



ΔΗΜΟΚΡΕΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΕΡΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΕΡΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ**

ΔΙΪΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

“Κλινική Άσκηση και Εφαρμογές της Τεχνολογίας στην Υγεία”

του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής, Αθλητισμού και Εργοθεραπείας του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης και του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» - Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εκτίμηση των παραμέτρων αιματικής ροής, πριν και μετά την εκτέλεση
μονόπλευρης άσκησης του άνω άκρου, μετά από την απόφραξη του
αντιβραχίου σε ενήλικες με και χωρίς μεταβολικές παθήσεις**

Άννα Νικολαΐδου [Α.Ε.Μ.12124]

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε στο Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος στην “Κλινική Άσκηση και Εφαρμογές της Τεχνολογίας στην Υγεία” σε συνεργασία με Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» - Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Επιβλέπων Καθηγητής: Απόστολος Σπάσης, *Μέλος Ε.Ε.Π. Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ*

2ο Μέλος: Ηλίας Σμήλιος, *Καθηγητής Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.*

3ο Μέλος: Ελένη Δούδα, *Καθηγήτρια Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.*

Κομοτηνή, 2025



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION, SPORTS SCIENCE AND ERGOTHERAPY

**DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION, SPORTS SCIENCE AND
ERGOTHERAPY**

INTERINSTITUTIONAL POSTGRADUATE PROGRAM OF POSTGRADUATE STUDIES

"Clinical Exercise and Applications of Technology in Health"

of the Department of Physical Education and Sport of the School of Physical Education, Sport Science and Ergotherapy of Democritus University of Thrace in collaboration with the National Center for Science Research "DEMOKRITOS" - The Institute of Informatics and Telecommunications (IIT)

MASTER DISSERTATION

**Assessment of blood flow parameters, before and after performing
unilateral upper extremity exercise, after forearm occlusion in adults with
and without metabolic diseases**

Anna Nikolaidou [R.N. 12124]

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Master's Degree in "Clinical Exercise and Applications of Technology in Health" of the Department of Physical Education and Sport of the School of Physical Education and Sport Science of Democritus University of Thrace in collaboration with the National Center for Science Research "DEMOKRITOS" - The Institute of Informatics and Telecommunications (IIT)

COMMITTEE OF EXAMINERS

Supervisor: Apostolos Spassis, Specialized Teaching Staff, D.P.E.S.S. – D.U.T.H.

Member 2: Ilias Smilios, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Member 3: Helen Douda, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Komotini, 2025



**© 2025 Διδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Κλινική Άσκηση και Εφαρμογές της Τεχνολογίας στην Υγεία»**

του Τμήματος Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (Τ.Ε.Φ.Α.Α.) της Σχολής Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού (Σ.Ε.Φ.Α.Α.) του Δημοκριτείου Πανεπιστημίου Θράκης (Δ.Π.Θ.) σε συνεργασία με το Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» (Ε.ΚΕ.Φ.Ε. «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ») - Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών.



*Αφιερώνω την μεταπτυχιακή μου διατριβή στα
αδέρφια μου, Γιώργο και Χρυσάνθη, που μαζί
μοιραζόμαστε το «μικρόβιο» της φυσικής αγωγής και
του αθλητισμού που μας κληροδότησε ο αείμνηστος
πατέρας μας, στην μητέρα μου, Δέσποινα, που πάντα
στέκεται βράχος δίπλα μας, και σε έναν ιδιαίτερο
άνθρωπο που στέκεται δίπλα μου και με στηρίζει,
τον Πέτρο.*



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Άννα Νικολαΐδου: Εκτίμηση των παραμέτρων αιματικής ροής, πριν και μετά την εκτέλεση μονόπλευρης άσκησης του άνω άκρου, μετά από την απόφραξη του αντιβραχίου σε ενήλικες με και χωρίς μεταβολικές παθήσεις.

