



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ»

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ
ΜΕ ΜΥΟΤΟΝΙΚΗ ΔΥΣΤΡΟΦΙΑ ΤΥΠΟΥ II**

Κοντού Ελένη

**Μεταπτυχιακή Διατριβή
ΠΕΔΙΟ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΠΡΟΠΟΝΗΣΙΟΛΟΓΙΑ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΚΛΑΣΙΚΟΣ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ**

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2019

© Copyright
Ελένη Κοντού
Σχολή Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εθνικής Αντιστάσεως 41, 172 37, Δάφνη, Αθήνα

Μέλη της Συμβουλευτικής Επιτροπής

Τερζής Γεράσιμος
(Καθηγητής)

Μπογδάνης Γρηγόρης
(Καθηγητής)

Τουμπέκης Ανάργυρος
(Αναπληρωτής Καθηγητής)



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ "ΦΥΣΙΚΗ ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ"

ΠΡΑΚΤΙΚΟ
ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Της Ελένης Κοντού

Η τριμελής εξεταστική επιτροπή, που ορίστηκε από τη Συνέλευση του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών στη συνεδρία της 19/9/2019 για την κρίση και αξιολόγηση της μεταπτυχιακής διατριβής της **κ. Ελένης Κοντού** με τίτλο: «Επίδραση της σωματικής άσκησης σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II» αποτελούμενη από τους κ.κ. **Γ. Τερζή**, Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (επιβλέπων), **Γ. Μπογδάνη**, Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, **Α. Τουμπέκη**, Αναπλ. Καθηγητή της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, εκλήθησαν σήμερα 20/12/2019 ημέρα Παρασκευή και ώρα 14:30 ύστερα από επίσημη έγγραφη πρόσκληση στο Αμφιθέατρο Ε. Παυλίνη της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Πανεπιστημίου Αθηνών, προκειμένου να κρίνουν και αξιολογήσουν την παραπάνω διατριβή.

Μετά από διεξοδική συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελών της εξεταστικής επιτροπής κατέληξαν ότι η κρινόμενη διατριβή πληροί όλους τους όρους εκπόνησής της, είναι πρωτότυπη και προάγει την επιστημονική γνώση και ως εκ τούτου κρίνεται αποδεκτή και εγκρίνεται.

Τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής:

Γ. Τερζής, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Γ. Μπογδάνης, Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Α. Τουμπέκης, Αναπληρωτής Καθηγητής του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Έκφραση Ευχαριστιών

Αυτό το κομμάτι της μεταπτυχιακής διατριβής μου δίνει την ευκαιρία να εκφράσω τα συναισθήματά μου, προς όλους τους ανθρώπους που με βοήθησαν στη πραγματοποίηση της παρούσα μελέτη.

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους 10 ασθενείς που συμμετείχαν σε αυτή την μελέτη. Χωρίς την συνεργασία, εμπιστοσύνη αλλά και το ενδιαφέρον τους για την εφαρμογή ενός νέου ερεθίσματος στην ζωή τους, την σωματική άσκηση, δεν θα είχε πραγματοποιηθεί η παρούσα μελέτη.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συνεργάτες του εργαστηρίου Sports Performance Laboratory, ενώ ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω, τον Θωμά Μπάμπουλη, την Στέλλα Κατσίφη και την Αναστασία Καραγιωργάκη.

Το μεγαλύτερο ευχαριστώ, το οφείλω στον κύριο Γεράσιμο Τερζή που με δέχτηκε στην επιστημονική του ομάδα και με εμπιστεύτηκε. Δεν θέλω να κρύψω σε αυτό το σημείο, ότι τον πρώτο καιρό δυσκολεύτηκα αρκετά. Η εύστοχη κατεύθυνση και η υπομονή του, όμως διευκόλυνε το έργο μου. Πάντα ήταν διαθέσιμος για οποιονδήποτε προβληματισμό και δυσκολία με σκοπό να πετύχω το καλύτερο αποτέλεσμα. Χωρίς την δική σας συμβολή, δεν θα είχε πραγματοποιηθεί αυτό το ωραίο έργο. Σας ευχαριστώ πολύ για όλα!

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ το οφείλω στον Σπύρο Μεθενίτη που ήταν δίπλα μου, σε όλες τις ευχάριστες και δύσκολες στιγμές που αντιμετώπισα στην πορεία της μελέτης. Δεν ήταν λίγες οι φορές που διαφωνήσαμε, όλο αυτό το διάστημα. Όλες αυτές οι διαφωνίες όμως μαζί του, με έκαναν να μάθω και να αναζητήσω νέους προβληματισμούς, ώστε να γίνω καλύτερη. Σε ευχαριστώ, για την υπομονή σου αλλά και που ήσουν πλάι μου, όλο αυτόν τον καιρό, παρά τις ερευνητικές σου υποχρεώσεις. Δεν θα ήθελα να παραλείψω, την στήριξη και τις θυσίες των γονιών μου τα δυο αυτά χρόνια, προκειμένου να ολοκληρώσω και αυτό τον κύκλο σπουδών. Σας οφείλω πάρα πολλά, ευχαριστώ Ηλία και Βάσω.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕ ΜΥΟΤΟΝΙΚΗ ΔΥΣΤΡΟΦΙΑ ΤΥΠΟΥ II

Περίληψη

Η μυοτονική δυστροφία τύπου II είναι ένα σπάνιο νευρομυϊκό νόσημα, που προκαλεί μυϊκή αδυναμία, κόπωση και μυϊκή ατροφία. Σκοπός της μελέτης, ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του συνδυασμού αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις στη λειτουργική ικανότητα, μυϊκή δύναμη, αερόβια ικανότητα και στην ποιότητα ζωής ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Στη μελέτη συμμετείχαν 10 ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II (ηλικία $63,2 \pm 9,2$ έτη, ανάστημα $168,4 \pm 7,6$ εκ., μάζα $82,4 \pm 11,7$ kg). Αξιολογήθηκε, η σωματική σύσταση, η μυϊκή δύναμη των χεριών, η έγερση από κάθισμα 5 φορές (STS), η έγερση από κάθισμα βάρδιση 3μ και επιστροφή (TUG) και η απόσταση βάρδισης σε 6 λεπτά (6MW), σε τρία διαφορετικά χρονικά σημεία: στην έναρξη της διαδικασίας (T1), μετά από 3 μήνες χωρίς να παρεμβληθεί κάποια παρέμβαση (T2, περίοδος ελέγχου), καθώς και μετά από 4 μήνες (T3), όπου εφαρμόστηκε το πρόγραμμα άσκησης. Επίσης, τις χρονικές στιγμές T2 και T3 αξιολογήθηκε η ποιότητα ζωής μέσω του ερωτηματολογίου SF-36. Μεταξύ T2 και T3, οι ασθενείς πραγματοποίησαν αερόβια άσκηση σε κυκλοεργόμετρο και άσκηση με αντιστάσεις, δύο φορές κάθε εβδομάδα. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων περιλάμβανε περιγραφική στατιστική και ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικές μεταβολές μεταξύ των χρονικών στιγμών T2 και T3. Η μυϊκή δύναμη και η επίδοση στο STS βελτιώθηκαν σημαντικά μεταξύ T2 και T3 ($p < 0,05$), όπως και η 6MW (T2: $412,39 \pm 124,16$ m, T3: $443,45 \pm 101,48$ m, $p < 0,05$). Η συνολική άλιπη μάζα (T2: $41,09 \pm 6,25$ Kg, T3: $42,71 \pm 6,58$ Kg, $p < 0,05$), η άλιπη μάζα άνω και κάτω άκρων και η συνολική οστική πυκνότητα και της κεφαλή του μηριαίου οστού, αυξήθηκαν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ T2 και T3. Επίσης, μεταξύ T2 και T3 βελτιώθηκε η αερόβια ικανότητα και μειώθηκε σημαντικά η αρτηριακή πίεση ηρεμίας. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι η σωματική άσκηση είναι ασφαλής, και προκαλεί σημαντικές βελτιώσεις στη λειτουργική ικανότητα, την άλιπη μάζας, την οστική πυκνότητα αλλά και την ποιότητα ζωής ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II.

Λέξεις κλειδιά: αερόβια άσκηση, άσκηση αντιστάσεων, νευρομυϊκά νοσήματα, μυοπάθειες, σωματική σύσταση

THE EFFECT OF TRAINING ON FUNCTIONAL CAPACITY IN PATIENTS WITH MYOTONIC DYSTROPHY TYPE II

Eleni Kontou

School of Physical Education and Sport Science of Kapodistrian University of Athens

Abstract

Myotonic dystrophy type II is a rare neuromuscular disease, which cause muscular weakness, fatigue and muscle atrophy. The aim of the present study, was to investigate the effect of a concurrent aerobic and resistance training program, on factional capacity, muscular strength, aerobic capacity and quality of life of patients with type II myotonic dystrophy. In the present study 10 patients with type II myotonic dystrophy participated (Age 63.2 ± 9.2 years, Height 168.4 ± 7.6 cm, Body mass 82.4 ± 11.7 kg). Body mass, handgrip strength, and performances during sit to stand (STS), time up and go (TUG) and 6 min walk tests (6MW) were evaluated, in three different occasions: before (T1) and after (T2) of 3 months, periods that each participant continues his/her habitual routines, as well as after 4 months of training (T3). In addition, during the T2 and T3 periods, all patients undergo also the evaluations of aerobic capacity, on a stationary bicycle, and of their quality of life, through the SF-36 questionnaire. Statistical analyses include descriptive statics, One-Way repeated ANOVA analyses and Students' T-tests. No significant changes were found in all the parameters that evaluated in the present study, during the T1 to T2 period ($p > 0.05$). Handgrip strength, STS and 6MW (T2: 412.39 ± 12416 m, T3: 443.45 ± 101.48 m, $p < 0.05$) performances were increased after the training period. Total lean body mass (LBM; T2: 41.09 ± 6.25 kg, T3: 42.71 ± 6.58 kg, $p < 0.05$), as well as LBM of upper and lower extremities', separately, total bone mineral density and bone mineral density of femoral neck were increased significantly after training ($p < 0.05$). In addition, during this time period, significant changes were also observed for aerobic capacity and resting blood pressure. The results of the present study suggest that systematic training is safe, and cause significant improvements of factional capacity, lean body mass, bone mineral density, aerobic capacity and quality life of patients with type II myotonic dystrophy.

Key words: aerobic exercise, muscle strength, neuromuscular disorder, myopathies, body composition

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Μέλη της Συμβουλευτικής Επιτροπής.....	iii
Έκφραση Ευχαριστιών	v
Περίληψη	vi
Abstract.....	vii
Πίνακας Περιεχομένων.....	viii
Κατάλογος Σχημάτων	x
Κατάλογος Εικόνων.....	xi
Κατάλογος Πινάκων	xii
Κατάλογος Συμβόλων και Συντομογραφιών	xiii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος.....	3
1.2. Σημασία έρευνας	3
1.3. Ερευνητικά ερωτήματα.....	3
1.4. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί	4
1.5. Λειτουργικοί ορισμοί.....	4
II ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	5
2.1. Η επίδραση της αερόβιας άσκησης και της άσκησης με αντιστάσεις σε υγιή άτομα και ασθενείς	5
2.2. Επίδραση της άσκησης αντιστάσεων σε υγιείς και ασθενείς.....	5
2.3. Επίδραση της συνδυαστικής άσκησης σε υγιείς και ασθενείς	5
2.4. Τα νευρομυϊκά νοσήματα	7
2.5. Τρόποι αντιμετώπισης των μυοπαθειών-η επίδραση της άσκησης.....	10
III ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	18
3.1 Ερευνητικός σχεδιασμός.....	18
3.2 Περιγραφή δοκιμαζόμενων.....	19
3.3 Προπονητική Παρέμβαση.....	20
3.4. Περιγραφή αξιολογήσεων	21
3.4.1 Αξιολόγηση σύσταση σώματος και οστικής πυκνότητας.....	21
3.4.2 Εξάλεπτη δοκιμασία βάδισης	21
3.4.3 Έγερση από κάθισμα πέντε φορές	21
3.4.4 Έγερση από κάθισμα, διάλυση 3 μέτρων και επιστροφή	22
3.4.5 Χειροδυναμομέτρηση	22
3.4.6 Αξιολόγηση μέγιστου αερόβιου έργου	23
3.4.8 Εκτίμησή της μέγιστης δύναμης.....	24
3.4.9 Αξιολόγηση της ποιότητας ζωής με το ερωτηματολόγιο SF-36.....	25
3.5 Στατιστική ανάλυση.....	25

IV ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	28
4.1 Προπονητικός Όγκος	28
4.2 Οστική Πυκνότητα & Σύσταση Σώματος.....	28
4.3 Δοκιμασίες Λειτουργικής Αξιολόγησης.....	32
4.4 Αξιολόγηση Μέγιστου Αερόβιου Έργου.....	35
4.5 Αξιολόγηση Μέγιστης Δύναμης.....	36
4.6 Αξιολόγηση της ποιότητας ζωής με το ερωτηματολόγιο SF-36	37
V ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	40
VI ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	47
6.1 Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα της της μελέτης.....	47
6.2 Πρακτικές εφαρμογές	47
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1. Πειραματικός σχεδιασμός	18
Σχήμα 3.2. Απεικόνιση της δοκιμασίας έγερση από κάθισμα (πέντε φορές)....	22
Σχήμα 3.3. Απεικόνιση της δοκιμασίας έγερση από κάθισμα διάνυση 3 μέτρων και επιστροφή.....	22
Σχήμα 3.4. Η χειροδυναμομέτρηση.....	23
Σχήμα 4.1. Μέσες τιμές και ατομικές μεταβολές της συνολικής οστικής πυκνότητας,.....	29
Σχήμα 4.2. Αλλαγές στην οστική πυκνότητα της κεφαλή του μηριαίου οστού.	30
Σχήμα 4.3. Αλλαγές της συνολικής άλιπης μάζας.....	31
Σχήμα 4.4. Μεταβολές της λιπώδους μάζας.....	32
Σχήμα 4.5. Αλλαγές στην επίδοση της 6λεπτης δοκιμασίας βάρδισης.....	33
Σχήμα 4.6. Αλλαγές στην επίδοση της αξιολόγησης της έγερσης από κάθισμα 5 φορές.....	34
Σχήμα 4.7. Αλλαγές στην επίδοση της δύναμης των άνω άκρων.....	34
Σχήμα 4.8. Αλλαγές στην αερόβια ισχύ και στην καρδιακή συχνότητα.....	36
Σχήμα 4.9. Αξιολόγηση (Α) γενικής υγείας (%) και της (Β) φυσικής δραστηριότητας (%).....	38

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.3: Εγκάρσιες τομές από μυϊκές βιοψίες ασθενών που πάσχουν από μυοτονική δυστροφία τύπου I (DM1) και τύπου II (DM2)	9
Εικόνα 2.4: Μυϊκές ομάδες που επηρεάζονται περισσότερο στην μυοτονική δυστροφία τύπου I και II	10

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Ανασκοπικός πίνακας για την επίδραση πρωτοκόλλων άσκησης σε ασθενείς με μυοπάθειες.	12
Πίνακας 2.2. Ανασκοπικός πίνακας για την επίδραση πρωτοκόλλων άσκησης σε ασθενείς με μυϊκή δυστροφία τύπου I.	13
Πίνακας 3.1. Αρχικά περιγραφικά χαρακτηριστικά ασθενών	19
Πίνακας 4.1. Προπονητικός όγκος στην άσκηση με αντιστάσεις και στην αερόβια ισχύ, μεταξύ πρώτου και τελευταίου ασκησιογενούς ερεθίσματος.	28
Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα οστικής πυκνότητας για τις τρεις χρονικές στιγμές.	29
Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα άλιπης μάζας, λιπώδους μάζας και σωματικού βάρους για τις τρεις χρονικές στιγμές.	31
Πίνακας 4.4. Αποτελέσματα λειτουργικών αξιολογήσεων για τις τρεις χρονικές στιγμές.	33
Πίνακας 4.4. Τιμές της καρδιακής συχνότητας (κτύποι/λεπτό) πριν και μετά την περίοδο παρέμβασης.	35
Πίνακας 4.5. Μεταβολές αρτηριακής πίεσης και καρδιακής συχνότητας στην αξιολόγηση του μέγιστου αερόβιου έργου.	36
Πίνακας 4.6. Αποτελέσματα μέγιστης δύναμης για τις ασκήσεις με αντιστάσεις.	37
Πίνακας 4.7. Αποτελέσματα ερωτηματολογίου SF-36	38

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

DM2: Μυοτονική δυστροφία τύπου II,
DM1: Μυοτονική δυστροφία τύπου I

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αυξημένη φυσική δραστηριότητα και η συστηματική σωματική άσκηση προκαλούν σημαντικά οφέλη στην υγεία των ανθρώπων όλων των ηλικιών (Pedersen και Saltin 2015). Τα τελευταία χρόνια μάλιστα έχουν δημοσιευθεί δεκάδες επιστημονικά άρθρα που δείχνουν ότι η κατάλληλη σωματική άσκηση μπορεί να συμβάλει αποφασιστικά τόσο στην πρόληψη όσο και στην αποκατάσταση ενός σημαντικού αριθμού χρόνιων νοσημάτων (Davies et al., 2010; Francois & Little, 2015; Vainshelboim et al., 2014). Ωστόσο, μέχρι πριν από λίγα χρόνια, οι ερευνητές δίσταζαν να εφαρμόσουν προγράμματα άσκησης για τη βελτίωση της υγείας, ειδικά ασθενών με νευρομυϊκά νοσήματα. Η αιτία ήταν το σκεπτικό ότι η επιβάρυνση του αδύναμου μυϊκού ιστού θα μπορούσε να οδηγήσει σε περαιτέρω μείωση της λειτουργικότητάς του. Μέχρι σήμερα έχει καταγραφεί ένας μεγάλος αριθμός νευρομυϊκών διαταραχών, περισσότερα από 600, τα οποία όμως είναι ιδιαίτερα σπάνια σε συχνότητα εμφάνισης. Τα κύρια συμπτώματα που χαρακτηρίζουν τις νευρομυϊκές διαταραχές είναι η μυϊκή αδυναμία, η κόπωση και η μυϊκή ατροφία (Barohn, Dimachkie, & Jackson, 2014). Μια από αυτές τις νευρομυϊκές διαταραχές είναι η μυοτονική δυστροφία που έχει δύο διαφορετικούς τύπους: τύπος I και II. Η μυοτονική δυστροφία τύπου I οφείλεται στη μετάλλαξη του γονιδίου που παράγει την πρωτεϊνική κινάση DMPK, εξαιτίας του αυξημένου αριθμού της τριπλέτας βάσεων CTG στο χρωμόσωμα 19q13.3, (Korade-Mirnic et al., 1999). Η μυοτονική δυστροφία τύπου II (DM2) οφείλεται σε αυξημένο αριθμό της τετραπλέτας βάσεων CCTG στο γονίδιο Zinc Finger Protein (ZNF9) που βρίσκεται στο χρωμόσωμα 3q21.3, (Meola & Cardani, 2015).

Η μυοτονική δυστροφία τύπου II είναι μια σχετικά ήπια διαταραχή και έχει διαπιστωθεί ότι το προσδόκιμο ζωής στους ασθενείς που πάσχουν από αυτή τη νόσο είναι ίδιο με τα υγιή άτομα (Limipitikul, Ong, & Tomaselli, 2017). Η συχνότητα επιπολασμού της μυοτονικής δυστροφίας τύπου II υπολογίζεται σε 1:1830 ενήλικες παγκοσμίως, αλλά φαίνεται ότι υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των χωρών καταγωγής και μεταξύ των δύο φύλων, κυρίως εξαιτίας της αδυναμίας των κρατικών μηχανισμών να καταγράψουν τον πλήρη αριθμό των ασθενών σε μια χώρα ή περιοχή. Για παράδειγμα, στην Ιταλία, η συχνότητα επιπολασμού έχει υπολογιστεί σε 1:100000 (Vanacore et al., 2016), στους άντρες είναι 1,07:100000 και στις γυναίκες 0,99:100000 (Vanacore et al., 2016). Από την άλλη πλευρά, στη Γερμανία μεταξύ 2001 και 2016 διαγνώστηκαν συνολικά 307 ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II, σημειώνοντας υψηλότερη συχνότητα επιπολασμού σε σχέση με τη μυοτονική δυστροφία τύπου I (Montagnese, Mondello, Wenninger, Kress, & Schoser, 2017). Μέχρι στιγμής δεν υπάρχει φαρμακευτική αγωγή για τη μυοτονική δυστροφία τύπου II (Tomaszewski, Stępień, Tomaszewska, & Czuczwar, 2011).

Η ηλικιακή περίοδος κατά την οποία φαίνεται να ξεκινούν τα συμπτώματα στους ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II είναι περίπου τα 60-70 έτη, ωστόσο υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η εκδήλωση της νόσου ξεκινάει κατά την τρίτη δεκαετία της ζωής (Dalton, Goldman, & Sampson, 2015). Η διάγνωση πραγματοποιείται με βιοχημικές εξετάσεις, ηλεκτρομυογράφημα ή βιοψία μυός

(Dalton et al., 2015). Τα κύρια συμπτώματα και τα ποσοστά εμφάνισης αυτών στους ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II είναι: μυϊκή αδυναμία (79%), μυαλγία (58%) και κόπωση (49%) (Montagnese et al., 2017; Stojanovic et al., 2016). Ακόμα, οι ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II παρουσιάζουν συχνά άλλα κλινικά συμπτώματα όπως είναι: καταρράκτης (49%), δυσλιπιδαιμία (41%), διαβήτης (30%) και καρδιακά προβλήματα (20%) (Montagnese et al., 2017; Stojanovic et al., 2016). Οι ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην καθημερινότητα τους, εξαιτίας της μυϊκής αδυναμίας η οποία προσβάλλει κυρίως τα κάτω άκρα, με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζουν προβλήματα στη βάδιση και στο ανέβασμα σκάλας (Bianchi et al., 2014; Udd & Krahe, 2012). Συχνά παρατηρείται αργή απόσπαση των σκελετικών μυών, που είναι και ένα χαρακτηριστικό της μυοτονίας (π.χ. στη χειραψία). Εκτός, από τους σκελετικούς μύες, επηρεάζεται ο καρδιακός μυς και οι αναπνευστικοί μύες, με αποτέλεσμα οι ασθενείς να παρουσιάζουν συχνά αρρυθμίες και υπνική άπνοια, ενώ μάλιστα, λόγω της έντονη μυαλγίας πολλοί παραπονούνται για σοβαρές διαταραχές στον ύπνο (Bianchi et al., 2014; Udd & Krahe, 2012). Ο πόνος είναι ένα σύμπτωμα, το οποίο επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα ζωής αυτών των ατόμων. Χαρακτηριστικά, πρόσφατα διαπιστώθηκε ότι οι ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II, και μάλιστα οι ασθενείς με μεγαλύτερη ηλικία, λόγω της μειωμένης λειτουργικής ικανότητας τους και του αισθήματος φόβου που έχουν όσον αφορά την πιθανότητα τραυματισμού, καθώς και λόγω της συνεχούς αίσθησης πόνου στους μύες, βιώνουν μια συνεχή υποβάθμιση της ποιότητας ζωής τους χρόνο με τον χρόνο (Stojanovic et al., 2016).

