



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Σχολή Επιστημών Υγείας & Πρόνοιας,
Τμήμα Φυσικοθεραπείας

Η συμβολή της Μυϊκής Ενδυνάμωσης στην Καρδιοαγγειακή
Αποκατάσταση

Muscular Strength and Cardiac Rehabilitation



Φοιτητές: Δήμου Γεωργία , Σουλαχάκης Αργύριος- Κωνσταντίνος
Εισηγητής : Παπαθανασίου Γεώργιος
Αθήνα 2021

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ &
ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Πτυχιακή/ Διπλωματική Εργασία

Η συμβολή της Μυϊκής Ενδυνάμωσης στην Καρδιοαγγειακή Αποκατάσταση

Συγγραφείς:

Δήμου Γεωργία , Σουλαχάκης

Αργύριος Κωνσταντίνος

ΑΜ: 17005 , 17190

Επιβλέπων:

Παπαθανασίου Γεώργιος

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2021



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF HEALTH AND CARE
SCIENCES**

DEPARTMENT OF PHYSIOTHERAPY

Diploma Thesis

Muscular Strength and Cardiac Rehabilitation

Dimou Georgia, Soulachakis

Argyrios Konstantinos

Registration Number: 17005,

17190

Supervisor:

Papathanasiou Georgios

Athens, September 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ &
ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Η συμβολή της Μυϊκής Ενδυνάμωσης στην Καρδιοαγγειακή Αποκατάσταση

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
2	ΓΕΩΡΓΟΥΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
3	ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Δήμου Γεωργία του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 17005 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

ΔΗΜΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ



Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Σουλαχάκης Αργύρης – Κωνσταντίνος του Φωτίου, με αριθμό μητρώου 17190 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας του Τμήματος Φυσικοθεραπείας, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

ΣΟΥΛΑΧΑΚΗΣ ΑΡΓΥΡΙΟΣ - ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ



Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα καρδιοαγγειακά νοσήματα είναι η νούμερο ένα αιτία θανάτου παγκοσμίως, με 17,9 εκατομμύρια απώλειες ετησίως σε παγκόσμιο επίπεδο σύμφωνα με τα τελευταία δεδομένα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για το έτος 2019. Οι καρδιοαγγειακές παθήσεις είναι μια ομάδα διαταραχών της καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων και περιλαμβάνουν στεφανιαία νόσο, εγκεφαλοαγγειακή νόσο, περιφερική αρτηριακή νόσο, ρευματικές καρδιακές παθήσεις, συγγενείς καρδιακές παθήσεις και εν τω βάθει φλεβοθρόμβωση και πνευμονική εμβολή. Το 80% των θανάτων από καρδιοαγγειακές παθήσεις οφείλονται σε καρδιακή προσβολή και εγκεφαλικό επεισόδιο, ενώ το 1/3 αυτών των θανάτων συμβαίνουν πρόωρα σε άτομα κάτω των 70 ετών.

Οι κυριότεροι παράγοντες κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων και εγκεφαλικών επεισοδίων είναι η υψηλή Αρτηριακή Πίεση και LDL Χοληστερόλη, ο Διαβήτης τύπου I και II, η παχυσαρκία και ο ανθυγιεινός τρόπος ζωής, δηλαδή κατανάλωση αλκοόλ, κακής διατροφής και καθιστική ζωή. Η πρόληψη, διάγνωση και αντιμετώπιση της πάθησης με κατάλληλη θεραπεία μπορεί να αποτρέψουν πρόωρους θανάτους.

Παλαιότερα οι επιστήμονες υποστήριζαν πως οι ασκήσεις ενδυνάμωσης είναι επιβλαβείς για τους ασθενείς με καρδιοαγγειακές παθήσεις, καθώς αυξάνουν δραματικά την Καρδιακή Συχνότητα και Αρτηριακή Πίεση, ενώ οδηγούν σε ανεπιθύμητη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας του μυοκαρδίου. Εντούτοις, τα στοιχεία αυτά έχουν ανατραπεί και η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης έχει αναγνωριστεί ως ασφαλές και αποτελεσματικό μέσο στον χώρο της αποκατάστασης ασθενών με καρδιακές νόσους. Η συνταγογραφούμενη και εποπτευόμενη προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης, ενισχύει τη μυϊκή δύναμη και αντοχή, τη λειτουργική ικανότητα και ανεξαρτησία, καθώς και την ποιότητα ζωής σε άτομα που πάσχουν από καρδιοαγγειακή νόσο. Τα οφέλη αυτά έχουν εδραιώσει την προπόνηση με αντιστάσεις ως βασικό συστατικό του προγράμματος αποκατάστασης. Σύμφωνα με δεδομένα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, 150 λεπτά μέτριας έντασης άσκηση εβδομαδιαίως, φαίνεται να μειώνει τον κίνδυνο

ισχαιμικής καρδιακής πάθησης κατά 30%, ενώ ελαττώνει, επίσης, τον κίνδυνο από εγκεφαλικό επεισόδιο και υπέρταση¹⁸⁷. Το American Heart Association, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα δημοσίευσε τις πρώτες συστάσεις για συνταγογράφηση ασκήσεων υπό αντίσταση σε καρδιοπαθείς. Οι οδηγίες αυτές, που στηρίχθηκαν σε ερευνητικά δεδομένα, έχουν πολλαπλά οφέλη στη μυϊκή δύναμη και υγεία, ειδικότερα στη δομή και λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος, μειώνοντας τους παράγοντες κινδύνου καρδιαγγειακών παθήσεων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

“resistance training AND cardiac rehabilitation OR cardiovascular disease”,
“strength training OR weight training” “muscle hypertrophy AND muscle mass”

ABSTRACT

Cardiovascular diseases (CVDs) are the leading cause of death globally. An estimated 17.9 million people died from CVDs in 2019, according to the latest data of World Health Organization. Cardiovascular diseases are a group of disorders of the heart and blood vessels and they include coronary heart disease, cerebrovascular disease, peripheral arterial disease, rheumatic heart disease, congenital heart disease and deep vein thrombosis and pulmonary embolism. Deaths from cardiovascular diseases are in 80% due to heart attack and stroke, while 1/3 of these deaths happen under the age of 70. The main risk factors of heart disease and stroke are high blood pressure and LDL cholesterol, type I and II diabetes, obesity and unhealthy lifestyle that is alcohol consumption, poor diet and sedentary lifestyle. Prevention, diagnosis and treatment of the disease can prevent premature death.

Over the past years, scientists were convinced that strength training could be harmful to patients with cardiovascular diseases, due to the dramatic increase in heart rate and blood pressure and unfavorable left ventricular remodeling. However, these data have been overturned as resistance training has been recognized as a safe and effective way of exercise in the rehabilitation of patients with cardiovascular diseases. Prescribed and supervised training with resistance exercises, enhances muscular strength and endurance, improves functional ability and independence, as well as the quality of life in people suffering from cardiovascular diseases. These benefits have established resistance training as a key component of the rehabilitation program. According to World Health Organization, 150 minutes of moderate intensity exercise per week, can reduce the risk of ischemic heart disease by 30%, as well as the risk of stroke and hypertension. The American Heart Association, in the beginning of the 21st century, published the first recommendations for prescribed resistance exercise in cardiac patients. These guidelines, based on research data, have collateral benefits on muscle strength and health, especially on the structure and function of the cardiovascular system, reducing the cardiovascular disease risk factors.

KEY WORDS

“resistance training AND cardiac rehabilitation OR cardiovascular disease”,
“strength training OR weight training” “muscle hypertrophy AND muscle mass”

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας κύριο Παπαθανασίου Γεώργιο για τη συνεργασία, καθώς και για τις ανεκτίμητες γνώσεις που μας έχει χαρίσει μέσω της εκπαιδευτικής του δράσης, στον τομέα του Μυοσκελετικού και Κυκλοφορικού Συστήματος. Ευχαριστούμε για την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές που μας παρείχε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της Πτυχιακής Εργασίας. Ευχαριστούμε τα άτομα που συμμετείχαν στη λήψη φωτογραφικού υλικού το οποίο αξιοποιήθηκε για την οπτικοποίηση του προγράμματος ενδυνάμωσης. Τέλος, ευχαριστούμε τα μέλη της οικογένειας και τους φίλους μας για την στήριξή τους σε όλη τη διάρκεια της ακαδημαϊκής μας πορείας.

Δήμου Γεωργία & Σουλαχάκης Αργύρης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	18
Πρόλογος.....	25
Μεθοδολογία	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Τίτλος: ΕΠΙΠΟΛΑΣΜΟΣ ΚΑΡΔΙΟΑΓΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ & ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	30
Ενότητα 1: Εισαγωγικά στοιχεία	31
1.1 Ορισμός Καρδιοαγγειακής Νόσου	31
1.2 Επιδημιολογικά στοιχεία	31
1.2.1 Επίπτωση στον Παγκόσμιο πληθυσμό.....	31
1.2.2 Επίπτωση στην Ευρώπη	32
1.2.3 Επίπτωση στην Ελλάδα	33
1.2.4 Επίπτωση στην Ασία.....	33
1.2.5 Επίπτωση στην Αφρική	34
1.2.6 Επίπτωση στην Αυστραλία.....	34
1.3 Κυριότερες Καρδιοαγγειακές Παθήσεις	35
1.4 Παράγοντες Κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων	36
1.5 Κόστος στο Δημόσιο Σύστημα Υγείας.....	36
1.5.1 Κόστος σε Παγκόσμια κλίμακα	36
1.5.2 Κόστος σε Ευρωπαϊκή κλίμακα	37
1.5.3 Κόστος στην Ελλάδα	37
Ενότητα 2: Άσκηση στις Καρδιοαγγειακές παθήσεις	37
2.1 Αξία της θεραπευτικής παρέμβασης στους καρδιοαγγειακούς ασθενείς.....	38
2.2 Ο ρόλος της άσκησης στα προγράμματα αποκατάστασης καρδιοαγγειακών ασθενών	38

Ενότητα 3 : Σκοπός & αναγκαιότητα μελέτης.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Τίτλος: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ	40
Ενότητα 1 : Μυϊκή Δύναμη & Συστολή.....	42
1.1 Ορισμός Μυϊκής Δύναμης.....	42
1.2 Είδη Δύναμης	42
1.3 Μία Μέγιστη Επανάληψη - One Repetition Maximum (1-RM)	43
1.4 Μέγιστη Εθελοντική Συστολή – Maximum Voluntary Contraction (MVC).....	47
1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη.....	48
1.5.1 Επιστράτευση κινητικών μονάδων.....	48
1.5.2 Ρυθμός πυροδότησης των κινητικών μονάδων	49
1.5.3 Συγχρονισμός κινητικών μονάδων.....	49
1.5.4 Κύκλος διάτασης - βράχυνσης.....	50
1.5.5 Νευρομυϊκή αναστολή	51
1.5.6 Τύπος μυϊκής ίνας	51
1.5.7 Μυϊκή υπερτροφία	52
1.6 Είδη μυϊκής συστολής.....	52
1.6.1 Μειομετρική συστολή.....	52
1.6.2 Πλειομετρική συστολή	52
1.6.3 Ισομετρική ή στατική συστολή	53
1.6.4 Ισοτονική συστολή.....	53
1.6.5 Ισοκινητική συστολή	53
Ενότητα 2: Προσαρμογές στον σκελετικό μυ έπειτα από Προπόνηση Ενδυνάμωση	54
2.1 Κυτταρικές προσαρμογές	54
2.1.1 Υπερτροφία μυϊκών ινών	54
2.1.2 Υπερπλασία μυϊκών ινών	54

2.1.3 Μετατροπή των μυϊκών ινών	55
2.1.4 Παράπλευρες προσαρμογές.....	55
2.1.5 Ενδυνάμωση και Μυϊκή Αντοχή.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Τίτλος: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΣΤΟΝ ΥΓΙΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟ.....	57
Ενότητα 1: Οφέλη Μυϊκής Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό.....	58
Ενότητα 2: Αρχές σχεδιασμού Προγραμμάτων Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό	58
2.1 Καθορισμός στόχων και των αναγκών του αθλούμενου	58
2.2 Εξοπλισμός προπόνησης.....	59
2.3 Ρύθμιση παραμέτρων προγράμματος Μυϊκής Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό.....	60
2.3.1 Στάδια του προγράμματος ενδυνάμωσης	60
2.3.2 Ένταση	61
2.3.3 Διάρκεια.....	61
2.3.4 Συχνότητα.....	61
2.3.5 Τύπος άσκησης	62
2.3.6 Όγκος προπόνησης - Αριθμός επαναλήψεων και σετ	63
2.3.7 Χρόνος ανάπαυσης	64
2.3.8 Τεχνική προπόνησης με αντιστάσεις	65
2.3.9 Μεθοδολογία προοδευτικής επιβάρυνσης - progressive overload.....	65
2.4 Ασκήσεις ελαστικότητας	66
Ενότητα 3: Ενδεικτικό πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης για υγιή πληθυσμό.....	68
ΚΥΡΙΩΣ ΜΕΡΟΣ	74
Η μυϊκή ενδυνάμωση στις Καρδιοαγγειακές Παθήσεις.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Τίτλος : Φυσιολογία της μυϊκής ενδυνάμωσης και προσαρμογές στη λειτουργία του Καρδιοαγγειακού Συστήματος.....	75

Ενότητα 1 : Οφέλη της μυϊκής ενδυνάμωσης στους Καρδιοαγγειακούς ασθενείς..	77
1.1 Οφέλη στο Μυοσκελετικό σύστημα.....	77
1.1.1 Επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στον μυϊκό ιστό	77
1.1.2 Επίδραση της προπόνησης με ακήσεις αντίστασης στον οστίτη ιστό	82
1.2 Επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στον λιπώδη ιστό	83
1.2.1 Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI)	83
1.2.2 Άπαχη Μάζα (LBM)	84
1.2.3 Σπλαχνικό Λίπος	85
1.3 Αντοχή και Φυσική Λειτουργία	86
1.3.1 Επίδραση των Ασκήσεων Αντίστασης στην Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (VO ₂ peak).....	86
1.3.2 Επίδραση των Ασκήσεων Αντίστασης στην Καρδιοαναπνευστική Ικανότητα (CRF)	88
1.4 Μορφολογικές προσαρμογές του μυοκαρδίου έπειτα από προπόνηση αντίστασης.....	90
1.4.1 Επίδραση της άσκησης αντίστασης στην Αριστερή Κοιλία του μυοκαρδίου .	90
1.5 Αιμοδυναμικές αποκρίσεις στη μυϊκή ενδυνάμωση.....	92
1.5.1 Αρτηριακή Πίεση, Blood Pressure (BP)	92
1.5.2 Καρδιακή Συχνότητα, Heart Rate (HR).....	95
1.5.3 Όγκος Παλμού, Stroke Volume (SV)	97
1.5.4 Καρδιακή Παροχή, Cardiac Output (CO)	98
1.5.5 Γινόμενο Συχνότητας- Πίεσης, Rate- Pressure Product (RPP) / Διπλό Γινόμενο	99
1.6 Επίδραση των ασκήσεων αντίστασης στην ενδοθηλιακή λειτουργία	102
1.6.1 Αρτηριακή Ενδοτικότητα.....	104
1.6.2 Αρτηριακή Δυσκαμψία	106
1.7 Μεταβολικές προσαρμογές στην προπόνηση αντίστασης.....	107

1.7.1 Μεταβολισμός Γλυκόζη.....	107
1.7.2 Γλυκαιμικός Έλεγχος.....	110
1.7.3 Ευαισθησία & Αντίσταση στην Ινσουλίνη.....	112
1.7.4 Επίδραση στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού, Resting Metabolic Rate (RMR)/ Basal Metabolic Rate (BMR).....	113
1.7.5 Επίδραση στην Υπερβολική Κατανάλωση Οξυγόνου μετά την άσκηση, Excess Post-exercise Oxygen Consumption (EPOC)	115
1.7.6 Ενεργειακές Δαπάνες Ηρεμίας (Resting Energy Expenditure, REE)	117
1.7.7 Επίδραση στον μεταβολισμό των λιπιδίων	117
1.8 Επίδραση στο Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα - Καρδιακή Αυτόνομη Λειτουργία - δείκτες Μεταβλητότητας Καρδιακού Ρυθμού, HRV.....	120
1.9 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στους Δείκτες Οξειδωτικού Στρες	123
1.10 Επίδραση της Μυϊκής Ενδυνάμωσης στη φλεγμονώδη αντίδραση και ανοσία	126
1.11 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στους παράγοντες κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων	128
1.12 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στη θνητότητα	132
1.13 Ποιότητα Ζωής	135
1.14 Ψυχολογικά Οφέλη.....	137
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Τίτλος: Συνταγογράφηση και σχεδιασμός προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης στην Καρδιοαγγειακή Αποκατάσταση.....	139
Ενότητα 1 : Αρχές & Μεθοδολογία Σχεδιασμού της Προπόνησης Αντίστασης....	141
1.1 Ασφάλεια προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης	141
1. 2 Τεχνική εκτέλεσης των ασκήσεων ενδυνάμωσης	144
1.3 Φυσικοθεραπευτική Αξιολόγηση.....	145
1.4 Στόχοι της αποκατάστασης.....	150

1.5 Κριτήρια ένταξης στο πρόγραμμα αποκατάστασης	153
1.6 Σχετικές και απόλυτες αντενδείξεις για το πρόγραμμα αποκατάστασης.....	155
1.7 Κριτήρια πρόωρου τερματισμού του προγράμματος αποκατάστασης	157
1.6 Κριτήρια αποδέσμευσης από το πρόγραμμα αποκατάστασης	158
Ενότητα 2 : Σχεδιασμός προγραμμάτων ενδυνάμωσης & ρύθμιση παραμέτρων της αποκατάστασης.....	159
2.1 Συχνότητα.....	160
2.2 Τύπος άσκησης.....	160
2.3 Εξοπλισμός	160
2.4 Ένταση & Ζώνη άσκησης.....	161
2.5 Διάρκεια.....	164
2.6 Χρόνος ανάπαυσης	164
2.7 Όγκος προπόνησης (Αριθμός Επαναλήψεων και Σετ)	166
2.8 Ταχύτητα	166
2.9 Μεθοδολογία προοδευτικής επιβάρυνσης	168
Ενότητα 3: Ιδιαιτερότητες του προγράμματος αποκατάστασης.....	171
3.1 Επέμβαση καρδιάς.....	171
3.2 Μεταμόσχευση Καρδιάς	171
3.3 Διαδερμική στεφανιαία παρέμβαση	172
3.4 Εμφύτευση απινιδωτή βηματοδότη.....	172
Ενότητα 4: Ενδεικτικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης για καρδιοαγγειακούς ασθενείς	173
Επίλογος & Πεδία για μελλοντική έρευνα	180
Βιβλιογραφικές Αναφορές	181

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

- ✚ **One Repetition Maximum, 1RM:** Μία Μέγιστη Επανάληψη, 1-ΜΕ
- ✚ **Maximum Voluntary Contraction, MVC/ Maximum Voluntary Isometric Contraction, MVIC:** Μέγιστη Εθελοντική Συστολή/ Μέγιστη Εθελοντική Ισομετρική Συστολή
- ✚ **ΑΠ:** Αρτηριακή Πίεση, Blood Pressure, BP
- ✚ **ΣΑΠ:** Συστολική Αρτηριακή Πίεση, Systolic Blood Pressure SBP
- ✚ **ΔΑΠ:** Διαστολική Αρτηριακή Πίεση, Diastolic Blood Pressure DBP
- ✚ **ΚΠ:** Καρδιακή Παροχή, Cardiac Output, CO
- ✚ **ΟΠ:** Όγκος Παλμού, Stroke Volume SV
- ✚ **ΚΣ:** καρδιακή συχνότητα, Heart Rate, HR
- ✚ **ΚΣηρεμίας:** καρδιακή συχνότητα ηρεμίας, Resting Heart Rate, rHR
- ✚ **RPP, Rate- Pressure Product:** Διπλό Γινόμενο, ΔΓ ή Γινόμενο Συχνότητας- Πίεσης
- ✚ **EPOC, Excess Post- Exercise Oxygen Consumption:** Υπερβολική Κατανάλωση Οξυγόνου μετά την άσκηση
- ✚ **HRV, Heart Rate Variability:** Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού
- ✚ **WHO, World Health Organization:** Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
- ✚ **BMI:** δείκτης μάζας σώματος, Body Mass Index BMI
- ✚ **LBM, Lean Body Mass:** Άπαχη Μάζα
- ✚ **RMR, Resting Metabolic Rate/ BMR, Basal Metabolic Rate:** Βασικός Ρυθμος Μεταβολισμού/ Ηρεμίας
- ✚ **B- stiffness index :** δείκτης β- δυσκαμψίας

- ✚ **GLUT** transport: μεταφορέας γλυκόζης
- ✚ **ATP**: τριφωσφορική αδενοσίνη
- ✚ **Kcal**: χιλιοθερμίδα
- ✚ **HDL**: υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνες
- ✚ **LDL**: χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη
- ✚ mmHg: χιλιοστά στήλης υδραργύρου
- ✚ **VO₂peak**: Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου
- ✚ **CRF**, CardioRespiratory Fitness: Καρδιοαναπνευστική Ικανότητα
- ✚ **bpm**, beats per minute
- ✚ **NYHA**: New York Heart Association
- ✚ **AHA**: American Heart Association
- ✚ **ACSM**: American College of Sports Medicine
- ✚ **ESC**: European Society of Cardiology

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 3.1:** Αρχική θέση, όρθια θέση τα πόδια ελαφρώς ανοιχτά σελίδα 68
- Εικόνα 3.2:** Κάμψη αντιβραχίου με βάρη..... σελίδα 68
- Εικόνα 3.3 :** Αρχική θέση, όρθια θέση σελίδα 69
- Εικόνα 3.4:** Κάμψη αντιβραχίου με ελαστικό ιμάντα σελίδα 69
- Εικόνα 3.5:** Κάμψη ώμου στο προσθιοπίσθιο επίπεδο με βάρη..... σελίδα 69
- Εικόνα 3.6:** Απαγωγή ώμου στο μετωπιαίο επίπεδο με βάρος..... σελίδα 69
- Εικόνα 3.7:** Τελική θέση, απαγωγή ώμου στο μετωπιαίο επίπεδο με ελαστικό ιμάντα, σελίδα 70
- Εικόνα 3.8:** Τελική θέση, κάμψη ώμου στο προσθιοπίσθιο επίπεδο με ελαστικό ιμάντα..... σελίδα 70
- Εικόνα 3.9:** Αρχική θέση, ύπτια, ώμοι σε κάμψη 180°/ θέση διάτασης κοιλιακών και πρόσθιων θωρακικών μυών..... σελίδα 70

- Εικόνα 3.10:** κάμψη κορμού, κοιλιακοί με μπάλα- βαράκι , ενδιάμεση θέση σελίδα 70
- Εικόνα 3.11:** Κάμψη κορμού , κοιλιακοί με μπάλα- βαράκι, τελική θέση σελίδα 70
- Εικόνα 3.12:** Αρχική θέση, εδραία θέση και συγκράτηση ελαστικού ιμάντα με τα άνω άκρα / Θέση διάτασης γαστροκνημίου και οπίσθιων μηριαίων..... σελίδα 71
- Εικόνα 3.13:** Τελική θέση, προσαγωγή ωμοπλατών..... σελίδα 71
- Εικόνα 3.14:** Αρχική θέση, προσαγωγή ωμοπλατών, κάμψη αντιβραχίου..... σελίδα 71
- Εικόνα 3.15:** Τελική θέση, απαγωγή ωμοπλατών, έκταση αντιβραχίου... σελίδα 71
- Εικόνα 3.16:** Αρχική θέση, όρθια θέση με βαράκι- μπάλα..... σελίδα 71
- Εικόνα 3.17:** Τελική θέση, βαθύ κάθισμα με βαράκι- μπάλα..... σελίδα 71
- Εικόνα 3.18:** Αρχική θέση, σανίδα με ελαστικό ιμάντα στα σφυρά σελίδα 72
- Εικόνα 3.19:** Τελική θέση, σανίδα, κάμψη ισχίου με ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής και ελαστικό ιμάντα σελίδα 72
- Εικόνα 3.20:** Αρχική θέση, γόνατα σε κάμψη σελίδα 72
- Εικόνα 3.21:** Τελική θέση, γόνατα σε έκταση με μηχανήμα αντίστασης σελίδα 72
- Εικόνα 3.22:** Αρχική θέση, ύπτια θέση, γόνατα σε κάμψη με ελαστικό ιμάντα σελίδα 72
- Εικόνα 3.23:** Τελική θέση, ύπτια θέση, απαγωγή ισχίων με ελαστικό ιμάντα σελίδα 72
- Εικόνα 3.24:** Αρχική θέση, όρθια θέση με βαράκι και σκαλί σελίδα 73
- Εικόνα 3.25:** Τελική θέση, ανάβαση στο σκαλί με βαράκι σελίδα 73
- Εικόνα 3.26:** Αρχική θέση, στροφή κορμού με βαράκι σελίδα 73
- Εικόνα 3.27:** Τελική θέση, αντίπλευρη στροφή κορμού με βαράκι / Διάταση πλάγιων καμπτήρων κορμού σελίδα 73
- Εικόνα 3.28:** Αρχική θέση, εμβύθιση σελίδα 73
- Εικόνα 3.29:** Τελική θέση, έκταση αγκώνα, ώμου και κορμού σε σκαλί σελίδα 73

Εικόνα 5.30: Αρχική θέση, όρθια θέση με βαράκια.....	σελίδα 174
Εικόνα 5.31: Τελική θέση, κάμψη αντιβραχίου οβελιαίο επίπεδο με βαράκια.....	σελίδα 174
Εικόνα 5.32: Αρχική θέση, όρθια θέση με βαράκια.....	σελίδα 174
Εικόνα 5.33: Τελική θέση, απαγωγή ώμου μετωπιαίο επίπεδο με βαράκια.....	σελίδα 174
Εικόνα 5.34: Αρχική θέση χαλαρός καρπός.....	σελίδα 174
Εικόνα 5.35: Τελική θέση, κάμψη καρπού και δακτύλων.....	σελίδα 174
Εικόνα 5.36: Αρχική θέση, όρθια θέση και συγκράτηση ελαστικού ιμάντα.....	σελίδα 175
Εικόνα 5.37: Τελική θέση, έκταση καρπού με αντίσταση ελαστικού ιμάντα.....	σελίδα 175
Εικόνα 5.38: Τελική θέση, κάμψη καρπού με αντίσταση ελαστικού ιμάντα.....	σελίδα 175
Εικόνα 5.39: Αρχική θέση με βαράκι.....	σελίδα 175
Εικόνα 5.40: Τελική θέση κάμψη καρπού με βαράκι.....	σελίδα 175
Εικόνα 5.41: Τελική θέση, έκταση καρπού με βαράκι	σελίδα 175
Εικόνα 5.42: Υππιασμός με βαράκι	σελίδα 175
Εικόνα 5.43: Πρηνισμός με βαράκι	σελίδα 175
Εικόνα 5.44: Αρχική θέση, κάμψη ώμων, απαγωγή ωμοπλατών.....	σελίδα 176
Εικόνα 5.45: Τελική θέση, έκταση ώμων με αγκώνες σε κάμψη, προσαγωγή ωμοπλατών υπό την αντίσταση του μηχανήματος.....	σελίδα 176
Εικόνα 5.46: Αρχική θέση, κάμψη ώμου, απαγωγή ωμοπλατών	σελίδα 176
Εικόνα 5.47: Τελική θέση, έκταση ώμων και αγκώνων, προσαγωγή ωμοπλατών υπό την αντίσταση του μηχανήματος.....	σελίδα 176
Εικόνα 5.48: Αρχική θέση, όρθια θέση,	σελίδα 176
Εικόνα 5.49: Ενδιάμεση θέση, κάμψη αγκώνα και απαγωγή ώμου με βαράκι,	σελίδα 176

Εικόνα 5.50: Τελική θέση, έκταση αγκώνα	σελίδα 176
Εικόνα 5.51: Αρχική θέση, καθιστή θέση	σελίδα 177
Εικόνα 5.52: Τελική θέση, έκταση γόνατος με μηχανήμα αντίστασης.....	σελίδα 177
Εικόνα 5.53: Αρχική θέση, καθιστή θέση.....	σελίδα 177
Εικόνα 5.54: Τελική θέση, έκταση γόνατος με αντίσταση ελαστικού ιμάντα	σελίδα 177
Εικόνα 5.55: Αρχική θέση, καθιστή θέση, γόνατα σε κάμψη.....	σελίδα 177
Εικόνα 5.56: Τελική θέση, ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής με ελαστικό.....	σελίδα 177
Εικόνα 5.57: Πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής με ελαστικό ιμάντα.....	σελίδα 177
Εικόνα 5.58: Αρχική θέση, ύπτια θέση, γόνατα σε κάμψη.....	σελίδα 178
Εικόνα 5.59: Τελική θέση, απαγωγή ισχίων με ελαστικό ιμάντα.....	σελίδα 178
Εικόνα 5.60: Αρχική θέση, εδραία/ ύπτια.....	σελίδα 178
Εικόνα 5.61: Τελική θέση, κάμψη ισχίου με αντίσταση ελαστικού ιμάντα.....	σελίδα 178
Εικόνα 5.62: Αρχική θέση, όρθια θέση.....	σελίδα 178
Εικόνα 5.63: Κάμψη γόνατος με αντίσταση ελαστικού ιμάντα.....	σελίδα 178
Εικόνα 5.64: Έκταση ισχίου με αντίσταση ελαστικού ιμάντα.....	σελίδα 178
Εικόνα 5.65: Τελική θέση πους απ /push up	σελίδα 179
Εικόνα 5.66: Αρχική θέση πους απ/ push up.....	σελίδα 179
Εικόνα 5.67: Αρχική θέση, όρθια θέση	σελίδα 179
Εικόνα 5.68: Τελική θέση, βαθύ κάθισμα με μπάλα- βαράκι	σελίδα 179
Εικόνα 5.69: Αρχική θέση, όρθια θέση	σελίδα 179
Εικόνα 5.70: Βαθύ κάθισμα με βήμα και βαράκια	σελίδα 179
Εικόνα 5.71: Αρχική θέση, Εμβύθιση	σελίδα 179
Εικόνα 5.72: Τελική θέση, Έκταση ώμων, αντιβραχίων	σελίδα 180

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1 Αντιστοιχία του αριθμού των μέγιστων επαναλήψεων με το ποσοστό της 1RM, σύμφωνα με την εξίσωση του Brzycki ¹⁴	σελίδα 47
Πίνακας 4.1 : Προσαρμογές σκελετικού μύος έπειτα από 10 εβδομάδες μυϊκής ενδυνάμωσης	σελίδα 79
Πίνακας 4.2: Μεταβολές της Καρδιακής Συχνότητας ανά την ένταση, Vincent et al. ⁹²	σελίδα 96
Πίνακας 4.3: Μετρήσεις Διπλού Γινομένου, αναλογικά με τον βαθμό MVC, Carlson et al. ¹⁰³	σελίδα 101
Πίνακας 4.4 : Μεταβολές στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού, RMR, Lemmer et al. ¹²⁵ 2001	σελίδα 114
Πίνακας 4.5 : Μεταβολές στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού, RMR, Ades et al. ¹²⁶ 2005	σελίδα 115
Πίνακας 5.1: Διαστρωμάτωση κινδύνων, American College of Sports Medicine ²⁵	σελίδα 147
Πίνακας 5.2 : Φάσεις αποκατάστασης	σελίδα 150
Πίνακας 5.3 : Σχετικές και Απόλυτες Αντενδείξεις για το πρόγραμμα αποκατάστασης Μυϊκής Ενδυνάμωσης - American Heart Association ³⁰	σελίδα 155

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Κυριότερες Καρδιοαγγειακές Παθήσεις 1990-2017, European Society of Cardiology ²	σελίδα 35
Σχήμα 1.2: Κυριότεροι παράγοντες κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων 1990-2017 , European Society of Cardiology ²	σελίδα 36
Σχήμα 2.1: Στάδια προπόνησης	σελίδα 60
Σχήμα 2.2: Παράμετροι προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης, American College of Sports Medicine ²⁵	σελίδα 64
Σχήμα 3.1: Πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης για υγιείς.....	σελίδα 68

Σχήμα 4.1: Επίδραση της μουσικής ενδυνάμωσης στο μυοσκελετικό σύστημα	σελίδα 83
Σχήμα 4.2: Επίδραση της μουσικής ενδυνάμωσης στον λιπώδη ιστό	σελίδα 86
Σχήμα 4.3: Επίδραση της μουσικής ενδυνάμωσης στην αντοχή & φυσική λειτουργία	σελίδα 89
Σχήμα 4.4: Επίδραση της μουσικής ενδυνάμωσης στη μορφολογία του μυοκαρδίου	σελίδα 91
Σχήμα 4.7: Μεταβολικές προσαρμογές της προπόνησης ενδυνάμωσης.....	σελίδα 120

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι καρδιοαγγειακές παθήσεις αποτελούν τη νούμερο ένα αιτία θανάτου παγκοσμίως, σύμφωνα με δεδομένα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Οι ασθενείς που επιβιώνουν από ένα καρδιακό συμβάν ή πάσχουν από κάποια κληρονομική καρδιακή νόσο, συχνά έρχονται αντιμέτωποι με σωματικές και νευρολογικές δυσλειτουργίες που δυσκολεύουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες. Το κόστος στο δημόσιο σύστημα υγείας είναι υπέρογκο, αφενός λόγω του αυξημένου αριθμού ασθενών, αφετέρου εξαιτίας της κακής διαχείρισης της πάθησής τους, όπως για παράδειγμα ο παρατεταμένος κλινοστατισμός, γεγονός που οδηγεί πολλούς ασθενείς στο νοσοκομείο με δευτερογενή προβλήματα, όπως μυοσκελετικές ή νευρολογικές διαταραχές. Επομένως, κρίνεται απαραίτητη η δευτερογενής πρόληψη των καρδιοαγγειακών παθήσεων, μέσω ενός φυσικοθεραπευτικού προγράμματος πρόληψης και αποκατάστασης, ώστε οι ασθενείς να παραμείνουν δραστήριοι και λειτουργικοί.

Τις τελευταίες δεκαετίες, ο τομέας της καρδιακής αποκατάστασης έχει σημειώσει ραγδαία πρόοδο, γεγονός που αντικατοπτρίζεται στη μείωση της θνησιμότητας και θνητότητας και κατ' επέκταση στη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Σταδιακά, η άσκηση στον χώρο της καρδιακής αποκατάστασης μετουσιώνεται από θεραπευτική μέθοδος σε τρόπο ζωής. Η αερόβια άσκηση ήταν η πρώτη μη επεμβατική, μη φαρμακευτική θεραπευτική μέθοδος, σε αυτό το δείγμα ασθενών, η οποία εντάχθηκε στην αποκατάσταση περί τα τέλη του 20^{ου} αιώνα. Ωστόσο, η αναερόβια προπόνηση την περίοδο αυτή συνιστούσε απόλυτη αντένδειξη για τους καρδιοαγγειακούς ασθενείς, καθώς οι επιστήμονες υποστήριζαν πως οδηγεί σε ανεπιθύμητα καρδιακά συμβάντα. Η θέση αυτή ανετράπη λίγες δεκαετίες αργότερα, αφού στις αρχές του 21^{ου} αιώνα το American Heart Association εξέδωσε τις πρώτες κατευθυντήριες οδηγίες καρδιακής αποκατάστασης με ασκήσεις ενδυνάμωσης. Πλέον, ολοένα και περισσότερες έρευνες αναγνωρίζουν τα οφέλη της μυϊκής ενδυνάμωσης στη βελτίωση της ποιότητας ζωής και υγείας των καρδιοαγγειακών ασθενών.

Η παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση αναδεικνύει κάθε πτυχή της μυϊκής

ενδυνάμωσης και επισημαίνει τα ποικίλα οφέλη σε μυοσκελετικό, νευρικό, αναπνευστικό και κυκλοφορικό σύστημα τόσο σε υγιή άτομα όσο και σε ασθενείς που νοσούν από καρδιαγγειακές παθήσεις.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση διεξήχθη μέσω ηλεκτρονικής πλατφόρμας στο διάστημα του Οκτωβρίου 2020 έως τον Μάιο του 2021. Για την επίτευξη των σκοπών της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες μηχανές αναζήτησης: MEDLINE , CINAHL, COCHRANE, ELSEVIER. Τα επιστημονικά δεδομένα και οι κατευθυντήριες οδηγίες, τεκμηριώθηκαν από τους επικρατέστερους φορείς της καρδιολογίας : European Society of Cardiology και American Heart Association. Στοιχεία που αφορούν τη φυσιολογία της μυϊκής ενδυνάμωσης αντλήθηκαν από τους κάτωθι οργανισμούς : American College of Sports Medicine , Journal of Science and Medicine in Sport . Τα άρθρα που επιλέχθηκαν ήταν γραμμένα σε μία από τις εξής γλώσσες : Αγγλικά, Γαλλικά ή Ελληνικά. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για την αναζήτηση ήταν οι εξής : “resistance training AND cardiac rehabilitation OR cardiovascular disease”, “strength training OR weight training” “muscle hypertrophy AND muscle mass”. Στη συγγραφή της ανασκόπησης εντάχθηκαν αποκλειστικά πρωτότυπες έρευνες, σε πλήρη μορφή. Μέσα σε αυτές ήταν συστηματικές και βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις, τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες και δοκιμές, μετά- αναλύσεις, κατευθυντήριες οδηγίες και κάθε είδος μελέτης σε ολοκληρωμένη έκδοση. Άρθρα των οποίων ήταν διαθέσιμη μόνο η περίληψη αποκλείστηκαν. Η αρχική αναζήτηση στις βάσεις δεδομένων, πραγματοποιήθηκε με χρονικό περιορισμό δημοσίευσης 2000-2020. Ωστόσο, κρίθηκε απαραίτητη η ένταξη παλαιότερων μελετών στο κυρίως μέρος της ανασκόπησης ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη και τεκμηριωμένη εκτίμηση των επιδράσεων της μυϊκής ενδυνάμωσης. Όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια, αρκετά ερευνητικά δεδομένα που απαγόρευαν τις ασκήσεις υπό αντιστάσεις στους καρδιαγγειακούς ασθενείς ανατράπηκαν. Οι παλαιότερες αυτές έρευνες αξιοποιήθηκαν στο κομμάτι της ιστορικής αναδρομής και του κύριου μέρους της ανασκόπησης. Στο **Γράφημα 1** απεικονίζεται ο αριθμός των άρθρων που συγκεντρώθηκαν, σε συνάρτηση με τη χρονολογία δημοσίευσης.

Οι έρευνες που πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού αξιολογήθηκαν ως προς το περιεχόμενό τους. Από τη διαλογή αυτή, αναδείχθηκαν οι μελέτες που εξέταζαν αμιγώς την επίδραση των ασκήσεων με αντιστάσεις σε υγιείς και ασθενείς, ενώ όσες αφορούσαν συνδυασμένες εφαρμογές αερόβιας και αναερόβιας προπόνησης απορρίφθηκαν. Στο **Σχήμα 1** αναγράφονται τα κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Η σύνθεση των δεδομένων στηρίχθηκε πρωτίστως σε πληροφορίες από συστηματικές ανασκοπήσεις, στατιστικά στοιχεία από μετά – αναλύσεις και τυχαίοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές που δημοσιεύθηκαν στους κυρίαρχους καρδιολογικούς φορείς American Heart Association , European Society of Cardiology. Τα ευρήματα των επιλεγόμενων μελετών ταξινομήθηκαν με βάση την κατάσταση της υγείας του δείγματος, σε υγιείς και ασθενείς. Δευτερευόντως, τα στοιχεία αυτά, οργανώθηκαν σε επιμέρους ενότητες σύμφωνα με την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στα διάφορα συστήματα του οργανισμού. Έμφαση δόθηκε στο καρδιαγγειακό σύστημα και στους ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις, που συνιστούν το κύριο μέρος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Περισσότερα στοιχεία που αφορούν τη διαδικασία διαλογής και συλλογής δεδομένων εμφανίζονται στο **Σχήμα 2**. Η σύνταξη των βιβλιογραφικών αναφορών πραγματοποιήθηκε με το σύστημα Vancouver.

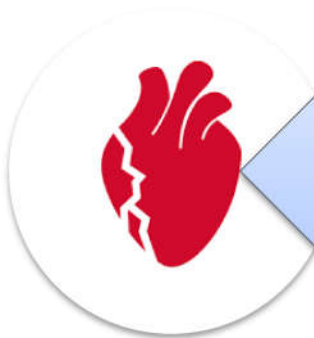


Σχήμα 1 : Κριτήρια ένταξης & αποκλεισμού της ανασκόπησης



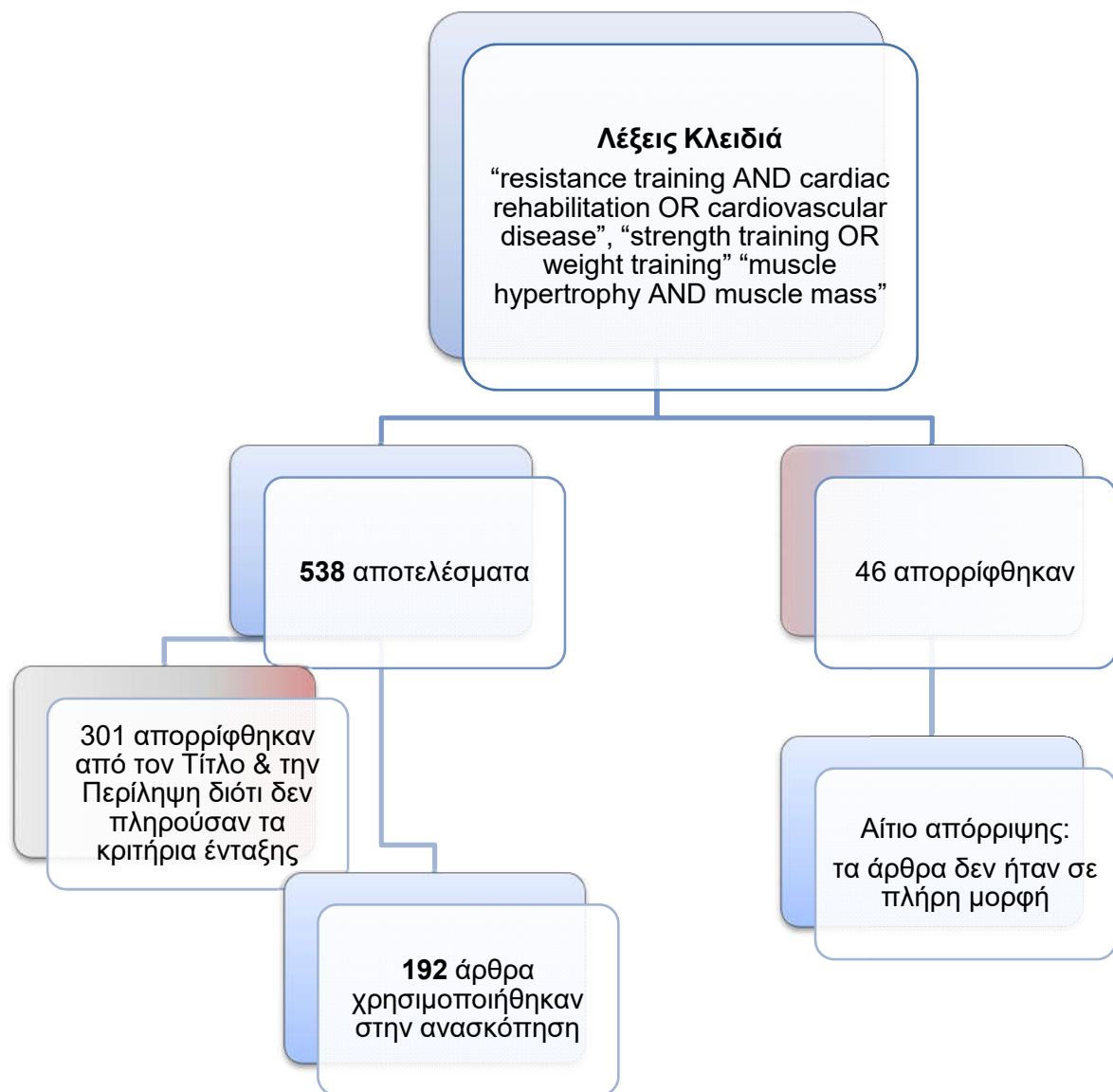
Κριτήρια Ένταξης

- άνδρες και γυναίκες κάθε ηλικίας με ή χωρίς καρδιαγγειακές παθήσεις
 - γλώσσα δημοσίευσης
Αγγλικά, Γαλλικά, Ελληνικά
- πρωτότυπα άρθρα σε πλήρη μορφή



Κριτήρια Αποκλεισμού

- μικτά προγράμματα αερόβιου & αναερόβιου έργου, συνδυασμένη άσκηση
- μελέτες των οποίων οι συμμετέχοντες λάμβαναν πρωτεϊνικά συμπληρώματα διατροφής



Σχήμα 2: Διαδικασία διαλογής μελετών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανασκόπηση

1

ΕΠΙΠΟΛΑΣΜΟΣΝ ΚΑΡΔΙΟΑΓΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ & ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ενότητα 1: Εισαγωγικά στοιχεία

1.1 Ορισμός Καρδιοαγγειακής Νόσου

1.2 Επιδημιολογικά στοιχεία

1.2.1 Επίπτωση στον Παγκόσμιο πληθυσμό

1.2.2 Επίπτωση στην Ευρώπη

1.2.3 Επίπτωση στην Ελλάδα

1.2.4 Επίπτωση στην Ασία

1.2.5 Επίπτωση στην Αφρική

1.2.6 Επίπτωση στην Αυστραλία

1.3 Κυριότερες Καρδιοαγγειακές Παθήσεις

1.4 Παράγοντες Κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων

1.5 Κόστος στο Δημόσιο Σύστημα Υγείας

1.5.1 Κόστος σε Παγκόσμια κλίμακα

1.5.2 Κόστος σε Ευρωπαϊκή κλίμακα

1.5.3 Κόστος στην Ελλάδα

Ενότητα 2: Άσκηση στις Καρδιοαγγειακές παθήσεις

2.1 Αξία της θεραπευτικής παρέμβασης στους καρδιοαγγειακούς ασθενείς

2.2 Ο ρόλος της άσκησης στα προγράμματα αποκατάστασης καρδιοαγγειακών ασθενών

Ενότητα 3 : Σκοπός & αναγκαιότητα μελέτης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΠΙΠΟΛΑΣΜΟΣ ΚΑΡΔΙΟΑΓΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ & ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ενότητα 1: Εισαγωγικά στοιχεία

1.1 Ορισμός Καρδιοαγγειακής Νόσου

Ο όρος Καρδιοαγγειακή Νόσος (Cardiovascular Disease - CVD) χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα σύνολο διαταραχών, οι οποίες επηρεάζουν το μυοκάρδιο και τα αιμοφόρα αγγεία (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας). Στους πιο συχνούς και σοβαρούς τύπους καρδιοαγγειακής νόσου συγκαταλέγονται η Στεφανιαία Νόσος, το Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο και η Καρδιακή Ανεπάρκεια. Οι καρδιοαγγειακές παθήσεις αποτελούν την πρωταρχική αιτία θανάτων παγκοσμίως, αφού όπως εκτιμάται για το έτος 2016 στέρησαν τη ζωή σε 17,9 εκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας). Επομένως, πρόκειται για ένα δυσεπίλυτο πρόβλημα που πλήττει τόσο το εθνικό σύστημα υγείας όσο και την οικονομία κάθε χώρας, καθώς όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια της μελέτης, οι δαπάνες για τη νοσηλεία και τις παροχές υπηρεσιών σε καρδιοαγγειακούς ασθενείς είναι ιδιαίτερα αυξημένες.

1.2 Επιδημιολογικά στοιχεία

1.2.1 Επίπτωση στον Παγκόσμιο πληθυσμό

Ο εκτιμώμενος παγκόσμιος αριθμός των θανάτων που αποδόθηκαν σε καρδιοαγγειακό αίτιο για το έτος 2017, ανέρχεται στα 17,8 εκατομμύρια¹. Η θνησιμότητα ανά 100.000 πληθυσμού ήταν 233,1 και ο επιπολασμός 6.082 ανά 100.000 . Η Ανατολική Ευρώπη και η Κεντρική Ασία σημείωσαν τα υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας εξαιτίας καρδιοαγγειακής νόσου εκείνο το έτος, ενώ ο επιπολασμός ήταν υψηλός στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, την Κεντρική Ευρώπη, τη Βόρεια Αφρική και τη Μέση Ανατολή¹.

Είχε υπολογιστεί ότι το 2017, 126,5 εκατομμύρια άτομα έπασχαν από Στεφανιαία Νόσο σε παγκόσμια κλίμακα, με την πάθηση να είναι πιο συχνή στους άνδρες απ' ό,τι στις γυναίκες, 68,5 και 57,9 εκατομμύρια άτομα, αντίστοιχα¹. Επίσης, το 2017 τα ποσοστά θνησιμότητας της συγκεκριμένης καρδιοαγγειακής πάθησης ήταν γενικώς χαμηλότερα. Κατά μέσο όρο οι θάνατοι ήταν 150 ανά

100.000 άτομα στις περισσότερες χώρες του κόσμου, με εξαίρεση την Ανατολική Ευρώπη και την Κεντρική Ασία όπου και υπερέβησαν τους 280 θανάτους ανά 100.000 άτομα¹⁷⁹. Αξίζει να σημειωθεί πως, η Ανατολική Ευρώπη, η Βόρεια Αφρική και η Μέση Ανατολή κατέχουν τα υψηλότερα επίπεδα επιπολασμού της Στεφανιαίας Νόσου παγκοσμίως¹.

1.2.2 Επίπτωση στην Ευρώπη

Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά διαθέσιμα δεδομένα, μέχρι και το 2017 εκτιμάται πως συνολικά 108,7 εκατομμύρια άτομα διεγνώσθησαν με μια μορφή καρδιαγγειακής νόσου¹. Τη χρονιά εκείνη υπήρχαν 19,9 εκατομμύρια νέες περιπτώσεις καρδιαγγειακής πάθησης στα 54 αυτά ευρωπαϊκά κράτη, με τη μέση επίπτωση να υπολογίζεται σε 1.133 περιπτώσεις ανά 100.000 πολίτες κάθε χώρας¹⁷⁹. Αντίστοιχα, ο μέσος επιπολασμός ήταν 6.595 ανά 100.000 πληθυσμού, κυμαίνοντας από 5.254 στη Νορβηγία έως 8.766 στη Βουλγαρία. Βάσει των εθνικών στατιστικών, ο αριθμός των γυναικών που ζούσαν με καρδιαγγειακή νόσο ήταν μεγαλύτερος σε σύγκριση με εκείνον των ανδρών (55,7 εκατομμύρια έναντι 52,9 εκατομμύρια)¹.

Αναφορικά με τη θνητότητα, οι καρδιαγγειακές παθήσεις παραμένουν η πρώτη αιτία θανάτου σε 54 κράτη μέλη της Ευρώπης, όπως αναφέρει μελέτη του European Society of Cardiology². Συνολικά 2,2 εκατομμύρια θάνατοι αφορούν τον γυναικείο και 1,9 εκατομμύρια θάνατοι αφορούν τον ανδρικό πληθυσμό. Οι αριθμοί αυτοί αναλογούν στο 47% και 39% του συνόλου των θανάτων σε γυναίκες και άνδρες, αντίστοιχα. Ωστόσο, οι καρδιαγγειακές παθήσεις εμφανίζουν μικρότερο ποσοστό πρόωρων θανάτων, δηλαδή κάτω από την ηλικία των 70 ετών, τόσο στις γυναίκες (30%) όσο και στους άνδρες (33%)¹⁸⁸. Τα ποσοστά αυτά αντιστοιχούν σε περίπου 323.000 και 699.000 θανάτους μεταξύ των γυναικών και των ανδρών, αντίστοιχα. Η στεφανιαία νόσος αποτελεί την πιο κοινή αιτία των θανάτων καρδιαγγειακής αιτιολογίας, όντας υπεύθυνη για το 38% των θανάτων στις γυναίκες και για το 44% στους άνδρες².

1.2.3 Επίπτωση στην Ελλάδα

Όσον αφορά την Ελλάδα, μελέτες αποδεικνύουν πως ο επιπολασμός των καρδιοαγγειακών παθήσεων βρίσκεται σε χαμηλότερα επίπεδα από τα περισσότερα κράτη του κόσμου². Συγκεκριμένα, ο επιπολασμός στην Ελλάδα το 2017 ήταν 5.867 ανά 100.000 πληθυσμού, ο οποίος αποτελεί έναν ελάχιστα μεγαλύτερο αριθμό συγκριτικά με αυτόν της Ιταλίας και της Μάλτας (5.683 και 5.758 ανά 100.000 αντιστοίχως), αλλά διαφέρει κατά πολύ με εκείνον της Αλβανίας και της Τσεχίας (8.261 και 8.457 ανά 100.000, αντίστοιχα)¹. Από την άλλη πλευρά, ιδιαίτερα υψηλή φαίνεται η επίπτωση των καρδιοαγγειακών παθήσεων σε σχέση με πολλά άλλα ευρωπαϊκά κράτη, συγκεντρώνοντας 1.181 νέες περιπτώσεις ανά 100.000 πληθυσμού μέσα στο 2017¹.

Εντούτοις, η θνητότητα από καρδιοαγγειακό αίτιο παραμένει η κύρια αιτία θανάτου, συνιστώντας περίπου το 40% των θανάτων της χώρας (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας³). Όσον αφορά την πρόωρη θνησιμότητα, στην Ελλάδα η καρδιοαγγειακή νόσος ευθύνεται για περίπου 30-60 πρόωρους θανάτους ανά 100.000 πληθυσμού στις γυναίκες και αντίστοιχα για 70-140 ανά 100.000 στους άνδρες³.

1.2.4 Επίπτωση στην Ασία

Στην Ασία, και συγκεκριμένα στην Κίνα, η καρδιοαγγειακή νόσος εκτιμάται ως η κύρια αιτία πρόωρης νοσηρότητας και θνησιμότητας. Από το 1990 έως και το 2013, ο αριθμός των θανάτων καρδιοαγγειακής αιτιολογίας αυξήθηκε κατά 46% στην Κίνα⁴, κυρίως λόγω της γήρανσης του πληθυσμού, το οποίο αναλογεί σε έναν αριθμό 4 και 3 φορές υψηλότερο απ' ό,τι στις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Δυτική Ευρώπη, αντίστοιχα¹. Κατά τη διάρκεια εκείνης της περιόδου, μάλιστα, οι αριθμοί των θανάτων από ισχαιμικό ΑΕΕ αυξήθηκαν κατά 40%⁴.

Σε σύγκριση με τις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Δυτική Ευρώπη, τα ποσοστά θνησιμότητας από στεφανιαία νόσο, ισχαιμικό ΑΕΕ, αιμορραγικό ΑΕΕ και από καρδιοπάθεια λόγω υψηλής αρτηριακής πίεσης, ήταν όλα σαφέστατα υψηλότερα το 2016 στην Κίνα ¹, παρά μία αξιοσημείωτη πτώση, της τάξεως του 21%, στα ποσοστά θνησιμότητας της καρδιοαγγειακής πάθησης που σημειώθηκε από το 1990 έως και το 2013 ⁴. Οι υψηλότερες αυτές τιμές ήταν, επιπλέον, συνοδευόμενες από μία υψηλότερη αναλογία πρόωρων θανάτων. Έχει υπολογιστεί πως το 11% των συνολικών θανάτων καρδιοαγγειακής πάθησης στην Κίνα, αλλά και σε άλλα μέρη της Ανατολικής Ασίας, θα εντάσσεται στους πρόωρους μέχρι το 2025, μία τάση η οποία θα είναι ουσιαστικά υψηλότερη σε σχέση με τη Βόρεια Αμερική (6%) και τη Δυτική Ευρώπη (3%) ⁵. Σε αντίθεση με τις περισσότερες δυτικές κοινωνίες, ο αριθμός των αποθανόντων από ΑΕΕ είναι μεγαλύτερος από εκείνον της στεφανιαίας νόσου στην Κίνα, ωστόσο αυτή η διαφορά μειώνεται συνεχώς με την πάροδο των χρόνων ¹.

1.2.5 Επίπτωση στην Αφρική

Αν και τα ποσοστά θνησιμότητας της καρδιοαγγειακής νόσου στην Υποσαχάρια Αφρική είναι χαμηλά σε σχέση με αυτά των χωρών υψηλού εισοδήματος, ο αριθμός των θανάτων από τη συγκεκριμένη πάθηση έχει αυξηθεί κατά περισσότερο από 50% τις τελευταίες τρεις δεκαετίες στην περιοχή, τείνοντας να προσβάλλει νεότερες ηλικίες, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα έναν υψηλό αριθμό προσαρμοσμένων λόγω αναπηρίας ετών ζωής⁶. Η στεφανιαία νόσος, το ΑΕΕ και η καρδιοπάθεια λόγω υψηλής αρτηριακής πίεσης αποτελούν τις τρεις πρώτες αιτίες θανάτου καρδιοαγγειακής αιτιολογίας στην Υποσαχάρια Αφρική ⁶.

1.2.6 Επίπτωση στην Αυστραλία

Τόσο ο αριθμός όσο και το ποσοστό των θανάτων από καρδιοαγγειακή νόσο έχουν υποστεί σημαντική ύφεση την περίοδο μεταξύ του 1981 και του 2018, σύμφωνα με το Australian Institute of Health and Welfare (AIHW)⁷. Ειδικότερα, ο αριθμός των θανάτων καρδιοαγγειακής αιτιολογίας μειώθηκε κατά 25% (από περίπου 56.000 σε 41.800), ενώ τα ποσοστά θνησιμότητας κατά περίπου 75%, πέφτοντας από 689 σε 152 ανά 100.000 πληθυσμού για τους άνδρες και από 440 σε 109 ανά 100.000 για τις γυναίκες. Από το σύνολο των θανάτων, το 42%

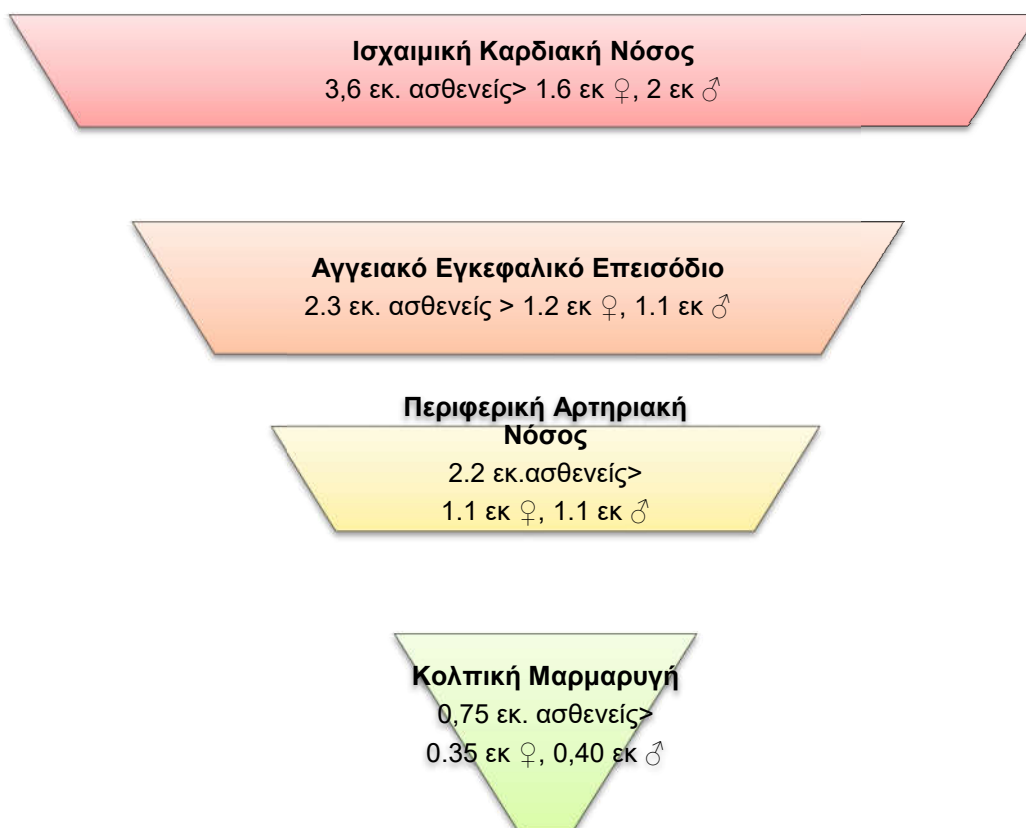
αποδόθηκε σε στεφανιαία νόσο και το 20% σε Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο⁷.

Εκτιμάται πως 1,2 εκατομμύρια ενήλικες Αυστραλοί (5,6%) είχαν 1 ή περισσότερες παθήσεις σχετιζόμενες με καρδιοαγγειακή νόσο, στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και το ΑΕΕ, εντός του 2017-18⁷. Τη χρονιά εκείνη, ο επιπολασμός της νόσου ήταν υψηλότερος ανάμεσα στους άνδρες (6,5%) απ' ό,τι στις γυναίκες (4,8%). Μάλιστα, παραπάνω από 1 στους 4 (26%), όσων η ηλικία τους ξεπερνούσε τα 75 έτη, αποτελούσε περίπτωση καρδιοαγγειακού ασθενή⁷.

1.3 Κυριότερες Καρδιοαγγειακές Παθήσεις

Μελέτη του European Society of Cardiology² σε 54 χώρες, για τα έτη 1990 - 2017, έδειξε πως η Ισχαιμική Καρδιακή Νόσος, το Αγγειακό Εγκεφαλικό Επεισόδιο, η Νόσος των Περιφερικών Αγγείων και η Κολπική Μαρμαρυγή είναι οι κυριότερες Καρδιοαγγειακές Παθήσεις (**Σχήμα 1.1**).

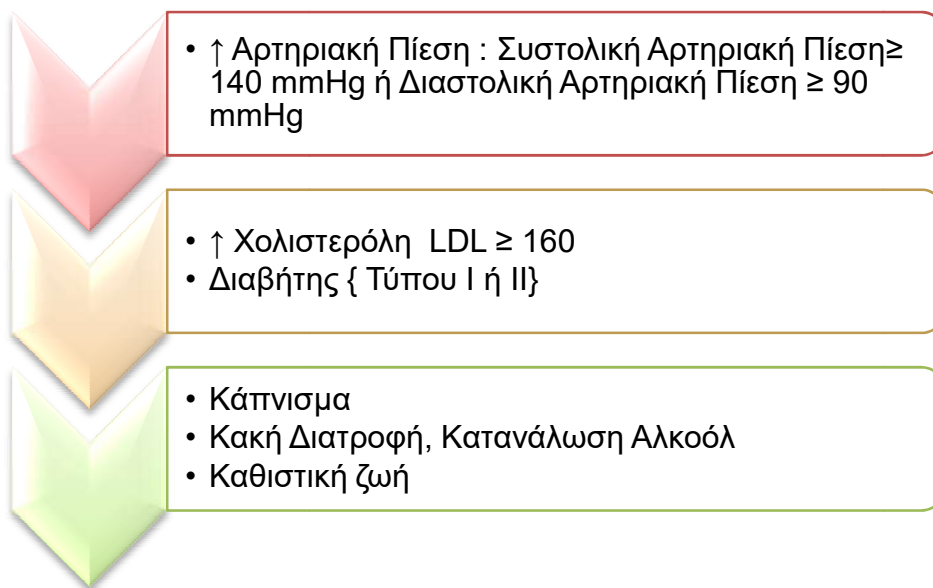
Σχήμα 1.1: Κυριότερες Καρδιοαγγειακές Παθήσεις 1990-2017, European Society of Cardiology²



1.4 Παράγοντες Κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων

Οι παράγοντες κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων αποτελούν δείκτες καρδιοαγγειακής ευπάθειας. Σχετίζονται με παράγοντες της υγείας, συνοδές παθήσεις ή κληρονομικό υπόβαθρο, καθώς και με συνήθειες της καθημερινής ζωής. Όσο περισσότεροι παράγοντες συνυπάρχουν, οι πιθανότητες ανάπτυξης Καρδιοαγγειακής Πάθησης αυξάνονται⁸. Ακολούθως, παρουσιάζονται οι κυριότεροι παράγοντες κινδύνου σύμφωνα με το European Society of Cardiology² (Σχήμα 1.2).

