσης (Hallsworth et al., 2015; Winn et al., 2018), εκ των οποίων στη μια ήταν στατιστικά σημαντική και ως προς την ομάδα ελέγχου (Hallsworth et al., 2015). Συγκεντρωτικά, η διάρκεια άσκησης σε αυτές τις μελέτες ήταν είτε 105 λεπτά την εβδομάδα είτε αντιστοιχη με αυτήν που απαιτούνταν μέχρι την επίτευξη ενός θερμιδικού ελλείμματος 1200 θερμίδων την εβδομάδα, το οποίο αντιστοιχούσε περίπου σε 220+/-10 λεπτά την εβδομάδα. Η ένταση που χρησιμοποιήθηκε σε αυτά τα πρωτόκολλα ήταν 80% VO2max και 16-17 RPE και η συνολική διάρκεια της παρέμβασης 4 και 12 εβδομάδες. Τα πρωτόκολλα της διαλειμματικής άσκησης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Πρωτόκολλα διαλειμματικής προπόνησης.

Μελέτη	λεπτά/ εβδομάδα	Πρωτόκολλο	Ομάδα ελέγχου	Συμμετέχοντες	Αποτελέσματα προπόνησης	Αποτελέσματα ελέγχου
Hallsworth, 2015	30-60'/ εβδομάδα 16-17 RPE, 99'- 129'/εβδομάδα συνολικά	προοδευτικά 5*2-4' στο 16-17 RPE, με 3' διάλειμμα (90" διαλειμμα, 60" ενεργητική αποκατάσταση με 1 άσκηση σε κάθε κύκλο, συνολικά 4 ασκ.), 3/εβδ., 12εβδ.	ελέγχου, τυπική φροντίδα	11 ενήλικες, 54+/-10 χρόνων, ΔΜΣ 31+/-4 kg/m ²	IHL* [#] - 2,8+/-4% (pre 10,6+/- 4,9 post 7,8+/-2,4%)	IHL +0,1+/- 3,1% (pre 10,3+/-4,4 post 10,4+/- 3,9%)
Winn, 2018	221+/-11' /εβδ συνολικά	4' στο 80% VO ₂ max μέχρι τις 400 kcals, 3' διάλειμμα στο 50%, (~55,6+/-4,5 λεπτά και 330+/-9 kcals), 4/εβδ, 4 εβδομάδες	ελέγχου	8 ενήλικες, 41+/-14 χρόνων, ΔΜΣ 33,8+/- 4,1 kg/m ²	IHL* -1,1% (- 2,1, -0,07 95% CI)	IHL +0,9% (-1,4, 3,3 95% CI)
Ryan, 2020	20-40'/εβδ στο 90% HRmax, 64- 104'/εβδ συνολικά	10*1' στο 90% HRmax, 1' διάλειμμα στο 65%, 150 kcals, (προοδευτικά 2*1' 1η συνεδρία και +2 ανά συνεδρία μέχρι τα 10) (25' άσκ. και 150kcals/συνεδρία) περίπου 100' & 600kcal/εβδ), 4/εβδ, 12 εβδομάδες		16 (7 άνδρες + 9 γυναίκες), 32+/-7 χρόνων, ΔΜΣ 32,4+/- 2,5 kg/m ²	ηπατικό λίπος -1,2% (pre 8,7+/- 7,5 post 7,5+/-5,4 %)	

RPE (rate of perceived exertion): ρυθμός αντιλαμβανόμενης προσπάθειας, IHL: ενδοηπατικό λίπος, kcals: χιλιοθερμίδες, HRmax: μέγιστη καρδιακή συχνότητα, pre: αρχική τιμή μέτρησης πριν την παρέμβαση, post: τελική τιμή μέτρησης μετά την παρέμβαση, *: $p \leq 0.05$, #: $p \leq 0.05$ ως προς την ομάδα ελέγχου.

Άσκηση με αντιστάσεις

Οι μελέτες που χρησιμοποίησαν πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις και πληρούν τα κριτήρια ένταξης αυτής της ανασκόπησης ήταν τρεις και χρονολογούνται από το 2011 έως το 2014. Προοδευτικά, βάσει του συνολικού χρόνου παρέμβασης, θα αναλυθεί η επίδραση τριών πρωτοκόλλων διάρκειας 8 (Hallsworth et al., 2011), 12 (Zelber-Sagi, 2014) και 32 (Slentz et al., 2011) εβδομάδων. Σε όλες τις μελέτες η συχνότητα προπόνησης ήταν 3φ/εβδομάδα. Σε όλα τα πρωτόκολλα χρησιμοποιήθηκαν 8 ασκήσεις. Σε μια μελέτη οι σειρές (σετ) ήταν 3 (Zelber-Sagi, 2014) από την αρχή της παρέμβασης, σε μία μελέτη αυξήθηκαν προοδευτικά από 1 σε 3 σετ (Slentz et al., 2011) και σε μία μελέτη χρησιμοποιήθηκε κυκλικής μορφής άσκηση με αντιστάσεις με προοδευτική αύξηση των κύκλων από 2 σε 3 (Hallsworth et al., 2011). Οι επαναλήψεις στις δύο μελέτες κυμάνθηκαν από 8-12 ME (Slentz et al., 2011; Zelber-Sagi, 2014), ενώ στην άλλη μελέτη δεν αναφέρονται (Hallsworth et al., 2011). Η ένταση που χρησιμοποιήθηκε στην τελευταία μελέτη ήταν προοδευτικά αυξανόμενη από 50-70% της 1ME (Hallsworth et al., 2011) και στις άλλες δύο στόχος ήταν να ολοκληρώνονται 8-12 ME (Slentz et al., 2011; Zelber-Sagi, 2014). Ο μέσος όρος του ημερήσιου χρόνου παρέμβασης αναφέρθηκε περίπου 53 λεπτά (Slentz et al., 2011), 40 λεπτά (Zelber-Sagi, 2014) και 45-60 λεπτά (Hallsworth et al., 2011). Ο χρόνος διαλείμματος μεταξύ των σετ αναφερόταν σε μία μελέτη και ήταν 1-2 λεπτά (Zelber-Sagi, 2014). Αξιολογήθηκε η ηπατική στεάτωση και στις τρεις μελέτες (Hallsworth et al., 2011; Slentz et al., 2011; Zelber-Sagi, 2014). Στη μια από αυτές η αξιολόγηση έγινε με μαγνητική τομογραφία