Ο τακτικός έλεγχος της λειτουργικής ικανότητας των ασθενών που πάσχουν από νευρομυϊκά νοσήματα αποτελεί σημαντικό εργαλείο αξιολόγησης της εξέλιξης της πορείας μιας νόσου. Ο έλεγχος της λειτουργικής ικανότητας μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα της χορήγησης πειραματικών φαρμάκων για την αντιμετώπιση της νόσου (Bouchard, Cossette, Bassez, & Puymirat, 2015; McDonald et al., 2013). Συνήθως, η λειτουργική ικανότητα αξιολογείται με δέσμες λειτουργικών δοκιμασιών που προσομοιάζουν κινήσεις της καθημερινότητας, οι οποίες αποσκοπούν στη διερεύνηση της ικανότητας ενός ατόμου να εκτελεί αυτές τις δραστηριότητες, π.χ. 6λεπτη δοκιμασία βάδισης και έγερση από κάθισμα (Faria, Teixeira-Salmela, Silva, & Nadeau, 2012; Northgraves, Hayes, Marshall, Madden, & Vince, 2016). Δυστυχώς όμως μέχρι σήμερα, δεν έχει αξιολογηθεί συστηματικά η λειτουργική ικανότητα των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, συνεπώς παραμένει άγνωστος ο ρυθμός απώλειας της λειτουργικής ικανότητας αυτών των ασθενών.

Η εφαρμογή σωματικής άσκησης σε κάποια είδη μυοπάθειας, φαίνεται να είναι ασφαλής και να προκαλεί θετικά αποτελέσματα στην πορεία της εκάστοτε νόσου καθώς και στην υγεία και τη σωματική λειτουργικότητα των ασθενών (Lucia, Quinlivan, Wakelin, Martín, & Andreu, 2013; Missaoui et al., 2010; Terzis et al., 2011a). Δυστυχώς όμως, δεν υπάρχουν δεδομένα για την επίδραση της συστηματικής άσκησης στην πορεία της νόσου, στην υγεία και τη σωματική λειτουργικότητα των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Παράλληλα, παραμένει άγνωστο αν η συστηματική άσκηση είναι ασφαλής για τους ασθενείς

με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Πιο συγκεκριμένα, παραμένει άγνωστο, αν η εφαρμογή ενός πρωτοκόλλου αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις μπορεί να βελτιώσει τη σωματική λειτουργικότητα και την ποιότητα ζωής ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, χωρίς να προκαλέσει κάποια αρνητική επίδραση στο μυοσκελετικό τους σύστημα (π.χ. πόνο ή μείωση της λειτουργικής ικανότητας).

1.1. Ορισμός και διατύπωση του προβλήματος

Από τα παραπάνω, διαπιστώνονται τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς που πάσχουν από μυοτονική δυστροφία τύπου II αλλά και η έλλειψη αντιμετώπισης μέσω κάποιας θεραπείας. Παραμένει άγνωστο αν η συστηματική άσκηση είναι ασφαλής και αποτελεσματική για τους ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Σκοπός της μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του συνδυασμού της αερόβιας άσκησης και της άσκησης με αντιστάσεις στη λειτουργική ικανότητα, μυϊκή δύναμη, αερόβια ικανότητα και στην ποιότητα ζωής ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II (DM2).

1.2. Σημασία έρευνας

Με την παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια να διερευνηθεί η επίδραση, που έχει η άσκηση σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Μέχρι σήμερα δεν έχουν διαπιστωθεί τρόποι αντιμετώπισης της νόσου. Έτσι, η εφαρμογή ενός προγράμματος αερόβιας άσκησης και με αντιστάσεις που σκοπεύει στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης, της αερόβιας ικανότητας αλλά και της ποιότητας ζωής των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, ίσως έχει θετικές επιδράσεις στην λειτουργικότητα και στην ποιότητα ζωής των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, και πιθανότατα να επιβραδύνει τον ρυθμό επιδείνωσης των συμπτωμάτων και των προβλημάτων που επέρχονται με την πάροδο του χρόνου σε αυτούς τους ασθενείς.

1.3. Ερευνητικά ερωτήματα

Έγινε προσπάθεια να απαντηθούν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- i. Ο συνδυασμός αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις προκαλεί βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II;
- ii. Ο συνδυασμός αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις προκαλεί επιπλέον μυοσκελετικό πόνο ή αρνητικές αλλαγές στην ποιότητα ζωής των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II;

Με βάση τα παραπάνω ερωτήματα, καθώς και την υπάρχουσα βιβλιογραφία, διατυπώθηκαν οι παρακάτω ερευνητικές μηδενικές υποθέσεις:

- i. Ο συνδυασμός αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις δεν θα προκαλέσει βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II.
- ii. Ο συνδυασμός αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις θα προκαλέσει επιπλέον μυοσκελετικό πόνο και αρνητικές αλλαγές στην ποιότητα ζωής ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II.

1.4. Οριοθετήσεις και Περιορισμοί

Η διάρκεια της συνδυαστικής άσκησης ήταν 4 μήνες. Τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να γενικευτούν μόνο σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II.

1.5. Λειτουργικοί ορισμοί

Αερόβια άσκηση: Το είδος εκείνο της άσκησης όπου το μεγαλύτερο μέρος της απαιτούμενης ενέργειας παρέχεται από τον αερόβιο μηχανισμό.

Αερόβια Ικανότητα: Η ικανότητα του οργανισμού να προσλαμβάνει και να μεταφέρει οξυγόνο από την ατμόσφαιρα στους ιστούς και να το καταναλώνει για την παραγωγή μυϊκής ενέργειας.

Ένταση της άσκησης: Ο βαθμός προσπάθειας που καταβάλλεται για να εκτελεστεί μια άσκηση. Καθορίζεται από τους χρόνους, τις ταχύτητες, τα βάρη ή τις φυσιολογικές παραμέτρους (π.χ. συγκέντρωση γαλακτικού οξέος).

Μέγιστη Μυϊκή Δύναμη: Το μέγιστο εξωτερικό φορτίο που μπορεί να υπερνικηθεί από την εκούσια μυϊκή συστολή σε μια άσκηση.

Μέγιστη Μυϊκή Ισομετρική Δύναμη: Η μέγιστη τάση που μπορεί να παράγει ένας μυς ή μια ομάδα μυών κατά τη διάρκεια μιας μέγιστης μυϊκής συστολής κατά την οποία δεν παράγεται κίνηση.

Μέθοδος απορροφησιομετρίας δέσμης διπλής ενέργειας ακτίνων Χ (DXA): μέθοδος υπολογισμού της περιεκτικότητας του οστού σε μεταλλικά στοιχεία, και έμμεσα και της οστικής πυκνότητας, και της ανασύνθεσης και της πυκνότητας κάθε εξεταζόμενης περιοχής ξεχωριστά. Χρησιμοποιεί πηγή ακτίνων Χ, απομονώνοντας δύο δέσμες από το συνεχές φάσμα ακτινοβολίας με τη βοήθεια ειδικών φίλτρων εξασφαλίζοντας σταθερότητα εκπομπής ακτινοβολίας σε σχέση με τον χρόνο.

Μία ή πολλαπλές μέγιστες επαναλήψεις (MAE): Ο μέγιστος αριθμός των επαναλήψεων που πραγματοποιεί ο ασκούμενος με μια συγκεκριμένη αντίσταση.

Μυϊκή Ισχύς: Η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να υπερνικά εξωτερικές αντιστάσεις με μεγάλη ταχύτητα.

Ποιότητα Ζωής: Η υποκειμενική αίσθηση πληρότητας και ασφάλειας, η οποία οδηγεί το άτομο να δημιουργεί και να συμμετέχει σε καθημερινές δραστηριότητες.

Σωματική Λειτουργικότητα: Η ικανότητα του ατόμου να ανταποκριθεί σε καθημερινές δραστηριότητες με τη βοήθεια του μυϊκού συστήματος.

II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

2.1. Η επίδραση της αερόβιας άσκησης και της άσκησης με αντιστάσεις σε υγιή άτομα και ασθενείς

Αρκετές μελέτες έχουν εφαρμόσει διάφορα πρωτόκολλα αερόβιας άσκησης σε υγιή άτομα και ομάδες ασθενών που αντιμετωπίζουν διάφορα είδη νοσημάτων, με στόχο τη βελτίωση ή την αποκατάσταση. Είναι πλέον καλά τεκμηριωμένο ότι η αερόβια άσκηση είναι ευεργετική τόσο για τα υγιή άτομα, όσο και για τους ασθενείς, καθώς βελτιώνεται η καρδιοαναπνευστική λειτουργία αλλά και διάφοροι δείκτες υγείας όπως π.χ. τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, η αρτηριακή πίεση κ.τ.λ. (Francois & Little, 2015; Mendes et al., 2011; Murias, Kowalchuk, & Paterson, 2010; Tjønnna et al., 2013).

2.2. Επίδραση της άσκησης αντιστάσεων σε υγιείς και ασθενείς

Ένα άλλο είδος άσκησης είναι η άσκηση με αντιστάσεις. Το Αμερικανικό Κολέγιο Αθλητιατρικής (ACSM) προτείνει την εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης με αντιστάσεις στοχεύοντας στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης-ισχύος και οστικής πυκνότητας σε υγιή ενήλικα άτομα (Kraemer, Adams, & Cafarelli, 2002). Πιο συγκεκριμένα μετά την εφαρμογή παραδοσιακής προπόνησης με αντιστάσεις διαπιστώθηκε βελτίωση ως και 60% της μέγιστης δύναμης σε ηλικιωμένα άτομα (Bottaro, Machado, Nogueira, Scales, & Veloso, 2007). Επίσης, από μια πρόσφατη ανασκόπηση, διαπιστώνεται ότι τρεις στις τέσσερις μελέτες, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι μετά από πρόγραμμα αντιστάσεων στο 60-70% της μέγιστης δύναμης (1MAE), παρατηρείται σημαντική βελτίωση στη μυϊκή δύναμη καθώς και μυϊκή υπερτροφία και βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας (Rhea & Alderman, 2004; Stewart, Saunders, & Greig, 2014). Παράλληλα, η άσκηση με αντιστάσεις φαίνεται να είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος αποκατάστασης και για άτομα που έχουν κάποιο νόσημα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι σε ένα μεγάλο δείγμα ασθενών με νευρικές παθήσεις, έπειτα από την εφαρμογή ασκήσεων με αντιστάσεις υπήρξε ως και 12% βελτίωση της μυϊκής δύναμης (Liu-Ambrose et al., 2010). Σε άλλες μελέτες, στις οποίες εφαρμόστηκαν επίσης ασκήσεις με αντιστάσεις σε άτομα με διαβήτη τύπου II, υπήρξε βελτίωση του γλυκαιμικού δείκτη, της σύστασης σώματος αλλά και της μυϊκής δύναμης (Lincoln, Shepherd, Johnson, & Castaneda-Sceppa, 2011; Westcott, 2012).

2.3. Επίδραση της συνδυαστικής άσκησης σε υγιείς και ασθενείς

Ένας άλλος τρόπος άσκησης που έχει σκοπό να προάγει την υγεία είναι η συνδυαστική προπόνηση. Οι ασκήσεις με αντιστάσεις αλλά και η αερόβια άσκηση, προσφέρουν διαφορετικές προσαρμογές στο ανθρώπινο σώμα, ενώ ο συνδυασμός αυτών των δύο προπονητικών ερεθισμάτων θεωρείται το καλύτερο μέσο πρόληψης για πολλές χρόνιες ασθένειες (Haskell et al., 2007). Οι προπονητικές προσαρμογές χαρακτηρίζονται από τις αρχές της «Συγκεκριμενοποίησης» και της «Αλληλεπίδρασης των προπονητικών ερεθισμάτων» (Cardinale, Newton, & Nosaka, 2011; Hoffman, 2012). Η αρχή της

«Συγκεκριμενοποίησης» (the principle of Specificity) υποδηλώνει ότι οι προπονητικές προσαρμογές είναι αυστηρά ειδικές ανάλογα το προπονητικό ερέθισμα που έχει δοθεί κατά την προπόνηση (Cardinale et al., 2011; Hoffman, 2012). Ωστόσο, η αρχή της «Αλληλεπίδρασης των προπονητικών ερεθισμάτων» αναφέρεται στο γεγονός ότι οι συγκεκριμένες προπονητικές προσαρμογές από το κάθε ένα προπονητικό ερέθισμα ξεχωριστά, μετριάζονται όταν συνδυάζονται διαφορετικά είδη προπονητικών ερεθισμάτων (Cadore et al., 2013; Cardinale et al., 2011; Fyfe, Bishop, & Stepto, 2014; Hoffman, 2012; Methenitis, 2018). Με βάση αυτές τις δύο προπονητικές αρχές, κάθε είδος συστηματικής προπόνησης θα προκαλέσει μόνο συγκεκριμένες προσαρμογές, οι οποίες όμως θα μετριάζονται όταν συνδυάζονται τα διάφορα είδη, διότι το κάθε είδος ρυθμίζει διαφορετικά τα επιμέρους τμήματα της μυϊκής πρωτεϊνοσύνθεσης (Reed, Schilling, & Murlasits, 2013; Schumann et al., 2014). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι ο συνδυασμός προπόνησης δύναμης και αερόβιας άσκησης προκαλεί μειωμένες αυξήσεις στη μέγιστη δύναμη και στον ρυθμό εφαρμογής της δύναμης (PEΔ), ενώ ο συνδυασμός προπόνησης υπερτροφίας και αερόβιας προκαλεί την μετρίαση της μυϊκής υπερτροφίας, σε σχέση με το εάν θα πραγματοποιούνταν μόνο προπόνηση δύναμης ή υπερτροφίας (Donges et al., 2012; Fyfe, Bishop, & Stepto, 2014; Reed et al., 2013).

Για παράδειγμα, σε 105 υγιείς άντρες ηλικίας 40-67 έτη εξετάστηκε η επίδραση 2 διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης, που ήταν πρόγραμμα αερόβιας άσκησης και ένα συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης, σε δείκτες υγείας και στην σωματική απόδοση. Για την έναρξη των δυο διαφορετικών πρωτοκόλλων άσκησης τα άτομα χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες με τυχαία σειρά. Η τρίτη ομάδα ήταν η ομάδα ελέγχου. Το συνδυαστικό πρόγραμμα περιελάμβανε ποδήλατο και ασκήσεις με αντιστάσεις για όλο το σώμα ξεκινώντας οι δοκιμαζόμενοι από το 40-60% της 1-MAE για 3 σειρές των 12-20 επαναλήψεων, ενώ στην πορεία των προπονήσεων η επιβάρυνση έφτασε και το 70-85% 1MAE. Το πρωτόκολλο αντοχής στο ποδήλατο περιείχε, τις πρώτες εβδομάδες 30 λεπτά συνεχόμενη ποδηλασία στο αερόβιο κατώφλι, ενώ από την όγδοη εβδομάδα τα λεπτά άσκησης αυξήθηκαν ως και τα 90 λεπτά μέχρι την ολοκλήρωση όλων των προπονήσεων όπου η ένταση ήταν ελάχιστη πιο κάτω από το γαλακτικό κατώφλι. Και τα δύο προγράμματα εκτελούνταν δυο φορές την εβδομάδα. Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν διαπιστώθηκαν σημαντικότερες βελτιώσεις, στα άτομα που πραγματοποιούσαν το συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης, καθώς υπήρξαν βελτιώσεις στην μέγιστη δύναμη, στην ισχύ και στην αερόβια ικανότητα (Karavirta et al., 2011).

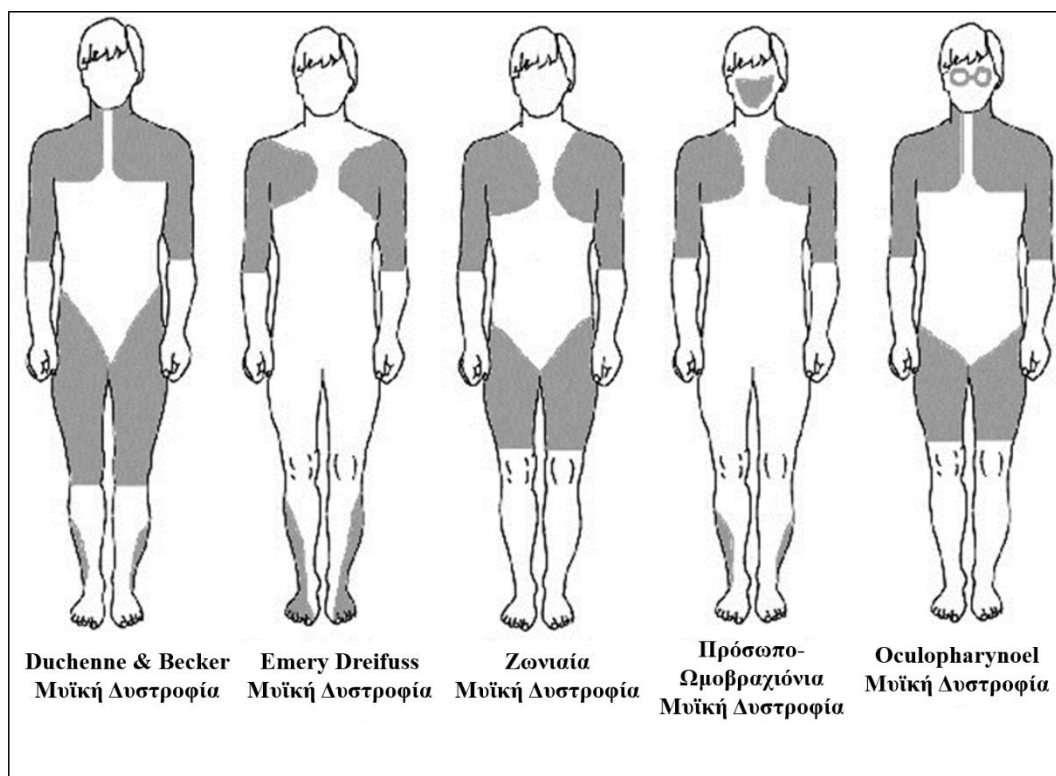
Σημαντικά οφέλη όμως από την συνδυαστική προπόνηση αντιστάσεων και αερόβιας άσκησης φαίνεται να υπάρχουν και σε άτομα με χρόνια προβλήματα, είτε καρδιοαναπνευστικού είτε μεταβολικού τύπου (Cardinot et al., 2016; Cavalcante et al., 2016; Dizon et al., 2013; Georgantas et al., 2014; Smart et al., 2018). Για παράδειγμα, σε μία ομάδα 40 δοκιμαζόμενων, οι οποίοι έπασχαν από ρευματοειδή αρθρίτιδα, πραγματοποιήθηκε ένα συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης. Αρχικά, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, καθώς οι μισοί δοκιμαζόμενοι θα αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου. Για το πρόγραμμα των ασκήσεων με αντιστάσεις εκτελούσαν ασκήσεις για όλο το σώμα στο 70% της 1MAE, 10

σειρές των 15 επαναλήψεων με μέγιστο φορτίο. Όσο αφορά το αερόβιο πρόγραμμα τις πρώτες εβδομάδες οι δοκιμαζόμενοι έκαναν 15 λεπτά στο 60% $\text{VO}_{2\text{max}}$, ενώ από την πέμπτη εβδομάδα υπήρξε αύξηση 5 λεπτών. Από τα αποτελέσματα προκύπτει, ότι στα άτομα με ρευματοειδή αρθρίτιδα υπήρξε βελτίωση τόσο στη μυϊκή δύναμη, όσο και στην αερόβια ικανότητα, καταλήγοντας λοιπόν στο συμπέρασμα ότι αυτό το είδος προπόνησης είναι αποτελεσματικό και ασφαλές για τα άτομα με ρευματοειδή αρθρίτιδα (Strasser et al., 2011).

2.4. Τα νευρομυϊκά νοσήματα

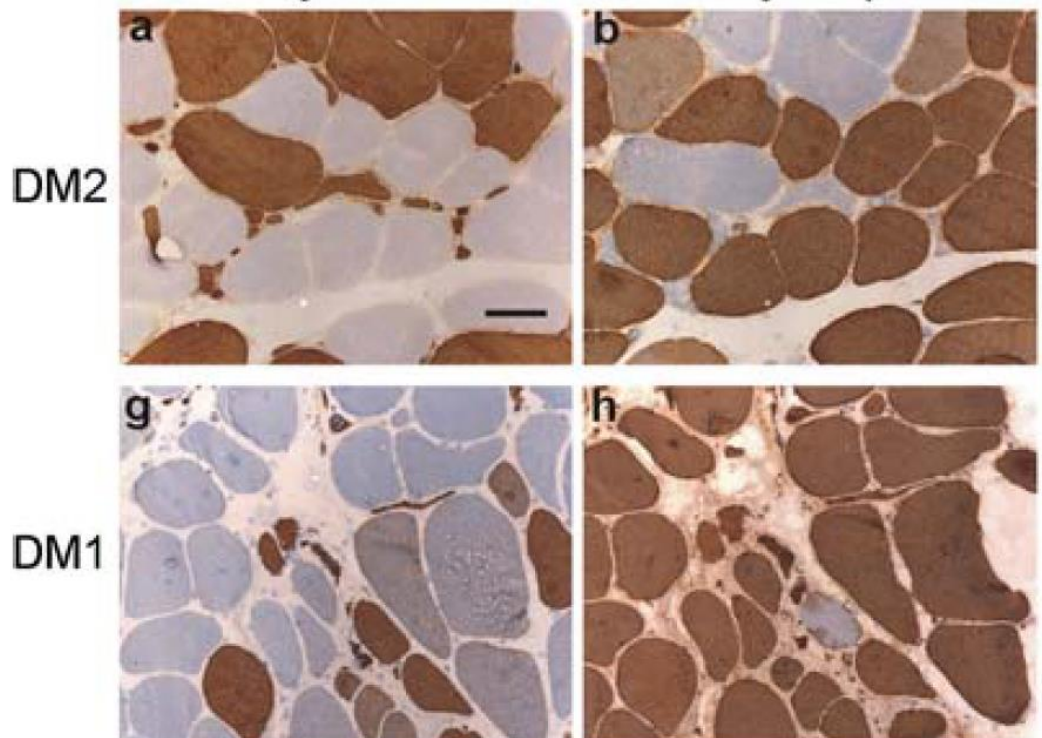
Οι μυοπάθειες είναι παθήσεις στις οποίες το αίτιο εντοπίζεται εντός των σκελετικών μυών. Οι μυοπάθειες διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες: τις επίκτητες και τις συγγενείς μυοπάθειες. Οι επίκτητες μυοπάθειες οφείλονται σε φλεγμονώδης παθήσεις ή τοξικές ουσίες. Το κύριο χαρακτηριστικό της κλινικής εικόνας των ασθενών που πάσχουν από τέτοιου είδους νοσήματα είναι η μυϊκή αδυναμία και η κόπωση. Οι φλεγμονώδεις μυοπάθειες ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες: δερματομυοσίτιδες, πολυμυοσίτιδες και μυοσίτιδες με έγκλειστα, με τις δύο τελευταίες κατηγορίες να εκδηλώνονται στη ενήλικη ζωή. Ως «...ιτιδες» αναφέρονται οι παθήσεις που έχουν ως κοινό παρανομαστή την φλεγμονή. Επομένως, ανάλογα με το σημείο εκδήλωσης της χρόνιας φλεγμονής, οι παθήσεις ονομάζονται και αναλόγως. Για παράδειγμα, ως δερματοτομυοσίτιδα χαρακτηρίζεται η πάθηση όπου η φλεγμονή παρουσιάζει δερματικές εκδηλώσεις (Milisenda, Selva-O'Callaghan, & Grau, 2014). Η διάγνωση στις επίκτητες μυοπάθειες γίνεται με βιοχημικές εξετάσεις, ηλεκτρομυογράφημα και βιοψία μυός (Karpatis, Hilton-Jones, & Griggs, 2001).

