



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Οι επιδράσεις της άσκησης με περιορισμό της
αιματικής κυκλοφορίας σε καρδιαγγειακούς
ασθενείς: Ανασκόπηση Αρθρογραφίας**

**Effects of blood flow restriction training on patients
with cardiovascular pathologies: A literature review**

Μέντης Μάριος-Χρύσανθος

A.M.: 2489

Εποπτεύων καθηγητής: **Κωνσταντίνος Α. Φουσέκης**, PT, MSc, PhD
Αναπληρωτής Καθηγητής
Πανεπιστήμιο Πατρών

Αίγιο - 2021

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με την διεκπεραίωση αυτής της εργασίας παρουσιάζεται η ευκαιρία να έρθουμε σε επαφή με μια νέα τεχνική θεραπευτικής άσκησης -κατά την οποία πραγματοποιείται περιορισμός της αιματικής ροής στο ενεργό μέλος- και να παρατηρήσουμε τις επιδράσεις που δύναται να έχει σε ασθενείς με καρδιαγγειακά νοσήματα. Μας δίνεται η ευκαιρία να διευρύνουμε τις γνώσεις μας στο ζήτημα αυτό, να βελτιώσουμε την κριτική μας σκέψη και να ανακαλύψουμε νέους τρόπους αναζήτησης και συλλογής επιστημονικού υλικού μέσα από έγκυρες πηγές με στόχο την δημιουργία μίας πτυχιακής εργασίας πάνω σε ένα θέμα μείζονος σημασίας που ταλανίζει χρόνια ασθενείς και θεραπευτές. Έτσι, γίνεται προσπάθεια για τη δημιουργία μίας ολοκληρωμένης, άρτιας και αξιόπιστης εργασίας η οποία απαντά σε ένα επιστημονικό ερώτημα χρήσιμο για τον επιστημονικό κλάδο της φυσικοθεραπείας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά την οικογένεια και τους φίλους μου που με στήριξαν όλο αυτό το διάστημα καθώς και τον Κύριο Φουσέκη για την άμεση και στοχευμένη καθοδήγηση που μας προσέφερε για τη διεκπεραίωση αυτής της πτυχιακής εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αγγελόπουλο Παύλο για τη βοήθεια που μου προσέφερε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Τα καρδιαγγειακά νοσήματα εξακολουθούν να κατέχουν την πρώτη θέση αιτιών θανάτου σε παγκόσμιο επίπεδο. Είναι χρόνιες παθήσεις που εξελίσσονται κατά τη διάρκεια της ζωής του ατόμου, μη προκαλώντας συμπτώματα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έχουν ως υποκείμενη αιτία ανάπτυξης την αθηροσκλήρωση ενώ οι επιβαρυντικοί παράγοντες τροποποιούν σημαντικά την πιθανότητα εμφάνισης. Η θεραπεία των καρδιαγγειακών παθήσεων αποτελείται από έγκαιρη ανίχνευση, επέμβαση και διαχείριση των επιβαρυντικών παραγόντων όπως και χορήγηση εξειδικευμένων φαρμακευτικών σκευασμάτων, συγκεκριμένες ιατρικές επεμβατικές τεχνικές αλλά και εξειδικευμένες θεραπευτικές ασκήσεις.

Σκοπός: Η ανασκόπηση αποσκοπεί στην διερεύνηση των αποτελεσμάτων και της ασφάλειας εφαρμογής της ΑΠΑΡ σε καρδιαγγειακούς ασθενείς.

Μεθοδολογία: Για την διεκπεραίωση της συστηματικής ανασκόπησης πραγματοποιήθηκε έρευνα σε μηχανές αναζήτησης όπως PubMed, CENTRAL και PEDro με στόχο τη συλλογή πιο έγκυρων και αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Τα κριτήρια εισόδου της συστηματικής ανασκόπησης περιλάμβαναν τυχαιοποιημένες μελέτες «randomized controlled trial», έρευνες στην αγγλική γλώσσα που εξετάζουν την επίδραση της ισχαιμίου προπόνησης όσων αφορά την υγεία και λειτουργικότητα του καρδιαγγειακού συστήματος σε υγιή άτομα και καρδιαγγειακούς ασθενείς, ανεξαρτήτου φύλου και ηλικίας, που βρίσκονται στο στάδιο της αποκατάστασης.

Αποτελέσματα: Συλλέχθηκαν 34 άρθρα εκ των οποίων τα 13 πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής. Τα αποτελέσματα των ερευνών, συνολικά, αναφέρουν την αύξηση της μυϊκής μάζας, δύναμης και λειτουργικότητας, μυϊκή υπερτροφία όπως και την βελτίωση της καρδιαγγειακής λειτουργίας, της υγείας του αγγειακού συστήματος, υπογραμμίζοντας τα ενδεχόμενα θετικά μέσω της εφαρμογής της ΑΠΑΡ σε καρδιαγγειακούς ασθενείς.

Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα της έρευνας, συγκεντρωτικά, καταδεικνύουν την ασφάλεια εφαρμογής της ισχαιμίου προπόνησης σε καρδιαγγειακούς ασθενείς. Παράλληλα με τις θετικές επιδράσεις της μεθόδου στη μορφολογία και λειτουργικότητα των σκελετικών μυών, επισημαίνεται και η βελτίωση της λειτουργίας του καρδιαγγειακού συστήματος.

ΛΕΞΕΙΣ – ΚΛΕΙΔΙΑ

blood flow restriction training-BFRT, Kaatsu training, cardiovascular disease-CVD, exercise, cardiovascular patients.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|---|-----------|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ..... | i |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | ii |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | iii |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ..... | vi |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ..... | vii |
| ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ – ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ | viii |
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ..... | 1 |
| 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΧΟΙ | 3 |
| 2. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ | 4 |
| 2.1 ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ | 4 |
| 2.1.1 Κυκλοφορικό σύστημα..... | 4 |
| 2.1.2 Μυϊκό σύστημα..... | 9 |
| 2.2 ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΕΣ ΝΟΣΟΙ..... | 12 |
| 2.2.1 Επιδημιολογία..... | 12 |
| 2.2.2 Αιτιολογία και παθογένεση..... | 12 |
| 2.2.3 Θεραπευτική αντιμετώπιση..... | 13 |
| 3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ | 14 |
| 3.1 ΑΣΚΗΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΑΙΜΑΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ | 14 |
| 3.1.1 Μηχανισμοί..... | 18 |
| 3.1.2 Επιδράσεις-Προσαρμογές..... | 20 |
| 3.1.3 Επιπλοκές..... | 21 |
| 3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ..... | 23 |
| 3.2.1 Στρατηγική αναζήτησης..... | 23 |
| 3.2.2 Κριτήρια εισαγωγής ερευνών..... | 23 |
| 3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ | 25 |
| 3.3.1 Διαδικασία επιλογής μελετών..... | 25 |
| 3.3.2 Μελέτες που απορρίφθηκαν | 27 |
| 3.3.3 Έρευνες που πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής - Αποτίμηση της μεθοδολογικής ποιότητας των ερευνών | 27 |
| 3.3.4 Χαρακτηριστικά μελετών | 35 |
| 3.4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ | 39 |
| 3.4.1 Σύνοψη χαρακτηριστικών – αποτελέσματα των ερευνών | 39 |
| 3.4.2 Περιορισμοί ανασκόπησης..... | 40 |
| 3.4.3 Ερευνητική και κλινική σημασία της ανασκόπησης..... | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.4 Προτάσεις μελλοντικών ερευνών | 40 |
| 3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 42 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ..... | 43 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|--|----|
| Πίνακας 3.1: Model of exercise prescription with BFR-RE. (πηγή: (Patterson <i>et al.</i> , 2019))..... | 16 |
| Πίνακας 3.2: Model of exercise prescription with BFR-AE. (πηγή: (Patterson <i>et al.</i> , 2019))..... | 17 |
| Πίνακας 3.3: Καταγραφή χαρακτηριστικών των ερευνών..... | 36 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|---|----|
| Εικόνα 2.1: Ανατομία καρδιάς (πηγή: https://doctorlib.info) | 4 |
| Εικόνα 2.2: Αιματική ροή εντός του κυκλοφορικού συστήματος (πηγή: https://teachmeanatomy.info) | 5 |
| Εικόνα 2.3: Σχηματική αναπαράσταση του κυκλοφορικού συστήματος (πηγή: https://doctorlib.info) | 6 |
| Εικόνα 2.4: Ανατομία αρτηριακού τοιχώματος (πηγή: https://teachmeanatomy.info) | 7 |
| Εικόνα 2.5: Ανατομία φλεβικού τοιχώματος (πηγή: https://teachmeanatomy.info) | 8 |
| Εικόνα 2.6: Διάκριση των τύπων μυϊκού ιστού (πηγή: https://doctorlib.info) | 10 |
| Εικόνα 2.7: Πορεία α-κινητικού νευρώνα (πηγή: https://doctorlib.info) | 10 |
| Εικόνα 2.8: Κινητική μονάδα (πηγή: https://doctorlib.info) | 11 |
| Εικόνα 3.1: Εξοπλισμός BFR (πηγή: https://www.experiencemomentum.com) | 14 |
| Εικόνα 3.2: Σημεία τοποθέτησης περιχειρίδων άνω και κάτω άκρου (πηγή: https://www.physiomart.gr) | 15 |
| Εικόνα 3.3: ΑΠΑΡ έκταση γόνατος (πηγή: https://www.exceltherapy.com) | 16 |
| Εικόνα 3.4: Βάδιση με ΠΑΡ (πηγή: (Abe, Kearns and Sato, 2006)) | 17 |
| Εικόνα 3.5: Άσκηση πρέσας ποδιών (πηγή: https://minnesota.cbslocal.com) | 19 |
| Εικόνα 3.6: Επιδράσεις του αντανακλαστικού του πιεστικού παράγοντα της άσκησης (πηγή: (Spranger <i>et al.</i> , 2015)) | 22 |
| Εικόνα 3.7: Ηλεκτρονική αναζήτηση στη βάση δεδομένων «PEDro» | 25 |
| Εικόνα 3.8: Ηλεκτρονική αναζήτηση στη βάση δεδομένων «CENTRAL» | 26 |
| Εικόνα 3.9: Διάγραμμα ροής επιλογής μελετών | 26 |
| Εικόνα 3.10: Διατομή του μέσου του μηρού πριν / μετά την παρέμβαση (πηγή: (Abe, Kearns and Sato, 2006)) | 28 |
| Εικόνα 3.11: Διάγραμμα βελτίωσης τεστ λειτουργικότητας (A: Up and Go, B: Chair stand) (πηγή: (Abe <i>et al.</i> , 2010)) | 29 |
| Εικόνα 3.12: Διάγραμμα VO ₂ max πριν / μετά την παρέμβαση (πηγή: (Conceição <i>et al.</i> , 2019)) | 30 |
| Εικόνα 3.13: Διάγραμμα διαδερμικής πίεσης οξυγόνου πριν / μετά την παρέμβαση (πηγή: (Shimizu <i>et al.</i> , 2016)) | 31 |
| Εικόνα 3.14: Διάγραμμα συστολικής, διαστολικής και μέσης πίεσης στο τέλος της παρέμβασης (πηγή: (Cezar <i>et al.</i> , 2016)) | 32 |
| Εικόνα 3.15: Διάγραμμα 1 ME πριν και μετά την παρέμβαση των δύο group (πηγή: (Kambič <i>et al.</i> , 2019)) | 34 |

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ – ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΠΑΡ: άσκηση με περιορισμό αιματικής ροής

ΠΑΡ: περιορισμός αιματικής ροής

1ME / 1RM: μια μέγιστη επανάληψη

AOP: Arterial occlusion pressure

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η επιστήμη έχει κάνει άλματα τόσο σε τεχνολογικούς όσο και σε ιατρικούς κλάδους προσφέροντας λύσεις και καλύτερη ποιότητα ζωής στους ανθρώπους. Παρόλο που διανύουμε την τρίτη δεκαετία του 21^{ου} αιώνα, τα χρόνια νοσήματα βρίσκονται στη πρώτη θέση αιτιών θανάτου σε παγκόσμιο επίπεδο (Developing Countries, Fuster and Kelly, 2010). Τα καρδιαγγειακά νοσήματα αποτελούν την κύρια αιτία θανάτων σε παγκόσμια κλίμακα, καθώς θεωρούνται υπεύθυνα για το ένα τρίτο αυτών με ποσοστό 32%. Σε ποσοστό 85% αυτών προκλήθηκαν από οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου και αγγειακό εγκεφαλικό επεισόδιο (ΑΕΕ) (WHO / World Health Organization, no date).

Τα καρδιαγγειακά νοσήματα αποτελούν μια κατηγορία νοσημάτων που περιλαμβάνουν τη καρδιά, τα αιμοφόρα αγγεία (αρτηρίες, τριχοειδή αγγεία και φλέβες) ή και τα δύο. Τα πιο συνήθη και πιο σημαντικά για τη δημόσια υγεία καρδιαγγειακά νοσήματα είναι η ισχαιμική καρδιοπάθεια ή αλλιώς η στεφανιαία νόσος, και τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια, ενώ στην κατηγορία αυτή ανήκουν επίσης η περιφερική αρτηριοπάθεια, οι συγγενείς καρδιοπάθειες, η ρευματική καρδιακή νόσος, οι μυοκαρδιοπάθειες και οι καρδιακές αρρυθμίες. Το φύλο, η ηλικία, η φυλή και το οικογενειακό ιστορικό ανήκουν στους μη τροποποιήσιμους παράγοντες, ενώ οι κλινικοί και συμπεριφοριστικοί παράγοντες ανήκουν στους τροποποιήσιμους. Στους κλινικούς παράγοντες ανήκουν η παχυσαρκία, η υπέρταση, η δυσλιπιδαιμία, ο σακχαρώδης διαβήτης, η χοληστερίνη. Στους συμπεριφοριστικούς παράγοντες ανήκει η μειωμένη φυσική δραστηριότητα, το κάπνισμα, η κατανάλωση ουσιών, οι ανθυγιεινές διατροφικές συνήθειες και ο αγχώδης τρόπος ζωής καθώς και το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο των ατόμων. (Balakumar, Maung-U and Jagadeesh, 2016; Francula-Zaninovic and Nola, 2018)

Η αντιμετώπιση των παθήσεων αυτών γίνεται με χορήγηση εξειδικευμένων φαρμακευτικών σκευασμάτων που σκοπεύουν να επαναφέρουν τις ιδανικές συνθήκες στον οργανισμό, με συγκεκριμένες ιατρικές επεμβατικές τεχνικές αλλά και με εξειδικευμένες θεραπευτικές ασκήσεις. Η φυσικοθεραπεία είναι μια επιστήμη που χρησιμοποιεί διάφορες θεραπευτικές τεχνικές και μορφές θεραπείας για την αντιμετώπιση των ασθενειών, και προσφέρει καλύτερη ποιότητα ζωής σε άτομα που έχουν επιβιώσει κάποιο οξύ επεισόδιο ή ζουν με μια καρδιαγγειακή πάθηση. Ένα από τα εργαλίσια στη θαρέτρα των θεραπειών είναι η θεραπευτική άσκηση η οποία έχει αποδειχθεί πως έχει ευεργετικά αποτελέσματα στους καρδιαγγειακούς ασθενείς (Fiuza-Luces *et al.*, 2018; Hansen *et al.*, 2018).

Επιπροσθέτως, έχει παρατηρηθεί και προταθεί σε διάφορες νέες έρευνες ότι η άσκηση με περιορισμό της αιματικής ροής ή ισχαιμος προπόνηση (Kaatsu training/ blood flow restriction training), ως μια νέα μορφή άσκησης μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στην υγεία των καρδιαγγειακών ασθενών (Spranger *et al.*, 2015; Cristina-Oliveira *et al.*, 2020).

Ισχαιμος προπόνηση (Kaatsu training/ blood flow restriction (BFR) training) είναι μια μέθοδος άσκησης που αναπτύχθηκε για να επιφέρει αύξηση του μυϊκού όγκου και της μυϊκής δύναμης σε υγιείς ανθρώπους. Η αιματική ροή περιορίζεται μηχανικά με την εφαρμογή ελαστικών περιχειρίδων ή λάστιχων που πιέζουν την περιοχή που τοποθετούνται. Η εφαρμογή γίνεται στο άκρο κοντά στον μυ που στοχεύουμε να ενδυναμώσουμε (Spranger *et al.*, 2015). Η εφαρμογή αυτής της μορφής προπόνησης προσομοιάζει τις συνθήκες μεγάλης

έντασης άσκησης επιφέροντας υπερτροφικές προσαρμογές στον μυ σε πολύ μικρότερη ένταση (άσκησης) (<50% 1RM) σε προπόνηση με αντιστάσεις (Pearson and Hussain, 2015; Spranger *et al.*, 2015).

Κατά την άσκηση, εντός του ενεργού μυ προκαλούνται διάφορες προσαρμογές που έχουν ως κατάληξη την αύξηση της μάζας του μυός και της δύναμής του. Όταν πραγματοποιείται άσκηση υψηλής έντασης δημιουργείται μεγάλη ανάγκη παροχής οξυγόνου στον μυ προς συνέχιση της μεταβολικής διεργασίας. Αυτή η κατάσταση επιτυγχάνεται με αύξηση της αιματικής ροής στον μυ. Ταυτόχρονα αυξάνονται και τα ποσοστά των μεταβολικών παραγώγων (γαλακτικό οξύ). Η παραγωγή του γαλακτικού οξέος και η άμεση αντίδρασή του με το σαρκόπλασμα του μυός έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή της αυξητικής ορμόνης που προκαλεί μυϊκή υπερτροφία (Spranger *et al.*, 2015).

Η ίσχαιμος προπόνηση προσομοιάζει την μεγάλης έντασης άσκηση μειώνοντας μηχανικά την αιματική ροή στον μυ που στοχεύουμε να ενδυναμώσουμε, πραγματοποιώντας άσκηση μικρότερης έντασης. Λόγω του περιορισμού δεν γίνεται αύξηση της αιματικής ροής εντός του μυός με αποτέλεσμα να προκαλείται εκτεταμένη παραγωγή γαλακτικού οξέος και άλλων μεταβολικών προϊόντων. Κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μυϊκή υπερτροφία και αύξηση δύναμης (Spranger *et al.*, 2015; Cristina-Oliveira *et al.*, 2020).

Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις βελτίωσης της αερόβιας ικανότητας του ασκούμενου μέσω της άσκησης με περιορισμό της αιματικής ροής (Abe *et al.*, 2010; Spranger *et al.*, 2015). Μια τέτοια έκβαση προάγει την εποικοδομητική σκέψη προς τροποποίηση των προγραμμάτων αποκατάστασης των καρδιαγγειακών παθήσεων. Κατά αυτόν τον τρόπο ο θεραπευτής θα εκμεταλλευτεί τα νέα δεδομένα που προκύπτουν για να προσφέρει τις καλύτερες δυνατές υπηρεσίες προς τους θεραπευόμενους.

Βέβαια είναι ανάγκη να επισημανθεί ότι η αλόγιστη και υπερβολική χρήση της μεθόδου μπορεί να συντελέσει σε αύξηση της αρτηριακής πίεσης προκαλώντας μια σειρά προβλημάτων. Είναι απαραίτητο λοιπόν να δίνεται προσοχή σε πολλούς παράγοντες πριν γίνει χρήση της άσκησης με περιορισμό της αιματικής κυκλοφορίας (Spranger *et al.*, 2015; Cristina-Oliveira *et al.*, 2020).