(Hallsworth et al., 2011), σε μία με υπερηχογραφική απεικόνιση, συγκρίνοντας την φωτεινότητα του ήπατος σε σχέση με αυτή του νεφρού (Zelber-Sagi, 2014) και στην άλλη με αξονική τομογραφία συγκρίνοντας το ήπαρ με τον σπλήνα (Slentz et al., 2011). Τα αποτελέσματα της προπόνησης με αντιστάσεις συγκρίθηκαν σε δύο εργασίες με ομάδα ελέγχου (Hallsworth et al., 2011; Zelber-Sagi, 2014) και σε μια εργασία με δύο ομάδες προπόνησης (Slentz et al., 2011), η μια αερόβιας μορφής και η άλλη συνδυασμός της αερόβιας με τις αντιστάσεις. Τα αποτελέσματα σε δύο εργασίες έδειξαν στατιστικά σημαντική μείωση της στεάτωσης και στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς την ομάδα ελέγχου (Hallsworth et al., 2011; Zelber-Sagi, 2014). Τα στοιχεία επιβάρυνσης σε αυτές τις μελέτες ήταν 8 ασκήσεις, των 2-3 σειρών ή κύκλων και 8-12 επαναλήψεων, επιτυγχάνοντας προοδευτικά αντίσταση που αντιστοιχεί στο 70% 1ΜΕ ή στην αντίσταση που απαιτείται για την εκτέλεση 10-12 ΜΕ και συχνότητα 3φ/εβδομάδα. Η συνολική διάρκεια της παρέμβασης ήταν 8 και 12 εβδομάδες. Τα πρωτόκολλα άσκησης με αντιστάσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Πρωτόκολλα προπόνησης με αντιστάσεις.

Μελέτη	Πρωτόκολλο	Ομάδα ελέγχου	Συμμετέχοντες	Αποτελέσματα προπόνησης	Αποτελέσματα ελέγχου
Hallsworth, 2011	8 ασκήσεις, προοδευτικά 2-3 κύκλους, 50-70% 1ΜΕ (2 κύκλους 50% 1εβδ. μέχρι 3κύκλους 70% 7 ^η εβδ.), 45-60'/συνεδρία, 3/εβδομάδα, 8 εβδομάδες	συμβατική θεραπεία	11 ενήλικες, 52 (33-72) χρόνων, ΔΜΣ 32,3+/-4,9 kg/m ²	IHL* [#] -1,8% (pre 14+/-9,1 post 12,2+/-9%)	IHL +0,3% (pre 11,2+/-8,4 post 11,5+/-7,4%)
Zelber-Sagi, 2014	8 ασκήσεις*3 σετ*8-12 επαναλήψεις, 1-2' διάλειμμα, ένταση που αντιστοιχεί σε 10-12 ΜΕ, 3/εβδομάδα, 12 εβδομάδες (4μήνες), 40'/συνεδρία	8 διατάσεις, 4σετ*20", 3φ/εβδομάδα	33 (16 άνδρες, 17 γυναίκες), 46,3+/-10,3 χρόνων, ΔΜΣ 30,75+/-4,5 kg/m ²	HRI(score)** ^{##} -0,25+/-0,37 (pre 2,11+/-0,44)	HRI -0,05+/-0,28 (pre 1,96+/-0,46)
Slentz, 2011	8 ασκήσεις*1-3 σετ (προοδευτικά 3 σετ μέχρι 5 ^η εβδ.) *8-12επαναλήψεις (προοδευτικά αύξηση αντίστασης 5 λίβρες),	53'/συνεδρία, 3/εβδ., 8 μήνες	52 (22 άνδρες + 30 γυναίκες), 49,7+/-11,4 χρόνων, ΔΜΣ 30,5+/-3,4 kg/m ²	Ηπατικό λίπος score -0,4+/-4,9, λόγος ήπατος/σπλήνας -0,02+/-0,11 HU	

ME: μέγιστες επαναλήψεις, HRI (Hepatorenal-ultrasound Index): ηπατονεφρική υπερηχογραφική αντίθεση, HU: Hounsfield Units, IHL: ενδοηπατικό λίπος, pre: αρχική τιμή μέτρησης πριν την παρέμβαση, post: τελική τιμή μέτρησης μετά την παρέμβαση, *: $p \leq .05$, **: $p \leq .01$, #: $p \leq .05$ ως προς την ομάδα ελέγχου, ##: $p \leq .01$ ως προς την ομάδα ελέγχου.

Συνδυαστικά πρωτόκολλα

Αναλύθηκε ένα συνδυαστικό πρωτόκολλο του 2011 και αφορά σε συνδυασμό αερόβιας και προπόνηση με αντιστάσεις (Slentz et al., 2011). Ο Slentz και συν. (2011) προπόνησαν 44 άνδρες και γυναίκες με παχυσαρκία, μέσης ηλικίας, με ένα συνδυαστικό πρωτόκολλο άσκησης που περιλάμβανε αερόβια και άσκηση με αντιστάσεις για 32 εβδομάδες (Slentz et al., 2011). Το πρωτόκολλο με τις αντιστάσεις αποτελούταν από 8 ασκήσεις που

εκτελούνταν σε 8-12 επαναλήψεις η καθεμία και επαναλαμβάνονταν σε 1-3 σετ, προοδευτικά κατά τη διάρκεια της μελέτης. Κατά μέσο όρο η προπόνηση διαρκούσε 53 λεπτά και επαναλαμβάνονταν 3 φορές την εβδομάδα. Ταυτόχρονα με τις αντιστάσεις, οι συμμετέχοντες, κατά τη διάρκεια καθεμίας από τις 32 εβδομάδες διάνυναν 19,2 χιλιόμετρο με ένταση στο 75% της VO₂max. Η ηπατική στεάτωση αξιολογήθηκε με αξονική τομογραφία. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο συγκρίθηκε με δύο ομάδες άσκησης, εφαρμόζοντας στην κάθε μία ξεχωριστά το πρωτόκολλο της αερόβιας και το πρωτόκολλο της άσκησης με τις αντιστάσεις. Παρατηρήθηκε μια μείωση της στεάτωσης της τάξεως του 1,8%, ωστόσο δεν παρουσιάστηκε στατιστική σημαντικότητα. Το πρωτόκολλο συνδυασμού αερόβιας και άσκησης με αντιστάσεις παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5. Συνδυαστικά πρωτόκολλα προπόνησης.