Οι συγγενείς μυοπάθειες κληρονομούνται και μπορεί να εκδηλωθούν κατά την γέννηση ή την ενηλικίωση του ατόμου. Πρόκειται για γονιδιακές παθήσεις, όπου τα γονίδια ή η έκφραση των γονιδίων παρουσιάζουν αλλοιώσεις-μεταλλάξεις, με αποτέλεσμα να μην παράγονται λειτουργικές πρωτεΐνες που θα έπρεπε να παραχθούν. Ο μοριακός μηχανισμός, που εντοπίζεται από διάφορα πειραματικά μοντέλα αποδεικνύει ότι η διαδικασία της αντιγραφή του DNA σε mRNA καθώς και η μετάφραση του mRNA σε πρωτεΐνες, σε αυτούς του ασθενείς εμπεριέχει λάθη τα οποία οδηγούν στην εκδήλωση της εκάστοτε συγγενούς μυοπάθειας. Οι μεταλλάξεις των γονιδίων είναι αυτές που οδηγούν στην τροποποίηση της γενετικής πληροφορίας και κατά επέκταση σε μία ελαττωματική πρωτεΐνη που προκαλεί τις συγγενείς μυοπάθειες (Rahimov & Kunkel, 2013; Wang et al., 2012). Οι κυριότερες κατηγορίες συγγενών μυοπαθειών είναι οι μυϊκές δυστροφίες, οι μυοτονικές δυστροφίες και οι μεταβολικές μυοπάθειες. Οι μεταβολικές μυοπάθειες χαρακτηρίζονται από διαταραχές του μεταβολισμού των λιπιδίων, του γλυκογόνου ή προβλήματα στα μιτοχόνδρια και στα μιτοχονδριακά ένζυμα με αποτέλεσμα την προβληματική παραγωγή ενέργειας (Fuller et al., 2013). Για όλες τις παραπάνω μυοπάθειες τα κλινικά χαρακτηριστικά, είναι η αδυναμία, μυϊκή ατροφία, μυαλγία και μυϊκή δυσκαμψία που παρουσιάζονται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό ανάλογα με το μέγεθος της βλάβης.



Εικόνα 2.1: Κατηγορίες μυϊκών δυστροφιών και μυϊκές ομάδες που επηρεάζονται κυριότερα σε κάθε μία.

Μία ιδιαίτερη κατηγορία των συγγενών μυοπαθειών είναι οι μυοτονικές δυστροφίες. Οι μυοτονικές δυστροφίες διακρίνονται σε δυο τύπους: την τύπου I (DM1) και την τύπου II (μυοτονική δυστροφία τύπου II). Η μυοτονική δυστροφία τύπου I οφείλεται στην αύξηση των επαναλήψεων της τριπλέτας βάσεων CTG στο γονίδιο που εκφράζει την πρωτεϊνική κινάση DMPK που βρίσκεται στο χρωμόσωμα 19q13.3. Η νόσος προκαλεί ποικιλομορφία συμπτωμάτων που εξαρτώνται από την ηλικία εκδήλωσης, και μπορεί να περιλαμβάνει διαταραχές της καρδιακής αγωγιμότητας αλλά και της αναπνευστικής λειτουργίας.



Εικόνα 2.2: Εγκάρσιες τομές από μυϊκές βιοψίες ασθενών που πάσχουν από μυοτονική δυστροφία τύπου I (DM1) και τύπου II (DM2). Είναι φανερό ότι οι αλλοιώσεις είναι περισσότερες στους ασθενείς με τον τύπο I της νόσου.

Η μυοτονική δυστροφία τύπου II. Είναι ακόμα πιο σπάνια από την τύπου I και οφείλεται στην αύξηση των επαναλήψεων της τετραπλέτας βάσεων CCTG στο γονίδιο της Zinc Finger Protein 9 (ZNF9) που βρίσκεται στο χρωμόσωμα 3q21.3. Η τετραπλέτα βάσεων μπορεί να επαναλαμβάνεται από 75 έως και 11000 φορές. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα υγιή άτομα, καθώς οι επαναλήψεις της αυτής της τετραπλέτας βάσεων, κυμαίνεται μεταξύ 10 και 35 φορές (Day & Ranum, 2005). Στη μυοτονική δυστροφία τύπου II, τα συμπτώματα εκδηλώνονται στην ενήλικη ζωή. Τα κύρια συμπτώματα είναι η μυϊκή αδυναμία, η μυοτονία, η κόπωση και η μυαλγία (Turner & Hilton-Jones, 2010). Η δυσλειτουργία των ατόμων με μυοτονική δυστροφία διαπιστώνεται, από την μειωμένη καθημερινή φυσική δραστηριότητα, από τον ρυθμό και τρόπο απελευθέρωσης της παλάμης από μία χειραψία και τέλος από την ανάγκη για βοήθεια στο ανέβασμα της σκάλας. Η διάγνωση μπορεί να γίνει μέσω βιοχημικών εξετάσεων, ηλεκτρομυογράφημα ή βιοψία μυός (Monforte et al., 2018).



Εικόνα 2.3: Μυϊκές ομάδες που επηρεάζονται περισσότερο στην μυοτονική δυστροφία τύπου I και II

2.5. Τρόποι αντιμετώπισης των μυοπαθειών-η επίδραση της άσκησης

Σπουδαία σημασία για την εξέλιξη των συγγενών μυοπαθειών έχει η έγκαιρη διάγνωση. Μέχρι τώρα, έχουν εντοπιστεί ορισμένες φαρμακευτικές αγωγές με στόχο την θεραπεία ορισμένων μυοπαθειών αλλά με αμφιλεγόμενα αποτελέσματα (Angelini & Semplicini, 2012; Iwere & Hewitt, 2015; Tomaszewski et al., 2011). Ένας τρόπος αντιμετώπισης των συμπτωμάτων, που φαίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα, είναι η σωματική άσκηση. Σε πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ασθενείς με πολυμυοσίτιδα και δερματομυοσίτιδα, υπήρξε βελτίωση της αερόβιας ικανότητας και συγκέντρωσης γαλακτικού οξέος, μετά από αερόβιο πρόγραμμα άσκησης για 12 εβδομάδες στο 70% του VO_{2max} (Munters et al., 2013). Σε άλλη μελέτη βρέθηκε ότι μετά από αερόβιο πρόγραμμα άσκησης στο 70% της VO_{2peak} και ασκήσεις με αντιστάσεις 3 σειρές των 8-12 επαναλήψεων δυο φορές ανά εβδομάδα, υπήρξε βελτίωση στην αερόβια ικανότητα, στην οστική πυκνότητα αλλά και στην ποιότητα ζωής των ασθενών με αυτό το είδος μυοπάθειας (Omori et al., 2012). Η εφαρμογή ενός προγράμματος ήπιας αερόβιας άσκησης που έγινε σε γυναίκες με μεταβολική μυοπάθεια λόγω υποθυρεοειδισμού στο 40-50% του VO_{2max} , διαπιστώθηκε ότι είχαν καλύτερη φυσική κατάσταση και ποιότητα ζωής, μετά τη συλλογή των ερωτηματολογίων (Garces-Arteaga, Nieto-Garcia, Suarez-Sanchez, Triana-Reina, & Ramírez-Vélez, 2013). Ακόμα, σε μελέτη στην οποία συμμετείχαν άτομα με νευρομυϊκά νοσήματα, κατά την οποία πραγματοποίησαν έκκεντρη αερόβια άσκηση για 30 λεπτά στο 80% του VO_{2max} , διαπιστώθηκε αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, ενώ μειώθηκαν τα επίπεδα γαλακτικού στο αίμα (Feasson et al., 2002). Σε μία ομάδα ασθενών με μυοπάθεια McArdle, η οποία πραγματοποιούσε 4 φορές ανά εβδομάδα για 14 εβδομάδες 30-40 λεπτά ποδήλατο στο 60-70% της κορυφαίας πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2peak}) βρέθηκε ότι το αερόβιο πρόγραμμα άσκησης, μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργικότητα και την ποιότητα ζωή των ατόμων με αυτό το είδους μυοπάθειας (Maté-Munoz et al., 2007). Μία άλλη μελέτη επιβεβαιώνει ότι σε ασθενείς με μυοπάθεια McArdle, μετά την εφαρμογή προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης και αερόβιας άσκησης αυξάνεται η μυϊκή ισχύς, αποτέλεσμα το οποίο συνοδεύεται από βελτίωση της αερόβιας ικανότητας

(Rae et al., 2010). Μία άλλη κατηγορία μυοπάθειας είναι και η νόσος Pompe η οποία οφείλεται στην μειωμένη λειτουργικότητας ενός λυσοσωμικού ενζύμου της όξινης α-γλυκοσιδάσης. Σε μια μελέτη εφαρμόστηκε ένα συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης που περιελάμβανε ασκήσεις με αντιστάσεις για όλο το σώμα με 50% του 10MAE, με 2 λεπτά διάλειμμα μεταξύ των σειρών και αερόβιο πρόγραμμα άσκησης για 30 λεπτά σε στατικό ποδήλατο. Βρέθηκε σημαντική αύξηση της μυϊκής δύναμης και της λειτουργικής ικανότητας μετά από 4 μήνες (Terzis et al., 2011a).

Όσον αφορά τις μυοτονικές δυστροφίες, υπάρχουν λίγες εργασίες που έχουν εξετάσει την επίδραση της συστηματικής άσκησης. Σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου I, όπου ο κάθε ασθενείς έκανε ένα αερόβιο πρόγραμμα άσκησης στο σπίτι του με 60% της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου (VO_{2max}) για 30 λεπτά για μία περίοδο 4 εβδομάδων, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή αυτού του πρωτοκόλλου ήταν ασφαλής (Ørngreen, Olsen, & Vissing, 2005). Επίσης, σε είκοσι άτομα με μυοτονική δυστροφία τύπου I, πραγματοποιήθηκε πρόγραμμα άσκησης που περιελάμβανε ασκήσεις ισορροπίας, εκτάσεις γονάτων σε ισοκινητικό μηχάνημα, 5 σειρές των 10 επαναλήψεων, με ταχύτητες κίνησης από 60 -180 rad/sec, και στο τέλος 20 λεπτά διάδρομο στο 60% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε υψηλή συσχέτιση της μεταβολής της δύναμης των κάτω άκρων με την μεταβολή της απόδοσης στις αξιολογήσεις ισορροπίας, στοιχεία που προκάλεσαν σημαντική βελτίωση της βάδιση των ατόμων με μυοτονική δυστροφία τύπου I (Missaoui et al., 2010). Σε μία πρόσφατη μελέτη, σε 35 ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου I εφαρμόστηκαν αρχικά ασκήσεις ισορροπίας, ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης και πριν το τέλος της προπονητικής μονάδας οι ασθενείς έκαναν υψηλής έντασης διαλειμματική αερόβια άσκηση στο 60-80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στην απόδοση κατά την 6λεπτή δοκιμασία βάδισης, ενώ σημειώθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της αρχικής και τελικής επίδοσης στην 6λεπτή δοκιμασία βάδισης (Kierkegaard, Harms-Ringdahl, Edström, Holmqvist, & Tollbäck, 2011).

Όσον αφορά τη μυοτονική δυστροφία τύπου II, δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα για την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα εφαρμογής προγραμμάτων άσκησης. Συνεπώς, παραμένει άγνωστο αν η σωματική άσκηση είναι ασφαλής και αποτελεσματική σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II.

Πίνακας 2.1. Ανασκοπικός πίνακας για την επίδραση πρωτοκόλλων άσκησης σε ασθενείς με μυοπάθειες.

Είδος Μυοπάθειας	Ερευνητές	Δείγμα	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
Δερματομυοσίτιδα	(Omori et al., 2012)	30	Διάρκεια Παρέμβασης: 12 εβδομάδες Παρέμβαση: Ασκήσεις με αντιστάσεις (πολυαρθρικές-μονοαρθρικές) 3x8-12 και αερόβια άσκηση 30 λεπτά σε εργοδιάδρομο 70% (VO_{2peak})	↑ Μυϊκή δύναμη άνω 17,4% και κάτω άκρων 22,2% ↑ Αερόβιας ικανότητας από 13,3% σε 18,2%
Πολυμυοσίτιδα και Δερματομυοσίτιδα	(Munters et al., 2013)	23	Διάρκεια Παρέμβασης: 12 εβδομάδες Παρέμβαση: αερόβια άσκηση 30 λεπτά στο 70% VO_{2max} και άσκηση με αντιστάσεις 30-40% μυϊκή αντοχή	↑ Αερόβιας ικανότητα ↓ Συγκέντρωση γαλακτικού οξέος
Πολυμυοσίτιδα και Δερματομυοσίτιδα	(Alexanderson et al., 2014)	19	Διάρκεια Παρέμβασης: 24 εβδομάδες, 2 ή 5 συνεδρίες ανά εβδομάδα Παρέμβαση: ασκήσεις με αντιστάσεις (μονοαρθρικές) 1σειρά x 10 επαναλήψεις και αερόβια άσκηση στο 50- 70% με βάση την καρδιακή συχνότητα	Ασφαλής & Αποτελεσματική
Μυοσίτιδα με Έγκλειστα	(Johnson et al., 2009)	7	Διάρκεια Παρέμβασης: 12 εβδομάδες, 3 συνεδρίες ανά εβδομάδα Παρέμβαση: αερόβια άσκηση σε εργοποδήλατο στο 80% VO_{2max} και ασκήσεις με αντιστάσεις (μονοαρθρικές) 3x 6-15 επαναλήψεις	Ασφαλής ↑ Αερόβιας ικανότητα ↑ Μυϊκής δύναμης
McArdle	(Haller, Wyrick, Taivassalo, & Vissing, 2006)	8	Διάρκεια Παρέμβασης: 14 εβδομάδες, 4 συνεδρίες ανά εβδομάδα Παρέμβαση: αερόβια άσκηση σε εργοποδήλατο 30-40 λεπτά στο 60%-70% της VO_{2peak}	↑ Αερόβια ικανότητα 36%
McArdle	(Maté-Munoz et al., 2007)	9	Διάρκεια Παρέμβασης: 8 μήνες, 5 συνεδρίες ανά εβδομάδα Παρέμβαση: αερόβια άσκηση σε εργοδιάδρομο ή εργοποδήλατο στο 60% της VO_{2peak}	↑ VO_{2peak} 44%
Pompe	(Terzis et al., 2011a)	5	Διάρκεια Παρέμβασης: 12 μήνες, 3 συνεδρίες ανά εβδομάδα Παρέμβαση: αερόβια άσκηση σε εργοποδήλατο 30 λεπτά και ασκήσεις με αντιστάσεις (πολυαρθρικές- μονοαρθρικές) 3x 10 στο 50%	↑ Μυϊκής δύναμης 15-50% $p=0,05$ ↑ Λειτουργικής ικανότητας (6λεπτη δοκιμασία βάρδισης)
Pompe	(Terzis et al., 2012)	5	Διάρκεια Παρέμβασης: 6 μήνες, 3 συνεδρίες ανά εβδομάδα Παρέμβαση: αερόβια άσκηση σε εργοποδήλατο 30 λεπτά στο 65-75% της μέγιστη καρδιακής συχνότητας και ασκήσεις με αντιστάσεις (πολυαρθρικές- μονοαρθρικές) 3 x 10 στο 80% των 10 μέγιστων επαναλήψεων	↑ Λειτουργικής ικανότητας (6λεπτη δοκιμασία βάρδισης)

↑: Αύξηση; ↓: Μείωση

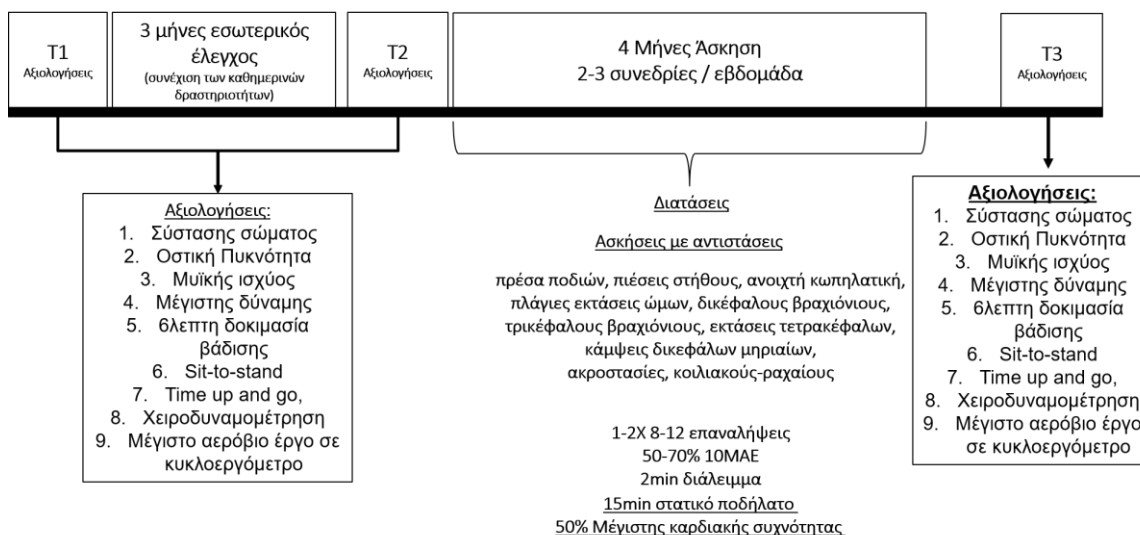
Πίνακας 2.2. Ανασκοπικός πίνακας για την επίδραση πρωτοκόλλων άσκησης σε ασθενείς με μυϊκή δυστροφία τύπου I.

Είδος Μυοπάθειας	Ερευνητές	Δείγμα	Πρωτόκολλο Άσκησης	Αποτελέσματα
DM1	(Kierkegaard et al., 2011)	35	Διάρκεια Παρέμβασης: 14 εβδομάδες, 2 φορές ανά εβδομάδα Παρέμβαση: ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας 3-4 λεπτά, ασκήσεις δύναμης 6-7 λεπτά, ασκήσεις ισορροπίας 3-4 λεπτά, ασκήσεις ευλυγισίας 9-10 λεπτά και αερόβιο άσκηση στο 60- 80% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας	↑ Λειτουργικής ικανότητας ↑ 6λεπτης δοκιμασία Υψηλές συσχετίσεις (0,80-0,87) μεταξύ αρχικών και τελικών επιδόσεων στις αξιολογήσεις
DM1	(Hammarén, Lindberg, & Kjellby-Wendt, 2015)	11	Διάρκεια Παρέμβασης: 10 εβδομάδες , 2 φορές ανά εβδομάδα Παρέμβαση: ασκήσεις ιδιοδεκτικότητας και ευκινησίας	↑ Λειτουργικής ικανότητας (έγερση από κάθισμα 3 μέτρα και επιστροφή και στα 10 μέτρα βάδιση)
DM1	(Missaoui et al., 2010)	20	Διάρκεια Παρέμβασης: 6 εβδομάδες , 3 φορές ανά εβδομάδα Παρέμβαση: ασκήσεις ισορροπίας, άσκηση σε ισοκινητικό μηχανήμα 600/s – 180 και αερόβια άσκηση 20 λεπτά στο 60% της μέγιστης προβλεπόμενης καρδιακής συχνότητας	↑↑ Ιδιοδεκτικότητα ↑↑ Μυϊκή δύναμη ↑↑ Λειτουργική ικανότητα (έγερση από κάθισμα 3 μέτρα και επιστροφή)
↑: Αύξηση; ↓: Μείωση				

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Ερευνητικός σχεδιασμός

Η ερευνητική διαδικασία διήρκεσε περίπου 6 μήνες (Σχήμα 3.1). Πρώτα από όλα πραγματοποιήθηκαν οι αρχικές αξιολογήσεις (T1) οι οποίες περιλάμβαναν: σύσταση σώματος, οστική πυκνότητα, μέτρηση της μέγιστης δύναμης και εκτίμηση της λειτουργικής ικανότητας των δοκιμαζόμενων μέσω της βλεπτικής δοκιμασίας βάδισης, έγερση από κάθισμα 3 μέτρα και επιστροφή, έγερση από κάθισμα 5 φορές και χειροδυναμομέτρηση. Σε αυτήν την περίοδο των αξιολογήσεων πραγματοποιήθηκε επίσης η δοκιμασία ανεύρεσης του μέγιστου αερόβιου έργου σε κυκλοεργόμετρο. Μια εβδομάδα πριν την πραγματοποίηση των αξιολογήσεων της απόδοσης πραγματοποιήθηκαν 2 συνεδρίες εξοικείωσης με τις δοκιμασίες. Μετά την ολοκλήρωση των αξιολογήσεων, οι ασθενείς συνέχισαν για 3 μήνες τις καθημερινές τους δραστηριότητες (καμία παρέμβαση σωματικής άσκησης). Αφού ολοκληρώθηκε αυτό το διάστημα επαναλήφθηκαν οι αρχικές αξιολογήσεις (T2). Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η παρέμβαση άσκησης για 16 εβδομάδες (32 προπονητικές συνεδρίες), με αερόβια άσκηση και άσκηση αντιστάσεων, με 2 προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα. Σε κάθε προπονητική μονάδα οι ασθενείς πραγματοποιούσαν ασκήσεις αντιστάσεων για όλο το σώμα, ακολουθούμενες από αερόβια άσκηση σε κυκλοεργόμετρο διάρκειας 15 λεπτών. Μετά την ολοκλήρωση της περιόδου άσκησης, επαναλήφθηκαν για τρίτη φορά όλες οι αξιολογήσεις (T3).



Σχήμα 3.1. Πειραματικός σχεδιασμός.