Σχήμα 1.2: Κυριότεροι παράγοντες κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων 1990- 2017 , European Society of Cardiology²



1.5 Κόστος στο Δημόσιο Σύστημα Υγείας

1.5.1 Κόστος σε Παγκόσμια κλίμακα

Μέχρι το 2030, το συνολικό κόστος της καρδιοαγγειακής νόσου παγκοσμίως προβλέπεται να αυξηθεί από, κατά προσέγγιση, 863 δισεκατομμύρια αμερικανικά δολάρια το 2010 στα 1.044 δισεκατομμύρια αμερικανικά δολάρια⁹. Το ετήσιο άμεσο και έμμεσο κόστος της νόσου στην Ηνωμένες Πολιτείες υπολογίστηκε στα 351,3 δισεκατομμύρια αμερικανικά δολάρια, σύμφωνα με δεδομένα από τη χρονιά

2014-15. Αυτό το ποσό περιλαμβάνει 213,8 δισεκατομμύρια αμερικανικά δολάρια σε δαπάνες για τα άμεσα κόστη, στα οποία συγκαταλέγεται το κόστος του ιατρικού προσωπικού, οι υπηρεσίες του νοσοκομείου, οι συνταγογραφημένες φαρμακευτικές αγωγές και η οικιακή φροντίδα, αλλά και 137,5 δισεκατομμύρια αμερικανικά δολάρια για την απώλεια μελλοντικής παραγωγικότητας (έμμεσο κόστος) που αποδίδεται στην πρόωρη θνησιμότητα της νόσου¹⁰.

1.5.2 Κόστος σε Ευρωπαϊκή κλίμακα

Το κόστος της καρδιοαγγειακής νόσου στην οικονομία της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπολογίστηκε στα 210 δισεκατομμύρια ευρώ ανά χρόνο το 2015, του οποίου το 53% (111 δισεκατομμύρια ευρώ) οφειλόταν στα κόστη της υγειονομικής περίθαλψης, το 26% (54 δισεκατομμύρια ευρώ) στις απώλειες παραγωγικότητας και το 21% (45 δισεκατομμύρια ευρώ) στην άτυπη φροντίδα των ατόμων με καρδιοαγγειακή πάθηση. Στα κόστη της υγειονομικής περίθαλψης, το κόστος της ενδονοσοκομειακής φροντίδας των καρδιοαγγειακών ασθενών εκτιμήθηκε περίπου στο 51% και, αντιστοίχως, αυτό των φαρμάκων έφτασε περίπου το 25%¹¹.

1.5.3 Κόστος στην Ελλάδα

Δεν βρέθηκαν αναλυτικά και ακριβή δεδομένα όσον αφορά το κόστος της καρδιοαγγειακής νόσου στην ελληνική οικονομία. Παρ' όλα αυτά οι κατά κεφαλήν δαπάνες για την υγειονομική περίθαλψη έφτασαν το 2015 τα 2.204 αμερικανικά δολάρια, το οποίο μεταφράζεται στο χαμηλότερο ποσό ανάμεσα στα κράτη που αποτελούν μέλη της Ε.Ε. πριν το 2004 (στοιχεία του World Bank). Ακόμη, το 2015, το μερίδιο που αντιστοιχούσε στις δαπάνες της δημόσιας υγείας συνιστούσε το 59% των συνολικών δαπανών για την υγειονομική περίθαλψη, μόλις το 4ο χαμηλότερο ποσοστό εντός Ε.Ε., με το υπολειπόμενο 41% να αφιερώνεται στις ιδιωτικές πληρωμές. Λαμβάνοντας υπόψη το μέγεθος του επιπολασμού και της επίπτωσης της νόσου στην ελληνική κοινωνία, συμπεραίνει κανείς πως η καρδιοαγγειακή νόσος αποτελεί μία απαιτητική δοκιμασία για το εθνικό σύστημα υγείας της χώρας.

Ενότητα 2: Άσκηση στις Καρδιοαγγειακές παθήσεις

2.1 Αξία της θεραπευτικής παρέμβασης στους καρδιοαγγειακούς ασθενείς

Η θνητότητα και νοσηρότητα από Καρδιοαγγειακές Παθήσεις αποτελεί μείζων παγκόσμιο πρόβλημα. Οι εκατομμύρια θάνατοι σε όλο τον κόσμο, σε συνδυασμό με το υπέρογκο κόστος στο σύστημα υγείας της εκάστοτε χώρας, απαιτούν άμεση και συλλογική αντιμετώπιση. Πολύτιμοι αρωγοί προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες ανθρώπινων ζωών, είναι η πρόληψη και σωστή αντιμετώπιση των Καρδιοαγγειακών Παθήσεων. Έτσι, δημιουργείται η ανάγκη για εύκολες, οικονομικές και κυρίως αποτελεσματικές παρεμβάσεις σε αυτό το δείγμα ασθενών.

2.2 Ο ρόλος της άσκησης στα προγράμματα αποκατάστασης καρδιοαγγειακών ασθενών

Η άσκηση έχει αναγνωριστεί, ως ασφαλές και αποτελεσματικό μέσο βελτίωσης της υγείας των ασθενών με Καρδιοαγγειακές Παθήσεις. Οι καρδιοαγγειακοί ασθενείς αυτοί συχνά αντιμετωπίζουν προβλήματα μυϊκής αδυναμίας και σημαντική έκπτωση της λειτουργικής ικανότητάς τους. Ως αποτέλεσμα, υιοθετούν καθιστική στάση ζωής και μένουν αδρανείς. Η άσκηση παρέχει σημαντικά οφέλη στην υγεία των ασθενών, βελτιώνοντας τη μυϊκή δύναμη, αντοχή και ικανότητα εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων. Επομένως, βελτιώνεται η ποιότητα ζωής τους και παραμένουν ενεργοί στην επαγγελματική και κοινωνική τους ζωή.

Ενότητα 3 : Σκοπός & αναγκαιότητα μελέτης

Οι καρδιοαγγειακές παθήσεις συνιστούν πρωταρχική αιτία θανάτου παγκοσμίως. Το έτος 2019 οι απώλειες από καρδιοαγγειακές παθήσεις ανήλθαν στους 17,9 εκατομμύρια νεκρούς. Ολοένα και περισσότεροι καρδιοαγγειακοί ασθενείς νοσηλεύονται για σύντομο ή παρατεταμένο χρονικό διάστημα, αυξάνοντας σημαντικά το κόστος στο δημόσιο σύστημα υγείας. Ακόμη, τα άτομα αυτά λαμβάνουν μακροχρόνια φαρμακευτική αγωγή σε μεγάλες ποσότητες, γεγονός που συνυπολογίζεται στις δαπάνες και επιβαρύνει περαιτέρω το εθνικό σύστημα υγείας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στην Ευρώπη, το συνολικό κόστος στο δημόσιο σύστημα υγείας για τις καρδιοαγγειακές παθήσεις υπολογίζεται πως ανέρχεται στα 210 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως. Σε παγκόσμια κλίμακα, μέχρι το 2030 το συνολικό κόστος από καρδιοαγγειακές νόσους υπολογίζεται να φτάσει τα

863 αμερικάνικα δολάρια. Η παρατεταμένη διάρκεια νοσηλείας, καθώς και οι συχνές υποτροπές της νόσου οδηγούν σε σημαντική έκπτωση της λειτουργικής ικανότητας των ασθενών, οι οποίοι υιοθετούν καθιστική ζωή και περιορίζουν την καθημερινότητά τους. Η απουσία κοινωνικής και επαγγελματικής ζωής έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ψυχολογία και την ποιότητα ζωής των καρδιαγγειακών ασθενών.

Είναι επιτακτική η αναζήτηση νέων δρόμων στον χώρο της αποκατάστασης, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής των ασθενών με τη λιγότερη δυνατή καταπόνηση στο σύστημα υγείας. Στο πλαίσιο της βελτίωσης της δευτερογενούς πρόληψης, η άσκηση αναδεικνύεται ως μη φαρμακευτικό, μη επεμβατικό μέσο διαχείρισης των καρδιαγγειακών παθήσεων, ασφαλές, αποτελεσματικό και με ελάχιστο κόστος. Οι πρώτες οδηγίες για συνταγογραφούμενη άσκηση, περιορίζονταν αποκλειστικά στην αερόβια προπόνηση. Ο ρόλος της μυϊκής ενδυνάμωσης στους ασθενείς με Καρδιαγγειακές Παθήσεις δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς. Τα παλαιότερα χρόνια, η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης συνιστούσε απόλυτη αντένδειξη, διότι επικρατούσε η αντίληψη πως οδηγεί σε ραγδαία αύξηση της Καρδιακής Συχνότητας και Αρτηριακής Πίεσης, καθώς και ανεπιθύμητη αναδιαμόρφωση της Αριστερής Κοιλίας του μυοκαρδίου. Ωστόσο, αναδύονται νέα ερευνητικά δεδομένα από σημαντικούς φορείς όπως American Heart Association και European Society of Cardiology, τα οποία ανατρέπουν τη θέση αυτή. Η σημαντική επίπτωση των Καρδιαγγειακών Παθήσεων στον παγκόσμιο πληθυσμό, η θνητότητα από καρδιαγγειακά αίτια και το σημαντικό κόστος στα συστήματα υγείας καθιστούν αναγκαία τη διερεύνηση νέων μεθόδων πρόληψης και αντιμετώπισης των καρδιαγγειακών παθήσεων, ώστε να βελτιωθεί η λειτουργική ικανότητα και ποιότητα ζωής τους. Η βιβλιογραφική αυτή ανασκόπηση σκοπεύει να αναδείξει τα σημαντικά οφέλη της μυϊκής ενδυνάμωσης, όπως αναδύονται από τα τελευταία επιστημονικά δεδομένα, τόσο σε υγιή άτομα όσο και σε καρδιαγγειακούς ασθενείς.

2

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΥΙΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ

Ενότητα 1 : Μυϊκή Δύναμη & Συστολή

1.1 Ορισμός Μυϊκής Δύναμης

1.2 Είδη Δύναμης

1.3 Μία Μέγιστη Επανάληψη - One Repetition Maximum (1-RM)

1.4 Μέγιστη Εθελοντική Συστολή – Maximum Voluntary Contraction (MVC)

1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη

1.5.1 Επιστράτευση κινητικών μονάδων

1.5.2 Ρυθμός πυροδότησης των κινητικών μονάδων

1.5.3 Συγχρονισμός κινητικών μονάδων

1.5.4 Κύκλος διάτασης - βράχυνσης

1.5.5 Νευρομυϊκή αναστολή

1.5.6 Τύπος μυϊκής ίνας

1.5.7 Μυϊκή υπερτροφία

1.6 Είδη μυϊκής συστολής

1.6.1 Μειομετρική συστολή

1.6.2 Πλειομετρική συστολή

1.6.3 Ισομετρική ή στατική συστολή

1.6.4 Ισοτονική συστολή

1.6.5 Ισοκινητική συστολή



Ενότητα 2: Προσαρμογές στον σκελετικό μυ έπειτα από Προπόνηση Ενδυνάμωση

2.1 Κυτταρικές προσαρμογές

2.1.1 Υπερτροφία μυϊκών ινών

2.1.2 Υπερπλασία μυϊκών ινών

2.1.3 Μετατροπή των μυϊκών ινών

2.1.4 Παράπλευρες προσαρμογές

2.1.5 Ενδυνάμωση και Μυϊκή Αντοχή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Τίτλος: ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ

Ενότητα 1 : Μυϊκή Δύναμη & Συστολή

1.1 Ορισμός Μυϊκής Δύναμης

Ως **μυϊκή δύναμη** δύναμη μπορεί να οριστεί η μέγιστη δύναμη ή η ροπή (περιστροφική δύναμη) που μπορεί να παράγει ένα μυς ή μία μυϊκή ομάδα. Είναι η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να παράγει δύναμη ενάντια σε μία εξωτερική αντίσταση¹². Η μυϊκή δύναμη διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στις περισσότερες αθλητικές αλλά και καθημερινές δραστηριότητες του ατόμου. Συνεπώς, η κατάλληλη εφαρμογή της προπόνησης με αντιστάσεις μπορεί να μεταβάλλει το νευρομυϊκό σύστημα με τέτοιο τρόπο ώστε να βελτιώσει τόσο την ικανότητα του ασκούμενου να παράγει δύναμη όσο και την απόδοσή του συνολικά.

1.2 Είδη Δύναμης

Υπάρχουν διάφορα είδη δύναμης τα οποία μπορούν να αποτελέσουν στόχο ενός προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης. Ορισμένες μορφές δύναμης είναι οι ακόλουθες¹²:

- **Γενική δύναμη:** Η γενική δύναμη αναφέρεται στη δύναμη του συνόλου του μυϊκού συστήματος. Αυτό το είδος δύναμης αποτελεί τη βάση για ένα πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης και πρέπει να αναπτύσσεται προκειμένου να επιτευχθεί η απόλυτη απόδοση. Αν η γενική δύναμη δεν είναι επαρκώς ανεπτυγμένη, μπορεί να παρεμποδιστεί η πρόοδος του ασκούμενου.
- **Ειδική δύναμη:** Η ειδική δύναμη σχετίζεται με τα κινητικά πρότυπα των μυϊκών ομάδων που είναι πολύ σημαντικά για μία συγκεκριμένη αθλητική δραστηριότητα.
- **Μέγιστη δύναμη:** Η μέγιστη δύναμη αναφέρεται στην υψηλότερη τιμή δύναμης που μπορεί να παράγει το νευρομυϊκό σύστημα κατά τη διάρκεια μίας εκούσιας σύσπασης. Η μέγιστη δύναμη αναφέρεται στην υψηλότερη επιβάρυνση που μπορεί να ανυψώσει ο ασκούμενος σε μία προσπάθεια. Έχει συσχετιστεί με

παράγοντες όπως η μυϊκή αντοχή, η απόδοση στην άρση βαρών και η ταχύτητα.

- **Μυϊκή αντοχή:** Η μυϊκή αντοχή είναι η ικανότητα του νευρομυϊκού συστήματος να παράγει δύναμη κατ' επανάληψη και για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Ο συνολικός αριθμός των επαναλήψεων που μπορούν να ανυψωθούν με μία συγκεκριμένη επιβάρυνση αποτελείτο δείκτη της μυϊκής αντοχής.
- **Μυϊκή ισχύς:** Η ισχύς είναι η ικανότητα ανάπτυξης της δύναμης γρήγορα σε υψηλές ταχύτητες.
- **Απόλυτη δύναμη:** Η απόλυτη δύναμη αναφέρεται στην ποσότητα της δύναμης που μπορεί να παραχθεί ανεξάρτητα από το σωματικό βάρος. Η ικανότητα της απόλυτης μέγιστης δύναμης ενός ασκούμενου μπορεί να μετρηθεί μέσω της δοκιμασίας της Μίας Μέγιστης Επανάληψης (One Repetition Maximum – 1RM).
- **Σχετική δύναμη:** Η σχετική δύναμη είναι η αναλογία της μέγιστης δύναμης ενός ασκούμενου με το σωματικό του βάρος. Η αναλογία για την αξιολόγηση της σχετικής δύναμης υπολογίζεται από τη διαίρεση της απόλυτης δύναμης του ασκούμενου με το σωματικό του βάρος.

1.3 Μία Μέγιστη Επανάληψη - One Repetition Maximum (1-RM)

Η δοκιμασία της 1RM πρόκειται για την απλούστερη και πιο εύχρηστη μέθοδο αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης και είναι δυνατό να εκτελεστεί είτε με ελεύθερα βάρη είτε με προσαρμοζόμενη αντίσταση στα μηχανήματα. Τονίζεται πως, η αξιοπιστία της 1RM για τη μέτρηση της μυϊκής δύναμης είναι υψηλή τόσο σε γυμνασμένα όσο και σε αγύμναστα άτομα¹³.

Η δοκιμασία της 1RM περιλαμβάνει την απόδοση σε μία μέγιστη ανύψωση. Αυτό αναφέρεται στο μέγιστο βάρος που μπορεί να ανυψωθεί σε μία δυναμική συγκεκριμένη κίνηση, όπως για παράδειγμα πίεση στο μηχάνημα της πρέσας ποδιών (leg press)¹². Στην πλειονότητα των πρωτοκόλλων των προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης, η ένταση της προπόνησης με αντιστάσεις ορίζεται ως ποσοστό της 1RM. Κατά συνέπεια, καθίσταται απαραίτητη η γνώση του μέγιστου φορτίου που μπορεί να αρθεί από το άτομο μία και μόνο φορά (1RM). Υφίστανται δύο τρόποι υπολογισμού της 1RM:

1) Ο «άμεσος» τρόπος. Για την αξιολόγηση της 1RM κάθε μυϊκής ομάδας, επιλέγεται το βάρος που θεωρητικά είναι κοντά στην 1RM του ατόμου. Αν ολοκληρωθεί η μία επανάληψη, το φορτίο της αντίστασης αυξάνεται λίγο και η προσπάθεια επαναλαμβάνεται¹⁴. Σε γενικές γραμμές, η προσαύξηση του βάρους κάθε φορά κυμαίνεται από 1 έως 5 κιλά (kg) ανάλογα με την ομάδα μυών που εξετάζεται, ενώ ο χρόνος της ανάπαυσης ανάμεσα στις προσαυξήσεις από 1 έως 5 λεπτά¹⁴. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να προσδιοριστεί το μέγιστο βάρος που μπορεί να ανυψωθεί μία μόνο φορά και αυτή θεωρείται η 1RM¹⁴.

Η βιβλιογραφία παρουσιάζει αντικρουόμενα στοιχεία όσον αφορά την εφαρμογή του συγκεκριμένου τρόπου αξιολόγησης σε ειδικές πληθυσμιακές ομάδες όπως οι καρδιαγγειακοί ασθενείς. Το γεγονός αυτό, ίσως, οφείλεται τόσο στην περαιτέρω επιβάρυνση την οποία υφίσταται το καρδιαγγειακό σύστημα κατά την άρση υψηλού φορτίου αντίστασης όσο και στη μεγαλύτερη πιθανότητα τραυματισμού. Από την άλλη πλευρά, σε μία πρόσφατη μελέτη των Caruso και συνεργατών¹⁵ σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο, το φορτίο της αντίστασης υπολογίστηκε (1RM) πριν από την έναρξη της δοκιμασίας πολλαπλασιάζοντας 4 φορές το σωματικό βάρος του ασθενούς. Το αρχικό φορτίο της αντίστασης που χρησιμοποιήθηκε για τον καθορισμό της 1RM ορίστηκε στο 80% και στην περίπτωση όπου ο ασθενής ήταν ικανός να πραγματοποιήσει την κίνηση στο μηχάνημα της πρέσας ποδιών (45° leg press) σε όλο το εύρος τροχιάς και με σωστή τεχνική περισσότερο από μία φορά, το φορτίο αυξανόταν κατά 10% του 1RM ύστερα από ένα διάστημα ανάπαυσης 5 λεπτών μεταξύ των προσπαθειών. Εάν η πρώτη προσπάθεια ήταν ανεπιτυχής λόγω υπερεκτίμησης του φορτίου αντίστασης, αυτό μειωνόταν κατά 10% του 1RM. Επιπροσθέτως, εάν η 1RM δεν είχε καθοριστεί εντός των 6, συνολικά, προσπαθειών, προγραμματιζόταν εκ νέου η ίδια δοκιμασία για τις προσεχείς ημέρες. Να σημειωθεί πως πριν από την εκκίνηση της δοκιμασίας οι ασθενείς εκπαιδεύτηκαν στη σωστή αναπνευστική τεχνική με σκοπό την αποφυγή του ελιγμού Valsalva και πως όλοι οι συμμετέχοντες ολοκλήρωσαν τη δοκιμασία επιτυχώς και χωρίς την εμφάνιση ανεπιθύμητων συμβαμάτων.

1) Ο «έμμεσος» τρόπος. Εδώ γίνεται χρήση υπομέγιστων φορτίων όπου καλείται ο ασθενής να εκτελέσει το μέγιστο αριθμό επαναλήψεων ακολουθώντας σωστή τεχνική και υπό την απουσία ανεπιθύμητων συμβαμάτων. Ο τρόπος αυτός

φαίνεται περισσότερο ασφαλής συγκριτικά με τον άμεσο τρόπο υπολογισμού της 1RM για τον απλό λόγο πως η πιθανότητα τραυματισμού και η επιβάρυνση που υφίσταται το καρδιοαγγειακό σύστημα είναι μικρότερες κατά την ανύψωση βάρους το οποίο μπορεί να ανυψωθεί κατά το μέγιστο 3 ή 6 φορές σε σχέση με την ανύψωση υψηλότερου φορτίου που μπορεί να ανυψωθεί για μία μόνο φορά. Λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια, μερικοί φυσικοθεραπευτές και αθλητικοί επιστήμονες προτείνουν ότι μία αξιολόγηση 3 ή 6 μέγιστων επαναλήψεων (3RM ή 6RM) μπορεί να αντικαταστήσει τη δοκιμασία της 1RM¹⁴.

Ακόμη, πολλοί ερευνητές εφαρμόζουν συγκεκριμένες εξισώσεις για τον καθορισμό της 1RM. Μεταβλητές των εξισώσεων αυτών αποτελούν το ποσό του φορτίου που ανυψώνεται και ο αριθμός των μέγιστων επαναλήψεων που πραγματοποιεί ο ασθενής. Για παράδειγμα, στην έρευνά τους οι Cakir-Atabek και συνεργάτες¹⁶ έκαναν χρήση της εξίσωσης του Brzycki (Brzycki formula) προκειμένου να υπολογίσουν την 1RM των μελών των δύο προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης. Η εξίσωση του Brzycki έχει ως εξής:

“προβλεπόμενη 1RM = φορτίο που ανυψώνεται/[1.0278 - (0.0278 x ο αριθμός των μέγιστων επαναλήψεων που πραγματοποιήθηκαν)]”, από την οποία προκύπτει ο **Πίνακας 2.1**.

Στο πλαίσιο της αξιολόγησης του υποψήφιου συμμετέχοντα στο πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης, απαραίτητος είναι ο καθορισμός της Μίας Μέγιστης Επανάληψης, 1RM, για κάθε σημαντική μυϊκή ομάδα. Η δοκιμασία υπολογισμού της 1RM πραγματοποιείται αποκλειστικά σε υγιείς αρθρώσεις, καθώς η ύπαρξη μη πωρωμένου ή ασταθούς μυοσκελετικού τραυματισμού ή χειρουργείου συνιστούν απόλυτη αντένδειξη. Η εκτίμηση της Μίας Μέγιστης Επανάληψης, 1RM, θα οριοθετήσει την ένταση των ασκήσεων υπό αντίσταση για κάθε μυϊκή ομάδα. Αρχικά, οι υποψήφιοι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης εξοικειώνονται με τον εξοπλισμό, δηλαδή τα μηχανήματα άρσης φορτίου και τα ελεύθερα βάρη¹⁷. Ζητείται από τα άτομα να εκτελέσουν 8-10 επαναλήψεις ήπιου φορτίου, κατά προσέγγιση στο ~50% της αναμενόμενης 1RM, σε πλήρες εύρος κίνησης¹⁷. Με αυτόν τον τρόπο, ο υποψήφιος αθλούμενος εκπαιδεύεται στη σωστή τεχνική, μειώνοντας σημαντικά την πιθανότητα μυοσκελετικού τραυματισμού κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας καθορισμού 1RM. Έπειτα από 1 λεπτό ανάπαυσης, το

φορτίο αυξάνεται περίπου στο ~80% της 1RM, σε πλήρες εύρος κίνησης. Για κάθε πετυχημένη ολοκλήρωση μίας επανάληψης, το φορτίο αυξάνεται¹⁷. Μετά από μία πετυχημένη επανάληψη ακολουθεί 1 λεπτό ανάπαυσης¹⁷. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να επισημάνουμε πως οι δοκιμαστικές προσπάθειες - επαναλήψεις δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τις 5, καθώς είναι πιθανό να επέλθει μυϊκός κάματος, κάτι που θα επηρεάσει τη διαδικασία και το αποτέλεσμα της μέτρησης¹⁷. Προκειμένου να δώσουμε χρόνο στο άτομο να ξεκουραστεί μεταξύ των επαναλήψεων, προτείνεται η εναλλαγή μυϊκών ομάδων άνω και κάτω άκρων.

Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω επαναλαμβάνεται για κάθε μυϊκή ομάδα στην οποία θα επικεντρωθεί το πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης. Στη συνέχεια ακολουθεί τυπικό παράδειγμα καθορισμού της 1RM για την δύναμη της χειρολαβής, η οποία έχει συσχετισθεί κατ' αναλογία με τον κίνδυνο θνητότητας από καρδιαγγειακές παθήσεις, όπως θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο της μελέτης³.

Η μυϊκή δύναμη μπορεί να εκτιμηθεί πρακτικά, αξιόπιστα και με ασφάλεια υπολογίζοντας τη δύναμη της χειρολαβής (Handgrip Strength), χρησιμοποιώντας ένα δυναμόμετρο³. Παρόλο που η δύναμη της χειρολαβής δεν περιλαμβάνει συνολική αξιολόγηση του σώματος, έχει βρεθεί πως συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη μυϊκή δύναμη που λαμβάνεται από το άνω και κάτω άκρο και τον κορμό. Κατ' αυτόν τον τρόπο, καθίσταται ως ένα απλό, οικονομικό και υψηλής ακρίβειας εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην κλινική πράξη. Η διαδικασία εκτίμησης της δύναμης χειρολαβής περιλαμβάνει μια μέγιστη ισομετρική σύσπαση του αντιβραχίου, χωρίς να υποστηρίζεται ο αγκώνας, με το άτομο σε καθιστή ή όρθια θέση. Σε άτομα που αδυνατούν να υποστηρίξουν την περιοχή του αγκώνα μόνοι τους, χρησιμοποιείται για έρεισμα ένα κρεβάτι ή μια καρέκλα με λαβές. Ζητείται από τα άτομα να συμπιέσουν το δυναμόμετρο για 3-5 δευτερόλεπτα και καταγράφεται η μέγιστη τιμή από τρεις επαναλήψεις.

Πίνακας 2.1 Αντιστοιχία του αριθμού των μέγιστων επαναλήψεων με το ποσοστό της 1RM, σύμφωνα με την εξίσωση του Brzycki¹⁴

Αριθμός των Μέγιστων Επαναλήψεων	Ποσοστό της 1RM
1	100%
2	95%
3	90%
4	88%
5	86%
6	83%
7	80%
8	78%
9	76%
10	75%
11	72%
12	70%

1.4 Μέγιστη Εθελοντική Συστολή – **Maximum Voluntary Contraction (MVC)**

Η Μέγιστη Εθελοντική Ισομετρική Συστολή, MVIC, είναι μία πολύ σημαντική μέθοδος υψηλής αξιοπιστίας, η οποία χρησιμοποιείται για την μέτρηση και αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης. Η εκτίμηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ασθενείς με καρδιοαγγειακές παθήσεις, καθώς αντιμετωπίζουν σημαντικά προβλήματα μυϊκής αδυναμίας. Επομένως, μέσω της αξιολόγησης της μυϊκής τους κατάστασης, καθορίζονται η κατάσταση του ατόμου και οι στόχοι του προγράμματος ενδυνάμωσης. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να επισημάνουμε πως η εκτίμηση της Μέγιστης Εθελοντικής Συστολής δεν πραγματοποιείται σε αρθρώσεις που έχουν υποστεί μωσκελετικό τραυματισμό και δεν έχουν πλήρως ιαθεί.

Η τυπική δοκιμασία υπολογισμού της Μέγιστης Εθελοντικής Συστολής περιλαμβάνει στατικές, ισομετρικές συσπάσεις υπό εξωτερική αντίσταση που εφαρμόζει ο ειδικός επαγγελματίας υγείας και τα αποτελέσματα καταγράφονται σε

Ηλεκτρομυογράφημα. Ανάλογα τη μυϊκή ομάδα που εξετάζεται, τοποθετούνται ηλεκτρόδια Ηλεκτρομυογραφήματος, EMG, μέσω από τα οποία θα καταγραφεί η μυϊκή δραστηριότητα και η τιμή της MVIC. Για την εγκυρότητα της δοκιμής είναι απαραίτητη η σωστή σταθεροποίηση και τοποθέτηση του μέλους σε θέση μηχανικού πλεονεκτήματος. Λόγου χάριν, για την εκτίμηση της MVIC στους καμπτήρες του αγκώνα, το άνω άκρο τοποθετείται σε 70° – 90° κάμψη αγκώνα. Κατά την εκτέλεση της δοκιμασίας το άτομο τοποθετείται σε σταθερή θέση και ο επαγγελματίας υγείας ασκεί πίεση αντίστασης ανάλογα τη μυϊκή ομάδα που εξετάζεται. Επομένως, για να εκτιμήσουμε τη Μέγιστη Εθελοντική Ισομετρική Σύσπαση των καμπτήρων του αγκώνα, η άρθρωση τοποθετείται σε 70° – 90° κάμψη αντιβραχίου και ο επαγγελματίας υγείας ασκεί αντίσταση στο ύψος του αντιβραχίου¹⁸. Ζητείται από το άτομο να προσπαθήσει να διατηρήσει την άρθρωση σε αυτή τη θέση, ενώ η εξωτερική πίεση από τον θεραπευτή ασκείται συνολικά για 5 δευτερόλεπτα¹⁸. Κάθε 1 δευτερόλεπτο η εξωτερική αντίσταση αυξάνεται προοδευτικά¹⁸. Στη συνέχεια, ακολουθεί περίοδος ανάπαυσης για 1 λεπτό και η διαδικασία επαναλαμβάνεται τρεις φορές συνολικά¹⁸. Σε όλη τη διάρκεια της δοκιμασίας το άτομο ενθαρρύνεται λεκτικά από τον θεραπευτή, ενώ υπάρχει οπτικό ερέθισμα της διαδικασίας ώστε να παραμείνει στη σωστή θέση σώματος και να διορθώσει πιθανές αποκλίσεις της στάσης σώματος.

1.5 Παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη

Η μέγιστη δύναμη που μπορεί να εφαρμόσει ένας αθλούμενος εξαρτάται από επτά κύριους παράγοντες: (i) τον αριθμό των κινητικών μονάδων που επιστρατεύονται, (ii) το ρυθμό πυροδότησης των κινητικών μονάδων (ρυθμός κωδικοποίησης), (iii) το μέγεθος συγχρονισμού των κινητικών μονάδων, (iv) τη χρήση του κύκλου διάτασης - βράχυνσης, (v) το βαθμό της νευρομυϊκής αναστολής, (vi) τον τύπο των μυϊκών ινών και (vii) το βαθμό μυϊκής υπερτροφίας¹².

1.5.1 Επιστράτευση κινητικών μονάδων

Όταν ενεργοποιούνται οι κινητικές μονάδες, η ποσότητα της δύναμης που παράγεται από τους μύς αυξάνεται. Η επιστράτευση συνήθως συμβαίνει με έναν οργανωμένο τρόπο, από τις μικρότερες στις μεγαλύτερες κινητικές μονάδες. Ο Henneman και οι συνεργάτες του¹² μέσα από το σημαντικό έργο τους, καθιέρωσαν αυτό που σήμερα είναι γνωστό ως η αρχή του μεγέθους του Henneman

(Henneman size principle), σύμφωνα με την οποία το μέγεθος της κινητικής μονάδας υπαγορεύει την ενεργοποίησή της. Στο παραπάνω έργο θεμελιώθηκε η άποψη ότι οι μεγαλύτερες κινητικές μονάδες έχουν υψηλότερο ουδό και ως εκ τούτου επιστρατεύονται ύστερα από τις μικρότερες κινητικές μονάδες. Είναι, ακόμη, ευρέως αποδεκτό ότι οι μεγαλύτερες κινητικές μονάδες ενεργοποιούνται λόγω των υψηλότερων εξωτερικών επιβαρύνσεων. Παρ' όλα αυτά, το πρότυπο διέγερσης των κινητικών μονάδων δεν επηρεάζεται μόνο από τη δύναμη που ασκείται αλλά και από την ταχύτητα της συστολής, το είδος της μυϊκής συστολής και από τη μεταβολική κατάσταση του μυός.

1.5.2 Ρυθμός πυροδότησης των κινητικών μονάδων

Ο ρυθμός πυροδότησης αναφέρεται στη συχνότητα διέγερσης των κινητικών μονάδων. Μία σημαντική πτυχή του ρυθμού πυροδότησης είναι πως η δύναμη που παράγεται από το μυ αυξάνεται χωρίς να στρατολογούνται περισσότερες κινητικές μονάδες. Επιπλέον, ο Van Cutsem και συνεργάτες¹² ανέφεραν ότι ο ρυθμός πυροδότησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της ταχύτητας των εκούσιων συστολών. Ο ισχυρισμός αυτός ενισχύεται από πολλές έρευνες που υποδεικνύουν ότι οι υψηλότεροι ρυθμοί πυροδότησης των κινητικών μονάδων σχετίζονται με υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης της¹². Φαίνεται ότι οι εκρηκτικές ασκήσεις υψηλής ισχύος όπως οι πλειομετρικές, οι ρίψεις και τα ημικαθίσματα έχουν τη δυνατότητα μεταβολής του ρυθμού πυροδότησης των κινητικών μονάδων, οδηγώντας τον σε αύξηση.

1.5.3 Συγχρονισμός κινητικών μονάδων

Οι κινητικές μονάδες πυροδοτούνται ως αποτέλεσμα μυϊκών δραστηριοτήτων χαμηλής έντασης με σύντομες δυναμικές συσπάσεις που έχουν ως επακόλουθο τη δημιουργία προτύπων ασύγχρονης πυροδότησης. Η ασύγχρονη πυροδότηση των κινητικών μονάδων προκύπτει λόγω της απενεργοποίησης μίας κινητικής μονάδας την ίδια στιγμή που μία άλλη ενεργοποιείται. Αντίθετα, ο συγχρονισμός των κινητικών μονάδων προκύπτει λόγω της ταυτόχρονης ενεργοποίησης πολλών κινητικών μονάδων και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της δύναμης. Οι πρόσφατες έρευνες¹² αναφέρουν ότι ο συγχρονισμός των κινητικών μονάδων μπορεί να μη βελτιώνει άμεσα τη μέγιστη δύναμη. Η σχέση ανάμεσα στο συγχρονισμό των

κινητικών μονάδων και την ικανότητα παραγωγής δύναμης υποστηρίζεται εν μέρει από τη βιβλιογραφία, η οποία παρουσιάζει μία μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης του συγχρονισμού των κινητικών μονάδων στους αθλητές που είναι προπονημένοι στη δύναμη. Ωστόσο, φαίνεται ότι ο συγχρονισμός των κινητικών μονάδων ασκεί μεγαλύτερη επιρροή στο ρυθμό ανάπτυξης της δύναμης. Η άποψη αυτή ενισχύεται από πρόσφατες μελέτες που προτείνουν ότι ο συγχρονισμός των κινητικών μονάδων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της δύναμης κατά τη διάρκεια των γρήγορων μυϊκών συστολών¹². Ο συγχρονισμός των κινητικών μονάδων μπορεί να ασκεί τη μεγαλύτερή του επίδραση σε δραστηριότητες που απαιτούν την ταυτόχρονη ενεργοποίηση πολλών μυών την ίδια χρονική στιγμή, όπως είναι το τρέξιμο όπου κατά τη φάση της ώθησης συμμετέχουν μαζί ο γαστροκνήμιος, ο μακρός πελματικός, οι γλουτιαίοι, οι οπίσθιοι μηριαίοι και ο τετρακέφαλος μυς.

1.5.4 Κύκλος διάτασης - βράχυνσης

Ο κύκλος διάτασης - βράχυνσης (Stretch-Shortening Cycle - SSC) ορίζεται ως ο συνδυασμός πλειομετρικών και μειομετρικών μυϊκών συστολών. Η πιο γνωστή επίδραση του κύκλου διάτασης - βράχυνσης αποτελεί η βελτίωση της απόδοσης κατά τη διάρκεια της τελικής φάσης του κύκλου (μειομετρική συστολή). Η βελτίωση αυτή οφείλεται στην αποθήκευση της ελαστικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της φάσης της πλειομετρικής συστολής, στην ενεργοποίηση του μυοτατικού αντανακλαστικού και στη βελτιστοποίηση της μυϊκής σύσπασης. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η προπόνηση δύναμης αυξάνει τη μέγιστη δύναμη ως αποτέλεσμα της βελτίωσης της ικανότητας δραστηριοποίησης του κύκλου διάτασης – βράχυνσης¹².

1.5.5 Νευρομυϊκή αναστολή

Η νευρική αναστολή μπορεί να προκύψει λόγω της νευρικής ανατροφοδότησης από τους διάφορους υποδοχείς των μυών και των αρθρώσεων οι οποίοι μπορούν να ελαττώσουν την παραγωγή δύναμης. Για παράδειγμα, φαίνεται πως το τενόντιο όργανο του Golgi, το οποίο λειτουργεί ως μηχανισμός προστασίας, αποτρέπει την παραγωγή επιβλαβών μυϊκών δυνάμεων κατά τη διάρκεια των μέγιστων, ή κοντά στο μέγιστο, προσπαθειών. Εάν τα πρότυπα της νευρικής ενεργοποίησης αυτών των μηχανισμών προστασίας μεταβληθούν, είναι δυνατόν να προκύψει μικρότερη ανασταλτική δράση και κατ' επέκταση μη αποτελεσματική αναστολή οδηγώντας σε αύξηση της ικανότητας παραγωγής δύναμης. Η άποψη αυτή ενισχύεται από την έρευνα του Aagaard και των συνεργατών του¹², στην οποία παρατηρήθηκε μείωση των νευρομυϊκών ανασταλτικών προσαρμογών μετά από πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης με υψηλές επιβαρύνσεις, συνολικής διάρκειας 14 εβδομάδων. Η μείωση της αναστολής που προέκυψε μπορεί να εξηγήσει εν μέρει την αύξηση στην ικανότητα παραγωγής δύναμης η οποία παρατηρήθηκε λόγω της προπόνησης.

1.5.6 Τύπος μυϊκής ίνας

Οι τύποι των ινών των σκελετικών μυών των ανθρώπων μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις γενικές κατηγορίες ινών, ανάλογα με τις βιοχημικές και συστατικές τους ιδιότητες. Υπάρχουν δύο κατηγορίες ταχέων ινών, οι τύπου IIx και τύπου IIa, και μία κατηγορία βραδέων ινών, οι τύπου I. Διατμηματικές μελέτες (cross-sectional studies) υποστηρίζουν ότι οι αθλητές δύναμης και ισχύος διαθέτουν υψηλά ποσοστά μυϊκών ινών τύπου II (53%-60%). Αυτό είναι σημαντικό γιατί τα χαρακτηριστικά του τύπου των μυϊκών ινών ενός αθλητή διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ικανότητα παραγωγής μέγιστης δύναμης και ισχύος. Ο Fry και οι συνεργάτες του¹² ανέφεραν ότι η συγκέντρωση μυϊκών ινών τύπου II στους αρσιβαρίστες σχετίζεται με το μέγιστο βάρος που μπορεί να ανυψωθεί. Επιπλέον, η κατανομή των μυϊκών ινών τύπου II σε έναν αθλητή φαίνεται να συνδέεται με την απόδοσή του στην κατακόρυφη αλτικότητα. Αντιθέτως, οι αθλητές που συμμετέχουν σε αθλήματα αντοχής έχουν, σε γενικό βαθμό, μεγαλύτερα ποσοστά μυϊκών ινών τύπου I, οι οποίες έχει αποδειχθεί πως ανταποκρίνονται σε

υψηλότερους ρυθμούς κατανάλωσης οξυγόνου με μικρότερη όμως ικανότητα παραγωγής δύναμης. Συνεπώς, τα άτομα που διαθέτουν υψηλότερα ποσοστά μυϊκών ινών τύπου II φαίνεται πως παρουσιάζουν ένα πλεονέκτημα στις αθλητικές δραστηριότητες που απαιτούν υψηλά επίπεδα δύναμης και ισχύος σε σύγκριση με εκείνα με μεγαλύτερα ποσοστά μυϊκών ινών τύπου I, τα οποία πλεονεκτούν κυρίως σε αθλήματα αντοχής.

1.5.7 Μυϊκή υπερτροφία

Η αύξηση της εγκάρσιας διατομής του μυός θεωρείται ότι συνεισφέρει στην αύξηση της μυϊκής υπερτροφίας η οποία αποτελεί προϊόν της προπόνησης δύναμης. Η αύξηση της εγκάρσιας διατομής του μυός αυξάνει τον αριθμό των συσταλτών μονάδων και κατά συνέπεια αυξάνει την ικανότητα παραγωγής δύναμης. Οι μυϊκές ίνες τύπου II εμφανίζουν μεγαλύτερη πλαστικότητα, η οποία επιδεικνύεται μέσω του ταχύτερου ρυθμού υπερτροφίας, που παρατηρείται λόγω της προπόνησης, αλλά και του ταχύτερου ρυθμού ατροφίας κατά τη διάρκεια της αποπροπόνησης.

1.6 Είδη μυϊκής συστολής

Η μυϊκή συστολή συμβαίνει κάθε φορά που οι μυϊκές ίνες παράγουν τάση στα άκρα τους, γεγονός που μπορεί να συμβεί όταν ένας μυς βραχύνεται, παραμένει στο ίδιο μήκος ή επιμηκύνεται¹².

1.6.1 Μειομετρική συστολή

Η μειομετρική συστολή συμβαίνει όταν η αναπτυσσόμενη τάση από το μυ επαρκεί για να υπερνικήσει την αντίσταση και να μετακινήσει το τμήμα του σώματος της μίας πρόσφυσης προς το τμήμα της άλλης πρόσφυσης. Ένα παράδειγμα μειομετρικής συστολής αποτελεί η βράχυνση των απαγωγών μυών της άρθρωσης του ώμου όταν το άνω άκρο ανυψώνεται στο μετωπιαίο επίπεδο ώστε να καταφέρουν να υπερνικήσουν την αντίσταση του άκρου.

1.6.2 Πλειομετρική συστολή

Όταν ένας μυς επιμηκύνεται αργά, καθώς ενδίδει σε μία εξωτερική δύναμη (όπως είναι η βαρύτητα), η οποία είναι μεγαλύτερη από τη συσταλτική δύναμη που μπορεί να ασκήσει, πρόκειται για μία πλειομετρική συστολή. Στις περισσότερες

περιπτώσεις δεν επιμηκύνεται πραγματικά ο μυς απλώς επανέρχεται από τη βραχυσμένη κατάστασή του στο φυσιολογικό μήκος ηρεμίας του. Για παράδειγμα, οι απαγωγοί μύες του ώμου εκτελούν πλειομετρική συστολή, όταν το άνω άκρο κινείται από μία θέση απαγωγής προς τα κάτω. Στις περιπτώσεις όπου οι μύες συστέλλονται πλειομετρικά, λειτουργούν ως «φρένο» ή δύναμη αντίστασης ενάντια στην κινητήρια δύναμη της βαρύτητας ή άλλη εξωτερική δύναμη. Επίσης, όταν συστέλλονται οι μύες με αυτόν τον τρόπο, θεωρείται ότι παράγουν αρνητικό έργο.

1.6.3 Ισομετρική ή στατική συστολή

Η λέξη ισομετρική σημαίνει «ίσου μήκους». Η τάση του μυός σε μερική ή πλήρη συστολή, χωρίς κάποια ουσιαστική αλλαγή στο μήκος του, αποτελεί την ισομετρική συστολή. Η ισομετρική συστολή συμβαίνει, συνήθως, σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις¹⁴.

1. Οι μύες που δρουν ανταγωνιστικά μεταξύ τους συστέλλονται με την ίδια δύναμη, εξισορροποούνται και αλληλοεξουδετερώνονται. Το τμήμα, πάνω στο οποίο δρουν, συγκρατείται σταθερά στη θέση του, χωρίς να μετακινείται. Η σύσπαση του δικέφαλου μυός για επίδειξη της γαστέρας του αποτελεί ένα παράδειγμα. Η σύσπαση του τρικέφαλου μυός αποτρέπει την άρθρωση του αγκώνα από περαιτέρω κάμψη.
2. Ένας μυς εκτελεί μερική ή μέγιστη συστολή ενάντια σε μία άλλη δύναμη, όπως είναι η έλξη της βαρύτητας, μία εξωτερική μηχανική ή μία άλλη μυϊκή δύναμη. Τέτοια παραδείγματα είναι η διελκυστίνδα ανάμεσα σε ισάξιους αντιπάλους και η προσπάθεια να μετακινήσει ένα βαρύ αντικείμενο.

1.6.4 Ισοτονική συστολή

Η λέξη ισοτονικός σημαίνει «ίσης τάσης, έντασης». Η ισοτονική συστολή είναι μία συστολή, κατά την οποία η τάση παραμένει συνεχής, καθώς ο μυς επιμηκύνεται ή βραχύνεται. Χρησιμοποιείται συνήθως, αν και λανθασμένα, ως συνώνυμο για τη μειομετρική ή την πλειομετρική συστολή. Οι όροι αυτοί δεν αναφέρονται στο βαθμό της τάσης αλλά στην αύξηση ή την ελάττωση του μήκους.

1.6.5 Ισοκινητική συστολή

Η λέξη ισοκινητικός σημαίνει «ίσης ή ίδιας κίνησης». Με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού, είναι δυνατό να έχουμε μέγιστη μυϊκή προσπάθεια στην ίδια ταχύτητα

για όλο το εύρος τροχιάς κίνησης του σχετικού μοχλού. Η αντίδραση των μυών σε μέγιστη συστολή προς την «προσαρμοζόμενη αντίσταση» του μηχανήματος ονομάζεται ισοκινητική συστολή.

Ενότητα 2: Προσαρμογές στον σκελετικό μυ έπειτα από Προπόνηση Ενδυνάμωση

2.1 Κυτταρικές προσαρμογές

2.1.1 Υπερτροφία μυϊκών ινών

Μυϊκή υπερτροφία ονομάζεται η αύξηση του μεγέθους των μυϊκών ινών ενός σκελετικού μυός ως επακόλουθο της αύξησης στην επιφάνεια της εγκάρσιας διατομής των ινών του. Θεωρείται ως το βασικότερο μέσο αύξησης του μεγέθους του μυός κατά τη διάρκεια μακροχρόνιας προπόνησης δύναμης¹⁹. Σε γενικές γραμμές, η αύξηση του μεγέθους των μυϊκών ινών ύστερα από προπόνηση αντίστασης είναι μία προοδευτική διαδικασία που συμβαίνει κατά τη διάρκεια μηνών και ετών προπόνησης. Παρ' όλα αυτά, σύμφωνα με τη μελέτη των Seynnes και συνεργατών²⁰, η προπόνηση αντιστάσεων υψηλής έντασης οδήγησε σε ανιχνεύσιμες αλλαγές του μεγέθους του τετρακέφαλου μυός μετά από διάστημα μόλις 3 εβδομάδων (~ 10 συνεδρίες). Επίσης, παρά το γεγονός πως η προπόνηση με αντιστάσεις αυξάνει το μέγεθος τόσο του τύπου I όσο και του τύπου II των μυϊκών ινών, η προπόνηση με ελεύθερα βάρη προκαλεί ένα μεγαλύτερο βαθμό υπερτροφίας στις ίνες τύπου II. Ωστόσο, οι μηχανισμοί που καθιστούν τις μυϊκές ίνες τύπου II περισσότερο επιρρεπείς στην υπερτροφία από τις ίνες τύπου I, παραμένουν ασαφείς.

Η συγκεκριμένη αύξηση στην επιφάνεια εγκάρσιας διατομής της μυϊκής ίνας μετά από προπόνηση αντίστασης προκύπτει από μία αύξηση στις μυοϊνώδεις πρωτεΐνες, ακτίνη και μυοσίνη. Αυτή η αύξηση στα ινίδια της ακτίνης/ μυοσίνης στην ίνα συμβαίνει λόγω της προσθήκης των σαρκομερίων παράλληλα με τα ήδη υπάρχοντα σαρκομέρια, με αποτέλεσμα την υπερτροφία των μυϊκών ινών¹⁷². Η προσθήκη επιπλέον συσταλών πρωτεϊνών αυξάνει κατ' επέκταση τον αριθμό των εγκάρσιων γεφυρών της μυοσίνης με αποτέλεσμα τη βελτίωση της ικανότητας των μυϊκών ινών για παραγωγή δύναμης.

2.1.2 Υπερπλασία μυϊκών ινών

Η υπερπλασία αναφέρεται σε μία αύξηση στον ολικό αριθμό των μυϊκών ινών

μέσα σε ένα συγκεκριμένο μυ¹². Σήμερα επικρατεί η αντίληψη ότι η έντονη προπόνηση αντίστασης προκαλεί σε πειραματόζωα υπερπλασία, η οποία αποδίδεται σε σχίσσιμο κατά μήκος των μυϊκών ινών ταχείας συστολής. Τα μυϊκά κύτταρα δηλαδή έχουν την ικανότητα να ανοίγουν στα δύο, να διαχωρίζονται σε θυγατρικά κύτταρα και στη συνέχεια να αναπτύσσονται σε λειτουργικές μυϊκές ίνες αποκτώντας τα χαρακτηριστικά των μητρικών ινών¹⁴. Όσον αφορά τον ανθρώπινο οργανισμό, η ερώτηση αν η προπόνηση αντιστάσεων προάγει τη δημιουργία νέων μυϊκών ινών στους ανθρώπους παραμένει αμφιλεγόμενη, καθώς υπάρχουν στη βιβλιογραφία μελέτες οι οποίες είτε υποστηρίζουν είτε αρνούνται αυτήν την ιδέα. Ωστόσο, ακόμα κι αν η υπερπλασία λαμβάνει χώρα στον ανθρώπινο οργανισμό, ευρήματα πρόσφατων ερευνών δείχνουν πως το μεγαλύτερο μέρος (90-95%) της αύξησης του μεγέθους του μυός ύστερα από προπόνηση αντιστάσεων, δεν οφείλεται στην υπερπλασία αλλά στην υπερτροφία των μυϊκών ινών¹⁹.

2.1.3 Μετατροπή των μυϊκών ινών

Όπως συμβαίνει και με την προπόνηση αντοχής, παρατεταμένες περιόδους προπόνησης με αντιστάσεις έχει φανεί να προάγουν μία αλλαγή στον τύπο των μυϊκών ινών από ταχείας σε λιγότερο ταχείας συστολής μέσα στο γυμνασμένο μυ²¹. Παρ' όλα αυτά, οι αλλαγές στον τύπο των μυϊκών ινών μετά από προπόνηση μυϊκής ενδυνάμωσης φαίνεται να είναι λιγότερο σημαντικές σε σύγκριση με εκείνες που προκαλούνται κατά την προπόνηση αντοχής, διότι όλες οι αλλαγές του τύπου των ινών αποτελούν μία κίνηση από τον τύπο IIx στον τύπο IIa, χωρίς να σημειώνεται αύξηση του ποσοστού μυϊκών ινών τύπου I. Για παράδειγμα, έχει αναφερθεί πως 20 εβδομάδες προπόνησης αντιστάσεων μπορεί να μειώσει το ποσοστό των ινών τύπου IIx κατά 5-11%, με μία αντίστοιχη αύξηση στον τύπο IIa των ινών στο γυμνασμένο μυ²¹. Φαίνεται, δηλαδή, ότι οι ίνες ταχείας συστολής τύπου IIx αποτελούν μία δεξαμενή για τις ίνες IIa, λόγω του μετασχηματισμού τους σε αυτές μετά από προπόνηση με αντιστάσεις. Με τη διακοπή της προπόνησης οι ίνες IIa επανασχηματίζονται σε ίνες IIx, ενώ μετά την επαναπροπόνηση ο μετασχηματισμός από IIx σε IIa είναι ταχύτερος²².

2.1.4 Παράπλευρες προσαρμογές

Τα τριχοειδή αγγεία εξασφαλίζουν την αιμάτωση των μυϊκών κυττάρων προμηθεύοντας τα με οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες. Για το λόγο αυτό στις

αερόβιες ίνες βραδείας συστολής η πυκνότητα του τριχοειδούς δικτύου είναι υψηλότερη (3-4 τριχοειδή αγγεία/μυϊκή ίνα), ενώ στις αναερόβιες ίνες ταχείας συστολής είναι χαμηλότερη (2-3 τριχοειδή αγγεία/μυϊκή ίνα)¹⁴. Αύξηση του μεγέθους των μυϊκών ινών, η οποία προκαλείται με την προπόνηση αντίστασης, σημαίνει αύξηση της περιοχής που κάθε τριχοειδές αγγείο οφείλει να αρδεύει και να τροφοδοτεί. Κατά συνέπεια, στον υπερτροφικό μυ αναμένεται μείωση της πυκνότητας τόσο των τριχοειδών αγγείων όσο και των μιτοχονδρίων²³. Βέβαια, οι προσαρμογές αυτές φαίνεται να επηρεάζονται από το προπονητικό πρόγραμμα. Με προπόνηση υψηλής έντασης και χαμηλού όγκου μειώνεται ο αριθμός των τριχοειδών αγγείων ανά μυϊκή ίνα, ενώ αντίθετα με προπόνηση χαμηλής έντασης και μεγάλου όγκου το κλάσμα αυτό αυξάνεται²⁴.

2.1.5 Ενδυνάμωση και Μυϊκή Αντοχή

Η μυϊκή δύναμη αναφέρεται στην τάση που παράγει μία μυϊκή ίνα, ένας ολόκληρος μυς ή μία ομάδα μυών και συνήθως εκφράζεται ως μία μέγιστη επανάληψη (1-ME ή 1-RM) το μέγιστο φορτίο που μπορεί να κινηθεί σε όλο το εύρος τροχιάς της κίνησης. Από την άλλη πλευρά, η μυϊκή αντοχή αναφέρεται στην ικανότητα του μυός ή μίας ομάδας μυών να εκτελούν επαναλαμβανόμενες συσπάσεις ενάντια σε ένα υπομέγιστο φορτίο και να αντιστέκονται στον κάματο. Βασική αρχή των προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης αποτελεί το γεγονός πως, προπόνηση υψηλών αντιστάσεων (8-12 επαναλήψεις/σετ) έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερο κέρδος στη μυϊκή δύναμη. Αντιθέτως, η προπόνηση χαμηλών αντιστάσεων (>20 επαναλήψεις/σετ) επιφέρει, κατά κύριο λόγο, κέρδος στη μυϊκή αντοχή, με ελάχιστη αλλαγή στη δύναμη¹².

3

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΣΤΟΝ ΥΓΙΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟ

Ενότητα 1: Οφέλη Μυϊκής Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό

Ενότητα 2: Αρχές σχεδιασμού Προγραμμάτων Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό

2.1 Καθορισμός στόχων και των αναγκών του αθλούμενου

2.2 Εξοπλισμός προπόνησης

2.3 Ρύθμιση παραμέτρων προγράμματος Μυϊκής Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό

2.3.1 Στάδια του προγράμματος ενδυνάμωσης

2.3.2 Ένταση

2.3.3 Διάρκεια

2.3.4 Συχνότητα

2.3.5 Τύπος άσκησης

2.3.6 Όγκος προπόνησης - Αριθμός επαναλήψεων και σετ

2.3.7 Χρόνος ανάπαυσης

2.3.8 Τεχνική προπόνησης με αντιστάσεις

2.3.9 Μεθοδολογία προοδευτικής επιβάρυνσης - progressive overload

2.4 Ασκήσεις ελαστικότητας

Ενότητα 3: Ενδεικτικό πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης για υγιή πληθυσμό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΣΤΟΝ ΥΓΙΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟ

Ενότητα 1: Οφέλη Μυϊκής Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό

Τα τελευταία χρόνια, όλο και περισσότερα ερευνητικά στοιχεία καταδεικνύουν τα οφέλη της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης. Όταν η μυϊκή ενδυνάμωση εφαρμόζεται με σωστή τεχνική, υπό την καθοδήγηση καταρτισμένου επαγγελματία και μέσω ενός εξατομικευμένου προγράμματος αποκατάστασης, τότε όλα τα συστατικά της μυϊκής φυσικής κατάστασης βελτιώνονται. Ειδικότερα, αυξάνεται η μυϊκή μάζα, αντοχή και δύναμη, απαραίτητα στοιχεία για να αντεπεξέλθει το άτομο στις απαιτήσεις της καθημερινότητας. Σε αυτές περιλαμβάνονται η άνοδος και κάθοδος κλίμακας, η μεταφορά προϊόντων από το σούπερ μάρκετ και οι δουλειές του σπιτιού. Οι δραστηριότητες αυτές απαιτούν ένα καλό επίπεδο μυϊκής φυσικής κατάστασης προκειμένου το άτομο να αυτοεξυπηρετείται. Ταυτόχρονα, η διατήρηση ενός καλού επιπέδου φυσικής κατάστασης και μυϊκού συστήματος, έχει συνδεθεί με μειωμένο κίνδυνο νοσηρότητας από καρδιοαγγειακές παθήσεις, παχυσαρκία και οστεοπόρωση²⁵. Συνεπώς, ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα με ασκήσεις αντίστασης (**Σχήμα 2.2**) μπορεί να ωφελήσει σημαντικά στην πρόληψη παθήσεων και διατήρηση βέλτιστου επιπέδου λειτουργικής ικανότητας και ανεξαρτησίας.

Ενότητα 2: Αρχές σχεδιασμού Προγραμμάτων Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό

2.1 Καθορισμός στόχων και των αναγκών του αθλούμενου

Πριν από την έναρξη ενός προγράμματος ενδυνάμωσης, απαιτείται η λήψη λεπτομερούς ιστορικού και κλινική εξέταση από τον φυσικοθεραπευτή. Με αυτόν τον τρόπο, ο θεραπευτής λαμβάνει γνώση για παλαιότερους τραυματισμούς, αναγνωρίζει πιθανές κόκκινες σημαίες (Red Flags) ή μη διαγνωσμένες παθήσεις, θέτοντας τους περιορισμούς του προγράμματος ενδυνάμωσης. Κάθε πρόγραμμα είναι εξατομικευμένο με βάση τις προσωπικές ανάγκες και στόχους του ατόμου που προκύπτουν από το ιστορικό, την κλινική εξέταση και τη συνεκτίμηση των στοιχείων. Για το λόγο αυτό, οι στόχοι του προγράμματος ποικίλουν ανάλογα την

ηλικία, το επάγγελμα και την καθημερινότητα του ατόμου. Για παράδειγμα, ένας υγιής μεσήλικας που εργάζεται σε θέση γραμματειακής υποστήριξης και βρίσκεται στην καθιστή θέση αρκετές ώρες την ημέρα, θα πρέπει να ενταχθεί σε δυναμικό πρόγραμμα ασκήσεων με αντιστάσεις ώστε να βελτιώσει τη μυϊκή δύναμη και φυσική του κατάσταση. Ένα πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στην καθημερινότητα του ατόμου και να βρίσκεται σε συμφωνία με τα προσωπικά του ενδιαφέροντα και τις προτιμήσεις. Προκειμένου να εξασφαλιστεί η ασφάλεια και η άνεση του ατόμου, επιβάλλεται αθλητική ενδυμασία και κατάλληλο σταθερό υπόδημα.

Πρωταρχικός στόχος της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης είναι η **αύξηση της μυϊκής μάζας και δύναμης**. Όπως προαναφέρθηκε, μεγαλύτερα ποσοστά μυϊκής δύναμης συνδέονται με αυξημένη ικανότητα εκτέλεσης δραστηριοτήτων της καθημερινής ζωής, βελτίωση της λειτουργικότητας, της ανεξαρτησίας και πρόληψη της αναπηρίας²⁶. Επομένως, ως βραχυπρόθεσμος στόχος του προγράμματος ενδυνάμωσης στους υγιείς τίθεται η αύξηση της μυϊκής μάζας και δύναμης, δηλαδή η μυϊκή υπερτροφία. Μέσω αυτής, βελτιώνεται η απόδοση σε καθημερινές διεργασίες όπως η άρση ενός βαριού αντικειμένου.

Η “δια βίου άσκηση” , δηλαδή η ένταξη της συστηματικής σωματικής δραστηριότητας στην καθημερινότητα των ατόμων αποτελεί μακροπρόθεσμο στόχο. Η άσκηση θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας, προκειμένου να διατηρηθούν τα σημαντικά οφέλη που έχουν κατακτηθεί. Η μυϊκή ενδυνάμωση που εφαρμόζεται τακτικά και με συνέπεια, συνιστά έναν αποτελεσματικό τρόπο **βελτίωσης της φυσικής κατάστασης** του σώματος, αυξάνει τις μεταβολικές διεργασίες συμβάλλοντας στον έλεγχο του βάρους²⁵.

2.2 Εξοπλισμός προπόνησης

Τα προγράμματα ενδυνάμωσης με ασκήσεις αντίστασης απαιτούν εξοπλισμό, μέσω του οποίου ασκείται εξωτερικό φορτίο στην κίνηση του ατόμου που εκτελεί μία δραστηριότητα. Συνήθως χρησιμοποιούνται ελεύθερα βάρη, μηχανήματα αντίστασης ή και ελαστικοί ιμάντες. Τα μηχανήματα έχουν αυξομειούμενο φορτίο, είναι σταθερές συσκευές και έχουν καθορισμένο εύρος κίνησης. Έτσι, παρέχουν

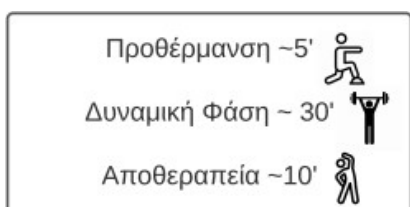
μεγαλύτερη ασφάλεια από τα ελεύθερα βάρη και μπορούν να ενταχθούν στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης ακόμα και χωρίς επίβλεψη²⁷.