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΧΟΙ

Από τα προαναφερθέντα βιβλιογραφικά ευρήματα προκύπτει η ανάγκη ύπαρξης μίας ολοκληρωμένης ανάδειξης των αποτελεσμάτων της ισχαιμίου προπόνησης μετά από την εφαρμογή σε καρδιαγγειακούς ασθενείς. Κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας θα είναι η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας αυτής της μορφής άσκησης σε καρδιαγγειακούς ασθενείς. Στην ανασκόπηση αυτή, θα πραγματοποιηθεί έρευνα έτσι ώστε να αξιολογηθούν οι υπάρχουσες μελέτες με σκοπό την εξαγωγή νέων συμπερασμάτων. Τέλος, επισημαίνοντας όσα θέματα χρίζουν περαιτέρω αναζήτησης και διερεύνησης, θα επιδιώξει να εκπληρώσει και τους ακόλουθους στόχους:

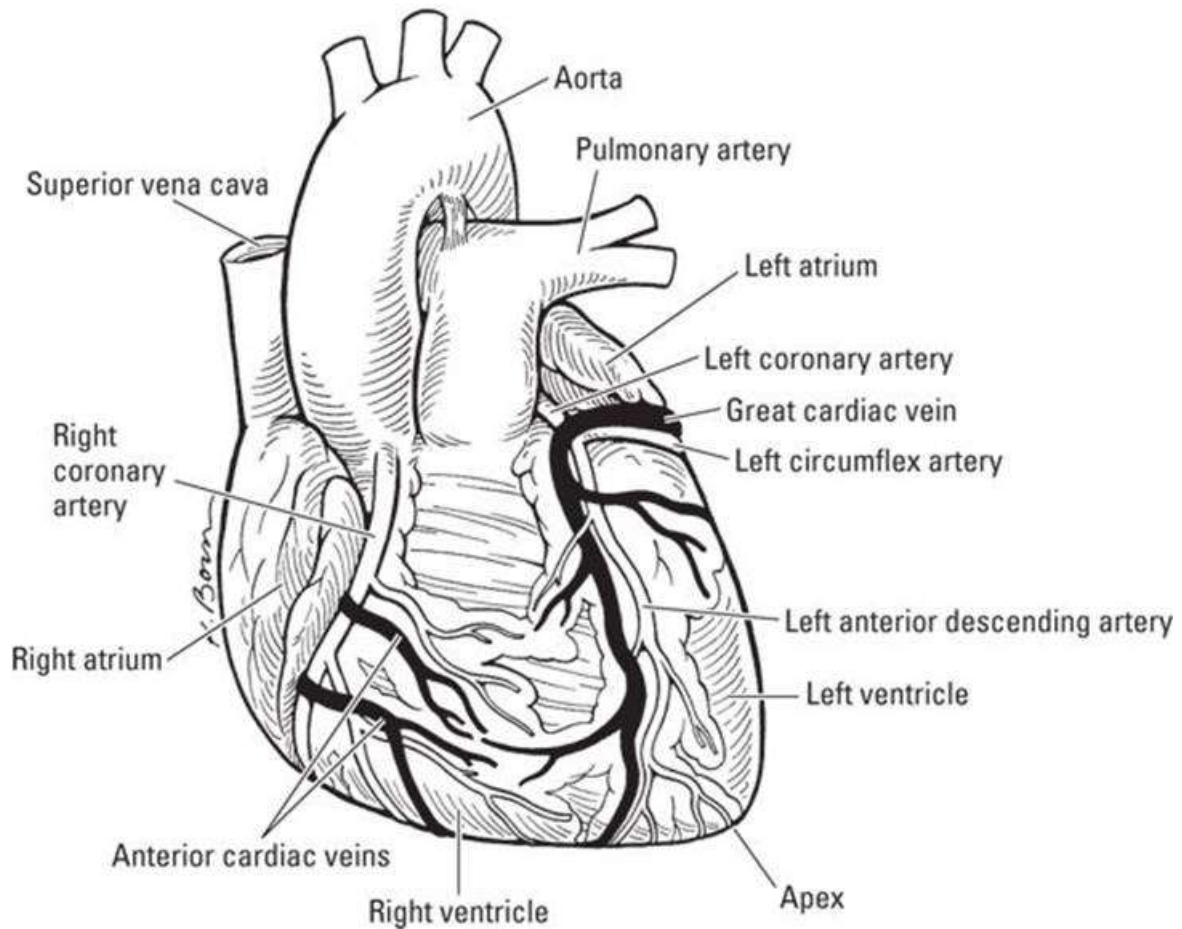
1. Σε ποιο βαθμό αποτελεί κίνδυνο για τους ασκούμενους
2. Προτάσεις για τον βέλτιστο τρόπο περαιτέρω διερεύνησης του θέματος.

2. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

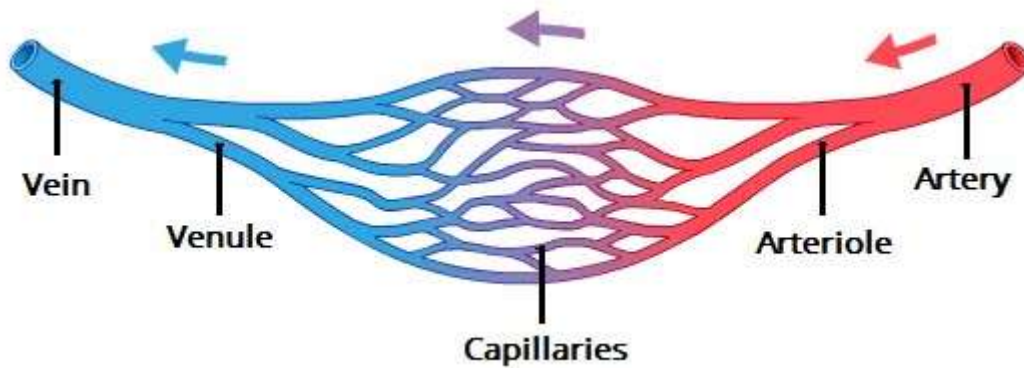
2.1 ΑΝΑΤΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1.1 Κυκλοφορικό σύστημα

Η κυκλοφορία του αίματος κατανέμεται σε ένα κλειστό σύστημα από σωλήνες αποτελούμενους από αιμοφόρα αγγεία με την καρδιά να δρά ως κεντρική αντλία. Η καρδιά υποδιαιρείται σε δεξί και αριστερό ήμισυ, καθένα αποτελούμενο από έναν κόλπο και μια κοιλία. Τα αγγεία που απομακρύνουν το αίμα από την καρδιά καλούνται αρτηρίες, ενώ τα αγγεία που επαναφέρουν το αίμα στην καρδιά ονομάζονται φλέβες. Τα τριχοειδή είναι τα μικρότερα από τα αιμοφόρα αγγεία και συνδέουν τις αρτηρίες με τις φλέβες. Μεσω αυτών γίνεται η ανταλλαγή των αερίων και των μεταβολικών ουσιών στους ιστούς. (Drake, Vogl and Adam, 2020)

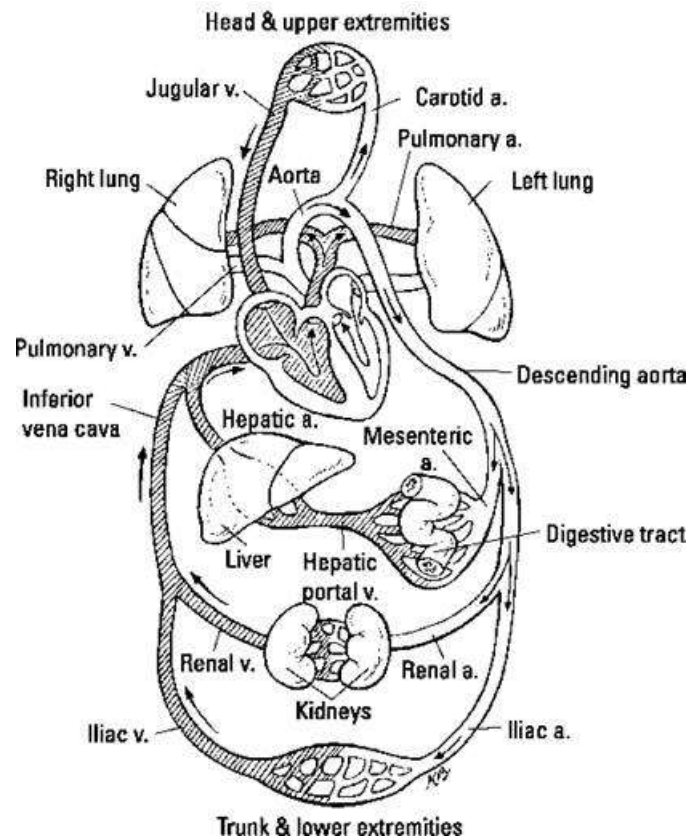


Εικόνα 2.1: Ανατομία καρδιάς (πηγή: <https://doctorlib.info>)



Εικόνα 2.2: Αιματική ροή εντός του κυκλοφορικού συστήματος (πηγή: <https://teachmeanatomy.info>)

Η διάκριση του κυκλοφορικού συστήματος γίνεται ανάμεσα στη πνευμονική και την συστηματική κυκλοφορία. Στην πνευμονική κυκλοφορία μη οξυγονωμένο αίμα από τη συστηματική κυκλοφορία ρέει από το δεξιό κόλπο στη δεξιά κοιλία της καρδιάς και μέσω των πνευμονικών αρτηριών κατευθύνεται στους πνεύμονες και συγκεκριμένα στις κυψελίδες όπου γίνεται η ανταλλαγή των αερίων, το αίμα εμπλουτίζεται με οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται στους αεραγωγούς. Έπειτα το αίμα επιστρέφει στην καρδιά μέσω των πνευμονικών φλεβών και ρέει στον αριστερό κόλπο. Στη συστηματική κυκλοφορία οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες ρέει από τον αριστερό κόλπο της καρδιάς στην αριστερή κοιλία και μέσω της αορτής κατευθύνεται προς όλα τα μέρη του σώματος. Μεγάλες αρτηρίες διακλαδίζονται σε μικρότερα αγγεία και αντίστοιχα σε ένα δίκτυο τριχοειδών αγγείων όπου πραγματοποιείται η ανταλλαγή αερίων και μεταβολικών ουσιών. Εν συνεχεία το αίμα περνάει στις φλέβες που επαναφέρουν το αίμα στον δεξί κόλπο της καρδιάς (Drake, Vogl and Adam, 2020).



Εικόνα 2.3: Σχηματική αναπαράσταση του κυκλοφορικού συστήματος (πηγή: <https://doctorlib.info>)

Τα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων συνήθως αποτελούνται από τρεις στιβάδες ή αλλιώς χιτώνες:

- Τον εξωτερικό χιτώνα, ο οποίος είναι η εξωτερική στιβάδα από συνδετικό ιστό.
- Τον μεσαίο χιτώνα, ο οποίος απαρτίζεται από λεία μυϊκά κύτταρα και πολλές φορές σε αρτηρίες μεσαίας και μεγάλης διατομής διαθέτει ποικίλα ποσοστά ελαστικών ινών.
- Τον εσωτερικό χιτώνα, μια εσωτερική επένδυση των αγγείων αποτελούμενη από το ενδοθήλιο.

Οι διάφοροι τύποι αρτηριών κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες και ξεχωρίζουν μεταξύ τους βάση των σχετικών ποσοτήτων λείων μυϊκών ινών και ελαστικού ιστού που καθορίζουν το πάχος του μέσου χιτώνα, του συνολικού τους μεγέθους και της λειτουργίας τους.

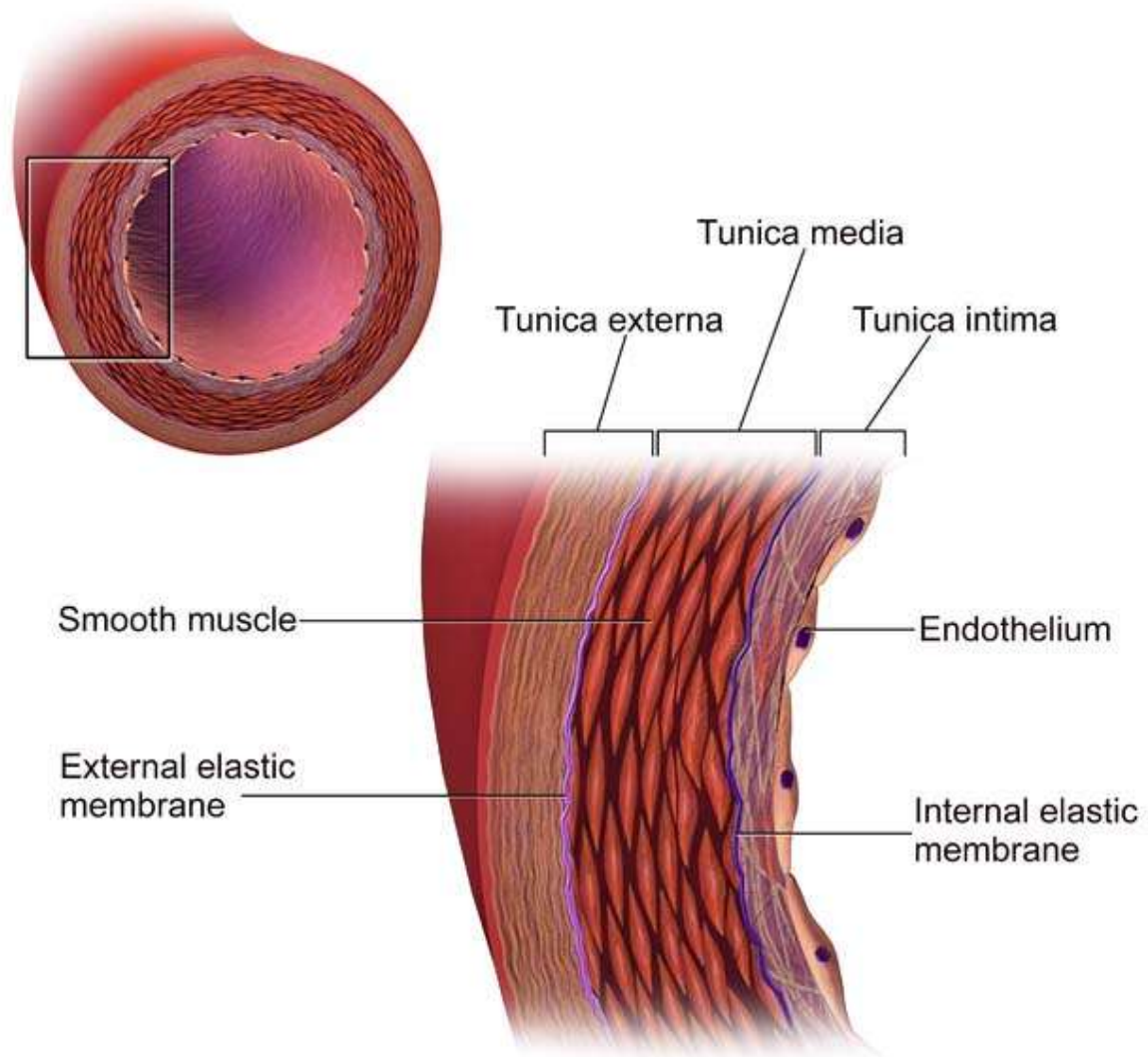
- Οι μεγάλες ελαστικές αρτηρίες διαθέτουν μεγάλο αριθμό ελαστικών στιβάδων (φύλλα ελαστικών ινών) στο μέσο χιτώνα, που επιτρέπει την αβίαστη διαστολή και συστολή κατά τη διάρκεια ενός φυσιολογικού καρδιακού κύκλου. Κατά αυτόν τον τρόπο διατηρείται μια συνεχής ροή καθώς αυτές οι αρτηρίες ωθούν το αίμα στις μέσου μεγέθους αρτηρίες. Παραδείγματα μεγάλων ελαστικών αρτηριών είναι η αορτή, οι αρτηρίες οι οποίες εκφύονται από το αορτικό τόξο (το βραχιονοκεφαλικό στέλεχος ή ανώνυμη αρτηρία, η υποκλείδια και οι καρωτίδες αρτηρίες) και το στέλεχος της πνευμονικής αρτηρίας.
- Οι μέσου μεγέθους μυϊκές αρτηρίες έχουν τοιχώματα τα οποία αποτελούνται κυρίως από λείες μυϊκές ίνες. Η ικανότητά τους να μειώνουν τη διάμετρό τους ρυθμίζει τη ροή του αίματος στα διάφορα μέρη του σώματος όπως απαιτείται κατά περίπτωση. Οι

περισσότερες ονομαστές αρτηρίες, περιλαμβανομένων αυτών που παρατηρούνται στο τοίχωμα του σώματος και άκρα όπως οι βραχιόνιες, οι μηριαίες και οι μασχαλιαίες αρτηρίες αποτελούν παραδείγματα μέσου μεγέθους μυϊκών αρτηριών.

- Οι μικρές αρτηρίες και τα αρτηριόλια ή αρτηρίδια ρυθμίζουν το βαθμό πληρότητας των τριχοειδών αγγείων και το επίπεδο της αρτηριακής πίεσης στο αγγειακό σύστημα.

(Drake, Vogl and Adam, 2020)

The Structure of an Artery Wall



Εικόνα 2.4: Ανατομία αρτηριακού τοιχώματος (πηγή: <https://teachmeanatomy.info>)

Αντίστοιχα και οι φλέβες κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες.

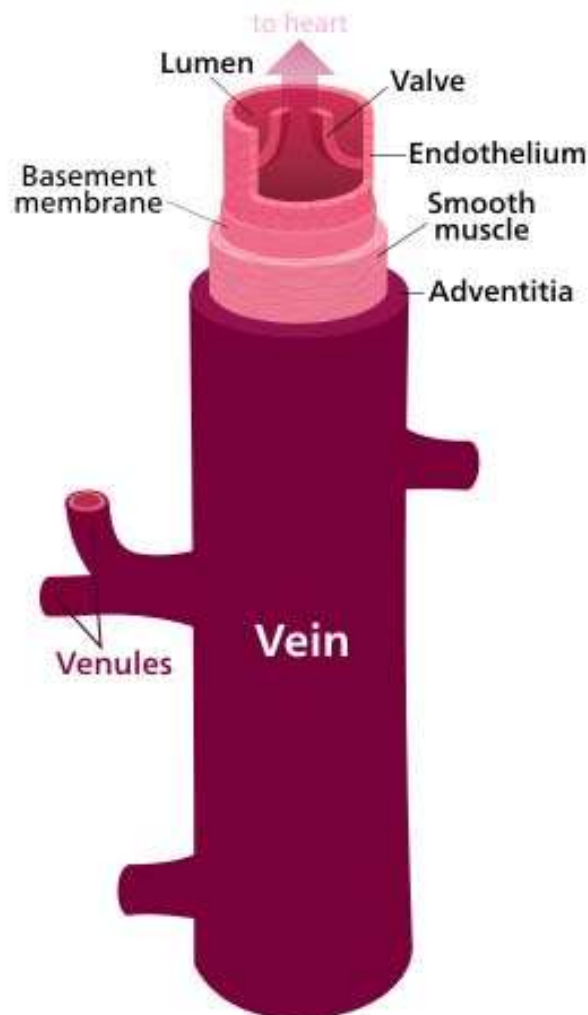
- Οι μεγάλες φλέβες χαρακτηρίζονται από έναν καλά ανεπτυγμένο εξωτερικό χιτώνα και στη μέση στιβάδα διαθέτουν μερικές δεσμίδες λείου μυϊκού ιστού. Παραδείγματα αποτελούν η άνω κοίλη και κάτω κοίλη φλέβα.

- Οι μικρού και μεσαίου μεγέθους φλέβες περιέχουν μικρές ποσότητες λείων μυϊκών ινών και παχύ εξωτερικό χιτώνα. Παραδείγματα αποτελούν επιπολής φλέβες στα άνω και κάτω άκρα και εν τω βάθι φλέβες στα πόδια και αντιβράχια.
- Τα φλεβίδια είναι οι μικρότερες φλέβες και παροχετεύουν τα τριχοειδή.

Παρά τις ομοιότητες στη δομή των αγγείων, οι φλέβες διαφέρουν σημαντικά από τις αρτηρίες

- Οι φλέβες διαθέτουν πιο λεπτά τοιχώματα και ιδίως ο μέσος χιτώνας
- Οι διάμετροί τους είναι συνήθως μεγαλύτερες από αυτές των συνοδών αρτηριών.
- Συνήθως οι φλέβες είναι πιο πολλές από τις συσχετιζόμενες αρτηρίες περιφερικά στο σώμα.
- Επίσης οι φλέβες συνήθως περιέχουν βαλβίδες, ιδιαίτερα στα άκρα και σε άλλες περιοχές, κάτω από το επίπεδο της καρδιάς, οι οποίες επιτρέπουν το αίμα να ρέει προς την καρδιά και όχι προς την αντίθετη κατεύθυνση.

(Drake, Vogl and Adam, 2020)



Εικόνα 2.5: Ανατομία φλεβικού τοιχώματος (πηγή: <https://teachmeanatomy.info>)

2.1.2 Μυϊκό σύστημα

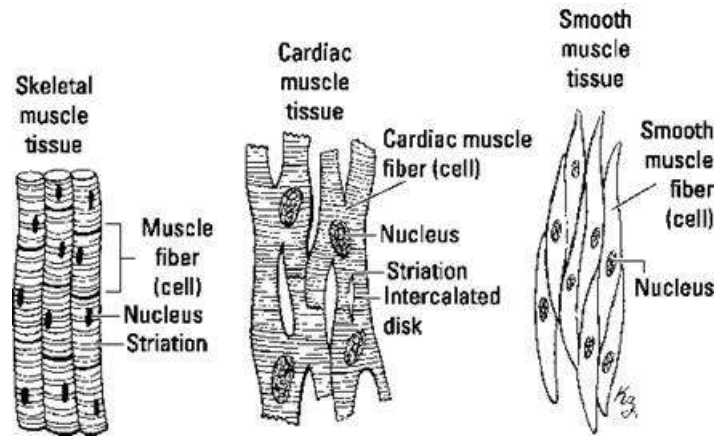
Το μυϊκό σύστημα αποτελείται από όλους τους μύες του σώματος. Την πλειοψηφία κατέχουν οι εκούσιοι σκελετικοί μύες. Βέβαια στο σώμα παρατηρούνται και άλλα είδη μυϊκού ιστού που αποτελούν σημαντικά συστατικά των οργάνων άλλων συστημάτων, περιλαμβανομένων του καρδιαγγειακού, του πεπτικού, του ουροποιογεννητικού, του καλυπτηρίου και του οπτικού συστήματος. Τα είδη αυτά είναι ο καρδιακός μυς και ο λείος μυς. Τα τρία είδη μυών περιγράφονται βάση των διακριτών χαρακτηριστικών που σχετίζονται με αυτούς.