3.2 Περιγραφή δοκιμαζόμενων

Οι ασθενείς που συμμετείχαν στη μελέτη παρακολουθούνταν στο Αιγινήτειο Νοσοκομείο του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Στο Πίνακα 3.1 αναφέρονται τα αρχικά περιγραφικά χαρακτηριστικά τους. Οι συνεργαζόμενοι νευρολόγοι ιατροί αφού ενημερώθηκαν για τον πειραματικό σχεδιασμό, παρείχαν πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο επικοινωνίας με τους ασθενείς που είχαν διαγνωσθεί με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Αφού έγινε η απαραίτητη επικοινωνία (τηλεφωνικώς) με τους ασθενείς οι οποίοι ενημερώθηκαν για τη μελέτη, τους ζητήθηκε έγγραφη συναίνεση για τη συμμετοχή τους. Για όσους ανταποκρίθηκαν, ορίστηκε συνάντηση με κάθε έναν ξεχωριστά, προκειμένου να δοθούν περισσότερες πληροφορίες. Στη πρώτη συνάντηση, οι ασθενείς μετά από προφορική και γραπτή ενημέρωση, συμπλήρωσαν ειδικό ερωτηματολόγιο εκτίμησης της ποιότητας ζωής τους αλλά και ένα ιστορικό υγείας προσκομίζοντας έγκριση από ιατρό καρδιολόγο που πιστοποιούσε ότι μπορούσαν να συμμετέχουν σε πρόγραμμα άσκησης. Κάθε ασθενής υπέγραψε ένα έντυπο συγκατάθεσης, με αναλυτικές πληροφορίες για τον σκοπό της έρευνας αλλά και για τις δοκιμασίες.

Οι προϋποθέσεις συμμετοχής στην έρευνα ήταν οι ακόλουθες: Να έχουν διαγνωστεί οι ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II, με βιοχημικές εξετάσεις, ηλεκτρομυογράφημα ή βιοψία μυός. Να μην έχουν άλλο σοβαρό πρόβλημα υγείας ή μυοσκελετικά προβλήματα που να εμποδίζουν την πειραματική διαδικασία.

- Να μην έχουν λάβει μέρος σε συστηματική άσκηση τουλάχιστον 12 μήνες πριν την πειραματική διαδικασία.
- Να ακολουθούν ένα σύννηθες διατροφικό πλάνο.
- Η αρτηριακή πίεση ηρεμίας των ασθενών να μην ξεπερνά τα 140/100 mmHg.
- Να μην πάσχουν από διαβήτη τύπου I ή II.

Πίνακας 3.1. Αρχικά περιγραφικά χαρακτηριστικά των ασθενών.

	Αρχικά Περιγραφικά Χαρακτηριστικά
Ασθενείς (N)	10
Ηλικία (έτη)	63,0±8,36
Ανάστημα (εκατοστά)	168±6,60
Μάζα (kg)	81,95±9,14

Οι τιμές εκφράζονται ως μέσοι όροι ± τυπική απόκλιση.

3.3 Προπονητική Παρέμβαση

Οι ασθενείς ακολούθησαν ένα συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης, που περιλάμβανε αερόβια άσκηση και ασκήσεις αντιστάσεων. Κατά την πειραματική περίοδο πραγματοποιούσαν 2 προπονητικές μονάδες ανά εβδομάδα, ξεκινώντας πάντα (έπειτα από 10 λεπτά προθέρμανσης με χαλαρή αερόβια άσκηση στο ποδήλατο και διατάσεις) με τις ασκήσεις αντιστάσεων ακολουθούμενες από την αερόβια προπόνηση. Οι ασκήσεις αντιστάσεων απευθύνονταν σε όλες τις μυϊκές ομάδες του σώματος. Αναλυτικά, οι ασκήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν: (1) ωθήσεις κάτω άκρων σε μηχανήμα, (2) πιέσεις στήθους σε οριζόντιο πάγκο, (3) κλειστή κωπηλατική σε μηχανήμα, (4) πλάγιες εκτάσεις ώμων, (5) κάμψεις δικεφάλων βραχιόνων, (6) εκτάσεις γονάτων σε μηχανήμα ή με την χρήση λάστιχων, (7) κάμψεις μηριαίων δικεφάλων σε μηχανήμα ή με τη χρήση λάστιχων, (8) εκτάσεις τρικέφαλων βραχιόνων σε τροχαλία, (9) ακροστασίες και (10) ασκήσεις κοιλιακών και ραχιαίων. Σε κάθε άσκηση οι ασθενείς εκτελούσαν αρχικά μία σειρά των 12 επαναλήψεων με 50% της 1MAE, ενώ προοδευτικά αυξήθηκαν οι σειρές και η ένταση της άσκησης, με τους ασθενείς να πραγματοποιούν προς το τέλος της παρέμβασης 2 σειρές των 8 επαναλήψεων με 70% της 1MAE. Μετά το τέλος των ασκήσεων αντιστάσεων, οι ασθενείς πραγματοποιούσαν 20 λεπτά συνεχόμενη αερόβια άσκηση σε στατικό ποδήλατο με 50%-70% του μέγιστου αερόβιου έργου. Η αντίσταση στις ασκήσεις αντιστάσεων αυξανόταν, κάθε φορά που ο ασθενής ήταν σε θέση να εκτελέσουν 2 παραπάνω επαναλήψεις σε σχέση με αυτές που πραγματοποιούσαν στις προηγούμενες προπονητικές μονάδες έναντι ενός δεδομένου εξωτερικού φορτίου. Αναλυτικά, εάν ένας ασθενής μπορούσε να πραγματοποιήσει 2 επαναλήψεις περισσότερες από αυτές που εκτελούσε μέχρι εκείνη τη χρονική στιγμή με τη συγκεκριμένη αντίσταση στη συγκεκριμένη άσκηση, τότε την επόμενη φορά αυξανόταν η αντίσταση στη συγκεκριμένη άσκηση κατά 5% (Gordon, 2009; Pescatello, 2014). Όσον αφορά την αερόβια άσκηση, η ένταση-επιβάρυνση αυξανόταν ανάλογα με την υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης που είχε κάθε ασθενής και την καρδιακή συχνότητα του κατά την άσκηση. Κατά τη διάρκεια της αερόβιας άσκησης, ο ασθενής έπρεπε να δηλώνει την αίσθηση της κόπωσης: π.χ. από «μέτρια» (13 στην 20βάθμια κλίμακα του Borg) ως και «λίγο έντονη» (16 στην 20βάθμια κλίμακα του Borg). Σε περίπτωση που η βαθμολογία της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης ήταν μικρότερη του 13, η αντίσταση στο κυκλοεργόμετρο αυξανόταν κατά 5% (Cavalcante et al., 2016; Smart et al., 2018).

3.4. Περιγραφή αξιολογήσεων

3.4.1 Αξιολόγηση σύστασης σώματος και οστικής πυκνότητας

Η αξιολόγηση της σύστασης σώματος και της οστικής πυκνότητας έγινε με την τεχνική απορροφησιμετρίας δέσμης διπλής ενέργειας ακτίνων X (DXA; μοντέλο DPX-L LUNAR Radiation, General Electrics, Madison, WI, USA). Πριν την προσέλευση των δοκιμαζόμενων για τη μέτρηση, είχε πραγματοποιηθεί βαθμονόμηση του μηχανήματος. Αφού, είχε ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση, το επόμενο βήμα ήταν η τοποθέτηση του ασθενή στο μηχάνημα, παραμένοντας για 10 λεπτά σε ανάπαυση. Η έναρξη της διαδικασίας της σάρωσης γινόταν, αφού δινόταν εντολή από τον επιτραπέζιο υπολογιστή. Για την αξιολόγηση όλου του σώματος η διάρκεια ήταν 15-30 λεπτά. Στη συνέχεια ακολουθούσε μέτρηση στην περιοχή του ισχίου και της σπονδυλική στήλης, όπου η κάθε μία μέτρηση διαρκούσε 6 λεπτά. Για τα αποτελέσματα των μετρήσεων γινόταν μία σειρά από αναλύσεις μέσω του προγράμματος Lunar (Lunar Radiation Composition, General Electrics, Madison, WI, USA), από 2 διαφορετικούς αξιολογητές, σύμφωνα με τις οδηγίες χρήσης του μηχανήματος και τη σχετική βιβλιογραφία (Garlie, Obusek, Corner, & Zambraski, 2010). Ο δείκτης ICC της μέτρησης έχει ελεγχθεί μέσα από την αξιολόγηση 13 ατόμων (Zaras et al., 2014; Zaras et al., 2015) και ανερχόταν στο 0,98 για την άλιπη μάζα των ποδιών (95% CI: Lower = 0.95, Upper = 0.99), 0,93 για την συνολική άλιπη μάζα (95% CI: Lower = 0.89, Upper = 0.97), 0,90 για το ποσοστό του συνολικού λίπους (95% CI: Lower = 0.85, Upper = 0.96) και στο 0,94 για το ποσοστό λίπους των κάτω άκρων (95% CI: Lower = 0.88, Upper = 0.98), $p < 0.0001$; $n = 13$), τιμές οι οποίες είναι εφάμιλλες με αυτές που έχουν αναφερθεί στην διεθνή βιβλιογραφία (Ball, Altena, & Swan, 2004; Garlie et al., 2010).

3.4.2 Εξάλεπτη δοκιμασία βάρδισης

Για την εξάλεπτη δοκιμασία βάρδισης, κάθε ασθενής έπρεπε σε έξι λεπτά να καλύψει, όσο μεγαλύτερη απόσταση μπορούσε με τον ρυθμό βάρδισης, τον οποίο είχε επιλέξει. Η δοκιμασία πραγματοποιήθηκε παλίνδρομα, σε μία απόσταση 20 μ. σε επίπεδη επιφάνεια. Πριν την έναρξη της δοκιμασίας έγινε προφορική περιγραφή της διαδικασίας. Ο δείκτης αξιοπιστίας της δοκιμασίας έχει ελεγχθεί σε 35 ενήλικες και ανέρχεται σε 0,95 (Northgraves et al., 2016).

3.4.3 Έγερση από κάθισμα πέντε φορές

Στη δοκιμασία *έγερση από κάθισμα πέντε φορές*, ο ασθενής ξεκινούσε από καθιστή θέση, όπου έπρεπε να σηκώνεται και να κάθεται σε ένα κάθισμα ύψους 46cm για πέντε φορές με τα χέρια σταυρωμένα εμπρός στον θώρακα. Στόχος ήταν να εκτελέσει τον κύκλο έγερση-κάθισμα πέντε φορές, όσο πιο γρήγορα, με ασφάλεια. Ο δείκτης αξιοπιστίας ανέρχεται σε 0,999 (95% CI: [0,999, 1,000]), το οποίο διαπιστώθηκε σε 92 υγιή άτομα (Wallmann, Evans, Day, & Neelly, 2013).



Σχήμα 3.2. Απεικόνιση της δοκιμασίας έγερση από κάθισμα (πέντε φορές).

3.4.4 Έγερση από κάθισμα, διάνυση 3 μέτρων και επιστροφή

Στη δοκιμασία *έγερση από κάθισμα 3 μέτρα και επιστροφή*, χρησιμοποιήθηκε ένα κάθισμα με ύψος 46cm ενώ τα μπράτσα του καθίσματος είχαν ύψος 65cm. Στόχος ήταν ο ασθενής να σηκώνεται από το κάθισμα, να διανύει 3 μέτρα με τον ρυθμό βάρδισης που επιθυμούσε, να πραγματοποιεί μια επιτόπια στροφή 180°, ενώ στη συνέχεια να επέστρεφε στην καρέκλα προκειμένου να καθίσει. Η έναρξη της δοκιμασίας γινόταν με παράγγελμα, ενώ ο χρόνος σταματούσε όταν τα ισχία άγγιζαν στο κάθισμα. Ο δείκτης αξιοπιστίας αυτής της δοκιμασίας ανέρχεται σε 0,92, σε μελέτη που έγινε σε 48 υγιή άτομα (Faria et al., 2012).



Σχήμα 3.3. Απεικόνιση της δοκιμασίας έγερση από κάθισμα διάνυση 3 μέτρων και επιστροφή.

3.4.5 Χειροδυναμομέτρηση

Για τη δοκιμασία της χειροδυναμομέτρησης χρησιμοποιήθηκε χειροδυναμόμετρο Camry (Model E H 101) το οποίο είχε βαθμονομηθεί με πρότυπα βάρη ELEIKO. Με το δεξί ή το αριστερό άνω άκρο ο ασθενής κρατούσε τη λαβή του χειροδυναμόμετρου, ενώ έπρεπε να λυγίσει τον αγκώνα του σε γωνία 90° και ο καρπός του βρισκόταν σε ουδέτερη θέση. Στη δοκιμασία αξιολογούνταν και τα δύο άνω άκρα, πιέζοντας τη λαβή για 3sec. Ο δείκτης αξιοπιστίας ανέρχεται σε 0,97 (Puthoff & Saskowski, 2013).



Σχήμα 3.4. Η χειροδυναμομέτρηση.

3.4.6 Αξιολόγηση μέγιστου αερόβιου έργου

Το πρωτόκολλο αξιολόγησης που χρησιμοποιήθηκε είναι μία παραλλαγή της αξιολόγησης μέγιστης αερόβιας ικανότητας Astrand (Gibson, Wagner, & Heyward, 2018; Nordgren et al., 2014) σε κυκλοεργόμετρο. Πριν από την αξιολόγηση, κάθε ασθενής αναπαυόταν για 10 λεπτά σε καθιστή θέση. Στη συνέχεια, γινόταν μέτρηση της συστολικής και διαστολικής αρτηριακής πίεσης και της καρδιακής συχνότητας με ηλεκτρονικό πιεσόμετρο Omron M6 Comfort (HEM-7321-E; Vietnam Co), ενώ καταγραφόταν η ώρα της αξιολόγησης και η πιθανή λήψη φαρμάκων τις προηγούμενες 8 ώρες. Με την ολοκλήρωση αυτής της διαδικασίας, είχε τοποθετηθεί σε κάθε ασθενή παλμογράφος Polar FT4 Training Computer (Polar Electro Inc, USA), για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της αερόβιας αξιολόγησης. Έπειτα, ο ασθενής τοποθετούνταν στο ποδήλατο Cateye Ergociser, Model Ec-3500 (Cateye Co., Ltd. Japan) με τη γωνία του γονάτου κατά την κίνηση να κυμαίνεται μεταξύ 170° και 100° (Jamnick, Botella, Pyne, & Bishop, 2018). Για 3 λεπτά, ο/η ασθενής έκανε προθέρμανση στο ποδήλατο με 25watt με 50 περιστροφές ανά λεπτό. Μετά τα τρία λεπτά αυξανόταν η ισχύς ανά 1 λεπτό (50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 watt), ενώ παράλληλα καταγραφόταν ανά 1 λεπτό η καρδιακή συχνότητα και γινόταν αξιολόγηση της έντασης με την υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης της άσκησης με την κλίμακα Borg (Benjaminse, Webster, Kimp, Meijer, & Gokeler, 2019). Μετά το τέλος της διαδικασίας υπολογίζονταν για κάθε λεπτό η πρόσληψη οξυγόνου (VO_2) σε $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$, μέσω της εξίσωσης (Uth, Sørensen, Overgaard, & Pedersen, 2004): $\text{VO}_2 (\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) = 15 \times (\text{Καρδιακή συχνότητα λεπτού} \times \text{καρδιακή συχνότητα ηρεμίας}^{-1})$. Η συγκεκριμένη εξίσωση έχει ελεγχθεί

αρκετές φορές για την αξιοπιστία της στη βιβλιογραφία, όπου διαπιστώνονται συσχετίσεις μεταξύ των τιμών που αποδίδει και αυτών που καταγράφονται από εργοσπιρόμετρο της τάξεως του 0,890 έως 0,920, δίνοντας μια απόκλιση από τις πραγματικές περίπου κατά $\pm 0,28 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Glass & Dwyer, 2007; Harris, 2009). Η δοκιμασία ολοκληρωνόταν όταν ο/η ασθενής φαινόταν να μην τηρεί τις 50 περιστροφές ή όταν ζητούσε να σταματήσει (Glass & Dwyer, 2007; Gordon, 2009; Pescatello, 2014). Καταγραφόταν η καρδιακή συχνότητα, η αρτηριακή πίεση και η υπολογισμένη κατανάλωση οξυγόνου του προηγούμενου ολοκληρωμένου λεπτού από τον τερματισμό της δοκιμασίας (Harris, 2009; Miller, 2012; Robergs, 2007). Η καρδιακή συχνότητα (Κ.Σ.) και η υπολογισμένη κατανάλωση οξυγόνου του τελευταίου ολοκληρωμένου λεπτού καταγράφονταν ως μέγιστη καρδιακή συχνότητα (Μ.Κ.Σ.) και μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{peak}}$) αντίστοιχα. Μετά το τέλος της δοκιμασίας, γινόταν αποθεραπεία διάρκειας 10 λεπτών, με προοδευτικά επιβραδυνόμενη ταχύτητα, όπου και πάλι καταγραφόταν η καρδιακή συχνότητα, η συστολική και διαστολική πίεση και η υποκειμενική αντίληψη της κόπωσης, μέσω της 20βάθμιας κλίμακας του Borg, ώστε να τεκμηριωθεί ο ρυθμός ανάκαμψης της καρδιακής συχνότητας [$\text{P.A.K.Σ.} = (\text{ΜΚΣ} - \text{ΚΣ}_{1 \text{ λεπτό μετά το τέλος της δοκιμασίας}}) \cdot 10^{-1}$], ο οποίος αποδίδει το επίπεδο φυσικής κατάστασης κάθε ασκούμενου (Glass & Dwyer, 2007; Gordon, 2009), καθώς και η ομαλή επαναφορά του στα φυσιολογικά, προ της δοκιμασίας, επίπεδα.

3.4.8 Εκτίμησή της μέγιστης δύναμης

Μετά την πρώτη εβδομάδα εξοικείωσης με τις ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης, εκτιμήθηκε η μέγιστη δύναμη για κάθε μία άσκηση ξεχωριστά. Αρχικά πραγματοποιήθηκε 5-10 λεπτά προθέρμανση σε στατικό ποδήλατο με 25W και διατάσεις. Στη συνέχεια, εκτιμήθηκε η μέγιστη δύναμη στις πολυαρθρικές ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης (πιέσεις στήθους, ωθήσεις κάτω άκρων ποδιών και κλειστή κωπηλατική) με αρχική επιβάρυνση, για κάθε ασθενή 50% του σωματικού βάρους για τα κάτω άκρα και 25% για τα άνω άκρα. Για τις μονοαρθρικές ασκήσεις (πλάγιες εκτάσεις ώμων, κάμψεις αγκώνων, κάμψεις γονάτων και μηριαίων, εκτάσεις αγκώνων με αλτήρες, εκτάσεις γονάτων, ακροστασίες) η αρχική επιβάρυνση ήταν 35% για τα κάτω άκρα, ενώ για τα άνω άκρα 15% του σωματικού βάρους (Cardinale et al., 2011). Ο ασθενής έπρεπε να πραγματοποιήσει όσες περισσότερες επαναλήψεις μπορούσε σε κάθε σειρά. Η εξωτερική αντίσταση αυξανόταν προοδευτικά μέχρι ο κάθε ασθενής να μην μπορεί να εκτελέσει περισσότερες από 10 επαναλήψεις έναντι ενός φορτίου (Baechle & Earle, 2008). Οι 10MAE ανευρισκόταν περίπου μέσα σε 4-5 σειρές. Μεταξύ των σειρών υπήρχε διάλειμμα 3 λεπτά. Με δεδομένο ότι οι 10MAE αντιστοιχούν περίπου στο 75% της μέγιστης δύναμης, η μέγιστη δύναμη εκτιμήθηκε με βάση την εξίσωση (Baechle & Earle, 2008):

$$1MAE = \text{Το υπερν. βαρος} \times \left(\frac{100}{75}\right)$$

3.4.9 Αξιολόγηση της ποιότητας ζωής με το ερωτηματολόγιο SF-36

Κάθε ασθενής κλήθηκε να απαντήσει ερωτήσεις κλειστού τύπου, προκειμένου να αξιολογηθεί η σωματική, νοητική, ψυχική υγεία αλλά και συνολικά η ποιότητα ζωής του/της. Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ευανάγνωστο και σύντομο, ενώ έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εργασίες, ενώ έχει τεκμηριωθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του (Carlsson, Cederlund, Höglund, Lundborg, & Rosén, 2008). Συνολικά περιέχει 36 ερωτήσεις χωρισμένες σε 8 διαφορετικές ενότητες: 10 ερωτήσεις για τη φυσική λειτουργία, 2 ερωτήσεις για την κοινωνική συμπεριφορά, 4 ερωτήσεις για την ανταπόκριση σε καθημερινές δραστηριότητες-υποχρεώσεις, 2 ερωτήσεις για τον σωματικό πόνο, 5 ερωτήσεις για την ψυχική υγεία, 3 ερωτήσεις για τη συναισθηματική κατάσταση, 4 ερωτήσεις για τη ζωτικότητα και 6 ερωτήσεις για τη γενική υγεία. Οι ερωτήσεις αναφέρονταν σε δραστηριότητες του/της ασθενούς τις τελευταίες εβδομάδες, εκτός από αυτές που αφορούσαν στην τρέχουσα διάθεση. Οι δείκτες αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου είναι αρκετά υψηλοί (0,68-0,93, $p < 0,01$).

3.5 Στατιστική ανάλυση

Για την στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν περιγραφικά στατιστικά, με μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών. Οι μεταβολές σε όλες τις παραμέτρους μετά από την περίοδο προπόνησης εξετάστηκαν με ανάλυση διασποράς για επαναλαμβανόμενα εξαρτημένα δείγματα (One-Way repeated measures ANOVA). Οι ποσοστιαίες μεταβολές συγκρίθηκαν μέσω της ανάλυσης διασποράς για επαναλαμβανόμενα εξαρτημένα δείγματα. Για την στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα στατιστικών εφαρμογών SPSS for Windows, Ver. 21 (IBM Corporation, USA). Σε όλες τις στατιστικές αναλύσεις το επίπεδο σημαντικότητας (P) ορίστηκε με $P < 0,05$.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Προπονητικός Όγκος

Ο προπονητικός όγκος μεταβλήθηκε σημαντικά μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας προπονητικής μονάδας ($p < 0,05$, Πίνακας 4.1). Ο προπονητικός όγκος της άσκησης με αντιστάσεις αυξήθηκε κατά $199,50 \pm 102,53\%$. Σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε και στην αερόβια ισχύ (Watt) με ποσοστό βελτίωσης $80,47 \pm 36,88\%$, μετά το πρόγραμμα άσκησης.

Πίνακας 4.1. Προπονητικός όγκος στην άσκηση με αντιστάσεις και στην αερόβια ισχύ, μεταξύ πρώτου και τελευταίου ασκησιογενούς ερεθίσματος.

	Πρώτη Προπονητική Μονάδα	Τελευταία Προπονητική Μονάδα	p
Προπονητικός Όγκος (kg)	2652±802	7373±1673*	0,000
Αερόβια Ισχύς (Watt)	47,00±22,26	80,00±32,52*	0,000

Παρουσιάζονται μέσες τιμές $\pm$ τυπική απόκλιση. Με (*) συμβολίζεται η στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο χρονικών στιγμών για κάθε μεταβλητή ($p \leq 0,005$).