Ένα ακόμη χρήσιμο μέσο που χρησιμοποιείται ευρέως στα προγράμματα ενδυνάμωσης είναι οι ελαστικοί ιμάντες αντίστασης. Οι ελαστικοί ιμάντες είναι οικονομικοί, εύκολοι στη χρήση και εξυπηρετούν τους στόχους του προγράμματος. Έχουν μεγάλη ποικιλία ως προς την σκληρότητα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μία προπόνηση προοδευτικής δυσκολίας²⁸. Ωστόσο, κατά την εκτέλεση της άσκησης, δεν ασκούν τον ίδιο βαθμό αντίστασης σε όλη τη διάρκεια του εύρους κίνησης της άρθρωσης. Καθώς τα άκρα συμπλησιάζουν η αντίσταση μειώνεται, ενώ όσο απομακρύνονται η αντίσταση αυξάνεται. Το γεγονός αυτό κάνει τους ελαστικούς ιμάντες να μειονεκτούν έναντι των μηχανημάτων αντίστασης.

2.3 Ρύθμιση παραμέτρων προγράμματος Μυϊκής Ενδυνάμωσης στον υγιή πληθυσμό

2.3.1 Στάδια του προγράμματος ενδυνάμωσης

Το πρόγραμμα ενδυνάμωσης περιλαμβάνει τρία στάδια, την προθέρμανση, τη δυναμική φάση και την αποθεραπεία (**Σχήμα 2.1**). Κάθε συνεδρία μπορεί να αφορά ολόκληρο το σώμα ή να επικεντρώνεται σε μεγάλες μυϊκές ομάδες. Η προθέρμανση διαρκεί κατά προσέγγιση 5 λεπτά και περιλαμβάνει δραστηριότητες που ενεργοποιούν τις μυϊκές ομάδες που πρόκειται να εργαστούν με ασκήσεις αντίστασης. Για παράδειγμα, αν το πρόγραμμα επικεντρώνεται στα κάτω άκρα, ο αθλητής κατά την προθέρμανση μπορεί να εκτελέσει κάμψη - έκταση γόνατος και ισχίου με πολύ ελαφρύ φορτίο. Έτσι, το άτομο εξοικειώνεται με τις ασκήσεις που πρόκειται να εκτελέσει στη συνέχεια της συνεδρίας με αυξημένο φορτίο, μειώνοντας την πιθανότητα μυοσκελετικού τραυματισμού. Στη δυναμική φάση, το φορτίο αυξάνεται σύμφωνα με τις παραμέτρους της άσκησης που έχουν καθοριστεί από τον επαγγελματία υγείας, και διαρκεί τυπικά 30 λεπτά. Τέλος, η αποθεραπεία είναι απαραίτητη για την απομάκρυνση του γαλακτικού οξέος από τον μυϊκό ιστό μέσω του κυκλοφορικού συστήματος.



Σχήμα 2.1: Στάδια προπόνησης

2.3.2 Ένταση

Η ένταση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης και ο αριθμός των επαναλήψεων που εκτελούνται σε κάθε σετ είναι αντιστρόφως ανάλογα, δηλαδή όσο αυξάνεται η ένταση, ο αριθμός των επαναλήψεων μειώνονται²⁵. Η ένταση πρέπει να ρυθμίζεται, ώστε ο αθλούμενος να είναι ικανός να εκτελέσει 8-12 επαναλήψεις.

Με βάση αυτό το κριτήριο, η ένταση οριοθετείται μεταξύ **~60-80% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης, 1RM**. Για παράδειγμα, αν ένας υγιής μπορεί να εκτελέσει πρέσα ώμων με βάρος 45,5 κιλά, για μία και μοναδική επανάληψη, τότε κατά τη διάρκεια της προπόνησης η ένταση θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ ~60% - 80% 1RM. Κατ' αυτόν τον τρόπο, στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης, το βάρος της άσκησης πρέσας ώμων θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 27 έως 36 κιλά.

2.3.3 Διάρκεια

Ένα τυπικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης έχει μέση διάρκεια **45 λεπτά**. Στο διάστημα αυτό εκτελείται μία ολοκληρωμένη συνεδρία άσκησης, η οποία περιλαμβάνει προθέρμανση, δυναμική φάση και αποθεραπεία. Το χρονικό αυτό διάστημα της συνεδρίας είναι ιδανικό, καθώς εξυπηρετεί τους στόχους της προπόνησης ενώ ταυτόχρονα δεν καταναλώνει μεγάλο μέρος της καθημερινότητας του ατόμου. Κατ' αυτόν τον τρόπο, είναι πιο εύκολο οι συμμετέχοντες να παραμείνουν προσηλωμένοι και πιστοί στο πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης.

2.3.4 Συχνότητα

Οι προπονήσεις που επικεντρώνονται σε συγκεκριμένη μυϊκή ομάδα προτείνεται να εκτελούνται **2-3 φορές την εβδομάδα**²⁵. Θα πρέπει να υπάρχει ένα ικανό μεσοδιάστημα ανάπαυσης 48 ωρών, που θα διαχωρίζει την προπόνηση της ίδιας μυϊκής ομάδας. Ανάλογα με το πρόγραμμα του κάθε ατόμου, οι συνεδρίες μπορεί να αφορούν προπόνηση ολόκληρου του σώματος ή προπόνηση μίας συγκεκριμένης μυϊκής ομάδας. Για παράδειγμα, μια τυπική εβδομάδα μπορεί να περιλαμβάνει άσκηση των κάτω άκρων κάθε Δευτέρα και Πέμπτη και των άνω άκρων κάθε Τρίτη και Παρασκευή. Αυτός ο τύπος προπόνησης στον οποίο οι

μουσικές ομάδες ασκούνται αποσπασματικά, περιλαμβάνει 4 προπονήσεις την εβδομάδα, μικρότερης διάρκειας από τις συνεδρίες που αφορούν ολόκληρο το σώμα. Αμφότερα τα προγράμματα είναι αποτελεσματικά και εξυπηρετούν τους στόχους της ενδυνάμωσης.

Συνεπώς, προτείνεται ένα πρόγραμμα μουσικής ενδυνάμωσης 2-3 φορές την εβδομάδα επικεντρωμένο σε μεγάλες μουσικές ομάδες με 48ωρο διάστημα ανάπαυσης για κάθε μουσική ομάδα. Είναι σημαντικό οι συνεδρίες να είναι ευέλικτες, παρέχοντας στον ασκούμενο τη δυνατότητα προσαρμογής και ενσωμάτωσης της θεραπείας στην καθημερινότητά του. Έτσι, είναι πιθανότερο να παραμείνει πιστός και προσηλωμένος στη διάρκεια του προγράμματος ενδυνάμωσης.

2.3.5 Τύπος άσκησης

Ο καταλληλότερος τύπος προπόνησης αφορά συνδυασμένες ασκήσεις σε περισσότερες από μία αρθρώσεις, αγωνιστών και ανταγωνιστών μυών²⁵. Οι ασκήσεις αυτές θα πρέπει να επικεντρώνονται σε μεγάλες μουσικές ομάδες όπως του ισχίου, του γόνατος, της ωμικής ζώνης και του κορμού. Ενδεικτικές ασκήσεις που πραγματοποιούνται σε περισσότερες από μία αρθρώσεις είναι η πρέσα πάγκου για το στήθος, οι εμβυθίσεις, η έκταση της κατώτερης μοίρας της σπονδυλικής στήλης και η πρέσα ποδιών. Αντίστοιχα, παραδείγματα ασκήσεων που εκτελούνται σε μία μόνο άρθρωση είναι η κάμψη και έκταση αντιβραχίου, η κάμψη και έκταση γόνατος.

Ακόμη, είναι σημαντικό να ενδυναμώνονται εξίσου οι αγωνιστές και ανταγωνιστές μύες, προκειμένου να μην υπάρξουν μουσικές ανομοιομορφίες στη σύσταση του σώματος. Για παράδειγμα οι κοιλιακοί μύες θα πρέπει να βρίσκονται σε ομοιομορφία με τους εκτεινόντες της οσφύς και οι πρόσθιοι με τους οπίσθιους μηριαίους μύες.

Συνοψίζοντας, σε ό,τι αφορά τον τύπο της προπόνησης ενδυνάμωσης, προτείνονται ασκήσεις που επηρεάζουν περισσότερες από μία αρθρώσεις με στόχο την ομοιόμορφη ενδυνάμωση αγωνιστών και ανταγωνιστών μυϊκών ομάδων²⁵. Ασκήσεις που εκτελούνται σε μία μόνο άρθρωση και επικεντρώνονται

σε μεγάλες μυϊκές ομάδες μπορούν επίσης να ενταχθούν στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης.

2.3.6 Όγκος προπόνησης - Αριθμός επαναλήψεων και σετ

Κάθε μυϊκή ομάδα θα πρέπει να προπονείται συνολικά για **2-4 σετ**. Μελέτες σε υγιή πληθυσμό έχουν δείξει πως 4 σετ ενδυνάμωσης κάθε μυϊκής ομάδας είναι αποτελεσματικότερα στην αύξηση της μυϊκής δύναμης, συγκριτικά με την εφαρμογή 2 σετ²⁵. Τα σετ μπορούν να περιλαμβάνουν την ίδια άσκηση ή συνδυασμό ασκήσεων που επικεντρώνονται στην ίδια μυϊκή ομάδα. Λόγου χάρη, για την ενδυνάμωση των θωρακικών μυών μπορούν να εκτελεστούν 4 σετ πρέσας πάγκου ή 2 σετ πρέσας πάγκου και 2 σετ εμβυθίσεις, δηλαδή 4 στο σύνολο. Ένα ικανό διάστημα ανάπαυσης ανάμεσα στα σετ σύμφωνα με οδηγίες του American College of Sports Medicine²⁵ είναι 2-3 λεπτά. Κάθε σετ θα πρέπει να εκτελείται σε σημείο που ο αθλούμενος νιώθει κόπωση, όχι εξάντληση και αδυναμία. Η χρήση ποικιλίας ασκήσεων για την ενδυνάμωση της ίδιας μυϊκής ομάδας βελτιώνει την προσήλωση στο πρόγραμμα άθλησης και κρατά το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων αμείωτο.

Σε ο,τι αφορά τον αριθμό επαναλήψεων, βιβλιογραφικά δεδομένα δείχνουν πως **8-12 επαναλήψεις** για κάθε άσκηση εξυπηρετούν τους στόχους της ενδυνάμωσης²⁵. Στα αρχικά στάδια, κυρίως σε άτομα που δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία στην άσκηση με αντιστάσεις προτείνεται η εφαρμογή 8 επαναλήψεων. Σε περίπτωση που το άτομο εκτελεί όλες τις επαναλήψεις χωρίς σημαντική κόπωση, τότε αυξάνουμε προοδευτικά τον αριθμό τους.

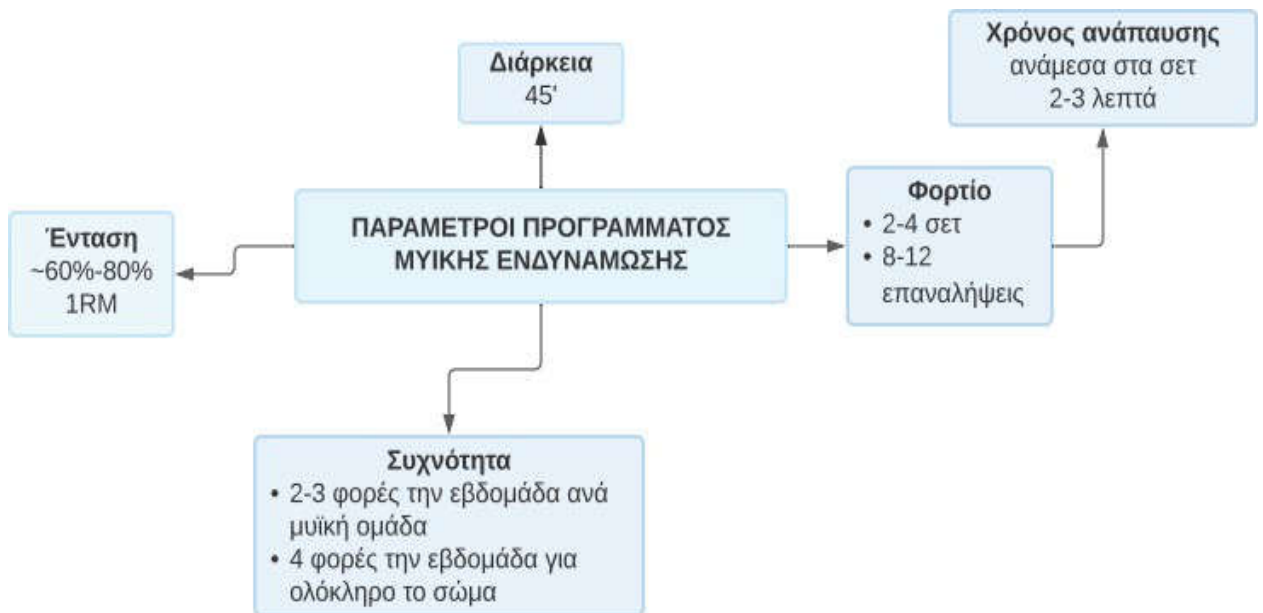
Επομένως, προτείνονται 2-4 σετ ενδυνάμωσης για κάθε μυϊκή ομάδα , 8-12 επαναλήψεις στα πλαίσια ανεκτής κόπωσης. Η αποτυχία ολοκλήρωσης της άσκησης λόγω εξουθένωσης, συνιστά αντένδειξη και αυξάνει τον κίνδυνο μυοσκελετικού τραυματισμού. Σε τέτοιες περιπτώσεις το πρόγραμμα ενδυνάμωσης αναθεωρείται και προσαρμόζεται εκ νέου στις ανάγκες του ατόμου. Σε ηλικιωμένα άτομα ή αρχάριους χωρίς καμία εμπειρία στις ασκήσεις με αντιστάσεις, προτείνονται δύο σετ των 10 επαναλήψεων μέτριας έντασης.

2.3.7 Χρόνος ανάπαυσης

Ο χρόνος ανάπαυσης μεταξύ των σετ, θα πρέπει να επιτρέπει την πλήρωση των μεταβολικών και ενεργειακών συστημάτων στο μυϊκό σύστημα, αποτρέποντας τον κάματο. Προτείνεται **2-3 λεπτά** παύση μεταξύ των σετ για κάθε μυϊκή ομάδα που ασκείται²⁵.

Σε περίπτωση που ο στόχος του προγράμματος είναι η μυϊκή αντοχή και δεν επικεντρώνεται στη μυϊκή δύναμη και υπερτροφία, τότε συνίσταται μικρότερο διάστημα ανάπαυσης, της τάξεως του 1 λεπτού, σε συνδυασμό με αυξημένες επαναλήψεις και λιγότερα σετ.

Σχήμα 2.2: Παράμετροι προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης, American College of Sports Medicine²⁵



2.3.8 Τεχνική προπόνησης με αντιστάσεις

Η σωστή τεχνική κατά την εκτέλεση των ασκήσεων υπό αντιστάσεις είναι αναγκαία και απευθύνεται σε όλους τους συμμετέχοντες ανεξαρτήτως ηλικίας και επιπέδου φυσικής κατάστασης. Εξασφαλίζεται, η ενεργοποίηση των κατάλληλων μυϊκών ομάδων για κάθε δραστηριότητα, η μυϊκή μάζα κατανέμεται ομοιόμορφα αποφεύγοντας ανωμαλίες στη σύσταση του σώματος. Ταυτόχρονα, οι στόχοι της ενδυνάμωσης επιτυγχάνονται με τον ελάχιστο κίνδυνο μυοσκελετικού τραυματισμού και καταπόνησης.

Η ενδυνάμωση θα πρέπει να πραγματοποιείται υπό την καθοδήγηση καταρτισμένου προσωπικού και το πρόγραμμα να είναι εξατομικευμένο στις ανάγκες του κάθε υποψήφιου συμμετέχοντα. Ο επαγγελματίας υγείας εκπαιδεύει τον αθλητή στη σωστή στάση σώματος κατά την εκτέλεση της κάθε άσκησης και μεριμνά για το κατάλληλο αναπνευστικό πρότυπο που συνοδεύει τη δραστηριότητα. Ειδικότερα, ζητάται από τον συμμετέχοντα να εκπνέει κατά την άρση βάρους, δηλαδή στο δύσκολο κομμάτι της άσκησης, και να εισπνέει καθώς χαμηλώνει το βάρος, δηλαδή στο εύκολο κομμάτι της άσκησης.

Όλοι οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης επιβάλλεται να αξιολογηθούν από ειδικό επαγγελματία και με βάση το επίπεδο της υγείας τους, την καθημερινότητα και τη φυσική τους κατάσταση να καθοριστεί ένα εξατομικευμένο προοδευτικό πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης. Ο επιβλέπων επαγγελματίας θα καθορίσει τους στόχους της άθλησης και θα καθοδηγήσει το άτομο ώστε να εκτελεί τις ασκήσεις με σωστή τεχνική, ελεγχόμενες κινήσεις σε όλο το εύρος κίνησης, μέσα από ομόκεντρες και έκκεντρες ασκήσεις μυϊκής συστολής.

2.3.9 Μεθοδολογία προοδευτικής επιβάρυνσης - progressive overload

Καθώς η προπόνηση επαναλαμβάνεται σε εβδομαδιαία βάση, ο μυϊκός ιστός προσαρμόζεται στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης, με αποτέλεσμα να μην παρέχονται τα επιθυμητά οφέλη σε μυϊκή μάζα, δύναμη και αντοχή. Έτσι, είναι απαραίτητη η σταδιακή αύξηση του επιπέδου δυσκολίας, προκειμένου να δοθεί το κατάλληλο ερέθισμα στους εργαζόμενους μύες, να αυξήσουν τη μάζα και δύναμή τους. Ο βαθμός της προοδευτικής επιβάρυνσης σε ένα πρόγραμμα με ασκήσεις

αντίστασης καθορίζεται από την κατάσταση της υγείας του συμμετέχοντα, την ανοχή του στην άσκηση και τους στόχους του προγράμματος ενδυνάμωσης.

Η πιο συχνή προσέγγιση του progressive overload αφορά το φορτίο κατά την άσκηση υπό αντιστάσεις. Έτσι, αν ένα άτομο εκτελεί χωρίς σημαντική κόπωση 12 επαναλήψεις με φορτίο 45,5 κιλά, τότε αυξάνεται το βάρος σε 50 κιλά με στόχο οι 12 επαναλήψεις να εκτελούνται υπό το αίσθημα γενικευμένης - αλλά ανεκτής - κόπωσης²⁵. Αντίστοιχα, το φορτίο της άσκησης μπορεί να αυξηθεί με την άνοδο στον αριθμό των σετ ανά μυϊκή ομάδα. Ένας ακόμη τροποποιήσιμος παράγοντας της μυϊκής ενδυνάμωσης είναι η συχνότητα των προπονήσεων ανά μυϊκή ομάδα, οι οποίες μπορούν να γίνουν πιο συχνές ανεβάζοντας τον βαθμό δυσκολίας του προγράμματος.

Καθώς το πρόγραμμα ενδυνάμωσης εξελίσσεται και ο αθλούμενος παραμένει προσηλωμένος στις δραστηριότητες ενδυνάμωσης για ένα μήνα, ο θεραπευτής μπορεί να τροποποιήσει τις υπόλοιπες μεταβλητές της προπόνησης. Έτσι, πραγματοποιούνται αλλαγές στη συχνότητα, την ένταση και τον όγκο προπόνησης. Το διάστημα αυτό παρατείνεται στους ηλικιωμένους και σε άτομα με πτωχή φυσική κατάσταση. Σε κάθε περίπτωση, ακόμα και όταν το πρόγραμμα ενδυνάμωσης αφορά τον υγιή πληθυσμό, θα πρέπει να ελέγχονται πιθανές ανεπιθύμητες ενέργειες. Επίσης, η υπερβολική αύξηση του βαθμού δυσκολίας συνιστά απόλυτη αντένδειξη, καθώς αυξάνει δραματικά τον κίνδυνο μυοσκελετικού τραυματισμού¹⁴⁹. Οποιοσδήποτε τροποποιήσεις στη δομή της ενδυνάμωσης επιβάλλεται να επαναξιολογούνται και να προσαρμόζονται στις ανάγκες του αθλητή μέσα από ένα εξατομικευμένο πρόγραμμα με ασκήσεις αντίστασης. Όταν οι στόχοι του προγράμματος επιτευχθούν, και ο αθλητής κατακτήσει το επιθυμητό επίπεδο μυϊκής δύναμης, μάζας και αντοχής, τότε εισάγεται στο στάδιο της συντήρησης, όπου οι μεταβλητές της ενδυνάμωσης δεν είναι απαραίτητο να τροποποιούνται αυξανόμενοι σταδιακά.

2.4 Ασκήσεις ελαστικότητας

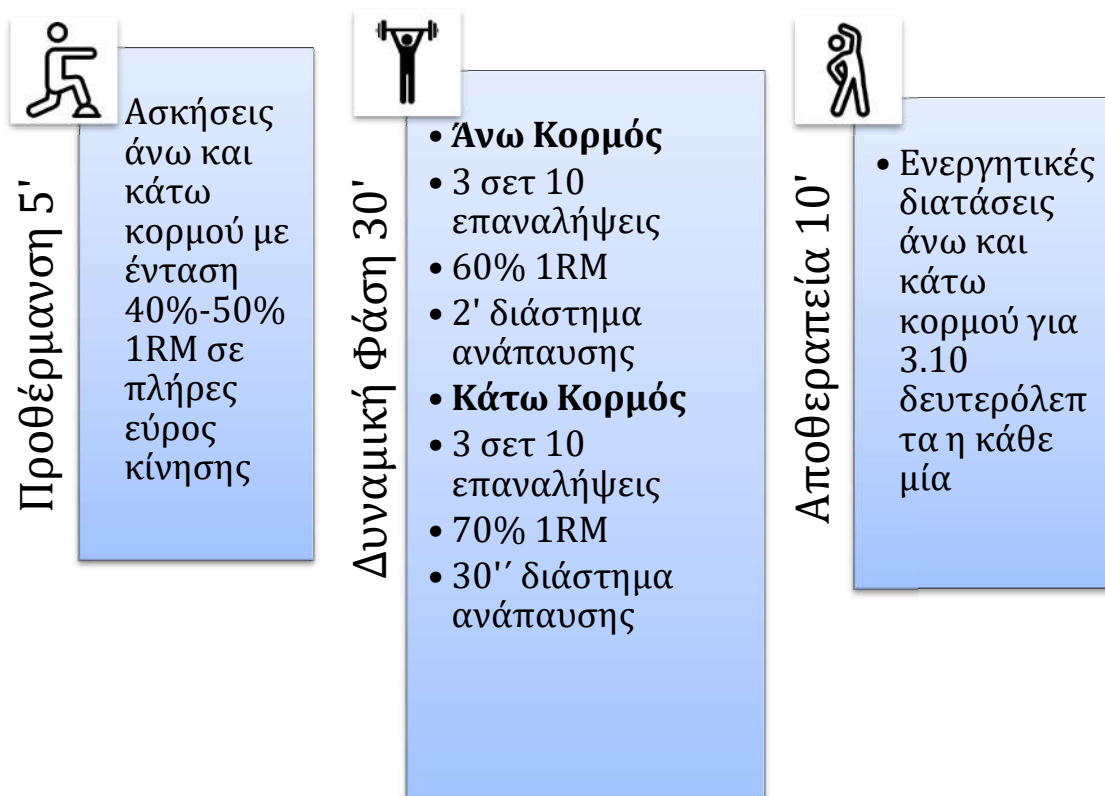
Οι ασκήσεις ελαστικότητας είναι απαραίτητες σε κάθε πρόγραμμα άσκησης και δεν θα πρέπει να παραλείπονται. Μπορούν να πραγματοποιηθούν σε διάφορες μορφές όπως η Ιδιοδέκτρια Νευρομυϊκή Διευκόλυνση, στατικές, δυναμικές ή

βαλλιστικές, κατά τις οποίες λαμβάνει χώρα διαφορετική τεχνική. Ωστόσο, οι βαλλιστικές διατάσεις αποφεύγονται διότι αυξάνουν τον κίνδυνο τραυματισμού.

Εφαρμόζονται συνήθως στην αποθεραπεία, διότι παρέχουν βέλτιστα αποτελέσματα αφότου οι μύες έχουν ενεργοποιηθεί κατά την άσκηση. Σε ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης, εφαρμόζονται 2-3 φορές την εβδομάδα σε μεγάλες μυϊκές ομάδες για τουλάχιστον 4 επαναλήψεις. Οι διατάσεις συνίσταται να διαρκούν 15-60 δευτερόλεπτα στατικά ενώ εκτελούνται ενεργητικά από τον αθλητή. Ένα πρόγραμμα διατάσεων διάρκειας 10 λεπτών συνολικά, το οποίο επικεντρώνεται σε σημαντικές μυϊκές ομάδες του σώματος όπως αυχένας, ώμοι, άνω και κάτω κορμός, πύελος, ισχία και κάτω άκρα, προτείνεται για τη διατήρηση της ελαστικότητας σε υγιείς.

Ενότητα 3: Ενδεικτικό πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης για υγιή πληθυσμό

→ Συνολική διάρκεια: ~45 λεπτά, Σχήμα 3.1: Πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης για υγιείς



Εικόνα 3.1: Αρχική θέση, όρθια θέση τα πόδια ελαφρώς ανοιχτά

Εικόνα 3.2: Κάμψη αντιβραχίου με βάρη



Εικόνα 3.3 : Αρχική θέση, όρθια θέση , **Εικόνα 3.4:** Κάμψη αντιβραχίου με ελαστικό ιμάντα



Εικόνα 3.1: Αρχική θέση, όρθια θέση, **Εικόνα 3.5:** Κάμψη ώμου στο προσθιοπίσθιο επίπεδο με βάρη, **Εικόνα 3.6:** Απαγωγή ώμου στο μετωπιαίο επίπεδο με βάρος



Εικόνα 3.3: Αρχική θέση, όρθια θέση, **Εικόνα 3.7:** Τελική θέση, απαγωγή ώμου στο μετωπιαίο επίπεδο με ελαστικό ιμάντα, **Εικόνα 3.8:** Τελική θέση, κάμψη ώμου στο προσθιοπίσθιο επίπεδο με ελαστικό ιμάντα



Εικόνα 3.9: Αρχική θέση, ύπτια, ώμοι σε κάμψη 180°/ θέση διάτασης κοιλιακών και πρόσθιων θωρακικών μυών| **Εικόνες 3.10, 3.11:** κάμψη κορμού, κοιλιακοί με μπάλα-βαράκι , ενδιάμεση θέση (3.10), τελική θέση (3.11)



Εικόνα 3.12: Αρχική θέση, εδραία θέση και συγκράτηση ελαστικού ιμάντα με τα άνω άκρα / Θέση διάταξης γαστροκνημίου και οπίσθιων μηριαίων

Εικόνα 3.13: Τελική θέση, προσαγωγή ωμοπλατών



Εικόνα 3.14: Αρχική θέση, προσαγωγή ωμοπλατών, κάμψη αντιβραχίου

Εικόνα 3.15: Τελική θέση, απαγωγή ωμοπλατών, έκταση αντιβραχίου



Εικόνα 3.16: Αρχική θέση, όρθια θέση με βαράκι- μπάλα

Εικόνα 3.17: Τελική θέση, βαθύ κάθισμα με βαράκι- μπάλα



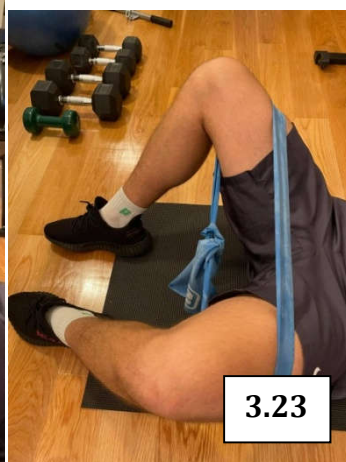
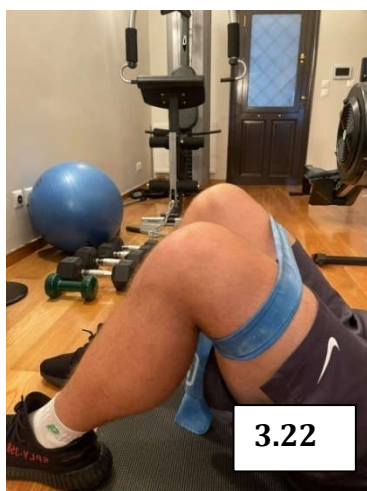
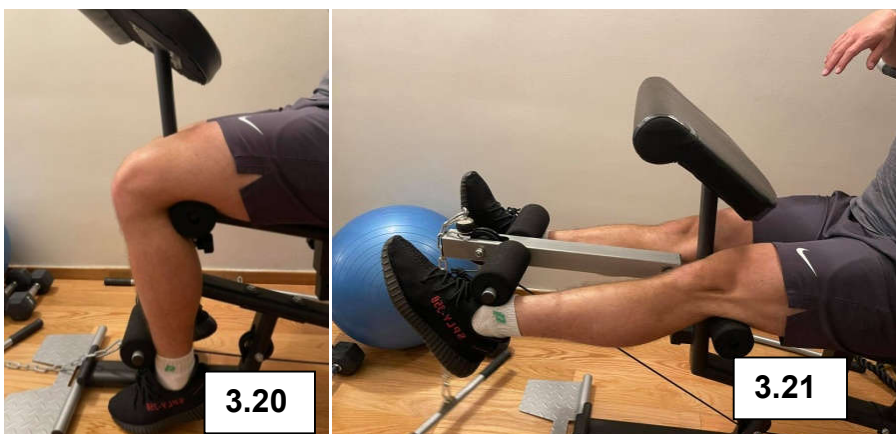
Εικόνα 3.18: Αρχική θέση, σανίδα με ελαστικό ιμάντα στα σφυρά

Εικόνα 3.19: Τελική θέση, σανίδα, κάμψη ισχίου με ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής και ελαστικό ιμάντα



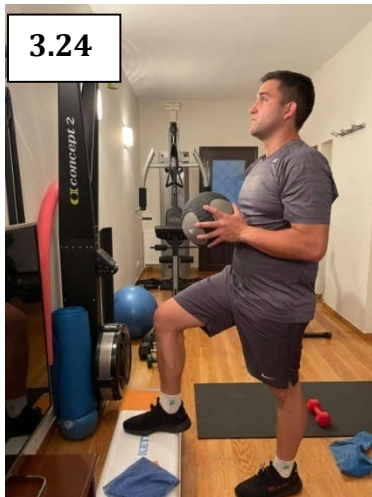
Εικόνα 3.20: Αρχική θέση, γόνατα σε κάμψη

Εικόνα 3.21: Τελική θέση, γόνατα σε έκταση με μηχανήμα αντίστασης

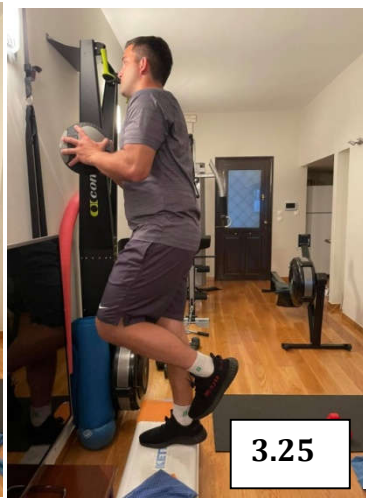


Εικόνα 3.22: Αρχική θέση, ύπτια θέση, γόνατα σε κάμψη με ελαστικό ιμάντα

Εικόνα 3.23: Τελική θέση, ύπτια θέση, απαγωγή ισχίων με ελαστικό ιμάντα



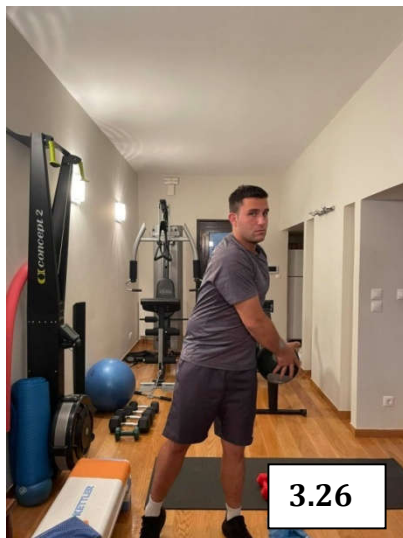
3.24



3.25

Εικόνα 3.24:
Αρχική θέση, όρθια θέση με βαράκι και σκαλί

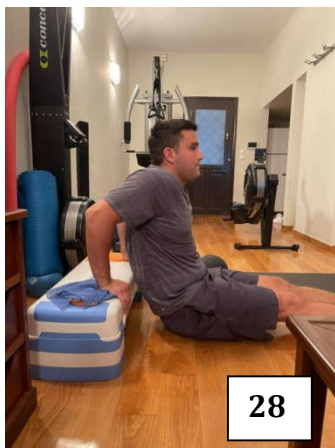
Εικόνα 3.25:
Τελική θέση, ανάβαση στο σκαλί με βαράκι



3.26



3.27



28



29

Εικόνα 3.26: Αρχική θέση, στροφή κορμού με βαράκι

Εικόνα 3.27: Τελική θέση, αντίπλευρη στροφή κορμού με βαράκι / Διάταση πλάγιων καμπτήρων κορμού

Εικόνα 3.28: Αρχική θέση, εμπύθιση

Εικόνα 3.29: Τελική θέση, έκταση αγκώνα, ώμου και κορμού σε σκαλί

ΚΥΡΙΩΣ ΜΕΡΟΣ

Η μυϊκή ενδυνάμωση στις Καρδιοαγγειακές Παθήσεις

Η προπόνηση με ασκήσεις ενδυνάμωσης χρησιμοποιείται ευρέως στα προγράμματα αποκατάστασης ασθενών με καρδιοαγγειακές παθήσεις. Ωστόσο, τα παλαιότερα χρόνια η καρδιοαγγειακή αποκατάσταση αφορούσε αποκλειστικά τη βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής αντοχής, μέσω ενός αερόβιου προγράμματος. Οι ασκήσεις με αντίσταση και βάρη αποτελούσαν αντένδειξη στους καρδιοαγγειακούς ασθενείς, καθώς επικρατούσε η αντίληψη πως αυξάνουν τον κίνδυνο καρδιακών συμβαμάτων και προκαλούν ανεπιθύμητες ενέργειες στις αιμοδυναμικές αποκρίσεις αυξάνοντας δραματικά την Καρδιακή Συχνότητα και την Αρτηριακή Πίεση²⁹. Ακόμη, οι ερευνητές υποστήριζαν πως οι ασκήσεις με βάρη οδηγούν σε ανεπιθύμητη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας του μυοκαρδίου²⁹.

Πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν την προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης ως ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο αύξησης της μυϊκής δύναμης σε ασθενείς με καρδιοαγγειακές παθήσεις κάθε ηλικιακού φάσματος^{29,30}. Ταυτόχρονα, βελτιώνεται η ισορροπία, η αντοχή και η φυσική κατάσταση, ενώ υπάρχουν ενδείξεις πως η συστηματική προπόνηση ενδυνάμωσης δρα ευεργετικά στους παράγοντες κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων και τη θνητότητα από κάθε αίτιο. Επομένως, η μυϊκή ενδυνάμωση είναι ένα ασφαλές και αποτελεσματικό μέσο βελτίωσης της υγείας και της ποιότητας ζωής σε αυτό το δείγμα ασθενών.

4

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΥΪΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΑΡΔΙΟΑΓΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ενότητα 1 : Οφέλη της μυϊκής ενδυνάμωσης στους Καρδιοαγγειακούς ασθενείς

1.1 Οφέλη στο Μυοσκελετικό σύστημα

1.1.1 Επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στον μυϊκό ιστό

1.1.2 Επίδραση της προπόνησης με ακήσεις αντίστασης στον οστίτη ιστό

1.2 Επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στον λιπώδη ιστό

1.2.1 Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI)

1.2.2 Άπαχη Μάζα (LBM)

1.2.3 Σπλαχνικό Λίπος

1.3 Αντοχή και Φυσική Λειτουργία

1.3.1 Επίδραση των Ασκήσεων Αντίστασης στην Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου (VO₂peak)

1.3.2 Επίδραση των Ασκήσεων Αντίστασης στην Καρδιοαναπνευστική Ικανότητα (CRF)

1.4 Μορφολογικές προσαρμογές του μυοκαρδίου έπειτα από προπόνηση αντίστασης

1.4.1 Επίδραση της άσκησης αντίστασης στην Αριστερή Κοιλία του μυοκαρδίου

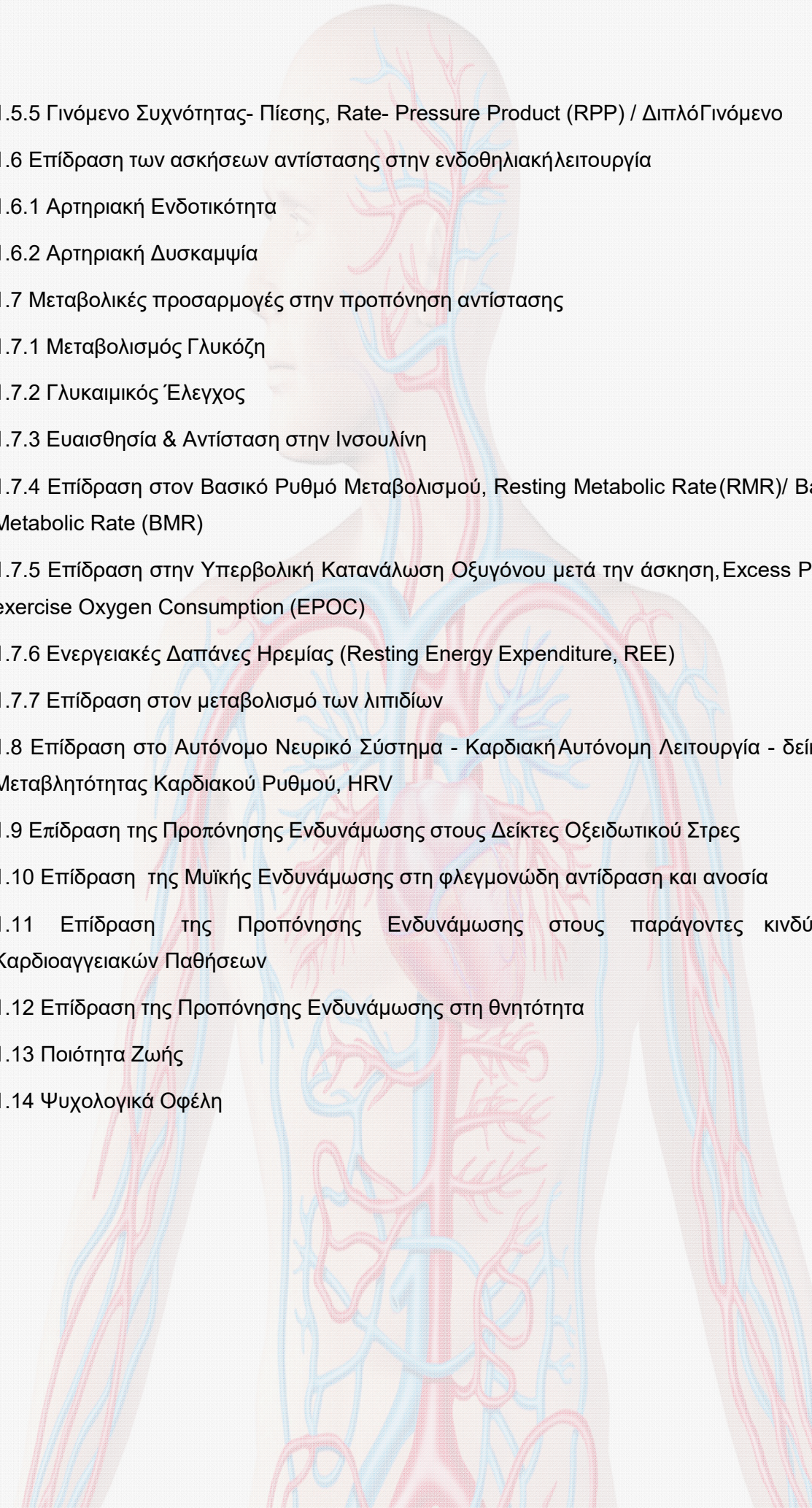
1.5 Αιμοδυναμικές αποκρίσεις στη μυϊκή ενδυνάμωση

1.5.1 Αρτηριακή Πίεση, Blood Pressure (BP)

1.5.2 Καρδιακή Συχνότητα, Heart Rate (HR)

1.5.3 Όγκος Παλμού, Stroke Volume (SV)

1.5.4 Καρδιακή Παροχή, Cardiac Output (CO)

- 
- 1.5.5 Γινόμενο Συχνότητας- Πίεσης, Rate- Pressure Product (RPP) / ΔιπλόΓινόμενο
 - 1.6 Επίδραση των ασκήσεων αντίστασης στην ενδοθηλιακή λειτουργία
 - 1.6.1 Αρτηριακή Ενδοτικότητα
 - 1.6.2 Αρτηριακή Δυσκαμψία
 - 1.7 Μεταβολικές προσαρμογές στην προπόνηση αντίστασης
 - 1.7.1 Μεταβολισμός Γλυκόζη
 - 1.7.2 Γλυκαιμικός Έλεγχος
 - 1.7.3 Ευαισθησία & Αντίσταση στην Ινσουλίνη
 - 1.7.4 Επίδραση στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού, Resting Metabolic Rate (RMR)/ Basal Metabolic Rate (BMR)
 - 1.7.5 Επίδραση στην Υπερβολική Κατανάλωση Οξυγόνου μετά την άσκηση, Excess Post-exercise Oxygen Consumption (EPOC)
 - 1.7.6 Ενεργειακές Δαπάνες Ηρεμίας (Resting Energy Expenditure, REE)
 - 1.7.7 Επίδραση στον μεταβολισμό των λιπιδίων
 - 1.8 Επίδραση στο Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα - Καρδιακή Αυτόνομη Λειτουργία - δείκτες Μεταβλητότητας Καρδιακού Ρυθμού, HRV
 - 1.9 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στους Δείκτες Οξειδωτικού Στρες
 - 1.10 Επίδραση της Μυϊκής Ενδυνάμωσης στη φλεγμονώδη αντίδραση και ανοσία
 - 1.11 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στους παράγοντες κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων
 - 1.12 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στη θνητότητα
 - 1.13 Ποιότητα Ζωής
 - 1.14 Ψυχολογικά Οφέλη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΜΥΙΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΚΑΡΔΙΟΑΓΓΕΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ενότητα 1 : Οφέλη της μυϊκής ενδυνάμωσης στους Καρδιοαγγειακούς ασθενείς

Συχνά οι καρδιοαγγειακοί ασθενείς βιώνουν διαταραχές όπως μυϊκή αδυναμία και μειωμένη λειτουργική ικανότητα, με συνέπεια την υποβάθμιση του επιπέδου ποιότητας ζωής τους. Παράμετροι της υγείας όπως μυϊκή δύναμη, ευλυγισία και σύσταση του σώματος, σχετίζονται άμεσα με τη λειτουργική ικανότητα του ασθενούς και τον βοηθούν να διατηρήσει καλό επίπεδο ποιότητας ζωής, αυξάνοντας ή διατηρώντας τις δυνατότητες και την ανεξαρτησία του. Η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης είναι ένα μη επεμβατικό, μη φαρμακευτικό μέσο βελτίωσης της υγείας, το οποίο παρέχει ποικίλα οφέλη σε μυοσκελετικό και καρδιοαγγειακό σύστημα.

1.1 Οφέλη στο Μυοσκελετικό σύστημα

1.1.1 Επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στον μυϊκό ιστό

Μεγάλο ποσοστό καρδιοαγγειακών ασθενών, κυριότερα οι ηλικιωμένοι, αντιμετωπίζουν προβλήματα απώλειας μυϊκής μάζας και δύναμης³⁰. Ως εκ τούτου, εμφανίζουν φτωχή λειτουργική ικανότητα και αδυναμία εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων^{31,32}. Σημείο κατατεθέν της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης είναι η αύξηση της μυϊκής δύναμης και μάζας, μέσω της μυϊκής υπερτροφίας και της νευρομυϊκής αναδιαμόρφωσης³³. Η μυϊκή υπερτροφία που κατακτάται μέσω της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης, βοηθά τους καρδιοαγγειακούς ασθενείς να διατηρήσουν ένα καλό επίπεδο λειτουργικής ικανότητας και να παραμείνουν δραστήριοι βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους³¹. **(Σχήμα 7)**

Η μυϊκή μάζα και δύναμη μειώνονται κατά προσέγγιση 30% μεταξύ 30 – 60 ετών³⁴. Περαιτέρω μειώσεις στη μυϊκή μάζα και δύναμη παρατηρούνται σε **κλινήρεις** καρδιοαγγειακούς ασθενείς ή / και σε όσους λαμβάνουν φαρμακευτική θεραπεία με **γλυκοκορτικοειδή**³⁴. Συνήθως, τα μηχανικά ερεθίσματα που

παρέχονται από δραστηριότητες της καθημερινής ζωής δεν επαρκούν για την αντιστάθμιση των φυσιολογικών εκφυλίσεων που προκαλούνται με το πέρασμα της ηλικίας³⁴. Με την πάροδο της ηλικίας, ο συνολικός αριθμός των μυϊκών ινών φθίνει, ειδικότερα των **μυϊκών ινών τύπου II** που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή δύναμης³⁴. Μετεμμηνοπαυσιακές γυναίκες άνω των 50 ετών που δεν ασκούνται συστηματικά με ασκήσεις αντίστασης, χάνουν κατά προσέγγιση 0,46 kg μύος ετησίως³⁵. Επιπλέον, ενήλικες που δεν εκτελούν προπόνηση ενδυνάμωσης, υφίστανται 50% μείωση των μυϊκών ινών τύπου II από τα 80 έτη και άνω³⁶. Οι ηλικιωμένοι, προκειμένου να διατηρήσουν ένα βασικό επίπεδο μυϊκής δύναμης, κατάλληλο ώστε να αντεπεξέλθουν στις καθημερινές τους δραστηριότητες, απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλου προγράμματος ενδυνάμωσης³⁴.

Σε επίπεδο φυσιολογίας, η προπόνηση ενδυνάμωσης αυξάνει την εγκάρσια διατομή της μυϊκής ίνας (cross-sectional area)³⁷. Η γρήγορη υπερτροφία που επιτυγχάνεται μέσω της προπόνησης με αντιστάσεις περιλαμβάνει κυρίως μυϊκές ίνες τύπου II³⁴.

Δεδομένα έδειξαν ότι σε **ηλικιωμένους** άνδρες και γυναίκες, έπειτα από χρόνια εφαρμογή προγράμματος ενδυνάμωσης, η μυϊκή δύναμη αυξήθηκε από 17% έως 170%, ανάλογα τη μυϊκή ομάδα και το αρχικό επίπεδο φυσικής κατάστασης³⁸. Τυχαίοποιημένες μελέτες διάρκειας από 12 εβδομάδες και άνω σε ηλικιωμένους άνδρες, έδειξαν ποιοτική αύξηση της μυϊκής μάζας έπειτα από προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης, δηλαδή αύξηση της δύναμης για την ίδια μυϊκή μάζα⁴. Επιπλέον, έρευνα των Slivka και συνεργατών³⁹ έδειξε πως η προπόνηση ενδυνάμωσης σε ηλικιωμένα άτομα, άνω των 80 ετών, με σαρκοπενία μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της μυϊκής μάζας και ποιότητας. Ειδικότερα, η μυϊκή δύναμη η οποία εκτιμήθηκε μέσω της Μίας Μέγιστης Επανάληψης, αυξήθηκε κατά 41% έπειτα από 12 εβδομάδες προπόνησης ενδυνάμωσης ολόκληρου του σώματος³⁹. Η ίδια έρευνα απέδειξε πως η αύξηση της μυϊκής μάζας δεν εξαρτάται αποκλειστικά από την ηλικία³⁹. Ωστόσο, η πλειονότητα των ερευνητικών στοιχείων αφορούν κυρίως άνδρες³⁰.

Η σαρκοπενία, δηλαδή απώλεια μυϊκής μάζας και συσταλτικότητας του σκελετικού μύος λόγω ηλικίας, είναι συχνή σε ασθενείς με **Χρόνια Καρδιακή**

Ανεπάρκεια⁴⁰. Η σαρκοπενία, συνδέεται με αυξημένες περιφερικές αντιστάσεις, αντίσταση στην ινσουλίνη, δυσλιπιδαιμία και παχυσαρκία⁴⁰. Ποικίλες μελέτες έχουν αναλύσει την ευεργετική επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης σε αυτό το δείγμα ασθενών^{41,42}. Οι Selig και συνεργάτες⁴² εφάρμοσαν πρόγραμμα ασκήσεων αντίστασης μέτριας έντασης, διάρκειας 3 μηνών, σε ασθενείς με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της συνολικής μυϊκής δύναμης κατά 21%. Αντίστοιχα, Pu και συνεργάτες⁴¹ διερεύνησαν την επίδραση ενός προοδευτικού προγράμματος ενδυνάμωσης για 10 εβδομάδες σε ασθενείς με μυοπάθεια λόγω Χρόνιας Καρδιακής Ανεπάρκειας. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της συνολικής δύναμης κατά 8.8% στην ομάδα που προπονήθηκε με ασκήσεις αντίστασης έναντι 2.8% στην ομάδα ελέγχου η οποία ακολούθησε πρόγραμμα διατάσεων. Στον **Πίνακα 4.1** απεικονίζονται οι προσαρμογές του σκελετικού μύος έπειτα από 10 εβδομάδες μυϊκής ενδυνάμωσης σε άτομα με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια και μυοπάθεια.

Πίνακας 4.1 : Προσαρμογές σκελετικού μύος έπειτα από 10 εβδομάδες μυϊκής ενδυνάμωσης

Pu et al. 2001 ⁴¹	<u>Πριν την άσκηση</u>	<u>Μετά την άσκηση</u>
Συνολική μυϊκή μάζα του σώματος, kg	11.746 ± 1.07	13.55 ± 1.14
Κατανομή μυϊκών ινών, %		
Τύπου I	45.1 ± 9.0	34.9 ± 3.5
Τύπου II	54.9 ± 9.0	65.1 ± 3.5

Σε μερικές περιπτώσεις, ειδικά σε ηλικιωμένους, η απώλεια μυϊκής μάζας ελλοχεύει σημαντικότερο κίνδυνο από την ίδια την καρδιοαγγειακή πάθηση σε λειτουργικό επίπεδο³⁴. Ειδικότερα, όπως επισημαίνουν οι Bjarnason- Wehrens και συνεργάτες³⁴, η απώλεια μυϊκής μάζας και δύναμης σε ασθενείς με **Χρόνια Συμφορητική Καρδιακή Ανεπάρκεια**, φαίνεται να είναι πρωταρχική αιτία μειωμένης λειτουργικής ικανότητας και καρδιακής απόδοσης σε ασθενείς που έλαβαν μόσχευμα. Η συνταγογράφηση του κατάλληλου προγράμματος ασκήσεων

υπό αντιστάσεις μπορεί να αναστρέψει την απώλεια μυϊκής μάζας και να βελτιώσει την αντοχή του μυοκαρδίου ώστε ο ασθενής να αντεπεξέλθει στην καθημερινότητα³⁴.

Οι Hollings και συνεργάτες⁴³ μελέτησαν την επίδραση της προοδευτικής προπόνησης ενδυνάμωσης στην αερόβια φυσική κατάσταση και δύναμη, ασθενών με **Στεφανιαία Καρδιακή Νόσο**. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της δύναμης των κάτω άκρων 24.7% και των άνω άκρων 45.6%, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Στην ανασκόπηση των Hollings και συνεργατών⁴³ συμπεριλήφθηκαν δύο κλινικές δοκιμές οι οποίες πραγματοποίησαν σύγκριση αερόβιας προπόνησης και προοδευτικής ενδυνάμωσης με ασκήσεις αντίστασης. Συγκεκριμένα, οι Hollings και συνεργάτες⁴³ ανέφεραν σημαντικότερη αύξηση της μυϊκής δύναμης μετά από αερόβια προπόνηση συγκριτικά με την προπόνηση με αντιστάσεις, σε ποσοστό 31.1% έναντι 24.7%⁴³. Αντίθετα, οι Ghroubi και συνεργάτες σημείωσαν υψηλότερα ποσοστά μυϊκής δύναμης στο δείγμα που ασκήθηκε με προοδευτική προπόνηση υπό αντιστάσεις, εμφανίζοντας άνοδο 46.7%, έναντι 7.6% σε όσους ακολούθησαν αερόβιο πρόγραμμα⁴³. Τα αποτελέσματα είναι αμφιλεγόμενα και πιθανώς αποδίδονται στις μεθοδολογικές διαφορές κάθε έρευνας.

Μελέτες έχουν δείξει αυξημένη τριχοειδική πυκνότητα στους μύες που ασκούνται υπό αντίσταση, το οποίο υποδηλώνει βελτιωμένη αιματική κυκλοφορία στο μυϊκό σύστημα³⁸. Το γεγονός αυτό επιδρά θετικά σε ασθενείς με **Αποφρακτική Νόσο των Περιφερικών Αγγείων**. Οι McGuigan και συνεργάτες³⁴ μελέτησαν την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης σε αυτό το δείγμα ασθενών. Τα αποτελέσματα έδειξαν βελτίωση της μυϊκής δύναμης και αύξηση της τριχοειδικής πυκνότητας έπειτα από 24 εβδομάδες προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης. Οι ασθενείς μετά το πέρας της παρέμβασης εμφάνισαν άνοδο στην απόσταση της βάρδισης, χωρίς πόνο, κατά 158%.

Σε ό,τι αφορά τους ασθενείς με **Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου II**, έρευνα των Park και συνεργατών⁴² σε ηλικιωμένους ασθενείς έδειξε πως τα επίπεδα μυϊκής δύναμης στους ασθενείς ήταν σημαντικά μειωμένα σε σύγκριση με τα υγιή άτομα. Πιο συγκεκριμένα, σε χρόνιους πάσχοντες, από 6 χρόνια και άνω, με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II οι οποίοι εμφάνιζαν συγχρόνως φτωχό γλυκαιμικό έλεγχο,

γλυκουζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη $HbA_{1c} \geq 8.0\%$, η μυϊκή δύναμη βρέθηκε να είναι σημαντικά μειωμένη. Ανασκοπική μελέτη των Strasser και συνεργατών³³ σε άτομα με Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου II έδειξε σημαντική αύξηση της μυϊκής μάζας και δύναμης. Όπως επισημαίνουν οι ερευνητές, η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης δεν επωφελεί μόνο τους ασθενείς με Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου II, αλλά μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα ζωής σε ηλικιωμένους ή / και καρδιοαγγειακούς ασθενείς που υποφέρουν από μυϊκή αδυναμία και σαρκοπενία⁹⁴.

Σε κυτταρικό επίπεδο, η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης αυξάνει την περιεκτικότητα του μυ σε **μιτοχόνδρια**, βελτιώνοντας την κυτταρική αναπνοή και μειώνοντας τους δείκτες οξειδωτικού στρες³³. Η περιεκτικότητα των μυϊκών κυττάρων σε νουκλεοτίδια τριφωσφορικής αδενοσίνης, **ATP**, αυξάνεται. Επομένως, εγείρεται η μεταφορά ενέργειας στο κύτταρο για την εκτέλεση σημαντικών κυτταρικών δραστηριοτήτων. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό διότι η παραγωγή δύναμης και κίνησης στηρίζονται σε ενεργειακά απαιτητικές κυτταρικές λειτουργίες. Επιπλέον, όπως επισημαίνουν οι Strasser και συνεργάτες³³ η μειωμένη περιεκτικότητα των μυϊκών κυττάρων σε μιτοχόνδρια, η μιτοχονδριακή δυσλειτουργία και το ενδομυϊκό λίπος έχουν συνδεθεί με την ανάπτυξη Σακχαρώδους Διαβήτη τύπου II. Οι ερευνητές έδειξαν πως η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης αντισταθμίζει τη μυϊκή αδυναμία λόγω ηλικίας ή/ και καρδιοαγγειακής πάθησης, αυξάνει τη μυϊκή δύναμη και λειτουργικότητα, σε συνδυασμό με μείωση των δεικτών οξειδωτικού στρες και βελτίωση στη μιτοχονδριακή λειτουργία³³.

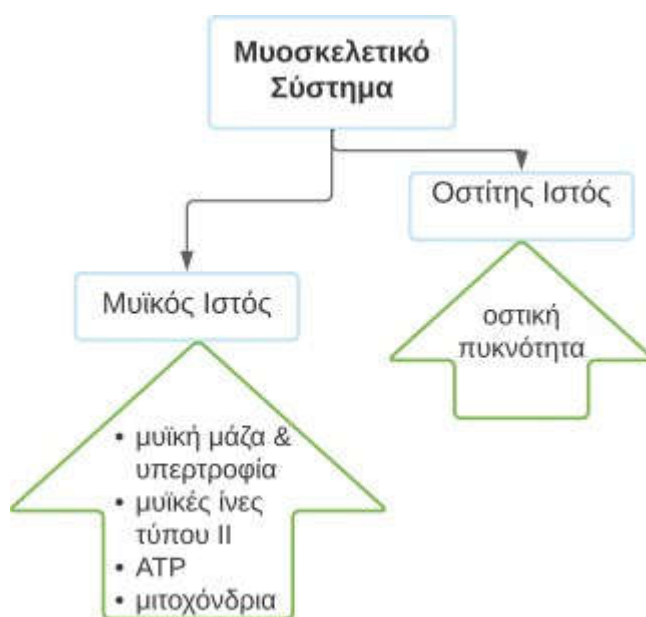
1.1.2 Επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στον οστίτη ιστό

Όπως επισημαίνει το National Institute of Health, χαμηλή οστική πυκνότητα απαντάται συχνά σε καρδιοαγγειακούς ασθενείς. Επιπρόσθετο επιβαρυντικό παράγοντα αποτελεί το γήρας. Με την πάροδο της ηλικίας ο οστίτης ιστός εκφυλίζεται, γεγονός που συνιστά σημαντικό παράγοντα κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια της παρούσας μελέτης⁴⁴.

Σύμφωνα με κατευθυντήριες οδηγίες του European Society of Cardiology³⁴, η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης σε άνδρες και γυναίκες, δρα ευεργετικά στην οστική πυκνότητα (**Σχήμα 4.1**). Η οστική μάζα και αντοχή αυξάνονται μέσω της προπόνησης αντίστασης, καθώς ασκείται σημαντική φόρτιση στο οστό από τη σύσπαση των μυών που ενεργούν και λόγω βαρύτητας³⁰. Η συστηματική μυϊκή ενδυνάμωση προλαμβάνει και αποτρέπει την απώλεια οστικής μάζας από ποικίλα αίτια όπως το γήρας και η μετεμηνοπαυσιακή περίοδος^{45,46}. Επιπλέον, συμβάλλει θετικά στην πρόληψη και θεραπεία της οστεοπόρωσης⁴⁷. Η μηχανική φόρτιση που ασκείται στα οστά μέσω ενός προγράμματος με αντιστάσεις προστατεύει την οστική μάζα και πυκνότητα και είναι απαραίτητη προκειμένου να ανατραπούν οι οστικές απώλειες λόγω ηλικίας ή πάθησης⁴⁷.

Οι Vincent και συνεργάτες⁴⁸ διερεύνησαν την επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις στον οστίτη ιστό ηλικιωμένων ανδρών και γυναικών. Η πυκνότητα του οστού σε μεταλλικά στοιχεία (Bone Mineral Density) αυξάνεται κατά 3% έπειτα από 6 μήνες προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης προοδευτικής έντασης⁴⁸. Η ίδια ευεργετική επίδραση εμφανίζεται ακόμη και σε άτομα με υψηλή οστική ευπάθεια όπως ασθενείς με οστική απώλεια λόγω χρόνιας λήψης κορτικοστεροειδών ή μετά από χειρουργική επέμβαση μεταμόσχευσης καρδιάς³⁸. Ασθενείς που έχουν υποστεί μεταμόσχευση καρδιάς και λαμβάνουν μακροχρόνια θεραπεία γλυκοκορτικοειδών, αναπτύσσουν ατροφία σκελετικών μυών (μυοπάθεια από στεροειδή), καθώς επίσης και απομετάλλωση οστών που οδηγεί σε μείωση της οστικής πυκνότητας⁴⁹. Κατ' επέκταση, οι ασθενείς αυτοί έχουν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καταγμάτων. Η προπόνηση υπό αντιστάσεις δρα προληπτικά ή / και φθίνει τις απώλειες αυτές³⁴.

Σχήμα 4.1: Επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στο μυοσκελετικό σύστημα



1.2 Επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στον λιπώδη ιστό

Η παχυσαρκία αποτελεί ισχυρό παράγοντα καρδιαγγειακού κινδύνου, θνησιμότητας και θνητότητας⁵⁰. Συχνά, ασθενείς με καρδιακές παθήσεις εμφανίζουν μεταβολικές διαταραχές και αύξηση του λιπώδους ιστού, ως απόρροια της καθιστικής ζωής ή του κλινοστατισμού^{50,51}. Οι υπάρχουσες μελέτες καταδεικνύουν τη μυϊκή ενδυνάμωση ως ανεξάρτητο, ασφαλές, αποτελεσματικό μέσο μείωσης του λίπους, ακόμα και χωρίς προσθήκη αερόβιας προπόνησης ή διατροφικών αλλαγών⁴⁰.

1.2.1 Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI)

Τα ερευνητικά δεδομένα που αφορούν την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στον Δείκτη Μάζας Σώματος είναι διφορούμενα και πιθανώς οφείλονται στις μεθοδολογικές διαφορές κάθε μελέτης. Οι Shaw και συνεργάτες⁵² αξιολόγησαν τις αλλαγές στη σύσταση του σώματος έπειτα από προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης διάρκειας 8 εβδομάδων σε ασθενείς με στεφανιαία αρτηριακή νόσο. Η ομάδα που προπονήθηκε με ασκήσεις αντίστασης εμφάνισε 0,852% αύξηση του Δείκτη Μάζας Σώματος, μεταβολή που αξιολογείται ως μη σημαντική. Ομοίως, οι McGuigan και συνεργάτες⁵¹ σε έρευνα που πραγματοποίησαν σε παχύσαρκα ή

υπέρβαρα παιδιά έδειξε πως ο Δείκτης Μάζας Σώματος δεν άλλαξε μετά από 8 εβδομάδες μυϊκής ενδυνάμωσης. Ευρήματα της μετα-ανάλυσης των Cornelissen και συνεργατών⁵³ έδειξαν σημαντικές μειώσεις στο σωματικό λίπος έπειτα από προπόνηση ενδυνάμωσης. Η ισοτονική άσκηση αντίστασης, ήπιας έντασης, για περίπου 16 εβδομάδες συνέβαλε στη μείωση του ποσοστού του σωματικού λίπους κατά 0.6%. Ωστόσο, παρά την ελάττωση του σωματικού λίπους, οι τιμές του σωματικού βάρους παρέμειναν αμετάβλητες και ο Δείκτης Μάζας Σώματος παρέμεινε σταθερός. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζει μία αύξηση της μυϊκής μάζας η οποία είναι, σαφώς, μεγαλύτερη σε βάρος συγκριτικά με τον λιπώδη ιστό. Στον αντίποδα, πρόσφατα δεδομένα της τυχαιοποιημένης ελεγχόμενης δοκιμής των Schroeder και συνεργατών⁵⁴ έδειξαν μείωση στον Δείκτη Μάζας Σώματος μετά από προπόνηση ενδυνάμωσης. Συνολικά 17 άτομα με μέσο όρο BMI 33.1 εφάρμοσαν ασκήσεις υπό αντίσταση για 8 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν πτώση του Δείκτη Μάζας Σώματος κατά 0.1 kg/m². Οι ερευνητές αναφέρουν πως παρόλο που η μελέτη διήρκεσε μόλις 8 εβδομάδες, παρουσιάστηκαν σημαντικές μειώσεις στο ποσοστό λίπους των ασκούμενων. Οι ερευνητές προτείνουν πως η προπόνηση με αντιστάσεις αποτελεί ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο για την υγιή διαχείριση του βάρους.