- Εάν ο μυς ελέγχεται φυσιολογικά με τη θέλησή μας (εκούσιος σε αντιδιαστολή με ακούσιος).
- Εάν ο μυς εμφανίζεται γραμμωτός ή μη γραμμωτός.
- Εάν ο μυς εντοπίζεται στο τοίχωμα του σώματος (σωματικός) ή σχηματίζει τα κοίλα όργανα (σπλάγχνα) των σωματικών κοιλιοτήτων ή τα αιμοφόρα αγγεία (σπλαχνικός).

Τα τρία είδη μυών είναι:

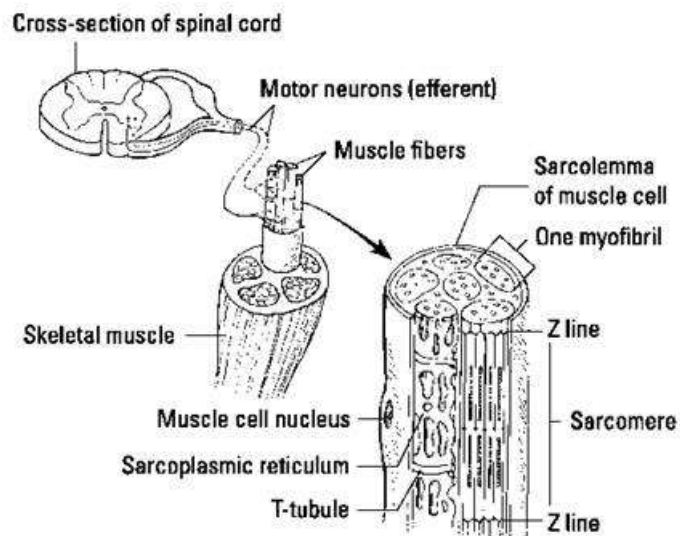
- Ο σκελετικός γραμμωτός μυς είναι ένας εκούσιος σωματικός μυς ο οποίος σχηματίζει τους μακροσκοπικούς σκελετικούς μύες. Απαρτίζεται από πολλές μακριές ίνες με εγκάρσιες γραμμώσεις διατεταγμένες σε παράλληλες δεσμίδες οι οποίες περιέχουν μεγάλο αριθμό πυρήνων. Διεγείρεται μέσω του σωματικού νευρικού συστήματος, μπορεί να παράξει μεγάλες συσπάσεις, κινεί οστά και άλλες δομές, προσφέρει στήριξη και παίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση του σώματος. Μεμονωμένοι σκελετικοί μύες παίρνουν την ονομασία τους από το σχήμα που έχουν (π.χ. μείζων ρομβοειδής μυς), τις προσφύσεις τους (π.χ. στερνοκλειδομαστοειδής μυς), την ενέργειά τους (π.χ. εν τω βάθει κοινός καμπτήρας των δακτύλων), τοποθεσία (π.χ. παλαμιαίοι μεσόστεοι μύες), ή την κατεύθυνση των ινών τους (έξω λοξός μυς).
- Ο καρδιακός γραμμωτός μυς είναι ένας ακούσιος σπλαχνικός μυς ο οποίος παρατηρείται μόνο στα τοιχώματα της καρδιάς και σε παρακείμενα τμήματα μεγάλων αγγείων, όπως είναι η αορτή και η κάτω κοίλη φλέβα. Απαρτίζεται από ένα δίκτυο διακλαδιζόμενων ανεξάρτητων μυϊκών ινών οι οποίες συνδέονται ηλεκτρικά και μηχανικά με αποτέλεσμα να λειτουργούν ως σύνολο. Ο καρδιακός γραμμωτός μυς παράγει πιο αδύναμες συσπάσεις από τον σκελετικό γραμμωτό μυ και παρουσιάζει αντοχή στην κόπωση. Επίσης νευρώνεται από σπλαχνικά κινητικά νεύρα.
- Λείος μυς (μη γραμμικός) είναι ένας ακούσιος σπλαχνικός μυς ο οποίος παρατηρείται στα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων (μέσος χιτώνας). Συνεπώς ο λείος μυς υπάρχει σε όλους τους αγγειούμενους ιστούς. Ακόμα σχετίζεται με τα θυλάκια των τριχών του δέρματος, βρίσκεται στα τοιχώματα πολλών εσωτερικών οργάνων του πεπτικού, του αναπνευστικού και του ουροποιογεννητικού συστήματος και στον οφθαλμικό βολβό. Αποτελείται από μακριές, ατρακτοειδείς ίνες που παράγουν αργές και παρατεταμένες συσπάσεις και νευρώνεται από σπλαχνικά κινητικά νεύρα.

(Drake, Vogl and Adam, 2020)

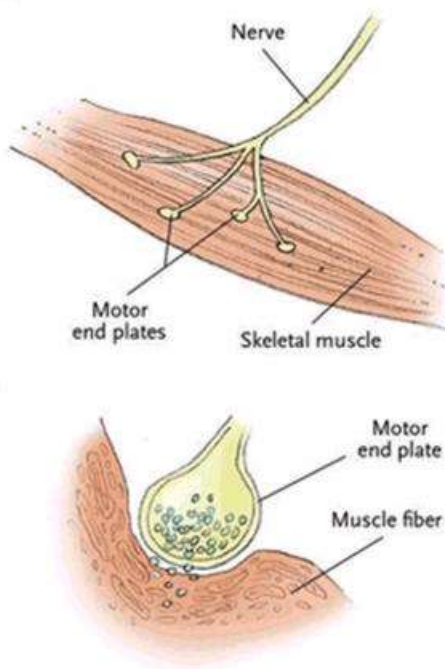


Εικόνα 2.6: Διάκριση των τύπων μυϊκού ιστού (πηγή: <https://doctorlib.info>)

Εντός του νευρικού συστήματος και συγκεκριμένα στους α-κινητικούς νευρώνες παράγονται ώσεις οι οποίες διεγείρουν τον μυ. Τα σώματα αυτών των νευρώνων βρίσκονται στα πρόσθια (κοιλιακά) κέρατα του νωτιαίου μυελού. Κάθε α-κινητικός νευρώνας διαθέτει έναν άξονα ο οποίος εκτείνεται από το νωτιαίο μυελό και καταλήγει σε πολλαπλές μυϊκές ίνες που βρίσκονται σε όλο το μήκος του μυ. Αυτός ο μοναδικός α-κινητικός νευρώνας μαζί με το σύνολο των αντίστοιχων νευρωμένων μυϊκών ινών αποτελεί μια κινητική μονάδα. (Neumann, 2016)



Εικόνα 2.7: Πορεία α-κινητικού νευρώνα (πηγή: <https://doctorlib.info>)



Εικόνα 2.8: Κινητική μονάδα (πηγή: <https://doctorlib.info>)

Ο σκελετικός μυς είναι ένας πολύπλοκος πολυκυτταρικός ιστός που απαρτίζεται από διάφορα είδη μυϊκών ινών τα οποία διαφέρουν σημαντικά στη λειτουργία και στο μεταβολικό τους προφίλ. Τα είδη των ινών που παρατηρούνται στο σκελετικό μυ είναι τύπου I (S), τύπου IIa (FR) και τύπου IIx (FF). (Neumann, 2016; Qaisar, Bhaskaran and Van Remmen, 2016)

Οι κινητικές μονάδες που χαρακτηρίζονται αργές (S-slow) αποτελούνται από μυϊκές ίνες που νευρώνονται από μικρής διαμέτρου κινητικούς νευρώνες. Οι μυϊκές ίνες τύπου I είναι οξειδωτικές και παράγουν συσπάσεις σχετικά μακρές σε διάρκεια («βραδείας σύσπασης») και μικρού εύρους. Επίσης, παρουσιάζουν αντοχή στην κόπωση διατηρώντας μικρά επίπεδα δύναμης κατά τη διάρκεια παρατεταμένης ενεργοποίησης. (Neumann, 2016; Qaisar, Bhaskaran and Van Remmen, 2016)

Αντίθετα, οι μυϊκές ίνες που σχετίζονται με μεγαλύτερους κινητικούς νευρώνες έχουν μεγαλύτερες σε εύρος συσπάσεις για σύντομη διάρκεια («γρήγορης σύσπασης»). Οι μυϊκές ίνες τύπου IIx έχουν γλυκολυτικό προφίλ και οι σχετιζόμενες κινητικές μονάδες κατηγοριοποιούνται ως FF (Fast-γρήγορες, Fatigue-με προδιάθεση κόπωσης). Οι ίνες αυτές παρουσιάζουν εύκολη κόπωση και ενεργοποιούνται μετά από τις μικρότερες οξειδωτικές ίνες τύπου I όταν απαιτούνται πολύ μεγαλύτερες δυνάμεις. (Neumann, 2016; Qaisar, Bhaskaran and Van Remmen, 2016) Επίσης απαρτίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό μυϊκής μάζας καθώς μεταξύ των δύο κύριων τύπων είναι οι μεγαλύτερες ενώ ορισμένοι μύες αποτελούνται κυρίως από αυτές τις ίνες. (Spranger *et al.*, 2015)

Βέβαια, μεταξύ των αργών-οξειδωτικών ινών τύπου I και των γρήγορων-γλυκολυτικών ινών τύπου IIx υπάρχει ένα «ενδιάμεσο» είδος μυϊκών ινών που αξιοποιούν οξειδωτικές και γλυκολυτικές πηγές ενέργειας. Οι ίνες τύπου IIa έχουν γρήγορη ταχύτητα σύσπασης και οι σχετιζόμενες κινητικές μονάδες χαρακτηρίζονται ως FR (Fast-γρήγορες, Fatigue Resistant-ανθεκτικές στην κόπωση). (Neumann, 2016; Qaisar, Bhaskaran and Van Remmen, 2016)

2.2 ΚΑΡΔΙΑΓΓΕΙΑΚΕΣ ΝΟΣΟΙ

Οι καρδιαγγειακές νόσοι είναι ανωμαλίες της αρμονικής λειτουργίας της καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων. (WHO / World Health Organization, no date; Francula-Zaninovic and Nola, 2018) Οι Francula-Zaninovic και Nola αναφέρουν ότι αποτελούν μια οικογένεια ετερογενών παθήσεων που έχουν ως υποκείμενη αιτία ανάπτυξης την αθηροσκλήρωση. Οι καρδιαγγειακές παθήσεις είναι χρόνια νοσήματα που εξελίσσονται κατά τη διάρκεια της ζωής του ατόμου, μη προκαλώντας συμπτώματα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έχει παρατηρηθεί εμφάνιση συμπτωμάτων σε περιπτώσεις προχωρημένου σταδίου νόσου, όπως και πρόκληση ξαφνικού θανάτου. (WHO / World Health Organization, no date; Francula-Zaninovic and Nola, 2018) Επίσης σχετίζεται με φθορά αγγείων οργάνων όπως της καρδιάς, του εγκεφάλου, των νεφρών, και των ματιών. (Cardiovascular disease - NHS, no date)

Τα πιο συνήθη και πιο σημαντικά για τη δημόσια υγεία καρδιαγγειακά νοσήματα είναι η ισχαιμική καρδιοπάθεια ή αλλιώς η στεφανιαία νόσος, και τα αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια, ενώ στην κατηγορία αυτή ανήκουν επίσης η περιφερική αρτηριοπάθεια, οι συγγενείς καρδιοπάθειες, η ρευματική καρδιακή νόσος, οι μυοκαρδιοπάθειες, οι καρδιακές αρρυθμίες και η εν τω βάθη θρομβοφλεβίτιδα. (WHO / World Health Organization, no date)

2.2.1 Επιδημιολογία

Εν έτει 2021 τα καρδιαγγειακά νοσήματα εξακολουθούν να κατέχουν την πρώτη θέση αιτιών θανάτου και σε έτη ζωής υπολογιζόμενα σε συνάρτηση με τις επιβαρύνσεις που επιφέρει η ασθένεια στην υγεία (DALY), σε παγκόσμια κλίμακα απαριθμώντας οριακά 18 εκατομμύρια θανάτους ετησίως (ποσοστό 32% όλων των θανάτων) (WHO / World Health Organization, no date; Alshehri *et al.*, 2020), ενώ αποτελούν την κύρια αιτία θανάτων στην Ευρώπη. Έχει παρουσιαστεί ως ζήτημα υψίστης σημασίας καθώς το 45% των θανάτων το χρόνο στην Ευρώπη οφείλονται σε καρδιαγγειακά νοσήματα. (Francula-Zaninovic and Nola, 2018)

2.2.2 Αιτιολογία και παθογένεση

Οι Francula-Zaninovic και Nola αναφέρουν ότι οι καρδιαγγειακές νόσοι αποτελούν μια οικογένεια ετερογενών παθήσεων που έχουν ως υποκείμενη αιτία ανάπτυξης την αθηροσκλήρωση. Βέβαια υπάρχει και ένας αριθμός παραγόντων που τροποποιούν σημαντικά την πιθανότητα εμφάνισης μιας καρδιαγγειακής παθήσεως.

Το φύλο, η ηλικία, η φυλή και το οικογενειακό ιστορικό ανήκουν στους μη τροποποιήσιμους παράγοντες, ενώ οι κλινικοί και συμπεριφοριστικοί παράγοντες ανήκουν στους τροποποιήσιμους. Στους κλινικούς παράγοντες ανήκουν η παχυσαρκία, η υπέρταση, η δυσλιπιδαιμία, ο σακχαρώδης διαβήτης, η χοληστερίνη. Στους συμπεριφοριστικούς παράγοντες ανήκει η μειωμένη φυσική δραστηριότητα, το κάπνισμα, η κατανάλωση ουσιών, οι ανθυγιεινές διατροφικές συνήθειες και ο αγχώδης τρόπος ζωής καθώς και το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο των ατόμων. (WHO / World Health Organization, no date;

Balakumar, Maung-U and Jagadeesh, 2016; Francula-Zaninovic and Nola, 2018; Alshehri *et al.*, 2020)

2.2.3 Θεραπευτική αντιμετώπιση

Η θεραπεία αυτών των παθήσεων είναι πολυεπίπεδη. Σε πρώτο στάδιο, όπως επισημαίνουν και οι Alshehri και συν., καθίσταται υψίστης σημασίας η έγκαιρη ανίχνευση, η επέμβαση και η διαχείριση των επιβαρυντικών παραγόντων καθώς αποτελεί βασική στρατηγική προς την πρόληψη και αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών παθήσεων. Συγκεκριμένα, χρήζει αναγκαία η διαχείριση των συμπεριφοριστικών παραγόντων ώστε να παρατηρηθεί βελτίωση των κλινικών παραγόντων και ως εκ τούτου, μια ευνοϊκότερη πορεία των καρδιαγγειακών νόσων. Διευκρινιστικά, προτείνεται αλλαγή των διατροφικών συνηθειών και ενεργή προσπάθεια προς μείωση του πάχους, ένταξη της σωματικής άσκησης στην καθημερινότητα των ατόμων, αποφυγή του καπνίσματος και διαχείριση του άγχους. Τέλος ενδείκνυται ενδεής η παρακολούθηση των εργαστηριακών τιμών. (Balakumar, Maung-U and Jagadeesh, 2016; Francula-Zaninovic and Nola, 2018)

Επιπροσθέτως, στηρίζεται στη χορήγηση εξειδικευμένων φαρμακευτικών σκευασμάτων, σε συγκεκριμένες ιατρικές επεμβατικές τεχνικές αλλά και σε εξειδικευμένες θεραπευτικές ασκήσεις. Η θεραπευτική άσκηση είναι από τις πιο τεκμηριωμένες θεραπευτικές προσεγγίσεις όσων αφορά τη λειτουργική αποκατάσταση ατόμων με καρδιαγγειακά προβλήματα. Υπάρχει πληθώρα ερευνών που αποδεικνύουν τη συντριπτική σημασία της θεραπευτικής άσκησης στην αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών παθήσεων μειώνοντας την πιθανότητα εμφάνισης παράλληλα με τα ποσοστά θνησιμότητας και αυξάνοντας την ποιότητα ζωής και λειτουργικότητας των ασθενών. (Fiuza-Luces *et al.*, 2018; Hansen *et al.*, 2018)

Προκύπτει λοιπόν ότι άτομα με καρδιαγγειακά προβλήματα θα ωφελούνταν δραματικά με την ένταξή τους σε προγράμματα άσκησης. Σε τέτοιες περιπτώσεις ασθενών προτείνεται ένα πρόγραμμα αερόβιας γυμναστικής με σκοπό να μην επιβαρυνθεί το καρδιαγγειακό σύστημα. (Price *et al.*, 2016; Hansen *et al.*, 2018) Αυτού του είδους προγράμματα είναι πιο αποδεκτά στο σύνολο του πληθυσμού συμπεριλαμβανομένων των ηλικιωμένων. (Price *et al.*, 2016) Η άσκηση με αντιστάσεις υψηλής έντασης, η οποία παρουσιάζεται ως δυναμική (κίνηση μέλους και άρθρωσης) ή ακόμα και ως ισομετρική (στατική) αποφεύγεται καθώς αυξάνει την αρτηριακή πίεση. Αντίστοιχα, ο χειρισμός Valsalva είναι απαγορευτικός καθώς χαρακτηρίζεται από σημαντική αύξηση της ενδοθωρακικής πίεσης που προκαλεί ακόμα υψηλότερες τιμές αρτηριακής πίεσης. (Hansen *et al.*, 2018) Αντίθετα, η άσκηση με αντιστάσεις χαμηλής έντασης είναι θεμιτή προκαλώντας αύξηση της μυϊκής δύναμης και ταυτόχρονα λόγω αυξημένου μεταβολισμού, μείωση του σωματικού λίπους. Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η άσκηση αντιστάσεων μπορεί να ενταχθεί στο πρόγραμμα αποκατάστασης των καρδιαγγειακών ασθενών δεδομένου ότι τα άτομα αυτά έχουν λειτουργική ικανότητα ≥ 4 μεταβολικών ισοζυγίων (METs). (Price *et al.*, 2016)

3. ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΑΝΑΣΚΟΠΙΣΗΣ

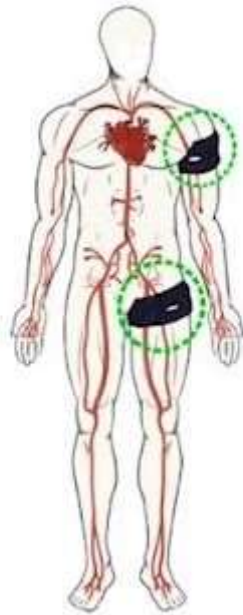
3.1 ΑΣΚΗΣΗ ΜΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΑΙΜΑΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

Η άσκηση με περιορισμό της αιματικής ροής (ΑΠΑΡ) είναι μια μορφή προπόνησης που προάγει την αύξηση της δύναμης και την υπερτροφία του μυός κατά την άσκηση με αντιστάσεις. (Cook *et al.*, 2018) Η ιδέα στην οποία στηρίχτηκε η μέθοδος αυτή γεννήθηκε τη δεκαετία του 1960 στην Ιαπωνία από τον Δρ. Yoshaki Sato με σκοπό την αύξηση της μυϊκής δύναμης και μάζας. (Fiuza-Luces *et al.*, 2018; Patterson *et al.*, 2019) Αυτή η μορφή προπόνησης ιστορικά είναι γνωστή ως «Kaatsu training» που σημαίνει «προπόνηση με προστιθέμενη πίεση». (Patterson *et al.*, 2019) Η μέθοδος άσκησης έχει γίνει δημοφιλής τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στους κύκλους των μπόντι μπίλντερ και των αθλητών (Spranger *et al.*, 2015), λόγω των θετικών αποτελεσμάτων που αποφέρει, όσων αφορά τη δύναμη και το μέγεθος του μυός. (Cristina-Oliveira *et al.*, 2020)