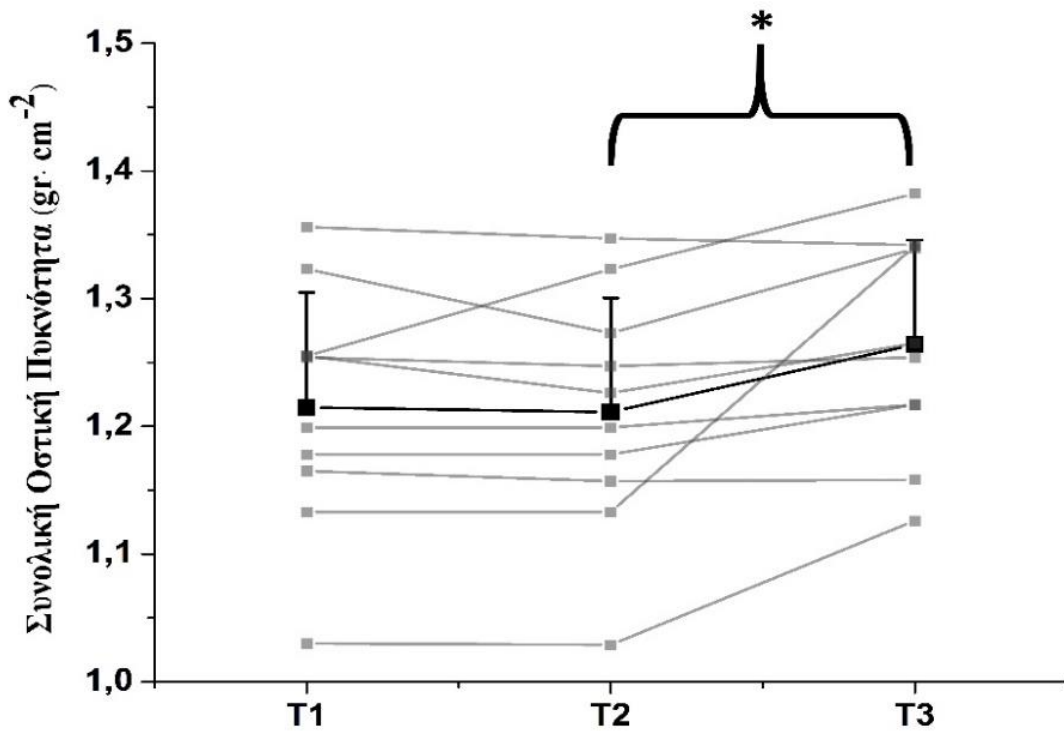
4.2 Οστική Πυκνότητα & Σύσταση Σώματος

Η οστική πυκνότητα (BMD) αυξήθηκε σημαντικά μετά την παρέμβαση του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης ($F = 5,19$, $p = 0,017$, $\eta^2 = 0,366$, Σχήμα 4.1) με σημαντική διαφορά ανάμεσα στις τρεις χρονικές στιγμές (T1-T2-T3, $p = 0,030$). Πιο συγκεκριμένα, η οστική πυκνότητα των άνω και κάτω άκρων αυξήθηκε σημαντικά μετά το πρόγραμμα άσκησης κατά $3,99 \pm 3,28\%$ και $7,21 \pm 6,53\%$ για τα άνω και κάτω άκρα, αντιστοίχως ($p = 0,002$). Παράλληλα, σημαντικές μεταβολές διαπιστώθηκαν στην οστική πυκνότητα της κεφαλής του ισχίου ($F = 5,82$, $p = 0,011$, $\eta^2 = 0,393$, Σχήμα 4.2). Σε όλα τα παραπάνω, σημαντικές διαφορές διαπιστώθηκαν μεταξύ των τιμών μετά την προπόνηση (T3) και αυτών των χρονικών στιγμών T1 και T2, ξεχωριστά (Πίνακας 4.1). Σε καμία περίπτωση δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών T1 και T2 ($p > 0,05$). Δεν υπήρχαν, σημαντικές διαφορές στην οστική πυκνότητα του κορμού ($p = 0,102$) σε κανένα χρονικό σημείο. Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι τιμές της οστικής πυκνότητας ανά περιοχή αξιολόγησης και για τις τρεις χρονικές στιγμές.

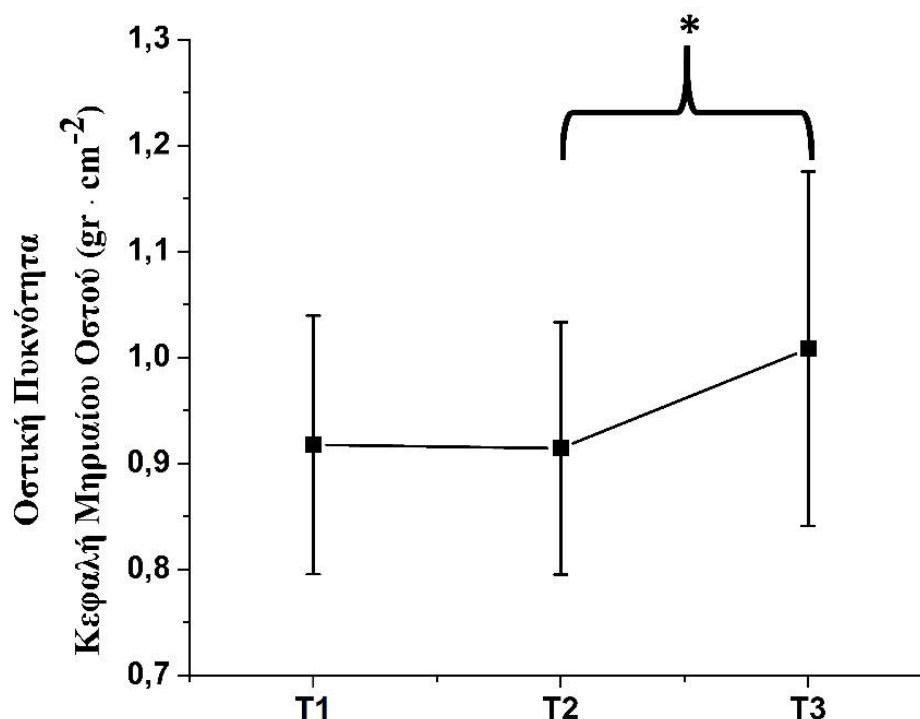
Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα οστικής πυκνότητας για τις τρεις χρονικές στιγμές.

Περιοχή	T1	T2	T3	η^2	p
Ολική ($\text{gr} \cdot \text{cm}^{-2}$)	1,214 $\pm$ 0,095	1,211 $\pm$ 0,094	1,264 $\pm$ 0,085	0,366	0,017
Κάτω Άκρων ($\text{gr} \cdot \text{cm}^{-2}$)	1,289 $\pm$ 0,167 ³	1,286 $\pm$ 0,168 ³	1,337 $\pm$ 0,171 ^{1,2}	0,555	0,001
Άνω Άκρων ($\text{gr} \cdot \text{cm}^{-2}$)	0,937 $\pm$ 0,142 ³	0,930 $\pm$ 0,148 ²	0,990 $\pm$ 0,121 ^{1,2}	0,507	0,002
Κορμού ($\text{gr} \cdot \text{cm}^{-2}$)	1,001 $\pm$ 0,758	0,980 $\pm$ 0,066	1,034 $\pm$ 0,116	0,224	0,102
L2-L4 ($\text{gr} \cdot \text{cm}^{-2}$)	1,221 $\pm$ 0,202	1,198 $\pm$ 0,199	1,234 $\pm$ 0,222	0,097	0,399
Ισχίου ($\text{gr} \cdot \text{cm}^{-2}$)	1,017 $\pm$ 0,121	1,009 $\pm$ 0,112 ³	1,059 $\pm$ 0,137 ²	0,463	0,004
Κεφαλή Ισχίου ($\text{gr} \cdot \text{cm}^{-2}$)	0,917 $\pm$ 0,122	0,914 $\pm$ 0,119	1,008 $\pm$ 0,167	0,393	0,011

Οι μεταβλητές εκφράζονται ως μέσες τιμές $\pm$ τυπική απόκλιση. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών προσδιορίζονται με το αντίστοιχο νούμερο των χρονικών περιόδων. 1: T1, 2: T2, 3:T3 (* $p \leq 0,005$).



Σχήμα 4.1. Μέσες τιμές (έντονη μαύρη γραμμή) και ατομικές (γκρίζες γραμμές) μεταβολές της συνολικής οστικής πυκνότητας, κατά την περίοδο εσωτερικού ελέγχου (T1-T2) και μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης 32 προπονητικών μονάδων T2-T3, (* $p=0,0305$).



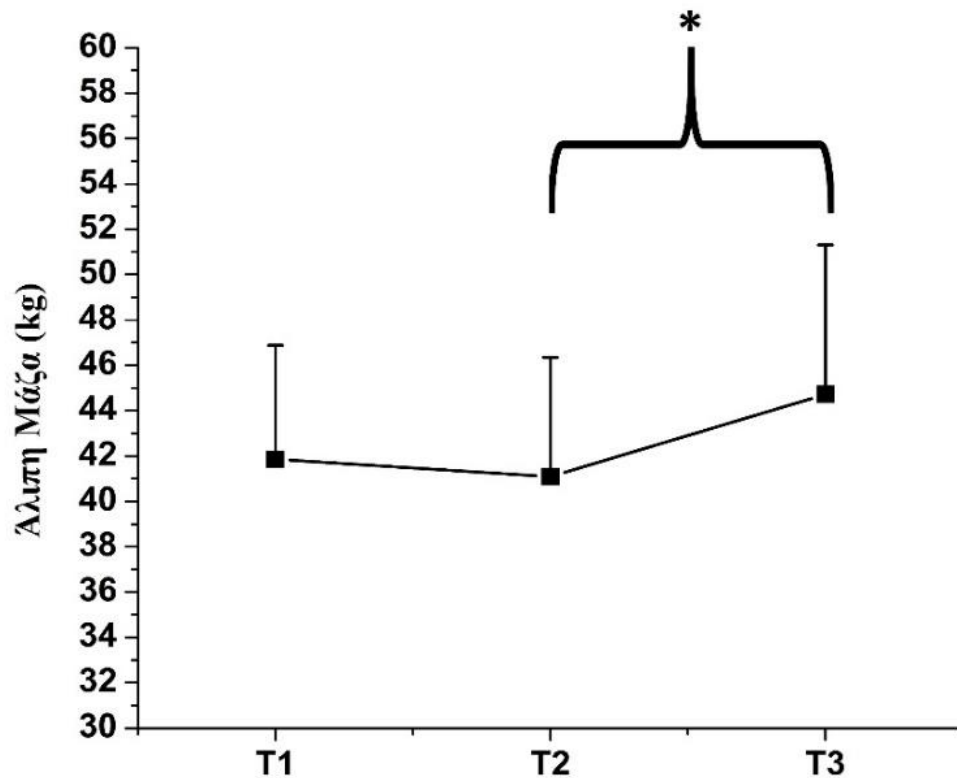
Σχήμα 4.2. Αλλαγές στην οστική πυκνότητα της κεφαλή του μηριαίου οστού κατά την περίοδο ελέγχου (T1-T2) και μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης 32 προπονητικών μονάδων (T2-T3, * $p=0,011$).

Η συνολική άλιπη μάζα αυξήθηκε σημαντικά ($F=8,717$, $p=0,002$, $\eta^2=0,492$, Πίνακας 4.3 και Σχήμα 4.3), μετά το πρόγραμμα άσκησης κατά $3,95 \pm 4,12\%$. Σημαντικές διαφορές διαπιστώθηκαν στην άλιπη μάζα των άνω και κάτω άκρων (Πίνακας 4.3, $p<0,05$). Για τα άνω άκρα κατά την περίοδο T1-T2 η άλιπη μάζα δεν μεταβλήθηκε, ενώ κατά την περίοδο T2-T3 υπήρχε αύξηση κατά $10,22 \pm 8,12\%$. Μεταβολές στην άλιπη μάζα υπήρξαν και στα κάτω άκρα κατά $1,22 \pm 2,15\%$ και $4,31 \pm 4,90\%$, για τις χρονικές περιόδους T1-T2 και T2-T3 αντιστοίχως ($p=0,003$). Τέλος, βρέθηκε μείωση στη λιπώδη μάζα ($F=7,392$, $p=0,005$, $\eta^2=0,451$, Πίνακας 4.3 και Σχήμα 4.4). Σε όλα τα παραπάνω, σημαντικές διαφορές διαπιστώθηκαν μεταξύ των τιμών μετά την προπόνηση (T3) και αυτών των χρονικών στιγμών T1 και T2, ξεχωριστά (Πίνακας 4.3). Σε καμία περίπτωση δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών T1 και T2 ($p>0,05$).

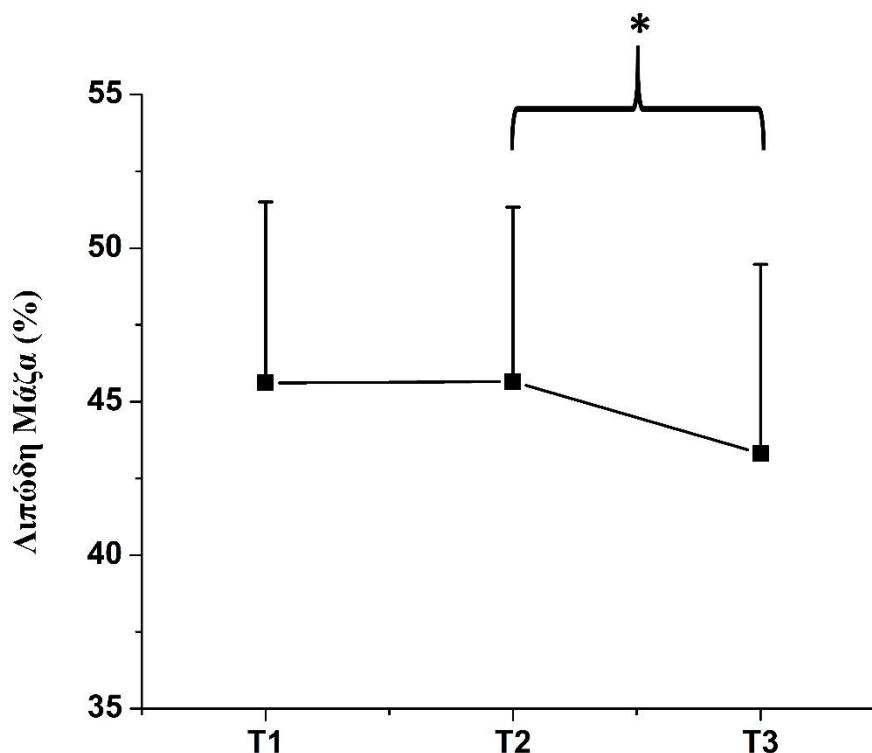
Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα άλιπης μάζας, λιπώδους μάζας και σωματικού βάρους για τις τρεις χρονικές στιγμές.

	T1	T2	T3	η^2	p
Συνολική Άλιπη Μάζα (kg)	41,85±6,02 ²	41,09±6,25 ^{1,3}	42,71±6,58 ²	0,492	0,002
Άλιπη Μάζα Κάτω Άκρα (kg)	13,29±2,05 ³	13,12±2,03 ³	13,71±2,037 ^{1,2}	0,346	0,022
Άλιπη Μάζα Άνω Άκρα (kg)	4,52±0,85 ³	4,54±1,025 ³	4,98±1,04 ²	0,595	0,000
Άλιπη Μάζα Κορμού (kg)	21,88±3,32	21,49±3,73	22,02±3,90	0,135	0,272
Λιπώδης Μάζα (%)	45,61±6,21 ³	45,60±5,99 ³	43,31±6,49 ^{1,2}	0,451	0,005
Σωματικό Βάρος (kg)	81,95±9,14	82,28±9,68	78,60±11,85	0,185	0,159

Μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών προσδιορίζονται με το αντίστοιχο νούμερο των χρονικών στιγμών. 1: T1, 2: T2, 3: T3 (*p≤0,005).



Σχήμα 4.3. Αλλαγές της συνολικής άλιπης μάζας κατά την περίοδο ελέγχου (T1-T2) και μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης 32 προπονητικών μονάδων (T2-T3* $p=0,002$).



Σχήμα 4.4. Μεταβολές της λιπώδους μάζας κατά την περίοδο ελέγχου (T1-T2) και μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης 32 προπονητικών μονάδων (T2-T3, * $p=0,005$).

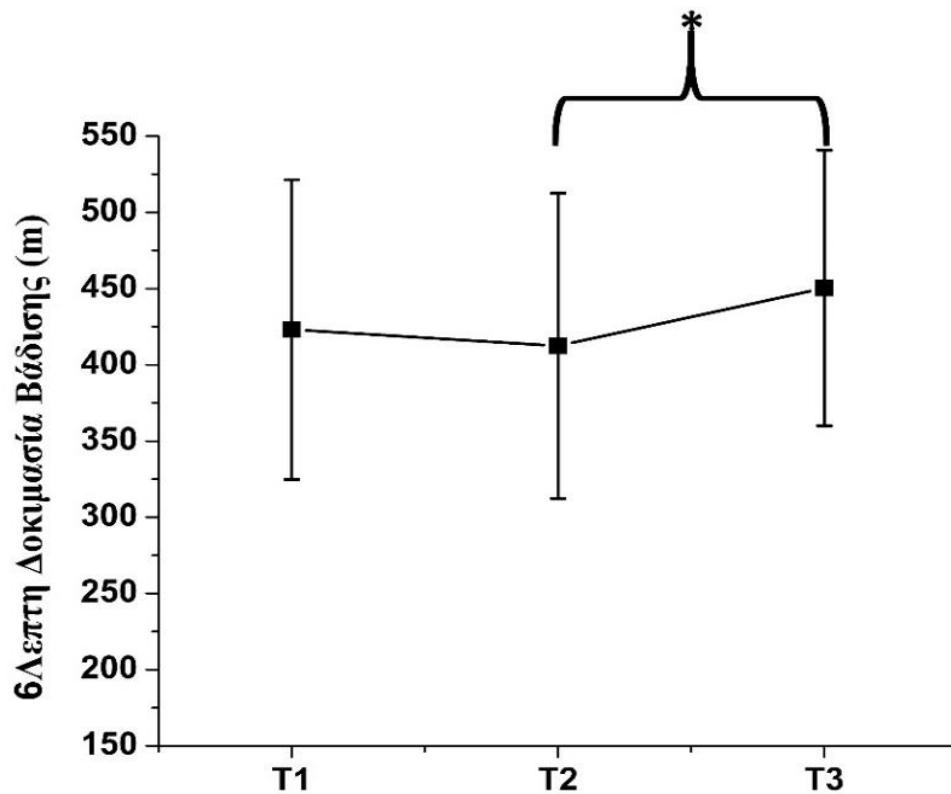
4.3 Δοκιμασίες Λειτουργικής Αξιολόγησης

Στις τρεις λειτουργικές αξιολογήσεις διαπιστώθηκαν, σημαντικές βελτιώσεις μετά την εφαρμογή του προγράμματος άσκησης ($p<0,05$), αλλά όχι κατά την περίοδο ελέγχου ($p>0,05$). Συγκεκριμένα στην 6λεπτη δοκιμασία βάρδιας διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές ($F=5,290$, $p=0,016$, $\eta^2=0,370$), στη χρονική περίοδο T2-T3 ($10,98\pm15,24\%$) χωρίς την ύπαρξη διαφορών μεταξύ των χρονικών στιγμών T1-T2 ($4,07\pm12,20\%$, $p>0,05$). Βελτίωση υπήρχε και στην έγερση από κάθισμα 5 φορές ($F=7,649$, $p=0,004$, $\eta^2=0,459$, Σχήμα 4.5). Η επίδοση στην συγκεκριμένη δοκιμασία μεταβλήθηκε κατά $10,24\pm14,71\%$ (T1-T2) και κατά $29,37\pm17,84\%$ (T2-T3). Στη χειροδυναμομέτρηση, διαπιστώθηκε αύξηση της δύναμης στο δεξί ($6,28\pm7,88\%$), με αριστερό χέρι ($4,88\pm4,37\%$), καθώς και στο σύνολό τους ($5,55\pm4,72\%$), μετά την περίοδο άσκησης ($p<0,05$, Πίνακας 4.4).

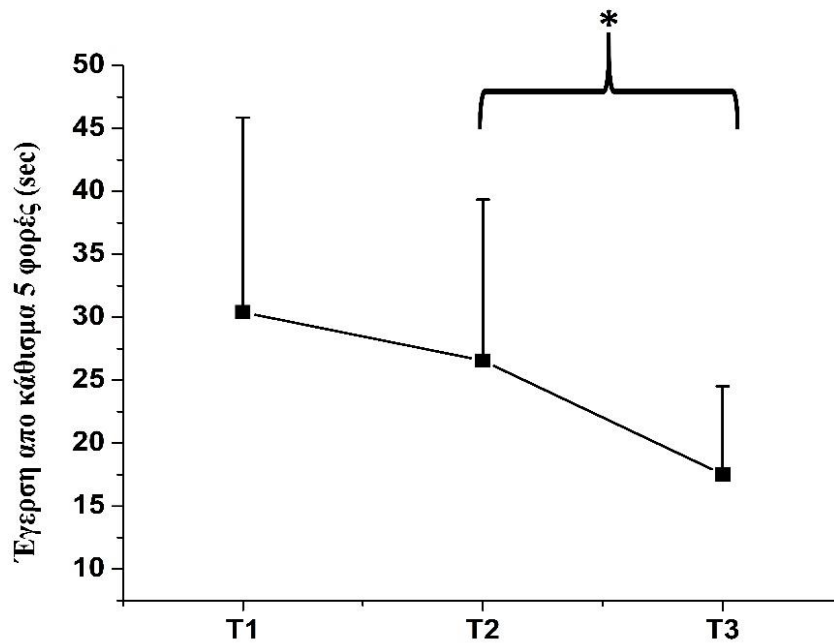
Πίνακας 4.4. Αποτελέσματα αξιολόγησης λειτουργικής ικανότητας για τις τρεις χρονικές στιγμές.