1.2.2 Άπαχη Μάζα (LBM)

Σε ο,τι αφορά την **Άπαχη Μάζα Σώματος**, τα βιβλιογραφικά δεδομένα δείχνουν πως αυξάνεται έπειτα από προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης. Παλαιότερες μελέτες, όπως η κλινική δοκιμή των Reed και συνεργατών⁵⁵ σε δείγμα ηλικιωμένων υγιών ατόμων, υποστήριξαν την ισχυρή συσχέτιση μεταξύ άπαχης μάζας (Lean Mass) και μυϊκής δύναμης. Νεότερη μετά- ανάλυση εννέα μελετών, του American College of Sports Medicine⁵⁶, προτείνει την προπόνηση με αντιστάσεις ως αποτελεσματικό τρόπο αύξησης της άπαχης μάζας σώματος σε ηλικιωμένους ασθενείς. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως 2-3 φορές την εβδομάδα μυϊκή ενδυνάμωση για 20 περίπου εβδομάδες οδηγεί σε άνοδο της άπαχης μάζας κατά 1 κιλό³⁶. Στη μελέτη των Okamoto και συνεργατών⁵⁷ σε νεαρά και υγιή άτομα, διαπιστώθηκε αύξηση του μεγέθους της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM) έπειτα από προπόνηση με αντιστάσεις, χαμηλής έντασης, και μικρά διαστήματα ανάπαυσης μεταξύ των σετ. Παράλληλα, η άπαχη μάζα αυξήθηκε, υποδηλώνοντας

πως η βελτίωση της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM) οφείλεται, κατά κύριο λόγο, στη μυϊκή προσαρμογή κατά την άσκηση. Αντίστοιχα, οι Franco και συνεργάτες⁵⁸ διερεύνησαν την επίδραση ενός προγράμματος ενδυνάμωσης υψηλής συχνότητας έναντι χαμηλής, στα ποσοστά άπαχης μάζας. Η μελέτη διήρκησε 8 εβδομάδες και περιελάμβανε άνδρες χωρίς προηγούμενη εμπειρία στην άσκηση με αντιστάσεις. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της άπαχης μάζας και στις δύο ομάδες από 1-1,5 kg.

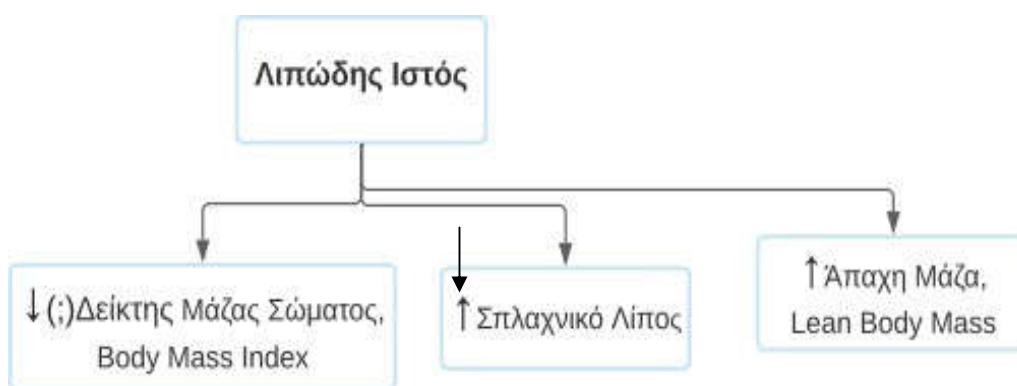
1.2.3 Σπλαχνικό Λίπος

Σύμφωνα με ανασκόπηση του American Heart Association⁴⁰, ποικίλες μελέτες σε άνδρες^{59,60} και γυναίκες^{60,61} έχουν δείξει πως η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης μειώνει το σωματικό λίπος, ανεξάρτητα από τον περιορισμό θερμίδων της διατροφής. Εντούτοις, ιδιαίτερη σημασία έχει η κατανομή του λίπους, η οποία μπορεί να είναι κλινικά σημαντικότερη από τη συνολική ποσότητά του⁴⁰.

Η κοιλιακή παχυσαρκία και ειδικότερα το **σπλαχνικό λίπος** έχει συνδεθεί με ανάπτυξη υπερλιπιδαιμίας, υπέρτασης, αντίστασης στην ινσουλίνη, έλλειψη ανοχής στη γλυκόζη, διαβήτη και καρδιακές νόσους⁶². Αντίθετα, το λίπος που εντοπίζεται στα άνω και κάτω άκρα φαίνεται να εμφανίζει χαμηλό ή καθόλου κίνδυνο ανάπτυξης διαταραχών⁶³. Παρόλο που το σπλαχνικό λίπος ενδέχεται να έχει μια γενετική προδιάθεση, ο καθιστικός τρόπος ζωής και η κακή διατροφή είναι εξίσου καθοριστικοί παράγοντες⁶². Ποικίλες μελέτες παλαιότερων ετών, έδειξαν πως μέσω της προπόνησης υπό αντιστάσεις το σπλαχνικό λίπος μειώνεται^{37,38,42}. Οι Treuth και συνεργάτες⁶⁴ αξιολόγησαν τη σύσταση του σώματος σε ηλικιωμένους άνδρες και γυναίκες έπειτα από εφαρμογή 16 εβδομάδων μυϊκής ενδυνάμωσης, σημειώνοντας ελάττωση του σπλαχνικού λίπους. Αντίστοιχα, οι Hunter και συνεργάτες⁶⁰ διερεύνησαν την επίδραση της προπόνησης ενδυνάμωσης στο **σπλαχνικό λίπος** αναφορικά με το φύλο. Τα αποτελέσματα έπειτα από 25 εβδομάδες προπόνησης αντίστασης σε ηλικιωμένους έδειξαν σημαντικές αυξήσεις στη μυϊκή μάζα και για τα δύο φύλα, κυρίως όμως στους άνδρες στους οποίους η μυϊκή μάζα αυξήθηκε κατά 2.8kg έναντι 1.0kg στις γυναίκες. Στη συνολική ποσότητα λίπους του σώματος παρατηρήθηκε παρόμοια ελάττωση, 1.8kg στους άνδρες και 1.7kg στις γυναίκες. Ωστόσο, σχετικά με το σπλαχνικό λίπος που

μετρήθηκε με την κοιλιακή περιφέρεια, η μείωση στον γυναικείο πληθυσμό ήταν μεγαλύτερη, 131cm^2 έναντι 116cm^2 στους άνδρες. Ομοίως, τα ευρήματα έδειξαν σημαντική μείωση στον υποδόριο λιπώδη ιστό στις γυναίκες, από 254cm^2 σε 239cm^2 , ενώ στους άνδρες δεν σημειώθηκε διαφορά. Τα συνολικά ευρήματα απεικονίζονται στο **Σχήμα 4.2**.

Σχήμα 4.2: Επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στον λιπώδη ιστό



1.3 Αντοχή και Φυσική Λειτουργία

1.3.1 Επίδραση των Ασκήσεων Αντίστασης στην Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου ($\text{VO}_{2\text{peak}}$)

Πρόσφατα βιβλιογραφικά δεδομένα καταδεικνύουν πως η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης βελτιώνει τη Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου όμοια με την αερόβια δραστηριότητα⁶⁵. Οι μελέτες που έχουν διερευνήσει, μέχρι τώρα, την επίδραση της προπόνησης ενδυνάμωσης στη Μέγιστη Πρόσληψη Οξυγόνου $\text{VO}_{2\text{peak}}$, επικεντρώνονται σε ασθενείς με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια. Σε αυτό το δείγμα ασθενών τόσο η καρδιαγγειακή όσο και η μυοσκελετική δυσλειτουργία, οδηγούν στην έλλειψη ανοχής στην άσκηση. Κύρια χαρακτηριστικά της νόσου είναι η δύσπνοια, η κόπωση και κατ' επέκταση η μείωση της αερόβιας ικανότητας². Συνεπώς, τα άτομα αυτά αδυνατούν να αντεπεξέλθουν σε δραστηριότητες της καθημερινής ζωής, καθώς αυτές βασίζονται στη μυϊκή δύναμη και συνήθως απαιτούν υπομέγιστη αερόβια φυσική κατάσταση⁶⁶. Όπως επισημαίνουν οι ερευνητές, ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια που εμφανίζουν μεγαλύτερη αντοχή στην άσκηση και υψηλότερα επίπεδα πρόσληψης οξυγόνου έχουν καλύτερη

επιβίωση από τη νόσο⁶⁵. Επομένως, είναι ιδιαίτερα σημαντική η συμβολή της μυϊκής ενδυνάμωσης στη βελτίωση της λειτουργικότητας και ποιότητας ζωής αυτών των ασθενών. (**Σχήμα 4.3**)

Η έλλειψη ανοχής στην άσκηση σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια έχει συσχετισθεί με ανωμαλίες των σκελετικών μυών και καρδιακή δυσλειτουργία⁶⁵. Η αύξηση της μυϊκής μάζας και δύναμης μέσω της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης δρα ευεργετικά στην μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου $VO_2\ peak$ ⁶⁵. Δύο από τους βασικότερους παράγοντες που καθορίζουν τη φυσική λειτουργία στους ηλικιωμένους με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια είναι η μυϊκή δύναμη και η αερόβια ικανότητα. Σύμφωνα με τους Savage και συνεργάτες⁶⁷, οι περισσότερες μελέτες εστιάζουν στην αερόβια ικανότητα επειδή οι ασθενείς αντιλαμβάνονται τους περιορισμούς στη φυσική λειτουργία με συμπτώματα όπως κόπωση και δύσπνοια, τα οποία πρωτοστατούν στην αερόβια φυσική κατάσταση. Πρόσφατη έρευνα των Santos και συνεργατών⁶⁵ έδειξε πως οι ασκήσεις με αντιστάσεις βελτιώνουν τη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου ($VO_2\ peak$), παρόμοια με την αερόβια προπόνηση, σε ασθενείς με **καρδιακή ανεπάρκεια**. Τα ευρήματα 46 μελετών Οι ερευνητές ανέφεραν πως η μυϊκή ενδυνάμωση οδηγεί σε σημαντική αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου $VO_2\ peak$ συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου⁶⁵. Σε μοριακό επίπεδο, η πρόοδος της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου $VO_2\ peak$ έπεται από προπόνηση με αντιστάσεις έχει συσχετισθεί με βελτίωση της οξειδωτικής ικανότητας του μυός, μέσω της αύξησης της κιτρικής συνθάσης και της παραγωγής μορίων ATP. Η άσκηση αποτελεί ασφαλή και αποτελεσματική παρέμβαση για τη βελτίωση της πρόσληψης οξυγόνου σε ασθενείς με **καρδιακή ανεπάρκεια** και μειωμένο κλάσμα εξώθησης^{68,69}. Στο ίδιο δείγμα ασθενών, δεδομένα από τη μετά - ανάλυση των Haykowsky και συνεργατών⁷⁰ έδειξαν πως η μυϊκή ενδυνάμωση με αντιστάσεις δρα ευεργετικά στη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, παρουσιάζοντας όμοια αποτελέσματα με τις ομάδες που ακολούθησαν αποκλειστικά αερόβια ή συνδυασμό αερόβιων και υπό αντίσταση ασκήσεων. Οι Savage και συνεργάτες⁶⁷ διερεύνησαν την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στη σωματική αναπηρία ασθενών με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια. Ένας από τους παράγοντες που αξιολογήθηκαν πριν και μετά την προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης ήταν η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου, VO_{2peak} . Η VO_{2peak}

υπολογίσθηκε μέσω της εξάλεπτης δοκιμασίας βάρδισης, 6-min Walk Distance και της αυτοαναφερόμενης φυσικής λειτουργίας με τη χρήση του ερωτηματολογίου Short Form 36 Health Survey Questionnaire (SF-36) για την ποιότητα ζωής. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου, VO_{2peak} , από $14.6(mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})$ σε $15.6(mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})$, για το δείγμα ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια που ακολούθησε το πρόγραμμα ενδυνάμωσης, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου στην οποία δεν εντοπίστηκε κάποια διαφορά. Όπως επισημαίνεται από τους ερευνητές, η αύξηση της VO_{2peak} από την προπόνηση με αντιστάσεις δεν είναι κλινικά σημαντική, σε αντίθεση με την αερόβια προπόνηση η οποία φαίνεται να παρέχει σημαντικότερα οφέλη στη μεταβλητή αυτή. Ωστόσο, η μυϊκή δύναμη είναι καθοριστική για την ισχύ που απαιτείται κατά τη διάρκεια αερόβιων δραστηριοτήτων, όπως η άσκηση σε κυλιόμενο τάπητα. Από το πρίσμα αυτό, η συσχέτιση μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου και φυσικής λειτουργίας, αποτυπώνουν την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης⁶⁷.

Τέλος, μία ακόμα διαθέσιμη μελέτη αφορά ασθενείς με υπέρταση, στους οποίους αξιολογήθηκε η VO_{2peak} μετά από εφαρμογή προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης. Μετά- ανάλυση των Cornelissen και συνεργατών⁵³ έδειξε σημαντική αύξηση της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου VO_{2peak} , σε 1012 ενήλικες με προϋπέρταση ή φυσιολογική Αρτηριακή Πίεση, έπειτα από προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης. Οι ερευνητές παρατήρησαν αύξηση της VO_{2peak} κατά 10.6% μετά τη λήξη προγράμματος δυναμικής προπόνησης με αντιστάσεις.

1.3.2 Επίδραση των Ασκήσεων Αντίστασης στην Καρδιοαναπνευστική Ικανότητα (CRF)

Η πλειονότητα των ερευνητικών στοιχείων, συσχετίζει την Καρδιοαναπνευστική Ικανότητα αποκλειστικά με την αερόβια δραστηριότητα (**Σχήμα 7**). Εντούτοις, τα αποτελέσματα πρόσφατης συστηματικής ανασκόπησης και μετά-ανάλυσης 1940 συμμετεχόντων από τους Hollings και συνεργάτες⁴³ υποστηρίζουν ότι η προοδευτική προπόνηση αντίστασης (Progressive Resistance Training-PRT) βελτιώνει, σε αντίστοιχο βαθμό με την αερόβια άσκηση, την καρδιοαναπνευστική ικανότητα (CRF) σε ενήλικες με καρδιαγγειακή νόσο. Ειδικότερα, κατά τη σύγκριση αερόβιας άσκησης και προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης σε ασθενείς

με στεφανιαία νόσο, παρατηρήθηκε παρόμοια βελτίωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας στις αντίστοιχες πειραματικές ομάδες, αφού η μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου (VO_{2peak}) και η ικανότητα άσκησης (Work Capacity) να μην παρουσιάζουν κάποια διαφορά. Η συνολική Καρδιοαναπνευστική ικανότητα αυξήθηκε κατά 15,6% με την προοδευτική προπόνηση υπό αντιστάσεις και 20,1% με την αερόβια προπόνηση⁴³. Οι Johannsen και συνεργάτες⁷¹, έπειτα από μελέτη που πραγματοποίησαν σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II ανέφεραν πως τα οφέλη της προπόνησης ενδυνάμωσης περιορίζονται σε άτομα με χαμηλό αρχικό επίπεδο καρδιοαναπνευστικής αντοχής. Ομοίως, έρευνα των Drenowatz και συνεργατών⁷², έδειξε πως τα οφέλη της μυϊκής ενδυνάμωσης στην καρδιοαναπνευστική ικανότητα είναι περισσότερο εμφανή σε υπέρβαρους ή παχύσαρκους ασθενείς με καθιστικό βίο.

Σχήμα 4.3: Επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στην αντοχή & φυσική λειτουργία



1.4 Μορφολογικές προσαρμογές του μυοκαρδίου έπειτα από προπόνηση αντίστασης

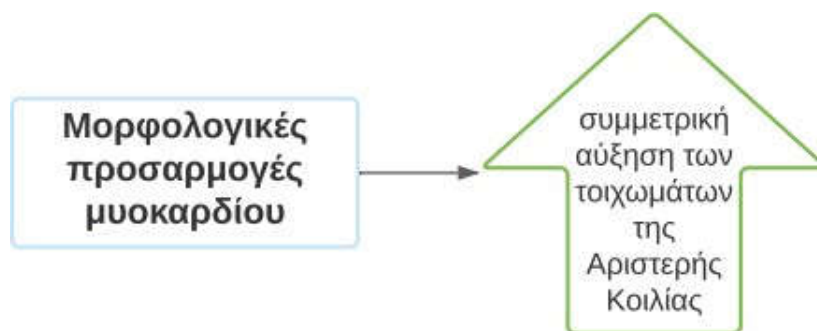
Η επίδραση της προπόνησης αντίστασης στην καρδιακή μορφολογία και λειτουργία, όπως έχει αποδειχθεί από μελέτες, αφορούν τη φυσιολογία του μυοκαρδίου. Αυτές οι μεταβολές, δημιουργούν άλλοτε φυσιολογικό, άλλοτε παθολογικό υπόβαθρο, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.

1.4.1 Επίδραση της άσκησης αντίστασης στην Αριστερή Κοιλία του μυοκαρδίου

Η υπερτροφία αριστερής κοιλίας που σχετίζεται με την προπόνηση αντίστασης φαίνεται να είναι απόκριση του φορτίου πίεσης και εξυπηρετεί στη μείωση της συστολικής επιβάρυνσης/ του συστολικού φορτίου ανά μυϊκή ίνα, διατηρώντας φυσιολογική την τάση στα τοιχώματα της αριστερής κοιλίας. Λόγω της φυσιολογικής υπερτροφίας, η συστολική και διαστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας είναι φυσιολογικές έπειτα από προπόνηση αντίστασης^{73,74,75}. Η έντονη προπόνηση αντίστασης αυξάνει χαρακτηριστικά το πάχος του τοιχώματος και τη μάζα της **αριστερής κοιλίας**, με ελάχιστη ή καθόλου μεταβολή της διαμέτρου αυτής^{73,74,75}. Η πάχυνση του τοιχώματος της αριστερής κοιλίας αν και μέτρια, είναι στατιστικά σημαντική³⁰. Τα τοιχώματα της αριστερής κοιλίας αυξάνουν το πάχος τους σύμφωνα με την άνοδο της μάζας του σκελετικού μύος που ασκείται, ακόμα και σε απροπόνητα άτομα των οποίων η πάχυνση του τοιχώματος αποτελεί δείκτη σωματικού βάρους³⁰. Η υπερτροφία αριστερής κοιλίας που προκαλείται από προπόνηση αντίστασης είναι συνήθως συμμετρική^{73,74,75} (**Σχήμα 4.4**), σε αντίθεση με την αερόβια προπόνηση η οποία επιφέρει ασύμμετρο αποτέλεσμα³⁰. Ηχοκαρδιογραφικές μελέτες, μάλιστα, έδειξαν πως η υπερτροφία αριστερής κοιλίας έπειτα από προπόνηση αντίστασης, ακολουθεί το μοτίβο ενός φυσιολογικού μυοκαρδίου, σε αντίθεση με τα ευρήματα στις καρδιακές παθήσεις που υποδεικνύουν ίνωση⁷⁶. Ωστόσο, όπως αναφέρει το American Heart Association³⁰ υπάρχουν ελάχιστες μελέτες που δεν ανέδειξαν υπερτροφία αριστερής κοιλίας έπειτα από προπόνηση αντίστασης σε γυναίκες. Σε ασθενείς με Καρδιακή Ανεπάρκεια, επικρατούσε η πεποίθηση πως το αυξημένο μεταφορτίο κατά τη διάρκεια της ανύψωσης βάρους, οδηγεί σε λειτουργική βλάβη και

ανεπιθύμητη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας. Ωστόσο, στην πραγματικότητα, οι αιμοδυναμικές αποκρίσεις κατά τη διάρκεια του προγράμματος ενδυνάμωσης δεν υπερβαίνουν τα επίπεδα που το άτομο επιτυγχάνει στην αξιολόγηση. Έτσι, η προπόνηση αντίστασης δεν θα πρέπει να αποτελεί αντένδειξη, καθώς μπορεί να ενταχθεί με ασφάλεια στην αποκατάσταση ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια, εφόσον δεν έχουν σημειωθεί ανεπιθύμητες επιδράσεις.

Σχήμα 4.4: Επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στη μορφολογία του μυοκαρδίου



1.5 Αιμοδυναμικές αποκρίσεις στη μυϊκή ενδυνάμωση

Η μετάβαση από την κατάσταση ηρεμίας στην άσκηση απαιτεί προσαρμογές στην αναπνευστική και καρδιαγγειακή λειτουργία, προκειμένου να ανταποκριθούν τα συστήματα αυτά στις μεταβολικές απαιτήσεις των εργαζόμενων μυών. Οι καρδιαγγειακές αποκρίσεις που παρατηρούνται σε οξεία περίοδο άσκησης περιλαμβάνουν αλλαγές στην Αρτηριακή Πίεση, την Καρδιακή Συχνότητα, στον Όγκο Παλμού, στην Καρδιακή Παροχή και το Γινόμενο Συχνότητας – Πίεσης⁷⁷. Η προπόνηση με ασκήσεις υπό αντίσταση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καρδιακή αναδιαμόρφωση. Συγκεκριμένα, λαμβάνουν χώρα τροποποιήσεις περιφερικού τύπου όπως αυξημένη πυκνότητα τριχοειδών και άνοδο της οξειδωτικής ικανότητας, μειωμένες περιφερικές αντιστάσεις και ελαττωμένο μεταφορτίο αριστερής κοιλίας. Οι αποκρίσεις αυτές, σχετίζονται άμεσα με την ένταση της προσπάθειας, τον αριθμό των σετ και επαναλήψεων και τα διαστήματα ανάπαυσης μεταξύ των δραστηριοτήτων^{78,79,80}. Στους περιορισμούς της παρούσης ανασκόπησης, εντάσσονται τα ελλιπή ερευνητικά δεδομένα αναφορικά με τις αιμοδυναμικές προσαρμογές έπειτα από ένα μακροχρόνιο πρόγραμμα με ασκήσεις αντίστασης, καθώς οι κλινικές δοκιμές περιορίζονται στην Καρδιακή Συχνότητα και την Αρτηριακή Πίεση. Συνεπώς, θα αναλυθούν κυρίως οι οξείες αιμοδυναμικές αποκρίσεις στην προπόνηση ενδυνάμωσης. **(Σχήμα 5.5)**

1.5.1 Αρτηριακή Πίεση, Blood Pressure (BP)

Η αερόβια προπόνηση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι στην πρόληψη και αντιμετώπιση καρδιαγγειακών παθήσεων και τον έλεγχο της Αρτηριακής Πίεσης. Εντούτοις, η ιατρική κοινότητα είναι επιφυλακτική ως προς την εφαρμογή προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης σε καρδιαγγειακούς ασθενείς. Η άποψη αυτή στηρίζεται στο γεγονός πως η άνοδος της αρτηριακής πίεσης που προκαλείται έπειτα από ασκήσεις αντίστασης μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο καρδιαγγειακών επιπλοκών, ιδιαίτερα σε ηλικιωμένα άτομα με καρδιακά προβλήματα⁸¹. Όπως επισημαίνει το European Society of Cardiology³⁴, ποικίλες μελέτες έχουν αναδείξει πως η μυϊκή ενδυνάμωση δεν πρέπει να αποτελεί πλέον αντένδειξη.

Η προπόνηση με αντιστάσεις αυξάνει την Αρτηριακή Πίεση αναλογικά με το φορτίο που επιβάλλεται στο σώμα, δηλαδή σύμφωνα με τον βαθμό της Μέγιστης Εθελοντικής Συστολής^{82,83}. Η απόκριση της Αρτηριακής Πίεσης εξαρτάται από το μέγεθος της ισομετρικής άσκησης, που εκφράζεται με το ποσοστό της Μέγιστης Εθελοντικής Συστολής, και τον αριθμό των εμπλεκόμενων μυϊκών ομάδων^{82,83}. Ακόμη, η απόκριση της Αρτηριακής Πίεσης είναι ανάλογη του αριθμού των επαναλήψεων και της διάρκειας που ασκείται το φορτίο³⁴. Υψηλότερες αυξήσεις στην Αρτηριακή Πίεση παρατηρούνται κατά την εφαρμογή πολλαπλών σετ στο 70-95% της Μέγιστης Εθελοντικής Συστολής. Σε περίπτωση που επέλθει χειρισμός Valsalva, οι αυξήσεις στην Αρτηριακή Πίεση είναι εντονότερες. Η εφαρμογή χρόνιας προπόνησης ενδυνάμωσης ελαττώνει τις αποκρίσεις της Αρτηριακής Πίεσης στην οξεία μέγιστη άσκηση⁸⁴. Μεταξύ άλλων, μειώνεται η Αρτηριακή Πίεση για τον ίδιο απόλυτο όγκο φορτίου της άσκησης. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην καρδιοπροστασία, καθώς το ποσοστό αύξησης της Αρτηριακής Πίεσης μπορεί να οδηγήσει σε καρδιοαγγειακά επεισόδια.

Η **υπέρταση** ή αυξημένη Αρτηριακή Πίεση, οδηγεί σε υψηλό καρδιοαγγειακό κίνδυνο και αποτελεί τον κυριότερο κίνδυνο θνητότητας (Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας). Ωστόσο, η υπέρταση είναι, μεταξύ άλλων, ένας από τους σημαντικότερους τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου για την πρόληψη καρδιοαγγειακών παθήσεων. Παρόλο που η φαρμακευτική παρέμβαση βρίσκεται στην πρώτη γραμμή για την αντιμετώπιση της υψηλής Αρτηριακής Πίεσης, οι αλλαγές στον τρόπο ζωής προτείνονται από σημαντικούς φορείς όπως American Heart Association (AHA) και American College of Sports Medicine (ACSM)⁸⁵. Στο πλαίσιο αυτό, πρόσφατες ανασκοπήσεις και μετά - αναλύσεις έχουν θεμελιώσει την προπόνηση με αντιστάσεις ως μέσο αντιμετώπισης της υψηλής Αρτηριακής Πίεσεως. Ειδικότερα, μετά- ανάλυση των Kelley και συνεργατών⁸⁶ έδειξε πως ένα πρόγραμμα ασκήσεων ενδυνάμωσης, ελάχιστης διάρκειας τεσσάρων εβδομάδων, ελαττώνει τη Συστολική Αρτηριακή Πίεση ηρεμίας κατά ~ 2- 3mmHg και τη Διαστολική Αρτηριακή Πίεση ηρεμίας, κατά ~ 2 – 4 mmHg . Όμοια μελέτη των Cornelissen και συνεργατών⁸⁷ ανέφερε πως μέτριας έντασης προπόνηση με αντιστάσεις οδηγεί σε μείωση της Συστολικής Αρτηριακής Πίεσης ηρεμίας κατά 3,2mmHg και της Διαστολικής Αρτηριακής Πίεσης ηρεμίας κατά 3,5mmHg. Στη

μετά- ανάλυση των Cornelissen και συνεργατών⁸⁷ συμπεριλήφθηκαν μελέτες μακράς διάρκειας με πάνω από 15 εβδομάδες προπόνηση ενδυνάμωσης αλλά και μικρότερης διάρκειας, δηλαδή λιγότερο από 15 εβδομάδες παρέμβασης. Η μικρή αυτή μείωση της Αρτηριακής Πίεσης, κατά 3-4 μονάδες παρόλο που φαίνεται αμελητέα, έχει αποδειχθεί κλινικά σημαντική. Εκτιμάται πως η πτώση αυτή της Αρτηριακής Πίεσης ελαττώνει τον κίνδυνο θνητότητας από καρδιαγγειακά αίτια κατά 5%, από εγκεφαλικό επεισόδιο κατά 8-14% και από κάθε άλλο αίτιο κατά 4% στον μέσο πληθυσμό.

Επιπλέον, η ευεργετική επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στον έλεγχο της Αρτηριακής Πίεσης έχει αποδειχθεί σε δύο μετά-αναλύσεις^{86,88}. Οι ερευνητές έδειξαν πως μετά από προπόνηση αντίστασης, η **Συστολική Αρτηριακή Πίεση** μειώθηκε κατά 2%, που αντιστοιχεί σε 3 mmHg, και η **Διαστολική Αρτηριακή Πίεση** ελαττώθηκε κατά 4%, δηλαδή 3,5 mmHg. Δεν σημειώθηκαν διαφορές στην αρτηριακή πίεση ηρεμίας σε άτομα που ακολούθησαν κυκλικό πρόγραμμα ασκήσεων αντίστασης σε σχέση με εκείνα που ακολούθησαν συμβατικό πρόγραμμα, καθώς και οι δύο ομάδες είχαν όμοιες βελτιώσεις. Αντίστοιχα, οι Kelley και συνεργάτες⁴⁰ διερεύνησαν την επίδραση της προπόνησης αντίστασης στην Αρτηριακή Πίεση Ηρεμίας σε άτομα που ακολουθούν καθιστική ζωή με φυσιολογική Αρτηριακή Πίεση ή υπέρταση, για διάρκεια τεσσάρων εβδομάδων. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση τόσο της συστολικής όσο και της διαστολικής αρτηριακής πίεσης κατά 3 mm Hg⁸⁶. Τα αποτελέσματα μετά – ανάλυσης⁸⁸ 1012 συμμετεχόντων υποστηρίζουν πως τόσο η ιστονική άσκηση με αντιστάσεις, ήπιας έντασης, όσο και η ισομετρική άσκηση, χαμηλής έντασης, επιφέρουν πτώση της Συστολικής και Διαστολικής Αρτηριακής Πίεσης κατά 3,2 mmHg. Οι συμμετέχοντες που ακολούθησαν πρόγραμμα ισομετρικής προπόνησης χειρολαβής, σημείωσαν εντονότερη ελάττωση της Συστολικής Αρτηριακής Πίεσης κατά την ηρεμία. Στοιχεία από τη συστηματική ανασκόπηση και μετά- ανάλυση των Carlson και συνεργατών⁷⁹, έδειξαν πως η ισομετρική άσκηση μειώνει την Αρτηριακή Πίεση σε υπερτασικά ή με φυσιολογική πίεση άτομα. Συγκεκριμένα, έπειτα από 4 εβδομάδες παρέμβασης, η Συστολική Αρτηριακή Πίεση μειώθηκε κατά ~6,77mmHg στα υγιή άτομα και ~4,31mmHg σε υπερτασικούς ασθενείς. Η Διαστολική Αρτηριακή Πίεση μειώθηκε κατά ~3,96mmHg

στους υγιείς και ~5,48mmHg στους ασθενείς με υπέρταση. Η Μέση Αρτηριακή Πίεση ελαττώθηκε κατά ~3,94mmHg στους υγιείς και ~6,01mmHg στα υπέρτασικά άτομα. Το δείγμα των ασθενών με υπέρταση λάμβανε παράλληλα με τη θεραπεία φαρμακευτική αγωγή.

Συνεπώς, προτείνεται ως μη φαρμακευτικό, ασφαλές και αποτελεσματικό μέσο ελάττωσης της Αρτηριακής Πίεσης⁸⁹. Ο μηχανισμός μέσω του οποίου η προπόνηση με αντιστάσεις επιδρά στην Αρτηριακή Πίεση παραμένει ασαφής⁸⁹.

1.5.2 Καρδιακή Συχνότητα, Heart Rate (HR)

Η απόκριση της Καρδιακής Συχνότητας στις ασκήσεις με αντιστάσεις είναι σε γενικές γραμμές χαμηλότερη συγκριτικά με την αερόβια άσκηση. Συνεπώς, η Καρδιακή Συχνότητα δεν αντικατοπτρίζει το πραγματικό φορτίο που ασκείται στο μυοκάρδιο³⁰. Είναι επιστημονικά τεκμηριωμένο πως ένα μακροχρόνιο αερόβιο πρόγραμμα οδηγεί σε ελάττωση της Καρδιακής Συχνότητας Ηρεμίας. Ωστόσο, προς γνώσιν μας, δεν υπάρχουν αντίστοιχες έρευνες αναφορικά με την προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης. Συνεπώς, στην παρούσα μελέτη θα αναλυθούν οι οξείες αποκρίσεις της Καρδιακής Συχνότητας στο πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης.

Κατά τη διάρκεια μιας ισομετρικής άσκησης, η **καρδιακή συχνότητα** αυξάνεται σύμφωνα με τον βαθμό της **μέγιστης εθελοντικής σύσπασης** (Maximum Voluntary Contraction) και όχι σύμφωνα με την απόλυτη τάση που αναπτύσσεται κατά την άσκηση⁹⁰. Η ραγδαία άνοδος της αρτηριακής πίεσης κατά την εφαρμογή ασκήσεων υπό αντιστάσεις, μπορεί να οδηγήσει σε επιπλοκές του καρδιακού ρυθμού¹⁶. Η μείωση της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της προπόνησης ενδυνάμωσης είναι μη φυσιολογική και μπορεί να υποδηλώνει ελιγμό Valsava. Η βραδυκαρδία που παρατηρείται έπειτα από ελιγμό Valsalva μπορεί να προκαλέσει σημαντικές αρρυθμίες, ακόμα και κοιλιακή μαρμαρυγή.

Η βελτίωση της μυϊκής δύναμης, μέσω της προπόνησης με αντιστάσεις, οδηγεί σε μείωση των αποκρίσεων καρδιακής συχνότητας και αρτηριακής πίεσης για δεδομένο φορτίο, καθώς το απαιτούμενο επίπεδο άσκησης μπορεί να επιτευχθεί με χαμηλότερο ποσοστό Μέγιστης Εθελοντικής Σύσπασης⁹¹. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο κίνδυνος υπέρμετρης φόρτισης του μυοκαρδίου λόγω μυϊκής

δραστηριότητας κατά την άσκηση, αλλά και σε καθημερινές δραστηριότητες, μειώνεται σημαντικά.

Οι Vincent και συνεργάτες⁹², εξέτασαν την επίδραση ενός προγράμματος μυσικής ενδυνάμωσης, διάρκειας 6 μηνών σε ποικίλους αιμοδυναμικούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων η Καρδιακή Συχνότητα. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Οι μεταβολές της καρδιακής συχνότητας αξιολογήθηκαν πριν και μετά την άσκηση, τόσο σε όρθια όσο και σε καθιστή θέση και παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4.2**.

Πίνακας 4.2 : Μεταβολές της Καρδιακής Συχνότητας ανά την ένταση, Vincent et al.⁹²

Καρδιακή Συχνότητα / Ένταση άσκησης	Χαμηλή	Υψηλή
Καθιστή θέση πριν την άσκηση	66.3 ± 9	66.8 ± 7
Καθιστή θέση μετά την άσκηση	69.0 ± 10	70.9 ± 8
Όρθια θέση πριν την άσκηση	72.6 ± 12	75.5 ± 7
Όρθια θέση μετά την άσκηση	72.7 ± 9	73.9 ± 9

Τα αποτελέσματα της μελέτης των Vincent και συνεργατών⁹² έδειξαν πως η Καρδιακή Συχνότητα αυξάνεται ελαφρώς μόνο κατά την άσκηση, ενώ μετά από 6 μήνες προπόνηση ενδυνάμωσης οι αρχικές τιμές παρέμειναν αμετάβλητες. Σε συμφωνία με τα παραπάνω, οι Sheehan και συνεργάτες⁹³ ανέφεραν μικρή αύξηση της Καρδιακής Συχνότητας, η οποία εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης με αντιστάσεις.

Οι Miguel και συνεργάτες⁹⁴ διερεύνησαν τις μεταβολές της Καρδιακής Συχνότητας, και άλλων αιμοδυναμικών παραμέτρων, μετά από προπόνηση ενδυνάμωσης σε γυναίκες με φυσιολογική Αρτηριακή Πίεση και υπέρταση. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν 3 σετ των 10 επαναλήψεων για τα κάτω άκρα,

με ένταση 80% 12RM. Τα ευρήματα έδειξαν πως η Καρδιακή Συχνότητα αυξάνεται σταδιακά όσο τα σετ προοδεύουν για το δείγμα των ατόμων με φυσιολογική Αρτηριακή Πίεση. Στις γυναίκες με υπέρταση, η Καρδιακή Συχνότητα αυξήθηκε σταδιακά στο πρώτο και δεύτερο σετ, ενώ στο τρίτο εμφάνισε ελαφριά μείωση. Οι ερευνητές αξιολόγησαν, επιπλέον, τις αιμοδυναμικές παραμέτρους 5' και 30' μετά την άσκηση, σημειώνοντας σταδιακή πτώση και επαναφορά της Καρδιακής Συχνότητας στις αρχικές τιμές.

1.5.3 Όγκος Παλμού, Stroke Volume (SV)

Ο Όγκος Παλμού κατά τη διάρκεια της προπόνησης με αντιστάσεις αυξάνεται ελαφρώς, σύμφωνα με τον βαθμό της Μέγιστης Εθελοντικής Συστολής. Έρευνες έδειξαν πως η άνοδος του Όγκου Παλμού εξαρτάται από την ένταση, τη διάρκεια και τη θέση του ατόμου κατά την άσκηση^{95,96}. Ωστόσο, το μέγεθος της αύξησης του Όγκου Παλμού σε ένα πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης είναι σημαντικά μικρότερο από την αερόβια προπόνηση.

Μελέτη των Steele και συνεργατών⁹⁷ έδειξε πως κατά τη διάρκεια των ασκήσεων ενδυνάμωσης ο Όγκος Παλμού αυξάνεται ελαφρώς σε σχέση με την ηρεμία. Αναλυτικότερα, στο δείγμα ασθενών της μελέτης των Steele και συνεργατών⁹⁷, εφαρμόστηκαν ασκήσεις του άνω κορμού υπό αντίσταση. Οι ερευνητές ανέφεραν πως όταν η άσκηση εκτελείται πάνω από το επίπεδο του μυοκαρδίου, ο Όγκος Παλμού είναι μεγαλύτερος συγκριτικά με όταν η άσκηση εκτελείται στο επίπεδο του μυοκαρδίου. Η απόκριση αυτή εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια της άσκησης. Όπως επισημαίνουν παλαιότερες μελέτες, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η θέση στην οποία βρίσκεται ο ασθενής^{95,96}. Στην όρθια θέση, η επίδραση της βαρύτητας οδηγεί σε μειωμένη συσσώρευση αίματος στην περιφέρεια των άνω άκρων. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει αυξημένη φλεβική επαναφορά στην καρδιά μέσω της άνω κοίλης φλέβας, μεγαλύτερος τελοδιαστολικός όγκος και συσταλτικότητα του μυοκαρδίου άρα άνοδος στον Όγκο Παλμού^{95,96}. Ομοίως, οι Matos-Santos και συνεργάτες⁹⁸, εφάρμοσαν πρόγραμμα ασκήσεων ενδυνάμωσης και αξιολόγησαν τις καρδιοαγγειακές αποκρίσεις. Εφαρμόστηκαν 4 σετ των 12 επαναλήψεων στο 70% των 12RM. Τα

ευρήματα έδειξαν ότι ο Όγκος Παλμού αυξάνεται σταδιακά με την πάροδο των σετ και των επαναλήψεων.

1.5.4 Καρδιακή Παροχή, Cardiac Output (CO)

Κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης με αντιστάσεις, δεν υπάρχει καμία ουσιαστική μεταβολή στην Καρδιακή Παροχή και τον Όγκο Παλμού, συγκριτικά με τις τιμές κατά την ηρεμία⁹³. Ο **όγκος παλμού** παραμένει κατά κύριο λόγο αμετάβλητος εκτός από υψηλά επίπεδα MVC, της τάξεως πάνω από 50%, όπου μπορεί να μειωθεί. Καθώς το φορτίο μειώνεται και αυξάνονται οι επαναλήψεις, η Καρδιακή Παροχή μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με παρόμοιο τρόπο όπως κατά την αερόβια άσκηση⁹³.

Οι Sheehan και συνεργάτες⁹³ μελέτησαν την επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις στις αιμοδυναμικές παραμέτρους, μεταξύ των οποίων η Καρδιακή Παροχή. Οι πειραματικές ομάδες εφάρμοσαν μια σειρά τριών ασκήσεων υπό αντίσταση για τα άνω άκρα: πρέσα πάγκου σε ύπτια θέση, πρέσα ώμου σε όρθια θέση και κάμψη αντιβραχίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η Καρδιακή Παροχή ήταν σημαντικά μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της πρέσας πάγκου, ενώ στις μετρήσεις ακολουθεί η πρέσα ώμων σε όρθια θέση και τέλος η κάμψη αντιβραχίου. Στην ύπτια θέση, υπάρχει μεγαλύτερη φλεβική επαναφορά, που οδηγεί σε υψηλότερο τελοδιαστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας. Επομένως, αυξάνεται η συσταλτικότητα του μυοκαρδίου και η ροή του αίματος που εκτοξεύεται στην αορτή κατά τη συστολή είναι μεγαλύτερη. Οι ανωτέρω τιμές ήταν σπουδαιότερες στο τρίτο σετ, κάτι που επιβεβαιώνει τις υποθέσεις πως η Καρδιακή Παροχή εξαρτάται από τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης.

1.5.5 Γινόμενο Συχνότητας- Πίεσης, Rate- Pressure Product (RPP) / Διπλό Γινόμενο

Το Γινόμενο Συχνότητας - Πίεσης, Rate- Pressure Product (RPP) ή αλλιώς Διπλό Γινόμενο χρησιμοποιείται ως έμμεσος τρόπος μέτρησης της κατανάλωσης οξυγόνου από το μυοκάρδιο, σε στατικές και δυναμικές καταστάσεις⁹⁹. Κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης με αντιστάσεις, η Καρδιακή Συχνότητα και η Συστολική Αρτηριακή Πίεση αυξάνονται, συνεπώς, παρατηρείται άνοδος στο Διπλό Γινόμενο¹⁰⁰. Ωστόσο, σε ένα πρόγραμμα καρδιακής αποκατάστασης η ένταση είναι μέτρια και κυμαίνεται στο 40%-60% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης. Κατ' επέκταση, όπως έδειξε η έρευνα των Vincent και συνεργατών⁹², η αύξηση της Καρδιακής Συχνότητας στη διάρκεια του προγράμματος ενδυνάμωσης είναι ελάχιστη, άρα το Γινόμενο Συχνότητας - Πίεσης δεν φτάνει σε υπέρμετρες τιμές. Ακόμη, η αύξηση της δύναμης του σκελετικού μυός, που προκαλείται από την προπόνηση αντίστασης, οδηγεί σταδιακά σε χαμηλότερο αιμοδυναμικό στρες καρδιακής συχνότητας και συστολικής αρτηριακής πίεσης, για μια δεδομένη μυϊκή δύναμη.

Όπως αναφέρει ανασκόπηση του American Heart Association⁴⁰, κατά τη διάρκεια της προπόνησης ενδυνάμωσης η καρδιακή συχνότητα παρουσιάζει μέτρια άνοδο συγκριτικά με την αερόβια άσκηση. Μέσω της προπόνησης υπό αντιστάσεις ασκείται σημαντικό φορτίο πίεσης στο καρδιοαγγειακό σύστημα. Η σημαντική μειωμένη απόκριση της καρδιακής συχνότητας κατά την ενδυνάμωση, οδηγεί σε χαμηλότερο διπλό γινόμενο πίεσης - συχνότητας συγκριτικά με την αερόβια άσκηση. Συνεπώς, ένα χαμηλότερο γινόμενο συχνότητας - πίεσης, που προκαλείται από την προπόνηση ενδυνάμωσης, σε συνδυασμό με την υψηλή Διαστολική Αρτηριακή Πίεση, μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη οξυγόνωση του μυοκαρδίου συγκριτικά με την αερόβια προπόνηση¹⁰¹. Οι Adams και συνεργάτες⁸⁰, διερεύνησαν τις μεταβολές στο Διπλό Γινόμενο έπειτα από προπόνηση με αντιστάσεις, συγκριτικά με την αερόβια προπόνηση. Οι συμμετέχοντες εφάρμοσαν αερόβια άσκηση σε κυλιόμενο τάπητα και πρέσα στήθους υπό αντίσταση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το Διπλό Γινόμενο ήταν σημαντικά μεγαλύτερο στα άτομα που ασκήθηκαν με το αερόβιο πρόγραμμα, συγκριτικά με τα άτομα που εφάρμοσαν ασκήσεις ενδυνάμωσης. Έρευνητικά

δεδομένα του Baylor University Medical Center¹⁰², αναφορικά με το φορτίο που ασκείται στο μυοκάρδιο, έδειξαν πως η αερόβια προπόνηση σε κυλιόμενο τάπητα ασκεί μεγαλύτερο φορτίο στο καρδιαγγειακό σύστημα, που εκφράζεται με την αύξηση του Γινομένου Συχνότητας- Πίεσης.

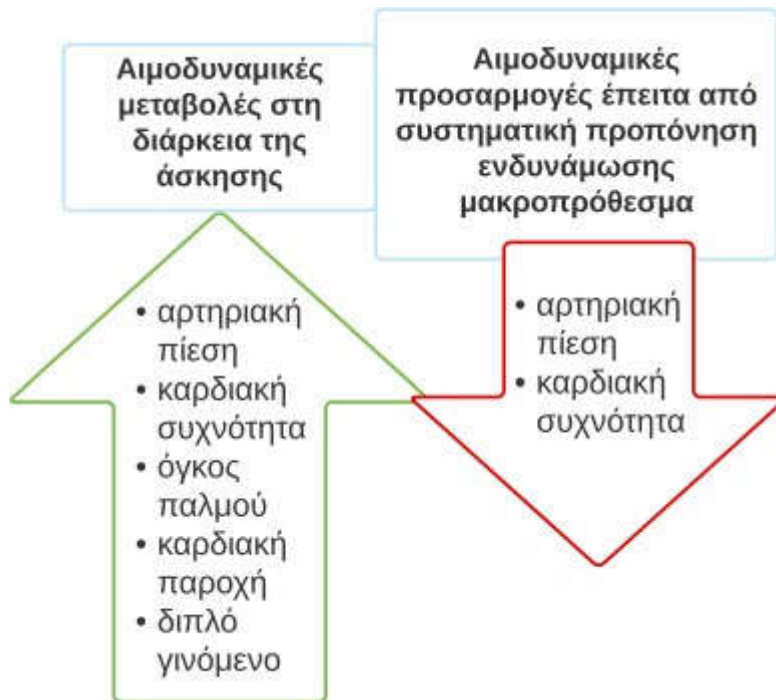
Οι Μαιοι και συνεργάτες⁷⁸ εξέτασαν τις μεταβολές στο Διπλό Γινόμενο έπειτα από δυναμική και ισομετρική προπόνηση ενδυνάμωσης σε άνω και κάτω άκρα με διαφορετικές εντάσεις 25% , 50% και 75% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης. Οι ερευνητές ανέφεραν πως το Γινόμενο Συχνότητας- Πίεσης ήταν σημαντικά μεγαλύτερο κατά την ενδυνάμωση των κάτω άκρων, συγκεκριμένα πρέσα ποδιών leg press. Αντίθετα, στην ενδυνάμωση των άνω άκρων με πρέσα πάγκου bench press, το Διπλό Γινόμενο ήταν μικρότερο. Οι αποκλίσεις αυτές ανάμεσα στις μυϊκές ομάδες παρατηρήθηκαν τόσο στη δυναμική όσο και την ισομετρική δραστηριότητα. Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανώς στην ενεργοποίηση μυϊκών ομάδων με μεγαλύτερη μάζα και αυξημένες μεταβολικές ανάγκες για την εκτέλεση της δραστηριότητας. Σε ό,τι αφορά τη σύγκριση δυναμικής και ισομετρικής άσκησης, οι επιστήμονες ανέφεραν πως στα κάτω άκρα οι δυναμικές δραστηριότητες προκάλεσαν μεγαλύτερη αύξηση στο Διπλό Γινόμενο. Αντίθετα, ισχυρότερες αποκρίσεις στα άνω άκρα επήλθαν μέσω της ισομετρικής άσκησης.

Οι Carlson και συνεργάτες¹⁰³ ανέλυσαν τις μεταβολές στο Διπλό Γινόμενο έπειτα από ισομετρική προπόνηση με αντιστάσεις σε άτομα με προϋπέρταση και φυσιολογική Αρτηριακή Πίεση. Οι συμμετέχοντες εφάρμοσαν ισομετρική άσκηση χειρολαβής με ένταση 5%, 10% ή 30% της Μέγιστης Εθελοντικής Σύσπασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν συσχέτιση του Γινομένου Συχνότητας- Πίεσης με την ένταση της άσκησης, σε συμφωνία με προηγούμενες μελέτες^{78,79,80,94}, ενώ όπως ήταν αναμενόμενο υψηλότερες αρχικές τιμές Αρτηριακής Πίεσης οδηγούσαν σε πιο αυξημένο Διπλό Γινόμενο. Οι αναλυτικές μετρήσεις παρουσιάζονται στον **Πίνακα 4.3.**

Πίνακας 4.3: Μετρήσεις Διπλού Γινομένου, αναλογικά με τον βαθμό MVC, Carlson et al. ¹⁰³		
	Αρχικές τιμές	Μέγιστη τιμή RPP
	Μέσος Όρος RPP	
Φυσιολογική ΑΠ		
5% MVC	7865 ± 1355	9617 ± 3115
10% MVC	8251 ± 1103	9409 ± 2334
30% MVC	7764 ± 1254	11586 ± 3297
Προ - Υπέρταση		
5% MVC	9001 ± 1186	10479 ± 1716
10% MVC	9325 ± 1157	11041 ± 1984
30% MVC	9074 ± 1353	14136 ± 5879
MVC-maximum voluntary contraction Μέγιστη Εθελοντική Συστολή, RPP-rate pressure product Γινόμενο Συχνότητας - Πίεσης, ΑΠ - Αρτηριακή Πίεση		

Παρόμοια μελέτη των Mohebbi και συνεργατών¹⁰⁴ εφάρμοσε πρόγραμμα ασκήσεων ενδυνάμωσης με ασκήσεις άνω και κάτω κορμού, αλλά και συνεδρίες ενδυνάμωσης ολόκληρου του σώματος σε άνδρες με φυσιολογική Αρτηριακή Πίεση. Το πρόγραμμα περιελάμβανε 3 σετ των 10 επαναλήψεων με ένταση 65% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης και 2 λεπτά μεσοδιάστημα ανάπαυσης. Τα ευρήματα έδειξαν αυξημένο Γινόμενο Συχνότητας - Πίεσης για τα άτομα που ασκήθηκαν υπό αντίσταση με μικρές διαφορές συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου.

Σχήμα 4.5: Αιμοδυναμικές μεταβολές στη διάρκεια της άσκησης ενδυνάμωσης και μακροπρόθεσμες προσαρμογές



1.6 Επίδραση των ασκήσεων αντίστασης στην ενδοθηλιακή λειτουργία

Οι ελαστικές ιδιότητες των τοιχωμάτων των αρτηριών καθορίζονται από δομικούς παράγοντες, όπως διαθεσιμότητα σε κολλαγόνο και ελασίνη, και λειτουργικούς παράγοντες όπως ο αγγειακός τόνος⁴⁰. Ποικίλες μεταβλητές όπως το γήρας, η υπέρταση, η αντίσταση στην ινσουλίνη και ο Σακχαρώδης Διαβήτης, οδηγούν σε αυξημένη **αρτηριακή σκληρία** λόγω εκφύλισης των αρτηριών, άνοδο της περιεκτικότητας σε κολλαγόνο ιστό και ασβέστιο, διεύρυνση των αρτηριών και υπερτροφία⁴⁰. Όλα τα ανωτέρω οδηγούν σε αυξημένη Συστολική Αρτηριακή Πίεση και κίνδυνο εμφάνισης καρδιακών συμβαμάτων. (**Σχήμα 4.6**)

Τα ενδοθηλιακά κύτταρα του αγγειακού συστήματος κατέχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη ρύθμιση της αγγειακής δραστηριότητας. Σαν ένας ενδοκρινής αδένας, τα ενδοθηλιακά κύτταρα συνθέτουν και εκκρίνουν μία ποικιλία αγγειοδραστικών ουσιών απαραίτητων για τη διατήρηση της ομοιόστασης εντός των αγγείων, με κυριότερη του μονοξειδίου του αζώτου (Nitric oxide, NO). Οι Okamoto και συνεργάτες⁵⁷ επέλεξαν το συνδυασμό της χαμηλής έντασης προπόνησης αντίστασης, 50% της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM), με μικρά χρονικά

διαστήματα ανάπαυσης, 30 δευτερόλεπτα ανάμεσα στα σετ μίας άσκησης, με σκοπό τη δημιουργία ενός υποξικού και όξινου ενδομυϊκού περιβάλλοντος το οποίο να συνεισφέρει στην παραγωγή νιτρικού οξέος και κατ' επέκταση στην αύξηση της αρτηριακής εκτατότητας (arterial distensibility). Η αρτηριακή εκτατότητα φαίνεται να σχετίζεται είτε με δομική αναδιαμόρφωση ή με μειωμένο αγγειακό τόνο λείων μυϊκών ινών και συντελεί στη μείωση της αρτηριακής σκληρίας. Πρόσφατη μελέτη των Dias και συνεργατών¹⁰⁵ εντόπισε σημαντική πρόοδο στην ενδοθηλιακή λειτουργία, έπειτα από εφαρμογή προπόνησης ενδυνάμωσης σε παχύσαρκους εφήβους για 12 εβδομάδες. Η συγκέντρωση της ενδοθηλίνης- 1 στο πλάσμα μειώθηκε ενώ η μικροαγγειακή δράση στους μύες και το δέρμα, που εξαρτώνται από το ενδοθήλιο, εμφάνισε βελτίωση¹⁰⁵. Επιπλέον, μελέτη σε νεαρούς άνδρες έδειξε πως η προπόνηση αντίστασης μειώνει τη συγκέντρωση ενδοθηλίνης-1 στο πλάσμα. Η ενδοθηλίνη- 1 (ET- 1), είναι ο πιο ισχυρός αγγειοσυσταλτικός παράγοντας, ρυθμίζει τον αγγειακό τόνο, ενώ δρα επιπλέον ως αυξητικός παράγοντας και επάγει τον πολλαπλασιασμό των λείων μυϊκών κυττάρων.

Επίσης, οι Okamoto και συνεργάτες⁵⁷ παρατήρησαν αύξηση στην αιματική ροή στα μέλη της πειραματικής ομάδας, γεγονός που υποδηλώνει μία περαιτέρω ενίσχυση της ενδοθηλιακής λειτουργίας ύστερα από προπόνηση αντίστασης με συγκεκριμένες ρυθμίσεις. Συνεπώς, ένα παρόμοιο πρόγραμμα άσκησης αντίστασης, ευνοώντας την αρτηριακή λειτουργία, ίσως να συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων μίας καρδιοαγγειακής πάθησης.

Ένας πιθανός μηχανισμός που οδηγεί σε δυσλειτουργία του ενδοθηλίου είναι η μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα σε **νιτρικό οξύ**⁴⁰. Ακόμη, η αύξηση του συμπαθητικού τόνου, που είναι αρκετά συχνή σε καρδιοαγγειακούς ασθενείς με υπέρταση, οδηγεί σε λειτουργικές αλλαγές στα τοιχώματα των αρτηριών¹⁰⁶. Μελέτη των Pratley και συνεργατών⁴⁰, η προπόνηση αντίστασης εγείρει τα επίπεδα νορεπινεφρίνης, νευροδιαβιβαστή που διεγείρει το συμπαθητικό σύστημα, σε κατάσταση ηρεμίας. Ειδικότερα, έπειτα από 16 εβδομάδες έντονης προπόνησης ενδυνάμωσης σε υγιείς άνδρες, τα επίπεδα νορεπινεφρίνης στο πλάσμα αυξήθηκαν κατά 36%. Ωστόσο, ο αυξημένος αγγειοσυσταλτικός τόνος του συμπαθητικού νευρικού συστήματος φαίνεται να είναι μεγαλύτερος στις αρτηρίες περιφερικών μυών, σε σύγκριση με κεντρικές ελαστικές αρτηρίες. Σε συμφωνία με τα ευρήματα των

Cortez- Cooper¹⁰⁷, Miyachi¹⁰⁹ και συνεργατών, οι Pratley και συνεργάτες⁴⁰ έδειξαν αύξηση της αρτηριακής σκληρίας μόνο στις κεντρικές αρτηρίες, ενώ στις περιφερικές δεν εντοπίστηκε καμία αλλαγή. Η επίδραση της προπόνησης αντίστασης στο περιφερικό σύστημα έχει διερευνηθεί από τους Dieberg και συνεργάτες⁶⁵, οι οποίοι έδειξαν πως ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης μέτριας έντασης πυροδοτεί τη μείωση της αυτόνομης δραστηριότητας και των περιφερικών αγγειακών αντιστάσεων σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια και μειωμένο κλάσμα εξώθησης. Η ελάττωση των περιφερικών αγγειακών αντιστάσεων σχετίζεται, επιπλέον, με κεντρικού τύπου μεταβολές όπως η μείωση του μεταφορτίου και αύξηση του κλάσματος εξωθήσεως της αριστερής κοιλίας⁶⁵. Οι Dieberg και συνεργάτες⁶⁵ παρουσίασαν ένα πρόγραμμα μέτριας έντασης με ασκήσεις υπό αντίσταση, το οποίο φθίνει την αυτόνομη δραστηριότητα, μειώνοντας τις περιφερικές αγγειακές αντιστάσεις σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια και μειωμένο κλάσμα εξώθησης. Στο πλαίσιο αυτό, έρευνα των Hambrecht και συνεργατών περιέγραψαν μια πτώση στη συμπαθητική δραστηριότητα με ταυτόχρονη αύξηση του αγγειακού τόνου⁶⁵. Οι μεταβολές αυτές οφείλονται στην προπόνηση με αντιστάσεις και οδηγεί σε ελάττωση της καρδιοαγγειακής αυτόνομης δραστηριότητας. Η μείωση των περιφερικών αγγειακών αντιστάσεων σε αυτούς τους ασθενείς, σχετίζεται με ελάττωση του πάχους των αρτηριακών τοιχωμάτων.

1.6.1 Αρτηριακή Ενδοτικότητα

Εντούτοις, η ανεξάρτητη επίδραση της αναερόβιας προπόνησης υπό αντιστάσεις δεν έχει διερευνηθεί εκτενώς, αφού όπως επισημαίνει ανασκοπική έρευνα του American Heart Association⁴⁰, μόλις τρεις μελέτες^{107,108,109} έχουν εξετάσει την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στην αρτηριακή λειτουργία. Ειδικότερα, οι Miyachi και συνεργάτες¹⁰⁹ ανέφεραν πως η εφαρμογή ασκήσεων αντίστασης 3 φορές την εβδομάδα για 4 μήνες μείωσε την καρωτιδική **αρτηριακή ενδοτικότητα** κατά 19% σε νέους υγιείς άνδρες στην άρση βαρών. Οι συμμετέχοντες είχαν φυσιολογική Αρτηριακή Πίεση (<140/90mmHg) και δεν ήταν παχύσαρκοι (Δείκτης Μάζας Σώματος <30 kg/m²). Το πρόγραμμα περιελάμβανε ασκήσεις αντίστασης, ολόκληρου του σώματος με ένταση 80% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης. Τα αποτελέσματα περιορίστηκαν στη μείωση της καρωτιδικής αρτηριακής

ενδοτικότητα, με καμία σημαντική αλλαγή στις υπόλοιπες αρτηρίες. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως η καρωτιδική αρτηριακή ενδοτικότητα επέστρεψε στις αρχικές τιμές περίπου 2-4 μήνες μετά τη διακοπή της προπόνησης αντίστασης. Η αρτηριακή δυσκαμψία εκτιμήθηκε με τον δείκτη β- δυσκαμψίας, **β- stiffness index**, ο οποίος αυξήθηκε κατά 21% μετά το πρόγραμμα ενδυνάμωσης. Ο δείκτης β-δυσκαμψίας αποτελεί τον πιο κοινό τρόπο αξιολόγησης της αρτηριακής δυσκαμψίας, χωρίς τη συνεκτίμηση της Αρτηριακής Πίεσης. Μέσω αυτού, εκτιμάται ο κίνδυνος λειτουργικής βλάβης στο αγγειακό σύστημα¹¹⁰. Στην ομάδα ελέγχου δεν παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες αλλαγές στην αρτηριακή ενδοτικότητα και τον δείκτη β – δυσκαμψίας, β – stiffness index. Αντίστοιχα, οι Cortez- Cooper και συνεργάτες¹⁰⁷ εφάρμοσαν ασκήσεις αντίστασης σε υγιείς γυναίκες χωρίς κάποια προηγούμενη εμπειρία στην άρση βαρών. Το πρόγραμμα πραγματοποιήθηκε 4 φορές την εβδομάδα για 3 μήνες, με ασκήσεις υψηλής έντασης και προοδευτική επιβάρυνση. Τα ευρήματα έδειξαν άνοδο 8% - 13% στον δείκτη καρωτιδικής αρτηριακής αύξησης, Augmentation Index AI, έναν έμμεσο τρόπο υπολογισμού της αρτηριακής δυσκαμψίας. Όπως αναφέρουν οι ερευνητές, οι μετρήσεις δυσκαμψίας των περιφερικών αρτηριών δεν έδειξαν σημαντική μεταβολή.

Στον αντίποδα, οι Rakobowchuk και συνεργάτες¹⁰⁸ χρησιμοποιώντας παρόμοιες τεχνικές μέτρησης βρήκαν πως η **κεντρική αρτηριακή ενδοτικότητα** παρέμεινε αμετάβλητη έπειτα από 3 μήνες εφαρμογής προπόνησης ενδυνάμωσης σε νεαρούς άνδρες. Η απόκλιση μεταξύ των ερευνητικών δεδομένων πιθανώς οφείλεται στα διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης. Στις μελέτες των Miyachi¹⁰⁹, Cortez-Cooper¹⁰⁷ και συνεργατών, στις οποίες η αρτηριακή σκληρία αυξήθηκε, εφαρμόστηκε υψηλής έντασης άσκηση και μεγάλος όγκος προπόνησης, πάνω από 6 σεντ ανά άσκηση, κάτι το οποίο δεν προτείνεται στο μέσο πληθυσμό παρά μόνο σε αθλητές. Αντίθετα, στην έρευνα των Rakobowchuk και συνεργατών¹⁰⁸ η ένταση αυξήθηκε προοδευτικά, ενώ ο όγκος προπόνησης παρέμεινε σταθερός. Μάλιστα, σύμφωνα με παλαιότερες μελέτες^{109,110,111} η αρτηριακή δυσκαμψία δεν μεταβάλλεται μετά από μικρής διάρκειας προπόνηση με αντιστάσεις. Η εφαρμογή προγράμματος ασκήσεων αντίστασης για 3-4 μήνες είναι εξαιρετικά σπάνιο να οδηγήσει σε αξιοσημείωτες δομικές αλλαγές στα αρτηριακά τοιχώματα.