Μελέτη	Συνδυαστικό πρωτόκολλο		Συμμετέχοντες	Αποτελέσματα
	Αντιστάσεις	Αερόβια		
Slentz, 2011	8 ασκήσεις*1-3 σετ (προοδευτικά 3 σετ μέχρι 5 ^η εβδομάδα) *8-12 επαναλήψεις (προοδευτική αύξηση αντίστασης 5 λίβρες), 53'/συνεδρία, 3/εβδ, 8 μήνες	19,2 χιλ/εβδ στο 75% VO ₂ max, 8 μήνες	44 (19 άνδρες + 25 γυναίκες), 46,9+/-10 χρόνων, ΔΜΣ 30,7+/-3,4 kg/m ²	Ηπατικό λίπος score -1,8+/-5,9 HU (pre 43,4+/-12 HU), λόγος ήπατος/σπλήνα +0,04+/-0,12 HU (pre 1,13+/-0,24 HU)

VO₂max: μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, HU: Hounsfield Units, pre: αρχική τιμή μέτρησης πριν την παρέμβαση.

Συζήτηση

Συνοψίζοντας, από τα αποτελέσματα της ανασκοπικής μελέτης σχετικά με την επίδραση της προπόνησης στην ηπατική στεάτωση φαίνεται ότι υπάρχει μια επίδραση τόσο με παρέμβαση αερόβιας προπόνησης όσο και με διαλειμματικής μορφής και προπόνηση με αντιστάσεις. Αναλύοντας, την επίδραση αυτή διαπιστώθηκε ένα μικρότερο και ένα μεγαλύτερο ποσοστό επίδρασης. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση της ηπατικής στεάτωσης ως απόλυτη τιμή του μέσου όρου του ποσοστού της στεάτωσης περίπου 0,8-2,8% και 8,4-13%. Η μείωση 0,8-2,8% αφορά πρωτόκολλα αερόβιας προπόνησης (Johnson et al., 2009a; Keating et al., 2015; Slentz et al., 2011; Winn et al., 2018), διαλειμματικής υψηλής έντασης (Hallsworth et al., 2015; Winn et al., 2018) και προπόνησης με αντιστάσεις (Hallsworth et al., 2011; Zelber-Sagi, 2014). Το ποσοστό μείωσης 8,4-13% της ηπατικής στεάτωσης επιτεύχθηκε αποκλειστικά με πρωτόκολλα αερόβιας προπόνησης (Cuthbertson et al., 2016; Pugh et al., 2013, 2014; Sullivan et al., 2012; Whyte et al., 2020). Τα στοιχεία επιβάρυνσης της αερόβιας άσκησης για τη μείωση της στεάτωσης 0,8-2,8% κυμάνθηκαν από 45-60' ανά προπονητική μονάδα, ξεκινώντας προοδευτικά από 30', με συχνότητα προπόνησης 3-5 φορές την εβδομάδα και ένταση 50-70% VO₂max ή με την επίτευξη 19,2 χιλ. την εβδομάδα στο 75% VO₂max. Αντίστοιχα, τα στοιχεία επιβάρυνσης των δύο πρωτοκόλλων διαλειμματικής μορφής ήταν στη μία μελέτη 5 σειρές των 4' στο 16-17 RPE με 3' διάλειμμα εκ των οποίων το 1' αποτελούνταν από ενεργητική αποκατάσταση με ασκήσεις για το πάνω μέρος του σώματος με τη χρήση ελαστικών ιμάντων. Η συνολική διάρκεια της άσκησης ήταν περίπου 60' και η συχνότητά της 3 φορές την εβδομάδα για 12 εβδομάδες. Το άλλο πρωτόκολλο αποτελούνταν από 4' στο 80% VO₂max με 3' ενεργητική αποκατάσταση στο 50% VO₂max έως την επίτευξη ενεργειακού ελλείμματος 400 θερμίδων. Η διάρκεια της συνεδρίας ήταν 55,6 +/-4,5' και η συχνότητά τους 4 φορές την εβδομάδα για 4 εβδομάδες. Τα στοιχεία επιβάρυνσης για την άσκηση με αντιστάσεις στις δύο μελέτες ήταν 8 ασκήσεις από 3 σειρές/κύκλους στο 67-75% 1ME (που επιτυγχάνονται περίπου οι 10-12ME) 3 φορές/εβδομάδα. Στην μία μελέτη η διάρκεια της κάθε συνεδρίας έφτασε προοδευτικά τα 60' και η συνολική παρέμβαση διήρκεσε 8 εβδομάδες, στην άλλη η συνεδρία διήρκεσε 40' και η μελέτη 12 εβδομάδες. Στις μελέτες που παρατηρήθηκε μείωση της στεάτωσης 8,4-13% η παρέμβαση αποτελούνταν από αερόβια άσκηση 45-60' στο 60% HRR ή στο 55% VO₂max με συχνότητα 5 φορές την εβδομάδα για 16 εβδομάδες.

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθούν κάποιες επιπλέον πληροφορίες από τις μελέτες που σύγκριναν την επίδραση διάφορων πρωτοκόλλων. Έτσι, στη μελέτη του Slentz και συν. (2011) όταν χρησιμοποιήθηκε ένα πρωτόκολλο αερόβιας άσκησης, ένα αντιστάσεων και ένα ακόμα που συνδυάζε τα δύο προηγούμενα πρωτόκολλα