Ο περιορισμός της αιματικής κυκλοφορίας επιτυγχάνεται με την εφαρμογή περιχειρίδας, που έχει τη δυνατότητα να φουσκώνει, ελαστικού ιμάντα (Pearson and Hussain, 2015; Spranger *et al.*, 2015) ή τουρνικέ στο εγγύτερο τμήμα του μυ ή μέλους που στοχεύουμε να ενδυναμώσουμε (στα άνω άκρα περίπου περιφερειακά στο σημείο που καταφύεται ο δελτοειδής, στα κάτω άκρα περίπου στην κορυφή των μηρών περιφερειακά της γλουτιαίας γραμμής) (Cook *et al.*, 2018; Patterson *et al.*, 2019; Spranger, 2020). Ο εξοπλισμός αυτός τοποθετείται πριν και κατά την διάρκεια της άσκησης με αντιστάσεις, αερόβιας, αλλά και παθητικά (μη πραγματοποίηση άσκησης) (Patterson *et al.*, 2019), και ασκεί πίεση μειώνοντας την αιματική ροή στο μέλος (Cristina-Oliveira *et al.*, 2020; Spranger, 2020). Η πίεση είναι επαρκής ώστε να επιφέρει μερικό περιορισμό στις αρτηρίες ενώ περιορίζει πλήρως την φλεβική κυκλοφορία (Patterson *et al.*, 2019; Cristina-Oliveira *et al.*, 2020). Η μείωση της φλεβικής επιστροφής οδηγεί σε λίμναση του αίματος στα τριχοειδή του ασκούμενου μέλους, η οποία πολλές φορές παρουσιάζεται ως ερύθημα. Η ποσότητα της πίεσης που ασκείται είναι πιθανό να επηρεάσει τη ποσότητα του λιμνάζοντος αίματος εντός του μυός. Επιπροσθέτως, όταν πραγματοποιούνται μυϊκές συσπάσεις υπό συνθήκες ΑΠΑΡ, αυξάνεται η πίεση ενδομυϊκά στο σημείο που έχει τοποθετηθεί η περιχειρίδα και προκαλείται περαιτέρω περιορισμός της κυκλοφορίας. (Patterson *et al.*, 2019)



Εικόνα 3.1: Εξοπλισμός BFR (πηγή: <https://www.experiencemomentum.com>)



Εικόνα 3.2: Σημεία τοποθέτησης περιχειρήδων άνω και κάτω άκρου (πηγή: <https://www.physiomart.gr>)

Πρόσφατες έρευνες υποδεικνύουν πως η άσκηση με περιορισμό της αιματικής κυκλοφορίας με μικρή αντίσταση κυμαίνεται στο 20-40% (Cook *et al.*, 2018) ενώ οι Lixandrão και συν. (2018) προτείνουν έως και 50% μιας μέγιστης επανάληψης, και προάγει την αύξηση της μυϊκής δύναμης και την υπερτροφία. (Cook *et al.*, 2018; Lixandrão *et al.*, 2018)

Πραγματοποιούνται πολλά σετ άσκησης για κάποιο αριθμό επαναλήψεων ή μέχρι να επέλθει μυϊκή κόπωση και σημειώνεται ότι είναι πιο αποτελεσματική αν η περιχειρίδα παραμένει φουσκωμένη και κατά τη διάρκεια των χρονικών διαλειμμάτων για ξεκούραση ενδιάμεσα στα σετ. (Cook *et al.*, 2018)

Παρόλο που αυτή η μέθοδος άσκησης εφαρμόζεται κυρίως από αθλητές (Spranger *et al.*, 2015; Spranger, 2020) έχει αναδυθεί η ανάγκη να εξεταστεί περαιτέρω και σε πληθυσμούς ατόμων που δεν έχουν τη δυνατότητα να εκτελέσουν ασκήσεις υψηλής έντασης και μεγάλης αντίστασης, όπως οι ηλικιωμένοι (Spranger *et al.*, 2015), οι αθλητές που βρίσκονται στο στάδιο της αποκατάστασης (da Cunha Nascimento, Schoenfeld and Prestes, 2020), και ομάδες ατόμων με κλινικά προβλήματα, ορθοπαιδικά (Cook *et al.*, 2018) και καρδιαγγειακά. (Cristina-Oliveira *et al.*, 2020; Spranger, 2020) Προκύπτει λοιπόν ότι η άσκηση με περιορισμό της αιματικής ροής έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί στη κλινική πράξη ως θεραπευτική μέθοδος, αντικαθιστώντας την άσκηση αντιστάσεων υψηλής έντασης, για αποκατάσταση μετά από χειρουργείο, κάποιας καρδιαγγειακής νόσου και παθήσεων που χαρακτηρίζονται από φλεγμονές. (Cristina-Oliveira *et al.*, 2020)



Εικόνα 3.3: ΑΠΑΡ έκταση γόνατος (πηγή: <https://www.exceltherapy.com>)

Η άσκηση αντιστάσεων μπορεί να αποφέρει αλλαγές στη λειτουργικότητα (δύναμη) και στη μορφολογία (υπερτροφία) του μυ. Πρόσφατα βέβαια καταρρίφθηκε η πεποίθηση πως για να υπάρξουν προσαρμογές στον μυ το φορτίο θα πρέπει να κυμαίνεται > 65% μιας μέγιστης επανάληψης (Pearson and Hussain, 2015; Lixandrão *et al.*, 2018). Η έρευνα των Lixandrão και συν. (2018) έδειξε πως η άσκηση μεγάλων αντιστάσεων έχει καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τη μυϊκή δύναμη από ότι η ΑΠΑΡ, ωστόσο και οι δύο μέθοδοι παρουσίασαν αντίστοιχα αποτελέσματα περί υπερτροφίας του μυ.

Πίνακας 3.1: Model of exercise prescription with BFR-RE. (πηγή: (Patterson *et al.*, 2019))

| | Guidelines |
|-----------------------------|--|
| Frequency | 2–3 times a week (>3 weeks) or 1–2 times per day (1–3 weeks) |
| Load | 20–40% 1RM |
| Restriction time | 5–10 min per exercise (reperfusion between exercises) |
| Type | Small and large muscle groups (arms and legs/uni or bilateral) |
| Sets | 2–4 |
| Cuff | 5 (small), 10 or 12 (medium), 17 or 18 cm (large) |
| Repetitions Pressure | (75 reps) – 30 × 15 × 15 × 15, or sets to failure 40–80% AOP |
| Rest between sets | 30–60 s |
| Restriction form | Continuous or intermittent |
| Execution speed | 1–2 s (concentric and eccentric) |
| Execution | Until concentric failure or when planned rep scheme is completed |

Πίνακας 3.2: Model of exercise prescription with BFR-AE. (πηγή: (Patterson et al., 2019))

| | Guidelines |
|-------------------------|--|
| Frequency | 2–3 times a week (>3 weeks) or 1–2 times per day (1–3 weeks) |
| Intensity | <50% VO2 max or HRR |
| Restriction time | 5–20 min per exercise |
| Type | Small and large muscle groups (arms and legs / uni or bilateral) |
| Sets Pressure | Continuous or intervals 40–80% AOP |
| Cuff | 5 cm (small), 10 or 12 cm (medium), 17 or 18 cm (large) |
| Exercise mode | Cycling or walking |



Εικόνα 3.4: Βάδιση με ΠΑΡ (πηγή: (Abe, Kearns and Sato, 2006))

3.1.1 Μηχανισμοί

Όταν πραγματοποιείται άσκηση αντιστάσεων ενεργοποιούνται κινητικές μονάδες, και ως εκ τούτου μυϊκές ίνες, με σειρά προτεραιότητας κατά την οποία αρχικά γίνεται ενεργοποίηση των μυϊκών ινών τύπου I και στη συνέχεια επιστρατεύονται και οι ίνες τύπου IIx αν υπάρξει αύξηση της έντασης της άσκησης. (Pearson and Hussain, 2015) Σε χαμηλής έντασης άσκηση ενεργοποιούνται οι αργές-οξειδωτικές ίνες τύπου I, και εν συνεχεία με την αύξηση της έντασης κινητοποιούνται οι γρήγορες-γλυκολυτικές ίνες τύπου IIx, οι οποίες λόγω της αφθονίας τους σε συστατικές ίνες παράγουν δυνατότερες συσπάσεις. (Pearson and Hussain, 2015; Spranger *et al.*, 2015)

Για να παρατηρηθούν αλλαγές στη μορφολογία και τη λειτουργικότητα των μυών είναι απαραίτητη η ενεργοποίηση των μυϊκών ινών τύπου IIx, καθώς αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό μυϊκής μάζας (Spranger *et al.*, 2015) και έχει φανεί ότι έχουν καλύτερη ανταπόκριση όσον αφορά την υπερτροφία σε σχέση με τις ίνες τύπου I. (Pearson and Hussain, 2015)

Κατά την άσκηση υψηλής έντασης εντός του σκελετικού μυ προκαλείται μια ανισορροπία μεταξύ του ποσοστού οξυγόνου που μεταφέρεται στον μυ και αυτού που χρησιμοποιείται κατά την άσκηση. Οι αυξανόμενες ανάγκες για οξυγόνο καλύπτονται μέσω αυξημένης αιματικής ροής (υπεραιμία) στον μυ η οποία επιτυγχάνεται μέσω αγγειοδιαστολής. Συγχρόνως, λόγω εντολής του συμπαθητικού νευρικού συστήματος περιορίζεται η αιμάτωση άλλων περιφερικών ιστών, όπως η αιμάτωση των σπλάχνων, των νεφρών και μη ενεργοποιημένων μυών, που δεν είναι απαραίτητοι για την εκτέλεση της άσκησης. Βέβαια, ο ρυθμός παραγωγής των μεταβολικών προϊόντων (γαλακτικό οξύ και πρωτόνια) ξεπερνάει τον ρυθμό απομάκρυνσής τους παρά την αύξηση της αιματικής ροής στον μυ. (Spranger *et al.*, 2015)

Το γαλακτικό οξύ επηρεάζει το περιβάλλον εντός του σκελετικού μυ καθιστώντας το σε όξινο. Η παραγωγή του οξέος και η μείωση του pH του σαρκοπλάσματος προκαλούν τη παραγωγή αυξητικής ορμόνης, που προάγει την υπερτροφία και πιθανόν υπερπλασία του μυ. (Spranger *et al.*, 2015)

Κατά την άσκηση με περιορισμό της αιματικής ροής πραγματοποιούνται οι φυσιολογικές προσαρμογές του οργανισμού που συμβαίνουν κατά την άσκηση. Η συγκεκριμένη μέθοδος προπόνησης προσομοιάζει τις συνθήκες και τις μεταβολικές αλλαγές που συμβαίνουν σε έναν σκελετικό μυ κατά την άσκηση μεγάλης έντασης υποβάλλοντάς τον σε άσκηση χαμηλής έντασης με μείωση της αιματικής ροής προς αυτόν. Μέσω της τοποθέτησης της περιχειρίδας στο εγγύτερο τμήμα του άνω ή/και κάτω άκρου προς ενδυνάμωση, κόβεται σε μεγάλο ποσοστό η αιματική κυκλοφορία δημιουργώντας υποξία στον μυ. Κατά αυτόν τον τρόπο επιταχύνονται οι μεταβολικές διαδικασίες εντός του μυ (αύξηση παραγωγής γαλακτικού οξέος και πρωτονίων και ως εκ τούτου, αυξητικής ορμόνης, προκαλώντας αύξηση της μάζας και της δύναμης. (Pearson and Hussain, 2015; Spranger *et al.*, 2015)

Παράλληλα των μεταβολικών διεργασιών, ως πρωτεύουσα διαδικασία της ΑΠΑΡ που προκαλεί αλλαγές στη μορφολογία και τη λειτουργικότητα ενός μυ, θεωρείται και η μηχανική τάση που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της άσκησης, ενεργοποιώντας τις γρήγορες-γλυκολυτικές ίνες τύπου IIx. (Pearson and Hussain, 2015; Spranger *et al.*, 2015)

Οι Pearson και Hussain (2015) αναφέρουν πως οι πρωτεύοντες μηχανισμοί της ΑΠΑΡ πυροδοτούν άλλους δευτερεύοντες μηχανισμούς, όπως η μηχανομετατροπή (μηχανική ενέργεια σε χημικά σήματα από μηχανοϋποδοχείς), η μυϊκή χάλαση λόγω άσκησης, η ορμονική-αναβολική αντίδραση, η κυτταρική διόγκωση, η παραγωγή δραστικών μορφών οξυγόνου (Reactive Oxygen Species-ROS), ιδιαίτερα του οξειδίου του αζώτου (NO), και η παραγωγή πρωτεϊνών θερμικού σοκ (heat shock proteins-HSPs), οι οποίοι προκαλούν αύξηση της μυϊκής μάζας μέσω πρωτεϊνοσύνθεσης και δραστηριοποίησης δορυφορικών κυττάρων (Satellite Cells).

Ενώ οι κύριοι μηχανισμοί της ΑΠΑΡ συνεισφέρουν συνεργατικά στην υπερτροφία του μυ, δεν είναι ξεκάθαρη η μεταξύ τους αλληλεπίδραση, όπως επίσης και ο βαθμός ενεργοποίησης των δευτερευόντων μηχανισμών. Τα αντικείμενα αυτά αποτελούν ζητήματα που χρήζουν διερεύνηση. (Pearson and Hussain, 2015)



Εικόνα 3.5: Άσκηση πρέσας ποδιών (πηγή: <https://minnesota.cbslocal.com>)

3.1.2 Επιδράσεις-Προσαρμογές

Για μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση, είναι επιτακτική η ανάγκη να παρουσιαστούν οι επιδράσεις που έχει στα εμπλεκόμενα συστήματα του ανθρώπινου σώματος.

3.1.2.1 Μυϊκό σύστημα

Κατά την ΑΠΑΡ υπάρχει περιορισμένη παροχή οξυγόνου στους μύες, η οποία προκαλεί αδρανοποίηση των μυϊκών ινών βραδείας συστολής (τύπου I), που χρειάζονται οξυγόνο ως πηγή ενέργειας, ενώ αντίθετα συμβάλλει στην ενεργοποίηση των γλυκολυτικών ινών ταχείας συστολής (τύπου IIx) που έχουν υψηλότερο υπερτροφικό δυναμικό από τον τύπο I. Επίσης επιταχύνονται οι μεταβολικές διαδικασίες εντός του μυ (αύξηση παραγωγής γαλακτικού οξέος και πρωτονίων και ως εκ τούτου, αυξητικής ορμόνης, προκαλώντας αύξηση της μάζας και της δύναμης. Ακόμα, πυροδοτούνται δευτερεύοντες μηχανισμοί, όπως η μηχανομετατροπή (μηχανική ενέργεια σε χημικά σήματα από μηχανοϋποδοχείς), η μυϊκή χάλαση λόγω άσκησης, η ορμονική-αναβολική αντίδραση, η κυτταρική διόγκωση, η παραγωγή δραστικών μορφών οξυγόνου (Reactive Oxygen Species-ROS), ιδιαίτερα του οξειδίου του αζώτου (NO), και η παραγωγή πρωτεϊνών θερμικού σοκ (heat shock proteins-HSPs), οι οποίοι προκαλούν αύξηση της μυϊκής μάζας μέσω πρωτεϊνοσύνθεσης και δραστηριοποίησης δορυφορικών κυττάρων (Satellite Cells) (Pearson and Hussain, 2015; Spranger *et al.*, 2015).

3.1.2.1 Κυκλοφορικό σύστημα

Η ΑΠΑΡ έχει αποδειχτεί ότι βελτιώνει την καρδιακή λειτουργία, τη λειτουργικότητα του ενδοθηλίου των φλεβών και τη περιφερική κυκλοφορία. Έρευνες δείχνουν ότι αυξάνει σημαντικά την έκφραση του αγγειακού ενδοθηλιακού αυξητικού παράγοντα (VEGF) και της αυξητικής ορμόνης (Shimizu *et al.*, 2016; Zhao, Lin and Jiao, 2021), βελτιώνει την αερόβια ικανότητα (Nakajima *et al.*, 2010), και μεταβάλλει τις αιμοδυναμικές παραμέτρους (Barili *et al.*, 2018; Kambič *et al.*, 2019).

3.1.2.2 Εριστικό σύστημα

Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής (ΑΠΑΡ) κατά την πραγματοποίηση αερόβιας ή και αναερόβιας άσκησης παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα στο εριστικό σύστημα, προκαλώντας προσαρμογές στη δομή των οστών. Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, κατά την εφαρμογή της ΑΠΑΡ έχουν αναλυθεί δύο βιοδείκτες (αλκαλική φωσφατάση των οστών και αμινιτελικά τελοπεπτίδια) που υποδεικνύουν αύξηση του μεταβολισμού των οστών. Λόγω της φλεβικής απόφραξης, προκαλείται αύξηση της ενδομυελικής πίεσης και κατεύθυνση διάμεσου υγρού εντός του οστού. Αυτοί οι μηχανισμοί ενδεχομένως ευθύνονται για την

έκβαση αυτή. Επίσης, η ΑΠΑΡ προκαλεί υποξία που προάγει την παραγωγή του ενδοθηλιακού αυξητικού παράγοντα και τον σχηματισμό μικροαιμοφόρων αγγείων στα οστά. (Bittar *et al.*, 2018).

3.1.3 Επιπλοκές

Κατά την άσκηση ενεργοποιούνται μηχανισμοί του αυτόνομου νευρικού συστήματος για την σωστή ρύθμιση των αερίων εντός του ενεργού μυ. Μεταξύ αυτών δραστηριοποιείται και το αντανακλαστικό του πιεστικού παράγοντα της άσκησης (exercise pressor reflex) το οποίο αποτελείται από το μυϊκό μεταβολικό αντανακλαστικό (muscle metaboreflex) και το μυϊκό μηχανικό αντανακλαστικό (muscle mechanoreflex). Το αντανακλαστικό αυτό βρίσκεται στον σκελετικό μυ και πυροδοτείται από την ενεργοποίηση χημικών υποδοχέων και μηχανοϋποδοχέων. Τα χημικά ερεθίσματα ενεργοποιούν κυρίως λεπτές αμύελες προσαγωγές νευρικές ίνες τύπου IV που σχετίζονται με το μυϊκό μεταβολικό αντανακλαστικό, ενώ τα μηχανικά ερεθίσματα ενεργοποιούν κυρίως εμύελες προσαγωγές νευρικές ίνες τύπου III που σχετίζονται με το μυϊκό μηχανικό αντανακλαστικό, προκαλώντας προσαρμογές κατά τη διάρκεια της άσκησης. (Spranger *et al.*, 2015; Cristina-Oliveira *et al.*, 2020)

Το μυϊκό μεταβολικό αντανακλαστικό παίζει πολύ σημαντικό ρόλο κατά την άσκηση καθώς ρυθμίζει το καρδιαγγειακό σύστημα. Τα μεταβολικά προϊόντα (γαλακτικό οξύ, πρωτόνια) που παράγονται εντός του σκελετικού μυ κατά τη διάρκεια μέσης με υψηλής έντασης άσκησης ενεργοποιούν τους χημικούς υποδοχείς και μέσω του κεντρικού νευρικού συστήματος προκαλείται αύξηση της αιματικής ροής στον μυ. Επίσης, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, μέσω εντολής του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, η αιμάτωση άλλων περιφερικών ιστών, όπως των σπλάγχων, των νεφρών και μη ενεργοποιημένων μυών, που δεν είναι απαραίτητοι για την εκτέλεση της άσκησης, περιορίζεται κατευθύνοντας το αίμα στον ασκούμενο μυ. Με αποτέλεσμα, συνολικά, να πραγματοποιείται αύξηση της αρτηριακής πίεσης. (Spranger *et al.*, 2015; Cristina-Oliveira *et al.*, 2020)

Αντίστοιχα το μυϊκό μηχανικό αντανακλαστικό έχει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της ανταπόκρισης του καρδιαγγειακού κατά την άσκηση. Καθώς αυξάνεται η τάση εντός του μυ λόγω σύσπασης, ενεργοποιούνται μηχανοϋποδοχείς και οι σχετιζόμενες προσαγωγές ίνες τύπου III. Η δραστηριοποίηση των νευρώνων είναι ανάλογη της έντασης της άσκησης και έχει παρατηρηθεί πως λόγω της παρουσίας μεταβολικών προϊόντων αυξάνεται η ευαισθησία τους. Το μηχανικό αντανακλαστικό έχει φανεί πως αυξάνει την αρτηριακή πίεση μέσω ενεργοποίησης του συμπαθητικού νευρικού συστήματος. (Spranger *et al.*, 2015)

Είναι εμφανής η συνεισφορά του αντανακλαστικού του πιεστικού παράγοντα της άσκησης εξίσου στη ρύθμιση της αιματικής ροής κατά την δυναμική και τη στατική άσκηση σε έναν μυ. Βέβαια αν προκληθεί ενεργοποίηση του μηχανισμού υψηλού βαθμού και διάρκειας μπορεί να επιφέρει ανωμαλίες στην ομαλή λειτουργία του καρδιαγγειακού. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να ληφθεί υπόψη σε περιπτώσεις ατόμων με καρδιαγγειακές παθήσεις, καθώς όπως φαίνεται οι προσαρμογές που επιφέρει το αντανακλαστικό στη συγκεκριμένη ομάδα ατόμων είναι οξυμένες αυξάνοντας τις πιθανότητες πρόκλησης ενός οξέος επεισοδίου. (Spranger *et al.*, 2015; Cristina-Oliveira *et al.*, 2020)