1.6.2 Αρτηριακή Δυσκαμψία

Οι μεταβολικές επιδράσεις της μειωμένης μυϊκής μάζας, λόγω γήρατος ή χαμηλής φυσικής άσκησης, οδηγούν σε υψηλά ποσοστά παχυσαρκίας, αντίστασης στην ινσουλίνη, διαβήτη τύπου II, δυσλιπιδαιμία και υπέρταση⁴⁰. Αυτοί οι παράγοντες κινδύνου σχετίζονται με ανωμαλίες στη δομή και λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος όπως αρτηριακή σκληρία και διαταραχή στην ενδοθηλιακή λειτουργία.

Η υψηλής έντασης προπόνηση αντίστασης αποτελεί έναν τύπο άσκησης ο οποίος συνήθως δεν προτείνεται για την πλειοψηφία του πληθυσμού γιατί έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της **αρτηριακής σκληρίας**⁵⁷. Επιπλέον, η συγκέντρωση νοραδρεναλίνης στο πλάσμα του αίματος αυξάνεται ύστερα από αυτό το είδος προπόνησης προκαλώντας έντονη αγγειοσύσπαση η οποία οδηγεί, με τη σειρά της, σε αύξηση των αντιστάσεων στα περιφερικά αγγεία και κατά συνέπεια σε αύξηση της αρτηριακής πίεσης. Από την άλλη πλευρά, η χαμηλής έντασης άσκηση αντίστασης καταστέλλει τόσο την αύξηση της αρτηριακής πίεσης, όσο και εκείνη της συγκέντρωσης νοραδρεναλίνης στο πλάσμα του αίματος. Σε μία τυχαίοποιημένη ελεγχόμενη μελέτη, οι Okamoto και συνεργάτες⁵⁷ εξέτασαν την επίδραση της χαμηλής έντασης προπόνησης αντίστασης στην αρτηριακή σκληρία, σε συνδυασμό με μικρά χρονικά διαστήματα ανάπαυσης ανάμεσα στα σετ μίας άσκησης. Στη μελέτη συμμετείχαν νεαρά άτομα με μέσο όρο ηλικίας 18.5 ετών τα οποία χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την πειραματική και την ομάδα ελέγχου. Τα μέλη της πειραματικής ομάδας συμμετείχαν σε ένα πρόγραμμα ασκήσεων αντίστασης με συχνότητα 2 προπονήσεων ανά εβδομάδα, συνολικής διάρκειας 10 εβδομάδων. Η ένταση της αντίστασης ρυθμίστηκε στο 50% της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM) με χρονικό διάστημα ανάπαυσης ανάμεσα στα σετ 30 δευτερολέπτων. Η ομάδα ελέγχου δεν πραγματοποίησε κάποια μορφή άσκησης πέρα από τις καθημερινές δραστηριότητες των μελών της. Ύστερα από τη λήξη του προγράμματος, μονάχα η πειραματική ομάδα σημείωσε **μείωση της αρτηριακής σκληρίας**, γεγονός που, ίσως, αποδίδεται εν μέρει στην ικανότητα

καταστολής του συμπαθητικού τόνου την οποία διαθέτει η προπόνηση αντίστασης χαμηλής έντασης.

Σχήμα 4.6: Επίδραση της προπόνησης ενδυνάμωσης στην ενδοθηλιακή λειτουργία, παραμένει ασαφής



1.7 Μεταβολικές προσαρμογές στην προπόνηση αντίστασης

1.7.1 Μεταβολισμός Γλυκόζη

Ανωμαλίες στον μεταβολισμό της γλυκόζης όπως αντίσταση στην ινσουλίνη, δυσανεξία στη γλυκόζη και σακχαρώδης διαβήτης είναι βασικά χαρακτηριστικά του Μεταβολικού Συνδρόμου. Σε γενικές γραμμές, οι παθολογικές αυτές καταστάσεις αναδύονται όταν υπάρχει περιορισμένη διαθεσιμότητα ινσουλίνης ή μειωμένη απόκριση στη διαθέσιμη ποσότητα ινσουλίνης. Η προπόνηση ενδυνάμωσης, επιδρά θετικά σε μεταβολικούς μηχανισμούς όπως η κάθαρση της γλυκόζης και η ευαισθησία στην ινσουλίνη σε άτομα με διαβήτη, ενώ βελτιώνει τη συνολική διάθεση της ινσουλίνης στο σώμα κατά 48%, συγκριτικά με τα επίπεδα πριν την άσκηση¹¹² (Σχήμα 4.7).

Η πλειονότητα των μελετών έχει αναδείξει τα οφέλη της αερόβιας άσκησης στη ρύθμιση των επιπέδων της γλυκόζης στο αίμα. Εντούτοις, ανασκόπηση των Treserras και συνεργατών αναφέρει πως η προπόνηση με αντιστάσεις παρέχει όμοια οφέλη με την αερόβια δραστηριότητα αντοχής, στη ρύθμιση της γλυκόζης. Ειδικότερα, μελέτη του American Heart Association⁴⁰ έδειξε πως η προπόνηση με αντιστάσεις, ως μεμονομένη παρέμβαση σε ένα θεραπευτικό πρόγραμμα, βελτιώνει τη λειτουργία της γλυκόζης προλαμβάνοντας τον διαβήτη τύπου II. Ένα

σωστά δομημένο θεραπευτικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης με ασκήσεις αντίστασης φαίνεται πως βελτιώνει την δράση της ινσουλίνης στον σκελετικό μυ, την ανοχή στη γλυκόζη, και μειώνει τα επίπεδα γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης¹¹²⁻¹¹⁵. Οι Khaw και συνεργάτες¹¹⁶, ανέδειξαν τη σημασία διατήρησης χαμηλών επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, εκτιμώντας ότι η αύξηση της Γλυκοζυλιωμένης Αιμοσφαιρίνης (HbA1c) κατά μία μονάδα σε άτομα με τιμές HbA1c από 5% έως 6,9%, συνδέεται με 28% αυξημένο κίνδυνο θανάτου ανεξαρτήτως ηλικίας, Αρτηριακής Πίεσης, Δείκτη Μάζας Σώματος και επιπέδων χολιστερόλης στο αίμα.

Μεγάλος αριθμός μελετών τεκμηριώνει πως η προπόνηση αντίστασης δρα ευεργετικά στον μεταβολισμό της γλυκόζης. Ορισμένοι ερευνητές προτείνουν πως η ευόδωση των θετικών αποτελεσμάτων στον μεταβολισμό της γλυκόζης μπορεί να επιτευχθεί με πρωτόκολλα χαμηλής έως μέτριας έντασης και χαμηλού όγκου^{112,113}. Δημιουργούνται, έτσι, οι κατάλληλες προϋποθέσεις για τους καθιστικούς ασθενείς να συμμετέχουν σε ένα πιο ανεκτό πρόγραμμα ασκήσεων αντίστασης. Ταυτόχρονα, ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες μυοσκελετικού τραυματισμού κατά τη διάρκεια της προπόνησης συγκριτικά με το αν ακολουθούσαν ένα πρόγραμμα υψηλής έντασης και όγκου.

Σε επίπεδο φυσιολογίας, η προπόνηση ενδυνάμωσης αυξάνει την περιεκτικότητα των μυών σε υποδοχείς μεταφορέα γλυκόζης τύπου-4 GLUT-4 και υποδοχείς ινσουλίνης σε άτομα με διαβήτη, τεκμηριώνοντας την άποψη πως οι ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης με ασκήσεις αντίστασης εγείρει τη δράση της ινσουλίνης¹¹³. Οι Tabata και συνεργάτες¹¹⁴ ανέλυσαν τις μεταβολικές προσαρμογές στον σκελετικό μυ μετά από εφαρμογή προπόνησης με αντιστάσεις σε υγιείς άνδρες για 19 ημέρες. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες μεταφορέα γλυκόζης τύπου 4, GLUT4 κατά 30%. Στο δεύτερο στάδιο της μελέτης, η πειραματική ομάδα στην οποία εφαρμόστηκε μυϊκή ενδυνάμωση και η ομάδα ελέγχου στην οποία δεν πραγματοποιήθηκε καμία παρέμβαση, απείχαν από κάθε άσκηση και παρέμειναν στο κρεβάτι για 19 ημέρες μετά το πέρας της προπόνησης. Τα ευρήματα έδειξαν ταχύτατη πτώση στα επίπεδα GLUT4 στην ομάδα ελέγχου, συγκριτικά με το δείγμα που ακολούθησε ασκήσεις ενδυνάμωσης. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στον τομέα της

αποκατάστασης, καθώς οι καρδιοαγγειακοί ασθενείς συχνά βιώνουν μακρές περιόδους κλινοστατισμού λόγω αδυναμίας ή έπειτα από κάποια χειρουργική επέμβαση. Σε συμφωνία με τα παραπάνω, τα αποτελέσματα της πρόσφατης συστηματικής ανασκόπησης και μετά-ανάλυσης των Saeidifard και συνεργατών¹¹⁷ έδειξαν πως η προπόνηση με αντιστάσεις βελτιώνει τη μιτοχονδριακή λειτουργία στις μυϊκές ίνες των εργαζόμενων σκελετικών μυών και αυξάνει την έκφραση του μεταφορέα γλυκόζης τύπου 4 (GLUT-4). Ο μεταφορέας γλυκόζης τύπου 4 εκφράζεται αποκλειστικά στους ινσουλινοεξαρτώμενους περιφερικούς ιστούς, τον καρδιακό, τους σκελετικούς μύες και το λιπώδη ιστό και είναι η βασική πρωτεΐνη υπεύθυνη για την ινσουλινοεξαρτώμενη πρόσληψη της γλυκόζης από αυτούς τους ιστούς. Η ινσουλίνη διεγείρει ταχέως τη μεταφορά γλυκόζης στους μύες και το λίπος, αυξάνοντας τον αριθμό των μεταφορέων GLUT4 στην κυτταρική μεμβράνη, αυξάνοντας τελικά την πρόσληψη γλυκόζης και τη σύνθεση γλυκογόνου στο μυϊκό κύτταρο. Κατ' επέκταση, συμβάλλει στην ομαλή λειτουργία του μεταβολισμού της γλυκόζης και τον έλεγχο του διαβήτη τύπου II.

Παλαιότερη ανασκόπηση του American Heart Association³⁰ ανέφερε πως τα δεδομένα είναι ελλιπή, σχετικά με την προπόνηση αντίστασης σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II. Ωστόσο, πρόσφατα αυτή η θέση ανετράπη από δήλωση του American Diabetes Association¹¹⁸ η οποία κάνει λόγο για τα οφέλη της άσκησης, μεταξύ των οποίων και η προπόνηση με αντιστάσεις, στη βελτίωση του μεταβολισμού της γλυκόζης, στον γλυκαιμικό έλεγχο και την ευαισθησία στην ινσουλίνη. Οι Holten και συνεργάτες¹¹³ διερεύνησαν την επίδραση των ασκήσεων ενδυνάμωσης σε ασθενείς με διαβήτη τύπου II και υγιή άτομα. Το πρόγραμμα διήρκεσε 6 εβδομάδες και κάθε συνεδρία λιγότερο από 30 λεπτά, ενώ οι ασκήσεις ενδυνάμωσης πραγματοποιήθηκαν στο ένα μόνο κάτω άκρο, το οποίο συγκρίθηκε στο τέλος της μελέτης με το μη προπονημένο. Τα αποτελέσματα έδειξαν αυξημένη κάθαρση γλυκόζης στα προπονημένα κάτω άκρα και στις δύο ομάδες. Οι ερευνητές πρότειναν πως η εφαρμογή προγράμματος με ασκήσεις ενδυνάμωσης τρεις φορές την εβδομάδα για 30 λεπτά, ενεργοποιεί τη δράση της ινσουλίνης στους σκελετικούς μύες τόσο σε διαβητικούς όσο και σε υγιείς. Η άνοδος της μυϊκής δύναμης και μάζας, ως απόρροια της προπόνησης με αντιστάσεις, οδηγούν σε σημαντικές μεταβολικές αλλαγές στον μυ. Συγκεκριμένα, αυξάνεται η

περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μεταφορέα γλυκόζης τύπου 4, GLUT4, σε υποδοχείς ινσουλίνης, πρωτεϊνική κίνηση B-α/β, τη συνολική δράση και τη συνθάση γλυκογόνου. Οι πρωτεΐνες και τα ένζυμα αυτά παίζουν καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση της ινσουλίνης.

Οι Durak και συνεργάτες¹¹⁵ υπέθεσαν πως ένα πρόγραμμα ενδυνάμωσης με βάρη συμβάλλει ευεργετικά στους καρδιοαγγειακούς παράγοντες κινδύνου, στον έλεγχο της γλυκόζης και στα συνολικά επίπεδα δύναμης ασθενών με διαβήτη τύπου I. Οι συνεδρίες ενδυνάμωσης είχαν συχνότητα 3 φορές την εβδομάδα για διάστημα 10 εβδομάδων. Το πρόγραμμα εστίασε σε μεγάλες μυϊκές ομάδες με υψηλή ένταση, προοδευτικά αυξανόμενη από το 50% 2RM έως και το 100% 2RM. Οι ασκούμενοι λάμβαναν φαρμακευτική θεραπεία με ινσουλίνη, η οποία παρέμεινε σταθερή πριν και μετά το πέρας των προπονήσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης HbA_{1c} από 6.9 ± 1.4 πριν την προπόνηση, σε 5.8 ± 0.9 μετά την προπόνηση. Ακόμη τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα ελαττώθηκαν από 7.84 ± 3.10 πριν την προπόνηση, σε 7.08 ± 2.90 μετά την προπόνηση.

1.7.2 Γλυκαιμικός Έλεγχος

Η μυϊκή συστολή εγείρει την πρόσληψη γλυκόζης στον σκελετικό μυ, θέτοντας τις βάσεις για τη συνταγογράφηση προγραμμάτων με ασκήσεις αντίστασης σε άτομα με διαταραχές του μεταβολισμού. Μελέτες έδειξαν πως η μυϊκή ενδυνάμωση βελτιώνει τον γλυκαιμικό έλεγχο τόσο σε νέους όσο και σε μεγαλύτερης ηλικίας ασθενείς με **διαβήτη τύπου II**^{113,119,120}. Στο πλαίσιο αυτό, κατευθυντήριες οδηγίες από μεγάλους φορείς, όπως American College of Sports Medicine και American Diabetes Association, περιλαμβάνουν την προπόνηση υπό αντιστάσεις ως μη φαρμακευτικό και αποτελεσματικό μέσο πρόληψης και αντιμετώπισης του διαβήτη σε αυτό το δείγμα ασθενών. Η διατήρηση του γλυκαιμικού ελέγχου βασίζεται στην ενίσχυση της διαθεσιμότητας σε ινσουλίνη και στην εξάλειψη της αντίστασης στην ινσουλίνη. Η μυϊκή συστολή αυξάνει την κατανάλωση γλυκόζης και βελτιώνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη στον σκελετικό μυ, παρέχοντας σημαντικά οφέλη σε άτομα με δυσανεξία στη γλυκόζη¹²¹, όπως ασθενείς με διαβήτη. Μειώνει, επίσης, τα επίπεδα ινσουλίνης και γλυκόζης

πλάσματος νηστείας σε παχύσαρκα διαβητικά άτομα, ενώ μειώνει τα επίπεδα γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης HbA_{1c}, συμβάλλοντας στον μακροπρόθεσμο γλυκαιμικό έλεγχο.

Έρευνες έδειξαν πως η προπόνηση ενδυνάμωσης μειώνει τα επίπεδα γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης HbA_{1c} σε διαβητικούς άνδρες και γυναίκες ανεξαρτήτου ηλικίας^{115,120,121}. Η διατήρηση του γλυκαιμικού ελέγχου και η ελάττωση της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (HbA_{1c}) είναι ιδιαίτερα σημαντικοί στη μείωση μικροαγγειακών και μακροαγγειακών επιπλοκών στον διαβήτη. Συγκεκριμένα, μελέτη του UK Prospective Diabetes¹²² ανέφερε πως κάθε μονάδα ελάττωσης της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης HbA_{1c} συνδέεται με 35% μείωση των μικροαγγειακών επιπλοκών. Αντίστοιχα, μελέτη του European Prospective Investigation of Cancer and Nutrition¹¹⁶, έδειξε πως η αύξηση της HbA_{1c} κατά 1 τοις εκατό σχετίζεται με 28% αύξηση του κινδύνου θνητότητας. Ωστόσο, οι ευεργετικές επιδράσεις της προπόνησης αντίστασης στον γλυκαιμικό έλεγχο φαίνεται να εξαρτώνται από την ένταση, κυρίως όταν το άτομο ασκείται μεταξύ 70% - 90% της μίας μέγιστης επανάληψης (1 RM). Η θέση αυτή επικυρώνεται από το γεγονός ότι σε μελέτες στις οποίες εφαρμόστηκε πρόγραμμα ασκήσεων υπό αντιστάσεις για λιγότερο από 2 μήνες ή / και η ένταση ήταν λιγότερο από 50% της μίας μέγιστης επανάληψης, η πρόοδος της γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης ήταν μη σημαντική⁴⁰.

Οι Pesta και συνεργάτες¹¹⁹ σε ανασκόπηση που πραγματοποίησαν, επικεντρώθηκαν στην επίδραση της εφαρμογής χρόνιας προπόνησης με αντιστάσεις, στον γλυκαιμικό έλεγχο, δηλαδή τους μοριακούς και μεταβολικούς μηχανισμούς που επηρεάζουν αυτές τις προσαρμογές σε άτομα με διαβήτη τύπου II. Οι μελετητές ανέφεραν πως η αύξηση της μυϊκής μάζας, ως αποτέλεσμα της προπόνησης με αντιστάσεις, δρα ευεργετικά στον γλυκαιμικό έλεγχο και την απόκριση της ινσουλίνης. Ομοίως, οι Dunstan και συνεργάτες¹²⁰ έδειξαν πως ένα προοδευτικό πρόγραμμα με ασκήσεις αντίστασης, υψηλής έντασης ήταν αποτελεσματικό στη βελτίωση του γλυκαιμικού ελέγχου σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II. Οι μελετητές αξιολόγησαν τα θεραπευτικά οφέλη της μυϊκής ενδυνάμωσης σε υπέρβαρους ασθενείς (BMI >27 kg/m² και ≤40 kg/ m²) με

καθιστική ζωή, έπειτα από 3 και 6 μήνες άσκησης. Ειδικότερα, η γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη HbA_{1c} ελαττώθηκε κατά 0,6±0,7% στους 3 μήνες και 1,2±1.0 % στους 6 μήνες παρέμβασης. Επομένως, η επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις στη γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη HbA_{1c} σχετίζεται με το χρονικό διάστημα της δραστηριότητας. Οι ερευνητές πρότειναν πως τα πρωτόκολλα ασκήσεων ενδυνάμωσης που διαρκούν περισσότερο, οδηγούν σε σημαντικότερη μείωση της HbA_{1c}.

1.7.3 Ευαισθησία & Αντίσταση στην Ινσουλίνη

Η προπόνηση ενδυνάμωσης έχει βρεθεί πως δρα ευεργετικά σε αρκετές δυσλειτουργικές οδούς που σχετίζονται με τον διαβήτη. Εκτός από τη μείωση των επιπέδων γλυκόζης και γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης στο αίμα, βελτιώνει την ευαισθησία στην ινσουλίνη και ανοχή στη γλυκόζη. Επιπρόσθετα, μειώνει την ποσότητα της απαιτούμενης ινσουλίνης στη διαδικασία της κάθαρσης⁵⁰.

Τα υψηλά επίπεδα ινσουλίνης που εκδηλώνονται μέσω της αντίστασης στην ινσουλίνη μπορούν να περιορίσουν την καύση αποθεμάτων λίπους, καθώς δρουν ανασταλτικά στη β- οξειδωση των λιπαρών οξέων⁵⁰. Συνεπώς, ίσως καθίσταται δυσκολότερη η απώλεια βάρους. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη κλινική σημασία, διότι όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια της μελέτης, η παχυσαρκία συνδέεται με παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου και παθολογικές καταστάσεις. Όπως αναφέρουν οι Tresieras και συνεργάτες, βελτιώνοντας την ευαισθησία στην ινσουλίνη, δημιουργείται μια ισορροπημένη σχέση μεταξύ γλυκόζης και λιπαρών οξέων. Άλλωστε, έχει τεκμηριωθεί από μελέτη των Holten και συνεργατών¹¹³ πως οι ασθενείς με διαβήτη τύπου II έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ελεύθερων λιπαρών οξέων σε σχέση με τους υγιείς πληθυσμούς.

Οι Ishii και συνεργάτες¹¹², εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις στην ευαισθησία στην ινσουλίνη σε ασθενείς με Μη Ινσουλινοεξαρτώμενο Σακχαρώδη Διαβήτη. Οι ασθενείς ακολουθούσαν καθιστικό τρόπο ζωής και δεν ήταν παχύσαρκοι. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, εκ των οποίων στη μία μόνο εφαρμόστηκε πρόγραμμα ενδυνάμωσης, ενώ οι υπόλοιποι συμμετέχοντες παρέμειναν αδρανείς. Το πρόγραμμα διήρκεσε 4-6 εβδομάδες και περιελάμβανε 5 συνεδρίες την εβδομάδα. Τα αποτελέσματα έδειξαν

πως η προπόνηση με αντιστάσεις βελτιώνει την ανοχή στη γλυκόζη και την ευαισθησία στην ινσουλίνη. Συγκεκριμένα, η ευαισθησία στην ινσουλίνη εκτιμήθηκε με έμμεσες μεθόδους και έπειτα από 4-6 εβδομάδες προπόνησης σημείωσε άνοδο 48% στο δείγμα των ασθενών που ασκήθηκαν με ασκήσεις αντίστασης. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική αύξηση του ποσοστού πρόσληψης γλυκόζης στα άτομα που ακολούθησαν πρόγραμμα ενδυνάμωσης. Η διαφορά αυτή αποδόθηκε πιθανώς στις αλλαγές που συμβαίνουν στους τύπους των μυϊκών ινών ως απόρροια της δραστηριότητας. Το πρωτόκολλο άσκησης μέτριας έντασης- υψηλού όγκου που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη των Ishii και συνεργατών¹¹², εγείρει προσαρμογές παρόμοιες με την αερόβια προπόνηση, δηλαδή μετατροπή των μυϊκών ινών τύπου IIb σε IIa. Οι μυϊκές ίνες τύπου IIa έχουν καλύτερη τριχοειδική πυκνότητα, υψηλότερη συγκέντρωση σε πρωτεΐνες μεταφορέα γλυκόζης τύπου 4 GLUT-4 και εμφανίζουν καλύτερη απόκριση και ευαισθησία στην ινσουλίνη συγκριτικά με τις μυϊκές ίνες τύπου IIb¹²³. Η ευαισθησία του σώματος στην ινσουλίνη είναι ευθέως ανάλογη της μυϊκής μάζας και αντιστρόφως ανάλογη της παχυσαρκίας. Έτσι, πολλές μελέτες έχουν αποδώσει την αυξημένη πρόσληψη γλυκόζης που παρατηρήθηκε μετά από προπόνηση αντίστασης, στην αύξηση της μυϊκής μάζας.

1.7.4 Επίδραση στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού, Resting Metabolic Rate (RMR)/ Basal Metabolic Rate (BMR)

Η αύξηση της μυϊκής/ άπαχης μάζας, ως αποτέλεσμα της προπόνησης αντίστασης, συμβάλλει στη διατήρηση ή αύξηση του **Βασικού Ρυθμού Μεταβολισμού**. Η άνοδος του μεταβολικού ρυθμού εγείρει τη θερμιδική κατανάλωση, συμβάλλοντας στον έλεγχο του βάρους. Σύμφωνα με έρευνα των Weinsier και συνεργατών, η πρόσληψη ενός κιλού μυϊκής μάζας, αυξάνει τις ενεργειακές δαπάνες ηρεμίας περίπου κατά 21kcal/d¹²⁴. Επομένως, η προπόνηση αντίστασης προλαμβάνει και αποτρέπει την αύξηση του σωματικού λίπους.

Η εφαρμογή προπόνησης αντίστασης για μήνες ή χρόνια παρέχει σημαντικά οφέλη στη σύσταση και το μέγεθος του μυ, του λιπώδους ιστού και των οστών σε άνδρες και γυναίκες κάθε ηλικίας. Μελέτη των Lemmer και συνεργατών¹²⁵ εξέτασε

την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού, ανάλογα με την ηλικία και το φύλο. Το δείγμα ομαδοποιήθηκε σε άνδρες και γυναίκες νεαρής ηλικίας, 20-30 ετών, και μεγαλύτερης ηλικίας, 65-75 ετών. Εφαρμόστηκαν ασκήσεις ενδυνάμωσης ολόκληρου του σώματος, 3 φορές την εβδομάδα για περίπου 24 εβδομάδες. Τα αποτελέσματα έδειξαν συνολική αύξηση του Βασικού Ρυθμού Μεταβολισμού 7% ως αποτέλεσμα της προπόνησης με αντιστάσεις. Όταν αναλύθηκε κάθε ομάδα ξεχωριστά, οι ερευνητές ανέφεραν πως η άνοδος του Βασικού Ρυθμού Μεταβολισμού ήταν σπουδαιότερη στην ομάδα των ανδρών κάθε ηλικίας, της τάξεως του 9%. Αντίθετα, νεότερες και ηλικιωμένες γυναίκες δεν παρουσίασαν κάποια σημαντική βελτίωση στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού. Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν πως η προπόνηση ενδυνάμωσης σχετίζεται με το φύλο αλλά όχι με την ηλικία, παρουσιάζοντας σημαντικότερη βελτίωση στους άνδρες συγκριτικά με τις γυναίκες. **(Πίνακας 4.4)**

Πίνακας 4.4 : Μεταβολές στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού, RMR, Lemmer et al.¹²⁵ 2001

	Νέοι άνδρες N=10		Νέες Γυναίκες N=9		Ηλικιωμένοι άνδρες N=11		Ηλικιωμένες γυναίκες N=10	
RMR	7097	7726	5287	5423	6198	6747 ±	5088	5325
Kg* d⁻¹	±1316	±1386	±932	±703	±517	593	±890	±719

Ο σκελετικός μυς είναι ο πρωταρχικός ιστός για τον μεταβολισμό της γλυκόζης και των τριγλυκεριδίων και συνιστά καθοριστικό παράγοντα του Βασικού Ρυθμού Μεταβολισμού³⁰. Η προπόνηση ενδυνάμωσης αυξάνει τη μυϊκή μάζα και βελτιώνει τη σύσταση του σώματος ως προς την αναλογία λίπους και άλιπης μάζας. Αυξάνει, επίσης, τον βασικό ρυθμό μεταβολισμού κατά την ηρεμία και τις ημερήσιες ενεργειακές δαπάνες^{126,127}. Μελέτη των Ades και συνεργατών¹²⁶ έδειξε πως η προπόνηση με αντιστάσεις αυξάνει τις συνολικές Ημερήσιες Ενεργειακές Δαπάνες, μεταξύ των οποίων και ο Βασικός Ρυθμός Μεταβολισμού, σε ηλικιωμένες γυναίκες με αναπηρία και στεφανιαία καρδιακή νόσο. Ειδικότερα, ο Βασικός Ρυθμός Μεταβολισμού αυξήθηκε κατά 4% στην ομάδα που προπονήθηκε

με ασκήσεις αντίστασης, ενώ δεν σημειώθηκε καμία αλλαγή στην ομάδα ελέγχου στην οποία δενπραγματοποιήθηκε καμία παρέμβαση.(Πίνακας 4.5)

Πίνακας 4.5 : Μεταβολές στον Βασικό Ρυθμό Μεταβολισμού, RMR, Ades et al.¹²⁶ 2005

	Ομάδα Παρέμβασης N=21 Πριν την προπόνηση	Ομάδα Παρέμβασης N=21 Μετά την προπόνηση	Ομάδα Ελέγχου N=21 Πριν την προπόνηση	Ομάδα Ελέγχου N=21 Μετά την προπόνηση
RMR	1279 ±	1330 ±	1418±	1411±
kcal/day	186	183	220	218

Τέλος, μελέτη των Roehlman και συνεργατών¹²⁷ αξιολόγησε τις μεταβολές στις καθημερινές ενεργειακές δαπάνες νεαρών γυναικών, έπειτα από 6 μήνες προπόνηση ενδυνάμωσης και αερόβια προπόνηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ελαφριά αύξηση του Βασικού Ρυθμού Μεταβολισμού έπειτα από προπόνηση με αντιστάσεις ολόκληρου του σώματος, ενώ μετά από το αερόβιο πρόγραμμα δεν σημειώθηκαν σημαντικές μεταβολές.

1.7.5 Επίδραση στην Υπερβολική Κατανάλωση Οξυγόνου μετά την άσκηση, Excess Post-exercise Oxygen Consumption (EPOC)

Η ανάκαμψη έπειτα από μια περίοδο άσκησης σχετίζεται με αύξηση του μεταβολισμού που αναφέρεται ως Υπερβολική Κατανάλωση Οξυγόνου μετά την άσκηση, EPOC, και σχετίζεται με αυξημένη μέγιστη πρόσληψη οξυγόνου VO_{2peak} ¹²⁸. Η EPOC αντιπροσωπεύει τον αριθμό των θερμίδων που καταναλώθηκαν μετά από μια περίοδο προπόνησης. Είναι ιδιαίτερα αυξημένο ακριβώς μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας και στην πορεία φθίνει¹²⁹.

Η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης αυξάνει την κατανάλωση οξυγόνου μετά την άσκηση¹³⁰. Η EPOC μετά την δραστηριότητα σχετίζεται με την κατανάλωση λίπους για την παραγωγή ενέργειας, συμβάλλοντας στον έλεγχο του βάρους¹³⁰. Όπως επισημαίνουν οι Strasser και συνεργάτες¹³⁰ η προπόνηση με ασκήσεις

αντίστασης μπορεί από μόνη της να αυξήσει την ΕΡΟC, σε μεγαλύτερο βαθμό από την αερόβια προπόνηση.

Οι Farinatti και συνεργάτες¹²⁹, διερεύνησαν την επίδραση διαφόρων μεταβλητών της προπόνησης με αντιστάσεις στην υπερβολική κατανάλωση οξυγόνου μετά την άσκηση. Οι ερευνητές συγκέντρωσαν τα αποτελέσματα 16 μελετών, τα οποία ανέλυσαν ως προς τον αριθμό των σετ, την ένταση, τα μεσοδιαστήματα ανάπαυσης και την ταχύτητα. Τα αποτελέσματα από το σύνολο των μελετών έδειξαν πως η αλλαγή στον αριθμό των σετ, διατηρώντας σταθερές τις επαναλήψεις, δεν επηρεάζει τον παράγοντα υπερβολικής κατανάλωσης οξυγόνου μετά την άσκηση, ΕΡΟC. Αντίθετα, μικρότερα χρονικά διαστήματα ανάπαυσης ανάμεσα στα σετ και τις ασκήσεις, της τάξεως λιγότερο από 60 δευτερόλεπτα, αυξάνει την ΕΡΟC. Υπάρχουν ενδείξεις πως η ΕΡΟC αυξάνεται σύμφωνα με την ένταση της προπόνησης, ωστόσο, δεν επηρεάζεται η διάρκεια αυτής. Αναφορικά με την ταχύτητα της άσκησης, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία πως επηρεάζει την ΕΡΟC. Οι μελετητές επισημαίνουν πως ο όγκος της προπόνησης με αντιστάσεις, δηλαδή ο αριθμός των σετ και των επαναλήψεων, συνιστά σημαντικότερο παράγοντα από την ένταση της άσκησης στη μεταβολή της ΕΡΟC.

Οι Elliot και συνεργάτες¹³¹ αξιολόγησαν την ΕΡΟC σε υγιείς μη καπνίζοντες 4 άνδρες και 5 γυναίκες. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν κατά τυχαίο τρόπο σε 4 ομάδες, μία εκ των οποίων ήταν η ομάδα ελέγχου όπου δεν πραγματοποιήθηκε καμία παρέμβαση. Οι υπόλοιπες τρεις ομάδες που ασκήθηκαν, πραγματοποίησαν δραστηριότητες υπό αντίσταση με βάρη υψηλής έντασης 80%-90% 1RM, κυκλικό πρόγραμμα ασκήσεων με βάρη με ένταση 50% 1RM και αερόβια προπόνηση με ποδήλατο. Τα προγράμματα άσκησης διήρκεσαν 40 λεπτά. Οι ερευνητές ανέφεραν πως όλοι οι τύποι άσκησης οδήγησαν σε σημαντική κατανάλωση οξυγόνου αμέσως μετά την άσκηση, ενώ στις ομάδες που εφάρμοσαν ασκήσεις αντίστασης η ΕΡΟC παρέμεινε αυξημένη έως και 30 λεπτά μετά το πέρας της προπόνησης. Συγκεκριμένα, κατά μέσο όρο η ΕΡΟC μετά την άσκηση υψηλής έντασης με βάρη ήταν 51 ± 31 kcal, μετά την κυκλική προπόνηση με βάρη ήταν 48 ± 20 kcal και μετά την αερόβια δραστηριότητα με ποδήλατο ήταν 32 ± 16 kcal. Παρά το γεγονός πως τα ευρήματα αυτά δεν είναι κλινικά σημαντικά, $p < 0,01$, και το μέγεθος του δείγματος είναι εξαιρετικά μικρό, οι Elliot και συνεργάτες¹³¹ ήταν οι

πρώτοι που διερεύνησαν την EPOC μετά από προπόνηση με αντιστάσεις. Ομοίως, οι Da Silva και συνεργάτες¹³² διερεύνησαν την EPOC μέσα από ένα πρόγραμμα 7 ασκήσεων ολόκληρου του σώματος, με ένταση 50% - 55% 1RM, σε υγιείς γυναίκες χωρίς προηγούμενη εμπειρία στην προπόνηση ενδυνάμωσης. Η κατανάλωση οξυγόνου παρέμεινε αυξημένη 30 λεπτά μετά τη λήξη του προγράμματος άσκησης.

1.7.6 Ενεργειακές Δαπάνες Ηρεμίας (Resting Energy Expenditure, REE)

Τα ερευνητικά δεδομένα που συσχετίζουν τη μυϊκή ενδυνάμωση με τις Ενεργειακές Δαπάνες Ηρεμίας είναι ελάχιστα. Ωστόσο, φαίνεται πως η αύξηση της μυϊκής μάζας, ως απόρροια της προπόνησης με αντιστάσεις, εγείρει τις μεταβολικές δραστηριότητες και την κατανάλωση ενέργειας κατά την ηρεμία.

Οι ενεργειακές δαπάνες ηρεμίας μειώνονται με την πάροδο της ηλικίας και η πτώση αυτή σχετίζεται με την απώλεια μυϊκής μάζας του σκελετικού μυός. Η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης αυξάνει τη μυϊκή μάζα κατά 1-2 κιλά σύμφωνα με έρευνες⁵⁶, όταν αυτή εκτελείται με επαρκή διάρκεια. Η πρόσληψη σε μυϊκή μάζα μπορεί να αυξήσει τις ενεργειακές δαπάνες ηρεμίας από 28 έως 218 χιλιοθερμίδες ανά κιλό μυός¹³³. Σύμφωνα με το American Heart Association⁴⁰, άτομα που ασκούνται συστηματικά με πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης για χρόνια ή δεκαετίες, παρουσιάζουν κλινικά σημαντικές βελτιώσεις στις καθημερινές ενεργειακές δαπάνες και στην πρόσληψη βάρους που σχετίζεται με την ηλικία. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη κλινική σημασία διότι η παχυσαρκία, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια, αποτελεί βαρυσήμαντο παράγοντα κινδύνου εμφάνισης καρδιοαγγειακών παθήσεων.

1.7.7 Επίδραση στον μεταβολισμό των λιπιδίων

Τα διαθέσιμα ερευνητικά στοιχεία που εξετάζουν την επίδραση της προπόνησης ενδυνάμωσης στον μεταβολισμό των λιπιδίων τόσο σε άτομα με φυσιολογικό προφίλ λιποπρωτεϊνών όσο και σε ασθενείς με υπερχολιστερολαιμία είναι διφορούμενα. Η προπόνηση ενδυνάμωσης συμβάλλει θετικά στη μείωση της ολικής χολιστερόλης και τριγλυκεριδίων, χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (LDL-C), ενώ αυξάνει τις λιποπρωτεΐνες υψηλής πυκνότητας (HDL-C). Οι Nash και συνεργάτες³⁸ έδειξαν πως η εφαρμογή ενός κυκλικού προγράμματος με

ασκήσεις αντίστασης μεταβάλλει το λόγο ολικής χοληστερόλης/ υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη κατά 1.1 βαθμούς, μειώνοντας τον καρδιοαγγειακό κίνδυνο κατά 25%.

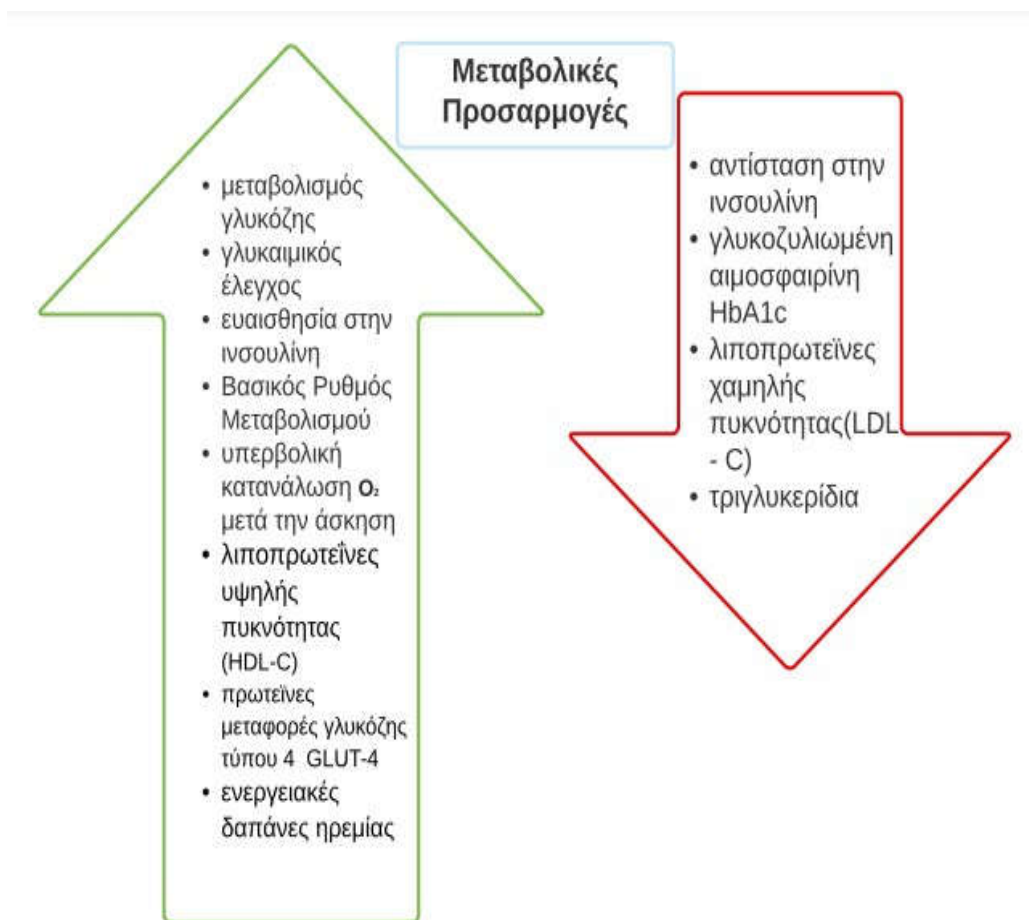
Τα αποτελέσματα της πρόσφατης συστηματικής ανασκόπησης και μετά-ανάλυσης των Saeidifard και συνεργατών¹³⁴ έδειξαν πως η προπόνηση με αντιστάσεις αυξάνει την κάθαρση των τριγλυκεριδίων- λιποπρωτεϊνών πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDL) από το πλάσμα του αίματος. Ακόμη, εγείρει την έκφραση και δραστηριότητα του γονιδίου της λιποπρωτεϊνικής λιπάσης στις κυτταρικές μεμβράνες των μυϊκών ινών. Ως εκ τούτου, αυξάνεται ο καταβολισμός και η υδρόλυση των τριγλυκεριδίων- λιποπρωτεϊνών πολύ χαμηλής πυκνότητας¹³⁴.

Μελέτη των Tucker και συνεργατών¹³⁵ σε 8499 άνδρες έδειξε μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης υπερχοληστερολαιμίας σε άτομα που ακολούθησαν προγράμματα ενδυνάμωσης για πάνω από 4 ώρες την εβδομάδα. Ωστόσο, ο μειωμένος κίνδυνος δεν παρέμεινε για άτομα κάθε ηλικίας, σωματικού βάρους και καπνίζοντες, παρά μόνο σε όσους βρισκονταν σε προχωρημένο στάδιο άρσης βαρών με πολλά κιλά. Αντίθετα, έρευνα των Kohli και συνεργατών³⁰ σε 1193 γυναίκες και 5460 άνδρες δεν ανέδειξε κάποια συσχέτιση ανάμεσα στη μυϊκή δύναμη και ολικής χοληστερόλης ή χοληστερόλης λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας. Ωστόσο, στους άνδρες που είχαν μεγαλύτερη δύναμη άνω και κάτω κορμού, εμφανίσθηκαν χαμηλότερα επίπεδα τριγλυκεριδίων. Η πλειονότητα των μελετών δεν εστιάζει στις φυσιολογικές μεταβολές των λιποπρωτεϊνών έπειτα από προπόνηση ενδυνάμωσης, ενώ τα διατροφικά δεδομένα των συμμετεχόντων κατά τη διάρκεια της κλινικής δοκιμής είναι ελλιπή. Κατ' επέκταση, όπως επισημαίνεται από το American Heart Association, η βιβλιογραφία δεν επαρκεί για την εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα ανωτέρω δεδομένα, φαίνεται πως η προπόνηση με αντιστάσεις δεν βελτιώνει το λιπιδαιμικό προφίλ των ασθενών, ενώ προτείνεται συνδυασμός προπόνησης ενδυνάμωσης με αερόβια άσκηση για βέλτιστα αποτελέσματα.

Σε συμφωνία με τα ανωτέρω στοιχεία, όσον αφορά τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων, μετα-ανάλυση των Cornelissen και συνεργατών⁵³ έδειξαν ότι κατά το πρόγραμμα ισοτονικής προπόνησης με αντιστάσεις ήπιας έντασης

παρατηρήθηκε σημαντική μείωση, κατά 0.11 mmol/L, στις τιμές των τριγλυκεριδίων στο πλάσμα του αίματος. Εντούτοις, σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες^{30,38}, οι Cornelissen και συνεργάτες⁵³ ανέφεραν πως τιμές της ολικής χοληστερόλης, των χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (LDL-C) και των υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεϊνών (HDL-C) έμειναν αμετάβλητες. Μία πιθανή εξήγηση στα αντικρουόμενα αυτά στοιχεία ίσως αποτελεί το γεγονός πως μόνο 4 εκ των 28 μελετών, που συμπεριλήφθηκαν στη συγκεκριμένη μετα-ανάλυση⁵³, είχαν ως δείγμα άτομα με υπέρταση. Κατ' επέκταση, εφόσον τα επίπεδα των λιποπρωτεϊνών κυμαίνονταν σε φυσιολογικά πλαίσια στην πλειονότητα των συμμετεχόντων, πιθανώς απαιτούνταν μεγαλύτερες εντάσεις, >75% 1RM, και υψηλότερες ενεργειακές δαπάνες με σκοπό την περαιτέρω βελτίωσή τους. Η έλλειψη σημαντικών μεταβολών στα επίπεδα λιποπρωτεϊνών έπειτα απο πρόγραμμα ασκήσεων ενδυνάμωσης πιθανώς οφείλεται στο γεγονός ότι το αρχικό δείγμα, στην πλειονότητα των μελετών, είχε τιμές χοληστερόλης ≤ 200 mg/dL. Συνεπώς, άτομα με φυσιολογικά επίπεδα λιπιδίων ενδέχεται να απαιτούν μεγαλύτερο ερέθισμα άσκησης με ταυτόχρονη απώλεια βάρους, προκειμένου να φανούν τα ευεργητικά αποτελέσματα στο λιπιδαιμικό προφίλ.

Σχήμα 4.7: Μεταβολικές προσαρμογές της προπόνησης ενδυνάμωσης

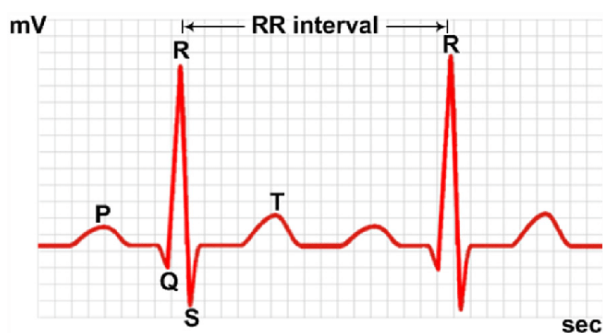


1.8 Επίδραση στο Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα - Καρδιακή Αυτόνομη Λειτουργία - δείκτης Μεταβλητότητας Καρδιακού Ρυθμού, **HRV**

Η Μεταβλητότητα του Καρδιακού Ρυθμού, Heart Rate Variability (HRV), ορίζεται ως οι ταλαντώσεις που παρατηρούνται μεταξύ διαδοχικών καρδιακών παλμών. Θεωρείται μη επεμβατικός δείκτης της αυτόνομης λειτουργίας του καρδιοαγγειακού συστήματος¹³⁶. Η πορεία της Καρδιακής Αυτόνομης Λειτουργίας έπεται από μία συνεδρία υψηλής έντασης προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να εκτιμηθεί με τον δείκτη HRV21. Η Μεταβλητότητα του Καρδιακού Ρυθμού καθορίζεται από την αλληλεπίδραση της συμπαθητικής και παρασυμπαθητικής εισόδου¹³⁷. Σε φυσιολογικά άτομα, η ηλικία και η Καρδιακή Συχνότητα είναι οι κύριοι καθοριστικοί παράγοντες της Μεταβλητότητας του Καρδιακού Ρυθμού. Η μεταβλητότητα είναι μειωμένη σε ασθενείς με συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια , δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας , στεφανιαία νόσο , και διαβητική νευροπάθεια¹³⁷. Μολονότι έχει ταυτιστεί κλινικά ως προγνωστικός δείκτης παθήσεων που σχετίζονται με το καρδιοαγγειακό σύστημα, πρόσφατες μελέτες υποστηρίζουν τη Μεταβλητότητα

του Καρδιακού Ρυθμού ως αντικειμενικό και φυσιολογικό δείκτη τάσης (stress) και αποθεραπείας στα φορτία προπόνησης αθλητών. Η Μεταβλητότητα του Καρδιακού Ρυθμού μπορεί να επηρεαστεί από ποικίλους εξωτερικούς αγχογόνους παράγοντες του ατόμου όπως τα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας ή η έλλειψη ύπνου¹³⁶. Η Καρδιακή Συχνότητα ρυθμίζεται από την ισορροπία μεταξύ συμπαθητικού και παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος¹³⁸. Ο δείκτης Μεταβλητότητας του Καρδιακού Ρυθμού περιλαμβάνει την ανάλυση των διακυμάνσεων του διαστήματος ανάμεσα στα δύο διαδοχικά κύματα R-R , RR interval, δηλαδή η απόσταση ανάμεσα σε δύο κορυφές που απεικονίζονται στο ηλεκτροκαρδιογράφημα (**Εικόνα 4.1**).

Εικόνα 4.1 Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού. Πηγή : International Journal of Distributed Sensor Networks 2018 - Intelligent health monitoring system based on smart clothing¹³⁹



Ο τύπος της μυϊκής συστολής μπορεί να επηρεάσει τη διαμόρφωση του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Ειδικότερα, κατά τη διάρκεια ισομετρικής άσκησης, η συμπαθητική δραστηριότητα καθοδηγείται από το μέγεθος της μυϊκής μάζας που ενεργοποιείται¹³⁸. Τα ίδια αποτελέσματα έδειξε μελέτη των Kingsley και συνεργατών¹³⁸, σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την ιστονική άσκηση άνω και κάτω κορμού. Στο πλαίσιο αυτό, έρευνα των Machado- Vidotti¹⁴⁰ και συνεργατών έδειξε πως η συμπαθητική δραστηριότητα αυξάνεται περισσότερο κατά την εφαρμογή προγραμμάτων ενδυνάμωσης στα κάτω άκρα, έναντι των άνω, σε άνδρες μεγαλύτερης ηλικίας.

Μελέτη των Holmes και συνεργατών¹³⁶, εξέτασε την επίδραση ενός προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης, διάρκειας 18 εβδομάδων σε νεαρό αθλητή του χόκευ. Η μέση τιμή της Μεταβλητότητας του Καρδιακού Ρυθμού του αθλητή ήταν 77.79 στις αρχικές μετρήσεις. Έπειτα από 17 εβδομάδες μυϊκής ενδυνάμωσης ολόκληρου του σώματος η μέση τιμή μειώθηκε στο 75.66. Η Μεταβλητότητα του Καρδιακού Ρυθμού μετρήθηκε καθημερινά μέσω συσκευής κινητής τηλεφωνίας. Οι κυριότερες μεταβολές παρατηρήθηκαν στο διάστημα 8-17 εβδομάδων.

Εντούτοις, προηγούμενες μελέτες δεν έχουν αναφέρει κάποια σημαντική διαφορά στους δείκτες HRV, έπειτα από μακρορόνια εφαρμογή προγραμμάτων ενδυνάμωσης. Οι Cooke και συνεργάτες¹⁴¹ εφάρμοσαν προπόνηση με αντιστάσεις για 8 εβδομάδες σε νεαρά υγιή άτομα. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν κάποια μεταβολή στους δείκτες HRV. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην έρευνα των Cooke και συνεργατών¹⁴¹, η μέτρηση της Μεταβλητότητας του Καρδιακού Ρυθμού, πριν και μετά από το πρόγραμμα ενδυνάμωσης πραγματοποιήθηκε μία μόνο φορά την ημέρα, σε αντίθεση με τους Holmes και συνεργάτες¹³⁶ που η μέτρηση ήταν σε όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Ομοίως, μελέτες έδειξαν πως η προπόνηση με αντιστάσεις δεν επηρεάζει τη Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού ηρεμίας σε ενήλικα υγιή άτομα^{138,141}. Οι Heffernan και συνεργάτες¹⁴² δεν σημείωσαν καμία αλλαγή στη Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού ηρεμίας, έπειτα από 6 εβδομάδες προπόνηση με αντιστάσεις ολόκληρου του σώματος σε υγιείς νέους άνδρες. Παρόλο που το πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης δεν είχε καμία επίδραση στη Μεταβλητότητα Καρδιακού Ρυθμού ηρεμίας, δεν ισχύει το ίδιο για την Καρδιακή Συχνότητα μετά την άσκηση, η οποία αυξήθηκε σημαντικά. Οι μελέτες που

αφορούν υγιείς πληθυσμούς επισημαίνουν πως οι αλλαγές δεν είναι εμφανείς λόγω της ήδη υπάρχουσας φυσιολογικής καρδιακής αυτόνομης λειτουργίας. Ωστόσο, οι Collier και συνεργάτες¹⁴² εξέτασαν την επίδραση τεσσάρων εβδομάδων προπόνησης ενδυνάμωσης στους δείκτες HRV ατόμων με προϋπέρταση ή στο στάδιο 1 της υπέρτασης. Τα αποτελέσματα δεν έδειξαν καμία αλλαγή στη Μεταβλητότητα του Καρδιακού Ρυθμού. Προς γνώση μας, αυτή είναι η μοναδική διαθέσιμη μελέτη που εξετάζει τους δείκτες HRV σε πληθυσμό με καρδιακή νόσο.

1.9 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στους Δείκτες Οξειδωτικού Στρες

Η φυσική δραστηριότητα είναι γνωστή για τα ευεργετικά αποτελέσματα που παρέχει στην υγεία του ασκούμενου. Παρά το γεγονός αυτό, δεν είναι λίγες οι μελέτες που αναφέρουν πως σημαντική επίπτωση της σωματικής άσκησης αποτελεί η παραγωγή οξειδωτικού στρες¹⁴³. Το οξειδωτικό στρες καθίσταται υπεύθυνο για την πρόκληση βλαβών σε διαφορετικούς ιστούς του οργανισμού μέσω της αύξησης της παραγωγής δραστικών μορφών οξυγόνου, Reactive Oxygen Species, ROS, επηρεάζοντας παράλληλα την ικανότητα ενός βιολογικού συστήματος Antioxidant Defense System, ADS, να αδρανοποιεί τα τοξικά αυτά μόρια και να επισκευάζει τις βλάβες που προκαλούν¹⁴³.

Οι δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS) ταξινομούνται στις εξής τέσσερις κατηγορίες: (i) ελεύθερες ρίζες, (ii) ιόντα, (iii) συνδυασμούς ελεύθερων ριζών και ιόντων και (iv) μόρια, όπως το υπεροξείδιο του υδρογόνου H_2O_2 . Το έντονο και παρατεταμένο οξειδωτικό στρες είναι ικανό να οδηγήσει σε οξειδωτική τροποποίηση τόσο των λιπιδίων και των πρωτεϊνών, όσο και του DNA. Οι ελεύθερες ρίζες μπορούν να αντιδράσουν με το DNA και να προκαλέσουν βλάβες τόσο στις βάσεις (πουρίνες, πυριμιδίνες) όσο και στη D-ριβόζη του DNA με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεταλλάξεων που μπορούν να οδηγήσουν σε καρκινογένεση. Αντίστοιχα, στα λιπίδια οι ελεύθερες ρίζες προκαλούν υπεροξειδωση και σχετίζονται με τη γήρανση, τον καρκίνο και την αθηροσκλήρυνση¹⁴⁴. Ο κατάλογος των ασθενειών, για τις οποίες έχουν ενοχοποιηθεί σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό οι ελεύθερες ρίζες και που σε αυτές συμπεριλαμβάνονται και οι καρδιοαγγειακές παθήσεις, αυξάνεται συνεχώς ξεπερνώντας τις 100¹⁴⁵. Συνεπώς, το ανθρώπινο σώμα έχει αναπτύξει ένα

βιολογικό σύστημα αντιοξειδωτικών μηχανισμών, Antioxidant Defense System, ADS, το οποίο αναλαμβάνει προστατευτικό ρόλο κατά των επικείμενων βλαβών των ελεύθερων ριζών και, γενικώς, σε συνθήκες ανάπαυσης το σύστημα αυτό είναι αποτελεσματικό τόσο για τον έλεγχο της κυκλοφορίας των ελεύθερων ριζών όσο και για τον περιορισμό και την επιδιόρθωση των κυτταρικών βλαβών¹⁴³.

Οι Cakir-Atabek και συνεργάτες¹⁴³ μελέτησαν την επίδραση της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης, σε οξύ και χρόνιο στάδιο, σε βασικούς δείκτες οξειδωτικού στρες όπως η αυξημένη συγκέντρωση της μηλονικής διαλδεΐδης (μαλονδιαλδεΐδη, MDA) στον ορό του αίματος και τα χαμηλά ενδοκυτταρικά επίπεδα γλουταθειόνης σε ανηγμένη κατάσταση (GSH). Η μαλονδιαλδεΐδη (MDA) χρησιμοποιείται ως ποσοτικός δείκτης της αλληλεπίδρασης των ελεύθερων ριζών με τις κυτταρικές μεμβράνες και είναι, ίσως, ο πιο ευρέως εφαρμοσμένος δείκτης της υπεροξειδωσίας των λιπιδίων, όντας προϊόν της αντίδρασης αυτής, ενώ η γλουταθειόνη (GSH) αποτελεί, συχνά, αντικείμενο μελέτης των ερευνητών ως ένας δείκτης οξειδωτικού στρες εντός των βιολογικών συστημάτων, επειδή φαίνεται να είναι ένας από τους πιο αξιόπιστους δείκτες οξειδωτικής παραγωγής ύστερα από άσκηση. Επιπλέον, η γλουταθειόνη (GSH) είναι το κυριότερο ενδογενές αντιοξειδωτικό που παράγεται από τα κύτταρα, συμμετέχοντας απευθείας στην εξουδετέρωση των ελεύθερων ριζών και των δραστικών μορφών του οξυγόνου (ROS), ενώ συντηρεί και εισαγόμενα αντιοξειδωτικά, όπως οι βιταμίνες C και E στις ανηγμένες μορφές τους. Τονίζεται πως, στα υγιή κύτταρα περισσότερο από το 90% του ολικού αποθέματος γλουταθειόνης βρίσκεται στην ανηγμένη κατάσταση (GSH) και λιγότερο από το 10% στην οξειδωμένη (GSSG) και ως εκ τούτου ένας αυξημένος λόγος GSSG προς GSH θεωρείται ένδειξη οξειδωτικού στρες.

Στη μελέτη των Cakir-Atabek και συνεργατών¹⁴³, 16 υγιείς άνδρες 20-28 ετών, σωματικά δραστήριοι, χώρισαν με τυχαίο τρόπο τους εθελοντές σε δύο ομάδες προπόνησης ενδυνάμωσης. Το πρόγραμμα άσκησης αντίστασης της πρώτης ομάδας στόχευε στην αύξηση του μεγέθους των μυών (ομάδα μυϊκής υπερτροφίας), ενώ το αντίστοιχο της δεύτερης ομάδας αποσκοπούσε στη βελτίωση της μυϊκής δύναμης (ομάδα μυϊκής δύναμης). Τα μέλη της ομάδας μυϊκής υπερτροφίας πραγματοποίησαν 3 σετ των 12 επαναλήψεων με χρονικό

διάστημα ανάπαυσης 90 δευτερολέπτων ανάμεσα των σετ και ένταση αντίστοιχη του 70% της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM), στις ίδιες ασκήσεις αντίστασης με εκείνων της ομάδας μυϊκής δύναμης οι οποίοι εκτέλεσαν 3 σετ των 6 επαναλήψεων με χρονικό διάστημα ανάπαυσης 180 δευτερολέπτων ανάμεσα των σετ και με την ένταση να ορίζεται στο 85% της μίας μέγιστης επανάληψης (1RM). Και τα δύο προγράμματα διήρκησαν συνολικά 6 εβδομάδες με συχνότητα 3 συνεδριών ανά εβδομάδα. Επιπλέον, έγινε λήψη των δειγμάτων αίματος προηγουμένως και αφετέρου της προπόνησης ενδυνάμωσης την πρώτη ημέρα της πρώτης εβδομάδας, καθώς και την τελευταία ημέρα της τέταρτης και της έκτης, αντίστοιχα¹⁴³.

Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης των Cakir-Atabek και συνεργατών¹⁴³ παρουσίασαν σημαντική πτώση της συγκέντρωσης της μαλονδιαλδεΐδης (MDA) αμέσως μετά την προπόνηση αντίστασης και στις δύο ομάδες, στο χρονικό σημείο της τέταρτης και έκτης εβδομάδας. Μία τέτοια πτώση ίσως εξηγείται από την αφαίρεση της μαλονδιαλδεΐδης (MDA) από το πλάσμα του αίματος κατά την άμεση περίοδο μετά την άσκηση, η οποία πιθανότατα οφείλεται στον αυξημένο καταβολισμό, απέκκριση ή ανακατανομή μέσα στο σώμα. Ως επί το πλείστον, μικρά διαστήματα ανάπαυσης (30-90 δευτερολέπτων) προτείνονται για προγράμματα ενδυνάμωσης χαμηλής έντασης με υψηλό όγκο προπόνησης (μεγάλος αριθμός επαναλήψεων), ενώ, αντίθετα, μεγάλα διαστήματα ανάπαυσης (2-5 λεπτά) ενσωματώνονται σε προγράμματα ενδυνάμωσης υψηλής έντασης με χαμηλό όγκο προπόνησης (μικρός αριθμός επαναλήψεων). Βάσει των αποτελεσμάτων, η συγκέντρωση της μαλονδιαλδεΐδης (MDA) μειώθηκε κατά 21-24% στην ομάδα της μυϊκής υπερτροφίας και κατά 35-39% στην ομάδα της μυϊκής δύναμης. Ενδέχεται, λοιπόν, το μεγαλύτερο διάστημα ανάπαυσης ανάμεσα των σετ στην ομάδα της μυϊκής δύναμης να έπαιξε καταλυτικό ρόλο στη μείωση ενός σημαντικού δείκτη οξειδωτικού στρες, όπως η μαλονδιαλδεΐδη (MDA). Όσον αφορά τη μέτρηση της συγκέντρωσης μαλονδιαλδεΐδης (MDA) σε συνθήκες ηρεμίας, μόνο κατά την έκτη εβδομάδα τα αποτελέσματα παρουσιάζουν μείωση και στις δύο ομάδες αποδεικνύοντας πως η συστηματική προπόνηση αντίστασης κατέχει προστατευτικό ρόλο έναντι της υπεροξειδωσης των λιπιδίων και κατ' επέκταση του οξειδωτικού στρες. Τέλος, τονίζεται πως οι παραπάνω

μειώσεις της συγκέντρωσης της μαλονδιαλδεΐδης (MDA) είναι ανεξάρτητες της έντασης της προπόνησης.

Σχετικά με τα επίπεδα γλουταθειόνης (GSH), τα ευρήματα της μελέτης των Cakir-Atabek και συνεργατών¹⁴³ έδειξαν πως η άσκηση αντίστασης δεν σημείωσε, άμεσα, κάποια σημαντική βελτίωση και στις δύο ομάδες. Ωστόσο, μετά το πέρας των 6 εβδομάδων παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση της γλουταθειόνης (GSH) και στα δύο γκρουπ κατά τη μέτρησή της σε συνθήκες ηρεμίας. Επιπροσθέτως, οι Peters και συνεργάτες¹⁴⁶, σε συμφωνία με το αποτέλεσμα αυτό, ανέφεραν πως μετά από πρόγραμμα ισομετρικής προπόνησης ενδυνάμωσης, συνολικής διάρκειας 6 εβδομάδων, οι δείκτες οξειδωτικού στρες ήταν σημαντικά ελαχιστοποιημένοι και ο λόγος συνολικής ποσότητας γλουταθειόνης (GSH) στο αίμα/οξειδωμένης γλουταθειόνης (GSH) αυξήθηκε κατά 61% σε υπερτασικούς ενήλικες. Όπως και με τη μαλονδιαλδεΐδη (MDA), έτσι και με τη γλουταθειόνη (GSH) η αύξηση των τιμών της είναι ανεξάρτητη της έντασης της προπόνησης¹³². Συνεπώς, αν αυτός ο τύπος άσκησης εκτελείται σε τακτά χρονικά διαστήματα μέσα στην εβδομάδα και συστηματικά, φαίνεται πως μακροπρόθεσμα συντελεί στην αύξηση των δραστηριοτήτων των αντιοξειδωτικών ενζύμων.