(Με την επίβλεψη του Απόστολου Σπάση, μέλος Ε.Ε.Π)

Η προπόνηση με αντιστάσεις έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε κλινικούς και μη κλινικούς πληθυσμούς ως μέσο πρόληψης και θεραπείας χρόνιων παθήσεων αλλά και αξιολόγησης της φυσιολογικής ή μη αγγειακής λειτουργίας. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η συνεχής παρακολούθηση 4λεπτων περιόδων αποκατάστασης που ακολουθούν μετά από 2λεπτη βραχιόνια απόφραξη και η σύγκριση των παραμέτρων (ΚΣ, ΣΑΠ, ΔΑΠ, ΔΓ κ.α.) της αιματικής ροής πριν και μετά από μία αυστηρά δομημένη, σύντομη συνεδρία ισοτονικής και ισομετρικής ενεργοποίησης του ενός άνω άκρου. Το δείγμα αποτελούνταν από είκοσι (n=20) ενήλικα άτομα με και χωρίς μεταβολικές παθήσεις, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες ανάλογα με την μεταβολική τους υγεία και τη χρονολογική τους ηλικία. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε η ομάδα των νεαρών, μη δραστήριων φοιτητών (n=10, ηλικίας: 22,1±1,9yrs, ύψους: 180,1±9,6cm, Σ.Β.: 87,93±22,17kg, ΔΜΣ: 26,79±4,9kg/m², σωματικού λίπους: 24,86±7%) και η ομάδα των ατόμων μέσης ηλικίας (n=10, ηλικίας: 57,2±9,4yrs, ύψους: 173,7±8,7cm, Σ.Β.: 102,6±20,5kg, ΔΜΣ: 34,0±6,3kg/m², σωματικού λίπους: 35,5±7,2%) οι οποίοι ακολούθησαν ένα ήπιο πρόγραμμα εβδομαδιαίας σωματικής άσκησης. Το πρωτόκολλο αξιολόγησης περιείχε συνθήκες ηρεμίας και φλεβικής απόφραξης πριν και μετά την ήπια ασκησιογενή ενεργοποίηση του άνω άκρου. Συγκεκριμένα, το πρωτόκολλο ενεργοποίησης εκτελέστηκε με χρήση εξωτερικής αντίστασης (αλτήρας 3,6kg). Η διαδικασία συλλογής/καταγραφής των δεδομένων ολοκληρώθηκε σε μια μόνο συνεδρία. Για την παρακολούθηση της αιματικής ροής των συμμετεχόντων κατά τη φλεβική απόφραξη, πριν και μετά το δομημένο πρωτόκολλο μυϊκής ενεργοποίησης, χρησιμοποιήθηκε το σύστημα μη επεμβατικής παρακολούθησης Finapres NOVA. Κατά την καταγραφή των 4λεπτων περιόδων αποκατάστασης παρατηρήθηκε κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα και των χρονικών στιγμών μέτρησης για την ΣΑΠ [F(8, 144)=2,8223, p=0,00615], την ΚΣ [F(8, 152)=2,0674, p=0,04231], το ΔΓ [F(8, 144)=3,1857, p=0,00234] και την ΔΑΠ με οριακή αλληλεπίδραση (p=0,0802). Εν



κατακλείδι, τα εν λόγω δεδομένα αποδεικνύουν ότι η εκτέλεση βραχιόνιας απόφραξης διαφοροποιεί σημαντικά ορισμένους αιμοδυναμικούς δείκτες, ενώ εξαρτάται τόσο από την ηλικία των συμμετεχόντων, όσο και από την αγγειοδραστικότητα του ενδοθηλίου.

Λέξεις - Κλειδιά: απόφραξη, *Finapres Nona*, αθηροσκλήρωση, αγγειοδραστικότητα, αιμοδυναμικοί δείκτες, μεταβολικές παθήσεις



ABSTRACT

Anna Nikolaidou: Assessment of blood flow parameters before and after performing unilateral upper extremity exercise after forearm occlusion in adults with and without metabolic diseases.

(Under the supervision of Apostolis Spassis, Special Teaching Staff)

Resistance training has been widely used in clinical and non-clinical populations as a prevention and treating method in chronic diseases as well as assessing normal or abnormal vascular function. The purpose of the present study was the continuous monitoring of 4-minute recovery periods which follow after a 2-minute brachial occlusion and the comparison of blood flow parameters (HR, SYS, DIA, RPP, etc.) before and after a strictly structured, short session of isotonic and isometric activation of one upper limb. Twenty adults participated in the study (n=20) with and without metabolic diseases who divided into two groups according their metabolic health and chronological age. In particular, the group of young inactive students (n=10, aged: 22,1±1,9yrs, height: 180,1±9,6cm, body weight: 87,93±22,17kg, BMI: 26,79±4,9kg/m², body fat: 24,86±7%) and the middle-aged group (n=10, aged: 57.2±9.4yrs, height: 173.7±8,7cm, body weight: 102.6±20.5kg, BMI: 34.0±6.3kg/m², body fat: 35.5±7.2%) who followed weekly a mild physical exercise program. The evaluation protocol contained conditions of resting and venous occlusion before and after mild exercise activation of the upper limb. Specifically, the activation protocol was performed by using an external resistance of 3,6kg dumbbell. The data collection/recording process was completed in one single session. To monitor participants' blood flow during venous occlusion, the Finapres NOVA system was used before and after the structured activation protocol. During the recording of the 4-minute period of recovery, the main effect of the group factor and the time measurement was observed for SYS [F(8, 144)=2.8223, p=0.00615], HR [F(8, 152)= 2.0674, p=0.04231], the PPR [F(8, 144)=3.1857, p=0.00234] and the DIA with marginal interaction (p=0.0802). In conclusion, these findings prove that the performance of brachial occlusion significantly