Κατά την άσκηση με περιορισμό της αιματικής ροής το αντανακλαστικό του πιεστικού παράγοντα της άσκησης θα ενεργοποιηθεί λόγω της υποξίας που πραγματοποιείται στον μυ και της παρουσίας των μεταβολικών προϊόντων (γαλακτικό οξύ, πρωτόνια). Προκύπτει λοιπόν ότι θα πρέπει να εξεταστούν πολλοί παράμετροι πριν γίνει η εφαρμογή της ΑΠΑΡ σε ασθενείς με καρδιαγγειακά νοσήματα. (Spranger *et al.*, 2015; Cristina-Oliveira *et al.*, 2020)

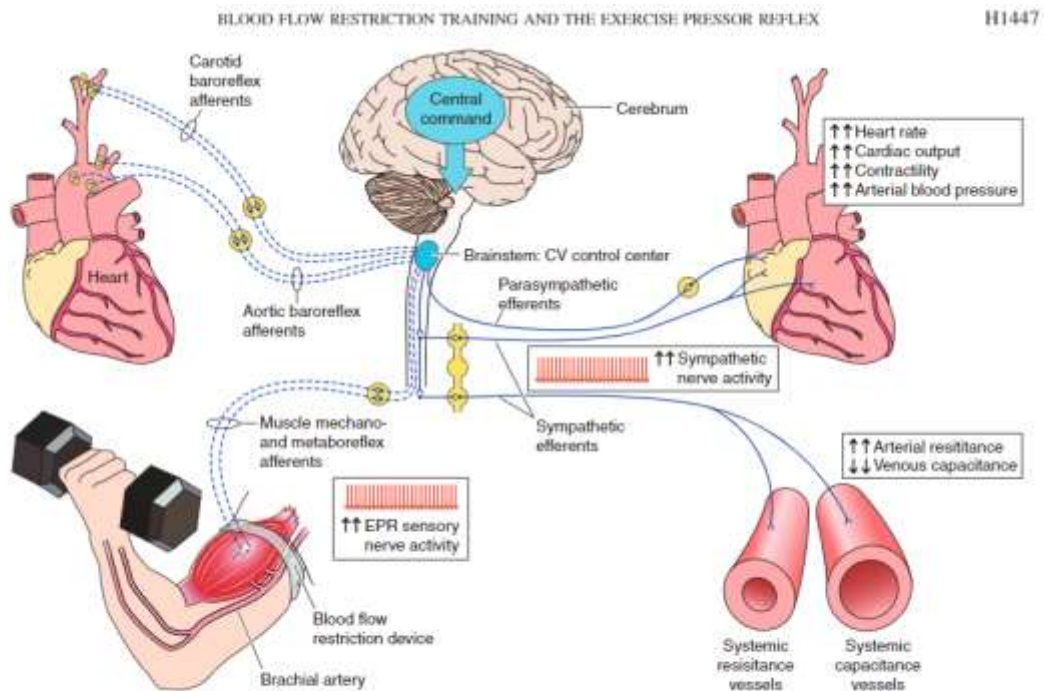


Fig. 4. Theoretical illustration of the effect of blood flow restriction (BFR) training on autonomic CV control during exercise. BFR training is designed to artificially reduce blood flow to active skeletal muscle during exercise with the intent of inducing positive physiological adaptations. However, such reductions in blood flow maintain the potential to inappropriately sup stimulate mechanically and metabolically sensitive skeletal muscle afferents, leading to exaggerated increases in EPR sensory nerve activity. Potentiated increases in EPR afferent activity could potentially evoke abnormally large augmentations in sympathetic nerve activity, leading to dangerous elevations in cardiac function, blood pressure, and vascular resistance.

Εικόνα 3.6: Επιδράσεις του αντανακλαστικού του πιεστικού παράγοντα της άσκησης (πηγή: (Spranger *et al.*, 2015))

3.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.2.1 Στρατηγική αναζήτησης

Στην παρούσα ανασκόπηση διερευνήθηκε η αποτελεσματικότητα της άσκησης με περιορισμό της αιματικής ροής σε ασθενείς με καρδιαγγειακές παθήσεις. Μια βιβλιογραφική ανασκόπηση απαντά σε ένα συγκεκριμένο ερώτημα που τίθεται από τους ερευνητές, οι οποίοι αμερόληπτα και αξιόπιστα συγκεντρώνοντας στοιχεία που βοηθούν στην απάντηση του ερωτήματος, εξάγουν συμπεράσματα. Η ανάγκη δημιουργίας μιας νέας μελέτης προέκυψε από το μικρό αριθμό ερευνών που εξετάζουν αυτό το αντικείμενο παράλληλα με το γεγονός ότι η ΑΠΑΡ αποτελεί μια νέα σχετικά προσέγγιση στην αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών νόσων. Επομένως, απαιτούνται περισσότερα στοιχεία για να εξεταστούν οι βραχυπρόθεσμες και οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της αξιοποίησης της ΑΠΑΡ ως θεραπευτικό μέσο.

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση επιστημονικού υλικού στις βάσεις δεδομένων «PubMed», «PhysiotherapyEvidenceDatabase» (PEDro), και «CochraneCentralRegisterofControlledTrials» (CENTRAL). Αναζητήθηκαν στις βάσεις δεδομένων δημοσιευμένες επιδημιολογικές έρευνες τυχαιοποιημένες, ελεγχόμενες και μη και μόνο στην αγγλική γλώσσα. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν «blood flow restriction training-BFRT», «Kaatsu training», «Cardiovascular disease-CVD», «exercise», «cardiovascular patients».

3.2.2 Κριτήρια εισαγωγής ερευνών

3.2.2.1 Τύπος ερευνών

Οι έρευνες που επιλέχθηκαν ήταν τυχαιοποιημένες έρευνες (randomized trials) και τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες έρευνες (randomized controlled trials). Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: μελέτες που διερευνούν τις προσαρμογές της αερόβιας άσκησης σε υγιείς συμμετέχοντες και έρευνες που εφαρμόζουν άσκηση αντιστάσεων σε καρδιαγγειακούς ασθενείς αναλύοντας τα αποτελέσματα της άσκησης αναφορικά με την υγεία και τη λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος.

3.2.2.2 Τύπος συμμετεχόντων

Στη μελέτη αυτή, συμπεριλήφθηκαν έρευνες που συμμετείχαν άτομα οποιασδήποτε ηλικίας. Στη πρώτη κατηγορία ερευνών συμμετέχουν υγιή άτομα ενώ στη δεύτερη κατηγορία τα δείγματα αποτελούνται από άτομα με κάποια καρδιαγγειακή νόσο.

3.2.2.3 Τύπος παρεμβάσεων

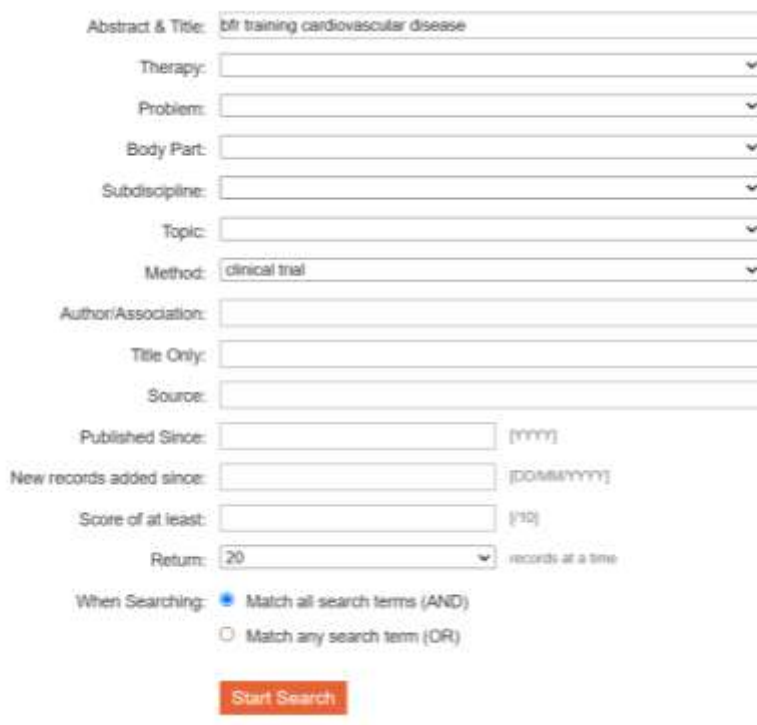
Ο τύπος παρέμβασης που επιλέχθηκε να ερευνηθεί σε αυτή τη μελέτη είναι η ΑΠΑΡ. Στις έρευνες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση εκτελέστηκαν προγράμματα ασκήσεων με περιορισμό της αιματικής ροής σε ένα από τα group παρέμβασης με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η σύγκριση και η έκβαση αποτελεσμάτων για τα οφέλη της ΑΠΑΡ σε καρδιαγγειακούς ασθενείς.

3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.3.1 Διαδικασία επιλογής μελετών

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση με τους όρους: «blood flow restriction training-BFRT», «Kaatsu training», «Cardiovascular disease-CVD», «exercise», «cardiovascular patients» στη μηχανή αναζήτησης «PubMed». Οι λέξεις-κλειδιά συνδυάστηκαν με τους όρους «OR» και «AND» για πιο αξιόπιστη και στοχευμένη αναζήτηση στους τίτλους και τις περιλήψεις των ερευνών. Συγκεκριμένα έγινε συνδυασμός αναζητήσεων όλων των λέξεων-κλειδιών με τον όρο «AND» πραγματοποιώντας την τελική αναζήτηση, (((blood flow restriction training) OR bfrt) OR Kaatsu training) AND (((cardiovascular disease) OR cvd) OR cardiovascular patients) AND (exercise) AND (randomized trial).

Στη συνέχεια αναζήτηση πραγματοποιήθηκε στο «PEDro» χρησιμοποιώντας τις λέξεις-κλειδιά. Στο «PEDro» έγινε μία αναζήτηση (advanced search) χρησιμοποιώντας ως «Περίληψη και Τίτλο» (Abstract & Title) τους όρους «bfr training» και «cardiovascular disease».



The image shows a search form for the PEDro database. The search criteria are as follows:

- Abstract & Title: bfr training cardiovascular disease
- Therapy: (empty dropdown)
- Problem: (empty dropdown)
- Body Part: (empty dropdown)
- Subdiscipline: (empty dropdown)
- Topic: (empty dropdown)
- Method: clinical trial
- Author/Association: (empty text box)
- Title Only: (empty text box)
- Source: (empty text box)
- Published Since: (empty text box) [YYYY]
- New records added since: (empty text box) [DDMM/YYYY]
- Score of at least: (empty text box) [12]
- Return: 20 records at a time
- When Searching: Match all search terms (AND) Match any search term (OR)

A red "Start Search" button is located at the bottom of the form.

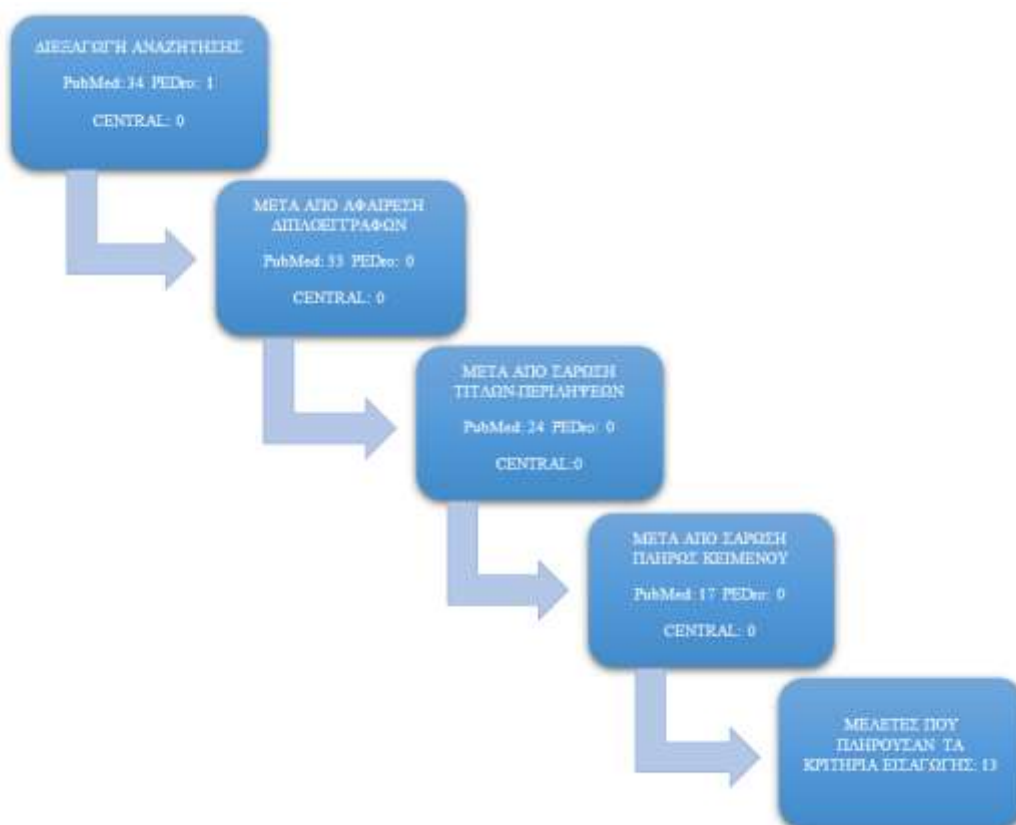
Εικόνα 3.7: Ηλεκτρονική αναζήτηση στη βάση δεδομένων «PEDro»

Ακόμα, στη βάση δεδομένων «CENTRAL» και μέσω του search manager αναζητήθηκαν οι λέξεις-κλειδιά όπως φαίνεται και στην εικόνα.

| | | | | | |
|--------------------------------------|-----|---|---|--------|-----|
| - + | #1 | (blood flow restriction training) AND (cardiovascular disease) AND (exercise) AND (randomized trial) (1), (1), (1), (1) | 5 | Limits | 13 |
| (Word variations have been searched) | | | | | |
| - + | #2 | (blood flow restriction training) AND (cvt) AND (exercise) AND (randomized trial) | | Limits | 25 |
| - + | #3 | (blood flow restriction training) AND (cardiovascular patients) AND (exercise) AND (randomized trial) | | Limits | 126 |
| - + | #4 | (bft) AND (cardiovascular disease) AND (exercise) AND (randomized trial) | | Limits | 0 |
| - + | #5 | (bft) AND (cvt) AND (exercise) AND (randomized trial) | | Limits | 0 |
| - + | #6 | (bft) AND (cardiovascular patients) AND (exercise) AND (randomized trial) | | Limits | 0 |
| - + | #7 | (kaatsu training) AND (cardiovascular disease) AND (exercise) AND (randomized trial) | | Limits | 0 |
| - + | #8 | (kaatsu training) AND (cvt) AND (exercise) AND (randomized trial) | | Limits | 0 |
| - + | #9 | (kaatsu training) AND (cardiovascular patients) AND (exercise) AND (randomized trial) | | Limits | 2 |
| - + | #10 | #1 and #2 and #3 and #4 and #5 and #6 and #7 and #8 and #9 | | Limits | 0 |
| - + | #11 | Type a search term or use the 5 or MeSH buttons to compare | 5 | MeSH | N/A |

Εικόνα 3.8: Ηλεκτρονική αναζήτηση στη βάση δεδομένων «CENTRAL»

Το παρακάτω διάγραμμα ροής παρουσιάζει τα αποτελέσματα των επιμέρους αναζητήσεων.



Εικόνα 3.9: Διάγραμμα ροής επιλογής μελετών

3.3.2 Μελέτες που απορρίφθηκαν

Όλα τα άρθρα που αναζητήθηκαν ήταν στην αγγλική γλώσσα. Από την αναζήτηση στο «PubMed» βρέθηκαν 34 έρευνες, στη «PEDro» 1 μελέτη και στο CENTRAL καταγράφηκαν 0 από advanced αναζήτηση. Στη συνέχεια, έγινε προσεκτική σάρωση των τίτλων και των περιλήψεων για την εξακρίβωση της συσχέτισης με το θέμα της ανασκόπησης και άρθρα τα οποία παρουσιάζονται σε παραπάνω από μια βάσεις αναζήτησης αφαιρέθηκαν. Έτσι, τα άρθρα καταλήγουν σε: PubMed 17, PEDro 0, CENTRAL 0.

Μελετήθηκαν προσεκτικά τα πλήρη κείμενα της κάθε έρευνας που απέμειναν από τη σάρωση των τίτλων με σκοπό να γίνει σαφής διάκριση για το ποιες έρευνες υπάγονται τα κριτήρια εισαγωγής. Αποκλείστηκαν 4 έρευνες λόγω αδυναμίας εύρεσης πλήρους κειμένου.

Έτσι, προκύπτουν 13 έρευνες που πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου και αναλύονται στην συνέχεια.

Έρευνες υποδεικνύουν πως η ΑΠΑΡ αποτελεί μια ασφαλή μέθοδο προπόνησης όχι μόνο σε υγιείς αλλά και σε ευπαθείς πληθυσμούς ατόμων όπως ηλικιωμένοι και αθλητές που βρίσκονται στο στάδιο της αποκατάστασης, οι οποίοι αδυνατούν να κάνουν χρήση της άσκησης μεγάλων αντιστάσεων λόγω φυσιολογικών περιορισμών (Lixandrão *et al.*, 2018; Kambič *et al.*, 2019; Ogawa *et al.*, 2021).

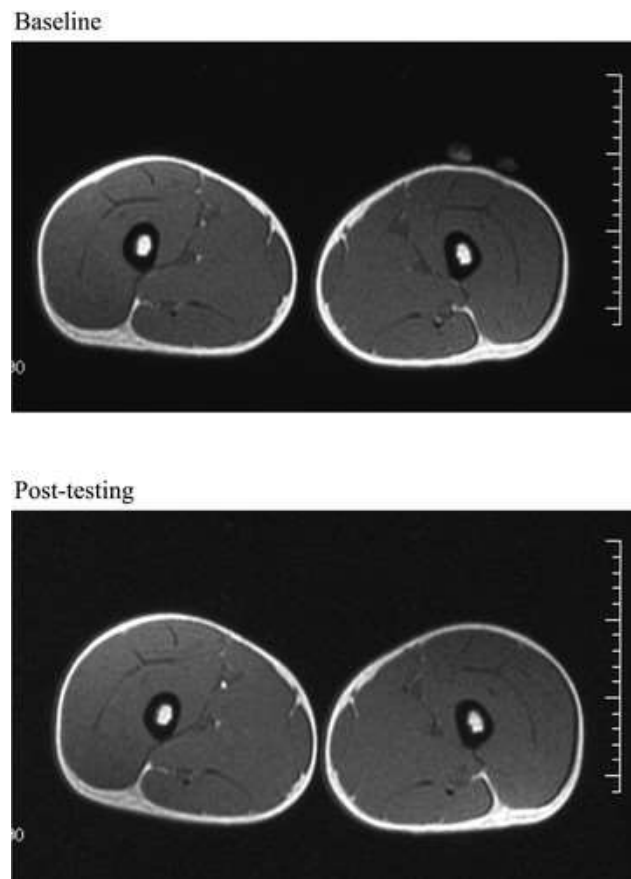
3.3.3 Έρευνες που πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής - Αποτίμηση της μεθοδολογικής ποιότητας των ερευνών

Οι έρευνες που πληρούσαν τα κριτήρια εισαγωγής στην συστηματική ανασκόπηση ήταν στο σύνολο δεκατρείς, οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω:

Έχουν πραγματοποιηθεί τρεις έρευνες οι οποίες αναφέρουν πως η ΑΠΑΡ έχει θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την μυϊκή μάζα, την μυϊκή δύναμη και την καρδιαναπνευστική ικανότητα όταν συνδυαστεί με αερόβια δραστηριότητα χαμηλής έντασης (περπάτημα, ποδηλασία) (Abe, Kearns and Sato, 2006; Abe *et al.*, 2010; Conceição *et al.*, 2019).