Αυτά τα προκαταρκτικά ευρήματα αποδεικνύουν πως η τακτική άσκηση αντίστασης, είτε για την αύξηση της υπερτροφίας είτε για τη βελτίωση της δύναμης των μυών ολόκληρου του σώματος, συμβάλλει θετικά στη διαχείριση και προστασία του οργανισμού από την παραγωγή οξειδωτικού στρες, επιτυγχάνοντας παρόμοια αποτελέσματα με την αερόβια άσκηση¹⁴³. Παρόλα αυτά, περισσότερες έρευνες καθίστανται απαραίτητες με σκοπό την περαιτέρω διερεύνηση των καταλληλότερων ειδών προγράμματος αντίστασης για τον τομέα της υγείας και, ειδικότερα, για τον καρδιοαγγειακό ασθενή¹⁴³.

1.10 Επίδραση της Μυϊκής Ενδυνάμωσης στη φλεγμονώδη αντίδραση και ανοσία

Ερευνητικά δεδομένα έχουν δείξει πως η συστηματική φλεγμονή ενοχοποιείται ως παράγοντας κινδύνου ανάπτυξης αθηροσκλήρωσης. Η χρόνια εφαρμογή προγράμματος ενδυνάμωσης μειώνει τη συστηματική φλεγμονή, ελαττώνοντας τα επίπεδα κυτοκινών στο πλάσμα όπως ο παράγοντας νέκρωσης όγκων- α, οι

ιντερλευκίνες 6 και η C- αντιδραστική πρωτεΐνη¹⁴⁷. Αρχικοί ισχυρισμοί ήθελαν την προπόνηση αντίστασης να μειώνει τα επίπεδα διαλυτών υποδοχέων του παράγοντα νέκρωσης όγκων, σύμφωνα με την αύξηση της μυϊκής δύναμης. Ωστόσο, πρόσφατα δεδομένα έδειξαν πως η προπόνηση αντίστασης προάγει τη φυσική κυτταροτοξικότητα, κυρίως κατά την περίοδο μετά την άσκηση. Το εύρημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη διαχείριση ασθενών που είναι φαρμακολογικά ανοσοκατασταλμένοι.

Υπάρχουν ενδείξεις πως σε διάφορες περιπτώσεις παχυσαρκίας, η προπόνηση αντίστασης παρέχει μακροχρόνια αντιφλεγμονώδη οφέλη. Μελέτη του American College of Sports Medicine¹⁰⁵ σε παχύσαρκους εφήβους εντόπισε σημαντική βελτίωση σε ποικίλους δείκτες φλεγμονής. Ειδικότερα, οι συμμετέχοντες ακολούθησαν πρόγραμμα 12 εβδομάδων με 36 συνεδρίες συνολικά, διάρκειας 30-40 λεπτά. Η ένταση κυμαινόταν από 50-85% των 10 Μέγιστων Επαναλήψεων (10RM). Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση στα επίπεδα φλεγμονωδών βιοδεικτών όπως λεπτίνη, C- αντιδραστική πρωτεΐνη, ιντερλευκίνη - 6, αντιπνεκτίνη. Ωστόσο, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση της επίδρασης της προπόνησης αντίστασης στους αντιφλεγμονώδεις βιοδείκτες παχύσαρκων εφήβων, καθώς τα μέχρι τώρα δεδομένα αναφέρονται σε συνδυασμό αερόβιας και αναερόβιας άσκησης.

Σύμφωνα με την πρόσφατη συστηματική ανασκόπηση και μετά-ανάλυση των Saeidifard και συνεργατών¹³⁴, η άσκηση αντίστασης μειώνει εμμέσως τα επίπεδα φλεγμονωδών προϊόντων, πιθανότατα ως αντίδραση σε ευεργετικές αλλαγές, που προκαλεί η ίδια, στη σύσταση του σώματος. Τέτοιες αλλαγές αποτελούν η μείωση του κοιλιακού λίπους και ειδικότερα του σπλαχνικού λίπους, η αύξηση της άπαχης μάζας, η πρόληψη της ανάπτυξης σακροπενικής παχυσαρκίας και η επιβράδυνση της απώλειας μυϊκής μάζας. Οι φλεγμονώδεις παράγοντες αυξάνουν τον κίνδυνο ανάπτυξης καρδιοαγγειακής πάθησης, μεταβολικού συνδρόμου και διαβήτη τύπου II, με αποτέλεσμα η εξάλειψή τους από την προπόνηση αντίστασης να εξηγεί εν μέρει τα χαμηλά ποσοστά θνητότητας στον πληθυσμό που ακολουθεί το συγκεκριμένο τύπο άσκησης¹³⁴.

1.11 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στους παράγοντες κινδύνου Καρδιοαγγειακών Παθήσεων

Η μυϊκή δύναμη χρησιμοποιείται ευρέως στη διαστρωμάτωση καρδιοαγγειακών και μεταβολικών κινδύνων τόσο σε υγιή άτομα όσο και σε ασθενείς με οξείες, χρόνιες καταστάσεις ή καρδιομεταβολικές ανωμαλίες που σχετίζονται με την ηλικία¹⁴⁸. Η αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης είναι εύκολη και με ελάχιστο κόστος. Μέσω της εκτίμησης της μυϊκής δύναμης πραγματοποιείται ο έλεγχος της διατροφικής κατάστασης και της σύστασης του σώματος. Έτσι, είναι εύκολο να εντοπίσουμε ανωμαλίες όπως αδυναμία, σαρκοπενία ή σαρκοπενική παχυσαρκία, δηλαδή παράγοντες που υποβαθμίζουν την ποιότητα ζωής του ατόμου και αυξάνουν τις πιθανότητες νοσηλίας, τη νοσηρότητα και τη θνητότητα. Συνεπώς, η μυϊκή ενδυνάμωση προτείνεται ως μη φαρμακευτική θεραπευτική μέθοδος¹⁴⁸.

Ο ρόλος της **μυϊκής δύναμης** στην επίπτωση των καρδιοαγγειακών παθήσεων και στη θνητότητα από αυτές έχει διερευνηθεί ευρέως τα τελευταία χρόνια¹⁴⁸. Μελέτη των Drenowatz και συνεργατών⁷² σε 7321 γυναίκες χωρίς ιστορικό καρδιαγγειακής νόσου, έδειξε πως η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης συνδέεται με μειωμένο καρδιοαγγειακό κίνδυνο ανεξάρτητα από το επίπεδο φυσικής άσκησης και καρδιοαναπνευστικής αντοχής. Οι γυναίκες που ακολούθησαν πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης εμφάνισαν μείωση σωματικού λίπους, επιπέδων χοληστερόλης, τριγλυκεριδίων και γλυκόζης αίματος. Όπως ήταν αναμενόμενο, οι γυναίκες μεγαλύτερης ηλικίας εμφάνισαν αυξημένο καρδιοαγγειακό κίνδυνο. Εντούτοις, και αυτή η ηλικιακή ομάδα βελτίωσε τις τιμές των τριγλυκεριδίων θέτοντας τις βάσεις για εφαρμογή ασκήσεων ενδυνάμωσης στους ηλικιωμένους. Οι ερευνητές μελέτησαν, επίσης, τα οφέλη της προπόνησης υπό αντιστάσεις σε γυναίκες με διαφορετικό βάρος. Τα ευρήματα έδειξαν πως σε άτομα με κανονικό βάρος η σχέση μεταξύ προπόνησης με αντιστάσεις και καρδιοαγγειακού κινδύνου ήταν ισχυρότερη. Σε παχύσαρκα άτομα η καρδιοαναπνευστική αντοχή και η φυσική ικανότητα άσκησης εμφάνισαν μεγαλύτερη συσχέτιση με παράγοντες κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων. Μελέτη των Timrka και συνεργατών¹⁴⁹ σε 38.588 άνδρες, έδειξε ότι η δυναπενία

στη νεαρή ηλικία μπορεί να προβλέψει τον κίνδυνο ανάπτυξης καρδιοαγγειακών και άλλων συσχετιζόμενων παθήσεων, αργότερα στην ενήλικη ζωή. Συγκεκριμένα, άτομα που είχαν μεγαλύτερη μυϊκή δύναμη στα νεότερα χρόνια τους εμφάνισαν 12% μειωμένο κίνδυνο ανάπτυξης καρδιοαγγειακών παθήσεων ως ενήλικες¹⁴⁹. Η αξιολόγηση της μυϊκής δύναμης στα άτομα αυτά πραγματοποιήθηκε με τρία ισομετρικά τεστ: 1. Δύναμη Χειρολαβής, 2. Έκταση αγκώνα, 3. Έκταση γόνατος. Θα πρέπει να σημειωθεί πως τα ευρήματα αυτά σχετίζονται μόνο με τους **παράγοντες κινδύνου** και είναι ανεξάρτητα με τη θνητότητα από καρδιοαγγειακό αίτιο¹⁴⁹. Αξιολογώντας τη μυϊκή δύναμη σε συνδυασμό με τη μυϊκή φυσική κατάσταση, μια πρόσφατη έρευνα των Yang και συνεργατών¹⁵⁰ σε 1.104 δραστήριους άνδρες ηλικίας 21-66 ετών, έδειξε ότι η ικανότητα εκτέλεσης push-up αποτελεί δείκτη μειωμένου κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων. Συγκεκριμένα, τα άτομα που μπορούσαν να εκτελέσουν πάνω από 40 push-ups, εμφάνισαν 96% μειωμένο καρδιοαγγειακό κίνδυνο, συγκριτικά με εκείνους που εκτελούσαν πάνω από 10¹⁵⁰. Ωστόσο, η ικανότητα εκτέλεσης push-up δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ασφαλώς ως ανεξάρτητος δείκτης πρόβλεψης καρδιοαγγειακών παθήσεων, καθώς η έρευνα εμφάνισε ποικίλους περιορισμούς κυρίως ως προς τις διάφορες παραλλαγές της δραστηριότητας αυτής¹⁴⁸. Η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης αυξάνει σημαντικά τη μυϊκή μάζα, επηρεάζοντας σημαντικούς παράγοντες καρδιοαγγειακού κινδύνου, καθώς ο σκελετικός μυς αποτελεί τον σημαντικότερο ιστό μεταβολισμού γλυκόζης και τριγλυκεριδίων. Ειδικότερα, οι ασκήσεις μυϊκής ενδυνάμωσης συνδέονται με 23% μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης στεφανιαίας νόσου σε άνδρες, ενώ βελτιώνει την ενδοθηλιακή λειτουργία και στα δύο φύλα⁷². Η απώλεια μυϊκής μάζας και η ποιότητα του σκελετικού μύος, σχετίζονται με αυξημένο καρδιοαγγειακό κίνδυνο, ιδιαίτερα σε ηλικιωμένα άτομα. Η μειωμένη φυσική δραστηριότητα σε συνδυασμό με το πέρασ της ηλικίας οδηγούν σε ελάττωση της μάζας του σκελετικού μύος σε ηλικιωμένους.

Μελέτη του American College of Sports Medicine¹⁵¹ σε 12.591 άτομα έδειξε πως τα υψηλής διάρκειας προπόνηση αντίστασης, δηλαδή περισσότερο από δύο ώρες την εβδομάδα, φαίνεται πως δεν ευνοεί τη μείωση παραγόντων καρδιοαγγειακού κινδύνου. Η θέση αυτή τεκμηριώνεται και από έρευνα των Kamada και συνεργατών¹⁵², η οποία έδειξε πως η προπόνηση με αντιστάσεις συνολικής

διάρκειας πάνω από 150 λεπτά την εβδομάδα, δεν παρέχει σημαντικά οφέλη. Πιο συγκεκριμένα, η άσκηση με αντιστάσεις φέρεται ως ικανή να βελτιώσει έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων, το **Δείκτη Μάζας Σώματος**, BMI. Κατ' επέκταση, μειώνοντας το Δείκτη Μάζας Σώματος επιτυγχάνει, εμμέσως, το μετριασμό του κινδύνου εμφάνισης καρδιοαγγειακών συμβαμάτων. Η παχυσαρκία αποτελεί ισχυρό παράγοντα κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων, ενώ η σχέση παχυσαρκίας και μυϊκής δύναμης έχει ελάχιστα διερευνηθεί. Μελέτη του Physical Activity Longitudinal Study¹⁵³ σε 606 άτομα, 291 άνδρες και 315 γυναίκες εξέτασε τη συσχέτιση μυϊκής φυσικής κατάστασης και παχυσαρκίας. Τα αποτελέσματα έπειτα από 20 χρόνια παρακολούθησης και αξιολόγησης διαφόρων ανθρωπομετρικών χαρακτηριστικών όπως ο Δείκτης Μάζας Σώματος, έδειξαν ότι χαμηλότερα επίπεδα μυϊκής δύναμης συνδέονται με 78% αυξημένο κίνδυνο πρόσληψης βάρους από 10 κιλά και άνω. Ο έλεγχος του βάρους που επιτυγχάνεται μέσω της προπόνησης ενδυνάμωσης, μπορεί να βελτιώσει και να ανατρέψει ποικίλους παράγοντες κινδύνου που σχετίζονται με την παχυσαρκία όπως αντίσταση στην ινσουλίνη, σακχαρώδης διαβήτης τύπου II, δυσλιπιδαιμία, υπέρταση και φλεγμονώδεις παράγοντες. Επιπλέον, τα οφέλη αυτά προκύπτουν ακόμη και μετά από περιορισμένη απώλεια βάρους, της τάξεως του 5% του αρχικού βάρους, και συνεχίζουν να προοδεύουν με την αποβολή κιλών⁴⁰. Μέσω της προπόνησης αντίστασης μειώνεται το κοιλιακό λίπος και η αναλογία μέσης- ισχίου. Οι παράμετροι αυτοί, όπως έχει βρεθεί, συνδέονται κατά αναλογία με τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιοαγγειακών παθήσεων. Ειδικότερα, χαμηλά ποσοστά κοιλιακού λίπους και μικρός λόγος διαστάσεων μέσης- ισχίου, σχετίζονται με μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιοαγγειακών συμβαμάτων και παθήσεων. Η παιδική παχυσαρκία έχει αυξηθεί δραματικά τις τελευταίες δεκαετίες, ενώ συνδέεται με μεταβολικές διαταραχές και αυξημένο καρδιοαγγειακό κίνδυνο στην μετέπειτα ενήλικη ζωή των ατόμων αυτών¹⁰⁵. Η διαδικασία αυτή ενοχοποιείται για πρόωρα σημάδια αθηροσκλήρωσης. Η ενδοθηλιακή δυσλειτουργία αποτελεί πρώιμο δείκτη αθηροσκλήρωσης και σχετίζεται με παράγοντες κινδύνου όπως σακχαρώδης διαβήτης τύπου II, υπερχολιστερολαιμία και υπέρταση¹⁰⁸.

Η μυϊκή δύναμη έχει συνδεθεί με ποικίλους παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου και χρόνιες παθήσεις όπως το μεταβολικό σύνδρομο, σακχαρώδη διαβήτη τύπου II, υπέρταση και παχυσαρκία. Έρευνα του American College of Sports Medicine¹⁵⁴ σε 8570 υγιείς άνδρες ηλικίας 25-80 ετών εξέτασε τη σχέση της μυϊκής δύναμης με τον κίνδυνο ανάπτυξης **μεταβολικού συνδρόμου**. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως υψηλότερα ποσοστά μυϊκής δύναμης συνδέονται με 24% μείωση του κινδύνου εμφάνισης μεταβολικού συνδρόμου. Σε μεγάλη έρευνα των Silventoinen και συνεργατών¹⁵⁵, 1.160.082 υγιή νεαρά άτομα μέσης ηλικίας 18 ετών εξετάσθηκαν για 25 χρόνια ως προς τον κίνδυνο εμφάνισης **στεφανιαίας νόσου και εγκεφαλοαγγειακές παθήσεις**. Η μυϊκή δύναμη, η οποία αξιολογήθηκε μέσω της δύναμης χειρολαβής, συνδέθηκε με σημαντικά μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης στεφανιαίας νόσου και ενδοεγκεφαλικού εμφράγματος. Επιπλέον, η μειωμένη μυϊκή δύναμη χειρολαβής συνδέθηκε, πρόσφατα, με αυξημένο κίνδυνο **Καρδιακής Ανεπάρκειας**¹⁵⁶. Δεδομένα του UK Biobank από 374.493 συμμετέχοντες που παρακολουθήθηκαν για τέσσερα χρόνια περίπου, έδειξαν πως για κάθε 5 κιλά αύξηση της δύναμης χειρολαβής, ο αναφερόμενος κίνδυνος ανάπτυξης Καρδιακής Ανεπάρκειας μειώνεται κατά 19%¹⁵⁶. Η υψηλή αρτηριακή πίεση συνιστά έναν από τους εννέα πιο ισχυρούς παράγοντες κινδύνου της καρδιοαγγειακής νόσου σε παγκόσμια κλίμακα⁷. Υπολογίζεται πως οδηγεί σε περισσότερους από επτά εκατομμύρια θανάτους ετησίως, ένας αριθμός που ως ποσοστό αγγίζει το 13% των συνολικών θανάτων παγκοσμίως. Η μειωμένη μυϊκή δύναμη, γνωστή ως δυναπενία, όπως έχει τεκμηριωθεί επιστημονικά, συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο **υπέρτασης**¹⁴⁸. Ωστόσο, άγνωστο παραμένει μέχρι στιγμής αν η μυϊκή δύναμη αποτελεί ανεξάρτητο προγνωστικό παράγοντα κινδύνου για την υπέρταση³. Οι Maslow και συνεργάτες¹⁵⁷ διερεύνησαν τη συσχέτιση μυϊκής δύναμης με την επίπτωση της υπέρτασης σε άνδρες με φυσιολογική αρτηριακή πίεση ή προϋπέρταση. Τα επίπεδα μυϊκής δύναμης 4147 ανδρών ηλικίας 20-82 ετών εξετάσθηκαν για 19 χρόνια. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως μέτρια και υψηλά επίπεδα μυϊκής δύναμης συνδέονται με μειωμένο κίνδυνο επεισοδίων υπέρτασης¹⁵⁷. Στον υγιή πληθυσμό δεν εντοπίσθηκαν παρόμοια οφέλη¹⁵⁷. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί πως η καρδιοαναπνευστική ικανότητα CRF παραμένει ο ισχυρότερος παράγοντας κινδύνου για ασθενείς με προ- υπέρταση

και υπέρταση. Ακόμη, έρευνα του National Health and Nutrition Examination Survey¹⁵⁸ σε 4597 ασθενείς με υπέρταση, συσχέτισε τη δύναμη χειρολαβής με την αρτηριακή πίεση σε γυναίκες και άνδρες. Ειδικότερα, στους άνδρες, υψηλότερα ποσοστά μυϊκής δύναμης συνδέονται 31% μειωμένο κίνδυνο υπέρτασης, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο δείγμα των γυναικών. Τέλος, η προπόνηση ενδυνάμωσης επηρεάζει θετικά τους νέους αναδυόμενους παράγοντες κινδύνου αθηροσκλήρωσης και καρδιαγγειακών νόσων όπως η αιμοσφαιρίνη A1c (HbA1c), η ομοκυστεΐνη και η υπεροξειδωση των λιπιδίων στο πλάσμα.

1.12 Επίδραση της Προπόνησης Ενδυνάμωσης στη θνητότητα

Πρόσφατα ερευνητικά στοιχεία συνδέουν τη μυϊκή δύναμη με τη θνητότητα τόσο από καρδιαγγειακές παθήσεις όσο και από κάθε άλλο αίτιο. Η μυϊκή δύναμη και αντοχή αποτελούν ανεξάρτητους δείκτες θνητότητας καρδιαγγειακών παθήσεων και επίπτωσης του μεταβολικού συνδρόμου¹⁵⁹. Αντίστοιχα, η μυϊκή αδυναμία συνδέεται με φτωχή έκβαση σε ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις. Μελέτη 309 νοσηλευόμενων ασθενών πάνω από 70 ετών με στεφανιαία νόσο, έδειξε πως η αδυναμία συνδέεται με κακή πρόγνωση και θνητότητα από κάθε αίτιο. Η μυϊκή δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη κάθε αιτίου θνητότητας και επίπτωσης μεταβολικού συνδρόμου, ανεξαρτήτως επιπέδου φυσικής κατάστασης. Συνεπώς, ένα πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης με ασκήσεις αντίστασης μπορεί να συμβάλλει στη μείωση του κινδύνου θνητότητας.

Πρόσφατη μελέτη του Aerobics Center Longitudinal Study¹⁶⁰ σε 8.116 άνδρες εξετάστηκαν ως προς τον κίνδυνο αιφνίδιου καρδιακού θανάτου ανάλογα με τα επίπεδα μυϊκής δύναμης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως υψηλά ποσοστά μυϊκής δύναμης φθίνουν σημαντικά τον **κίνδυνο αιφνίδιου καρδιακού θανάτου**, ακόμα και σε άτομα με σημαντικές συννοσηρότητες και φτωχό επίπεδο αερόβιας ικανότητας. Οι Liu και συνεργάτες¹⁶¹ διερεύνησαν την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στην καρδιαγγειακή θνησιμότητα και θνητότητα. Τα αποτελέσματα μετά από έρευνα σε 12.591 άτομα έδειξαν πως ακόμη και χαμηλά επίπεδα συνολικής διάρκειας προπόνησης αντίστασης, δηλαδή λιγότερο από μία ώρα την εβδομάδα και ανεξάρτητα από προγράμματα αερόβιας άσκησης, μπορούν να

μειώσουν τον κίνδυνο θνητότητας και εκδήλωσης καρδιοαγγειακών παθήσεων κατά 40%-70%. Αντίστοιχα, οι Timrka και συνεργάτες¹⁴⁹ διερεύνησαν τον ρόλο της μυϊκής δύναμης στους παράγοντες κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων και τη θνητότητα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παρόλο που η δυναπενία δεν σχετίζεται με καρδιοαγγειακά επεισόδια, συνδέεται με 31% αυξημένο κίνδυνο θνητότητας από καρδιοαγγειακές παθήσεις, ανεξαρτήτως καρδιοαναπνευστικής ικανότητας.

Η μυϊκή μάζα αποτελεί κλινικά σημαντική μεταβλητή, καθώς έχει επιβεβαιωθεί ως ανεξάρτητος προγνωστικός παράγοντας θνητότητας σε ασθενείς με **καρδιακή ανεπάρκεια**. Σε ασθενείς με **καρδιακή ανεπάρκεια**, ο ρόλος της μυϊκής δύναμης και της σύστασης του σώματος στη μειωμένη καρδιοαναπνευστική ικανότητα (CRF) έχει διερευνηθεί πλήρως. Μελέτη των Hülsmann και συνεργατών¹⁶² σε 122 ασθενείς με σοβαρή καρδιακή ανεπάρκεια και μειωμένο κλάσμα εξώθησης, έδειξε πως υψηλότερα ποσοστά μυϊκής δύναμης συνδέονται με μακροπρόθεσμη επιβίωση. Οι ερευνητές, πρότειναν πως μέσω της αξιολόγησης της μυϊκής δύναμης, μπορούν να προβλέψουν τον κίνδυνο θνητότητας του ασθενούς¹⁶². Μάλιστα, η εκτίμηση αυτή φαίνεται να είναι ισχυρότερη και πιο αντιπροσωπευτική συγκριτικά με την αξιολόγησης της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας, δηλαδή της μέγιστης πρόσληψης οξυγόνου VO₂peak. Ωστόσο, ο ρόλος της μυϊκής ενδυνάμωσης στην πρόληψη κλινικών εκβάσεων σε ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια και διατηρημένο κλάσμα εξώθησης παραμένει υπό διερεύνηση.

Έρευνα σε 1314 νοσηλευόμενους ασθενείς με οξεία **στεφανιαία νόσο** ή έπειτα από χειρουργική παράκαμψη στεφανιαίας αρτηρίας (coronary artery bypass grafting), έδειξε πως υψηλότερα ποσοστά δύναμης του τετρακεφάλου σχετίζονται με μειωμένο κίνδυνο θνητότητας από καρδιοαγγειακές παθήσεις¹⁶³. Συγκεκριμένα, για κάθε 10% αύξηση της μυϊκής δύναμης του τετρακεφάλου, παρατηρήθηκε 34% μειωμένος κίνδυνος θνητότητας.

Σε ασθενείς με διαγνωσμένες **καρδιομεταβολικές παθήσεις** ο ρόλος της μυϊκής δύναμης στη θνητότητα δεν έχει ακόμα αποσαφηνισθεί. Οι Lopez - Jaramillo και συνεργάτες¹⁶⁴ εξέτασαν τη συσχέτιση της δύναμης χειρολαβής με τη θνητότητα από καρδιοαγγειακό αίτιο, σε άτομα με προ- διαβήτη και διαβήτη. Η αύξηση της δύναμης χειρολαβής κατά ένα κιλό σε άνδρες και γυναίκες οδήγησε σε

προοδευτική μείωση καρδιοαγγειακών επεισοδίων. Ειδικότερα, για κάθε ένα κιλό αύξησης της δύναμης χειρολαβής, ο κίνδυνος θνητότητας καρδιοαγγειακών παθήσεων μειώνεται κατά 12% στους άνδρες και 30% στις γυναίκες. Επιπλέον, τα υψηλότερα ποσοστά δύναμης χειρολαβής συσχετίστηκαν με σημαντική μείωση κινδύνου εμφράγματος μυοκαρδίου και εγκεφαλικού επεισοδίου. Μελέτη των Bakker και συνεργατών¹⁶⁵ σε 7418 άτομα, διάρκειας τεσσάρων χρόνων, έδειξε πως η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης ελαττώνει κατά 17% τον κίνδυνο εμφάνισης Μεταβολικού Συνδρόμου.

Επίσης, πρόσφατη έρευνα έδειξε πως η προπόνηση αντίστασης οδηγεί σε μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης υπερχολιστερολαιμίας κατά 13%. Επιστημονικά δεδομένα σε υγιή πληθυσμό καταδεικνύουν μία άμεση σχέση ανάμεσα στην αρτηριακή πίεση και στην καρδιοαγγειακή νοσηρότητα και θνητότητα. Σύμφωνα με ανασκόπηση του American Heart Association¹⁴⁹, μικρές πτώσεις της Αρτηριακής Πίεσης ηρεμίας, ως αποτέλεσμα της προπόνησης ενδυνάμωσης, της τάξεως 3mmHg, είναι ικανές να ελαττώσουν τον κίνδυνο θνητότητας από κάθε αίτιο κατά 4%. Οι Kodama και συνεργάτες¹⁶⁶ ανέλυσαν τα δεδομένα 33 μελετών, συμπεριλαμβανομένων 102.980 συμμετεχόντων, αναφορικά με την επίδραση της φυσικής κατάστασης στη θνητότητα. Τα ευρήματα έδειξαν πως μία καλύτερη φυσική κατάσταση συνεπάγεται με χαμηλότερο κίνδυνο θνητότητας από **κάθε αίτιο**, αλλά και μειωμένο κίνδυνο εμφάνισης **καρδιοαγγειακών συμβαμάτων**. Η αύξηση της μέγιστης αερόβιας ικανότητας κατά μία μονάδα μεταβολικού ισοδύναμου δραστηριότητας (1-MET) οδηγεί στην ελάττωση του κινδύνου θνητότητας, ανεξαρτήτως αιτίου, κατά 13%. Αντίστοιχα, επιφέρει μειώσεις, όσον αφορά τον κίνδυνο εμφάνισης συμβαμάτων καρδιοαγγειακής πάθησης, της τάξεως του 15%.

Η μυϊκή δύναμη κατέχει μία ισχυρή σύνδεση με τη θνητότητα, ανεξαρτήτως της μυϊκής μάζας, επιβεβαιώνοντας τη σημασία, κυρίως, της ομαλής λειτουργίας του μυοτενόντιου συνόλου και όχι τόσο της ποσότητας μυϊκών ινών κατά τη διαδικασία της γήρανσης. Μελέτη 1.775 ατόμων άνω των 65 ετών, έδειξε πως σε άτομα με χαμηλό ποσοστό μυϊκής δύναμης χειρολαβής εμφανίζουν αυξημένη θνητότητα, ανεξαρτήτως ανθρωπομετρικών στοιχείων¹⁶⁷. Ομοίως, οι Garcia-Hermoso και

συνεργάτες¹⁶⁸ διερεύνησαν τη σχέση μυϊκής δύναμης και κάθε αιτίου θνητότητας σε περίπου 2 εκατομμύρια άνδρες και γυναίκες, τόσο στο σύνολο του πληθυσμού όσο και αναφορικά με το φύλο. Βρέθηκε ότι μεγαλύτερα ποσοστά μυϊκής δύναμης, που αξιολογήθηκαν με τη δύναμη χειρολαβής, συνδέθηκαν με 31% μειωμένο κίνδυνο θανάτου από **κάθε αίτιο**. Αναλυτικότερα, στις γυναίκες εμφανίσθηκε 40% μειωμένος κίνδυνος θνητότητας, ενώ στους άνδρες 31%, υποδεικνύοντας ότι πιθανά στο γυναικείο φύλο η μυϊκή δύναμη αποτελεί πιο ισχυρό δείκτη προστασίας. Οι Katzmarzyk και συνεργάτες¹⁵⁹ εξέτασαν τα επίπεδα φυσικής κατάστασης του μυός, αναφορικά με τον κίνδυνο θνητότητας από **κάθε αίτιο**. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μεγαλύτερα ποσοστά δύναμης κοιλιακών μυών οδηγούν σε σημαντική ελάττωση του κινδύνου θνητότητας σε άνδρες και γυναίκες¹⁵⁹.

1.13 Ποιότητα Ζωής

Η ποιότητα ζωής αντικατοπτρίζει το επίπεδο λειτουργικής ικανότητας και ανεξαρτησίας. Σε άτομα των οποίων το επίπεδο φυσικής κατάστασης δεν επιτρέπει τη διεκπεραίωση καθημερινών δραστηριοτήτων, η προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής³⁰. Σε κλινήρεις ασθενείς, εμφανίζεται ταχεία απώλεια μυϊκής δύναμης και αντοχής που μπορεί να οδηγήσει σε έκπτωση ικανότητας εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων και κατ' επέκταση απώλεια ανεξαρτησίας και υποβάθμιση της ποιότητας ζωής. Η μειωμένη ικανότητα των καρδιοαγγειακών ασθενών να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις της καθημερινότητας εκφυλίζει την ποιότητα ζωής τους, αυξάνει το κόστος της υγειονομικής περίθαλψης στο δημόσιο σύστημα, δημιουργώντας την ανάγκη για υποστηρικτικές υπηρεσίες⁶⁷. Η προσθήκη των ασκήσεων αντίστασης στο πρόγραμμα αποκατάστασης μπορεί να μειώσει τα προαναφερθέντα δυσμενή επακόλουθα. Η προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης βοηθά το άτομο να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις της καθημερινότητας μειώνοντας τα επίπεδα αναπηρίας. Δραστηριότητες όπως η ανάβαση σκάλας, η μεταφορά τροφίμων από το παντοπωλείο, η έγερση από καθιστή θέση απαιτούν μυϊκή υποστήριξη.

Οι Beniamini και συνεργάτες¹⁶⁹ διερεύνησαν την επίδραση της υψηλής έντασης προπόνησης αντίστασης στην ποιότητα ζωής καρδιοαγγειακών ασθενών. Το δείγμα που ακολούθησε ασκήσεις ενδυνάμωσης εμφάνισε αυξημένη αυτό -

αποτελεσματικότητα τόσο σε δραστηριότητες τις καθημερινής ζωής που απαιτούν μυϊκό έργο, όσο και σε πιο έντονες δραστηριότητες όπως το τρέξιμο. Σύμφωνα με στοιχεία του του Baylor University Medical Center¹⁰², ασθενείς που έχουν υποστεί έμφραγμα του μυοκαρδίου αυτό - περιορίζονται σημαντικά, υποβαθμίζοντας το επίπεδο ποιότητας της ζωής τους. Η προπόνηση ενδυνάμωσης μπορεί να βελτιώσει την επιδεξιότητα αυτών των ασθενών προκειμένου να συνεχίσουν ομαλά την καθημερινότητά τους.

Η πτωχή φυσική κατάσταση και η χαμηλή ποιότητα ζωής είναι κύρια χαρακτηριστικά των ασθενών με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια (CHF), περιορίζοντας τόσο τις δραστηριότητες της καθημερινής ζωής όσο και την εκτέλεση οποιουδήποτε τύπου άσκησης. Ένα κοινό πρόβλημα, επιπροσθέτως, των ασθενών με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια (CHF) αποτελεί η εμφάνιση συμπτωμάτων δύσπνοιας κατά την εκτέλεση αερόβιας άσκησης, όπως η πεζοπορία και η ποδηλασία. Αυτός ο τύπος φυσικής δραστηριότητας είναι δύσκολα ανεκτός από τον ασθενή οδηγώντας τον, συχνά, σε αδράνεια και ακινησία. Ασθενείς με **Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια** έχουν υψηλά ποσοστά σωματικής αναπηρίας βάσει της αυτό - αναφερόμενης δυσκολίας στην εκτέλεση δραστηριοτήτων της καθημερινότητας . Η μυϊκή αδυναμία, η δύσπνοια και η κόπωση δυσκολεύουν την καθημερινότητα αυτών των ασθενών. Η αύξηση της μυϊκής δύναμης ωφελεί καθημερινές λειτουργίες όπως η άρση αντικειμένων, η έγερση από καθιστή θέση, η άνοδος και κάθοδος κλίμακας, δραστηριότητες που απαιτούν μυϊκή υποστήριξη. Η συμμετοχή των ασθενών αυτών σε προγράμματα άσκησης μπορεί να αποβεί δύσκολη, ειδικά σε περιπτώσεις όπου συμπτώματα δύσπνοιας και κόπωσης εμφανίζονται ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα φυσικής δραστηριότητας. Αυτός, συνήθως, είναι ο λόγος για τον οποίο οι περισσότεροι ασθενείς με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια (CHF) εγκαταλείπουν ή αποφεύγουν να ακολουθήσουν κάποιο πρόγραμμα άσκησης. Έτσι, όπως επισημαίνουν οι Lans και συνεργάτες¹²⁸ μία εναλλακτική λύση γι' αυτούς τους ασθενείς φαίνεται να αποτελεί ένα πρόγραμμα άσκησης αντίστασης στο οποίο θα χρησιμοποιούνται μόνο ελαστικοί ιμάντες αντίστασης, προκειμένου να γίνουν λειτουργικά ανεξάρτητοι και να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους. Η μυϊκή ενδυνάμωση μπορεί να παρέχει μοναδικά λειτουργικά οφέλη σε ασθενείς με **Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια**. Οι

Savage και συνεργάτες⁶⁷ εξέτασαν την επίδραση της προπόνησης με αντιστάσεις στη φυσική λειτουργία και αναπηρία ασθενών με **Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια**. Τα ευρήματα έδειξαν πως η μυϊκή δύναμη συνδέεται άμεσα με τη φυσιολογική ικανότητα εκτέλεσης καθημερινών δραστηριοτήτων. Συνεπώς, η άσκηση επηρεάζει με θετικό τρόπο, εκτός από τη φυσική κατάσταση, και την ποιότητα ζωής ασθενών με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια (CHF), γεγονός που την καθιστά αναπόσπαστο κομμάτι του προγράμματος Καρδιοαγγειακής Αποκατάστασης¹²⁸. Παρόλα αυτά, το ποσοστό των ασθενών που λαμβάνει ένα εξατομικευμένο και ειδικά προσαρμοσμένο πρόγραμμα άσκησης στις ανάγκες της συγκεκριμένης καρδιοαγγειακής πάθησης, είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Η εφαρμογή ενός κατάλληλα διαμορφωμένου και εξατομικευμένου προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης στην αποκατάσταση ασθενών με Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια (CHF) φαίνεται να είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος βελτίωσης της λειτουργικότητας αυτής της πληθυσμιακής ομάδας.

Τέλος, ένα σημαντικό κομμάτι που αφορά τους ηλικιωμένους ασθενείς είναι η πρόληψη των πτώσεων. Η προπόνηση ενδυνάμωσης επηρεάζει θετικά την ιδιοδεκτικότητα, τον συντονισμό και την ισορροπία. Καθώς ο αριθμός των μεγαλύτερων σε ηλικία ατόμων που πάσχουν από καρδιοαγγειακές νόσους ολοένα και αυξάνεται, η μυϊκή δύναμη αποκτά σημαντικό ρόλο στη διεκπεραίωση των καθημερινών δραστηριοτήτων, στην αύξηση της ταχύτητας βάρδισης και στη μείωση του κινδύνου πτώσεως. Η προπόνηση ενδυνάμωσης αποτελεί τον πιο ικανό τύπο άσκησης για την αύξηση της μυϊκής δύναμης.

1.14 Ψυχολογικά Οφέλη

Οι ασθενείς με καρδιοαγγειακές παθήσεις εμφανίζουν συχνά κατάθλιψη, η οποία συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιοαγγειακής πάθησης³⁰. Η προπόνηση ενδυνάμωσης βελτιώνει την αυτό - αποτελεσματικότητα και μειώνει την κόπωση και την κατάθλιψη. Η προπόνηση αντίστασης αποτελεί μια επιλογή άσκησης σε εξασθενημένα και αποθαρρυσμένα άτομα που αδυνατούν να ακολουθήσουν αερόβια άσκηση, προκειμένου να επωφεληθούν στις μετακινήσεις κατά την περίοδο ανάρρωσης, για παράδειγμα, μετά από ένα χειρουργείο. Η προπόνηση με ασκήσεις ενδυνάμωσης μπορεί να δίνει κίνητρο και προσήλωση

στους ασθενείς καθώς οι βελτιώσεις στη μυϊκή δύναμη γίνονται γρήγορα εμφανείς, συγκριτικά με τις αλλαγές που συμβαίνουν στην καρδιοαναπνευστική αντοχή έπειτα από αερόβια άσκηση οι οποίες δεν είναι άμεσα ευδιάκριτες. Η αύξηση της μυϊκής δύναμης βελτιώνει τη λειτουργικότητα των ασθενών υποστηρίζοντας τις καθημερινές τους δραστηριότητες και την ανεξαρτησία του. Μεταξύ άλλων, ενισχύεται η αυτοπεποίθηση και ψυχρό - κοινωνική ευημερία των ασθενών, κάτι το οποίο μπορεί να αποτρέψει τη μελλοντική ανάγκη για φροντίδα στο σπίτι. Επιπλέον, οι βελτιώσεις στη φυσική και λειτουργική ικανότητα των ασθενών είναι απαραίτητη για την κοινωνική και επαγγελματική τους επανένταξη³⁴. Η αύξηση της μυϊκής δύναμης βελτιώνει τη λειτουργικότητα των ασθενών υποστηρίζοντας τις καθημερινές τους δραστηριότητες και την ανεξαρτησία τους.

Έρευνα των Beniamini και συνεργατών¹⁰² έδειξε πως η προπόνηση με αντιστάσεις οδηγεί σε σημαντικά οφέλη στην ψυχολογία, αφού δρα ευεργετικά στη διάθεση του ατόμου, την κατάθλιψη και την κόπωση και αδράνεια, ενώ βελτιώνει το σκορ της συναισθηματικής υγείας. Οι Singh και συνεργάτες¹⁷⁰ μελέτησαν την επίδραση της προπόνησης ενδυνάμωσης στην κατάθλιψη ηλικιωμένων ατόμων. Ηλικιωμένα άτομα με σοβαρή ή λιγότερο σοβαρή κατάθλιψη ολοκλήρωσαν πρόγραμμα ενδυνάμωσης διάρκειας 8 εβδομάδων. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε ομάδες, εκ των οποίων η πρώτη προπονήθηκε σε υψηλή ένταση ασκήσεων αντίστασης και η δεύτερη σε χαμηλή ένταση. Τα ευρήματα έδειξαν πως η προπόνηση ενδυνάμωσης οδήγησε σε μείωση της κατάθλιψης κατά 50%. Η ανάπτυξη της μυϊκής δύναμης συνδέθηκε άμεσα με τη μείωση των συμπτωμάτων κατάθλιψης και βελτίωση στη ζωτικότητα του ατόμου. Οι ερευνητές, έδειξαν πως η υψηλής έντασης προπόνηση αντίστασης μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική σε ηλικιωμένους ασθενείς μειώνοντας την κατάθλιψη στο 61% των ατόμων που ασκήθηκαν σε αυτή τη ζώνη άσκησης. Αντίθετα, στο δείγμα που ακολούθησε χαμηλής έντασης άσκησης, μόλις στο 29% εμφανίστηκε ελάττωση των συμπτωμάτων κατάθλιψης.

5

ΣΥΝΤΑΓΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΥΙΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΟΑΓΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Ενότητα 1 : Αρχές & Μεθοδολογία Σχεδιασμού της Προπόνησης Αντίστασης

- 1.1 Ασφάλεια προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης
- 1.2 Τεχνική εκτέλεσης των ασκήσεων ενδυνάμωσης
- 1.3 Φυσικοθεραπευτική Αξιολόγηση
- 1.4 Στόχοι της αποκατάστασης
- 1.5 Κριτήρια ένταξης στο πρόγραμμα αποκατάστασης
- 1.6 Σχετικές και απόλυτες αντενδείξεις για το πρόγραμμα αποκατάστασης
- 1.7 Κριτήρια πρόωρου τερματισμού του προγράμματος αποκατάστασης
- 1.6 Κριτήρια αποδέσμευσης από το πρόγραμμα αποκατάστασης

Ενότητα 2 : Σχεδιασμός προγραμμάτων ενδυνάμωσης & ρύθμιση παραμέτρων της αποκατάστασης

- 2.1 Συχνότητα
- 2.2 Τύπος άσκησης
- 2.3 Εξοπλισμός
- 2.4 Ένταση & Ζώνη άσκησης
- 2.5 Διάρκεια
- 2.6 Χρόνος ανάπαυσης

2.7 Όγκος προπόνησης (Αριθμός Επαναλήψεων και Σειτ)

2.8 Ταχύτητα

2.9 Μεθοδολογία προοδευτικής επιβάρυνσης

Ενότητα 3: Ιδιαιτερότητες του προγράμματος αποκατάστασης

3.1 Επέμβαση καρδιάς

3.2 Μεταμόσχευση Καρδιάς

3.3 Διαδερμική στεφανιαία παρέμβαση

3.4 Εμφύτευση απινιδωτή βηματοδότη

Ενότητα 4: Ενδεικτικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης για καρδιοαγγειακούς ασθενείς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΝΤΑΓΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΥΙΚΗΣ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΡΔΙΟΑΓΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Ενότητα 1 : Αρχές & Μεθοδολογία Σχεδιασμού της Προπόνησης Αντίστασης

1.1 Ασφάλεια προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης

Σύμφωνα με το American Heart Association³⁰, τα ευρήματα μελετών και η κλινική εμπειρία καταδεικνύουν πως η προπόνηση με αντιστάσεις είναι σχετικά ασφαλής. Ωστόσο, στις περισσότερες μελέτες συμπεριλαμβάνονται άτομα χαμηλού κινδύνου ενώ σε άλλες το δείγμα και ο χρόνος της παρέμβασης δεν επαρκούν για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σε μεγάλη πληθυσμιακή βάση. Εντούτοις, αναλογικά με τους κινδύνους που απορρέουν από την αερόβια άσκηση, οι καρδιαγγειακοί κίνδυνοι που σχετίζονται με την προπόνηση υπό αντιστάσεις είναι πιθανό να καθορίζονται από την ηλικία, τη φυσική κατάσταση, τις υποκείμενες καρδιαγγειακές παθήσεις και την ένταση της άσκησης υπό αντίσταση³⁰.

Έχουν καταγραφεί υπερβολικές αυξήσεις στην Αρτηριακή Πίεση κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης προπόνησης με αντιστάσεις, για παράδειγμα από 80% έως 100% της μίας μέγιστης επανάληψης που εκτελούνται μέχρις εξαντλήσεως³⁰. Παρ' όλα αυτά, οι αυξήσεις αυτές δεν είναι ανησυχητικές όταν η προπόνηση με αντιστάσεις πραγματοποιείται σε χαμηλή έως μέτρια ένταση με σωστή αναπνευστική τεχνική και αποφυγή του ελιγμού Valsalva . Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν έμμεσες ενδείξεις πως η προπόνηση με αντιστάσεις οδηγεί σε πιο ευνοϊκή ισορροπία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης οξυγόνου στο μυοκάρδιο συγκριτικά με την αερόβια άσκηση λόγω χαμηλότερης Καρδιακής Συχνότητας και υψηλότερης διαστολικής πίεσης έγχυσης.

Η Ισομετρική Άσκηση, ανεξαρτήτως ποσοστού Μέγιστης Εθελοντικής Σύσπασης, είναι εξαιρετικά σπάνιο να προκαλέσει στηθάγχη, ισχαιμικό κοίλωμα στο τμήμα ST του ηλεκτροκαρδιογραφήματος ή σύνθετες κοιλιακές αρρυθμίες σε καρδιακούς ασθενείς χαμηλού κινδύνου³⁰. Η μείωση του διαστολικού όγκου της Αριστερής Κοιλίας και η τάση στα τοιχώματα αυτής, οδηγεί σε χαμηλό κίνδυνο

πρόκλησης ισχαιμικών συμβαμάτων κατά τη διάρκεια της ισομετρικής άσκησης. Επιπλέον, η σχέση ζήτησης και προσφοράς οξυγόνου του μυοκαρδίου φαίνεται να μεταβάλλεται θετικά από την υπέρθεση της στατικής έναντι της δυναμικής προσπάθειας, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται το μέγεθος του ισχαιμικού κοιλώματος στο τμήμα ST για ένα δεδομένο προϊόν ρυθμού - πίεσης.

Η χρήση της προπόνησης με αντιστάσεις σε καρδιακούς ασθενείς μέτριου έως υψηλού κινδύνου απαιτεί καλή κλινική εκτίμηση και παρακολούθηση. Μελέτες σε υγιή άτομα και καρδιοαγγειακούς ασθενείς χαμηλού κινδύνου, δηλαδή άτομα που δεν εμφανίζουν ισχαιμικά επεισόδια κατά την ηρεμία ή την άσκηση, σοβαρή δυσλειτουργία της Αριστερής Κοιλίας ή σύνθετες κοιλιακές αρρυθμίες, δεν ανέφεραν σημαντικά ανεπιθύμητα καρδιοαγγειακά συμβάντα. Ακόμη, όπως επισημαίνει το American Heart Association³⁰, η προπόνηση με αντιστάσεις είναι ασφαλής για ασθενείς με ελεγχόμενη υπέρταση. Η Αρτηριακή Πίεση κατά τη διάρκεια της άρσης βαρών σε καρδιακούς ασθενείς κυμαίνεται σε κλινικά αποδεκτή τιμή όταν η ένταση είναι της τάξεως του 40% - 60% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης.

Σε ό,τι αφορά τους μυοσκελετικούς κινδύνους, τα διαθέσιμα ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν πως τα ποσοστά τραυματισμού κατά τη διάρκεια της προπόνησης με αντιστάσεις και της εκτίμησης της Μίας Μέγιστης Επανάληψης είναι παρόμοια σε ηλικιωμένους και ενήλικες. Μάλιστα, έρευνες έδειξαν πως οι ενήλικες τραυματίζονται συχνότερα από τους ηλικιωμένους. Το γεγονός αυτό πιθανά οφείλεται στη στενή εποπτεία από τους ειδικούς και την προσεκτική και συνάμα επιφυλακτική χρήση επιπρόσθετων βαρών στις ηλικιακές αυτές ομάδες. Οι Braith και Vincent σε παλαιότερη έρευνα έδειξαν πως οι ηλικιωμένοι ασθενείς έχουν περίπου 2%- 8% πιθανότητα να τραυματιστούν κατά την προπόνηση με αντιστάσεις¹⁷¹. Αντίθετα, πιο πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα της μελέτης των Sousa και συνεργατών¹⁷² αναφέρουν πως υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού κυρίως κατά την αξιολόγηση της Μίας Μέγιστης Επανάληψης. Οι ηλικιωμένοι ασθενείς μπορεί να εμφανίζουν αυξημένη ευπάθεια κατά τη διάρκεια υψηλής έντασης προπόνηση με αντιστάσεις. Ο συνδυασμός επαναλαμβανόμενων και μεγάλων φορτίων, η μη σωστή τοποθέτηση του σώματος και τεχνική, η διαλογή και ακολουθία των ασκήσεων συνιστούν κύριους παράγοντες κινδύνου μυοσκελετικών

τραυματισμών¹⁷².

Η πιθανότητα τραυματισμού μπορεί να μειωθεί υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις. Πρωτίστως, ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται στη σωστή ενδυμασία των ασθενών και την εφαρμογή κατάλληλου αθλητικού υποδήματος, ώστε να υπάρχει σταθερότητα και άνεση. Οι ασθενείς θα πρέπει να εξετάζονται προσεκτικά για τωρινούς ή παλαιότερους μυοσκελετικούς τραυματισμούς. Οι τελευταίοι, αξιολογούνται ως προς τη βαρύτητα προκειμένου να τεθούν οι περιορισμοί του προγράμματος. Οι ασκήσεις δεν θα πρέπει να εκτελούνται σε αρθρώσεις με εμφανή σημεία φλεγμονής όπως πόνος, οίδημα, ερυθρότητα. Σε περιπτώσεις που ο ασθενής λαμβάνει φαρμακευτική θεραπεία, επιβάλλεται επικοινωνία με τον ιατρό. Ακόμη, κατά τη διάρκεια των ασκήσεων ενδυνάμωσης είναι αναγκαία η επίβλεψη του ασθενή ώστε να εξασφαλισθεί η σωστή τεχνική εκτέλεσης των ασκήσεων και να αποφευχθούν λανθασμένες θέσεις του σώματος που μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμό. Τέλος, στην πρώιμη φάση της αποκατάστασης, η ένταση θα πρέπει να είναι χαμηλή και καθώς το πρόγραμμα εξελίσσεται να αυξάνεται προοδευτικά και με στενή επίβλεψη.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως η ύπαρξη παλαιότερου τραυματισμού δεν συνιστά απόλυτη αντένδειξη για την ένταξη στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης, εφόσον δεν βρίσκεται στην οξεία φάση. Οι ασκήσεις εκτελούνται με ελάχιστη αντίσταση και η πρόοδος είναι αργή και σταθερή, με την επίβλεψη της επιστημονικής ομάδας. Η αξιολόγηση της Μίας Μέγιστης Επανάληψης σε παλαιότερα τραυματισμένη άρθρωση θα πρέπει να αποφεύγεται.

Τα προγράμματα καρδιαγγειακής αποκατάστασης αρχικά δεν περιελάμβαναν ασκήσεις με αντίσταση, καθώς υπήρχαν πολλές ανησυχίες για πιθανή υπέρμετρη αύξηση της Αρτηριακής Πίεσης και δευτερευόντως ανεπιθύμητη διαμόρφωση των τοιχωμάτων της αριστερής κοιλίας¹⁷³⁻¹⁷⁷. Κατά τη διάρκεια ισομετρικής συστολής, ασκείται σημαντικό φορτίο πίεσης το οποίο διεγείρει ταυτόχρονες αυξήσεις στην Καρδιακή Συχνότητα, τη Μέση Αρτηριακή Πίεση και τις Περιφερικές Αγγειακές Αντιστάσεις. Το επίπεδο του φορτίου πίεσης που αναπτύσσεται εξαρτάται από το μέγεθος της αντίστασης (ποσοστό Μέγιστης Εθελοντικής Σύσπασης) και τη διάρκεια της μυϊκής συστολής σε συνάρτηση με τα μεσοδιαστήματα ανάπαυσης. Έτσι, θα αναπτυχθεί μικρότερο φορτίο πίεσης στο καρδιαγγειακό σύστημα όταν

το μέγεθος της αντίστασης δεν είναι τόσο μεγάλο, ο χρόνος συστολής είναι μικρός (1-3 δευτερόλεπτα) και τα μεσοδιαστήματα ανάπαυσης διαρκούν τουλάχιστον 1-2 δευτερόλεπτα. Το μέγεθος του όγκου φορτίου στο καρδιαγγειακό σύστημα κατά τη διάρκεια μιας δυναμικής άσκησης αντίστασης θα είναι μεγαλύτερο όταν το μέγεθος της αντίστασης είναι σχετικά χαμηλό (δηλαδή ο ασθενής μπορεί να εκτελέσει 20-30 επαναλήψεις) και οι συστολές εκτελούνται κάθε λίγα δευτερόλεπτα. Ειδικότερα, πάντοτε σε συνάρτηση με τη διάρκεια και την ένταση της άσκησης αντίστασης, η Καρδιακή Συχνότητα μπορεί να αυξηθεί σημαντικά ακόμα και να πλησιάσει τη Μέγιστη, προβλεπόμενη από την ηλικία, Καρδιακή Συχνότητα. Επιπλέον, η Συστολική και Διαστολική Πίεση ενδέχεται να αυξηθούν ξεπερνώντας τις τυπικές τιμές. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι τέτοιες διακυμάνσεις σε Καρδιακή Συχνότητα και Αρτηριακή Πίεση είναι σπάνιο να συμβούν υπό καθοδήγηση και σωστές οδηγίες σε ένα πρόγραμμα ασκήσεων αντίστασης μέτριας έντασης³⁰.

Οι MacDougall και συνεργάτες¹⁷⁷ έδειξαν πως σε υγιείς ενήλικες άνδρες η άσκηση πρέσας ποδιών με ένταση 80% - 100% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης μπορεί να αυξήσει την Αρτηριακή Πίεση έως και 480/350 mm Hg. Οι αυξήσεις αυτές είναι ακατάλληλες για τους καρδιαγγειακούς ασθενείς. Συνεπώς, τα προγράμματα καρδιακής αποκατάστασης χρησιμοποιούν φορτία της τάξεως 40% - 60% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης. Στη μελέτη των MacDougall και συνεργατών¹⁷⁷ δεν αναφέρθηκαν ανεπιθύμητα αποτελέσματα όπως στηθάγχη ή αρρυθμίες. Σε περίπτωση που οι ασθενείς λαμβάνουν φαρμακευτική αγωγή, αυτή θα πρέπει να λαμβάνεται εγκαίρως τις ώρες που έχει υποδείξει ο θεράπων ιατρός²⁵.

1. 2 Τεχνική εκτέλεσης των ασκήσεων ενδυνάμωσης

Πριν την έναρξη των προγραμμάτων μυϊκής ενδυνάμωσης ο ασθενής θα πρέπει να συμμετέχει σε μερικές δοκιμαστικές συνεδρίες οι οποίες θα βοηθήσουν στον καθορισμό της μορφής της άσκησης, του εύρους κίνησης κάθε άρθρωσης, τις σωστές τεχνικές αναπνοής και των φορτίων αντίστασης. Κατά τη διάρκεια της προπόνησης με αντιστάσεις οι ασθενείς θα πρέπει να αποφεύγουν τη σφιχτή λαβή και την κατακράτηση της αναπνοής τους (ελιγμός Valsava), καθώς όπως έχει αποδειχθεί αυξάνουν υπερβολικά την Αρτηριακή Πίεση³⁸. Οι ασκήσεις θα πρέπει

να εκτελούνται σε πλήρες εύρος κίνησης. Ο σωστός ρυθμός αναπνοής περιλαμβάνει εισπνοή κατά την έκκεντρη φάση της συστολής και εκπνοή κατά την ομόκεντρη φάση της συστολής. Δηλαδή, η συστολή θα πρέπει να συνοδεύεται από εκπνοή και, αντίστοιχα, η χαλάρωση θα πρέπει να συνοδεύεται από εισπνοή⁴. Η διάρκεια της ομόκεντρης συστολής θα πρέπει να είναι 2 με 4 δευτερόλεπτα, ενώ η έκκεντρη συστολή θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί σε 4 δευτερόλεπτα⁵. Στατικές ή ισομετρικές ασκήσεις εκτελούνται με προσοχή, σύμφωνα με παλαιότερες οδηγίες του American Heart Association³⁰.

Ελεύθερα βάρη και μηχανήματα αντίστασης χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα προγράμματα με ασκήσεις αντίστασης. Εντούτοις, τα μηχανήματα φαίνεται να υπερτερούν καθώς παρέχουν καλύτερη κατανομή των φορτίων ενώ η αντίσταση είναι σταθερή και ομοιόμορφη σε όλο το εύρος κίνησης. Αντίστοιχα, υπάρχει η δυνατότητα περιορισμού του εύρους κίνησης σε ορισμένες θέσεις κάτι που είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο σε καρδιαγγειακούς ασθενείς με συνοδά μυοσκελετικά προβλήματα. Τα ελεύθερα βάρη απαιτούν καλή ισορροπία και συντονισμό ώστε οι ασκήσεις να εκτελεστούν με ασφάλεια αποφεύγοντας ανεπιθύμητους τραυματισμούς. Επομένως, τα μηχανήματα αντίστασης τα οποία είναι σταθερά ενδέχεται να μειώνουν τον κίνδυνο τραυματισμού³⁸.

1.3 Φυσικοθεραπευτική Αξιολόγηση

Οι ασθενείς που πρόκειται να ενταχθούν στο πρόγραμμα με ασκήσεις υπό αντιστάσεις υποβάλλονται πρωτίστως σε διαγνωστική εξέταση και αξιολόγηση από ειδική επιστημονική ομάδα^{25,38}. Στόχος είναι να αποκλειστούν άτομα με ασταθείς ιατρικές παθήσεις, υψηλού κινδύνου για ανεπιθύμητα συμβάντα. Ταυτόχρονα, ελαχιστοποιούνται οι περιορισμοί στην άσκηση, προλαμβάνοντας περιπτώσεις , δυνητικά δαπανηρές ιατρικές εξετάσεις⁴. Ακόμη, μέσω της φυσικοθεραπευτικής αξιολόγησης καθίσταται δυνατή η διαστρωμάτωση κινδύνου των ασθενών, απαραίτητο βήμα πριν την ένταξή τους στο κατάλληλο εξατομικευμένο πρόγραμμα αποκατάστασης. Η κατάταξη κινδύνου των ασθενών σύμφωνα με τις οδηγίες του American Heart Association αναγράφονται στον **Πίνακα 1**. Σύμφωνα με οδηγίες του German Society for Prevention and Rehabilitation η αξιολόγηση του ασθενούς περιλαμβάνει λήψη ιστορικού, κλινική εξέταση και συλλογή των εξετάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί, όπως για παράδειγμα ηλεκτροκαρδιογράφημα, για την

υποκειμενική και αντικειμενική εκτίμηση της κατάστασής του³⁴.

Μέσω της αξιολόγησης κρίνεται αν το άτομο πληροί τις προϋποθέσεις ένταξης στο πρόγραμμα με ασκήσεις αντίστασης με βάση το επίπεδο κινδύνου που διατρέχει. Η ταυτοποίηση της ευπάθειας του ασθενούς συνιστά το πρώτο βήμα για να καθοριστούν η φύση του προγράμματος αποκατάστασης και οι παράμετροι των ασκήσεων υπό αντιστάσεις^{30,38}. Απαραίτητη κρίνεται και η μυοσκελετική αξιολόγηση των καρδιαγγειακών ασθενών³⁴. Μυϊκή ατροφία ή σαρκοπενία λόγω μακροχρόνιας παραμονής στο κρεβάτι, καθιστικού τρόπου ζωής ή ως αποτέλεσμα θεραπείας με γλυκοκορτικοειδή, θα πρέπει να εκτιμηθούν και να καταγραφούν¹⁶. Κατά τη συνταγογράφηση ενός προγράμματος αποκατάστασης συνυπολογίζεται η κατάσταση της υγείας και το επίπεδο αναπηρίας του ασθενούς. Οι παράμετροι του προγράμματος αποκατάστασης καθορίζονται από παράγοντες όπως παλαιότερες μυοσκελετικές κακώσεις, το επίπεδο δυσλειτουργίας της αριστερής κοιλίας, νευρολογικούς περιορισμούς και την κατάσταση του αναπνευστικού συστήματος. Αναγκαία είναι η επικοινωνία με τον θεράποντα ιατρό και την επιστημονική ομάδα για τη συλλογή των κατάλληλων πληροφοριών, για παράδειγμα σε περίπτωση χειρουργείου ποια τεχνική χρησιμοποιήθηκε και στοιχεία που αφορούν τη χειρουργική τομή, αν πραγματοποιήθηκαν διαγνωστικές εξετάσεις ποιες ήταν και τι έδειξαν³⁸.

Οι συμμετέχοντες, θα πρέπει να έχουν ικανοποιητικό επίπεδο λειτουργικής ικανότητας, ≥ 4 METs. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με ερωτηματολόγια, για παράδειγμα το Duke Activity Status Index (DASI)³⁰.

Αναλυτικότερα, όπως αναφέρουν οδηγίες του American College of Sports Medicine²⁵, πριν την έναρξη του προγράμματος αποκατάστασης, θα πρέπει να έχει πραγματοποιηθεί η ακόλουθη αξιολόγηση:

- ✚ Πλήρες ιατρικό ιστορικό για πιθανά χειρουργεία, πρόσφατα καρδιαγγειακά συμβάντα, συννοσηρότητες
- ✚ Φυσική εξέταση, με έμφαση στο καρδιοπνευμονικό και μυοσκελετικό σύστημα
- ✚ Επανεξέταση των πρόσφατων εξετάσεων που πραγματοποιήθηκαν όπως τεστ κοπώσεως,

ηλεκτρομυογράφημα, στεφανιαίο αγγειογράφημα, ηχοκαρδιογράφημα ή απεικονιστικές εξετάσεις σε περίπτωση εμφύτευσης βηματοδότη απινιδωτή.

✚ Ο θεραπευτής θα πρέπει να γνωρίζει για τη φαρμακευτική αγωγή, εφόσον λαμβάνεται, το είδος των φαρμάκων, τη δοσολογία και τη συχνότητα λήψης αυτών.

✚ Εκτίμηση και διαστρωμάτωση των παραγόντων κινδύνου όπως αναγράφονται στον **Πίνακα 5.1**.