για 8 μήνες βρέθηκε μείωση της στεάτωσης κατά 2,5%, 0,4% και 1,8% αντίστοιχα, με διαφορά από την αρχική μέτρηση ($p < .05$) στην αερόβια ομάδα (Slentz et al., 2011). Σε μια άλλη μελέτη, όταν συγκρίθηκε ένα πρωτόκολλο αερόβιας άσκησης και ένα διαλειμματικής, διάρκειας 4 εβδομάδων με συχνότητα προπόνησης 4 φορές την εβδομάδα, παρόλο που βρέθηκαν διαφορές από τις αρχικές μετρήσεις στην κάθε ομάδα ($p < .05$), ωστόσο δεν παρατηρήθηκαν διαφορές ($p > .05$) συγκρίνοντας τα αποτελέσματα μεταξύ των ομάδων (Winn et al., 2018). Σε αυτή την μελέτη σκοπός ήταν η άσκηση να επιτύχει θερμιδικό έλλειμμα 400 θερμίδων και στα δύο πρωτόκολλα. Συγκρίνοντας ένα πρωτόκολλο αερόβιας και ένα διαλειμματικής προπόνησης δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τον χρόνο ($p > .05$) στις 12 εβδομάδες σε καμία ομάδα, αλλά ούτε και μεταξύ τους (Ryan et al., 2020). Το δείγμα σε αυτή τη μελέτη αποτέλεσαν νεότεροι ενήλικες, ηλικίας 32-34 χρόνων, γεγονός που πιθανά να επηρέασε τα αποτελέσματα της επίδρασης της προπόνησης. Επίσης, στην συγκεκριμένη μελέτη αναφέρεται ένα θερμιδικό έλλειμμα 250 θερμίδων ανά προπονητική μονάδα για την ομάδα που προπονήθηκε με αερόβια και 150 θερμίδων για την ομάδα της διαλειμματικής προπόνησης. Η Keating και συν. (2015) συγκρίνοντας τρία διαφορετικά πρωτόκολλα αερόβιας άσκησης, διαβαθμίζοντας την ένταση και τον χρόνο, για 8 εβδομάδες, βρήκαν διαφορές προς την ομάδα ελέγχου ($p < .05$) αλλά όχι μεταξύ των ομάδων άσκησης. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν την συμβολή της προπόνησης στην ηπατική στεάτωση ενήλικων με παχυσαρκία και ταυτόχρονα καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα και εφαρμογή διαφόρων πρωτοκόλλων άσκησης σε διαφορετικές πληθυσμιακές ομάδες βάσει ηλικίας, βαθμό παχυσαρκίας, φύλο, προπονητικής ηλικίας κλπ.

Έχουν προταθεί διάφορες φαρμακευτικές αγωγές για την αντιμετώπιση της ΜΑΑΝΗ, ωστόσο, αυτές οι παρεμβάσεις στοχεύουν κυρίως στις συννοσηρότητες παρά στην ίδια τη νόσο (Chalasan et al., 2012). Όπως φαίνεται, η χρήση φαρμάκων στοχεύει στη μείωση της αντίστασης στην ινσουλίνη, της υπερλιπιδαιμίας, των ηπατικών ενζύμων, αλλά είναι αμφίβολο αν βελτιώνεται η ηπατική στεάτωση και η ίνωση, καθώς υπάρχει και ένας σκεπτικισμός ως προς τις επιπτώσεις στη λειτουργία άλλων ιστών και οργάνων με κίνδυνο επιπλοκών της εύρυθμης λειτουργίας τους (Chalasan et al., 2012). Η προπόνηση, από την άλλη, φαίνεται να βελτιώνει την ηπατική στεάτωση, ακόμα και χωρίς απώλεια σωματικού βάρους (Johnson et al., 2009; Shojaee-Moradie et al., 2007; van der Heijden et al., 2010), ειδικά όταν η παρέμβαση διαρκεί πέραν των 4 μηνών (Wang et al., 2020). Σχετικά με τις κατευθυντήριες οδηγίες για την άσκηση και την φυσική δραστηριότητα σε ενήλικες, η επιστημονική έκθεση της Συμβουλευτικής Επιτροπής για τη Φυσική Δραστηριότητα των Αμερικάνων προτρέπει τους ενήλικες σε φυσική δραστηριότητα τουλάχιστον 150-300 λεπτά την εβδομάδα μέτριας έντασης ή 75-150 λεπτά έντονης άσκησης ή έναν ισοδύναμο συνδυασμό μέτριας και έντονης αερόβιας δραστηριότητας, σε συνδυασμό με δραστηριότητες μυϊκής ενδυνάμωσης δύο ή περισσότερες φορές την εβδομάδα (Piercy et al., 2018). Έτσι, αναμένεται μειωμένος κίνδυνος διαβήτη τύπου II, διαφόρων μορφών καρκίνου, μεταβολικών και καρδιαγγειακών παθήσεων, πιθανότητα πτώσεων, θνησιμότητας καθώς και καλύτερη ποιότητα ζωής, γνωστικών λειτουργιών, υγείας των οστών, έλεγχος σωματικού βάρους και σωματικής λειτουργίας. Αντίστοιχα, οι πρόσφατες συστάσεις του Αμερικάνικου Κολλεγίου Αθλητιατρικής για την άσκηση στη λιπώδη ηπατική νόσο προτείνει έναν συνδυασμό καρδιοαναπνευστικής άσκησης και άσκησης μυϊκής ενδυνάμωσης με αντιστάσεις (American College of Sports Medicine, 2024). Πιο συγκεκριμένα, η αερόβια προπόνηση να αποτελείται από 3-5 συνεδρίες άσκησης την εβδομάδα των 20-60 λεπτών ανά συνεδρία, επιτυγχάνοντας συνολικά 150 λεπτά εβδομαδιαίως, σε συνδυασμό με 2-3 προπονητικές μονάδες μυϊκής ενδυνάμωσης ανά εβδομάδα, σε μη διαδοχικές μέρες, για τις κύριες μυϊκές ομάδες με εκτέλεση 1-2 σετ των 10-15 επαναλήψεων (American College of Sports Medicine, 2024). Επίσης, παροτρύνει τους μη δραστήριους ενήλικες να ενταχθούν στις νέες συνήθειες με προοδευτική αύξηση της διάρκειας και της έντασης, ξεκινώντας από 3-4 σετ των 3 λεπτών αερόβιας άσκησης με ενδιάμεσα διαλείμματα των 3 λεπτών και σταδιακά να αυξήσουν το χρόνο σε 5-10 λεπτά μέχρι να επιτύχουν τα 20-30 λεπτά ανά προπονητική μονάδα (American College of Sports Medicine, 2024). Επιπρόσθετα, καθοδηγεί προς την ενασχόληση 2-3 φορές την εβδομάδα με άλλες μορφές φυσικής δραστηριότητας που προάγουν την ευλυγισία, τη δύναμη και την ισορροπία καθώς και την ημερήσια επίτευξη του στόχου τουλάχιστον 7000-9000 βημάτων.