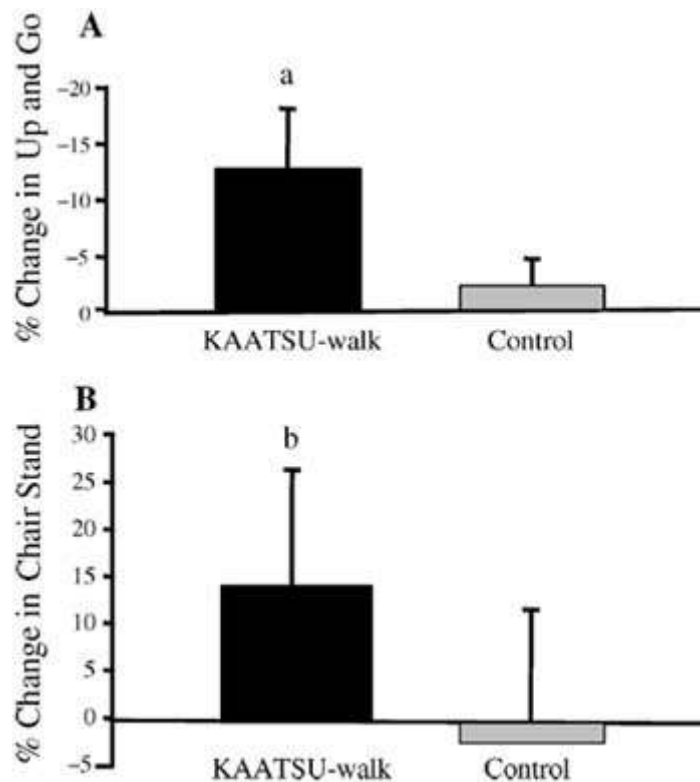
Οι Abe, Kearns και Sato (2006) εξέτασαν τις άμεσες και χρόνιες επιπτώσεις της προπόνησης βάρους με και χωρίς την εφαρμογή περιορισμού της αιματικής ροής (Kaatsu) πραγματοποιώντας μέτρηση του μεγέθους των μυών με μαγνητική τομογραφία (MRI), τη μέγιστη δυναμική (μια μέγιστη επανάληψη) και ισομετρική ισχύ, παράλληλα με παραμέτρους των ορμονών του αίματος. Στην έρευνα συμμετείχαν εθελοντικά δεκαοκτώ υγιείς άντρες. Το πρόγραμμα προπόνησης γινόταν δύο φορές τη μέρα, έξι ημέρες τη βδομάδα, για διάστημα τριών εβδομάδων και απαρτιζόταν από πέντε σετ από περιόδους δύο λεπτών άσκησης (ταχύτητα διαδρόμου 50 μέτρα/λεπτό), με ενός λεπτού ξεκούρασης μεταξύ περιόδων. Για την ομάδα ατόμων που εφαρμόστηκε ο περιορισμός της αιματικής ροής, η πίεση περιορισμού κυμάνθηκε στα 160-230 mmHg για να προκληθεί το αποφρακτικό ερέθισμα, καθώς αυτή η διακύμανση της πίεσης προτείνεται για περιορισμό της φλεβικής κυκλοφορίας και πρόκληση λίμνασης του αίματος στα τριχοειδή αγγεία άνω του σημείου εφαρμογής όπως και περιορισμό της αρτηριακής κυκλοφορίας. Οι ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα πως η

εφαρμογή της ΑΠΑΡ σε προπόνηση βαδίσματος χαμηλής ταχύτητας προκαλεί υπερτροφία και αύξηση δύναμης του μυ, παρά το ελάχιστο επίπεδο έντασης της άσκησης.



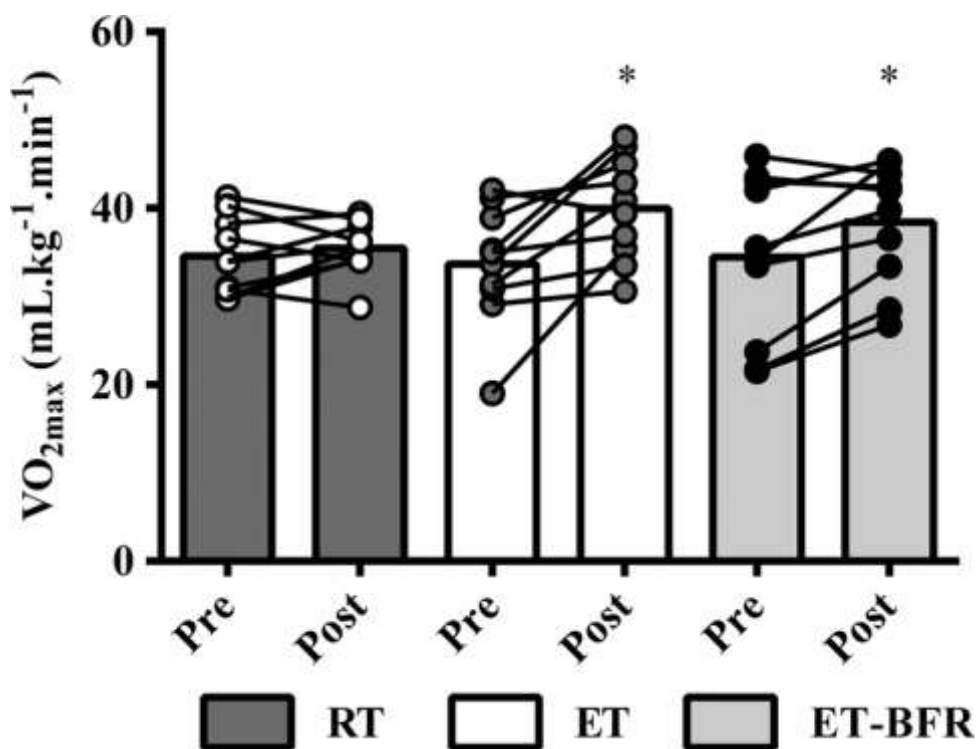
Εικόνα 3.10: Διατομή του μέσου του μηρού πριν / μετά την παρέμβαση (πηγή: (Abe, Kearns and Sato, 2006))

Ακόμα, οι Abe και συν. (2010) εξέτασαν τις επιδράσεις προπόνησης βάρδιας με εφαρμογή περιορισμού της αιματικής ροής (Kaatsu) στη μυϊκή μάζα, μυϊκή δύναμη και λειτουργική ικανότητα, όπως επίσης και στην αερόβια ικανότητα σε ηλικιωμένους συμμετέχοντες. Στην έρευνα συμμετείχαν εθελοντικά δεκαεννιά άντρες και γυναίκες, από 60 έως 78 ετών. Το πρόγραμμα προπόνησης γινόταν μια φορά τη μέρα, πέντε μέρες τη βδομάδα για διάστημα έξι εβδομάδων και αποτελούνταν από άσκηση είκοσι λεπτών (ταχύτητα διαδρόμου 67 μέτρα/λεπτό). Στην ομάδα που εφαρμόστηκε ο περιορισμός της αιματικής ροής, η πίεση περιορισμού κυμάνθηκε στα 160-200 mmHg και ο συνολικός χρόνος εφαρμογής σε κάθε προπόνηση ήταν εικοσιτρία λεπτά (συμπεριλαμβανομένου του χρόνου προετοιμασίας, τρία λεπτά) στον κάθε συμμετέχοντα. Με το πέρας της προπόνησης οι ζώνες πίεσης αφαιρούνταν άμεσα. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας υποδεικνύουν ότι προπόνηση βάρδιας σε συνδυασμό με περιορισμό αιματικής ροής για διάστημα έξι εβδομάδων μπορεί να επιφέρει αύξηση στη μυϊκή δύναμη και μάζα, όπως και στη λειτουργική ικανότητα σε ηλικιωμένους. Βέβαια δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην αερόβια ικανότητα των συμμετεχόντων στο διάστημα αυτό.



Εικόνα 3.11: Διάγραμμα βελτίωσης τεστ λειτουργικότητας (A: Up and Go, B: Chair stand) (πηγή: (Abe et al., 2010))

Εν συνεχεία, στην έρευνα που διεξήχθησαν οι Conceição και συν. (2019) εξέτασαν τις επιδράσεις της άσκησης αντοχής με περιορισμό της αιματικής ροής συγκριτικά με τη συμβατή άσκηση αντοχής και άσκηση αντιστάσεων, σε λειτουργικό, μορφολογικό και μοριακό επίπεδο. Αξιολογήθηκαν τριάντα νέοι άντρες και κατανεμήθηκαν τυχαία στην ομάδα άσκησης αντοχής με ΠΑΡ, στην ομάδα συμβατής άσκησης αντοχής και στην ομάδα συμβατής άσκησης αντιστάσεων. Όλες οι ομάδες πραγματοποίησαν το πρόγραμμα προπόνησης οκτώ εβδομάδων που είχε καθοριστεί για κάθε μια. Οι κατανεμηθέντες στην ομάδα συμβατής άσκησης αντιστάσεων πραγματοποίησαν τέσσερα σετ των δέκα επαναλήψεων στην πρέσα ποδιών στο 70% μιας μέγιστης επανάληψης με ενός λεπτού ξεκούρασης ενδιάμεσα, τέσσερις μέρες τη βδομάδα. Στην ομάδα της συμβατής άσκησης αντοχής, οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν τριάντα λεπτά ποδηλασίας στο 70% της VO_{2max} , τέσσερις μέρες τη βδομάδα ενώ στην ομάδα άσκησης αντοχής με ΠΑΡ πραγματοποίησαν τριάντα λεπτά ποδηλασίας στο 40% της VO_{2max} , τέσσερις μέρες τη βδομάδα. Η πίεση της περιχειρίδας ρυθμίστηκε στο 80% της μέγιστης κνημιαίας αρτηριακής πίεσης και διατηρήθηκε φουσκωμένη καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης. Στη παρούσα έρευνα, οι ερευνητές καταλήγουν στο ότι η άσκηση αντοχής με ΠΑΡ μπορεί να αυξήσει τη μυϊκή δύναμη και να προκαλέσει αντίστοιχες αλλαγές στο μέγεθος του μυ (υπερτροφία) σε σύγκριση με τη συμβατική άσκηση αντιστάσεων, ενώ η καρδιοαναπνευστική ικανότητα μπορεί να βελτιωθεί και με ένα σημαντικά χαμηλότερο φόρτο εργασίας συγκριτικά με την συμβατική άσκηση αντοχής. Συνολικά, τα αποτελέσματα υποδεικνύουν πως η άσκηση αντοχής με ΠΑΡ είναι μια εναλλακτική και ενδεχομένως ασφαλής μέθοδος προπόνησης, ειδικά για ενήλικες μεγαλύτερης ηλικίας ή κλινικές περιπτώσεις που δεν μπορούν να ασκηθούν σε υψηλά φορτία προπόνησης.



Εικόνα 3.12: Διάγραμμα VO_{2max} πριν / μετά την παρέμβαση (πηγή: (Conceição et al., 2019))

Εκτός των ερευνών αυτών, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που επικεντρώνονται στην υγεία και ακεραιότητα των αγγείων όπως επίσης και στη καρδιακή λειτουργία. Μια εκ των οποίων είναι η έρευνα των Zhao, Lin και Jiao (2021) κατά την οποία εικοσιτέσσερις υγιείς άντρες εξετάστηκαν και κατανεμήθηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες: την ομάδα που εκτέλεσε άσκηση αντιστάσεων, την ομάδα που εκτέλεσε άσκηση αντιστάσεων με ΠΑΡ χαμηλής πίεσης και την ομάδα άσκησης αντίστασης με ΠΑΡ υψηλής αντίστασης. Το πρόγραμμα προπόνησης που ακολουθήθηκε απαρτιζόταν από 20 επαναλήψεις το λεπτό ανά σετ, με δύο λεπτά παύσης ενδιάμεσα στα σετ, πέντε σετ την ημέρα, πέντε ημέρες την εβδομάδα για οκτώ εβδομάδες. Η αντίσταση ορίστηκε στο 30% μιας μέγιστης επανάληψης και εφαρμόστηκε σε όλο το εύρος κίνησης της άρθρωσης του αγκώνα. Κατά την άσκηση, η πίεση απόφραξης ρυθμίστηκε στο 65% της συστολικής πίεσης στην ομάδα ΑΠΑΡ χαμηλής πίεσης και στο 130% της συστολικής πίεσης στην ομάδα ΑΠΑΡ υψηλής πίεσης και εφαρμόστηκε στο άνω άκρο. Οι ερευνητές καταλήγουν στο ότι η χαμηλής έντασης άσκηση αντίστασης με ΠΑΡ βελτιώνει την καρδιακή λειτουργία και την λειτουργικότητα του ενδοθηλίου των φλεβών, προτείνοντας την ενδεχόμενη ασφαλή εφαρμογή της μεθόδου θεραπευτικής άσκησης σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο.

Επίσης, οι Shimizu και συν. (2016) διεξήγαγαν μια έρευνα με σκοπό την εξέταση και ανάλυση των επιδράσεων της ΑΠΑΡ χαμηλής έντασης στη λειτουργικότητα του ενδοθηλίου των φλεβών και στη περιφερική αιματική κυκλοφορία σε ηλικιωμένα άτομα. Συμμετείχαν εθελοντικά σαράντα άτομα, τριαντατρείς άντρες και επτά γυναίκες, 65 έως 75 ετών τα οποία κατανεμήθηκαν στην ομάδα ΑΠΑΡ και στην ομάδα συμβατής άσκησης αντιστάσεων. Όλοι οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν το πρόγραμμα άσκησης το οποίο απαρτιζόταν από δεκαπέντε λεπτά άσκησης αντιστάσεων, μια φορά τη μέρα, τρεις φορές τη βδομάδα για τέσσερις εβδομάδες. Η ομάδα ΑΠΑΡ πραγματοποίησε τρία σετ των 20 επαναλήψεων

έκτασης γονάτων, πρέσας ποδιών, κωπηλατικής και άρσεων βάρους (chest press) στο 20% μιας μέγιστης επανάληψης με τριάντα δευτερόλεπτα ξεκούρασης μεταξύ των ασκήσεων. Η πίεση των περιχειρίδων είχε ρυθμιστεί εξατομικευμένα για τον κάθε συμμετέχοντα στο ύψος της μηριαίας συστολικής πίεσης και οι περιχειρίδες διατηρούνταν φουσκωμένες με εξαίρεση τη στιγμή που μεταφέρονταν από τα κάτω άκρα στα άνω. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι η άσκηση αντιστάσεων με ΠΑΡ χαμηλής έντασης, όχι μόνο συνέβαλε στην αύξηση της μυϊκής δύναμης, αλλά βελτίωσε τη λειτουργικότητα του ενδοθηλίου των φλεβών όπως και την περιφερική αιματική κυκλοφορία σε ηλικιωμένους.

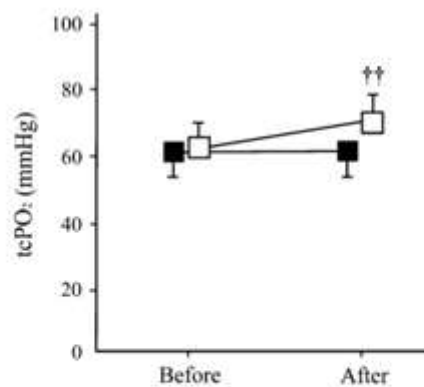
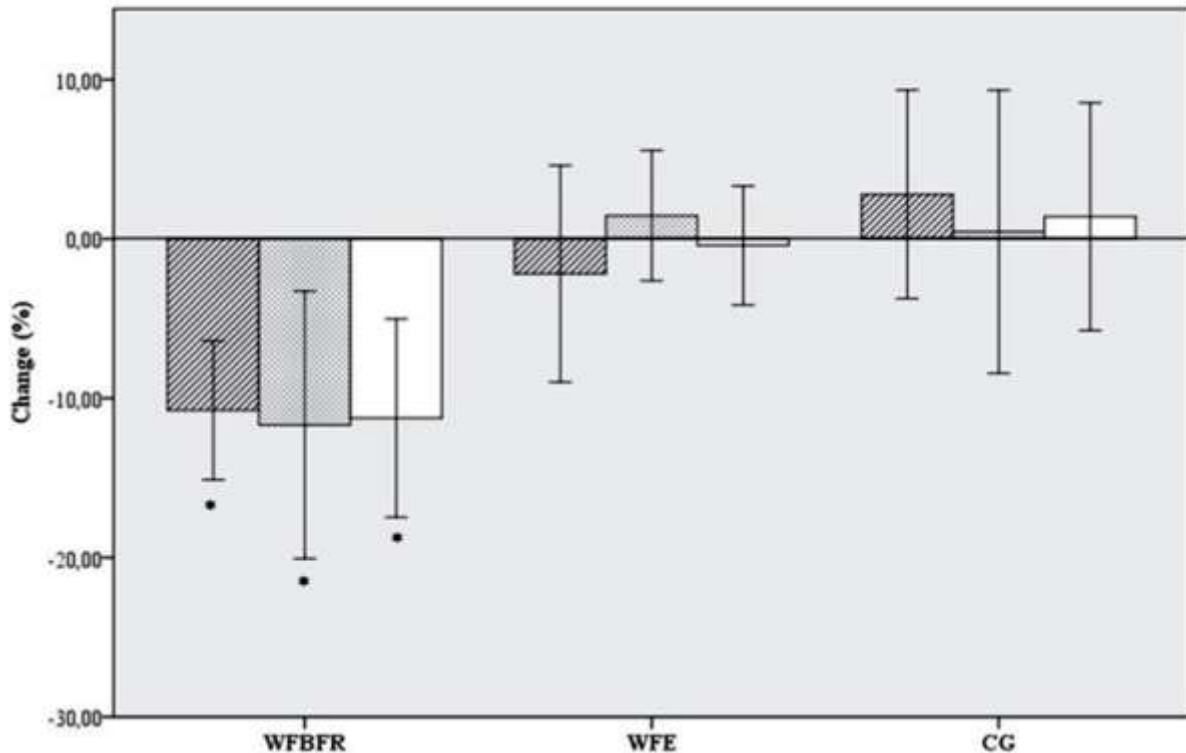


Fig. 2 Change in tcPO₂ before and after 4-week resistance training. *Open squares* BFR group, *closed squares* non-BFR group. Data are expressed as mean \pm SD. ^{††}*P* < 0.01 versus before training. tcPO₂, transcutaneous oxygen pressure; before, before 4-week resistance training; after, after 4-week resistance training

Εικόνα 3.13: Διάγραμμα διαδερμικής πίεσης οξυγόνου πριν / μετά την παρέμβαση (πηγή: (Shimizu et al., 2016))

Παράλληλα, οι Cezar και συν. (2016) έδειξαν ότι οκτώ εβδομάδες άσκησης κάμψης καρπού στο 30% μιας μέγιστης επανάληψης με αγγειακή απόφραξη (70% της συστολικής αρτηριακής πίεσης κατά την ηρεμία) είναι επαρκής για να παρατηρηθεί μείωση της αρτηριακής πίεσης σε υπέρτατικά άτομα υπό φαρμακευτική αγωγή. Εικοσιτρείς γυναίκες κατανεμήθηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες: η ομάδα ελέγχου δεν συμμετείχε σε κάποιο πρόγραμμα άσκησης, ενώ οι άλλες δύο ομάδες υποβλήθηκαν σε προπόνηση που εκτελούσαν δύο φορές τη βδομάδα για οκτώ εβδομάδες και περιλάμβανε τρεις σειρές ασκήσεων κάμψης καρπού με ή χωρίς αγγειακή απόφραξη. Πριν κάθε προπόνηση γινόταν μέτρηση της αρτηριακής πίεσης (σε ηρεμία) και η ένδειξη αποτελούσε δείκτη για την ρύθμιση της πίεσης της περιχειρίδας στην ομάδα άσκησης με ΠΑΡ. Η πίεση περιορισμού κυμάνθηκε στο 70% της συστολικής αρτηριακής πίεσης κατά την ηρεμία του κάθε συμμετέχοντα και διατηρήθηκε από την αρχή της προπόνησης μέχρι το τέλος της τελευταίας σειράς ασκήσεων. Η ομάδα που εκτέλεσε άσκηση με περιορισμό αιματικής ροής εμφάνισε μείωση πριν και μετά τη δοκιμή στη συστολική και διαστολική πίεση, τη μέση αρτηριακή πίεση και το διπλό γινόμενο, ενώ οι άλλες ομάδες δεν εμφάνισαν σημαντικές αιμοδυναμικές αλλαγές.