Πίνακας 5.1: Διαστρωμάτωση κινδύνων, American College of Sports Medicine²⁵

Κίνδυνος Κατηγορία A , υγιείς

1) Παιδιά, έφηβοι, άνδρες κάτω των 45 ετών, γυναίκες κάτω των 55 ετών χωρίς καρδιακά συμπτώματα ή διαγνωσμένη καρδιακή νόσο ή βασικούς παράγοντες κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων όπως κάπνισμα, διαβήτης, υπέρταση, υψηλή χολιστερόλη

2) Άνδρες πάνω από 45 ετών και γυναίκες άνω των 55 ετών χωρίς καρδιακά συμπτώματα και διαγνωσμένη καρδιακή νόσο και λιγότερο από δύο βασικούς παράγοντες κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων

3) Άνδρες πάνω από 45 ετών και γυναίκες άνω των 55 ετών χωρίς καρδιακά συμπτώματα και διαγνωσμένη καρδιακή νόσο και με δύο ή περισσότερους βασικούς παράγοντες κινδύνου καρδιοαγγειακών παθήσεων

Κίνδυνος Κατηγορία B, ασθενείς με σταθερή καρδιοαγγειακή πάθηση, χαμηλού

κινδύνου επιπλοκών κατά τη διάρκεια σοβαρής σωματικής άσκησης

1) Ασθενείς με Στεφανιαία Αρτηριακή Νόσο (έμφραγμα μυοκαρδίου, διαδερμική αγγειοπλαστική PTCA, αρτηριακή παράκαμψη - bypass, παθολογικό στρες και τεστ και στεφανιαίο αγγειογράφημα) που έχουν χαρακτηριστεί ως κλινικά σταθεροί

2) Ασθενείς με βαλβιδοπάθειες (εξαιρούνται σοβαρή στένωση και βαλβιδική

παλινδρόμηση) που έχουν χαρακτηριστεί ως κλινικά σταθεροί <input type="checkbox"/> Οι συγγενείς καρδιακές παθήσεις απαιτούν ειδική εξατομικευμένη αξιολόγηση
3) Ασθενείς με καρδιομυοπάθεια (Κλάσμα Εξώθησης $\geq 30\%$) με σταθερή Χρόνια Καρδιακή Ανεπάρκεια CHF (εκτός υπερτροφικής μυοκαρδιοπάθειας HCM ή πρόσφατης μυοκαρδίτιδας < 6 μήνες)
4) Ασθενείς με παθολογικό έλεγχο στρες που δεν κατατάσσονται στην κατηγορία Γ
Κλινικά Χαρακτηριστικά
I. Κατάταξη ασθενών με Καρδιακή Ανεπάρκεια σύμφωνα με το σύστημα λειτουργικής ταξινόμησης New York Heart Association (NYHA) - Κατηγορία I ή II
II. Λειτουργική ικανότητα ≥ 6 METS/ ≥ 1.4 watt/kg μάζας σώματος
III. Μη εμφανή κλινικά σημάδια Καρδιακής Ανεπάρκειας
IV. Μη εμφανή σημάδια εμφράγματος μυοκαρδίου, στηθάγχης κατά την ηρεμία ή την άσκηση ή στον έλεγχο στρες με ≤ 6 METS/ ≤ 1.4 watt/kg μάζας σώματος
V. Ικανοποιητική, εντός αποδεκτού ορίου, αύξηση της Αρτηριακής Πίεσης κατά την άσκηση
VI. Όχι κοιλιακή ταχυκαρδία κατά την ηρεμία ή κατά την άσκηση
VII. Ικανότητα αυτό - αξιολόγησης σχετικά με την ένταση του στρες

Κίνδυνος Κατηγορία Γ, ασθενείς μετρίου έως υψηλού κινδύνου για καρδιακές επιπλοκές κατά τη διάρκεια σωματικής άσκησης ή/και αδυναμία αυτό - αξιολόγησης και αυτό - προσαρμογής στη φυσική άσκηση

1) Ασθενείς με καρδιομυοπάθεια, Κλάσμα Εξώθησης <30%

2) Ασθενείς με σύνθετες κοιλιακές αρρυθμίες που δεν βελτιώνονται με τη θεραπεία

Κλινικά Χαρακτηριστικά

I. NYHA - Κατηγορία III

II. Αποτελέσματα στρες τεστ:

- ❖ Λειτουργική ικανότητα < 6 METS/<1.4 watt/kg μάζας σώματος
- ❖ Στηθάγχη ή σημάδια ισχαιμίας κατά την άσκηση < 6 METS/<1.4 watt/kg μάζας σώματος
- ❖ Πτώση της Συστολικής Αρτηριακής Πίεσης κατά την άσκηση
- ❖ Μη παρατεταμένη κοιλιακή ταχυκαρδία κατά την άσκηση

III. Επιβίωση από επεισόδιο πρωτογενούς αιφνίδιου θανάτου (δηλαδή όχι κατά τη διάρκεια εμφράγματος μυοκαρδίου ή καρδιακής επέμβασης)

IV. Ύπαρξη ιατρικού προβλήματος που έχει αξιολογηθεί ως δυνητικά θανατηφόρο

Κίνδυνος Κατηγορία Δ, ασθενείς με ασταθή πάθηση, η φυσική δραστηριότητα αντενδείκνυται

1) Ασθενείς με ασταθή στηθάγχη

2) Ασθενείς με σοβαρή και συμπτωματική βαλβιδική στένωση ή παλινδρόμηση

- Οι συγγενείς καρδιακές παθήσεις απαιτούν ειδική εξατομικευμένη αξιολόγηση

3) Σημάδια Καρδιακής Ανεπάρκειας, ταξινόμηση κατά NYHA κατηγορία IV

4) Αρρυθμίες που δεν βελτιώνονται με τη θεραπεία

5) Άλλες κλινικές οντότητες που επιδεινώνονται κατά τη διάρκεια της άσκησης

Παρόλο που το πρόγραμμα αποκατάστασης είναι ασφαλές και αποτελεσματικό, όλοι οι ασθενείς που μετέχουν θα πρέπει να κατατάσσονται ανάλογα τον βαθμό κινδύνου καρδιακών επεισοδίων κατά την προπόνηση. Πριν από κάθε συνεδρία κρίνεται απαραίτητη η επαναξιολόγηση του ασθενούς. Η εξέταση αυτή περιλαμβάνει τα κάτωθι²⁵ :

- ✓ Παρακολούθηση του Ηλεκτροκαρδιογραφήματος με ειδικές συσκευές - αυτοκόλλητα ηλεκτρόδια
- ✓ Αρτηριακή Πίεση
- ✓ Σωματικό βάρος
- ✓ Καρδιακή Συχνότητα
- ✓ Εκτίμηση συμπτωμάτων ή μεταβολές στο κλινικό προφίλ (όπως δύσπνοια κατά την ηρεμία, ζαλάδα, τρέμουλο, αίσθημα παλμών, στερνικός πόνος)
- ✓ Ενδείξεις δυσανεξίας στην άσκηση
- ✓ Συμμόρφωση στην φαρμακευτική θεραπεία και το πρόγραμμα αποκατάστασης

1.4 Στόχοι της αποκατάστασης

Τα προγράμματα καρδιοαγγειακής αποκατάστασης βοηθούν τους ασθενείς να αποτρέψουν πιθανές επιπλοκές της πάθησής και να διαχειριστούν τα συμπτώματά τους, βελτιώνοντας το επίπεδο της λειτουργικότητας και ποιότητας ζωής. Η αποκατάσταση διακρίνεται σε τρεις φάσεις¹⁷⁸. Το European Society of Cardiology¹⁷⁸, συνοψίζει τους γενικούς στόχους της προπόνησης με αντιστάσεις στην καρδιακή αποκατάσταση αλλά και τους στόχους σε κάθε στάδιο της θεραπείας στο οποίο βρίσκεται ο ασθενής (**Πίνακας 5.2**).

Πίνακας 5.2 : Φάσεις αποκατάστασης
Φάση I : Περίοδος νοσηλείας. Ενδονοσοκομειακή φροντίδα. Στόχος τουλάχιστον 3-5 METs
Φάση II : Πρώιμη παρέμβαση, 2-16 εβδομάδες μετά το καρδιακό επεισόδιο. Περιλαμβάνει στενά εποπτευόμενη άσκηση, ψυχοεκπαιδευτικές δραστηριότητες. Ο ασθενής μαθαίνει τους περιορισμούς που του επιβάλλει η πάθησή του και προσαρμόζει τον τρόπο ζωής του. Στο στάδιο αυτό μπορούν να ενταχθούν ήπιες, προοδευτικές ασκήσεις ενδυνάμωσης. Στόχος τουλάχιστον 8 METs
Φάση III : Δια βίου άσκηση, μακροπρόθεσμο πρόγραμμα συντήρησης.

Γενικοί στόχοι της προπόνησης ενδυνάμωσης σε ασθενείς με καρδιακές παθήσεις

- ✚ Βελτίωση της μυϊκής δύναμης και αντοχής
- ✚ Βελτίωση της αυτοαποτελεσματικότητας
- ✚ Αύξηση της ικανότητας εκτέλεσης δραστηριοτήτων καθημερινής ζωής
- ✚ Διατήρηση της ανεξαρτησίας
- ✚ Μείωση των καρδιαγγειακών απαιτήσεων του μυϊκού έργου για καθημερινές δραστηριότητες
- ✚ Πρόληψη και αντιμετώπιση άλλων ασθενειών και καταστάσεων όπως η οστεοπόρωση, ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου II και η παχυσαρκία
- ✚ Ελάττωση της εκφύλισης των μυών, που σχετίζεται με την ηλικία, και περιλαμβάνει μείωση της μυϊκής μάζας και δύναμης

Στόχοι για ενδονοσοκομειακό ασθενή - Φάση I

- ❖ Μείωση του πόνου
- ❖ Διατήρηση της λειτουργικότητας, στο βαθμό που είναι δυνατό
- ❖ Αντιστάθμιση των ψυχολογικών και φυσιολογικών επιπτώσεων του κλινοστατισμού
- ❖ Ταυτοποίηση των ασθενών για σημαντικές καρδιαγγειακές, σωματικές και γνωστικές διαταραχές που πιθανώς να επηρεάσουν την πρόγνωση
- ❖ Σταδιακή ένταξη των ασθενών σε δραστηριότητες της καθημερινής ζωής με ασφάλεια, στα πλαίσια των περιορισμών που τους επιβάλλει η πάθησή τους
- ❖ Ενημέρωση των ασθενών και του περιγύρου για τις προφυλάξεις και τους περιορισμούς με στόχο την ταχύτερη αποκατάσταση

Αφού επιτευχθούν οι στόχοι της φάσης I και ο ασθενής αναρρώνει εκτός νοσοκομείου, ξεκινά η φάση II της αποκατάστασης. Στο στάδιο αυτό, περιλαμβάνονται ήπιες προοδευτικές ασκήσεις αντίστασης με στόχο την ανάκτηση της λειτουργικότητας του ασθενούς.

Στόχοι στη **Φάση II**

- ❖ Να ενταχθεί στην καθημερινότητα του ασθενή ένα ασφαλές και αποτελεσματικό πρόγραμμα προσαρμοσμένο στην καθημερινότητα και τις συνήθειές του, με στόχο να παραμείνει πιστός σε αυτό
- ❖ Η επιβλέπουσα επιστημονική ομάδα θα πρέπει να παρακολουθεί στενά τον ασθενή για τη σωστή εκτέλεση των ασκήσεων, μείωση της πιθανότητας τραυματισμού και ανίχνευση ανεπιθύμητων συμπτωμάτων
- ❖ Να επιστρέψει ο ασθενής στις επαγγελματικές και κοινωνικές του υποχρεώσεις ή να τροποποιηθούν οι δραστηριότητες αυτές σύμφωνα με το κλινικό επίπεδο του ασθενούς
- ❖ Παροχή εκπαίδευσης στον ασθενή και την οικογένειά του για τη βελτιστοποίηση της δευτερογενούς πρόληψης, όπως διαχείριση των παραγόντων κινδύνου και συνετή χρήση της φαρμακευτικής αγωγής

Η **Φάση III** της αποκατάστασης περιλαμβάνει διατήρηση του καλού επιπέδου μυϊκής δύναμης και φυσικής κατάστασης. Τα οφέλη της μυϊκής ενδυνάμωσης που έχουν κατακτηθεί, θα πρέπει να συντηρηθούν μακροπρόθεσμα. Ο ασθενής εντάσσεται σταδιακά στη “δια βίου άσκηση”, δηλαδή την ένταξη ενός συστηματικού προγράμματος ενδυνάμωσης στην καθημερινή του ζωή.

1.5 Κριτήρια ένταξης στο πρόγραμμα αποκατάστασης

Στο πρόγραμμα ενδυνάμωσης έχουν δικαίωμα συμμετοχής ασθενείς μετρίου έως σοβαρού καρδιαγγειακού κινδύνου που βρίσκονται στη Φάση II της καρδιακής αποκατάστασης, σύμφωνα με την κατάταξη του European Society of Cardiology. Ασθενείς που στις καθημερινές τους δραστηριότητες ή λόγω επαγγέλματος απαιτούν μυϊκή υποστήριξη των άνω άκρων, επωφελούνται σημαντικά από το πρόγραμμα και θα πρέπει άμεσα, εφόσον η κλινική τους κατάσταση το επιτρέπει, να ξεκινήσουν.

Μέσω της αξιολόγησης των υποψηφίων ασθενών για καρδιακή αποκατάσταση, θα πρέπει να προκύπτουν οι ακόλουθες κλινικές ενδείξεις:

- ✓ Κλινικά σταθεροί ασθενείς μετά από έμφραγμα μυοκαρδίου
- ✓ Σταθερή στηθάγχη
- ✓ Χειρουργική επέμβαση στεφανιαίας παράκαμψης (Coronary Artery bypass graft surgery CABG)
- ✓ Διαδερμική διαυλική στεφανιαία αγγειοπλαστική (Percutaneous transluminal coronary angioplasty, PTCA) ή άλλη διακαθετηριακή διαδικασία
- ✓ Εξισοροπημένη Συμφορητική Καρδιακή Ανεπάρκεια
- ✓ Καρδιομυοπάθεια
- ✓ Μεταμόσχευση καρδιάς ή άλλου οργάνου
- ✓ Άλλες καρδιακές επεμβάσεις συμπεριλαμβανομένης της εισαγωγής βηματοδότη, βαλβίδας ή εμφύτευσης απινιδωτή (Implantable Cardioverter Defibrillator ICD)
- ✓ Περιφερική Αρτηριακή Νόσος (Peripheral Arterial Disease, PAD)
- ✓ Υψηλού κινδύνου καρδιοαγγειακή πάθηση, που δεν πληροί τις προϋποθέσεις για χειρουργείο
- ✓ Σύνδρομο αιφνίδιου καρδιακού θανάτου
- ✓ Νεφρική νόσος τελικού σταδίου
- ✓ Ασθενείς με κίνδυνο στεφανιαίας νόσου (Coronary Artery Disease) διαγνωσμένοι με σακχαρώδη διαβήτη, δυσλιπιδαιμία, υπέρταση, παχυσαρκία ή άλλες παθήσεις
- ✓ Άλλοι ασθενείς που μπορεί να επωφεληθούν από ένα δομημένο πρόγραμμα θεραπευτικής άσκησης έπειτα από συμβουλή ιατρού συναίνεσης της επιστημονικής ομάδας

Άτομα χαμηλού καρδιοαγγειακού κινδύνου πιθανώς δεν χρειάζονται εκτενή καρδιοαγγειακή εξέταση, ωστόσο, προτείνεται μία προσέγγιση προοδευτικών δραστηριοτήτων³⁰. Όσοι διατρέχουν μέτριο έως υψηλό κίνδυνο καρδιοαγγειακών συμβαμάτων, η προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να εφαρμοσθεί με ασφάλεια

έπειτα από ιατρική εξέταση και φυσικοθεραπευτική αξιολόγηση υπό συγκεκριμένη καθοδήγηση και επίβλεψη.

Ασθενείς με υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια συχνά εξαιρούνται από το πρόγραμμα ασκήσεων με αντιστάσεις. Εντούτοις, πρόσφατη δήλωση του American Heart Association¹⁷⁹ συνοψίζει τις συστάσεις για φυσική άσκηση, ψυχαγωγία και συμμετοχή σε αθλήματα για νεαρά άτομα με κληρονομικές καρδιοαγγειακές παθήσεις, προτείνοντας χαμηλής έντασης ασκήσεις με βάρη και μηχανήματα, σε επιλεγμένες περιπτώσεις ασθενών.

Όπως επισημαίνει το American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation¹⁸⁰, ασθενείς που υπέστησαν πρόσφατα έμφραγμα μυοκαρδίου, διαδερμική ή χειρουργική στεφανιαία αγγειοπλαστική ή άλλους τύπους χειρουργείου ανοιχτής καρδιάς, προτείνεται να ασκούνται υπό την εποπτεία ειδικού, σε πρόγραμμα αποκατάστασης με διαστρωμάτωση κινδύνων και συνεχή επίβλεψη.

Ασθενείς με Καρδιοαγγειακές Παθήσεις, με σταθερά και ελεγχόμενα συμπτώματα μπορούν να συμμετέχουν σε πρόγραμμα με ασκήσεις ενδυνάμωσης χαμηλής έως μέτριας έντασης. Τα άτομα αυτά μπορούν να ενταχθούν στην αποκατάσταση χωρίς περαιτέρω ιατρικές διαγνωστικές εξετάσεις, δεδομένου πως έχουν ικανή λειτουργική ικανότητα, ≥ 4 METs³⁰.

1.6 Σχετικές και απόλυτες αντενδείξεις για το πρόγραμμα αποκατάστασης

Η χαμηλή λειτουργική ικανότητα , < 4 METs, έχει συνδεθεί με αυξημένα ποσοστά ανεπιθύμητων συμβαμάτων και κακή πρόγνωση. Συνεπώς, οι ασθενείς αυτοί θα πρέπει να υποβληθούν σε περαιτέρω ιατρική εξέταση και παρακολούθηση ώστε να πραγματοποιηθεί διαστρωμάτωση των κινδύνων πριν ενταχθούν στο πρόγραμμα ασκήσεων με αντιστάσεις (**Πίνακας 5.3**).

Οι επαναλαμβανόμενες κινήσεις και δραστηριότητες άρσης βαρών μπορεί να οδηγήσουν σε κάταγμα και αποσύνθεση του απινιδωτή – βηματοδότη¹⁸¹. Ασθενείς που έχουν υποστεί εμφύτευση τέτοιων συσκευών θα πρέπει να δέχονται ιατρική συμβουλή πριν εφαρμόσουν πρόγραμμα ασκήσεων άνω κορμού με αντιστάσεις.

Συνίσταται προσοχή σε ασθενείς με διαβητική νευροπάθεια καθώς είναι επιρρεπείς στην ορθοστατική υπόταση και μυοσκελετικούς τραυματισμούς λόγω ιδιοδεκτικού ελλείμματος και διαταραχή στην αντίληψη του πόνου⁴.

Έντονη προπόνηση με αντιστάσεις στα άτομα με αμφιβληστροειδοπάθεια αντενδείκνυται, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς ή αιμορραγία του υαλοειδούς³⁰.

Ασθενείς που έχουν υποστεί πρόσφατα στεφανιαία παράκαμψη αρτηριών, θα πρέπει να αποφεύγουν την παραδοσιακή προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης άνω κορμού. Ειδικότερα, αντενδείκνυται η άρση βαρών ≥ 50 της Μέγιστης Εθελοντικής Σύσπασης, για πάνω από 8-12 εβδομάδες μετά το χειρουργείο³⁸.

Πίνακας 5.3 : Σχετικές και Απόλυτες Αντενδείξεις για το πρόγραμμα αποκατάστασης Μυϊκής Ενδυνάμωσης - American Heart Association³⁰

Απόλυτες

- Ασταθής Στεφανιαία Καρδιακή Νόσος
- Μη σταθμισμένη Καρδιακή Ανεπάρκεια
- Σοβαρή πνευμονική υπέρταση (μέση πνευμονική αρτηριακή πίεση >55 mmHg)
- Σοβαρή και συμπτωματική αορτική στένωση
- Οξεία μυοκαρδίτιδα, ενδοκαρδίτιδα και περικαρδίτιδα
- Μη ρυθμισμένη υπέρταση (>180/110 mmHg)
- Αορτική Ανατομή

<ul style="list-style-type: none"> □ Σύνδρομο Marfan □ Υψηλής Έντασης προπόνηση με αντιστάσεις (80%-100% της 1RM) σε ασθενείς με ενεργό πολλαπλασιαστική αμφιβληστροειδοπάθεια ή μέτρια ή σοβαρή πολλαπλασιαστική διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια
Σχετικές (έπειτα από συμβουλή ειδικού)
Βασικοί παράγοντες κινδύνου για Στεφανιαία Καρδιακή Νόσο
Διαβήτης σε οποιαδήποτε ηλικία
Μη ρυθμισμένη υπέρταση (>160 / >100 mm Hg)
Χαμηλή λειτουργική ικανότητα (<4 METs)
Μυοσκελετικοί περιορισμοί
Ασθενείς που έχουν βηματοδότη ή απινιδωτή

Συμπληρωματικές αντενδείξεις σύμφωνα με το κατευθυντήριο οδηγίες του American College of Sports Medicine²⁵:

- Ασταθής στηθάγχη
- Συστολική Αρτηριακή Πίεση ηρεμίας > 200 mm Hg ή Διαστολική Αρτηριακή Πίεση ηρεμίας >110 mm Hg. Αξιολογείται ανά περίπτωση
 - Ορθοστατική πτώση της Αρτηριακής Πίεσης >20 mm Hg με συμπτώματα
 - Σημαντική αορτική στένωση
 - Οξεία συστηματική νόσος ή πυρετός
 - Μη ελεγχόμενες κολπικές και κοιλιακές δυσρυθμίες
 - Μη ελεγχόμενη κολπική ταχυκαρδία (> 120 παλμούς το λεπτό)
 - Μη σταθμισμένη Συμφορητική Καρδιακή Ανεπάρκεια
 - Κολποκοιλιακό μπλόκ τρίτου βαθμού, χωρίς βηματοδότη
 - Ενεργό μυοκαρδίτιδα ή περικαρδίτιδα
 - Πρόσφατη εμβολή
 - Θρομβοφλεβίτιδα
 - Πτώση ή ανύψωση του διαστήματος ST στο ηλεκτροκαρδιογράφημα κατά

την ηρεμία (>2mm)

- Μη ελεγχόμενος διαβήτης
- Σοβαρές ορθοπεδικές παθήσεις που θα επιδεινώνονταν με την άσκηση
- Άλλες μεταβολικές καταστάσεις όπως οξεία

θυρεοειδίτιδα, υποκαλιαιμία, υπερκαλιαιμία και υπογλυκαιμία.

1.7 Κριτήρια πρόωρου τερματισμού του προγράμματος αποκατάστασης

Σε περίπτωση που ο ασθενής εμφανίσει ανεπιθύμητες ενδείξεις και συμπτώματα όπως ζάλη, δυσφορία, βράχυνση της αναπνοής, πόνο ή πίεση στο στήθος, αδικαιολόγητη δύσπνοια κατά τη διάρκεια της προπόνησης με αντιστάσεις, ανωμαλίες του καρδιακού ρυθμού, η άσκηση διακόπτεται. Σε περίπτωση κατακράτησης της αναπνοής, ελιγμός Valsalva, το πρόγραμμα τερματίζει και δίνονται εκ νέου οδηγίες στον ασθενή για σωστή αναπνευστική τεχνική. Ο ελιγμός Valsalva, εξαναγκασμένη εκπνοή με κλειστή γλωττίδα, και τα υψηλά επίπεδα μυϊκής τάσης που αναπτύσσονται όταν, για παράδειγμα, σηκώνουμε ή μετακινούμε ένα βαρύ αντικείμενο, είναι πιθανό να οδηγήσουν σε δραματικές μεταβολές των φυσιολογικών αποκρίσεων της προπόνησης αντίστασης³⁰. Ανάλογα με τη διάρκεια και την ένταση του χειρισμού, αυξάνεται η ενδοθωρακική πίεση, οδηγώντας σε μειωμένη φλεβική επαναφορά, ενώ είναι δυνατό να εμφανισθεί μειωμένη καρδιακή παροχή¹⁸². Οι φυσιολογικές αποκρίσεις περιλαμβάνουν αύξηση της καρδιακής συχνότητας για τη διατήρηση της καρδιακής παροχής και αγγειοσυστολή για τη διατήρηση της αρτηριακής πίεσης. Οι Narloch και συνεργάτες έδειξαν πως κατά τη διάρκεια μυϊκής συστολής με ένταση 100% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης, η Συστολική και Διαστολική Αρτηριακή Πίεση έφτασαν τις τιμές 311mmHg και 284 mmHg, αντίστοιχα, με τον χειρισμό Valsava. Αντίθετα, υπό κανονικές συνθήκες στην ίδια ένταση οι Συστολική και Διαστολική Αρτηριακή Πίεση έφτασαν μόλις 198mmHg και 175mmHg αντίστοιχα¹⁸².

Ανεξάρτητα από το σύστημα παρακολούθησης και τις διαδικασίες που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της θεραπείας, οποιαδήποτε επιδείνωση της κατάστασης της υγείας του θα πρέπει να αξιολογείται από τον επιβλέποντα. Ειδικότερα, μπορεί να παρατηρηθούν αλλαγές στην εξωτερική εμφάνιση όπως οίδημα ή μη φυσιολογικό χρώμα δέρματος¹⁸⁰. Ασθενείς που υποβλήθηκαν

πρόσφατα σε χειρουργείο όπως στεφανιαία αρτηριακή παράκαμψη, αν κατά τη διάρκεια της προπόνησης με αντιστάσεις νιώσουν τρίξιμο ή πλατάγιασμα στην στερνική περιοχή, θα πρέπει να σταματήσουν την άσκηση. Όλα τα ανωτέρω συνιστούν απόλυτες αντενδείξεις και δηλώνουν πως το πρόγραμμα αποκατάστασης τερματίζεται και ζητείται ιατρική συμβουλή¹⁸⁰.

1.6 Κριτήρια αποδέσμευσης από το πρόγραμμα αποκατάστασης

Σύμφωνα με κατευθυντήριες οδηγίες του American College of Sports Medicine²⁵, ο ασθενής είναι ελεύθερος να ενταχθεί στο πρόγραμμα ελεύθερων δραστηριοτήτων, δηλαδή στη Φάση III της αποκατάστασης, όταν πληρούνται οι κάτωθι προϋποθέσεις:

- ✓ Τα καρδιακά συμπτώματα είναι σταθερά ή απουσιάζουν
- ✓ Δεν υπάρχουν ανεπιθύμητες αποκρίσεις στο Ηλεκτρομυογράφημα, την Αρτηριακή Πίεση και την Καρδιακή Συχνότητα κατά τη διάρκεια της άσκησης
- ✓ Ο ασθενής έχει γνώση των βασικών αρχών της άσκησης και είναι πλέον ικανός να αναγνωρίζει την ύπαρξη μη φυσιολογικών συμπτωμάτων
- ✓ Ο ασθενής είναι ανεξάρτητος, έχει κίνητρο και είναι πειθαρχημένος να συνεχίσει σε ένα τακτικό πρόγραμμα άσκησης χωρίς στενή επίβλεψη

Ενότητα 2 : Σχεδιασμός προγραμμάτων ενδυνάμωσης & ρύθμιση παραμέτρων της αποκατάστασης

Η επιλογή των ασκήσεων ενδυνάμωσης θα πρέπει να έχει ως πρωταρχικό στόχο την ασφάλεια του ασθενούς. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, τα προγράμματα αποκατάστασης είναι εξατομικευμένα και να εκτελούνται υπό την επίβλεψη καταρτισμένου προσωπικού. Η ασφάλεια στηρίζεται στο κλινικό προφίλ, το μέγεθος του κινδύνου που διατρέχει ο ασθενής, την αντοχή στην άσκηση, την εκτίμηση της γνωστικής και ψυχολογικής εξασθένησης που μπορούν να επηρεάσουν την αφοσίωση στο πρόγραμμα αποκατάστασης. Δευτερευόντως, ο σχεδιασμός του θεραπευτικού πλάνου σχετίζεται με τις προηγούμενες συνήθειες του συμμετέχοντα όπως το επάγγελμα και τα ενδιαφέροντά του. Οι συνεδρίες θα πρέπει να είναι διαμορφωμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να συνυπάρχουν με τις υπόλοιπες ενασχολήσεις στην καθημερινότητα του ατόμου και η θεραπεία να ακολουθείται πιστά. Ακόμη, συνυπολογίζονται μυοσκελετικοί περιορισμοί από συνοδά ορθοπεδικά προβλήματα και το επίπεδο δραστηριότητας πριν τη νόσο.

Το πρόγραμμα αποκατάστασης, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3 της μελέτης περιλαμβάνει τρία στάδια. Την προθέρμανση που διαρκεί ~5', τη δυναμική φάση με διάρκεια ~30' και την αποθεραπεία με μέση διάρκεια ~10'. Η προθέρμανση περιλαμβάνει ήπιες ασκήσεις πολύ χαμηλού φορτίου, <50% της 1RM. Η αποθεραπεία περιλαμβάνει ήπιες ασκήσεις χαμηλού φορτίου και διατάσεις. Ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα εκτός από ασκήσεις ενδυνάμωσης θα πρέπει να περιλαμβάνει 1-2 φορές την εβδομάδα συνεδρίες διατήρησης της ελαστικότητας.

Οι ασθενείς ξεκινούν χαμηλής έντασης μυϊκή ενδυνάμωση, συνήθως 2-3 εβδομάδες περίπου μετά το καρδιακό επεισόδιο, εφόσον η πορεία της νόσου και οι θεραπευτές το επιτρέπουν. Είναι δυνατό να ξεκινήσουν πολύ ήπιες ασκήσεις με 0,45 – 1,36 κιλά σε περιορισμένο εύρος τροχιάς²⁵. Μεγαλύτερης έντασης ασκήσεις ξεκινούν τουλάχιστον 5 εβδομάδες μετά το καρδιακό συμβάν²⁵. Σε περίπτωση που έχει προηγηθεί χειρουργική επέμβαση το διάστημα αυτό παρατείνεται. Ο φυσικοθεραπευτής, σε συνεργασία με τον θεράποντα ιατρό μέσω συνεχούς παρακολούθησης και αξιολόγησης θα καθορίσουν την έναρξη των ασκήσεων με

αντιστάσεις. Στα αρχικά στάδια, θα πρέπει να δίνεται ο απαραίτητος χρόνος στο μυοσκελετικό σύστημα να προσαρμοστεί. Έμφαση θα πρέπει να δίνεται, επίσης, στη σωστή τεχνική προκειμένου να αποφευχθούν μυϊκή κόπωση και τραυματισμοί. Στο **Σχήμα 5.1** αναγράφεται ένα τυπικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης, με βάση τις κατευθυντήριες οδηγίες του American College of Sports Medicine²⁵.

2.1 Συχνότητα

Η συχνότητα της προπόνησης αναφέρεται στον αριθμό των συνεδριών που εκτελούνται εβδομαδιαία. Οι ημέρες ανάπαυσης που παρεμβάλλονται των συνεδριών, θα πρέπει να είναι επαρκείς ώστε ο ιστός να επανορθωθεί, να αναπυχθεί και για την πρόληψη της υπερπροπόνησης. Ταυτόχρονα, το χρονικό διάστημα αυτό θα πρέπει να μην είναι τόσο μεγάλο ώστε να χάνονται τα οφέλη της άσκησης. Τρέχουσες οδηγίες προτείνουν συχνότητα **2-4 προπονήσεις την εβδομάδα**¹⁸³, με ένα 48ωρο ανάπαυσης μεταξύ αυτών για κάθε μυϊκή ομάδα¹⁸³. Ασθενείς που εντάσσονται για πρώτη φορά σε πρόγραμμα αποκατάστασης με ασκήσεις ενδυνάμωσης, προτείνεται να ασκούνται δύο φορές την εβδομάδα. Για ασθενείς με εξαιρετικά περιορισμένη ικανότητα άσκησης, οδηγίες του American College of Sports Medicine²⁵ αναφέρουν πως οι συνεδρίες θα πρέπει να εφαρμόζονται 4-7 ημέρες την εβδομάδα για μικρό χρονικό διάστημα, έως 10 λεπτά.

2.2 Τύπος άσκησης

Το σύμπλεγμα ασκήσεων με αντιστάσεις, θα πρέπει να περιλαμβάνει ασκήσεις σε πολλές αρθρώσεις όπως πρέσα πάγκου, πρέσα ποδιών και εμβυθίσεις που επηρεάζουν πολλές μυϊκές ομάδες²⁵. Οι δραστηριότητες αυτές θα πρέπει να επικεντρώνονται σε μεγάλες μυϊκές ομάδες του άνω και κάτω κορμού. Όπως επισημαίνεται από κατευθυντήριες οδηγίες του American Heart Association³⁰, το πρόγραμμα ενδυνάμωσης θα πρέπει να περιλαμβάνει συχνή εναλλαγή ασκήσεων άνω και κάτω κορμού για να υπάρχει επαρκής ανάπαυση και να αποφευχθεί η κόπωση.

2.3 Εξοπλισμός

Ο εξοπλισμός της προπόνησης με αντιστάσεις μπορεί να ποικίλει σημαντικά στο κόστος, την πολυπλοκότητα, τη λειτουργική ικανότητα και τον συντονισμό που

παρέχει. Κριτήριο επιλογής θα πρέπει να είναι η ασφάλεια, η αποτελεσματικότητα και η προσβασιμότητα στα διαθέσιμα εργαλεία. Προτείνεται η χρήση προσεγγίσεων χαμηλού κόστους που επιτρέπουν προοδευτική επιβάρυνση στην αντίσταση ή το βάρος²⁵. Τυπικά παραδείγματα αποτελούν οι ασκήσεις με ελαστικούς ιμάντες, οι τροχαλίες, οι ασκήσεις με ξύλινη ράβδο, τα ελεύθερα βάρη. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται ποικίλα μηχανήματα άρσης βαρών που βοηθούν στη διατήρηση της ισορροπίας και σταθερότητας, ενώ μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν σε διάφορες αντιστάσεις, μειώνοντας την πιθανότητα τραυματισμού. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η σωστή τεχνική στην οποία οι ασθενείς θα πρέπει να εκπαιδεύονται. Οι συμμετέχοντες κατά τη χρήση του εξοπλισμού στη διάρκεια των ασκήσεων θα πρέπει να διατηρούν σταθερή αλλά όχι υπερβολικά σφιχτή λαβή, καθώς όπως επισημαίνουν οι οδηγίες του American College of Sports Medicine²⁵, μπορεί να προκαληθεί ραγδαία άνοδος της Αρτηριακής Πίεσης.

2.4 Ένταση & Ζώνη άσκησης

Ο όρος Μέγιστη Επανάληψη, Repetition Maximum, αναφέρεται στον μέγιστο αριθμό αναπαραγωγής μίας δραστηριότητας άρσης φορτίου, με σωστή τεχνική και προτού εμφανιστούν ενδείξεις κόπωσης. Η Μία Μέγιστη Επανάληψη, 1 RM, αναφέρεται στο μέγιστο φορτίο ή βάρος που μπορεί το άτομο να αίρει μία φορά με σωστή τεχνική. Η ένταση της προπόνησης με αντιστάσεις, ορίζεται ως το ποσοστό της Μίας Μέγιστης Επανάληψης που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση μίας σειράς επαναλήψεων για μία δεδομένη άσκηση³⁸.

Η περιγραφή της έντασης μπορεί να πραγματοποιηθεί με τις παρακάτω μεθόδους²⁵:

- Η βαθμολογία της κλίμακας αντίληψης της κόπωσης, Rating of perceived exertion (RPE) θα πρέπει να κυμαίνεται από 11 έως 16, σε μια βαθμολογία από 0-20
- 40% - 80% της ικανότητας άσκησης που υπολογίζεται με το Απόθεμα Καρδιακού Ρυθμού, Heart Rate Reserve HRR, ή την Μέθοδο Karvonen, δηλαδή τη διαφορά μεταξύ Μέγιστης Καρδιακής Συχνότητας και Καρδιακής Συχνότητας Ηρεμίας. Ένας ακόμη τρόπος εκτίμησης της έντασης είναι μέσω της πρόσληψης

οξυγόνου VO_{2peak} , αν υπάρχει διαθέσιμη δοκιμασία κοπώσεως.

➤ Η ένταση της άσκησης θα πρέπει να συνταγογραφείται με στόχο η Καρδιακή Συχνότητα να κυμαίνεται κάτω από το ισχαιμικό κατώφλι του ασθενούς. Τυπικές ενδείξεις στηθάγχης που σηματοδοτούν την παρουσία ισχαιμίας του μυοκαρδίου είναι η στηθάγχη που εγείρεται με την άσκηση και ανακουφίζεται με την ανάπαυση.

Η παρακολούθηση της έντασης κατά την προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο μεθόδους. Η πρώτη, περιλαμβάνει συχνή επανεκτίμηση της Μίας Μέγιστης Επανάληψης για κάθε άσκηση και αναπροσαρμογή των φορτίων. Η διαδικασία αξιολόγησης της Μίας Μέγιστης Επανάληψης έχει περιγραφεί εκτενώς στο Κεφάλαιο 2 της παρούσης μελέτης. Η δεύτερη μέθοδος επιτυγχάνεται μέσω κλίμακας αντίληψης της κόπωσης, Rating of Perceived Exertion RPE, για κάθε άσκηση³⁸. Η αξιολόγηση της αντίληψης της κόπωσης χρησιμοποιείται για την υποκειμενική ποσοτικοποίηση της αντίληψης ενός ατόμου για τις φυσικές απαιτήσεις μίας δραστηριότητας. Μία ευρέως χρησιμοποιούμενη κλίμακα αντίληψης της κόπωσης, RPE, είναι η κλίμακα Borg¹⁸⁴. Η κλίμακα αυτή είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη και χρησιμοποιείται κατά κόρον στον τομέα της καρδιοαγγειακής και πνευμονικής αποκατάστασης, αφού ,μεταξύ άλλων, βοηθά τον φυσικοθεραπευτή να καταλάβει αν ο ασθενής ασκείται στην κατάλληλη “ζώνη άσκησης” , όπως θα αναφερθεί ακολούθως.

Στα πρώιμα στάδια του προγράμματος, η αντίσταση ή το βάρος θα πρέπει να κυμαίνονται σε μέτριο επίπεδο δυσκολίας, επιτρέποντας στον ασθενή να επιτυγχάνει τον απαιτούμενο αριθμό επαναλήψεων χωρίς καταπόνηση. Ενδεικτικά, το American Heart Association³⁰, προτείνει στην αρχική φάση ένταση < 40% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης σε καρδιακούς ασθενείς.

Υψηλής έντασης προπόνηση με αντιστάσεις θα πρέπει να αποφεύγεται σε άτομα που δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία σε τέτοιου είδους ασκήσεις. Θα πρέπει τα προγράμματα ενδυνάμωσης να ξεκινούν με αντίσταση μετρίου επιπέδου, ανεξαρτήτως ηλικίας, φυσικής κατάστασης και γενικότερης κατάστασης της υγείας.

Ασθενείς που εξέρχονται από το νοσοκομείο, υφίστανται περιορισμό άρσης βάρους έως 4,5kg για 6 εβδομάδες μετά το καρδιακό συμβάν³⁰. Στο διάστημα αυτό μπορούν να ξεκινήσουν ήπιες και προοδευτικές ασκήσεις με ελεύθερα βάρη³⁸. Οι

Stewart και συνεργάτες¹⁷¹, πρότειναν ένα κυκλικού τύπου πρόγραμμα εναλλασσόμενων ασκήσεων ενδυνάμωσης, την 4η εβδομάδα μετά από Έμφραγμα Μυοκαρδίου, σε ασθενείς χαμηλού κινδύνου. Θα πρέπει να σημειωθεί, ωστόσο, πως στην ομάδα παρέμβασης οι ασκήσεις με αντιστάσεις εφαρμόστηκαν σε συνδυασμό με αερόβιες ασκήσεις. Η ομάδα ελέγχου ασκήθηκε αποκλειστικά με αερόβιο πρόγραμμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντική βελτίωση της λειτουργικής ικανότητας για τα άτομα που εκτέλεσαν ασκήσεις με βάρη, ενώ δεν εμφανίσθηκαν ανεπιθύμητα αποτελέσματα.

Προκειμένου να καθοριστεί το κατάλληλο φορτίο για την προπόνηση με αντιστάσεις, αξιολογείται η Μία Μέγιστη Επανάληψη κατά τη διάρκεια μίας άσκησης όπως έκταση γόνατος, κάμψη αντιβραχίου. Ένα καλό αρχικό επίπεδο έντασης είναι 30-40% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης για τον άνω κορμό και 50-60% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης για τα κάτω άκρα³⁰.

Κατά τη διάρκεια προπόνησης με αντιστάσεις, η Καρδιακή Συχνότητα και η Καρδιακή Παροχή αυξάνονται χωρίς να μειωθούν οι συστηματικές αγγειακές αντιστάσεις. Το γεγονός αυτό προκαλεί ταχεία αύξηση στην Αρτηριακή Πίεση και επιβάλλει μεγαλύτερη πίεση από τον όγκο φορτίου στην αριστερή κοιλία¹⁸². Αυτή η απόκριση της πίεσης σχετίζεται με την ένταση και τη διάρκεια της μυϊκής συστολής.

Οι ασθενείς θα πρέπει να ασκούνται στα πλαίσια μιας αισθητής σωματικής κόπωσης μεταξύ 11: “αρκετά ελαφριά” και 14: “σχετικά δύσκολη” της κλίμακας Borg¹⁸⁰. Η βαθμολογία θα αυξάνεται σταδιακά όσο προοδεύουν οι επαναλήψεις και τα σετ. Παρόμοιες οδηγίες από το American Heart Association³⁰, αναφέρουν πως η αρχική αντίσταση θα πρέπει να επιτρέπει στον ασθενή να ολοκληρώσει τον ζητούμενο αριθμό επαναλήψεων με βαθμολογία στην κλίμακα αντίληψης της κόπωσης Borg από 13: “κάπως δύσκολη” έως 15: “δύσκολη”. Συγκεκριμένα, ασθενείς χαμηλού καρδιοαγγειακού κινδύνου θα πρέπει να ξεκινούν με βαθμολογία κοντά στο 13, που αντιστοιχεί στο 40% - 50% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης. Έπειτα από 4-6 εβδομάδες προσαρμοστικής περιόδου και καθώς το πρόγραμμα εξελίσσεται, η αίσθηση της κόπωσης από προπόνηση μπορεί να βαθμολογηθεί από 17 “πολύ δύσκολη” μέχρι 20 “υπέρτατη σωματική κόπωση”. Παρόμοιο σχήμα ακολουθείται και στους ασθενείς μετρίου κινδύνου, με στόχο στο

διάστημα 4-6 εβδομάδων η αίσθηση της κόπωσης να βαθμολογείται με 15: “δύσκολη”³⁸.

2.5 Διάρκεια

Η προθέρμανση και αποθεραπεία είναι απαραίτητα συστατικά του προγράμματος αποκατάστασης και διαρκούν 5-10 λεπτά. Η εφαρμογή ενός σετ για κάθε μία από τις 8-10 ασκήσεις, διαρκεί περίπου 20-25 λεπτά, ανάλογα το χρονικό διάστημα ανάπαυσης. Το χρονικό διάστημα αυτό, σύμφωνα με κλινική δοκιμή των Hass και συνεργατών¹⁸⁵, είναι ιδανικό καθώς δεν καταναλώνει μεγάλο μέρος της καθημερινότητας του ασθενή, προωθώντας τη συνέπεια στη θεραπεία. Μεταξύ άλλων, ο χρόνος αυτός επιτρέπει στο άτομο να εντάξει κι άλλες δραστηριότητες όπως ασκήσεις βελτίωσης ελαστικότητας ή αερόβια άσκηση.

2.6 Χρόνος ανάπαυσης

Η ιδανική χρονική περίοδος ανάπαυσης είναι εκείνη που επιτρέπει την επαναφορά της ομοιόστασης συμπεριλαμβανομένης της σύνθεσης των ενεργειακών υποστρωμάτων και την ομαλοποίηση του pH. Η ελλιπής περίοδος ανάπαυσης προκαλεί μειωμένη απόδοση που σχετίζεται με ανεπαρκή αναπλήρωση των αποθεμάτων φωσφοκρεατίνης. Το χρονικό διάστημα αποκατάστασης των επιπέδων τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) κυμαίνεται από 3 έως 5 λεπτά, ενώ η φωσφοκρεατίνη αναπληρώνεται σε 8 λεπτά. Σε αθλητικό επίπεδο, οι μελέτες συμφωνούν στο ότι ο χρόνος ανάπαυσης ανάμεσα σε διαδοχικά σετ θα πρέπει να επιλέγεται σύμφωνα με τους στόχους της προπόνησης¹⁸².

Μελέτη των Lamotte και συνεργατών¹⁸² εξέτασε την επίδραση διαφόρων διαστημάτων ανάπαυσης ανάμεσα στα σετ ενός προγράμματος μυϊκής ενδυνάμωσης, στην Καρδιακή Συχνότητα, Αρτηριακή Πίεση και Καρδιακή Παροχή. Οι χρονικές περίοδοι ανάπαυσης χωρίστηκαν σε τέσσερις φάσεις: βραχύ διάστημα 30 δευτερολέπτων, μεσαίο διάστημα 60 δευτερολέπτων, μακρό διάστημα 90 δευτερολέπτων και εξαιρετικά μακρό διάστημα 120 δευτερολέπτων. Σύμφωνα με τους ερευνητές, ο ανεπαρκής χρόνος ανάπαυσης, ανάλογα με τη χρονική περίοδο που εξεταζόταν, αποτυπωνόταν στο επόμενο σετ με την εκάστοτε

διακύμανση των αιμοδυναμικών παραμέτρων. Σημειώνεται πως ο ελάχιστος χρόνος ξεκούρασης κατά τον οποίο δεν παρατηρήθηκαν αιμοδυναμικές μεταβολές ήταν τα 90 δευτερόλεπτα. Τα ευρήματα έδειξαν προοδευτική αυξομείωση της Καρδιακής Συχνότητας ανάμεσα σε διαδοχικές περιόδους χαλάρωσης και σετ, κυρίως όταν το χρονικό διάστημα ανάπαυσης ήταν μικρό δηλαδή 30 δευτερόλεπτα. Συγκεκριμένα, η υψηλότερη τιμή Καρδιακής Συχνότητας που σημειώθηκε στο μικρό διάστημα ξεκούρασης ήταν 89 ± 16 bpm.

. Ακόμη, στο μικρό αυτό διάστημα ξεκούρασης παρατηρήθηκε αύξηση της Συστολικής Αρτηριακής Πίεσης. Διαφορές εντοπίσθηκαν, επίσης, στο Γινόμενο Συχνότητας Πίεσης, Rate Pressure Product, ανάμεσα σε διαδοχικά σετ. Οι ερευνητές ανέφεραν σημαντικές διακυμάνσεις όταν το χρονικό διάστημα ανάπαυσης ήταν 30 δευτερόλεπτα, συγκριτικά με τους υπόλοιπους χρόνους. Σε ό,τι αφορά την Καρδιακή Παροχή, σημειώθηκαν αυξομειώσεις κυρίως όταν το διάστημα ανάπαυσης ήταν στα 30. και 60 δευτερόλεπτα. Ειδικότερα, η Καρδιακή Παροχή αυξήθηκε περίπου 50% όταν ο χρόνος ξεκούραση ανάμεσα στα σετ ήταν 30 δευτερόλεπτα.

Οι διαφορές ήταν περισσότερο εμφανείς ανάμεσα στα 30 και 90 δευτερόλεπτα χαλάρωσης ανάμεσα στα σετ. Όπως επισημαίνουν οι ερευνητές, ο Όγκος Παλμού δεν συνέβαλε στην αύξηση αυτή. Η μεγαλύτερη παρατηρούμενη διακύμανση ήταν 10 ml. Ως αποτέλεσμα της έρευνας των Lamotte και συνεργατών συνίσταται πως η απαιτούμενη χρονική διάρκεια ανάπαυσης προκειμένου να σταθεροποιηθούν οι καρδιοαγγειακές παράμετροι είναι τα 90 δευτερόλεπτα. Συνεπώς, οι ερευνητές προτείνουν το εξής πρωτόκολλο προπόνησης με αντιστάσεις: 3 σετ, 10 επαναλήψεις με ένταση 70-75% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης και χρόνο ξεκούρασης 90 δευτερόλεπτα.

Η αύξηση της Αρτηριακής Πίεσης που εγείρεται από την προπόνηση με αντιστάσεις δημιουργεί αμφιβολίες για την εφαρμογή αυτού του προγράμματος στους ηλικιωμένους. Οι Baum και συνεργάτες¹⁸⁶ εφάρμοσαν πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης σε δύο ηλικιακές ομάδες 22-42 ετών και 60-72 ετών. Τα ευρήματα έδειξαν πως η χρονική ανάπαυση 3 δευτερολέπτων μετά από κάθε επανάληψη, έχει άμεση μηχανική επίδραση στην Αρτηριακή Πίεση και επιτρέπει μεταβολική ανάκαμψη που περιορίζει την τάση της Αρτηριακής Πίεσης να αυξηθεί.

2.7 Όγκος προπόνησης (Αριθμός Επαναλήψεων και Σετ)

Σύμφωνα με κατευθυντήριες οδηγίες του American Heart Association, στα **αρχικά στάδια** του προγράμματος αποκατάστασης με ασκήσεις αντίστασης, ενδείκνυνται **10-15 επαναλήψεις** σε χαμηλή ένταση <40% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης. Ποικίλες μελέτες έχουν εξετάσει την επίδραση ενός έναντι πολλών σετ στα προγράμματα με ασκήσεις αντίστασης. Προτείνεται **ένα σετ**, δύο φορές την εβδομάδα^{30,38}. Η επιλογή αυτή στηρίζεται σε επιστημονικά δεδομένα που αποδεικνύουν πως στη πρώιμη φάση του προγράμματος τα πολλαπλά σετ δεν παρέχουν επιπρόσθετα οφέλη συγκριτικά με το μοναδικό σετ¹⁸⁷. Ακόμη, κυρίως στην έναρξη της αποκατάστασης η επιλογή ενός σετ έναντι πολλαπλών προτείνεται, καθώς απαιτεί λιγότερο χρόνο από τον ασθενή και ενθαρρύνει την προσήλωση στο πρόγραμμα θεραπείας. Μεγάλοι φορείς όπως το American College of Sports Medicine¹⁸⁸, American Heart Association³⁰ και American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation¹⁸⁰, προτείνουν **ένα σετ** ανά άσκηση. Το πρόγραμμα θα πρέπει να περιλαμβάνει 8-10 εναλλασσόμενες ασκήσεις για τις μεγάλες μυϊκές ομάδες ολόκληρου του σώματος¹⁸⁸.

Τα παραδοσιακά προγράμματα μυϊκής ενδυνάμωσης για ασθενείς χαμηλού καρδιαγγειακού κινδύνου περιλαμβάνουν εφαρμογή 3 σετ, με εναλλαγή ασκήσεων, για 10 επαναλήψεις³⁰. Σε ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις, το μέγεθος της αντίστασης θα πρέπει να είναι χαμηλό και ο αριθμός των επαναλήψεων υψηλός με αποτέλεσμα την ελάχιστη δυνατή καταπόνηση και εξάλειψη των πιθανοτήτων για ανεπιθύμητα συμβάντα.

Μεγαλύτερες προσλήψεις μυϊκής δύναμης παρατηρούνται όταν εκτελούνται λίγες **επαναλήψεις**, <8, με αυξημένο φορτίο³⁸. Αντίθετα, η μυϊκή αντοχή αναπτύσσεται σε χαμηλότερα φορτία με περισσότερες επαναλήψεις, >12. Η χρυσή τομή, λοιπόν, συνιστά μέτριο αριθμό επαναλήψεων, από 8 έως 12, με φορτία μετρίου επιπέδου προκειμένου ο ασθενής να επωφεληθεί εξίσου σε μυϊκή δύναμη και αντοχή³⁸.

2.8 Ταχύτητα

Κατευθυντήριες οδηγίες του American Heart Association αναφέρουν πως στα πρώιμα στάδια του προγράμματος ενδυνάμωσης, οι ασκήσεις θα πρέπει να

εφαρμόζονται ρυθμικά σε χαμηλή έως μέτρια ελεγχόμενη ταχύτητα³⁰. Κατά την έναρξη του προγράμματος αποκατάστασης προτείνεται χαμηλή ταχύτητα , 2-4 δευτερόλεπτα η ομόκεντρη φάση και 4 δευτερόλεπτα η έκκεντρη φάση, προκειμένου να περιορισθεί ο κίνδυνος τραυματισμού. Ωστόσο, δεδομένα από το European Society of Cardiology αναφέρουν πως μέχρι το έτος 2010 δεν υπήρχε επιστημονικό υπόβαθρο συσχέτισης της ταχύτητας συστολής με τον κίνδυνο τραυματισμού¹⁸².

Καθώς η αποκατάσταση προοδεύει η ταχύτητα μπορεί να αυξηθεί σταδιακά. Ποικίλες μελέτες έχουν συσχετίσει την ταχύτητα εκτέλεσης της κίνησης με τα επίπεδα πρόσληψης μυϊκής δύναμης. Συγκεκριμένα, έρευνες έδειξαν πως σε υψηλή ταχύτητα τα κέρδη σε δύναμη είναι μεγαλύτερα. Οι Lamotte και συνεργάτες¹⁸² διερεύνησαν την επίδραση της ταχύτητας συστολής, ενός προγράμματος με ασκήσεις αντίστασης, στις αιμοδυναμικές παραμέτρους. Οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 3 σετ των 10 επαναλήψεων με ένταση 75% της Μίας Μέγιστης Επανάληψης σε τρεις διαφορετικές ταχύτητες: γρήγορη, μέτρια, αργή. Στη γρήγορη ταχύτητα οι συμμετέχοντες εκτελούσαν ομόκεντρη και έκκεντρη συστολή με διάρκεια 1 δευτερόλεπτο η κάθε μία, στη μέτρια ταχύτητα εκτελούσαν ομόκεντρη και έκκεντρη συστολή με διάρκεια 2 δευτερολέπτων η κάθε μία και στην αργή ταχύτητα εκτελούσαν 2 δευτερόλεπτα ομόκεντρης, 2 δευτερόλεπτα ισομετρικής και 2 δευτερόλεπτα έκκεντρης συστολής διαδοχικά. Ο χρόνος ανάπαυσης ανάμεσα στα σετ ήταν 1 λεπτό. Τα αποτελέσματα έδειξαν αυξομείωση σε Καρδιακή Συχνότητα και Συστολική Αρτηριακή Πίεση, ανάμεσα σε διαδοχικά σετ για όλους τους τύπους ταχύτητας. Εμφανέστερη ήταν η διακύμανση στο Γινόμενο Συχνότητας Πίεσης, Rate Pressure Product, ανάμεσα στις περιόδους ξεκούρασης και τα διαδοχικά σετ, ιδιαίτερα για την αργή και μέτρια ταχύτητα. Τα αποτελέσματα για το Διπλό Γινόμενο έδειξαν αξιοσημείωτες διαφορές ανάμεσα στην αργή και τη γρήγορη ταχύτητα. Μεταβολή εμφάνισε και η Καρδιακή Παροχή, η οποία αυξήθηκε κατά 50% στην αργή ταχύτητα. Η μεγαλύτερη παρατηρούμενη μεταβολή ήταν 10ml. Όπως ανέφεραν οι ερευνητές, η αύξηση αυτή δεν αποδίδεται στον Όγκο Παλμού. Για την Καρδιακή Παροχή δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην αργή και τη γρήγορη ταχύτητα. Οι Lamotte και συνεργάτες¹⁸² σημείωσαν την υψηλότερη τιμή Συστολικής Αρτηριακής Πίεσης, πάνω από $181 \pm$

33 mmHg, κατά τη διάρκεια του τρίτου σετ αργής ταχύτητας. Αντίστοιχα, η υψηλότερη τιμή Καρδιακής Συχνότητας, 90 ± 12 bpm, καταγράφηκε στη διάρκεια αργής ταχύτητας συστολής.

Υψηλή ταχύτητα εκτέλεσης ασκήσεων υπό αντίσταση επιφέρει μεγαλύτερες λειτουργικές βελτιώσεις. Οι Nathan J de Vos και συνεργάτες¹⁸⁹ έδειξαν πως η εκρηκτική προπόνηση με αντιστάσεις βελτιώνει την μυϊκή δύναμη, ισχύ και αντοχή σε ηλικιωμένα άτομα. Οι Munh και συνεργάτες¹⁴² συνέκριναν την βραδεία με την ταχεία συστολή σε ένα πρόγραμμα μυϊκής ενδυνάμωσης σε υγιή άτομα χωρίς εμπειρία στην άσκηση. Τα ευρήματα έδειξαν πως οι ταχείες συστολές οδηγούν σε γρηγορότερη πρόσληψη μυϊκής δύναμης. Ωστόσο, κατά την ολοκλήρωση του προγράμματος, και οι δύο ομάδες που εκτέλεσαν γρήγορες και αργές συστολές εμφάνισαν τα ίδια οφέλη. Οι Fielding και συνεργάτες¹⁹⁰ απέδειξαν πως ένα πρόγραμμα υψηλής ταχύτητας οδηγεί σε σπουδαιότερη αύξηση της μυϊκής δύναμης, έπειτα από προπόνηση ενδυνάμωσης των κάτω άκρων σε ηλικιωμένες γυναίκες.

2.9 Μεθοδολογία προοδευτικής επιβάρυνσης

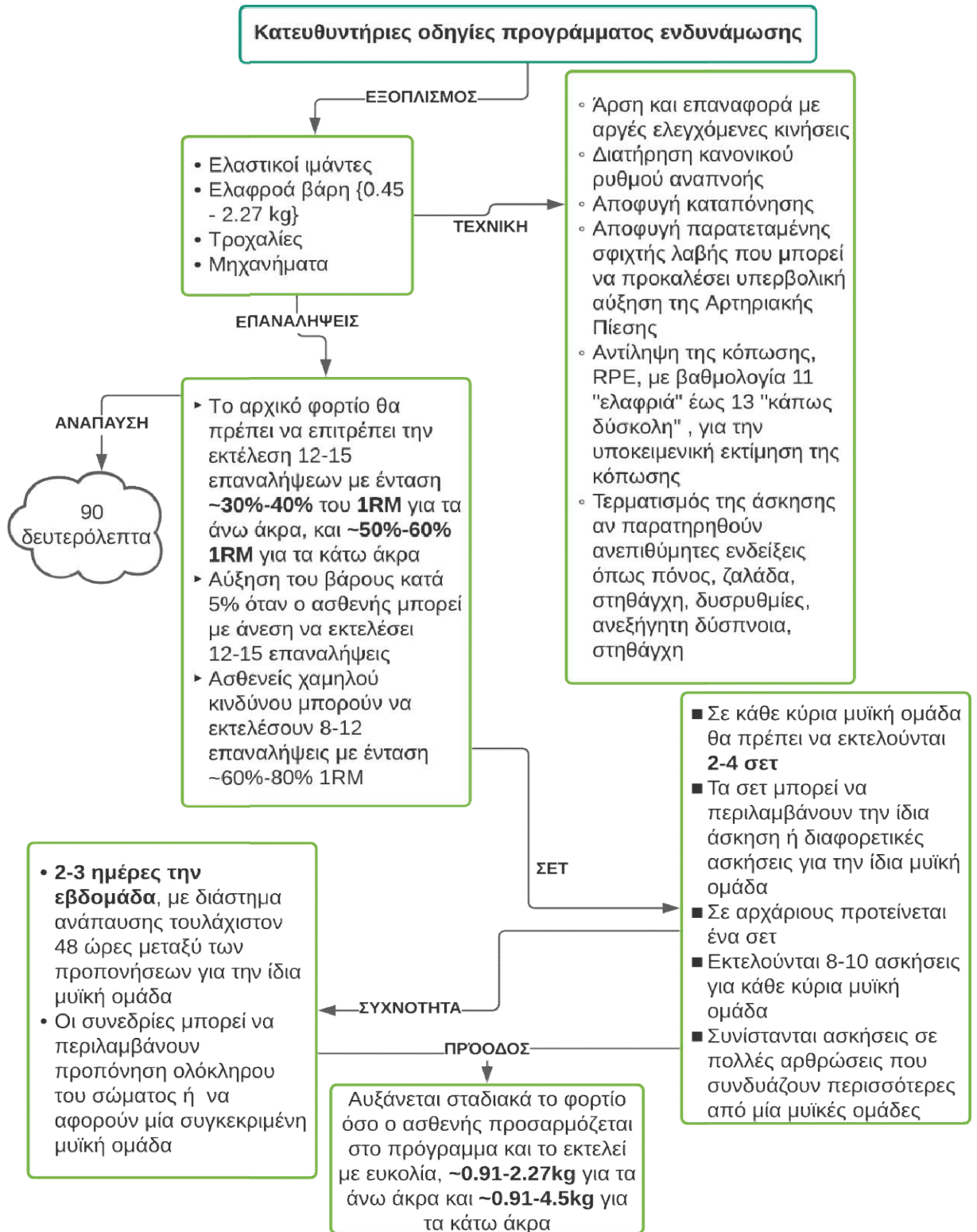
Καθώς ο ασθενής προοδεύει, το πρόγραμμα ενδυνάμωσης θα πρέπει να εξελίσσεται και να προσαρμόζεται στις ανάγκες του, ώστε να παρέχει συνεχή οφέλη, εξυπηρετώντας τη βελτίωση μυϊκής δύναμης και αντοχής. Η επιστημονική ομάδα που επιβλέπει τον ασθενή θα πρέπει συνεχώς να αξιολογεί το επίπεδο φυσικής κατάστασης και τη λειτουργική ικανότητά του. Η επιβάρυνση μπορεί να γίνει τροποποιώντας μεταβλητές του προγράμματος όπως αυξάνοντας το βάρος, τον αριθμό των επαναλήψεων ή σετ ανά άσκηση, μειώνοντας το χρονικό διάστημα ανάπαυσης μεταξύ διαδοχικών δραστηριοτήτων³⁰. Ακόμη ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται σε μεγάλη κλίμακα στην αποκατάσταση είναι η κλίμακα αντίληψης της κόπωσης, RPE, μέσω της οποίας εκτιμάται η δυσκολία και η πρόοδος του προγράμματος με αντιστάσεις σε καρδιακούς ασθενείς¹⁹¹. Η κλίμακα αντίληψης της κόπωσης αποτυπώνει την υποκειμενική εκτίμηση του ασθενή και είναι αναγκαία η χρήση της για τον προσδιορισμό της δυσκολίας του προγράμματος αποκατάστασης, καθώς το ποσοστό της Μίας Μέγιστης Επανάληψης έχει χαμηλή συσχέτιση με τον παράγοντα αυτό. Ειδικότερα, οι Hoeger και συνεργάτες¹⁹² ανέφεραν πως το ποσοστό της Μίας Μέγιστης Επανάληψης δεν συνιστά

αξιόπιστο δείκτη καθορισμού του βαθμού δυσκολίας, διότι ποικίλει ανά μυϊκή ομάδα. Τα ευρήματα της έρευνας έδειξαν πως για το ίδιο ποσοστό μέγιστης επανάληψης, οι συμμετέχοντες ήταν ικανοί να εκτελέσουν περισσότερες ασκήσεις στα κάτω άκρα, 34 επαναλήψεις πρέσα ποδιών, συγκριτικά με τα άνω, 15 επαναλήψεις κάμψη αγκώνα.

Συνίσταται, αρχικά, η αύξηση του αριθμού των επαναλήψεων προτού προστεθεί φορτίο βάρους. Όταν ο ασθενής μπορεί με άνεση να πετύχει το ανώτατο όριο του καθορισμένου εύρους επαναλήψεων, για παράδειγμα 12-15 επαναλήψεις, τότε το φορτίο μπορεί να αυξηθεί κατά περίπου 5%. Η αύξηση αυτή, συνεπάγεται με 2-5lb , δηλαδή περίπου 1-2,3kg, ανά άσκηση για τα άνω άκρα και 5-10lb , δηλαδή περίπου 2,3 – 4,5kg, ανά άσκηση για τα κάτω άκρα.

Σε ορισμένες οδηγίες τίθεται περιορισμός στα φορτία άρσης βαρών, από 0,5kg έως το πολύ 2,3kg , για τις πρώτες 3-12 εβδομάδες μετά από καρδιακό επεισόδιο³⁰. Η αύξηση του βαθμού δυσκολίας του προγράμματος παρατείνεται κατά 6 εβδομάδες σε ασθενείς που υποβλήθηκαν σε χειρουργείο παράκαμψης στεφανιαίας αρτηρίας³⁸.