Απαντώντας στον προβληματισμό για την αποτελεσματική και ασφαλή χορήγηση άσκησης σε μη δραστήριους ενήλικες με παχυσαρκία και ηπατική στεάτωση, βάσει των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, συμπεραίνουμε ότι μια προοδευτική αύξηση των στοιχείων επιβάρυνσης και της συχνότητας της άσκησης θα επέφερε τα μέγιστα θετικά αποτελέσματα ως προς τη μείωση της ηπατικής στεάτωσης. Μια μείωση έως 3% της ηπατικής στεάτωσης θα μπορούσε να επιτευχθεί με την επιλογή προγραμμάτων είτε αερόβιας άσκησης 3-4φ/εβδομάδα από 30-60 λεπτά στο 50-70% VO_{2max} ή στο 70% HR_{max} , είτε διαλειμματικής άσκησης υψηλής έντασης (80% VO_{2max} , 90% HR_{max} , 16-17 RPE) 3-4φ/εβδομάδα από 10-20 λεπτά/ συνεδρία τα διαστήματα υψηλής έντασης, είτε άσκησης με

αντιστάσεις 3φ/εβδομάδα από 8 ασκήσεις των 1-3 σετ των 8-12 επαναλήψεων στο 50-70% 1ΜΕ. Επιπρόσθετα, το θερμιδικό έλλειμμα της προπόνησης θα πρέπει να αντιστοιχεί τουλάχιστον σε 600 (Ryan et al., 2020) με περίπου 1000-1600 (Ryan et al., 2020 Winn et al., 2018) θερμίδες την εβδομάδα. Στη συνέχεια, έμφαση θα πρέπει να δοθεί προοδευτικά στην αύξηση της συχνότητας και των στοιχείων επιβάρυνσης της αερόβιας άσκησης. Καθώς, μια μείωση της τάξεως του 8,4-13% της ηπατικής στεάτωσης φάνηκε να επιτεύχθηκε με πρωτόκολλα αερόβιας άσκησης 3-5φ/εβδομάδα από 30-60 λεπτά/συνεδρία στο 30-60% HRR ή στο 45-55% VO₂max.

Συμπερασματικά, η ηπατική στεάτωση αντιμετωπίζεται με τη συστηματική προπόνηση όλων των ειδών. Η μεγαλύτερη μείωση επιτυγχάνεται με την αυξημένη συχνότητα προπόνησης (περισσότερες από 4 φορές ανά εβδομάδα), την μέτρια προς υψηλή ένταση στην άσκηση αντοχής (70-80% της VO₂max), που έχουν σαν συνέπεια την θερμιδική απώλεια 700 τουλάχιστον θερμίδων ανά εβδομάδα. Ακόμη, διαπιστώνεται πως η προσκόλληση στο προπονητικό πρόγραμμα επιφέρει σημαντικότερες μειώσεις της ηπατικής στεάτωσης. Για την περαιτέρω διερεύνηση απαιτείται η διεξαγωγή μελετών με προσδιορισμό της ενεργειακής δαπάνης κατά την άσκηση αλλά και συνολικά της ενεργειακής κατάστασης με διάφορες μορφές άσκησης. Ακόμη, προτείνεται η εφαρμογή των αρχών του περιοδισμού της προπόνησης σε μεγαλύτερες διάρκειες παρέμβασης.

Σημασία για την Ποιότητα Ζωής

Η έρευνα για την συμβολή της άσκησης προπόνησης στην αντιμετώπιση της παχυσαρκίας και τη βελτίωση της ηπατικής στεάτωσης και της ηπατικής λειτουργίας ολοένα και αυξάνεται. Η προπόνηση φαίνεται πως μπορεί να μειώσει τη φλεγμονή και την ποσότητα λίπους που συσσωρεύεται στο ήπαρ, βελτιώνοντας έτσι τη λειτουργία του και ταυτόχρονα, συμβάλλοντας στην αντιμετώπιση, την πρόληψη και τη διαχείριση των συννοσηροτήτων, που συχνά συνυπάρχουν με τη Μη Αλκοολική Λιπώδη Νόσο του Ήπατος. Δεδομένου του περιορισμένου ελεύθερου χρόνου που συνήθως διαθέτουν οι ενήλικες στις μέρες μας, σκοπός της παρούσας ανασκόπησης ήταν να συγκεντρώσει τις μελέτες με παρεμβατικά πρωτόκολλα άσκησης σε ενήλικες με παχυσαρκία και ηπατική στεάτωση και να εξάγει συμπεράσματα για τα στοιχεία επιβάρυνσης και το είδος της άσκησης που πρέπει να ακολουθήσουν για να έχουν το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα στον ελάχιστο χρόνο. Αυτό αναμένεται ότι θα επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην υγεία των ατόμων αυτών, μείωση της φαρμακονοσηλευτικής περιθαλψης, μακροζωία και καλύτερη ποιότητα ζωής.

Βιβλιογραφία

- Abdelbasset, W. K., Tantawy, S. A., Kamel, D. M., Alqahtani, B. A., Elnegamy, T. E., Soliman, G. S., & Ibrahim, A. A. (2020). Effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous aerobic exercise on diabetic obese patients with nonalcoholic fatty liver disease: A comparative randomized controlled trial. *Medicine*, 99(10), e19471. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019471>
- Abdelbasset, W. K., Tantawy, S. A., Kamel, D. M., Alqahtani, B. A., & Soliman, G. S. (2019). A randomized controlled trial on the effectiveness of 8-week high-intensity interval exercise on intrahepatic triglycerides, visceral lipids, and health-related quality of life in diabetic obese patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Medicine*, 98(12), e14918. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014918>
- American College of Sports Medicine. (2024). *Exercise Rx for Medical Conditions: Chronic Liver Disease*.
- Bacchi, E., Negri, C., Targher, G., Faccioli, N., Lanza, M., Zoppini, G., Zanolini, E., Schena, F., Bonora, E., & Moghetti, P. (2013). Both resistance training and aerobic training reduce hepatic fat content in type 2 diabetic subjects with nonalcoholic fatty liver disease (the RAED2 randomized trial). *Hepatology*, 58(4), 1287-1295. <https://doi.org/10.1002/hep.26393>
- Banitalebi, E., Faramarzi, M., Nasiri, S., Mardaniyan, M., & Rabiee, V. (2019). Effects of different exercise modalities on novel hepatic steatosis indices in overweight women with type 2 diabetes. *Clinical and Molecular Hepatology*, 25(3), 294-304. <https://doi.org/10.3350/cmh.2018.0086>
- Beavers, K. M., Ambrosius, W. T., Rejeski, W. J., Burdette, J. H., Walkup, M. P., Sheedy, J. L., Nesbit, B. A., Gaukster, J. E., Nicklas, B. J., & Marsh, A. P. (2017). Effect of Exercise Type During Intentional Weight Loss on Body Composition in Older Adults with Obesity. *Obesity*, 25(11), 1823-1829. <https://doi.org/10.1002/oby.21977>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and

- sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Cassidy, S., Thoma, C., Hallsworth, K., Parikh, J., Hollingsworth, K. G., Taylor, R., Jakovljevic, D. G., & Trenell, M. I. (2016). High intensity intermittent exercise improves cardiac structure and function and reduces liver fat in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia*, 59(1), 56–66. <https://doi.org/10.1007/s00125-015-3741-2>
- Chalasani, N., Younossi, Z., Lavine, J. E., Diehl, A. M., Brunt, E. M., Cusi, K., Charlton, M., & Sanyal, A. J. (2012). The Diagnosis and Management of Non-alcoholic Fatty Liver Disease: Practice Guideline by the American Gastroenterological Association, American Association for the Study of Liver Diseases, and American College of Gastroenterology. *Gastroenterology*, 142(7), 1592–1609. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2012.04.001>
- Croci, I., Byrne, N. M., Chachay, V. S., Hills, A. P., Clouston, A. D., O'Moore-Sullivan, T. M., Prins, J. B., Macdonald, G. A., & Hickman, I. J. (2016). Independent effects of diet and exercise training on fat oxidation in non-alcoholic fatty liver disease. *World Journal of Hepatology*, 8(27), 1137. <https://doi.org/10.4254/wjh.v8.i27.1137>
- Cuthbertson, D. J., Shojaaee-Moradie, F., Sprung, V. S., Jones, H., Pugh, C. J. A., Richardson, P., Kemp, G. J., Barrett, M., Jackson, N. C., Thomas, E. L., Bell, J. D., & Umpleby, A. M. (2016). Dissociation between exercise-induced reduction in liver fat and changes in hepatic and peripheral glucose homeostasis in obese patients with non-alcoholic fatty liver disease. *Clinical Science*, 130(2), 93–104. <https://doi.org/10.1042/CS20150447>
- Dong, X., Li, J.-M., Lu, X.-L., Lin, X.-Y., Hong, M.-Z., Weng, S., & Pan, J.-S. (2024). Global burden of adult non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) and non-alcoholic steatohepatitis (NASH) has been steadily increasing over the past decades and is expected to persist in the future. *Translational Gastroenterology and Hepatology*, 9, 33. <https://doi.org/10.21037/tgh-23-118>
- Draz, R. S., Serry, Z. M. H., Rahmy, A. F., El Bardesi, M. saber, & Taha, M. M. (2020). Electroacupuncture Versus Aerobic Interval Training on Liver Functions in Patients with Nonalcoholic Fatty Liver. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 26(1), 51–57. <https://doi.org/10.1089/acm.2019.0182>
- EASL–EASD–EASO Clinical Practice Guidelines for the management of non-alcoholic fatty liver disease. (2016). *Journal of Hepatology*, 64(6), 1388–1402. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2015.11.004>
- Eslam, M., Newsome, P. N., Sarin, S. K., Anstee, Q. M., Targher, G., Romero-Gomez, M., Zelber-Sagi, S., Wai-Sun Wong, V., Dufour, J.-F., Schattenberg, J. M., Kawaguchi, T., Arrese, M., Valenti, L., Shiha, G., Tiribelli, C., Yki-Järvinen, H., Fan, J.-G., Grønbaek, H., Yilmaz, Y., ... George, J. (2020). A new definition for metabolic dysfunction-associated fatty liver disease: An international expert consensus statement. *Journal of Hepatology*, 73(1), 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2020.03.039>
- Eslam, M., Sanyal, A. J., George, J., Sanyal, A., Neuschwander-Tetri, B., Tiribelli, C., Kleiner, D. E., Brunt, E., Bugianesi, E., Yki-Järvinen, H., Grønbaek, H., Cortez-Pinto, H., George, J., Fan, J., Valenti, L., Abdelmalek, M., Romero-Gomez, M., Rinella, M., Arrese, M., ... Younossi, Z. (2020). MAFLD: A Consensus-Driven Proposed Nomenclature for Metabolic Associated Fatty Liver Disease. *Gastroenterology*, 158(7), 1999–2014.e1. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2019.11.312>
- Estes, C., Razavi, H., Loomba, R., Younossi, Z., & Sanyal, A. J. (2018). Modeling the epidemic of nonalcoholic fatty liver disease demonstrates an exponential increase in burden of disease. *Hepatology (Baltimore, Md.)*, 67(1), 123–133. <https://doi.org/10.1002/hep.29466>
- Fothergill, E., Guo, J., Howard, L., Kerns, J. C., Knuth, N. D., Brychta, R., Chen, K. Y., Skarulis, M. C., Walter, M., Walter, P. J., & Hall, K. D. (2016). Persistent metabolic adaptation 6 years after “The Biggest Loser” competition. *Obesity*, 24(8), 1612–1619. <https://doi.org/10.1002/oby.21538>
- Hallsworth, K., Fattakhova, G., Hollingsworth, K. G., Thoma, C., Moore, S., Taylor, R., Day, C. P., & Trenell, M. I. (2011). Resistance exercise reduces liver fat and its mediators in non-alcoholic fatty liver disease independent of weight loss. *Gut*, 60(9), 1278–1283. <https://doi.org/10.1136/gut.2011.242073>
- Hallsworth, K., Thoma, C., Hollingsworth, K. G., Cassidy, S., Anstee, Q. M., Day, C. P., & Trenell, M. I. (2015). Modified high-intensity interval training reduces liver fat and improves cardiac function in non-alcoholic fatty liver disease: a randomized controlled trial. *Clinical Science*, 129(12), 1097–1105. <https://doi.org/10.1042/CS20150308>
- Hashida, R., Kawaguchi, T., Bekki, M., Omoto, M., Matsuse, H., Nago, T., Takano, Y., Ueno, T., Koga, H., George, J., Shiba, N., & Torimura, T. (2017). Aerobic vs. resistance exercise in non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review. *Journal of Hepatology*, 66(1), 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2016.08.023>
- Haywood, C., & Sumithran, P. (2019). Treatment of obesity in older persons – A systematic review. *Obesity Reviews*, 20(4), 588–598. <https://doi.org/10.1111/obr.12815>