Εικόνα 3.14: Διάγραμμα συστολικής, διαστολικής και μέσης πίεσης στο τέλος της παρέμβασης (πηγή: (Cezar et al., 2016))

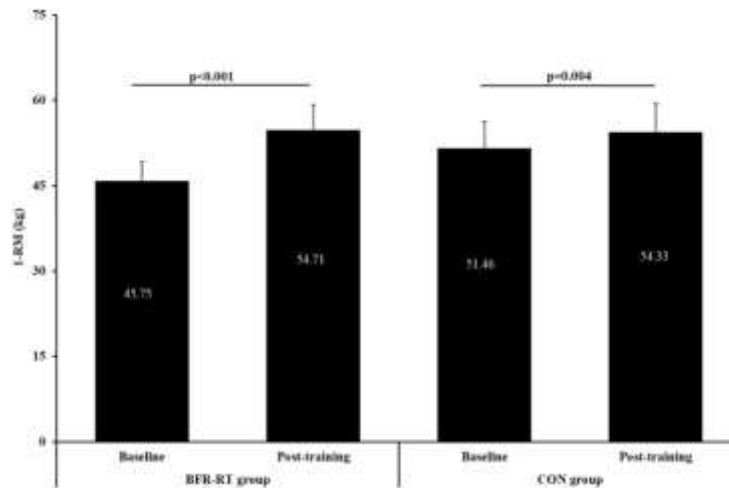
Παρά τις παραπάνω θετικές προσαρμογές της αερόβιας άσκησης χαμηλής έντασης με τεχνικές περιορισμού της αιματικής κυκλοφορίας, δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία ερευνητική προσπάθεια προς αξιολόγηση των επιδράσεων αυτού του τύπου θεραπευτικής άσκησης σε ασθενείς με καρδιαγγειακά προβλήματα. Μόνο μια έρευνα έχει επικεντρωθεί στις βραχυπρόθεσμες αιμοδυναμικές προσαρμογές μετά από αεροβική χαμηλής έντασης ΑΠΑΡ σε υπερτασικές ηλικιωμένες γυναίκες (Barili et al., 2018). Ειδικότερα, οι Barili και συν. (2018) ανέλυσε τις άμεσες αποκρίσεις των παραμέτρων του καρδιοαναπνευστικού και οξειδωτικού στρες στην αερόβια άσκηση χαμηλής έντασης με περιορισμό της ροής του αίματος σε υπερτασικές ηλικιωμένες γυναίκες. Το δείγμα της έρευνας απαρτιζόταν από δεκαέξι γυναίκες από 60 έως 75 ετών, η κάθε μία εκ των οποίων πραγματοποίησε σε τυχαία σειρά τρία πειραματικά πρωτόκολλα άσκησης: (α) υψηλής έντασης αερόβια άσκηση στο 50% της εκτιμώμενης κατανάλωσης οξυγόνου, (β) χαμηλής έντασης αερόβια άσκηση στο 30% της εκτιμώμενης κατανάλωσης οξυγόνου, και (γ) αερόβια άσκηση χαμηλής έντασης με περιορισμό της αιματικής ροής, η ένταση κυμάνθηκε στο 30% της εκτιμώμενης κατανάλωσης οξυγόνου και η πίεση περιορισμού ρυθμίστηκε στο 130% της ατομικής συστολικής πίεσης κατά την ηρεμία. Συλλέχθηκαν δείγματα αίματος σε τρεις διαφορετικές περιόδους: κατά την ηρεμία, αμέσως μετά την ολοκλήρωση κάθε προγράμματος προπόνησης και μετά από τριάντα λεπτά ανάρρωσης. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας καταδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της αερόβιας άσκησης χαμηλής έντασης με περιορισμό της αιματικής ροής, με πιθανά οφέλη για τον υπερτασικό ηλικιωμένο πληθυσμό.

Αντίστοιχα, μόνο έξι ερευνητικές προσπάθειες έχουν εξετάσει τις επιδράσεις της χαμηλής έντασης ΑΠΑΡ σε καρδιαγγειακούς ασθενείς παρουσιάζοντας θετικά αποτελέσματα όσον αφορά τη μυϊκή δύναμη, μάζα και υπερτροφία όπως και τη λειτουργικότητα αυτών των

ασθενών (Nakajima *et al.*, 2010; Fukuda *et al.*, 2013; Madarame *et al.*, 2013; Ishizaka *et al.*, 2019; Kambič *et al.*, 2019; Ogawa *et al.*, 2021). Βέβαια, οι τέσσερις από αυτές τις μελέτες χαρακτηρίζονται από σοβαρές μεθοδολογικές ελλείψεις καθώς αποτελούν πιλοτικές μελέτες και δεν καταλήγουν σε οριστικά συμπεράσματα (Madarame *et al.*, 2013; Ishizaka *et al.*, 2019; Kambič *et al.*, 2019; Ogawa *et al.*, 2021). Ειδικότερα, αναφέρουν θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την αύξηση της μυϊκής δύναμης και λειτουργικότητας χωρίς πρόκληση αλλαγών των αιμοστατικών και των δεικτών φλεγμονής.

Οι Madarame και συν. (2013) διερεύνησαν της αιμοστατικές και φλεγμονώδεις αποκρίσεις κατά την ΑΠΑΡ σε εννέα ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή νόσο. Οι συμμετέχοντες πραγματοποίησαν τέσσερα σετ αμφίπλευρης έκτασης γονάτων με φόρτιση 20% μιας μέγιστης επανάληψης με η χωρίς περιορισμό της αιματικής ροής. Οι τρεις προπονήσεις, απείχαν μεταξύ της τουλάχιστον μια εβδομάδα και απαρτίζονταν από ένα σετ των τριάντα επαναλήψεων ακολουθούμενο από τρία σετ των δεκαπέντε με περιόδους ξεκούρασης τριάντα δευτερολέπτων ενδιάμεσα. Κατά τη διάρκεια της ΑΠΑΡ οι περιχειρίδες τοποθετήθηκαν στα εγγύς τμήματα των μηρών και ρυθμίστηκαν στα 200 mmHg πίεσης. Η συμπίεση διατηρήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της προπόνησης συμπεριλαμβανομένων των περιόδων ανάπαυσης μεταξύ των σετ και απελευθερώθηκε αμέσως μετά το πέρας της. Συλλέχθηκαν δείγματα αίματος πριν, αμέσως μετά και μετά από μία ώρα από την άσκηση. Οι ερευνητές καταλήγουν ότι η χαμηλής έντασης άσκηση αντιστάσεων με ΠΑΡ είναι σχετικά ασφαλής για σταθερούς ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή νόσο, όσον αφορά της αιμοστατικές και φλεγμονώδεις αντιδράσεις.

Στο ίδιο πλαίσιο, οι Kambič και συν. (2019) εξέτασαν την ασφάλεια και αποτελεσματικότητα άσκησης αντιστάσεων με ΠΑΡ σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο αντιμετώπισης. Στη μελέτη συμμετείχαν εικοσιτέσσερις ασθενείς που κατανεμήθηκαν τυχαία σε δύο ομάδες: την ομάδα παρέμβασης (ΑΠΑΡ) και την ομάδα ελέγχου, εξίσου από δώδεκα άτομα. Τα άτομα στην ομάδα παρέμβασης ακολούθησαν ένα πρόγραμμα γυμναστικής οκτώ εβδομάδων κάνοντας συνολικά δεκαέξι προπονήσεις έκτασης γονάτων αμφίπλευρα. Κάθε εβδομάδα γινότουσαν δύο προπονήσεις με σαρανταοκτώωρες περιόδους ανάπαυσης ενδιάμεσα, οι οποίες αποτελούνταν από τρία σετ των οκτώ (1^ο σετ), δέκα (2^ο σετ) και δώδεκα (3^ο σετ) επαναλήψεων με διαστήματα ανάπαυσης σαρανταπέντε δευτερολέπτων ενδιάμεσα. Η επιβάρυνση ορίστηκε στο 30% μιας μέγιστης επανάληψης. Η πίεση απόφραξης της περιχειρίδας κυμάνθηκε μεταξύ του 15 και 20 mmHg μεγαλύτερη της βραχιόνιας συστολικής πίεσης κατά την ηρεμία, και διατηρήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια της προπόνησης και απελευθερώθηκε μετά το πέρας του τελευταίου σετ. Προκύπτει λοιπόν πως η άσκηση αντιστάσεων με ΠΑΡ είναι ασφαλής, προκαλεί σημαντική αύξηση μυϊκής δύναμης και ως εκ τούτου μπορεί να αποτελέσει μια επιπλέον επιλογή άσκησης για βελτίωση της λειτουργικότητας των σκελετικών μυών και της υγείας σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο.



Εικόνα 3.15: Διάγραμμα 1 ΜΕ πριν και μετά την παρέμβαση των δύο group (πηγή: (Kambič et al., 2019))

Παρομοίως οι Ishizaka και συν. (2019) εξέτασαν την μυϊκή ενεργοποίηση των μοιρών του τετρακέφαλου κατά την έκκεντρη και σύγκεντρη φάση της έκτασης γόνατος. Το δείγμα απαρτιζόταν από επτά καρδιαγγειακούς ασθενείς οι οποίοι εκτέλεσαν την άσκηση υπό τέσσερις συνθήκες: με επιβάρυνση 10% και 20% μιας μέγιστης επανάληψης, με και χωρίς ΠΑΡ. Κάθε φορά πραγματοποιούσαν τρία σετ των τριάντα επαναλήψεων αμφίπλευρα με τριάντα δευτερόλεπτα ανάπαυση ενδιάμεσα. Μεταξύ των διαφορετικών συνθηκών η περίοδος ανάπαυσης ήταν πέντε λεπτά. Η πίεση απόφραξης ρυθμίστηκε στα 180 mmHg και η περιχειρίδα παρέμεινε φουσκωμένη μεταξύ των σετ (30') και αφαιρούνταν μετά την ολοκλήρωση κάθε διαφορετικής συνθήκης άσκησης. Μέσω της έρευνας φάνηκε πως η μυϊκή ενεργοποίηση υπό συνθήκες ΠΑΡ είναι αντίστοιχη αυτής χωρίς ΠΑΡ σε πολύ χαμηλή ένταση (10%) και έφτασε σε ανώτατο όριο σε χαμηλής έντασης άσκηση (20%). Προτείνεται λοιπόν η χρήση της πολύ χαμηλής έντασης άσκηση (10%) καθώς θα ενεργοποιήσει σε μέγιστο βαθμό τον μυ ενώ ταυτόχρονα η επιβάρυνση θα είναι μικρή.

Ακόμα οι Ogawa και συν. (2021) διερεύνησαν τα αποτελέσματα και την ασφάλεια χαμηλής έντασης άσκησης με μέτριο ΠΑΡ όσων αφορά μυϊκή δύναμη και μάζα σε καρδιαγγειακούς ασθενείς μετά από χειρουργείο. Εικοσιένα άντρες κατανεμήθηκαν τυχαία στην ομάδα ελέγχου και την ομάδα άσκησης αντίστασης με ΠΑΡ. Όλοι οι ασθενείς έλαβαν ένα πρόγραμμα αποκατάστασης αερόβιας γυμναστικής αλλά η ομάδα ΠΑΡ εκτέλεσε επίσης ασκήσεις έκτασης γόνατων και πρέσας ποδιών με μέτριο ΠΑΡ δύο φορές την εβδομάδα για τρεις μήνες. Υπήρξε προοδευτική αύξηση έντασης και επιβάρυνσης κατά το διάστημα αυτό. Οι ερευνητές έδειξαν ότι η άσκηση αντιστάσεων χαμηλής έντασης με περιορισμό αιματικής ροής αυξάνει τη μυϊκή δύναμη και μάζα σε καρδιαγγειακούς ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε χειρουργείο. Συνολικά η άσκηση αντιστάσεων χαμηλής έντασης με ΠΑΡ είναι ασφαλής και αποτελεσματική στην αποκατάσταση καρδιαγγειακών νοσημάτων.

Οι Nakajima και συν. (2010) έδειξαν βελτίωση της μυϊκής δύναμης και αντοχής σε καρδιαγγειακούς ασθενείς μετά από πρόγραμμα ΑΠΑΡ χαμηλής έντασης που έκαναν για τρεις μήνες με προπονήσεις δύο φορές την εβδομάδα. Το δείγμα της έρευνας αποτελούταν από επτά άντρες ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή νόσο και εκτέλεσαν πρέσες ποδιών, εκτάσεις και κάμψεις γόνατων. Το πρόγραμμα προέβλεπε ένα σετ των τριάντα και έπειτα τρία των δεκαπέντε επαναλήψεων με ένα λεπτό ανάπαυσης ενδιάμεσα. Η ένταση κυμάνθηκε στα

20-30% μιας μέγιστης επανάληψης και η πίεση απόφραξης ρυθμίστηκε στα 100 mmHg και προοδευτικά αυξήθηκε στα 160-250 mmHg σε διάστημα δύο-τριών εβδομάδων.

Τέλος οι Fukuda και συν. (2013) αξιολόγησαν την μυϊκή ενεργοποίηση σε καρδιαγγειακούς ασθενείς που έκαναν ασκήσεις κάμψης δικεφάλου μικρής αντίστασης με ΠΑΡ σε σύγκριση με άσκηση χαμηλής αντίστασης και έδειξαν ότι η ομάδα παρέμβασης (ΑΠΑΡ) παρουσίασε στατιστικά μεγαλύτερη ενεργοποίηση από την ομάδα ελέγχου (άσκηση χαμηλής αντίστασης), παρουσιάζοντας την χαμηλής έντασης ΑΠΑΡ ως μια αποτελεσματική μέθοδο άσκησης για βελτίωση της μυϊκής υπερτροφίας.

3.3.4 Χαρακτηριστικά μελετών

Για την διευκόλυνση της μελέτης στο κομμάτι της σύγκρισης των ερευνών, η καταγραφή των χαρακτηριστικών τους έγινε με τη χρήση πίνακα, ο οποίος παρουσιάζεται παρακάτω. Όλες οι έρευνες που πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου και εντάχθηκαν στην ανασκόπηση ήταν τυχαιοποιημένες.

Πίνακας 3.3: Καταγραφή χαρακτηριστικών των ερευνών

| Έρευνες Χαρακτ/κά | (Abe, Kearns and Sato, 2006) | (Abe <i>et al.</i> , 2010) | (Conceição <i>et al.</i> , 2019) | (Zhao, Lin and Jiao, 2021) | (Shimizu <i>et al.</i> , 2016) |
|---|---|---|--|---|---|
| Αριθμός συμμετεχόντων | 18 (9 Kaatsu-walk, 9 control-walk) | 19 (60-78 ετών) (11 KAATSU-walk, 8 control) | 30 (10 ET-BFR, 10 RT, 10 ET) | 24 (RT, LP-RT, HP-RT) | 40 (65-75 ετών) |
| Κατάσταση υγείας | υγιείς | υγιείς | υγιείς | υγιείς | υγιείς |
| Φύλο | 18 Α | 4 Α 15 Γ | 30 Α | 24 Α | 33 Α 7 Γ |
| Drop out | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Θεραπευτική Παρέμβαση-πρόγραμμα άσκησης | 2 / μέρα, 6 / εβδομάδα: 5 σετ 2-min (50 m/min), με 1-min rest, 160-230 mmHg | 1 / μέρα, 5 / εβδομάδα: 20-min (67 m/min), 160-200 mmHg | 4 / εβδομάδα: 30-min ποδηλασία, 40% VO _{2max} , 80% της μέγιστης κνημιαίας αρτηριακής πίεσης | 5 / εβδομάδα, 5 σετ/μέρα, 20 times/min/set, 2-min break, άσκηση αντιστάσεων, 30% 1ME, LP-RT: 65% της συστολικής πίεσης, HP-RT: 130% | 1 / μέρα, 3 / εβδομάδα: 15-min RT, 3 σετ 20 leg extension-leg press-rowing-chest press, 30 sec break, 20% 1ME, Ύψος μηριαίας συστολικής πίεσης |
| Χρονική διάρκεια παρέμβασης | 3 εβδομάδες | 6 εβδομάδες | 8 εβδομάδες | 8 εβδομάδες | 4 εβδομάδες |
| Αξιολόγηση έκβασης | MRI, 1 ME, ισομετρική ισχύ, παραμέτρους ορμ. αίματος | Ισομετρική, ισοκίνητική ισχύ, περιφέρεια, υπέρηχος | 1 ME, περιφέρεια, βιοψία, VO _{2max} | Καρδιακή λειτ., αιμοδυναμική, λειτ. ενδοθλίου φλεβών | 1ME, λειτ ενδοθλίου φλεβών, περιφερική κυκλοφορία, δείγματα αίματος |
| Αποτελέσματα | Βάδιση ΠΑΡ χαμηλής ταχύτητας προκαλεί υπερχροφία και αύξηση δύναμης | Βάδιση ΠΑΡ προκαλεί αύξηση μυϊκής δύναμης, μάζας, λειτ ικανότητας, όχι αλλαγές στην αερόβια ικανότητα | Άσκηση αντοχής ΠΑΡ προκαλεί αύξηση μυϊκής δύναμης, υπερχροφία, βελτίωση καρδιαν ικανότητα με μικρότερο φόρτο | Χαμηλής έντ άσκηση αντίστασης ΠΑΡ βελτιώνει την καρδιακή λειτουργία και την λειτουρ/τα του ενδοθλίου των φλεβών | Χαμηλής έντ άσκηση αντίστασης ΠΑΡ προκαλεί αύξηση μυϊκής δύναμης, βελτίωση λειτουρ/τας ενδοθλίου των φλεβών και περιφερικής αιματικής κυκλοφορίας |

| Έρευνες | (Cezar <i>et al.</i> , 2016) | (Barili <i>et al.</i> , 2018) | (Madarama <i>et al.</i> , 2013) | (Kambič <i>et al.</i> , 2019) | (Ishizaka <i>et al.</i> , 2019) |
|---|--|--|---|--|--|
| Χαρακτ/κά | | | | | |
| Αριθμός συμμετεχόντων | 23 (7 WFBFR, 8 WFE, 7 control) | 16 (60-75 ετών) (α) ΗΙΑΕ, (β) ΛΙΑΕ, (γ) ΛΙΑΕ+BFR | 9 | 24 (12 ΑΠΑΡ, 12 control) | 7 |
| Κατάσταση υγείας | Υπέρταση υπό φαρμακευτική αγωγή | Υπέρταση | Ισχαιμική καρδιακή νόσο | Στεφανιαία νόσο | Μετεγγ/κοί καρδιαγγ/κοί ασθενείς |
| Φύλο | 23 Γ | 16 Γ | 7 Α 2 Γ | 18 Α 6 Γ | 6 Α 1 Γ |
| Drop out | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Θεραπευτική Παρέμβαση-πρόγραμμα άσκησης | 2 / εβδομάδα, 3 σετ, 30 sec rest, 3 σειρές ασκήσεων κάμψης καρπού, 30% 1ΜΕ, 70% της συστολικής αρτηριακής πίεσης | 1 / εβδομάδα, αερόβια άσκηση, 30% της εκτιμώμενης κατανάλωσης οξυγόνου, 130% της ατομικής συστολικής πίεσης (ηρεμία) | 3 προπον 1 εβδ ανδιάμεσα, 4 σετ (30, 3x15), 30 sec rest, αμφ έκτ. γονάτων, 20% 1ΜΕ, 200 mmHg | 2 / εβδ, 48h ενδ, 3 σετ (8,10,12), 45 sec rest, αμφ έκτ γονάτων, 30% 1ΜΕ, 15-20 mmHg > βραχιόνιας συστολικής πίεσης (ηρεμία) | 3 σετ, 30 επαν, 30 sec rest, αμφ εκτ γονάτων, 5 min μεταξύ συνθηκών, 10%, 20% 1 ΜΕ, 180 mmHg |
| Χρονική διάρκεια παρέμβασης | 8 εβδομάδες | 4 εβδομάδες | 3 εβδομάδες | 8 εβδομάδες | 1 συνεδρία |
| Αξιολόγηση έκβασης | Πίεση, καρδιακός ρυθμός, δείγματα αίματος | Δείγματα αίματος | Δείγματα αίματος | 1 ΜΕ, υπέρηχος, δείγματα αίματος | EMG Δ ορθός μηριαίος, έξω, μέσος πλατύς |
| Αποτελέσματα | ΑΠΑΡ προκαλεί μείωση συστολικής, διαστολικής πίεσης, μέσης αρτηριακής πίεσης και διπλού γινομένου | Αερόβια ΑΠΑΡ προκαλεί οξειδωτική κατάσταση και αιμοδυναμικό ερέθισμα παρόμοιο με υψηλής εντ αεροβια άσκηση | Η άσκηση αντίστασης χαμηλής έντασης με ΠΑΡ δεν επηρεάζει τις επαγόμενες από την άσκηση αιμοστατικές και φλεγμονώδεις αποκρίσεις σε σταθερούς ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή νόσο. | Η άσκηση αντιστάσεων με ΠΑΡ είναι ασφαλής και προκαλεί σημαντική αύξηση μυϊκής δύναμης | Η μυϊκή ενεργοποίηση υπό συνθήκες ΠΑΡ είναι αντίστοιχη αυτής χωρίς ΠΑΡ σε πολύ χαμηλή ένταση (10%) και έφτασε σε ανώτατο όριο σε χαμηλής έντασης άσκηση (20%). |

| Έρευνες | (Ogawa <i>et al.</i> , 2021) | (Nakajima <i>et al.</i> , 2010) | (Fukuda <i>et al.</i> , 2013) |
|---|--|--|---|
| Χαρακτ/κά | | | |
| Αριθμός συμμετεχόντων | 21 | 7 | 6 |
| Κατάσταση υγείας | Μετεγγ/κοί καρδιαγ/κοί ασθενείς | Ισχαιμική καρδιακή νόσο | Καρδιαγγειακοί ασθενείς |
| Φύλο | 21 Α | 7 Α | 6 Α |
| Drop out | 0 | 0 | 0 |
| Θεραπευτική Παρέμβαση-πρόγραμμα άσκησης | 2 / εβδομάδα, προοδευτικά 3 σετ, 30 επαν, 30 sec rest, έκτ-κάμψη γον, πρέσα ποδιών, 20-30% 1 ΜΕ, 100 mmHg (αρχ) > 160–200 mmHg | 2 / εβδομάδα, 4 σετ (30,15,15,15), 1 min rest, έκτ-κάμψη γονάτων, πρέσα ποδιών, 20-30% 1 ΜΕ, 100 mmHg (αρχ) > 160-250 mmHg | 4 σετ (30,15,15,15), 30 sec rest, κάμψη δικεφάλου, ελαστική ταινία, 110-160 mmHg |
| Χρονική διάρκεια παρέμβασης | 3 μήνες | 3 μήνες | 1 συνεδρία |
| Αξιολόγηση έκβασης | Υέρηχος καρδιάς | 1 ΜΕ, VO _{2max} , δείγματα αίματος | EMG (δικέφαλος βραχιόνιος) |
| Αποτελέσματα | Η άσκηση αντιστάσεων χαμηλής έντασης με περιορισμό αιματικής ροής αυξάνει τη μυϊκή δύναμη και μάζα σε καρδιαγγειακούς ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε χειρουργείο. | Η ΑΠΑΡ προκαλεί βελτίωση της μυϊκής δύναμης και αντοχής σε καρδιαγγειακούς ασθενείς | Η ΑΠΑΡ προκαλεί στατιστικά μεγαλύτερη μυϊκή ενεργοποίηση από την άσκηση χαμηλής αντίστασης. |