Σχήμα 5.1: Κατευθυντήριες οδηγίες προγράμματος ενδυνάμωσης για καρδιοαγγειακούς ασθενείς, American College of Sports Medicine²⁵



Ενότητα 3: Ιδιαιτερότητες του προγράμματος αποκατάστασης

3.1 Επέμβαση καρδιάς

Μετά από θωρακοτομή ή/ και σαφηνεκτομή, η ικανότητα των ασθενών για σωματική δραστηριότητα είναι περιορισμένη. Προέχει η επουλωτική διαδικασία, η οποία διαρκεί 4-6 εβδομάδες περίπου. Κινήσεις του άνω κορμού που προκαλούν διατμητικές δυνάμεις στη στερνική περιοχή θα πρέπει να αποφεύγονται έως και 3 μήνες μετά το χειρουργείο. Πριν την έναρξη του προγράμματος αποκατάστασης, ο θεράπων ιατρός και η επιστημονική ομάδα θα καθορίσουν αν η περιοχή είναι σταθερή και δεν διατρέχει κίνδυνο τραυματισμού. Εάν δεν υπάρχουν επιπλοκές κατά τη μετεγχειρητική περίοδο και ο ασθενής έχει ικανοποιητική καρδιακή απόδοση, μπορεί να εφαρμοσθεί σε πρώιμο στάδιο ένα χαμηλής έντασης πρόγραμμα ενδυνάμωσης κάτω κορμού³⁴. Στη συνέχεια, απαιτούνται ασκήσεις μυϊκής υποστήριξης για τη σταθεροποίηση του κορμού, καθώς είναι αρκετά συχνό το φαινόμενο εκφύλισης των μυών της στερνικής περιοχής λόγω ακινησίας.

Οι ασθενείς αυτοί κατατάσσονται στην ομάδα κινδύνου Γ, για τις πρώτες 3-4 εβδομάδες μετά το χειρουργείο³⁴. Σε περίπτωση στερνοτομής, 5-8 εβδομάδες μετά το χειρουργείο οι ασθενείς θα πρέπει να περιορίσουν την άρση βαρών στα 2.27 - 3.63 κιλά. Στο διάστημα αυτό, ασκήσεις μικρού εύρους τροχιάς των άνω άκρων, με βάρος 0,45 – 1.36 κιλά, είναι επιτρεπτές αρκεί να μην υπάρχουν ανεπιθύμητες επιπτώσεις όπως στερνική αστάθεια, δηλαδή κίνηση στο στέρνο, πόνος ή τρίξιμο. Το εύρος τροχιάς πρέπει να κυμαίνεται εντός των ορίων του πόνου και η τομή να μην διατείνεται υπερβολικά²⁵. Πρέπει να αποφεύγονται ασκήσεις που τραβούν ή διατείνουν το στέρνο για 8-12 εβδομάδες μετά το χειρουργείο, προκειμένου να μη διαταραχθεί η επουλωτική διαδικασία.

3.2 Μεταμόσχευση Καρδιάς

Σε ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε μεταμόσχευση καρδιάς, η συνεχής μετεγχειρητική θεραπεία με γλυκοκορτικοειδή, μπορεί να οδηγήσει σε μυϊκή ατροφία και απώλεια μυϊκής μάζας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την παλαιότερη φτωχή φυσική κατάσταση αυτών των ατόμων οδηγούν σε εξαιρετικά χαμηλό επίπεδο αντοχής. Μέτριας έντασης προπόνηση με ασκήσεις αντίστασης, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της μυϊκής δύναμης και προτείνεται σε κλινικά

σταθερούς ασθενείς³⁴.

Τους πρώτους μήνες μετά το χειρουργείο, το μόσχευμα δεν ανταποκρίνεται φυσιολογικά στη διέγερση του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. Συνεπώς, ο θεραπευτής θα πρέπει να προσέχει τις ακόλουθες αιμοδυναμικές μεταβολές. Η Καρδιακή Συχνότητα ηρεμίας είναι αυξημένη. Η απόκριση της Καρδιακής Συχνότητας στην άσκηση είναι μη φυσιολογική, αφού καθυστερεί να αυξηθεί και η μέγιστη τιμή της είναι κατώτερη του κανονικού. Το πρόγραμμα αποκατάστασης θα πρέπει να περιλαμβάνει προθέρμανση και αποθεραπεία μακράς διάρκειας, 10 –20 λεπτά, συνεχή παρακολούθηση της έντασης και ασκήσεις διατήρησης του εύρους τροχιάς και της ελαστικότητας²⁵.

3.3 Διαδερμική στεφανιαία παρέμβαση

Παρά το γεγονός πως δεν υπάρχουν σαφείς οδηγίες, οι ειδικοί προτείνουν πως η άσκηση δεν πρέπει να ξεκινά πριν από την δεύτερη με έβδομη ημέρα μετά την επέμβαση. Θα πρέπει να δίνεται προσοχή σε συμπτώματα στηθάγχης και πιθανές επιπλοκές από μόνιμους καθετήρες. Ακόμα κι αν οι ασθενείς δείχνουν να έχουν καλή καρδιακή απόδοση, προτείνεται να ξεκινήσουν με αερόβια προπόνηση για 1-2 εβδομάδες και έπειτα να προχωρήσουν σε ασκήσεις με αντιστάσεις³⁴.

3.4 Εμφύτευση απινιδωτή βηματοδότη

Οι εμφυτεύσιμοι απινιδωτές κάρδιο - μετατροπείς είναι μικρές συσκευές με μπαταρία που τοποθετούνται στο μυοκάρδιο για τον έλεγχο των καρδιακών παλμών. Οι συσκευές αυτές δίνουν ηλεκτρικό ερέθισμα στην καρδιά ώστε να πάλλεται σε φυσιολογικό ρυθμό, αποκαθιστώντας την καρδιακή λειτουργία όπου υπάρχει απώλεια της φυσικής ακολουθίας κολπικής και κοιλιακής πλήρωσης²⁵.

Ασθενείς που έχουν υποστεί εμφύτευση απινιδωτή, θα πρέπει να λαμβάνουν ειδικές οδηγίες. Το ανώτατο όριο Καρδιακής Συχνότητας κατά την άσκηση θα πρέπει να βρίσκεται 10% κάτω από το ισχαιμικό κατώφλι²⁵. Η ένταση κατά την άσκηση θα πρέπει να διατηρείται σε τουλάχιστον 10 παλμούς/ λεπτό κάτω από το προγραμματισμένο όριο της Καρδιακής Συχνότητας για τον απινιδωτή. Τέλος, για να περιοριστεί ο κίνδυνος παρεκτόπισης του βηματοδότη, οι ασθενείς θα πρέπει να αποφεύγουν δραστηριότητες πάνω από το επίπεδο των ώμων.

Ενότητα 4: Ενδεικτικό πρόγραμμα ενδυνάμωσης για καρδιοαγγειακούς ασθενείς

→ Συνολική διάρκεια: ~45 λεπτά

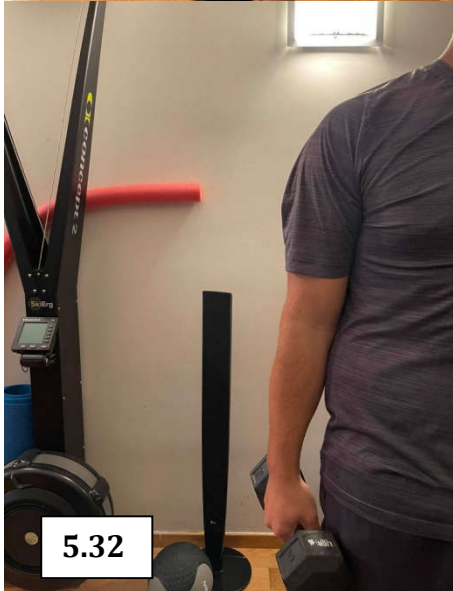




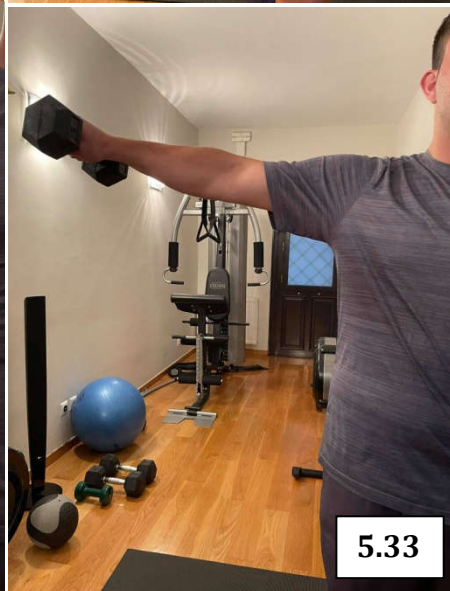
5.30



5.31

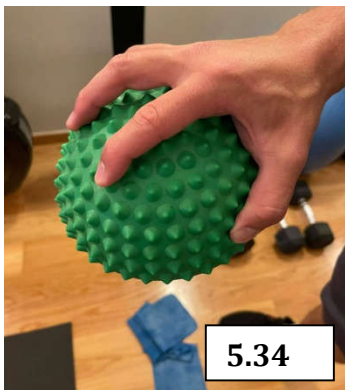


5.32

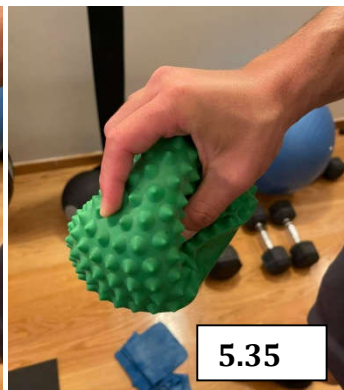


5.33

Εικόνα 5.30: Αρχική θέση, όρθια θέση με βαράκια, **Εικόνα 5.31:** Τελική θέση, κάμψη αντιβραχίου οβελιαίο επίπεδο με βαράκια, **Εικόνα 5.32:** Αρχική θέση, όρθια θέση με βαράκια, **Εικόνα 5.33:** Τελική θέση, απαγωγή ώμου μετωπιαίο επίπεδο με βαράκια



5.34



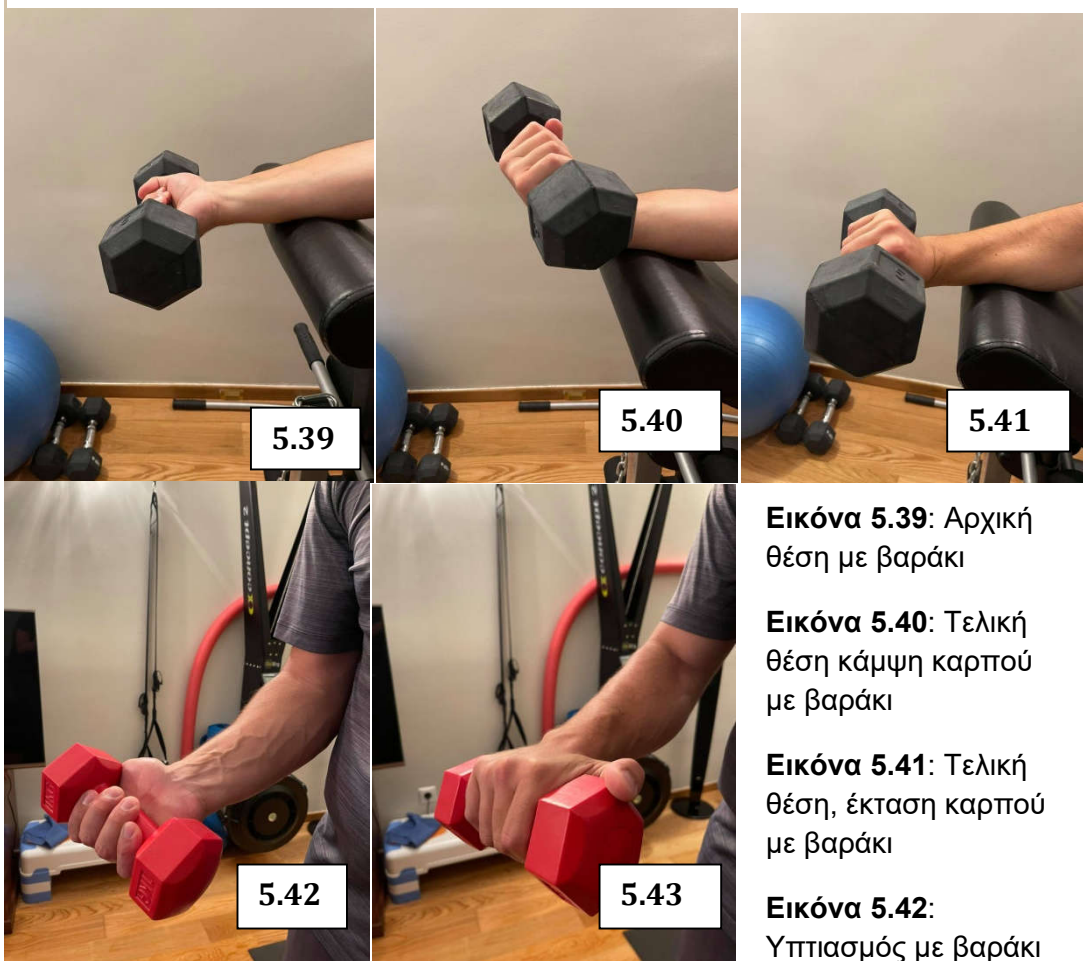
5.35

Εικόνα 5.34:
Αρχική θέση,
χαλαρός καρπός

Εικόνα 5.35:
Τελική θέση, κάμψη
καρπού και
δακτύλων



Εικόνα 5.36: Αρχική θέση, όρθια θέση και συγκράτηση ελαστικού ιμάντα,
Εικόνα 5.37: Τελική θέση, έκταση καρπού με αντίσταση ελαστικού ιμάντα,
Εικόνα 5.38: Τελική θέση, κάμψη καρπού με αντίσταση ελαστικού ιμάντα



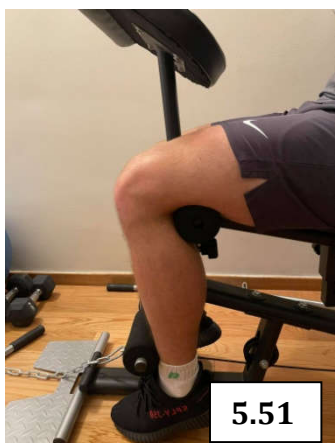
Εικόνα 5.39: Αρχική θέση με βαράκι
Εικόνα 5.40: Τελική θέση κάμψη καρπού με βαράκι
Εικόνα 5.41: Τελική θέση, έκταση καρπού με βαράκι
Εικόνα 5.42: Υπτιασμός με βαράκι
Εικόνα 5.43: Πρηνισμός με βαράκι



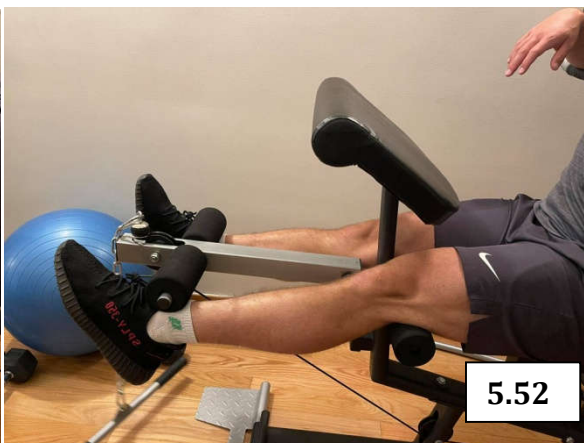
Εικόνα 5.44: Αρχική θέση, κάμψη ώμων, απαγωγή ωμοπλατών, **Εικόνα 5.45:** Τελική θέση, έκταση ώμων με αγκώνες σε κάμψη, προσαγωγή ωμοπλατών υπό την αντίσταση του μηχανήματος, **Εικόνα 5.46:** Αρχική θέση, κάμψη ώμου, απαγωγή ωμοπλατών, **Εικόνα 5.47:** Τελική θέση, έκταση ώμων και αγκώνων, προσαγωγή ωμοπλατών υπό την αντίσταση του μηχανήματος



Εικόνα 5.48: Αρχική θέση, όρθια θέση, **Εικόνα 5.49:** Ενδιάμεση θέση, κάμψη αγκώνα και απαγωγή ώμου με βαράκι, **Εικόνα 5.50:** Τελική θέση, έκταση αγκώνα



5.51



5.52

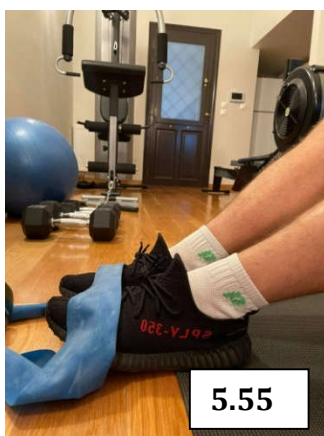


5.53

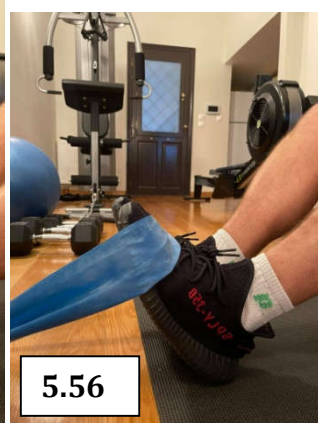


5.54

Εικόνα 5.51: Αρχική θέση, καθιστή θέση, **Εικόνα 5.52:** Τελική θέση, έκταση γόνατος με μηχανή αντίστασης, **Εικόνα 5.53:** Αρχική θέση, καθιστή θέση, **Εικόνα 5.54:** Τελική θέση, έκταση γόνατος με αντίσταση ελαστικού ιμάντα



5.55

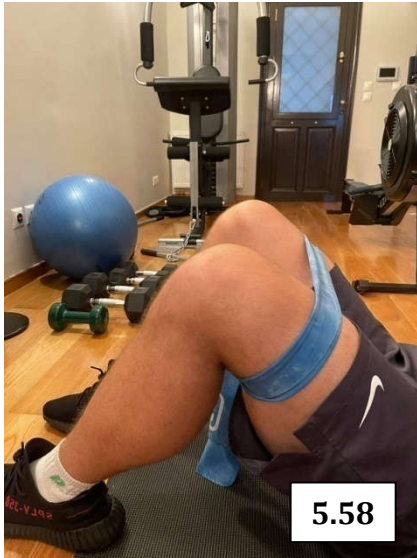


5.56

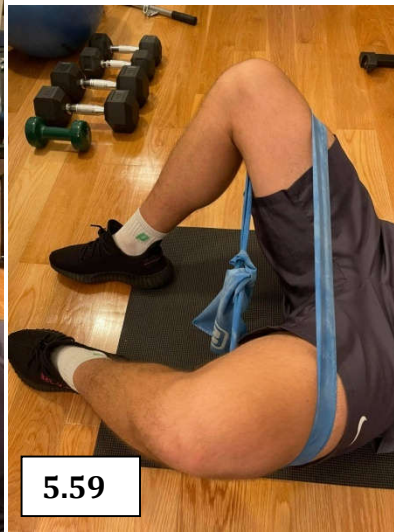


5.57

Εικόνα 5.55: Αρχική θέση, καθιστή θέση, γόνατα σε κάμψη, **Εικόνα 5.56:** Τελική θέση, ραχιαία κάμψη ποδοκνημικής με ελαστικό, **Εικόνα 5.57:** Πελματιαία κάμψη ποδοκνημικής με ελαστικό ιμάντα



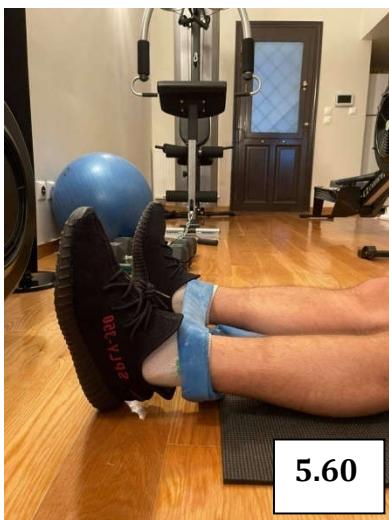
5.58



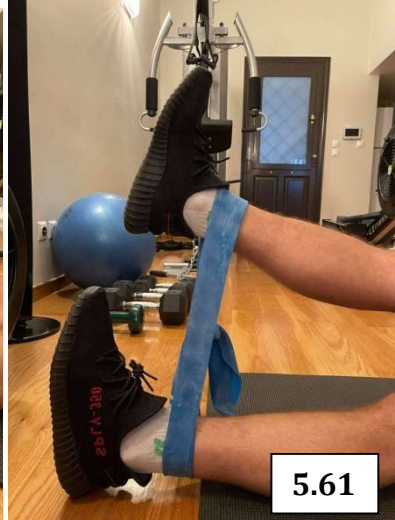
5.59

Εικόνα 5.58:
Αρχική θέση,
ύππια θέση,
γόνατα σε
κάμψη

Εικόνα 5.59:
Τελική θέση,
απαγωγή ισχίων
με ελαστικό
ιμάντα



5.60



5.61

Εικόνα 5.60: Αρχική
θέση, εδραία/ ύππια,
Εικόνα 5.61: Τελική
θέση, κάμψη ισχίου με
αντίσταση ελαστικού
ιμάντα, **Εικόνα 5.62:**
Αρχική θέση, όρθια
θέση, **Εικόνα 5.63:**
Κάμψη γόνατος με
αντίσταση ελαστικού
ιμάντα, **Εικόνα 5.64:**
Έκταση ισχίου με
αντίσταση ελαστικού
ιμάντα



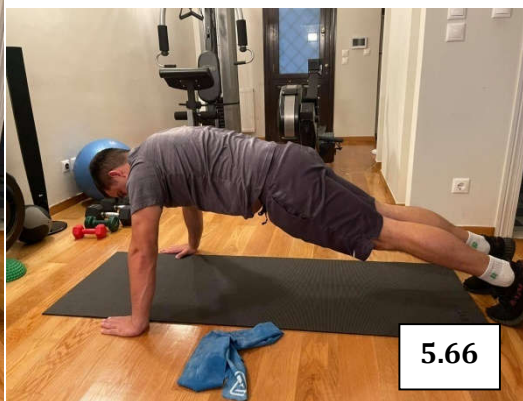
5.62



5.63



5.64



Εικόνα 5.65: Τελική θέση πους απ /push up, **Εικόνα 5.66:** Αρχική θέση πους απ/ push up



Εικόνα 5.67: Αρχική θέση, όρθια θέση, **Εικόνα 5.68:** Τελική θέση, βαθύ κάθισμα με μπάλα- βαράκι, **Εικόνα 5.69:** Αρχική θέση, όρθια θέση, **Εικόνα 5.70:** Βαθύ κάθισμα με βήμα και βαράκια





Εικόνα 5.71:

Αρχική θέση,
Εμβύθιση

Εικόνα 5.72: Τελική
θέση, Έκταση ώμων,
αντιβραχίων

Επίλογος & Πεδία για μελλοντική έρευνα

Μέσω αυτής της Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης, αναδείχθηκαν ελλείψεις ή ασαφείς πτυχές της έρευνας αναφορικά με την επίδραση της μυϊκής ενδυνάμωσης στους Καρδιοαγγειακούς Ασθενείς. Συνεπώς, οι μελλοντικές κλινικές μελέτες θα πρέπει να επικεντρωθούν στη διερεύνηση των μακροπρόθεσμων επιδράσεων της προπόνησης με ασκήσεις αντίστασης στα άτομα που πάσχουν από καρδιοαγγειακές νόσους, καθώς επίσης να αποσαφηνιστούν οι προσαρμογές του αιμοδυναμικού και μεταβολικού συστήματος σε μοριακό επίπεδο μετά την άσκηση. Απαιτούνται περισσότερες κλινικές δοκιμές κατά τις οποίες θα εφαρμόζεται αμιγώς προπόνηση με ασκήσεις ενδυνάμωσης, χωρίς προσθήκη αερόβιας δραστηριότητας. Κατ' αυτόν τον τρόπο, τα ευρήματα από το πρίσμα της μυϊκής ενδυνάμωσης θα είναι σαφή και αξιόπιστα, ελατώνοντας τον κίνδυνο μεροληψίας της μελέτης και την πιθανότητα σφάλματος. Τέλος, είναι αναγκαίο οι έρευνες να έχουν ικανό αριθμό δείγματος χωρίς σημαντική ετερογένεια ώστε να μπορούν τα αποτελέσματα να αναλυθούν στατιστικά και να αξιοποιηθούν σε βάθος χρόνου.

Παλαιότερα ερευνητικά δεδομένα υποστήριζαν πως η προπόνηση υπό αντιστάσεις επιβαρύνει το καρδιοαγγειακό σύστημα, αυξάνοντας δραματικά την Καρδιακή Συχνότητα και Αρτηριακή Πίεση, οδηγώντας σε ανεπιθύμητη αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας του μυοκαρδίου. Πλέον τα στοιχεία αυτά έχουν ανατραπεί. Η προπόνηση με ασκήσεις ενδυνάμωσης αποτελεί μη επεμβατικό, μη φαρμακευτικό, αποτελεσματικό και ασφαλές μέσο βελτίωσης της υγείας των καρδιοαγγειακών ασθενών. Μέσω της αύξησης της μυϊκής δύναμης και αντοχής, ο ασθενής βελτιώνει τη λειτουργική του ικανότητα και αυτονομία. Η

ευεργετική επίδραση της ενδυνάμωσης στις μεταβολικές και αιμοδυναμικές παραμέτρους συμβάλλει στην πρόληψη και αντιμετώπιση των καρδιοαγγειακών παθήσεων με φυσικό τρόπο.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018 Nov 10;392(10159):1789-1858.
2. Timmis A, Townsend N, Gale C, Torbica A, Lettino M, Petersen S et al. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019. *European Heart Journal*. 2019;41(1):12-85.
3. Who.int. 2021. Home. [online] Available at: <<https://www.who.int/>> [Accessed 31 May 2021]. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019 doi:10.1093/eurheartj/ehz859
4. Zhou M, Wang H, Zhu J, Chen W, Wang L, Liu S et al. Cause-specific mortality for 240 causes in China during 1990–2013: a systematic subnational analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. 2016;387(10015):251-272.
5. Roth G, Nguyen G, Forouzanfar M, Mokdad A, Naghavi M, Murray C. Estimates of Global and Regional Premature Cardiovascular Mortality in 2025. *Circulation*. 2015;132(13):1270-1282.
6. Yuyun M, Sliwa K, Kengne A, Mocumbi A, Bukhman G. Cardiovascular Diseases in Sub-Saharan Africa Compared to High-Income Countries: An Epidemiological Perspective. *Global Heart*. 2020;15(1):15.
7. Australian Institute of Health and Welfare. 2021. National Mortality Database (NMD) - Australian Institute of Health and Welfare. [online] Available at: <<https://www.aihw.gov.au/about-our-data/our-data-collections/national-mortality-database>> [Accessed 31 May 2021]. Australian Bureau of Statistics (ABS) 2017–18 National Health Survey
8. Institute of Medicine (US) Committee on Preventing the Global Epidemic of Cardiovascular Disease: Meeting the Challenges in Developing Countries; Fuster V,

- Kelly BB, editors. Promoting Cardiovascular Health in the Developing World: A Critical Challenge to Achieve Global Health. Washington (DC): National Academies Press (US); 2010. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45693/> doi: 10.17226/12815. Washington (DC): National Academies Press (US); 2010.
9. Bloom, D.E., Cafiero, E.T., Jané-Llopis, E., Abrahams-Gessel, S., Bloom, L.R., Fathima, S., Feigl, A.B., Gaziano, T., Mowafi, M., Pandya, A., Prettner, K., Rosenberg, L., Seligman, B., Stein, A.Z., & Weinstein, C. (2011). The Global Economic Burden of Noncommunicable Diseases. Geneva: World Economic Forum.
 10. Virani S, Alonso A, Benjamin E, Bittencourt M, Callaway C, Carson A et al. Heart Disease and Stroke Statistics—2020 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2020;141 (9).
 11. Oecd.org. 2021. Estimating Expenditure by Disease, Age and Gender - OECD. [online] Available at: <<https://www.oecd.org/els/health-systems/estimating-expenditure-by-disease-age-and-gender.htm>> [Accessed 31 May 2021]. WEF/Harvard School of Public Health -The Global Economic Burden of Non- communicable Diseases
 12. ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ θεωρία και Εφαρμογές Ευρωστίας και Απόδοσης – Scott K. Powers, Edward T. Howley
 13. BRAITH R, GRAVES J, LEGGETT S, POLLOCK M. Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1993;25(1):132-138.
 14. ΕΡΓΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΒΑΣΙΛΗ ΚΛΕΙΣΟΥΡΑ – εκδόσεις Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ, Broken Hill
 15. Caruso F, Bonjorno J, Arena R, Phillips S, Cabiddu R, Mendes R et al. Hemodynamic, Autonomic, Ventilatory, and Metabolic Alterations After Resistance Training in Patients With Coronary Artery Disease. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2017;96(4):226-235.
 16. Çakir-Atabek H, Demir S, Pinarbaşı R, Gündüz N. Effects of Different Resistance Training Intensity on Indices of Oxidative Stress. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(9):2491-2497.
 17. Seo DI, Kim E, Fahs CA, Rossow L, Young K, Ferguson SL, Thiebaud R, Sherk VD, Loenneke JP, Kim D, Lee MK, Choi KH, Bembem DA, Bembem MG, So WY. Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *J Sports Sci Med*. 2012 Jun 1;11(2):221-5.

18. Boettcher C, Ginn K, Cathers I. Standard maximum isometric voluntary contraction tests for normalizing shoulder muscle EMG. *Journal of Orthopaedic Research*. 2008;26(12):1591-1597.
19. Folland J, Williams A. The Adaptations to Strength Training. *Sports Medicine*. 2007;37(2):145-168.
20. Seynnes O, de Boer M, Narici M. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*. 2007;102(1):368-373.
21. Staron R, Malicky E, Leonardi M, Falkel J, Hagerman F, Dudley G. Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1990;60(1):71-79.
22. Staron R, Leonardi M, Karapondo D, Malicky E, Falkel J, Hagerman F et al. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *Journal of Applied Physiology*. 1991;70(2):631-640.
23. Chillibeck P, Syrotuik D, Bell G. The effect of strength training on estimates of mitochondrial density and distribution throughout muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1999;80(6):604-609.
24. HATHER B, TESCH P, BUCHANAN P, DUDLEY G. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance training. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1991;143(2):177-185.
25. ACSM Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs 8th edition
26. Hass C, Feigenbaum M, Franklin B. Prescription of Resistance Training for Healthy Populations. *Sports Medicine*. 2001;31(14):953-964.
27. Aerenhouts D, D'Hondt E. Using Machines or Free Weights for Resistance Training in Novice Males? A Randomized Parallel Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(21):7848.
28. Lopes J, Machado A, Micheletti J, de Almeida A, Cavina A, Pastre C. Effects of training with elastic resistance versus conventional resistance on muscular strength: A systematic review and meta-analysis. *SAGE Open Medicine*. 2019;7:205031211983111.
29. Verrill D, Ribisl P. Resistive Exercise Training in Cardiac Rehabilitation. *Sports Medicine*. 1996;21(5):347-383.

30. Williams M, Haskell W, Ades P, Amsterdam E, Bittner V, Franklin B et al. Resistance Exercise in Individuals With and Without Cardiovascular Disease: 2007 Update. *Circulation*. 2007;116(5):572-584.
31. Niebauer J. *Cardiac rehabilitation manual*. London: Springer; 2011.
32. Bielecka-Dabrowa A, Ebner N, Santos M, Ishida J, Hasenfuss G, Haehling S. Cachexia, muscle wasting, and frailty in cardiovascular disease. *European Journal of Heart Failure*. 2020;22(12):2314-2326.
33. Strasser B, Pesta D. Resistance Training for Diabetes Prevention and Therapy: Experimental Findings and Molecular Mechanisms. *BioMed Research International*. 2013;2013:1-8.
34. Bjarnason-Wehrens B, Mayer-Berger W, Meister E, Baum K, Hambrecht R, Gielen S. Recommendations for resistance exercise in cardiac rehabilitation. Recommendations of the German Federation for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2004;11(4):352-361.
35. Nelson M. Effects of High-Intensity Strength Training on Multiple Risk Factors for Osteoporotic Fractures. *JAMA*. 1994;272(24):1909.
36. LARSSON L. Histochemical characteristics of human skeletal muscle during aging. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1983;117(3):469-471.
37. McGuigan M, Bronks R, Newton R, Sharman M, Graham J, Cody D et al. Resistance Training in Patients With Peripheral Arterial Disease: Effects on Myosin Isoforms, Fiber Type Distribution, and Capillary Supply to Skeletal Muscle. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2001;56(7):B302-B310.
38. Vincent K, Vincent H. Resistance Training for Individuals With Cardiovascular Disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*. 2006;26(4):207-216.
39. Slivka D, Raue U, Hollon C, Minchev K, Trappe S. Single muscle fiber adaptations to resistance training in old (>80 yr) men: evidence for limited skeletal muscle plasticity. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2008;295(1):R273-R280.
40. Braith R, Stewart K. Resistance Exercise Training. *Circulation*. 2006;113(22):2642-2650.
41. Pu C, Johnson M, Forman D, Hausdorff J, Roubenoff R, Foldvari M et al. Randomized trial of progressive resistance training to counteract the myopathy of chronic heart failure. *Journal of Applied Physiology*. 2001;90(6):2341-2350.

42. Park S, Goodpaster B, Strotmeyer E, de Rekeneire N, Harris T, Schwartz A et al. Decreased Muscle Strength and Quality in Older Adults With Type 2 Diabetes: The Health, Aging, and Body Composition Study. *Diabetes*. 2006;55(6):1813-1818.
43. Hollings M, Mavros Y, Freeston J, Fiatarone Singh M. The effect of progressive resistance training on aerobic fitness and strength in adults with coronary heart disease: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2017;24(12):1242-1259.
44. Veronese N, Stubbs B, Crepaldi G, Solmi M, Cooper C, Harvey N et al. Relationship Between Low Bone Mineral Density and Fractures With Incident Cardiovascular Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2017;32(5):1126-1135.
45. Bravo G, Gauthier P, Roy P, Payette H, Gaulin P, Harvey M et al. Impact of a 12-Month Exercise Program on the Physical and Psychological Health of Osteopenic Women. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1996;44(7):756-762.
46. Pruitt L, Jackson R, Bartels R, Lehnhard H. Weight-training effects on bone mineral density in early postmenopausal women. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2009;7(2):179-185.
47. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*. 2001;285(6):785-795.
48. VINCENT K, BRAITH R. Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002;34(1):17-23.
49. Braith R, Mills R, Welsch M, Keller J, Pollock M. Resistance exercise training restores bone mineral density in heart transplant recipients. *Journal of the American College of Cardiology*. 1996;28(6):1471-1477.
50. Treserras M, Balady G. Resistance Training in the Treatment of Diabetes and Obesity. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2009;29(2):67-75.
51. McGuigan M, Tataschiere M, Newton R, Pettigrew S. Eight Weeks of Resistance Training Can Significantly Alter Body Composition in Children Who Are Overweight or Obese. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009;23(1):80-85.
52. *Cardiovascular Journal of South Africa* 2006 - Consequence of resistance training on body composition and coronary artery disease risk
53. Cornelissen V, Fagard R, Coeckelberghs E, Vanhees L. Impact of Resistance Training on Blood Pressure and Other Cardiovascular Risk Factors. *Hypertension*. 2011;58(5):950-958.

54. Schroeder E, Franke W, Sharp R, Lee D. Comparative effectiveness of aerobic, resistance, and combined training on cardiovascular disease risk factors: A randomized controlled trial. *PLOS ONE*. 2019;14(1):e0210292.
55. Reed R, Pearlmutter L, Yochum K, Meredith K, Mooradian A. The Relationship between Muscle Mass and Muscle Strength in the Elderly. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(6):555-561.
56. PETERSON M, SEN A, GORDON P. Influence of Resistance Exercise on Lean Body Mass in Aging Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(2):249-258.
57. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Effect of low-intensity resistance training on arterial function. *European Journal of Applied Physiology*. 2010;111(5):743-748.
58. Franco C, Carneiro M, de Sousa J, Gomes G, Orsatti F. Influence of High- and Low-Frequency Resistance Training on Lean Body Mass and Muscle Strength Gains in Untrained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019;Publish Ahead of Print.
59. Treuth M, Ryan A, Pratley R, Rubin M, Miller J, Nicklas B et al. Effects of strength training on total and regional body composition in older men. *Journal of Applied Physiology*. 1994;77(2):614-620.
60. HUNTER G, BRYAN D, WETZSTEIN C, ZUCKERMAN P, BAMMAN M. Resistance training and intra-abdominal adipose tissue in older men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002;34(6):1023-1028.
61. Schmitz K, Jensen M, Kugler K, Jeffery R, Leon A. Strength training for obesity prevention in midlife women. *International Journal of Obesity*. 2003;27(3):326-333.
62. Hurley B, Roth S. Strength Training in the Elderly. *Sports Medicine*. 2000;30(4):249-268.
63. HUNTER G, KEKES-SZABO T, SNYDER S, NICHOLSON C, NYIKOS I, BERLAND L. Fat distribution, physical activity, and cardiovascular risk factors. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1997;29(3):362-369.
64. Treuth M, Hunter G, Kekes-Szabo T, Weinsier R, Goran M, Berland L. Reduction in intra-abdominal adipose tissue after strength training in older women. *Journal of Applied Physiology*. 1995;78(4):1425-1431.
65. Santos F, Chiappa G, Ramalho S, de Lima A, de Souza F, Cahalin L et al. Resistance exercise enhances oxygen uptake without worsening cardiac function in patients with systolic heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Heart Failure Reviews*. 2017;23(1):73-89.

66. Swank A, Funk D, Manire J, Allard A, Denny D. Effect of Resistance Training and Aerobic Conditioning on Muscular Strength and Submaximal Fitness for Individuals with Chronic Heart Failure: Influence of Age and Gender. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(5):1298-1305.
67. SAVAGE P, SHAW A, MILLER M, VANBUREN P, LEWINTER M, ADES P et al. Effect of Resistance Training on Physical Disability in Chronic Heart Failure. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(8):1379-1386.
68. Höllriegel R, Winzer E, Linke A, Adams V, Mangner N, Sandri M et al. Long-Term Exercise Training in Patients With Advanced Chronic Heart Failure. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2016;36(2):117-124.
69. Ellingsen Ø, Halle M, Conraads V, Støylen A, Dalen H, Delagardelle C et al. High-Intensity Interval Training in Patients With Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. *Circulation*. 2017;135(9):839-849.
70. Haykowsky M, Liang Y, Pechter D, Jones L, McAlister F, Clark A. A Meta-Analysis of the Effect of Exercise Training on Left Ventricular Remodeling in Heart Failure Patients. *Journal of the American College of Cardiology*. 2007;49(24):2329-2336.
71. Johannsen N, Swift D, Lavie C, Earnest C, Blair S, Church T. Categorical Analysis of the Impact of Aerobic and Resistance Exercise Training, Alone and in Combination, on Cardiorespiratory Fitness Levels in Patients With Type 2 Diabetes: Results from the HART-D study. *Diabetes Care*. 2013;36(10):3305-3312.
72. Drenowatz C, Sui X, Fritz S, Lavie C, Beattie P, Church T et al. The association between resistance exercise and cardiovascular disease risk in women. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015;18(6):632-636.
73. Pluim B, Zwinderman A, van der Laarse A, van der Wall E. The Athlete's Heart. *Circulation*. 2000;101(3):336-344.
74. Maron B. Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 1986;7(1):190-203.
75. Spirito P, Pelliccia A, Proschan M, Granata M, Spataro A, Bellone P et al. Morphology of the "athlete's heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. *The American Journal of Cardiology*. 1994;74(8):802-806.
76. Shapiro L. THE MORPHOLOGIC CONSEQUENCES OF SYSTEMIC TRAINING. *Cardiology Clinics*. 1997;15(3):373-379
77. *Journal of Exercise Physiology 2018 - Impact of Resistance Exercise on Cardiovascular Dynamics*

78. Medicina Sportiva 2017 - ACUTE RESPONSES OF RATE PRESSURE PRODUCT IN SETS OF RESISTANCE EXERCISE
79. Carlson D, Dieberg G, Hess N, Millar P, Smart N. Isometric Exercise Training for Blood Pressure Management: A Systematic Review and Meta-analysis. Mayo Clinic Proceedings. 2014;89(3):327-334.
80. Adams J, Hubbard M, Mccullough-Shock T, Simms K, Cheng D, Hartman J et al. Myocardial Work During Endurance Training and Resistance Training: A Daily Comparison, from Workout Session 1 Through Completion of Cardiac Rehabilitation. Baylor University Medical Center Proceedings. 2010;23(2):126-129.
81. Kraemer W, Ratamess N, French D. Resistance Training for Health and Performance. Current Sports Medicine Reports. 2002;1(3):165-171.
82. Lind A, McNicol G. Circulatory responses to sustained hand-grip contractions performed during other exercise, both rhythmic and static. The Journal of Physiology. 1967;192(3):595-607
83. Sale D, Moroz D, McKelvie R, MacDougall J, McCartney N. Comparison of blood pressure response to isokinetic and weight-lifting exercise. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology. 1993;67(2):115-120.
84. McCartney N, McKelvie R, Martin J, Sale D, MacDougall J. Weight-training-induced attenuation of the circulatory response of older males to weight lifting. Journal of Applied Physiology. 1993;74(3):1056-1060.
85. Pescatello L, MacDonald H, Lamberti L, Johnson B. Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research. Current Hypertension Reports. 2015;17(11).
86. Kelley G, Kelley K. Progressive Resistance Exercise and Resting Blood Pressure. Hypertension. 2000;35(3):838-843.
87. Cornelissen V, Fagard R. Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Hypertension. 2005;23(2):251-259.
88. Cornelissen V, Fagard R. Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Hypertension. 2005;23(2):251-259.
89. Drenowatz C, Sui X, Fritz S, Lavie C, Beattie P, Church T et al. The association between resistance exercise and cardiovascular disease risk in women. Journal of Science and Medicine in Sport. 2015;18(6):632-636.

90. Mitchell J, Payne F, Saltin B, Schibye B. The role of muscle mass in the cardiovascular response to static contractions. *The Journal of Physiology*. 1980;309(1):45-54.
91. McCartney N, McKelvie R, Martin J, Sale D, MacDougall J. Weight-training-induced attenuation of the circulatory response of older males to weight lifting. *Journal of Applied Physiology*. 1993;74(3):1056-1060.
92. Vincent K, Vincent H, Braith R, Bhatnagar V, Lowenthal D. Strength Training and Hemodynamic Responses to Exercise. *The American Journal of Geriatric Cardiology*. 2003;12(2):97-106.
93. *Journal of Exercise Physiology 2018 - Impact of Resistance Exercise on Cardiovascular Dynamics*
94. Moraes Miguel F, Alexandre Grings L, Borges Pereira G, Diego Leite R, Vieira A, Frade de Sousa N et al. Different Cardiovascular Responses to a Resistance Training Session in Hypertensive Women Receiving Propanolol Compared with Normotensive Controls. *The Scientific World Journal*. 2012;2012:1-6.
95. Bevegård S, Freyschuss U, Strandell T. Circulatory adaptation to arm and leg exercise in supine and sitting position. *Journal of Applied Physiology*. 1966;21(1):37-46.
96. Bevegård B, Holmgren A, Jonsson B. Circulatory Studies in Well Trained Athletes at Rest and During Heavy Exercise, with Special Reference to Stroke Volume and the Influence of Body Position. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1963;57(1-2):26-50.
97. *Journal of Exercise Physiology 2012 - Resistance Training to Momentary Muscular Failure Improves Cardiovascular Fitness in Humans: A Review of Acute Physiological Responses and Chronic Physiological Adaptations*
98. Matos-Santos L, Farinatti P, P. Borges J, Massafferri R, Monteiro W. Cardiovascular Responses to Resistance Exercise Performed with Large and Small Muscle Mass. *International Journal of Sports Medicine*. 2017;38(12):883-889.
99. NELSON R, GOBEL F, JORGENSEN C, WANG K, WANG Y, TAYLOR H. Hemodynamic Predictors of Myocardial Oxygen Consumption During Static and Dynamic Exercise. *Circulation*. 1974;50(6):1179-1189.
100. MacDougall J, Tuxen D, Sale D, Moroz J, Sutton J. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1985;58(3):785-790.
101. Newman A, Kupelian V, Visser M, Simonsick E, Goodpaster B, Kritchevsky S et al. Strength, But Not Muscle Mass, Is Associated With Mortality in the Health, Aging and

- Body Composition Study Cohort. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2006;61(1):72-77.
102. Adams J, Cline M, Reed M, Masters A, Ehlke K, Hartman J. Importance of Resistance Training for Patients After a Cardiac Event. *Baylor University Medical Center Proceedings*. 2006;19(3):246-248.
103. *Journal of Hypertension and Cardiology* 2017 - Rate Pressure Product Responses during an Acute Session of Isometric Resistance Training: A Randomized Trial
104. *Apunts Medicina de l'Esport* 2016 - Effect of involved muscle mass in resistance exercise on post exercise blood pressure and rate pressure product
105. DIAS I, FARINATTI P, DE SOUZA M, MANHANINI D, BALTHAZAR E, DANTAS D et al. Effects of Resistance Training on Obese Adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2015;47(12):2636-2644.
106. Palatini P. Sympathetic overactivity in hypertension: A risk factor for cardiovascular disease. *Current Hypertension Reports*. 2001;3(1):S3-S9.
107. CORTEZCOOPER M, DEVAN A, ANTON M, FARRAR R, BECKWITH K, TODD J et al. Effects of High Intensity Resistance Training on Arterial Stiffness and Wave Reflection in Women. *American Journal of Hypertension*. 2005;18(7):930-934.
108. Timpka S, Petersson I, Zhou C, Englund M. Muscle strength in adolescent men and risk of cardiovascular disease events and mortality in middle age: a prospective cohort study. *BMC Medicine*. 2014;12(1).
109. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, Takahashi K, Hayashi K, Yamazaki K et al. Unfavorable Effects of Resistance Training on Central Arterial Compliance. *Circulation*. 2004;110(18):2858-2863.
110. Bertovic D, Waddell T, Gatzka C, Cameron J, Dart A, Kingwell B. Muscular Strength Training Is Associated With Low Arterial Compliance and High Pulse Pressure. *Hypertension*. 1999;33(6):1385-1391.
111. Miyachi M, Donato A, Yamamoto K, Takahashi K, Gates P, Moreau K et al. Greater Age-Related Reductions in Central Arterial Compliance in Resistance-Trained Men. *Hypertension*. 2003;41(1):130-135.
112. Ishii T, Yamakita T, Sato T, Tanaka S, Fujii S. Resistance Training Improves Insulin Sensitivity in NIDDM Subjects Without Altering Maximal Oxygen Uptake. *Diabetes Care*. 1998;21(8):1353-1355
113. Holten M, Zacho M, Gaster M, Juel C, Wojtaszewski J, Dela F. Strength Training Increases Insulin-Mediated Glucose Uptake, GLUT4 Content, and Insulin Signaling in Skeletal Muscle in Patients With Type 2 Diabetes. *Diabetes*. 2004;53(2):294-305.

114. Tabata I, Suzuki Y, Fukunaga T, Yokozeki T, Akima H, Funato K. Resistance training affects GLUT-4 content in skeletal muscle of humans after 19 days of head-down bed rest. *Journal of Applied Physiology*. 1999;86(3):909-914.
115. Durak E, Jovanovic-Peterson L, Peterson C. Randomized Crossover Study of Effect of Resistance Training on Glycemic Control, Muscular Strength, and Cholesterol in Type I Diabetic Men. *Diabetes Care*. 1990;13(10):1039-1043.
116. Khaw K. Glycated haemoglobin, diabetes, and mortality in men in Norfolk cohort of European Prospective Investigation of Cancer and Nutrition (EPIC-Norfolk). *BMJ*. 2001;322(7277):15-15.
117. Saeidifard F, Medina-Inojosa J, West C, Olson T, Somers V, Bonikowske A et al. The association of resistance training with mortality: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2019;26(15):1647-1665.
118. Colberg S, Sigal R, Yardley J, Riddell M, Dunstan D, Dempsey P et al. Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2016;39(11):2065-2079.
119. Pesta D, Goncalves R, Madiraju A, Strasser B, Sparks L. Resistance training to improve type 2 diabetes: working toward a prescription for the future. *Nutrition & Metabolism*. 2017;14(1).
120. Dunstan D, Daly R, Owen N, Jolley D, de Courten M, Shaw J et al. High-Intensity Resistance Training Improves Glycemic Control in Older Patients With Type 2 Diabetes. *Diabetes Care*. 2002;25(10):1729-1736.
121. Smutok M, Reece C, Kokkinos P, Farmer C, Dawson P, De Vane J et al. Effects of Exercise Training Modality on Glucose Tolerance in Men with Abnormal Glucose Regulation. *International Journal of Sports Medicine*. 1994;15(06):283-289.
122. Manley S. Haemoglobin A1c – A Marker for Complications of Type 2 Diabetes: The Experience from the UK Prospective Diabetes Study (UKPDS). *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 2003;41(9).
123. Holloszy J, Hansen P. Regulation of glucose transport into skeletal muscle. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. 1996;:99-193.
124. Weinsier R, Schutz Y, Bracco D. Reexamination of the relationship of resting metabolic rate to fat-free mass and to the metabolically active components of fat-free mass in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1992;55(4):790-794.
125. LEMMER J, IVEY F, RYAN A, MARTEL G, HURLBUT D, METTER J et al. Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001;:532-541.

126. Ades P, Savage P, Brochu M, Tischler M, Lee N, Poehlman E. Resistance training increases total daily energy expenditure in disabled older women with coronary heart disease. *Journal of Applied Physiology*. 2005;98(4):1280-1285.
127. Poehlman E, Denino W, Beckett T, Kinaman K, Dionne I, Dvorak R et al. Effects of Endurance and Resistance Training on Total Daily Energy Expenditure in Young Women: A Controlled Randomized Trial. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2002;87(3):1004-1009.
128. Lans C, Cider Å, Nylander E, Brudin L. Peripheral muscle training with resistance exercise bands in patients with chronic heart failure. Long-term effects on walking distance and quality of life; a pilot study. *ESC Heart Failure*. 2017;5(2):241-248.
129. ISRN Physiology 2012 - Influence of Resistance Training Variables on Excess Postexercise Oxygen Consumption: A Systematic Review
130. Strasser B, Pesta D. Resistance Training for Diabetes Prevention and Therapy: Experimental Findings and Molecular Mechanisms. *BioMed Research International*. 2013;2013:1-8.
131. *Journal of Applied Sport Science Research* 1992 – Effect of Resistance Training on Excess Post- exercise Oxygen Consumption
132. Da Silva R, Brentano M, Kruehl L. Effects of Different Strength Training Methods on Postexercise Energetic Expenditure. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(8):2255-2260
133. Campbell W, Crim M, Young V, Evans W. Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1994;60(2):167-175.
134. Saeidifard F, Medina-Inojosa J, West C, Olson T, Somers V, Bonikowske A et al. The association of resistance training with mortality: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2019;26(15):1647-1665.
135. Tucker L, Silvester L. Strength Training and Hypercholesterolemia: An Epidemiologic Study of 8499 Employed Men. *American Journal of Health Promotion*. 1996;11(1):35-41.
136. Holmes C, Wind S, Esco M. Heart Rate Variability Responses to an Undulating Resistance Training Program in Free-Living Conditions: A Case Study in a Collegiate Athlete. *Sports*. 2018;6(4):121.
137. Richig J, Sleeper M. *Electrocardiography of Laboratory Animals (Second Edition)*. [Place of publication not identified]: Academic Press; 2019

138. Kingsley J, Figueroa A. Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2014;36(3):179-187.
139. Lin C, Yang C, Zhou Z, Wu S. Intelligent health monitoring system based on smart clothing. *International Journal of Distributed Sensor Networks*. 2018;14(8):155014771879431.
140. Machado-Vidotti H, Mendes R, Simões R, Simões V, Catai A, Borghi-Silva A. Cardiac autonomic responses during upper versus lower limb resistance exercise in healthy elderly men. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2014;18(1):9-18.
141. Cooke W, Carter J. Strength training does not affect vagal?cardiac control or cardiovagal baroreflex sensitivity in young healthy subjects. *European Journal of Applied Physiology*. 2004;93(5-6):719-725.
142. Heffernan K, Fahs C, Shinsako K, Jae S, Fernhall B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 2007;293(5):H3180-H3186.
143. Çakir-Atabek H, Demir S, Pinarbaşili R, Gündüz N. Effects of Different Resistance Training Intensity on Indices of Oxidative Stress. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(9):2491-2497.
144. Halliwell B. Free Radicals and Antioxidants: A Personal View. *Nutrition Reviews*. 2009;52(8):253-265.
145. Halliwell B. Role of Free Radicals in the Neurodegenerative Diseases. *Drugs & Aging*. 2001;18(9):685-716.
146. Peters P, Alessio H, Hagerman A, Ashton T, Nagy S, Wiley R. Short-term isometric exercise reduces systolic blood pressure in hypertensive adults: Possible role of reactive oxygen species. *International Journal of Cardiology*. 2006;110(2):199-205.
147. GREIWE J, CHENG B, RUBIN D, YARASHESKI K, SEMENKOVICH C. Resistance exercise decreases skeletal muscle tumor necrosis factor α in frail elderly humans. *The FASEB Journal*. 2001;15(2):475-482.
148. Carbone S, Kirkman D, Garten R, Rodriguez-Miguel P, Artero E, Lee D et al. Muscular Strength and Cardiovascular Disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*. 2020;40(5):302-309.
149. Timpka S, Petersson I, Zhou C, Englund M. Muscle strength in adolescent men and risk of cardiovascular disease events and mortality in middle age: a prospective cohort study. *BMC Medicine*. 2014;12(1).

150. Yang J, Christophi C, Farioli A, Baur D, Moffatt S, Zollinger T et al. Association Between Push-up Exercise Capacity and Future Cardiovascular Events Among Active Adult Men. *JAMA Network Open*. 2019;2(2):e188341.
151. LIU Y, LEE D, LI Y, ZHU W, ZHANG R, SUI X et al. Associations of Resistance Exercise with Cardiovascular Disease Morbidity and Mortality. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2019;51(3):499-508.
152. Kamada M, Shiroma E, Buring J, Miyachi M, Lee I. Strength Training and All-Cause, Cardiovascular Disease, and Cancer Mortality in Older Women: A Cohort Study. *Journal of the American Heart Association*. 2017;6(11).
153. Mason C, Brien S, Craig C, Gauvin L, Katzmarzyk P. Musculoskeletal Fitness and Weight Gain in Canada. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(1):38-43.
154. JURCA R, LAMONTE M, BARLOW C, KAMPERT J, CHURCH T, BLAIR S. Association of Muscular Strength with Incidence of Metabolic Syndrome in Men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(11):1849-1855.
155. Silventoinen K, Magnusson P, Tynelius P, Batty G, Rasmussen F. Association of body size and muscle strength with incidence of coronary heart disease and cerebrovascular diseases: a population-based cohort study of one million Swedish men. *International Journal of Epidemiology*. 2008;38(1):110-118.
156. Sillars A, Celis-Morales C, Ho F, Petermann F, Welsh P, Iliodromiti S et al. Association of Fitness and Grip Strength With Heart Failure. *Mayo Clinic Proceedings*. 2019;94(11):2230-2240.
157. MASLOW A, SUI X, COLABIANCHI N, HUSSEY J, BLAIR S. Muscular Strength and Incident Hypertension in Normotensive and Prehypertensive Men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010;42(2):288-295.
158. Ji C, Zheng L, Zhang R, Wu Q, Zhao Y. Handgrip strength is positively related to blood pressure and hypertension risk: results from the National Health and nutrition examination survey. *Lipids in Health and Disease*. 2018;17(1).
159. KATZMARZYK P, CRAIG C. Musculoskeletal fitness and risk of mortality. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002;34(5):740-744.
160. Jiménez-Pavón D, Brellenthin A, Lee D, Sui X, Blair S, Lavie C. Role of Muscular Strength on the Risk of Sudden Cardiac Death in Men. *Mayo Clinic Proceedings*. 2019;94(12):2589-2591.
161. Bakker E, Lee D, Sui X, Artero E, Ruiz J, Eijsvogels T et al. Association of Resistance Exercise, Independent of and Combined With Aerobic Exercise, With the Incidence of Metabolic Syndrome. *Mayo Clinic Proceedings*. 2017;92(8):1214-1222.

162. Hülsmann M, Quittan M, Berger R, Crevenna R, Springer C, Nuhr M et al. Muscle strength as a predictor of long-term survival in severe congestive heart failure. *European Journal of Heart Failure*. 2004;6(1):101-107.
163. Kamiya K, Masuda T, Tanaka S, Hamazaki N, Matsue Y, Mezzani A et al. Quadriceps Strength as a Predictor of Mortality in Coronary Artery Disease. *The American Journal of Medicine*. 2015;128(11):1212-1219.
164. Lopez-Jaramillo P, Cohen D, Gómez-Arbeláez D, Bosch J, Dyal L, Yusuf S et al. Association of handgrip strength to cardiovascular mortality in pre-diabetic and diabetic patients: A subanalysis of the ORIGIN trial. *International Journal of Cardiology*. 2014;174(2):458-461.
165. Bakker E, Lee D, Sui X, Artero E, Ruiz J, Eijssvogels T et al. Association of Resistance Exercise, Independent of and Combined With Aerobic Exercise, With the Incidence of Metabolic Syndrome. *Mayo Clinic Proceedings*. 2017;92(8):1214-1222.
166. Kodama S. Cardiorespiratory Fitness as a Quantitative Predictor of All-Cause Mortality and Cardiovascular Events in Healthy Men and Women. *JAMA*. 2009;301(19):2024.
167. Gale C, Martyn C, Cooper C, Sayer A. Grip strength, body composition, and mortality. *International Journal of Epidemiology*. 2006;36(1):228-235.
168. García-Hermoso A, Cavero-Redondo I, Ramírez-Vélez R, Ruiz J, Ortega F, Lee D et al. Muscular Strength as a Predictor of All-Cause Mortality in an Apparently Healthy Population: A Systematic Review and Meta-Analysis of Data From Approximately 2 Million Men and Women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2018;99(10):2100-2113.e5.
169. Beniamini Y, Rubenstein J, Zaichkowsky L, Crim M. Effects of High-Intensity Strength Training on Quality-of-Life Parameters in Cardiac Rehabilitation Patients. This study was supported, in part, by a graduate research fellowship, Jean Mayer USDA Human Nutrition Research Center on Aging at Tufts University, Boston, Massachusetts (YB), by the Helen Smith Brownstein Memorial Scholarship, School of Nutrition Science and Policy at Tufts University, Medford, Massachusetts (YB), by a Reebok Graduate Research Grant, American College of Sports Medicine Foundation, Indianapolis, Indiana (JJR), by Newton-Wellesley Hospital, Newton, Massachusetts (JJR), and by a Grant-in-Aid from the American Heart Association, Dallas, Texas (MCC). *The American Journal of Cardiology*. 1997;80(7):841-846.
170. Singh N, Stavrinou T, Scarbek Y, Galambos G, Liber C, Fiatarone Singh M. A Randomized Controlled Trial of High Versus Low Intensity Weight Training Versus

- General Practitioner Care for Clinical Depression in Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2005;60(6):768-776.
171. Stewart K, McFarland L, Weinhofer J, Cottrell E, Brown C, Shapiro E. Safety and Efficacy of Weight Training Soon After Acute Myocardial Infarction. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*. 1998;18(1):37-44.
172. Braith RW, Vincent KR. Resistance Exercise in the Elderly Person with Cardiovascular Disease. *Am J Geriatr Cardiol*. 1999 Mar;8(2):63-70.
173. Flessas A, Connelly G, Handa S, Tilney C, Kloster C, Rimmer R et al. Effects of isometric exercise on the end-diastolic pressure, volumes, and function of the left ventricle in man. *Circulation*. 1976;53(5):839-847.
174. Hanson P, Nagle F. Isometric exercise: cardiovascular responses in normal and cardiac populations. *Cardiol Clin*. 1987 May;5(2):157-70
175. HELFANT R, DEVILLA M, MEISTER S. Effect of Sustained Isometric Handgrip Exercise on Left Ventricular Performance. *Circulation*. 1971;44(6):982-993.
176. Verrill D, Ribisl P. Resistive Exercise Training in Cardiac Rehabilitation. *Sports Medicine*. 1996;21(5):347-383.
177. MacDougall J, Tuxen D, Sale D, Moroz J, Sutton J. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*. 1985;58(3):785-790.
178. Bjarnason-Wehrens B, McGee H, Zwisler A, Piepoli M, Benzer W, Schmid J et al. Cardiac rehabilitation in Europe: results from the European Cardiac Rehabilitation Inventory Survey. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2010;17(4):410-418.
179. Maron B, Chaitman B, Ackerman M, Bayés de Luna A, Corrado D, Crosson J et al. Recommendations for Physical Activity and Recreational Sports Participation for Young Patients With Genetic Cardiovascular Diseases. *Circulation*. 2004;109(22):2807-2816.
180. Guidelines for pulmonary rehabilitation programs. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.
181. LAMPERT R, CANNOM D, OLSHANSKY B. Safety of Sports Participation in Patients with Implantable Cardioverter Defibrillators: A Survey of Heart Rhythm Society Members. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*. 2006;17(1):11-15.
182. Lamotte M, Fleury F, Pirard M, Jamon A, Borne P. Acute cardiovascular response to resistance training during cardiac rehabilitation: effect of repetition speed and rest periods. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*. 2010;17(3):329-336.

183. The Journal of the American Osteopathic Association 2012 - AACVPR Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs
184. Ritchie C. Rating of Perceived Exertion (RPE). *Journal of Physiotherapy*. 2012;58(1):62.
185. HASS C, GARZARELLA L, DE HOYOS D, POLLOCK M. Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2000;:235.
186. Reduction of Blood Pressure Response During Strength Training Through Intermittent Muscle Relaxations. *International Journal of Sports Medicine*. 2003;24(6):441-445.
187. Feigenbaum M, Pollock M. Strength Training. *The Physician and Sportsmedicine*. 1997;25(2):44-64.
188. MUNN J, HERBERT R, HANCOCK M, GANDEVIA S. Resistance Training for Strength: Effect of Number of Sets and Contraction Speed. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(9):1622-1626.
189. de Vos N, Singh N, Ross D, Stavrinou T, Orr R, Fiatarone Singh M. Optimal Load for Increasing Muscle Power During Explosive Resistance Training in Older Adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2005;60(5):638-647.
190. Fielding R, LeBrasseur N, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Singh M. High-Velocity Resistance Training Increases Skeletal Muscle Peak Power in Older Women. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002;50(4):655-662.
191. Day M, McGuigan M, Brice G, Foster C. Monitoring Exercise Intensity During Resistance Training Using the Session RPE Scale. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2004;18(2):353.
192. Hoeger W, Hopkins D, Barette S, Hale D. Relationship between Repetitions and Selected percentages of One Repetition Maximum: A Comparison between Untrained and Trained Males and Females. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 1990;4(2):47.