	T1	T2	T3	η^2	p
Χειροδυναμομέτρηση Δεξί Άνω Άκρο (kg)	19,22±5,59	19,36±5,31	20,66±6,28	0,301	0,040
Χειροδυναμομέτρηση Αριστερό Άνω Άκρο (kg)	19,65±5,07	19,12±5,32 ³	20,07±5,62 ²	0,285	0,049
Χειροδυναμομέτρηση Άθροισμα (kg)	38,87±10,34	38,48±10,46 ³	40,73±11,58 ²	0,371	0,015
6Λεπτη Δοκιμασία Βάδισης (m)	423,10±98,32 ³	412,39±124,16 ³	443,45±101,48 ^{1,2}	0,370	0,016
Έγερση από Κάθισμα 5 Φορές (sec)	30,40±16,29	26,55±13,48 ³	17,53±7,35 ²	0,459	0,004
Έγερση από Κάθισμα 3μέτρα και Επιστροφή (sec)	12,04±9,94	12,18±10,08	8,59±3,10	0,204	0,128

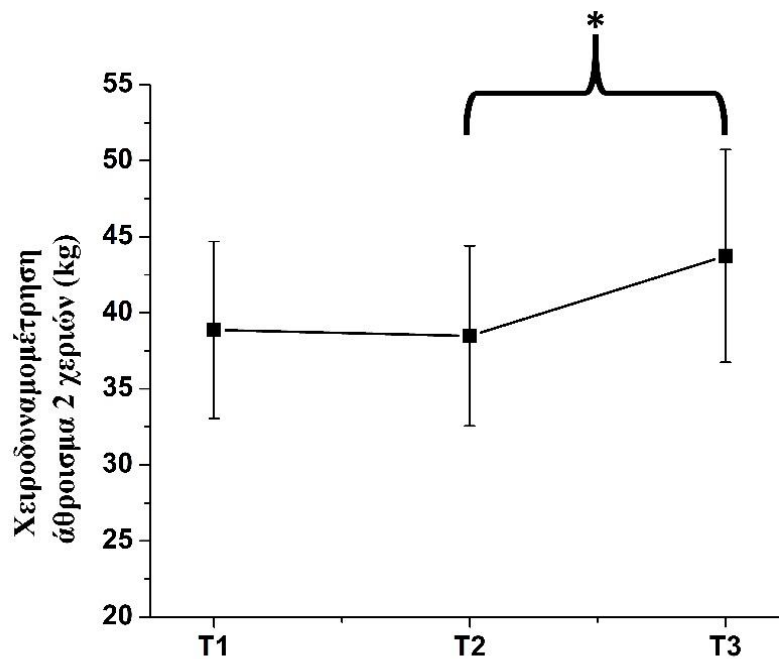
Οι τιμές εκφράζονται ως μέσοι όροι $\pm$ τυπική απόκλιση. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών προσδιορίζονται με το αντίστοιχο νούμερο των χρονικών στιγμών. 1: T1, 2: T2, 3:T3 (*p $\leq$ 0,005)



Σχήμα 4.5. Αλλαγές στην επίδοση της 6λεπτης δοκιμασίας βάδισης κατά την περίοδο ελέγχου (T1-T2) και μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης 32 προπονητικών μονάδων (T2-T3, *p=0,004).



Σχήμα 4.6. Αλλαγές στην επίδοση της αξιολόγησης της έγερσης από κάθισμα 5 φορές κατά την περίοδο ελέγχου (T1-T2) και μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης 32 προπονητικών μονάδων (T2-T3, * $p=0,004$).



Σχήμα 4.7. Αλλαγές στην επίδοση της δύναμης των άνω άκρων (άθροισμα επιδόσεων των δύο άκρων) κατά την περίοδο ελέγχου (T1-T2) και μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης 32 προπονητικών μονάδων (T2-T4, * $p=0,015$).

4.4 Αξιολόγηση Μέγιστου Αερόβιου Έργου

Στην αξιολόγηση του μέγιστου αερόβιου έργου που έγινε σε κυκλοεργόμετρο, βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στη μέγιστη ισχύ (Watt), στην καρδιακή συχνότητα κατά την υπομέγιστη ένταση και στη μέγιστη καρδιακή συχνότητα (Πίνακας 4.4, Σχήμα 4.8), καθώς και στη διαστολική και συστολική αρτηριακή πίεση μεταξύ των χρονικών στιγμών T2-T3 (Πίνακας 4.5, $p<0,05$). Όσον αφορά στην αξιολόγηση του μέγιστου αερόβιου έργου, η μέγιστη καρδιακή συχνότητα κατά τη χρονική στιγμή T2 ήταν $123,6\pm 29,63$ κτύποι $\cdot$ λεπτό⁻¹, η οποία σημειώθηκε στα 100Watt. Αντίθετα, μετά το πρόγραμμα άσκησης η μέγιστη καρδιακή συχνότητα ήταν $130,0\pm 42,4$ παλμοί/λεπτό, η οποία επιτεύχθηκε στα 150Watt ($p<0,05$). Επίσης, βρέθηκε μείωση της καρδιακής συχνότητας κατά τα στάδια των 25-75Watt, η οποία όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντική. Παράλληλα, διαπιστώθηκε μείωση της διαστολικής πίεσης ηρεμίας πριν την έναρξη της αερόβιας δοκιμασίας από $86,4\pm 10,6$ mmHg σε $75\pm 6,7$ mmHg ($p<0,05$). Το ίδιο παρατηρήθηκε και για τη διαστολική πίεση, μετά το τέλος της αερόβιας αξιολόγησης, όπου μειώθηκε από $85,7\pm 0,87$ mmHg (T2) σε $77,2\pm 0,73$ mmHg (T3; $p=0,005$). Επίσης, μεταβολές διαπιστώθηκαν στη συστολική πίεση ηρεμίας μεταξύ των χρονικών στιγμών T2 και T3 ($p<0,05$). Συγκεκριμένα, η συστολική πίεση ηρεμίας από $140,7\pm 18,4$ mmHg (T2) μειώθηκε σε $118,2\pm 14,5$ mmHg (T3). Επίσης, σημαντική μείωση διαπιστώθηκε στη συστολική πίεση μετά το τέλος της αερόβιας αξιολόγησης, από $14,91\pm 1,68$ mmHg (T1) σε $12,91\pm 1,13$ mmHg ($p=0,000$). Παράλληλα, η καρδιακή αποκατάσταση βελτιώθηκε μετά το πέρας της προπονητικής παρέμβασης (Πίνακας 4.5). Δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές στην καρδιακή συχνότητα ηρεμίας ($p>0,05$).

Πίνακας 4.4. Τιμές της καρδιακής συχνότητας (κτύποι $\cdot$ λεπτό⁻¹) πριν και μετά την περίοδο παρέμβασης.

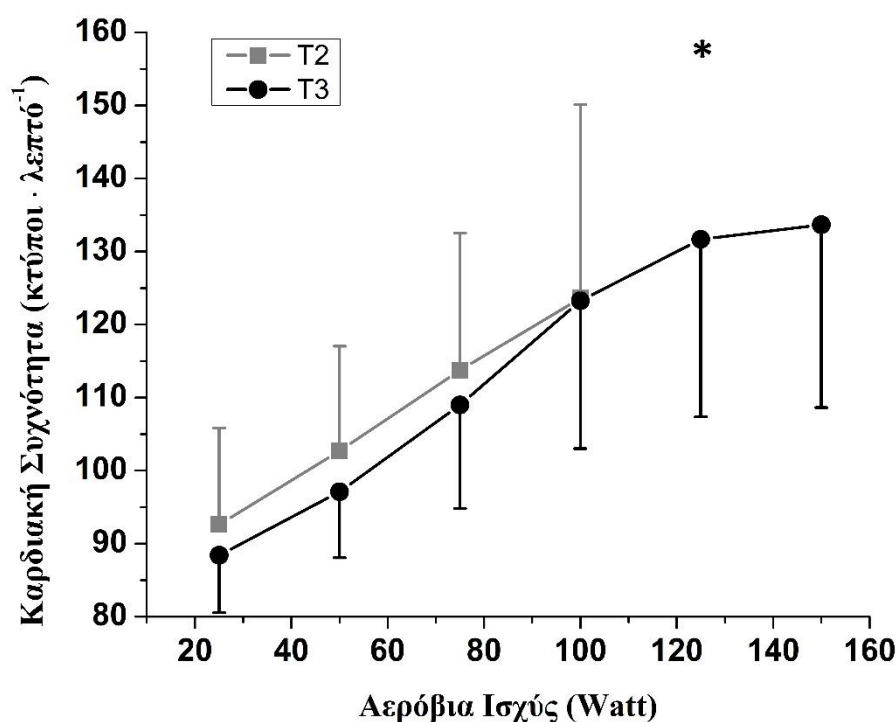
	T2	T3	P
25Watt	92,6 $\pm$ 13,93	88,4 $\pm$ 8,27	0,203
50Watt	102 $\pm$ 15,1	97,1 $\pm$ 9,52	0,226
75Watt	113,75 $\pm$ 20,06	106,75 $\pm$ 16,18	0,053
100Watt	123,6 $\pm$ 29,63	122,4 $\pm$ 28,39	0,563
125Watt	-	121 $\pm$ 24,21	
150Watt	-	130 $\pm$ 42,42	

Μέσες τιμές $\pm$ τυπική απόκλιση.

Πίνακας 4.5. Μεταβολές αρτηριακής πίεσης και καρδιακής συχνότητας κατά την αξιολόγηση του μέγιστου αερόβιου έργου.

	T2	T3	P
Διαστολική Πίεση Ηρεμίας (mmHg)	86,4±1,06	75±0,67*	0,004
Τελική Διαστολική Πίεση(mmHg)	85,7±0,87	77,2±0,73*	0,005
Συστολική Πίεση Ηρεμίας(mmHg)	140,7 ±1,84	118,2±1,45*	0,000
Τελική Συστολική Πίεση(mmHg)	149,1±168	129,1±113*	0,003
Ρυθμός Ανάκαμψης Καρδιακής Συχνότητας (κτύποι/λεπτό)	35,5 ±19,13	48,60±16,92*	0,002
ΚΣ Ηρεμίας (κτύποι ·λεπτο ⁻¹)	70,4±9,87	68,1±5,97	0,435

Οι τιμές εκφράζονται ως μέσοι όροι ± τυπική απόκλιση. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών προσδιορίζονται με το αντίστοιχο νούμερο των χρονικών στιγμών. 2: T2, 3:T3; p≤0,05.



Σχήμα 4.8. Αλλαγές στην αερόβια ισχύ και στην καρδιακή συχνότητα μεταξύ των δυο χρονικών στιγμών (T2-T3) κατά την αξιολόγηση του μέγιστου αερόβιου έργου.

4.5 Αξιολόγηση Μέγιστης Δύναμης

Η εκτιμώμενη μέγιστη δύναμη αυξήθηκε σημαντικά μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης σε όλες τις ασκήσεις αντιστάσεων που χρησιμοποιήθηκαν ($p < 0,05$, Πίνακας 4.6). Στις πιέσεις στήθους σε οριζόντιο

πάγκο, μετά την εφαρμογή του προγράμματος προπόνησης (T2-T3) σημειώθηκε αύξηση κατά $198,92 \pm 165,82\%$, στη κλειστή κωπηλατική σε μηχανήμα κατά $46,04 \pm 16,23\%$, στις ωθήσεις κάτω άκρων σε μηχανήμα κατά $50,49 \pm 18,16\%$, στις πλάγιες εκτάσεις ώμων κατά $75,00 \pm 30,95\%$, στις κάμψεις αγκώνων δικεφάλων σε τροχαλία κατά $53,04 \pm 37,74\%$, στις εκτάσεις αγκώνων βραχιόνων σε τροχαλία κατά $45,04 \pm 32,58\%$, στις κάμψεις γονάτων μηριαίων κατά $155,00 \pm 73,39\%$, ενώ στις εκτάσεις γονάτων σε μηχανήμα το ποσοστό βελτίωσης της δύναμης μετά το πρόγραμμα ανήλθε σε $126,66 \pm 54,87\%$ ($p=0,000$). Τέλος, δεν υπήρχε, καμία μεταβολή στη μέγιστη ισομετρική δύναμη των κάτω άκρων ($p \geq 0,05$).

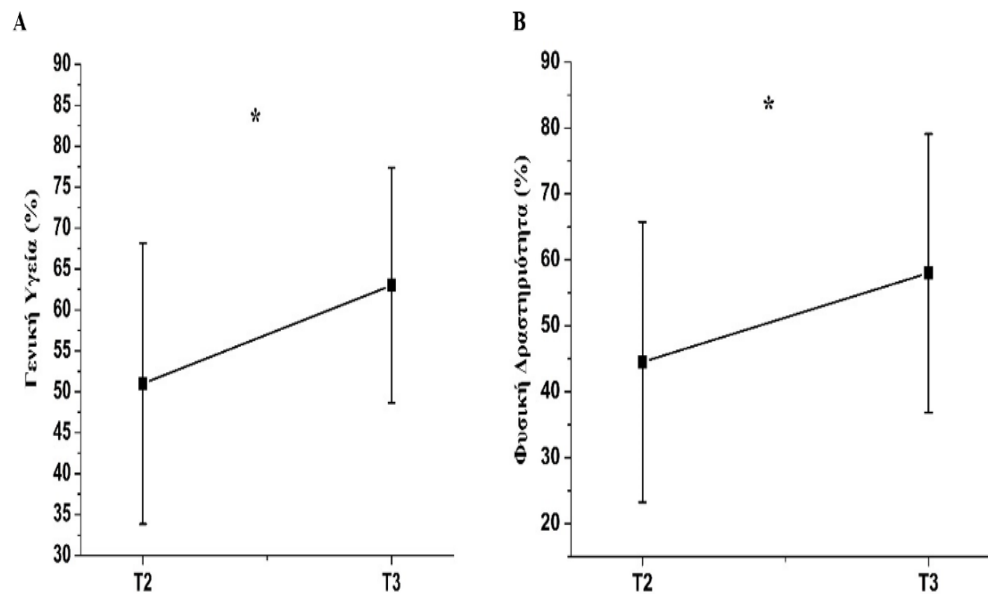
Πίνακας 4.6. Αποτελέσματα εκτιμώμενης μέγιστης δύναμης για τις ασκήσεις με αντιστάσεις.

	T2	T3	P
Πιέσεις Στήθους (kg)	10,10±4,25	18,5±4,85*	0,000
Κλειστή Κωπηλατική (kg)	20,75±5,92	29,75±6,56*	0,000
Ωθήσεις Κάτω Άκρων (kg)	44,5±17,39	65±20*	0,000
Πλάγιες Εκτάσεις Ωμων (kg)	2,30±0,48	3,90±0,31*	0,000
Εκτάσεις Αγκώνων (kg)	16,25±4,77	22,50±5,28*	0,000
Κάμψεις Αγκώνων (kg)	3,20±0,63	17,5±6,80*	0,001
Εκτάσεις Γονάτων (kg)	11,95±4,63	8,35±3,02*	0,000
Κάμψεις Γονάτων (kg)	3,20±0,6	8,35±3,64	0,001
Ισομετρική Δύναμη Κάτω Άκρων (N)	814±504	1169±758	0,074

Μέσες τιμές $\pm$ τυπικές αποκλίσεις. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χρονικών στιγμών προσδιορίζονται με το αντίστοιχο νούμερο των χρονικών στιγμών. 2:T2, 3:T3.

4.6 Αξιολόγηση της ποιότητας ζωής με το ερωτηματολόγιο SF-36

Στο ερωτηματολόγιο SF-36 διαπιστώνονται σημαντικές διαφορές σε δυο από τις 8 δέσμες ερωτήσεων, μετά το πέρας της προπονητικής παρέμβασης. Συγκεκριμένα, στη πρώτη δέσμη, όπου αναφέρεται σε ερωτήσεις για τη γενική υγεία, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση κατά $31,04 \pm 28,67\%$, μεταξύ των χρονικών στιγμών T2 και T3 ($p<0,05$, Πίνακας 4.7 και Σχήμα 4.8Α). Η δεύτερη κλίμακα, στην οποία διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στη βαθμολογία ήταν στις ερωτήσεις σωματικής λειτουργικότητας, όπου το ποσοστό βελτίωσης ανήλθε σε $53,5 \pm 61,84\%$ ($p<0,05$, Σχήμα 4.8Β) μετά την ολοκλήρωση της περιόδου άσκησης. Ο Πίνακας 4.7 περιλαμβάνει τις βαθμολογίες από όλες τις δέσμες ερωτήσεων από το ερωτηματολόγιο SF-36.



Σχήμα 4.9. Αξιολόγηση (Α) γενικής υγείας (%) και της (Β) φυσικής δραστηριότητας (%), μετά την εφαρμογή του συνδυαστικού προγράμματος άσκησης 32 προπονητικών μονάδων.

Πίνακας 4.7. Αποτελέσματα ερωτηματολογίου SF-36.

	T2	T3	P
Γενική Υγεία	51±18,07	63±15,12*	0,004
Σωματικός Πόνος	78,25±26,43	76±22,36	0,499
Κοινωνική Λειτουργικότητα	73,75±27,91	76,25±26,64	0,865
Συναισθηματικός Ρόλος	61,80±24,44	71,60±22,81	0,288
Συναισθηματική Ευημερία	56±19,83	60,5±19,21	0,496
Ζωτικότητα	73,35±30,62	66,66±31,44	0,590
Σωματικός Πόνος	62,50±33,85	57,50±42,57	0,780
Φυσική Δραστηριότητα	44,50±22,41	58±22,26*	0,008

Μέσες τιμές ± τυπικές αποκλίσεις. Στον παρόν πίνακα μεταξύ των δυο χρονικών στιγμών (T2-T3), στατιστικά σημαντικές διαφορές διαπιστώνονται στη Γενική Υγεία και στη Σωματική Λειτουργικότητα, $p \leq 0,05$.

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το κύριο εύρημα της παρούσας μελέτης ήταν ότι η εφαρμογή ενός συνδυαστικού προγράμματος αερόβιας άσκησης και άσκησης αντιστάσεων σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II, προκάλεσε σημαντική βελτίωση στην αερόβια ικανότητα, τη μυϊκή δύναμη, την οστική πυκνότητα, τη λειτουργική ικανότητα και την υποκειμενική αντίληψη της ποιότητας ζωής των ασθενών. Η σπουδαιότητα, των ευρημάτων της παρούσας εργασίας έγκειται στο γεγονός, ότι μέχρι τώρα δεν υπάρχει καμία φαρμακευτική αγωγή για αυτούς τους ασθενείς, που είτε να βελτιώνει είτε να επιβραδύνει την πορεία της ασθένειας τους. Ωστόσο, από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, διαπιστώνεται ότι η άσκηση, ως ερέθισμα, μπορεί όχι μόνο να αναστείλει τις αρνητικές επιπτώσεις που έχει αυτή η πάθηση στα φυσιολογικά χαρακτηριστικά αυτών των ασθενών, αλλά και να προκαλέσει βελτίωση στη λειτουργική ικανότητα και στην ποιότητα ζωής.

Σημαντική μεταβολή της αερόβιας ικανότητας διαπιστώθηκε μετά το τέλος του παρεμβατικού προγράμματος. Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι η αερόβια άσκηση προκαλεί σημαντική βελτίωση στην αερόβια ικανότητα ακόμα και σε ασθενείς με χρόνια καρδιοαναπνευστικά προβλήματα (Cardinot et al., 2016; Smart et al., 2018). Η βελτίωση στην αερόβια ικανότητα, αλλά κυρίως στην ικανότητα παραγωγής μεγαλύτερου αερόβιου έργου, διαπιστώνεται και από την προοδευτική αύξηση του προπονητικού όγκου της αερόβια προπόνησης καθ' όλη τη διάρκεια του παρεμβατικού προγράμματος σε σχέση με την πρώτη προπονητική μονάδα. Παράλληλα, διαπιστώθηκε σημαντική μείωση της καρδιακής συχνότητας κατά τις υπομέγιστες εντάσεις που δείχνει μια πιο ξεκούραστη λειτουργία σε υπομέγιστες προσπάθειες. Οι μεταβολές αυτές οφείλονται σε καρδιοαναπνευστικές προσαρμογές που προκαλούνται ως αποτέλεσμα της συστηματικής αερόβιας προπόνησης.

Σημαντικοί προπονητικοί παράγοντες που καθορίζουν τη βελτίωση της αερόβιας ικανότητας είναι η ένταση και η διάρκεια της προπόνησης (Joyner, 2017; Lundby & Jacobs, 2016; MacInnis & Gibala, 2016; Nielsen et al., 2017). Στην παρούσα έρευνα, η διάρκεια της προπόνησης διατηρήθηκε σταθερή, καθ' όλη της διάρκεια της προπονητικής παρέμβασης (15 λεπτά αερόβιας άσκησης στο τέλος του προγράμματος). Αντίθετα, υπήρχε μια σταδιακή αύξηση της έντασης της άσκησης, η οποία κυμάνθηκε από το 50% έως το 70% της μέγιστης καρδιακής συχνότητας των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Η επιλογή της έντασης αυτής βασίστηκε στις κατευθυντήριες οδηγίες για άσκηση που υπάρχουν μέχρι τώρα, για ασθενείς (αγύμναστους) με διάφορα καρδιοαναπνευστικά και μεταβολικά προβλήματα (Gordon, 2009; Hordern et al., 2012; Jonas & Phillips, 2012; Pescatello, 2014), διότι αυτή η ένταση και η προοδευτική της αύξηση, είναι καταρχάς ανεκτή από τους ασθενείς και κατά δεύτερον ασφαλής. Παράλληλα, είναι πλέον καλά τεκμηριωμένο, ότι για σημαντικές μεταβολές της αερόβιας ικανότητας, σημαντικότερος παράγοντας του προπονητικού προγράμματος είναι η ένταση της προπόνησης (Gillen et al., 2016; MacInnis & Gibala, 2016; MacInnis et al., 2017). Παρόμοιες εντάσεις και όγκου

προπόνησης, κατά την αερόβια άσκηση χρησιμοποιήθηκαν και από προηγούμενες έρευνες σε ασθενείς με διάφορα άλλα είδη μυοπαθειών, όπως μυϊκή δυστροφία τύπου I, πολυμυοσίτιδα, δερματομυοσίτιδα και Pompe (Alexanderson et al., 2014; Johnson et al., 2009; Missaoui et al., 2010; Munters et al., 2013; Omori et al., 2012; Terzis et al., 2011a). Οι μεταβολές της αερόβιας ικανότητας (~28% αύξηση) των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης, ήταν σχεδόν ίδιες με αυτές που αναφέρονται σε συνομήλικους (άνω των 65 ετών) υγιής ηλικιωμένους, έπειτα από την εφαρμογή ενός παρόμοιου προγράμματος αερόβιας άσκησης και άσκησης αντιστάσεων (Cadore et al., 2012). Επομένως, διαπιστώνεται ότι το πρόγραμμα άσκησης που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την έρευνα είναι ασφαλές και ικανό να βελτιώσει την αερόβια ικανότητα των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, στο ίδιο βαθμό με άλλες μυοπάθειες αλλά και σε σύγκριση με υγιής ηλικιωμένους.

Ένα ακόμα σημαντικό εύρημα που διαπιστώθηκε στην παρούσα έρευνα, είναι η σημαντική μείωση της αρτηριακής πίεσης ηρεμίας αλλά και κατά την διάρκεια της αξιολόγησης του αερόβιου έργου στους ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Είναι πλέον καλά τεκμηριωμένο ότι τόσο η αερόβια, όσο και η άσκηση αντιστάσεων, αλλά ακόμα περισσότερο ο συνδυασμός αυτών των δύο προπονητικών ερεθισμάτων προκαλεί σημαντικές θετικές μεταβολές στην αρτηριακή πίεση, τόσο σε υγιής ασκούμενους, όσο και σε ασθενείς με χρόνια καρδιοαναπνευστικά και μεταβολικά προβλήματα (Hamilton, 2017; Zanuso et al., 2017). Δυστυχώς, μέχρι τώρα, η επίδραση της συστηματικής άσκησης στη μεταβολή της αρτηριακής πίεσης, τόσο κατά την ηρεμία όσο και κατά την άσκηση, δεν έχει διερευνηθεί σε ασθενείς με μυοπάθειες. Το εύρημα αυτό είναι ακόμα πιο σημαντικό στους ασθενείς αυτούς γιατί συχνά εμφανίζουν καρδιαγγειακά προβλήματα, όπως οι αρρυθμίες και η υπέρταση (Bianchi et al., 2014; Udd & Krahe, 2012), επιδεινώνοντας ακόμα περισσότερο την ήδη επιβαρυνόμενη κατάσταση της υγείας τους.