3.4 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.4.1 Σύνοψη χαρακτηριστικών – αποτελέσματα των ερευνών

Οι έρευνες που συμπεριλήφθηκαν στην ανασκόπηση ήταν τυχαιοποιημένες. Ο αριθμός των συμμετεχόντων δεν παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση με την έρευνα των Fukuda και συν. (2013) να έχει μόλις 6 συμμετέχοντες ενώ αυτή των Shimizu και συν. (2016) να ερευνά συνολικά 40 άτομα. Επίσης, παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη διάρκεια της παρέμβασης, η οποία κυμαίνεται από 3 εβδομάδες (Abe, Kearns and Sato, 2006) μέχρι και 3 μήνες (Nakajima *et al.*, 2010; Ogawa *et al.*, 2021). Τέλος, δύο έρευνες ολοκληρώθηκαν σε μία συνεδρία (Fukuda *et al.*, 2013; Ishizaka *et al.*, 2019). Από τις μελέτες που αναλύθηκαν σε 5 συμμετείχαν υγιείς άτομα (Abe, Kearns and Sato, 2006; Abe *et al.*, 2010; Shimizu *et al.*, 2016; Conceição *et al.*, 2019; Zhao, Lin and Jiao, 2021), 2 εξέτασαν υπερτασικούς ασθενείς (Cezar *et al.*, 2016; Barili *et al.*, 2018), 2 ασχολήθηκαν με ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή νόσο (Nakajima *et al.*, 2010; Madarame *et al.*, 2013), σε 2 το δείγμα αποτελούνταν από μεταγχειρητικούς καρδιαγγειακούς ασθενείς (Ishizaka *et al.*, 2019; Ogawa *et al.*, 2021), 1 εξέτασε ασθενείς με στεφανιαία νόσο (Kambič *et al.*, 2019) και 1 πραγματοποιήθηκε με καρδιαγγειακούς ασθενείς (δεν αναφέρεται χειρουργείο) (Fukuda *et al.*, 2013).

Τα αποτελέσματα των ερευνών, συγκεντρωτικά, αναφέρουν την αύξηση της μυϊκής μάζας, δύναμης και λειτουργικότητας, μυϊκή υπερτροφία όπως και την βελτίωση της καρδιαγγειακής λειτουργίας, της υγείας του αγγειακού συστήματος, υπογραμμίζοντας τα ενδεχόμενα θετικά μέσω της εφαρμογής της ΑΠΑΡ σε καρδιαγγειακούς ασθενείς. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα των Abe, Kearns και Sato (2006) έδειξε πως η εφαρμογή της ΑΠΑΡ σε προπόνηση βαδίσματος χαμηλής ταχύτητας προκαλεί υπερτροφία και αύξηση δύναμης του μυ, παρά το ελάχιστο επίπεδο έντασης της άσκησης. Η έρευνα των Abe και συν. (2010) υποδεικνύει ότι η προπόνηση βάδισης σε συνδυασμό με περιορισμό αιματικής ροής μπορεί να επιφέρει αύξηση στη μυϊκή δύναμη και μάζα, όπως και στη λειτουργική ικανότητα σε ηλικιωμένους. Βέβαια δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές στην αερόβια ικανότητα των συμμετεχόντων στο διάστημα αυτό. Οι Conceição και συν. (2019) στην έρευνα που πραγματοποίησαν, καταλήγουν στο ότι η άσκηση αντοχής με ΠΑΡ μπορεί να αυξήσει τη μυϊκή δύναμη και να προκαλέσει αντίστοιχες αλλαγές στο μέγεθος του μυ (υπερτροφία) σε σύγκριση με τη συμβατική άσκηση αντιστάσεων, ενώ η καρδιοαναπνευστική ικανότητα μπορεί να βελτιωθεί και με ένα σημαντικά χαμηλότερο φόρτο εργασίας συγκριτικά με την συμβατική άσκηση αντοχής. Οι έρευνες των Zhao, Lin και Jiao (2021) όπως και των Shimizu και συν. (2016) αποδεικνύουν ότι η άσκηση αντιστάσεων με ΠΑΡ χαμηλής έντασης βελτιώνει τη λειτουργικότητα του ενδοθηλίου των φλεβών παράλληλα με τη καρδιακή λειτουργία και τη περιφερική κυκλοφορία. Η έρευνα των Cezar και συν. (2016) έδειξε πως η άσκηση αντιστάσεων με ΠΑΡ χαμηλής έντασης προκαλεί μείωση της αρτηριακής πίεσης σε υπερτασικά άτομα υπό φαρμακευτική αγωγή. Η έρευνα των Barili και συν. (2018) έδειξε πως η αερόβια άσκηση με ΠΑΡ έχει θετικά αποτελέσματα σε υπερτασικό πληθυσμό. Οι έρευνες των Madarame και συν. (2013) και των Kambič και συν. (2019) έδειξε ότι η χαμηλής έντασης άσκηση αντιστάσεων με ΠΑΡ είναι ασφαλής για σταθερούς ασθενείς με ισχαιμική καρδιακή νόσο και για ασθενείς με στεφανιαία νόσο αντίστοιχα. Η έρευνα των Ishizaka και συν. (2019) έδειξε ότι η μυϊκή ενεργοποίηση υπό συνθήκες ΠΑΡ είναι αντίστοιχη αυτής χωρίς ΠΑΡ σε πολύ χαμηλή ένταση. Η έρευνα των Ogawa και συν. (2021) έδειξε ότι η άσκηση αντιστάσεων χαμηλής

έντασης με περιορισμό αιματικής ροής αυξάνει τη μυϊκή δύναμη και μάζα σε καρδιαγγειακούς ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε χειρουργείο. Η έρευνα των Nakajima και συν. (2010) έδειξε ότι η μυϊκή δύναμη και αντοχή σε καρδιαγγειακούς ασθενείς παρουσιάζει βελτίωση μετά από πρόγραμμα ΑΠΑΡ χαμηλής έντασης τριών μηνών. Η έρευνα των Fukuda και συν. (2013) έδειξε ότι η μυϊκή ενεργοποίηση σε καρδιαγγειακούς ασθενείς είναι στατιστικά μεγαλύτερη σε ασκήσεις κάμψης δικεφάλου μικρής αντίστασης με ΠΑΡ σε σύγκριση με άσκηση χαμηλής αντίστασης.

Βέβαια, πρέπει να σημειωθεί πως οι δύο τελευταίες έρευνες έχουν δημοσιευτεί σε ένα περιοδικό το οποίο ασχολείται μόνο με τον περιορισμό αιματικής ροής (Int. J. KAATSU Training).

3.4.2 Περιορισμοί ανασκόπησης

Οι περιορισμοί της ανασκόπησης αφορούν τον μικρό αριθμό των υπαρχόντων ερευνών ορισμένων εκ των οποίων παρουσιάζουν μεθοδολογικά προβλήματα. Αυτό πιθανόν συμβαίνει λόγω του καινοτόμου της μεθόδου και της αβεβαιότητας της ασφάλειας και των αποτελεσμάτων. Σημαντική είναι η μελέτη των μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων για την αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών νόσων διότι απασχολούν ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού. Επομένως, περιορισμό αποτελεί η χρονική διάρκεια της παρέμβασης όπως επίσης και ο μικρός αριθμός του δείγματος.

3.4.3 Ερευνητική και κλινική σημασία της ανασκόπησης

Στην παρούσα ανασκόπηση πραγματοποιήθηκε ενδελεχής αναζήτηση και αξιολόγηση της βιβλιογραφίας. Συγκεντρώθηκαν και παρατέθηκαν στοιχεία όσων αφορά την ασφάλεια εφαρμογής και τις επιδράσεις της μεθόδου στον οργανισμό. Επιστημάνθηκε η ανάγκη ανάδειξης της ΑΠΑΡ ως εναλλακτική μέθοδο θεραπευτικής άσκησης στην αντιμετώπιση των καρδιαγγειακών νόσων στηριζόμενη στα αποτελέσματα των μέχρι τώρα ερευνών. Καταλήγοντας, χρήσιμο θα ήταν να πραγματοποιηθούν πιο εκτεταμένες έρευνες χρονικά παράλληλα με ένα αξιολογικό δείγμα οι οποίες θα εξετάζουν τις επιδράσεις της αερόβιας άσκησης χαμηλής έντασης με περιορισμό της αιματικής ροής, προς εξαγωγή έγκυρων αποτελεσμάτων. Έτσι, ο ερευνητής μπορεί να στηριχθεί σε αξιόπιστα αποτελέσματα και ο θεραπευτής να αισθάνεται σιγουριά ερχόμενος αντιμέτωπος με τα καρδιαγγειακά νοσήματα.

3.4.4 Προτάσεις μελλοντικών ερευνών

Επιτακτική είναι η ανάγκη δημιουργίας ερευνών που θα εξετάζουν τις προσαρμογές της άσκησης με περιορισμό της αιματικής ροής σε καρδιαγγειακούς ασθενείς σε μακροπρόθεσμο διάστημα καθώς και θα ορίσουν τις ιδανικές παραμέτρους εφαρμογής της μεθόδου (π.χ. επιβάρυνση, πίεση απόφραξης) παράλληλα με το εκτελούμενο έργο (επαναλήψεις, σετ, γύροι,

προπονήσεις). Συμπερασματικά, κρίνεται αναγκαία η ύπαρξη καλύτερης ποιότητας ερευνών για το συγκεκριμένο αντικείμενο μελέτης.

3.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα ανασκόπηση βιβλιογραφίας διερεύνησε ένα ερώτημα εξέχουσας σημασίας για τον φυσιοθεραπευτικό κλάδο. Εξέτασε την ασφάλεια και τις ενδεχόμενες επιδράσεις της ΑΠΑΡ σε καρδιαγγειακούς ασθενείς. Έπειτα από τη μελέτη 13 ερευνών συμπεραίνεται ότι η ΑΠΑΡ κρίνεται ασφαλής και επιδρά θετικά προς τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε σε όλες τις έρευνες που συμπεριλήφθηκαν, μολονότι κάποιες από αυτές ήταν φτωχής ή απροσδιόριστης ποιότητας. Τονίζεται η επάρκεια της ΑΠΑΡ περί πρόκλησης θετικών μορφολογικών και λειτουργικών αλλαγών στους σκελετικούς μύες, και παράλληλα οι θετικές επιδράσεις της στην υγεία και λειτουργικότητα του καρδιαγγειακού συστήματος. Εν κατακλείδι, οι μελλοντικές έρευνες θα ήταν ωφέλιμο να εστιάσουν τη προσοχή τους στη συλλογή δεδομένων που στοχεύουν στα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα μέσω της διεξαγωγής περισσότερων ποιοτικών ερευνών στο θέμα αυτό.

BIBLIOGRAFIA - ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

Abe, T. *et al.* (2010) 'Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults', *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 33(1), pp. 34–40. doi: 10.1097/JPT.0b013e3181d07a73.

Abe, T., Kearns, C. F. and Sato, Y. (2006) 'Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training', *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 100(5), pp. 1460–1466. doi: 10.1152/JAPPLPHYSIOL.01267.2005.

Alshehri, A. *et al.* (2020) 'Impact of the pharmacist-led intervention on the control of medical cardiovascular risk factors for the primary prevention of cardiovascular disease in general practice: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials', *British journal of clinical pharmacology*, 86(1), pp. 29–38. doi: 10.1111/BCP.14164.

Balakumar, P., Maung-U, K. and Jagadeesh, G. (2016) 'Prevalence and prevention of cardiovascular disease and diabetes mellitus', *Pharmacological research*, 113(Pt A), pp. 600–609. doi: 10.1016/J.PHRS.2016.09.040.

Barili, A. *et al.* (2018) 'Acute responses of hemodynamic and oxidative stress parameters to aerobic exercise with blood flow restriction in hypertensive elderly women', *Molecular biology reports*, 45(5), pp. 1099–1109. doi: 10.1007/S11033-018-4261-1.

Bittar, S. *et al.* (2018) 'Effects of blood flow restriction exercises on bone metabolism: a systematic review', *Clinical physiology and functional imaging*, 38(6), pp. 930–935. doi: 10.1111/CPF.12512.

Cardiovascular disease - NHS (no date). Available at: <https://www.nhs.uk/conditions/cardiovascular-disease/> (Accessed: 21 April 2021).

Cezar, M. A. *et al.* (2016) 'Effects of exercise training with blood flow restriction on blood pressure in medicated hypertensive patients', *Motriz: Revista de Educação Física*, 22(2), pp. 9–17. doi: 10.1590/S1980-6574201600020002.

Conceição, M. S. *et al.* (2019) 'Augmented Anabolic Responses after 8-wk Cycling with Blood Flow Restriction', *Medicine and science in sports and exercise*, 51(1), pp. 84–93. doi: 10.1249/MSS.0000000000001755.

Cook, S. B. *et al.* (2018) 'Neuromuscular Adaptations to Low-Load Blood Flow Restricted Resistance Training', *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(1), p. 66. Available at: </pmc/articles/PMC5844210/> (Accessed: 20 September 2021).

Cristina-Oliveira, M. *et al.* (2020) 'Clinical safety of blood flow-restricted training?: A comprehensive review of altered muscle metaboreflex in cardiovascular disease during ischemic exercise', *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*. American Physiological Society, pp. H90–H109. doi: 10.1152/ajpheart.00468.2019.

da Cunha Nascimento, D., Schoenfeld, B. J. and Prestes, J. (2020) 'Potential Implications of Blood Flow Restriction Exercise on Vascular Health: A Brief Review', *Sports Medicine*. Springer, pp. 73–81. doi: 10.1007/s40279-019-01196-5.

DevelopingCountries, I. of M. (US) C. on P. the G. E. of C. D. M. the C. in, Fuster, V. and Kelly, B. B. (2010) *Promoting Cardiovascular Health in the Developing World, Promoting*

Cardiovascular Health in the Developing World: A Critical Challenge to Achieve Global Health. National Academies Press (US). doi: 10.17226/12815.

Drake, R. L., Vogl, A. W. and Adam, W. M. M. (2020) *Gray's Anatomy for Students*.

Fiuza-Luces, C. *et al.* (2018) 'Exercise benefits in cardiovascular disease: beyond attenuation of traditional risk factors', *Nature Reviews Cardiology*. Nature Publishing Group, pp. 731–743. doi: 10.1038/s41569-018-0065-1.

Francula-Zaninovic, S. and Nola, I. (2018) 'Management of Measurable Variable Cardiovascular Disease' Risk Factors', *Current cardiology reviews*, 14(3), pp. 153–163. doi: 10.2174/1573403X14666180222102312.

Fukuda, T. *et al.* (2013) 'Low-intensity kaatsu resistance exercises using an elastic band enhance muscle activation in patients with cardiovascular diseases', *International Journal of KAATSU Training Research*, 9(1), pp. 1–5. doi: 10.3806/IJKTR.9.1.

Hansen, D. *et al.* (2018) 'Exercise Prescription in Patients with Different Combinations of Cardiovascular Disease Risk Factors: A Consensus Statement from the EXPERT Working Group', *Sports Medicine*. Springer International Publishing, pp. 1781–1797. doi: 10.1007/s40279-018-0930-4.

Ishizaka, H. *et al.* (2019) 'Blood Flow Restriction Increases the Neural Activation of the Knee Extensors During Very Low-Intensity Leg Extension Exercise in Cardiovascular Patients: A Pilot Study', *Journal of clinical medicine*, 8(8). doi: 10.3390/JCM8081252.

Kambič, T. *et al.* (2019) 'Blood Flow Restriction Resistance Exercise Improves Muscle Strength and Hemodynamics, but Not Vascular Function in Coronary Artery Disease Patients: A Pilot Randomized Controlled Trial', *Frontiers in physiology*, 10(JUN). doi: 10.3389/FPHYS.2019.00656.

Lixandrão, M. E. *et al.* (2018) 'Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis', *Sports Medicine*, 48(2), pp. 361–378. doi: 10.1007/S40279-017-0795-Y.

Madarame, H. *et al.* (2013) 'Haemostatic and inflammatory responses to blood flow-restricted exercise in patients with ischaemic heart disease: a pilot study', *Clinical physiology and functional imaging*, 33(1), pp. 11–17. doi: 10.1111/J.1475-097X.2012.01158.X.

Nakajima, T. *et al.* (2010) 'Effects of low-intensity KAATSU resistance training on skeletal muscle size/strength and endurance capacity in patients with ischemic heart disease', *International Journal of KAATSU Training Research*, 6(1), pp. 1–7. doi: 10.3806/IJKTR.6.1.

Neumann, D. A. (2016) *Kinesiology of the Musculoskeletal System*. 3rd edn. Mosby.

Available at:

https://books.google.com.sg/books?id=FeJOAQAQBAJ&pg=PA210&lpg=PA210&dq=Law+of+parsimony+muscles&source=bl&ots=BVOGjZxMQx&sig=ACfU3U3sXeSBZMbNW8EuVr7odyGV393_Kw&hl=en&sa=X&ved=2ahUKewjpmleT5pHoAhWJILcAHdTXDScQ6AEwCXoECAkQAQ#v=onepage&q=Law of parsimony mu (Accessed: 21 September 2021).

Ogawa, H. *et al.* (2021) 'Low-Intensity Resistance Training with Moderate Blood Flow Restriction Appears Safe and Increases Skeletal Muscle Strength and Size in Cardiovascular Surgery Patients: A Pilot Study', *Journal of Clinical Medicine*, 10(3), pp. 1–13. doi:

10.3390/JCM10030547.

Patterson, S. *et al.* (2019) 'Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety', *Frontiers in physiology*, 10(MAY). doi: 10.3389/FPHYS.2019.00533.

Pearson, S. J. and Hussain, S. R. (2015) 'A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy', *Sports Medicine*. Springer International Publishing, pp. 187–200. doi: 10.1007/s40279-014-0264-9.

Price, K. *et al.* (2016) 'A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: Is there an international consensus?', *European journal of preventive cardiology*, 23(16), pp. 1715–1733. doi: 10.1177/2047487316657669.

Qaisar, R., Bhaskaran, S. and Van Remmen, H. (2016) 'Muscle fiber type diversification during exercise and regeneration', *Free radical biology & medicine*, 98, pp. 56–67. doi: 10.1016/J.FREERADBIOMED.2016.03.025.

Shimizu, R. *et al.* (2016) 'Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people', *European journal of applied physiology*, 116(4), pp. 749–757. doi: 10.1007/S00421-016-3328-8.

Spranger, M. D. *et al.* (2015) 'Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: A call for concern', *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*. American Physiological Society, pp. H1440–H1452. doi: 10.1152/ajpheart.00208.2015.

Spranger, M. D. (2020) 'Commentary: Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety', *Frontiers in Physiology*, 11. doi: 10.3389/FPHYS.2020.599592.

WHO / World Health Organization (no date). Available at: <https://www.who.int/home> (Accessed: 20 April 2021).

Zhao, Y., Lin, A. and Jiao, L. (2021) 'Eight weeks of resistance training with blood flow restriction improve cardiac function and vascular endothelial function in healthy young Asian males', *International health*, 13(5), pp. 471–479. doi: 10.1093/INTHEALTH/IHAA089.