- Houghton, D., Thoma, C., Hallsworth, K., Cassidy, S., Hardy, T., Burt, A. D., Tiniakos, D., Hollingsworth, K. G., Taylor, R., Day, C. P., McPherson, S., Anstee, Q. M., & Trenell, M. I. (2017). Exercise Reduces Liver Lipids and Visceral Adiposity in Patients With Nonalcoholic Steatohepatitis in a Randomized Controlled Trial. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 15(1), 96-102.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2016.07.031>
- Iqbal, U., Perumpail, B. J., Akhtar, D., Kim, D., & Ahmed, A. (2019). The Epidemiology, Risk Profiling and Diagnostic Challenges of Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *Medicines (Basel, Switzerland)*, 6(1). <https://doi.org/10.3390/medicines6010041>
- Jensen, M. D., Ryan, D. H., Apovian, C. M., Ard, J. D., Comuzzie, A. G., Donato, K. A., Hu, F. B., Hubbard, V. S., Jakicic, J. M., Kushner, R. F., Loria, C. M., Millen, B. E., Nonas, C. A., Pi-Sunyer, F. X., Stevens, J., Stevens, V. J., Wadden, T. A., Wolfe, B. M., & Yanovski, S. Z. (2014). 2013 AHA/ACC/TOS Guideline for the Management of Overweight and Obesity in Adults. *Circulation*, 129(25_suppl_2). <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000437739.71477.ee>
- Johnson, N. A., Sachinwalla, T., Walton, D. W., Smith, K., Armstrong, A., Thompson, M. W., & George, J. (2009a). Aerobic exercise training reduces hepatic and visceral lipids in obese individuals without weight loss. *Hepatology*, 50(4), 1105-1112. <https://doi.org/10.1002/hep.23129>
- Johnson, N. A., Sachinwalla, T., Walton, D. W., Smith, K., Armstrong, A., Thompson, M. W., & George, J. (2009b). Aerobic Exercise Training Reduces Hepatic and Visceral Lipids in Obese Individuals Without Weight Loss†. *Hepatology*, 50(4), 1105-1112. <https://doi.org/10.1002/hep.23129>
- Kaya, E., & Yilmaz, Y. (2022). Epidemiology, natural history, and diagnosis of metabolic dysfunction-associated fatty liver disease: a comparative review with nonalcoholic fatty liver disease. *Therapeutic Advances in Endocrinology and Metabolism*, 13. <https://doi.org/10.1177/20420188221139650>
- Keating, S. E., Croci, I., Wallen, M. P., Cox, E. R., Thuzar, M., Pham, U., Mielke, G. I., Coombes, J. S., Macdonald, G. A., & Hickman, I. J. (2023). High-Intensity Interval Training is Safe, Feasible and Efficacious in Nonalcoholic Steatohepatitis: A Randomized Controlled Trial. *Digestive Diseases and Sciences*, 68(5), 2123-2139. <https://doi.org/10.1007/s10620-022-07779-z>
- Keating, S. E., Hackett, D. A., George, J., & Johnson, N. A. (2012). Exercise and non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Hepatology*, 57(1), 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2012.02.023>
- Keating, S. E., Hackett, D. A., Parker, H. M., O'Connor, H. T., Gerofi, J. A., Sainsbury, A., Baker, M. K., Chuter, V. H., Caterson, I. D., George, J., & Johnson, N. A. (2015). Effect of aerobic exercise training dose on liver fat and visceral adiposity. *Journal of Hepatology*, 63(1), 174-182. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2015.02.022>
- Keating, S. E., Sabag, A., Hallsworth, K., Hickman, I. J., Macdonald, G. A., Stine, J. G., George, J., & Johnson, N. A. (2023). Exercise in the Management of Metabolic-Associated Fatty Liver Disease (MAFLD) in Adults: A Position Statement from Exercise and Sport Science Australia. *Sports Medicine*, 53(12), 2347-2371. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01918-w>
- Khan, A., Ross, H. M., Parra, N. S., Chen, S. L., Chauhan, K., Wang, M., Yan, B., Magagna, J., Beiriger, J., Shah, Y., Shahzad, T., & Halegoua-DeMarzio, D. (2022). Risk Prevention and Health Promotion for Non-Alcoholic Fatty Liver Diseases (NAFLD). *Livers*, 2(4), 264-282. <https://doi.org/10.3390/livers2040022>
- McCullough, A. J. (2004). The clinical features, diagnosis and natural history of nonalcoholic fatty liver disease. *Clinics in Liver Disease*, 8(3), 521-533. <https://doi.org/10.1016/j.cld.2004.04.004>
- Miller, S. L., & Wolfe, R. R. (2008). The danger of weight loss in the elderly. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 12(7), 487-491. <https://doi.org/10.1007/BF02982710>
- Piercy, K. L., Troiano, R. P., Ballard, R. M., Carlson, S. A., Fulton, J. E., Galuska, D. A., George, S. M., & Olson, R. D. (2018). The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*, 320(19), 2020-2028. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14854>
- Pugh, C. J. A., Cuthbertson, D. J., Sprung, V. S., Kemp, G. J., Richardson, P., Margot Umpleby, A., Green, D. J., Timothy Cable, N., & Jones, H. (2013). Exercise training improves cutaneous microvascular function in nonalcoholic fatty liver disease. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 305(1), E50-E58. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00055.2013>
- Pugh, C. J. A., Sprung, V. S., Kemp, G. J., Richardson, P., Shojaei-Moradie, F., Umpleby, A. M., Green, D. J., Cable, N. T., Jones, H., & Cuthbertson, D. J. (2014). Exercise training reverses endothelial dysfunction in nonalcoholic fatty liver disease. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 307(9), H1298-H1306. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00306.2014>