Η μυϊκή αδυναμία χαρακτηρίζει τους ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Όλοι οι ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II εκτελούσαν ασκήσεις με αντιστάσεις για όλο το σώμα, ενώ η αντίσταση σε κάθε άσκηση αυξανόταν προοδευτικά. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η σημαντική βελτίωση της μυϊκής τους δύναμης η οποία κυμαινόταν από $45,04 \pm 32,58\%$ έως $198,92 \pm 165,82\%$ σε σχέση με τα αρχικά τους επίπεδα. Παρόμοιες βελτιώσεις της δύναμης έχουν παρατηρηθεί σε υγιή ηλικιωμένα άτομα αλλά και σε ασθενείς με άλλα νευρομυϊκά νοσήματα (Alexanderson et al., 2014; Missaoui et al., 2010; Munters et al., 2013; Omori et al., 2012; Radaelli et al., 2013; Taipale, Mikkola, Vesterinen, Nummela, & Häkkinen, 2013; Terzis et al., 2011a). Το συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης που εφαρμόστηκε, ήταν ικανό να προκαλέσει σημαντικές βελτιώσεις στην μέγιστη δύναμη των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, και μάλιστα χωρίς να υπάρχουν κάποια προβλήματα κατά την εκτέλεση του, ενώ με βάση τις βαθμολογίες της υποκειμενικής αντίληψης της κόπωσης, αυτό το είδος προπόνησης δεν προκάλεσε περαιτέρω κόπωση ή τραυματισμό ή δυσφορία σε αυτούς τους ασθενείς.

Μια από τις βιολογικές παραμέτρους που ελέγχουν αλλά και συντελούν στην αύξηση της μυϊκής δύναμης είναι η αύξηση της μυϊκής μάζας ή/και της άλιπης

μάζας (Fleck και Kraemer 2014). Η αύξηση της μυϊκής μάζας συντελείται μέσα από την αύξηση της εγκάρσιας επιφάνειας των μυϊκών ινών. Δυστυχώς, στην παρούσα έρευνα δεν ήταν δυνατόν να αξιολογηθούν οι προπονητικές προσαρμογές στο μέγεθος και την κατανομή των μυϊκών ινών των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II που συμμετείχαν, και αυτό είναι ένας περιορισμός της μελέτης αυτής. Σημαντικές μεταβολές στην αύξηση της άλιπης μάζας και της ταυτόχρονης αύξησης της μυϊκής δύναμης, οι οποίες είναι σχεδόν εφάμιλλες με αυτές που διαπιστώθηκαν και στην παρούσα έρευνα σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II, φαίνεται να υπάρχουν και σε υγιή ηλικιωμένα άτομα, μετά από βραχύχρονα συνδυαστικά προγράμματα άσκησης, όπως φαίνεται μέσα από την ανασκόπηση πάνω στο θέμα αυτό (Cartee, Hepple, Bamman, & Zierath, 2016; Wehrli et al., 2007). Σημαντικές αυξήσεις της άλιπης μάζας μετά από συστηματική άσκηση, είτε αερόβιου τύπου είτε αντιστάσεων είτε συνδυασμού, έχουν αναφερθεί προηγουμένως σε ασθενείς νευρομυϊκά νοσήματα μελέτες (Kierkegaard et al., 2011; Omori et al., 2012; Terzis et al., 2011b). Συμπερασματικά, με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, φαίνεται ότι η συνδυαστική προπόνηση είναι αποτελεσματική στην αύξηση της άλιπης σωματικής μάζας σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II.

Εκτός από την αύξηση της άλιπης μάζας που παρατηρήθηκε στους ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II, βρέθηκε σημαντική μείωση της λιπώδους μάζας. Είναι πλέον καλά τεκμηριωμένο ότι η συστηματική αερόβια και άσκηση αντιστάσεων, αλλά κυρίως ο συνδυασμός τους, προκαλεί σημαντική μείωση της λιπώδους μάζας σε όλους τους ασκούμενους, ανεξαρτήτου της κατάστασης υγείας και της φυσικής τους κατάστασης (Julian et al., 2018; Rey, Vallier, Nicol, Mercier, & Maïano, 2017). Μάλιστα, οι παράγοντες που ενισχύουν την μείωση του ποσοστού λίπους είναι: η ένταση, η διάρκεια αλλά και το προπονητικό ερέθισμα που δέχεται ένας ανθρώπινος οργανισμός. Η παρατεταμένη αερόβια προσπάθεια σε ήπια έως μέτρια ένταση (~25-70% της VO_{2max}) ενισχύει την χρήση των ελεύθερων λιπαρών οξέων ως πηγή ενέργειας κατά την άσκηση, κινητοποιώντας και αυξάνοντας την λιπόλυση κατά την άσκηση (McArdle, Katch, & Katch, 2010; Mougios, 2019). Από την άλλη, η άσκηση αντιστάσεων βοηθάει στην μείωση της σωματικής λιπώδους μάζας, εμμέσως, αυξάνοντας από την μια την ενεργειακή δαπάνη κατά την άσκηση, και από την άλλη αυξάνει τον βασικό μεταβολισμό και την χρήση του λίπους ως πηγή ενέργειας κατά την ηρεμία (Hills et al., 2010; McArdle et al., 2010; Methenitis, 2018; Zanusso et al., 2017).

Η οστική πυκνότητα αυξήθηκε τόσο στο σύνολο του σώματος, όσο και στην κεφαλή του μηριαίου οστού. Μελέτες που έχουν εφαρμόσει προγράμματα με αντιστάσεις επιβεβαιώνουν την αύξηση της οστικής πυκνότητας σε υγιείς και ασθενείς (Hart et al., 2017; Qaseem, Forciea, McLean, & Denberg, 2017). Μέσα από την εφαρμογή ενός προγράμματος άσκησης αντιστάσεων, ή ενός προγράμματος άσκησης το οποίο χαρακτηρίζεται από αυξημένο αριθμό ήπιων κρούσεων στο έδαφος (π.χ. περπάτημα με χρήση ελαφριών αντιστάσεων), προκαλούνται συμπιεστικές δυνάμεις στα οστά των ασκούμενων (McMillan, Zengin, Ebeling, & Scott, 2017; Singh, 2015). Αυτές οι συμπιεστικές δυνάμεις, ενεργοποιούν τους κυτταρικούς μηχανισμούς που ελέγχουν την οστική

πυκνότητα, διεγείροντάς τους, με αποτέλεσμα ο οργανισμός ως απάντηση σε αυτές τις δραστηριότητες να αυξάνει την οστική μάζα και πυκνότητα των οστών, και κυρίως των επιμήκη οστών (Gomez-C., Ara, González-Agüero, Casajus, & Vicente-Rodriguez, 2012; Hart et al., 2017). Όσον αφορά την επίδραση διάφορων προγραμμάτων άσκησης στην οστική πυκνότητα ασθενών με νευρομυϊκά νοσήματα, τα αποτελέσματα των ερευνών είναι περιορισμένα. Συγκεκριμένα, από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας βρέθηκε λίγες μόνο έρευνες, οι οποίες αξιολόγησαν την μεταβολής της οστικής πυκνότητας μετά από ένα συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης, σε ασθενείς με δερματομυοσίτιδα ή Pompe, στις οποίες διαπιστώθηκαν αντικρουόμενα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι σε ασθενείς με νόσο Pompe η οστική πυκνότητα δεν μεταβλήθηκε έπειτα από 20 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης ή 6 μήνες άσκησης κατά την έγχυση της ενζυμικής θεραπείας (Terzis et al., 2011b). Αντίθετα έπειτα από 12 εβδομάδες συνδυαστικής προπόνησης, η οστική πυκνότητα ασθενών με δερματομυοσίτιδα αυξήθηκε σημαντικά (Omori et al., 2012), αποτελέσματα που συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Πιθανότητα, ο λόγος για τα αντικρουόμενα αποτελέσματα να είναι τα είδη της άσκησης που εφαρμόστηκαν σε αυτές τις έρευνες, όπου κάποια εφαρμόζαν και κάποια όχι συμπιεστικές δυνάμεις στα οστά των συμμετεχόντων. Για παράδειγμα, στην έρευνα των Omori και συνεργατών (Omori et al., 2012) εκτός από την συνολική οστική πυκνότητα που αυξήθηκε μετά το τέλος του παρεμβατικού προγράμματος, όπως δηλ. διαπιστώθηκε και στην παρούσα έρευνα, αύξηση βρέθηκε και στην οστική πυκνότητα του κορμού, στοιχείο που είναι σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Η μόνη διαφορά στο ασκησιολόγιο που χρησιμοποιήθηκε μεταξύ της παρούσας έρευνας και αυτής των Omori και συνεργατών (Omori et al., 2012), είναι ότι οι τελευταίοι αντί για ποδήλατο, χρησιμοποίησαν διάδρομο κατά την αερόβια άσκηση, με αποτέλεσμα οι ασθενείς των Omori και συνεργατών να δέχονται συμπιεστικές δυνάμεις στην σπονδυλική στήλη και κρούσεις κατά την εκτέλεση της αερόβιας άσκησης, διαδικασία που συντέλεσε στην αύξηση της οστικής πυκνότητας τους (Allison, Folland, Rennie, Summers, & Brooke-Wavell, 2013; McMillan et al., 2017; Singh, 2015) σε αντίθεση με τους ασθενείς της παρούσας έρευνας όπου λόγω της χρήσης ποδηλάτου, δεν δέχονταν συμπιεστικές στον κορμό τους.

Η αυξημένη λειτουργική ικανότητα, συνδέεται με την αυτονομία, την πραγματοποίηση απλών και σύνθετων καθημερινών κινήσεων, τη μείωση της πιθανότητας τραυματισμού και τέλος της συνολικής ποιότητας ζωής των ασθενών νευρομυϊκά νοσήματα (Montagnese et al., 2017; V. Stojanovic et al., 2016). Μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης, σημαντική βελτίωση διαπιστώθηκε σε όλες τις λειτουργικές αξιολογήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα, σχεδόν σε όλους τους ασθενείς που συμμετείχαν. Οι βελτιώσεις της απόδοσης στις λειτουργικές αυτές αξιολογήσεις είναι αποτέλεσμα των θετικών μεταβολών στην αερόβια ικανότητα, στη μυϊκή δύναμη και στην άλιπη μάζα. Οι ασθενείς μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος άσκησης φαίνεται να ανταπεξέρχονται καλύτερα στις λειτουργικές αξιολογήσεις, οι οποίες αντικατοπτρίζουν την ικανότητα πραγματοποίησής διάφορων καθημερινών κινήσεων-δραστηριοτήτων, όπως για παράδειγμα η λειτουργική δοκιμασία

έγερση από κάθισμα 5 φορές. Σημαντικότατο εύρημα αυτής της έρευνας ήταν, ότι ενώ κατά τις T1 και T2 αξιολογήσεις, υπήρχαν αρκετοί ασθενείς (30-40% του συνόλου των δοκιμαζόμενων) που δεν μπορούσαν να πραγματοποιήσουν ορισμένες λειτουργικές δοκιμασίες, μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης, όχι μόνο μπόρεσαν να τις πραγματοποιήσουν, αλλά πετύχαιναν και επιδόσεις εφάμιλλες με αυτές που πετύχαιναν ασθενείς που μπορούσαν να ολοκληρώσουν αυτές τις αξιολογήσεις από την αρχή της πειραματικής διαδικασίας. Η σημαντική βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας επιβεβαιώνεται και από τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών σε ασθενείς που νοσούν από άλλα είδη μυοπάθειας (Hammarén et al., 2015; Kierkegaard et al., 2011; Terzis et al., 2012). Επομένως, διαπιστώνεται ότι ένα συνδυαστικό πρόγραμμα αερόβιας και άσκησης αντιστάσεων, οδηγεί στη βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, διότι βελτιώνει όλες εκείνες τις παραμέτρους και ικανότητες που καθορίζουν τον βαθμό της λειτουργικότητας κάθε ατόμου. Σε ενίσχυση των παραπάνω, μετά το τέλος της προπονητικής παρέμβασης, διαπιστώθηκαν σημαντικές βελτιώσεις στην ποιότητα ζωής των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II, όπως αυτή αξιολογήθηκε με το ερωτηματολόγιο SF-36. Σε δυο δέσμες ερωτήσεων καταγράφηκε βελτίωση. Συγκεκριμένα, στις ερωτήσεις που αφορούν την γενική υγεία και την φυσική δραστηριότητα. Ωστόσο, στις υπόλοιπες 6 δέσμες ερωτήσεων δεν σημειώθηκε καμία διαφορά.

VI. ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1 Ανακεφαλαίωση και συμπεράσματα της της μελέτης

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης του συνδυασμού της αερόβιας άσκησης και της άσκησης με αντιστάσεις στη λειτουργική ικανότητα, μυϊκή δύναμη, αερόβια ικανότητα και στην ποιότητα ζωής ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης απέδειξαν ότι οι 4 μήνες εφαρμογής ενός συνδυαστικού προγράμματος αερόβιας και άσκησης αντιστάσεων σε ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II, προκαλεί σημαντικές βελτιώσεις στην αερόβια ικανότητα, τη μυϊκή δύναμη, την οστική πυκνότητα, τη λειτουργική ικανότητα και την υποκειμενική αντίληψη της ποιότητας ζωής των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II. Η σπουδαιότητα, των ευρημάτων της παρούσας εργασίας έγκειται στο γεγονός, ότι μέχρι τώρα δεν υπάρχει καμία φαρμακευτική αγωγή για αυτούς τους ασθενείς, που είτε να βελτιώνει είτε να επιβραδύνει την πορεία της ασθένειας τους. Ωστόσο, από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, διαπιστώνεται ότι η άσκηση μπορεί να βελτιώσει την καθημερινή λειτουργική ικανότητα και την ποιότητα ζωής των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II χωρίς να προκαλείται επιπλέον μυοσκελετικός πόνος οι άλλες αρνητικές αλλαγές. Επομένως, βάση των παραπάνω, σχετικά με τις μηδενικές υποθέσεις που διατυπώθηκαν για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, μπορεί να απορριφθούν οι μηδενικές υποθέσεις και να υιοθετηθούν οι εναλλακτικές υποθέσεις, η διατύπωση των οποίων έχει ως εξής:

- iii. Ο συνδυασμός αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις προκαλεί βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II.
- iv. Ο συνδυασμός αερόβιας άσκησης και άσκησης με αντιστάσεις δεν προκαλεί επιπλέον μυοσκελετικό πόνο ή αρνητικές αλλαγές στην ποιότητα ζωής των ασθενών με μυοτονική δυστροφία τύπου II.

6.2 Πρακτικές εφαρμογές

Οι ασθενείς με μυοτονική δυστροφία τύπου II, μπορούν να εντάξουν στην ζωή τους το συγκεκριμένο συνδυαστικό πρόγραμμα άσκησης, με ασφάλεια, για την βελτίωση της ποιότητας ζωής τους.

VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alexanderson, H., Munters, L., Dastmalchi, M., Loell, I., Heimbürger, M., Opava, C., & Lundberg, I. (2014). Resistive home exercise in patients with recent-onset polymyositis and dermatomyositis—a randomized controlled single-blinded study with a 2-year followup. *The Journal of Rheumatology*, 41(6), 1124-1132.
- Allison, S., Folland, J., Rennie, W., Summers, G., & Brooke-Wavell, K. (2013). High impact exercise increased femoral neck bone mineral density in older men: a randomised unilateral intervention. *Bone*, 53(2), 321-328.
- Angelini, C., & Semplicini, C. (2012). Enzyme replacement therapy for Pompe disease. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 12(1), 70-75.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning (3rd Ed.)*. Champaign, IL: Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ball, S. D., Altena, T. S., & Swan, P. D. (2004). Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(11), 1525-1531. doi: 10.1038/sj.ejcn.1602003
- Barohn, R., Dimachkie, M., & Jackson, C. (2014). A pattern recognition approach to patients with a suspected myopathy. *Neurologic Clinics*, 32(3), 569-593.
- Benjaminse, A., Webster, K., Kimp, A., Meijer, M., & Gokeler, A. (2019). Revised Approach to the Role of Fatigue in Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention: A Systematic Review with Meta-Analyses. *Sports Medicine*, 1-22.
- Bianchi, M., Losurdo, A., Di Blasi, C., Santoro, M., Masciullo, M., Conte, G., . . . Silvestri, G. (2014). Prevalence and clinical correlates of sleep disordered breathing in myotonic dystrophy types 1 and 2. *Sleep and Breathing*, 18(3), 579-589.
- Bottaro, M., Machado, S., Nogueira, W., Scales, R., & Veloso, J. (2007). Effect of high versus low-velocity resistance training on muscular fitness and functional performance in older men. *European Journal of Applied Physiology*, 99(3), 257-264.
- Bouchard, J., Cossette, L., Bassez, G., & Puymirat, J. (2015). Natural history of skeletal muscle involvement in myotonic dystrophy type 1: a retrospective study in 204 cases. *Journal of Neurology*, 262(2), 285-293.
- Cadore, E., Izquierdo, M., Alberton, C., Pinto, R., Conceição, M., Cunha, G., . . . Krueel, L. (2012). Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Experimental Gerontology*, 47(2), 164-169.
- Cadore, E., Izquierdo, M., Pinto, S., Alberton, C., Pinto, R., Baroni, B., . . . González-Izal, M. (2013). Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age*, 35(3), 891-903.
- Cardinale, M., Newton, R., & Nosaka, K. (2011). *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*: Wiley. com.

- Cardinot, T. M., Lima, T. M., Moretti, A. I. S., Koike, M. K., Nunes, V. S., Cazita, P. M., . . . Souza, H. P. (2016). Preventive and therapeutic moderate aerobic exercise programs convert atherosclerotic plaques into a more stable phenotype. *Life Sciences*, 153, 163-170.
- Carlsson, I., Cederlund, R., Höglund, P., Lundborg, G., & Rosén, B. (2008). Hand injuries and cold sensitivity: reliability and validity of cold sensitivity questionnaires. *Disability and Rehabilitation*, 30(25), 1920-1928.
- Cartee, G., Hepple, R., Bamman, M., & Zierath, J. (2016). Exercise promotes healthy aging of skeletal muscle. *Cell Metabolism*, 23(6), 1034-1047.
- Cavalcante, P., Perilhão, M. S., da Silva, A. A., Serra, A. J., Júnior, A. F., & Bocalini, D. S. (2016). Cardiac Remodeling and Physical Exercise: A Brief Review about Concepts and Adaptations. *International Journal of Sports Science*, 6(2), 52-61.
- Dalton, J., Goldman, J., & Sampson, J. (2015). The muscular dystrophies *Genetic Counseling for Adult Neurogenetic Disease* (pp. 251-262): Springer.
- Davies, E., Moxham, T., Rees, K., Singh, S., Coats, A., Ebrahim, S., . . . Taylor, R. (2010). Exercise training for systolic heart failure: Cochrane systematic review and meta-analysis. *European Journal of Heart Failure*, 12(7), 706-715.
- Day, J., & Ranum, L. (2005). RNA pathogenesis of the myotonic dystrophies. *Neuromuscular Disorders*, 15(1), 5-16.
- Dizon, L., Seo, D., Kim, H., Kim, N., Ko, K., Rhee, B., & Han, J. (2013). Exercise perspective on common cardiac medications. *Integrative Medicine Research*, 2(2), 49-55.
- Donges, C. E., Burd, N. A., Duffield, R., Smith, G. C., West, D. W., Short, M. J., . . . Edge, J. A. (2012). Concurrent resistance and aerobic exercise stimulates both myofibrillar and mitochondrial protein synthesis in sedentary middle-aged men. *Journal of Applied Physiology* (1985), 112(12), 1992-2001. doi: 10.1152/jappphysiol.00166.2012
- Faria, C., Teixeira-Salmela, L., Silva, E., & Nadeau, S. (2012). Expanded timed up and go test with subjects with stroke: reliability and comparisons with matched healthy controls. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(6), 1034-1038.
- Feasson, L., Stockholm, D., Freyssenet, D., Richard, I., Duguez, S., Beckmann, J., & Denis, C. (2002). Molecular adaptations of neuromuscular disease-associated proteins in response to eccentric exercise in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 543(1), 297-306.
- Francois, M., & Little, J. (2015). Effectiveness and safety of high-intensity interval training in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Spectrum*, 28(1), 39-44.
- Fuller, D., ElMallah, M., Smith, B., Corti, M., Lawson, L., Falk, D., & Byrne, B. (2013). The respiratory neuromuscular system in Pompe disease. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 189(2), 241-249.
- Fyfe, J., Bishop, D., & Stepto, N. (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine*, 44(6), 743-762.

- Fyfe, J. J., Bishop, D., & Stepto, N. (2014). Interference between Concurrent Resistance and Endurance Exercise: Molecular Bases and the Role of Individual Training Variables. *Sports Medicine*, 44(6), 743-762.
- Garces-Arteaga, A., Nieto-Garcia, N., Suarez-Sanchez, F., Triana-Reina, H., & Ramírez-Vélez, R. (2013). Influence of a medium-impact exercise program on health-related quality of life and cardiorespiratory fitness in females with subclinical hypothyroidism: an open-label pilot study. *Journal of Thyroid Research*, 5 pages, 2013.
- Garlie, T. N., Obusek, J. P., Corner, B. D., & Zambraski, E. J. (2010). Comparison of body fat estimates using 3D digital laser scans, direct manual anthropometry, and DXA in men. *American Journal of Human Biology* 22(5), 695-701. doi: 10.1002/ajhb.21069
- Georgantas, A., Dimopoulos, S., Tasoulis, A., Karatzanos, E., Pantsios, C., Agapitou, V., . . . Nanas, S. (2014). Beneficial Effects of Combined Exercise Training on Early Recovery Cardiopulmonary Exercise Testing Indices in Patients With Chronic Heart Failure. *J Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 34(6), 378-385. doi: 10.1097/HCR.0000000000000068
- Gibson, A. L., Wagner, D., & Heyward, V. (2018). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription, 8E*: Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Gillen, J., Martin, B., MacInnis, M., Skelly, L., Tarnopolsky, M., & Gibala, M. (2016). Twelve Weeks of Sprint Interval Training Improves Indices of Cardiometabolic Health Similar to Traditional Endurance Training despite a Five-Fold Lower Exercise Volume and Time Commitment. *PloS One*, 11(4), e0154075.
- Glass, S., & Dwyer, G. B. (2007). *ACSM's metabolic calculations handbook*: Lippincott Williams & Wilkins.
- Gomez-C., Ara, I., González-Agüero, A., Casajus, J., & Vicente-Rodriguez, G. (2012). Effects of training on bone mass in older adults. *Sports Medicine*, 42(4), 301-325.
- Gordon, N. (2009). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*: Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Haller, R., Wyrick, P., Taivassalo, T., & Vissing, J. (2006). Aerobic conditioning: an effective therapy in McArdle's disease. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 59(6), 922-928.
- Hamilton, M. (2017). The role of skeletal muscle contractile duration throughout the whole day: reducing sedentary time and promoting universal physical activity in all people. *The Journal of Physiology*, pages 1331-1340.
- Hammarén, E., Lindberg, C., & Kjellby-Wendt, G. (2015). Effects of a balance exercise programme in myotonic dystrophy type 1: a pilot study. *European Journal of Physiotherapy*, 17(3), 123-131.
- Harris, G. D. (2009). Exercise Testing Special Protocols. In C. Evans & R. White (Eds.), *Exercise Stress Testing for Primary Care and Sports Medicine* (pp. 45-54). New York: Springer New York.

- Hart, N., Nimphius, S., Rantalainen, T., Ireland, A., Siafarikas, A., & Newton, R. (2017). Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action. *J Musculoskelet Neuronal Interact*, 17(3), 114.
- Haskell, W., Lee, I.-M., Pate, R., Powell, K., Blair, S., Franklin, B., . . . Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116(9), 1081.
- Hills, A. P., Shultz, S. P., Soares, M. J., Byrne, N. M., Hunter, G. R., King, N. A., & Misra, A. (2010). Resistance training for obese, type 2 diabetic adults: a review of the evidence. *Obesity Reviews*, 11(10), 740-749.
- Hoffman, J. (2012). *NSCA's Guide to Program Design*: Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Hordern, M. D., Dunstan, D. W., Prins, J. B., Baker, M. K., Singh, M. A. F., & Coombes, J. S. (2012). Exercise prescription for patients with type 2 diabetes and pre-diabetes: a position statement from Exercise and Sport Science Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(1), 25-31.
- Iwere, R., & Hewitt, J. (2015). Myopathy in older people receiving statin therapy: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Clinical Pharmacology Obesity Reviews*, 80(3), 363-371.
- Jamnick, N., Botella, J., Pyne, D., & Bishop, D. (2018). Manipulating graded exercise test variables affects the validity of the lactate threshold and V̇O₂peak. *PloS One*, 13(7), e0199794.
- Johnson, L., Collier, K., Edwards, D., Philippe, D., Eastwood, P., Walters, S., . . . Mastaglia, F. (2009). Improvement in aerobic capacity after an exercise program in sporadic inclusion body myositis. *Journal of Clinical Neuromuscular Disease*, 10(4), 178-184.
- Jonas, S., & Phillips, E. M. (2012). *ACSM's Exercise is Medicine™: A Clinician's Guide to Exercise Prescription*: Lippincott Williams & Wilkins.
- Joyner, M. (2017). Physiological limits to endurance exercise performance: influence of sex. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2949-2954.
- Julian, V., Thivel, D., Costes, F., Touron, J., Boirie, Y., Pereira, B., . . . Richard, R. (2018). Eccentric training improves body composition by inducing mechanical and metabolic adaptations: a promising approach for overweight and obese individuals. *Frontiers in Physiology*, 9, 1013.
- Karavirta, L., Häkkinen, A., Sillanpää, E., García-López, D., Kauhanen, A., Haapasaari, A., . . . Izquierdo, M. (2011). Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40–67-year-old men. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(3), 402-411.
- Karpati, G., Hilton-Jones, D., & Griggs, R. (2001). *Disorders of voluntary muscle*: Cambridge University Press.
- Kierkegaard, M., Harms-Ringdahl, K., Edström, L., Holmqvist, L., & Tollbäck, A. (2011). Feasibility and effects of a physical exercise programme in

- adults with myotonic dystrophy type 1: a randomized controlled pilot study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 43(8), 695-702.
- Korade-Mirnic, Z., Tarleton, J., Servidei, S., Casey, R., Gennarelli, M., Pegoraro, E., . . . Hoffman, E. (1999). Myotonic dystrophy: tissue-specific effect of somatic CTG expansions on allele-specific DMAPH/SIX5 expression. *Human Molecular Genetics*, 8(6), 1017-1023.
- Kraemer, W., Adams, K., & Cafarelli, E. (2002). Progression models in resistance training for healthy adults: ACSM Position Statement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34, 364-380.
- Limipitikul, W., Ong, C., & Tomaselli, G. (2017). Neuromuscular disease: cardiac manifestations and sudden death risk. *Cardiac Electrophysiology Clinics*, 9(4), 731-747.
- Lincoln, A., Shepherd, A., Johnson, P., & Castaneda-Sceppa, C. (2011). The impact of resistance exercise training on the mental health of older Puerto Rican adults with type 2 diabetes. *Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 66(5), 567-570.
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L., Graf, P., Beattie, B., Ashe, M., & Handy, T. (2010). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 170(2), 170-178.
- Lucia, A., Quinlivan, R., Wakelin, A., Martín, M., & Andreu, A. (2013). The 'McArdle paradox': exercise is a good advice for the exercise intolerant: BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine.
- Lundby, C., & Jacobs, R. (2016). Adaptations of skeletal muscle mitochondria to exercise training. *Experimental Physiology*, 101(1), 17-22.
- MacInnis, M., & Gibala, M. (2016). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2915-2930.
- MacInnis, M., Zacharewicz, E., Martin, B., Haikalis, M., Skelly, L., Tarnopolsky, M., . . . Gibala, M. (2017). Superior mitochondrial adaptations in human skeletal muscle after interval compared to continuous single-leg cycling matched for total work. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2955-2968.
- Maté-Munoz, J., Moran, M., Pérez, M., Chamorro-Vina, C., Gómez-Gallego, F., Santiago, C., . . . Rubio, J. (2007). Favorable responses to acute and chronic exercise in McArdle patients. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(4), 297-303.
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*: Lippincott Williams & Wilkins.
- McDonald, C., Henricson, E., Abresch, R., Florence, J., Eagle, M., Gappmaier, E., . . . Barth, J. (2013). The 6-minute walk test and other clinical endpoints in Duchenne muscular dystrophy: reliability, concurrent validity, and minimal clinically important differences from a multicenter study. *Muscle & Nerve*, 48(3), 357-368.

- McMillan, L., Zengin, A., Ebeling, P., & Scott, D. (2017). *Prescribing physical activity for the prevention and treatment of osteoporosis in older adults*. Paper Presented at the Healthcare, 5(4), 85.
- Mendes, F., Almeida, F., Cukier, A., Stelmach, R., Jacob-Filho, W., Martins, M., & Carvalho, C. (2011). Effects of aerobic training on airway inflammation in asthmatic patients. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(2), 197-203.
- Meola, G., & Cardani, R. (2015). Myotonic dystrophies: an update on clinical aspects, genetic, pathology, and molecular pathomechanisms. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1852(4), 594-606.
- Methenitis, S. (2018). A brief review on concurrent training: from laboratory to the field. *Sports*, 6(4), 127.
- Milisenda, J., Selva-O'Callaghan, A., & Grau, J. (2014). The diagnosis and classification of polymyositis. *Journal of autoimmunity*, 48, 118-121.
- Miller, T. (2012). *NSCA's Guide to Tests & Assessments*: Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Missaoui, B., Rakotovao, E., Bendaya, S., Mane, M., Pichon, B., Faucher, M., & Thoumie, P. (2010). Posture and gait abilities in patients with myotonic dystrophy (Steinert disease). Evaluation on the short-term of a rehabilitation program. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(6-7), 387-398.
- Monforte, M., Primiano, G., Silvestri, G., Mirabella, M., Luigetti, M., Cuccagna, C., . . . Tasca, G. (2018). Sporadic late-onset nemaline myopathy: clinical, pathology and imaging findings in a single center cohort. *Journal of Neurology*, 265(3), 542-551.
- Montagnese, F., Mondello, S., Wenninger, S., Kress, W., & Schoser, B. (2017). Assessing the influence of age and gender on the phenotype of myotonic dystrophy type 2. *Journal of Neurology*, 264(12), 2472-2480.
- Mougios, V. (2019). *Exercise biochemistry*: Champaign, IL.: Human Kinetics Publishers.
- Munters, L., Dastmalchi, M., Katz, A., Esbjörnsson, M., Loell, I., Hanna, B., . . . Alexanderson, H. (2013). Improved exercise performance and increased aerobic capacity after endurance training of patients with stable polymyositis and dermatomyositis. *Arthritis Research & Therapy*, 15(4), R83.
- Murias, J., Kowalchuk, J., & Paterson, D. (2010). Time course and mechanisms of adaptations in cardiorespiratory fitness with endurance training in older and young men. *Journal of Applied Physiology*, 108(3), 621-627.
- Nielsen, J., Gejl, K. D., Hey-Mogensen, M., Holmberg, H. C., Suetta, C., Krstrup, P., . . . Ørtenblad, N. (2017). Plasticity in mitochondrial cristae density allows metabolic capacity modulation in human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 595(9), 2839-2847.
- Nordgren, B., Fridén, C., Jansson, E., Österlund, T., Grooten, W., Opava, C., & Rickenlund, A. (2014). Criterion validation of two submaximal aerobic fitness tests, the self-monitoring Fox-walk test and the Åstrand cycle test

- in people with rheumatoid arthritis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1),305.
- Northgraves, M. J., Hayes, S., Marshall, P., Madden, L., & Vince, R. (2016). The test-retest reliability of four functional mobility tests in apparently healthy adults. *Isokinetics and Exercise Science*, 24(3), 171-179.
- Omori, C., Silva, C., Sallum, A., Rodrigues Pereira, R., Lúciade Sá Pinto, A., Roschel, H., & Gualano, B. (2012). Exercise training in juvenile dermatomyositis. *Arthritis Care & Research*, 64(8), 1186-1194.
- Ørngreen, M., Olsen, D., & Vissing, J. (2005). Aerobic training in patients with myotonic dystrophy type 1. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 57(5), 754-757.
- Pescatello, L. S. (2014). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.
- Puthoff, M., & Saskowski, D. (2013). Reliability and responsiveness of gait speed, five times sit to stand, and hand grip strength for patients in cardiac rehabilitation. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*, 24(1), 31.
- Qaseem, A., Forciea, M., McLean, R., & Denberg, T. (2017). Treatment of low bone density or osteoporosis to prevent fractures in men and women: a clinical practice guideline update from the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine*, 166(11), 818-839.
- Radaelli, R., Botton, C., Wilhelm, E., Bottaro, M., Lacerda, F., Gaya, A., . . . Pinto, R. (2013). Low-and high-volume strength training induces similar neuromuscular improvements in muscle quality in elderly women. *Experimental Gerontology*, 48(8), 710-716.
- Rae, D., Noakes, T., San Juan, A., Pérez, M., Nogales-Gadea, G., Ruiz, J., . . . Arenas, J. (2010). Excessive skeletal muscle recruitment during strenuous exercise in McArdle patients. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 1047-1055.
- Rahimov, F., & Kunkel, L. (2013). Cellular and molecular mechanisms underlying muscular dystrophy. *Journal of Cell Biology*, 201(4), 499-510.
- Reed, J. P., Schilling, B. K., & Murlasits, Z. (2013). Acute neuromuscular and metabolic responses to concurrent endurance and resistance exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 793-801. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825c2d3e
- Rey, O., Vallier, J., Nicol, C., Mercier, C., & Maïano, C. (2017). Effects of combined vigorous interval training program and diet on body composition, Physical fitness, and physical self-perceptions among obese adolescent boys and girls. *Pediatric Exercise Science*, 29(1), 73-83.
- Rhea, M., & Alderman, B. (2004). A meta-analysis of periodized versus nonperiodized strength and power training programs. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 75(4), 413-422.
- Robergs, R. A. (2007). Simplified method and program for incremental exercise protocol development. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 10, 1-23.
- Schumann, M., Walker, S., Izquierdo, M., Newton, R. U., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2014). The order effect of combined endurance and strength

- loadings on force and hormone responses: effects of prolonged training. *European Journal of Applied Physiology*, 1-14.
- Singh, M. (2015). Exercise and bone health *Nutrition and bone health* (pp. 505-542): Springer, pages 505-542.
- Smart, N., King, N., Lambert, J., Pearson, M., Campbell, J., Risom, S., & Taylor, R. (2018). Exercise-based cardiac rehabilitation improves exercise capacity and health-related quality of life in people with atrial fibrillation: a systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised trials. *Open Heart*, 5(2), e000880.
- Stewart, V., Saunders, D., & Greig, C. (2014). Responsiveness of muscle size and strength to physical training in very elderly people: a systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), e1-e10.
- Stojanovic, V., Peric, S., Paunic, T., Pesovic, J., Vujnic, M., Peric, M., . . . Pavicevic, D. (2016). Quality of life in patients with myotonic dystrophy type 2. *Journal of the Neurological Sciences*, 365, 158-161.
- Stojanovic, V. R., Peric, S., Paunic, T., Pesovic, J., Vujnic, M., Peric, M., . . . Pavicevic, D. (2016). Quality of life in patients with myotonic dystrophy type 2. *Journal of the Neurological Sciences*, 365, 158-161.
- Strasser, B., Leeb, G., Strehblow, C., Schobersberger, W., Haber, P., & Cauza, E. (2011). The effects of strength and endurance training in patients with rheumatoid arthritis. *Clinical Rheumatology*, 30(5), 623-632.
- Taipale, R., Mikkola, J., Vesterinen, V., Nummela, A., & Häkkinen, K. (2013). Neuromuscular adaptations during combined strength and endurance training in endurance runners: maximal versus explosive strength training or a mix of both. *European Journal of Applied Physiology*, 113(2), 325-335.
- Terzis, G., Dimopoulos, F., Papadimas, G., Papadopoulos, C., Spengos, K., Fatouros, I., . . . Manta, P. (2011a). Effect of aerobic and resistance exercise training on late-onset Pompe disease patients receiving enzyme replacement therapy. *Molecular Genetics and Metabolism*, 104(3), 279-283.
- Terzis, G., Dimopoulos, F., Papadimas, G. K., Papadopoulos, C., Spengos, K., Fatouros, I., . . . Manta, P. (2011b). Effect of aerobic and resistance exercise training on late-onset Pompe disease patients receiving enzyme replacement therapy. *Molecular Genetics and Metabolism*, 104(3), 279-283.
- Terzis, G., Krase, A., Papadimas, G., Papadopoulos, C., Kavouras, S., & Manta, P. (2012). Effects of exercise training during infusion on late-onset Pompe disease patients receiving enzyme replacement therapy. *Molecular Genetics and Metabolism*, 107(4), 669-673.
- Tjønnå, A., Leinan, I., Bartnes, A., Jenssen, B., Gibala, M., Winett, R., & Wisløff, U. (2013). Low-and high-volume of intensive endurance training significantly improves maximal oxygen uptake after 10-weeks of training in healthy men. *PloS One*, 8(5), e65382.
- Tomaszewski, M., Stępień, K., Tomaszewska, J., & Czuczwar, S. (2011). Statin-induced myopathies. *Pharmacological Reports*, 63(4), 859-866.

- Turner, C., & Hilton-Jones, D. (2010). The myotonic dystrophies: diagnosis and management. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 81(4), 358-367.
- Udd, B., & Krahe, R. (2012). The myotonic dystrophies: molecular, clinical, and therapeutic challenges. *The Lancet Neurology*, 11(10), 891-905.
- Uth, N., Sørensen, H., Overgaard, K., & Pedersen, P. K. (2004). Estimation of VO₂max from the ratio between HRmax and HRrest—the heart rate ratio method. *European Journal of Applied Physiology*, 91(1), 111-115.
- Vainshelboim, B., Oliveira, J., Yehoshua, L., Weiss, I., Fox, B., Fruchter, O., & Kramer, M. (2014). Exercise training-based pulmonary rehabilitation program is clinically beneficial for idiopathic pulmonary fibrosis. *Respiration*, 88(5), 378-388.
- Vanacore, N., Rastelli, E., Antonini, G., Bianchi, M., Botta, A., Bucci, E., . . . Gibellini, M. (2016). An age-standardized prevalence estimate and a sex and age distribution of myotonic dystrophy types 1 and 2 in the Rome Province, Italy. *Neuroepidemiology*, 46(3), 191-197.
- Wallmann, H., Evans, N., Day, C., & Neelly, K. (2013). Interrater reliability of the five-times-sit-to-stand test. *Home Health Care Management & Practice*, 25(1), 13-17.
- Wang, C., Dowling, J., North, K., Schroth, M., Sejersen, T., Shapiro, F., . . . Amburgey, K. (2012). Consensus statement on standard of care for congenital myopathies. *Journal of Child Neurology*, 27(3), 363-382.
- Wehrli, N., Bural, G., Houseni, M., Alkhawaldeh, K., Alavi, A., & Torigian, D. (2007). *Determination of age-related changes in structure and function of skin, adipose tissue, and skeletal muscle with computed tomography, magnetic resonance imaging, and positron emission tomography*. Paper presented at the Seminars in Nuclear Medicine, 37(3), 195-205.
- Westcott, W. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current Sports Medicine Reports*, 11(4), 209-216.
- Zanuso, S., Sacchetti, M., Sundberg, C. J., Orlando, G., Benvenuti, P., & Balducci, S. (2017). Exercise in type 2 diabetes: genetic, metabolic and neuromuscular adaptations. A review of the evidence. *British Journal of Sports Medicine*, bjsports-2016-096724.
- Zaras, N., Stasinaki, A., Krase, A., Methenitis, S., Karampatsos, G., Georgiadis, G., . . . Terzis, G. (2014). Effects of tapering with light vs. heavy loads on track and field throwing performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3484-3495.
- Zaras, N., Stasinaki, A., Methenitis, S., Krase, A., Karampatsos, G., Georgiadis, G., . . . Terzis, G. (2015). Rate of force development, muscle architecture, and performance in young competitive track and field throwers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(64), 436-443.



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ**

Έντυπο Ενημέρωσης και Συναίνεσης Δοκιμαζόμενου για Συμμετοχή σε Ερευνητική Εργασία

Επιστημονικός υπεύθυνος της έρευνας: Γεράσιμος Τερζής, Καθηγητής
Υπεύθυνος Ερευνητής: Ελένη Κοντού, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια

Ενημέρωση για την ερευνητική εργασία

Σκοπός της έρευνας είναι να αξιολογηθεί η σωματική απόδοση ατόμων με περιορισμένη λειτουργικότητα (νόσο DM2) πριν και μετά από την εφαρμογή ενός τμήνου προγράμματος σωματικής άσκησης. Τα αποτελέσματα της έρευνας θα προσφέρουν πληροφόρηση για την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής προγραμμάτων σωματικής άσκησης ως τρόπου αντιμετώπισης της μειωμένης λειτουργικής ικανότητας σε αυτόν τον πληθυσμό.

Μεθοδολογία

Θα εφαρμοστεί τετράμηνο πρόγραμμα άσκησης (16/εβδομάδα) που θα περιλαμβάνει αερόβιες προσπάθειες σε εργοποδήλατο και ασκήσεις με αντιστάσεις, με ατομική επίβλεψη από εξειδικευμένους γυμναστές σε κάθε συνεδρία. Οι ασκήσεις που θα εφαρμοστούν δεν προκαλούν δυσφορία ή πόνο. Υπάρχει πιθανότητα ήπιου μυϊκού πόνου στις πρώτες μέρες της άσκησης. Πριν και μετά το πρόγραμμα αυτό θα αξιολογηθούν: (1) η σύσταση σώματος και η οστική πυκνότητα, (2) η βλεπτή ικανότητα βάδισης, (3) η έγερση από κάθισμα, (4) ο χρόνος για την ολοκλήρωση της έγερσης από κάθισμα, βάδισης 3μ και επιστροφής, (5) η μέγιστη ισομετρική δύναμη των κάτω άκρων, (6) το κατακόρυφο άλμα και (7) η δύναμη της άκρας χειρός. Η αξιολόγηση σύστασης σώματος και οστική πυκνότητας θα γίνει με απορροφησιμετρία διπλής ενέργειας δέσμης ακτίνων Χ (DXA). Η μέτρηση δεν ενέχει κανένα κίνδυνο για τους συμμετέχοντες. Επίσης, κατά την βλεπτή δοκιμασία βάδισης δεν υπάρχει κίνδυνος. Στη δοκιμασία έγερσης από κάθισμα οι ασθενείς πρέπει να σηκωθούν από κάθισμα πέντε φορές συνεχόμενα όσο το δυνατό γρηγορότερα. Δεν υπάρχει κίνδυνος κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας. Η έγερση από κάθισμα, βάδιση 3 μέτρα και επιστροφή, είναι συνδυασμός των δύο παραπάνω δοκιμασιών, με τη διαφορά ότι οι δοκιμαζόμενοι έχουν τη δυνατότητα να υποβαστάζονται από τα μπράτσα της καρέκλας κατά την έγερση τους. Η αξιολόγηση της μέγιστης ισομετρικής δύναμης κάτω άκρων πραγματοποιείται σε ειδική πλατφόρμα και δεν υπάρχει κάποιος κίνδυνος κατά την εκτέλεσή της. Το κατακόρυφο άλμα εκτελείται σε πλατφόρμα που βρίσκεται στο έδαφος με δυο ερευνητές οι οποίοι θα βοηθούν και θα προστατεύουν από πιθανή πτώση. Τέλος, για την αξιολόγηση της δύναμης των χεριών θα χρησιμοποιηθεί χειροδυναμόμετρο με μηδενική πιθανότητα τραυματισμού. Σε κάθε περίπτωση εξειδικευμένο προσωπικό θα είναι παρόν σε όλες τις αξιολογήσεις.

Ζήτηση Πληροφοριών

Μη διστάσεις να κάνεις ερωτήσεις γύρω από κάθε διαδικασία. Αν έχεις κάποιες αμφιβολίες ή ερωτήσεις ζήτησέ μας να σου δώσουμε πρόσθετες εξηγήσεις. Τα αποτελέσματα των δικών σου μετρήσεων θα είναι στη διάθεσή σου μετά το τέλος των αναλύσεων. Δημοσιοποίηση των αποτελεσμάτων (π.χ. σε επιστημονικές μελέτες) μπορεί να γίνει μόνο ανώνυμα. Επίσης, μπορείς να καταφύγεις στους υπεύθυνους της έρευνας για ερωτήσεις ή για παράπονα. Να θυμάσαι ότι είσαι ελεύθερος να αποσυρθείς από τη μελέτη όποτε εσύ θέλεις.

Ελευθερία Συναίνεσης

Δηλώνω υπεύθυνα ότι έλαβα σαφείς γραπτές και προφορικές πληροφορίες για τη μελέτη και τις δοκιμασίες στις οποίες θα υποβληθώ και συγκατατίθεμαι να συμμετάσχω αβίαστα. Διατηρώ το δικαίωμα να αποσυρθώ όποτε εγώ κρίνω. Οι ερευνητές μου εξήγησαν τόσο προφορικά όσο και γραπτά τους κινδύνους και τα οφέλη που συνδέονται με τη συμμετοχή μου σε αυτή τη μελέτη ενώ μου έκαναν γνωστούς και τους όρους συμμετοχής μου σε αυτή. Για αυτό συναινώ να συμμετέχω στην εργασία.

Ημερομηνία : ____ / ____ / 2019

(Ονοματεπώνυμο Δοκιμαζόμενου)

(Υπογραφή)

(Ονοματεπώνυμο Μάρτυρα)

(Υπογραφή)