- Rosenbaum, M., Sy, M., Pavlovich, K., Leibel, R. L., & Hirsch, J. (2008). Leptin reverses weight loss-induced changes in regional neural activity responses to visual food stimuli. *Journal of Clinical Investigation*, 118(7), 2583-2591. <https://doi.org/10.1172/JCI35055>
- Ryan, B. J., Schleh, M. W., Ahn, C., Ludzki, A. C., Gillen, J. B., Varshney, P., Van Pelt, D. W., Pitchford, L. M., Chenevert, T. L., Gioscia-Ryan, R. A., Howton, S. M., Rode, T., Hummel, S. L., Burant, C. F., Little, J. P., & Horowitz, J. F. (2020). Moderate-Intensity Exercise and High-Intensity Interval Training Affect Insulin Sensitivity Similarly in Obese Adults. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 105(8), e2941-e2959. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgaa345>
- Sabag, A., Barr, L., Armour, M., Armstrong, A., Baker, C. J., Twigg, S. M., Chang, D., Hackett, D. A., Keating, S. E., George, J., & Johnson, N. A. (2022). The Effect of High-intensity Interval Training vs Moderate-intensity Continuous Training on Liver Fat: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 107(3), 862-881. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgab795>
- Sabag, A., Way, K. L., Sultana, R. N., Keating, S. E., Gerofi, J. A., Chuter, V. H., Byrne, N. M., Baker, M. K., George, J., Caterson, I. D., Twigg, S. M., & Johnson, N. A. (2020). The Effect of a Novel Low-Volume Aerobic Exercise Intervention on Liver Fat in Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial. *Diabetes Care*, 43(10), 2371-2378. <https://doi.org/10.2337/dc19-2523>
- Shojaee-Moradie, F., Baynes, K. C. R., Pentecost, C., Bell, J. D., Thomas, E. L., Jackson, N. C., Stolinski, M., Whyte, M., Lovell, D., Bowes, S. B., Gibney, J., Jones, R. H., & Umpleby, A. M. (2007). Exercise training reduces fatty acid availability and improves the insulin sensitivity of glucose metabolism. *Diabetologia*, 50(2), 404-413. <https://doi.org/10.1007/s00125-006-0498-7>
- Slentz, C. A., Bateman, L. A., Willis, L. H., Shields, A. T., Tanner, C. J., Piner, L. W., Hawk, V. H., Muehlbauer, M. J., Samsa, G. P., Nelson, R. C., Huffman, K. M., Bales, C. W., Houmard, J. A., & Kraus, W. E. (2011). Effects of aerobic vs. resistance training on visceral and liver fat stores, liver enzymes, and insulin resistance by HOMA in overweight adults from STRRIDE AT/RT. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 301(5), E1033-9. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00291.2011>
- Słomko, J., Zalewska, M., Niemiro, W., Kujawski, S., Słupski, M., Januszko-Giergielewicz, B., Zawadka-Kunikowska, M., Newton, J., Hodges, L., Kubica, J., & Zalewski, P. (2021). Evidence-Based Aerobic Exercise Training in Metabolic-Associated Fatty Liver Disease: Systematic Review with Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(8), 1659. <https://doi.org/10.3390/jcm10081659>
- Sullivan, S., Kirk, E. P., Mittendorfer, B., Patterson, B. W., & Klein, S. (2012). Randomized trial of exercise effect on intrahepatic triglyceride content and lipid kinetics in nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*, 55(6), 1738-1745. <https://doi.org/10.1002/hep.25548>
- Sumithran, P., Prendergast, L. A., Delbridge, E., Purcell, K., Shulkes, A., Kriketos, A., & Proietto, J. (2011). Long-Term Persistence of Hormonal Adaptations to Weight Loss. *New England Journal of Medicine*, 365(17), 1597-1604. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1105816>
- Thompson, W. G., Cook, D. A., Clark, M. M., Bardia, A., & Levine, J. A. (2007). Treatment of Obesity. *Mayo Clinic Proceedings*, 82(1), 93-102. <https://doi.org/10.4065/82.1.93>
- van der Heijden, G., Wang, Z. J., Chu, Z. D., Sauer, P. J. J., Haymond, M. W., Rodriguez, L. M., & Sunehag, A. L. (2010). A 12-Week Aerobic Exercise Program Reduces Hepatic Fat Accumulation and Insulin Resistance in Obese, Hispanic Adolescents. *Obesity*, 18(2), 384-390. <https://doi.org/10.1038/oby.2009.274>
- Vernon, H., Wehrle, C. J., Alia, V. S. K., & Kasi, A. (2024). *Anatomy, Abdomen and Pelvis: Liver*.
- Villareal, D. T., Aguirre, L., Gurney, A. B., Waters, D. L., Sinacore, D. R., Colombo, E., Armamento-Villareal, R., & Qualls, C. (2017). Aerobic or Resistance Exercise, or Both, in Dieting Obese Older Adults. *New England Journal of Medicine*, 376(20), 1943-1955. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1616338>
- Wang, S., Zheng, J., Peng, H., Cai, X., Pan, X., Li, H., Hong, Q., & Peng, X.-E. (2020). Physical activity intervention for non-diabetic patients with non-alcoholic fatty liver disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Gastroenterology*, 20(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s12876-020-01204-3>
- Whyte, M. B., Shojaaee-Moradie, F., Sharaf, S. E., Cuthbertson, D. J., Kemp, G. J., Barrett, M., Jackson, N. C., Herring, R. A., Wright, J., Thomas, E. L., Bell, J., & Umpleby, A. M. (2020). HDL-apoA-I kinetics in response to 16 wk of exercise training in men with nonalcoholic fatty liver disease. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 318(6), E839-E847. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00019.2020>
- Winn, N. C., Liu, Y., Rector, R. S., Parks, E. J., Ibdah, J. A., & Kanaley, J. A. (2018). Energy-matched moderate and high intensity exercise training improves nonalcoholic fatty liver disease risk independent of changes in body mass or

- abdominal adiposity – A randomized trial. *Metabolism*, 78, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.08.012>
- Younossi, Z. M., Blissett, D., Blissett, R., Henry, L., Stepanova, M., Younossi, Y., Racila, A., Hunt, S., & Beckerman, R. (2016). The economic and clinical burden of nonalcoholic fatty liver disease in the United States and Europe. *Hepatology*, 64(5), 1577–1586. <https://doi.org/10.1002/hep.28785>
- Yumuk, V., Tsigos, C., Fried, M., Schindler, K., Busetto, L., Micic, D., & Toplak, H. (2015). European Guidelines for Obesity Management in Adults. *Obesity Facts*, 8(6), 402–424. <https://doi.org/10.1159/000442721>
- Zelber-Sagi, S. (2014). Effect of resistance training on non-alcoholic fatty-liver disease a randomized-clinical trial. *World Journal of Gastroenterology*, 20(15), 4382. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i15.4382>