differentiates some hemodynamic indicators (or blood flow parameters), while it depends both on the age of the participants and on the vascular reactivity of the endothelium.

Keywords: *occlusion, Finapres Nova, atherosclerosis, vascular activity, hemodynamic parameters, metabolic diseases*



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT.....	vii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	xii
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
Προσδιορισμός του προβλήματος.....	14
Σκοπός	20
Σημασία της έρευνας	20
Υποθέσεις της έρευνας.....	21
Οριοθετήσεις της έρευνας.....	23
Λειτουργικοί ορισμοί.....	24
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	29
Φυσιοπαθολογία Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	29
Διάγνωση Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	30
Παράγοντες κινδύνου Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	30
Χρόνιες επιπλοκές Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	31
Άσκηση και Σακχαρώδης Διαβήτη τύπου 2.....	31
Άσκηση και Ενδοθηλιακή δυσλειτουργία στον Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	32
Άσκηση και Αρτηριακή Απόφραξη στον Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	33
Άσκηση με αντιστάσεις σε άτομα με Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	35
Συνταγογράφηση της άσκησης και Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	35
Φυσιοπαθολογία της Παχυσαρκίας.....	36
Παράγοντες Κινδύνου της Παχυσαρκίας.....	37
Χρόνιες Επιπλοκές της Παχυσαρκίας.....	38



Άσκηση και Παχυσαρκία.....	38
Άσκηση και Ενδοθηλιακή Δυσλειτουργία στην Παχυσαρκία.....	38
Άσκηση και Αρτηριακή Απόφραξη στην Παχυσαρκία.....	39
Άσκηση με αντιστάσεις σε άτομα με Παχυσαρκία.....	40
Συνταγογράφηση της άσκησης στην παχυσαρκία.....	40
Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.....	40
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	42
Δείγμα	42
Διαδικασία συλλογής δεδομένων.....	43
Συνεδρία άσκησης.....	44
Εξοπλισμός αξιολόγησης.....	44
Διαδικασία απόφραξης.....	45
Πειραματική διαδικασία συλλογής δεδομένων.....	46
Στατιστική ανάλυση.....	47
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	48
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	57
VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	61
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

- Πίνακας 1.** Περιγραφική στατιστική των μετρήσεων των παραγόντων αιματικής ροής σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες. 56

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

Σχήμα 1.	Παθογένεια της αθηροσκλήρωσης.....	15
Σχήμα 2.	Φυσιοπαθολογία του Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2.....	29
Σχήμα 3.	Αξιολόγηση της Αντίδρασης της Αγγειακής Διαστολής (Flow-Mediated Dilatation - FMD).....	34
Σχήμα 4.	Φυσιοπαθολογία της Παχυσαρκίας.....	36
Σχήμα 5.	Παρουσίαση του συστήματος Finapres® NOVA Basic.....	45
Σχήμα 6.	Σχηματική παρουσίαση του πειραματικού σχεδιασμού.....	46
Σχήμα 7.	Αναλυτική σχηματική παρουσίαση της μυϊκής ενεργοποίησης του αντιβραχίου.....	47
Σχήμα 8.	Καρδιακή συχνότητα σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.....	49
Σχήμα 9.	Συστολική Αρτηριακή Πίεση σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες	50
Σχήμα 10.	Διπλό γινόμενο σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.....	51
Σχήμα 11.	Διαστολική Αρτηριακή Πίεση σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.....	52
Σχήμα 12.	Καρδιακή Παροχή σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.....	53
Σχήμα 13.	Όγκος παλμού σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.....	54
Σχήμα 14.	Συνολική Περιφερική Αντίσταση σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.....	55



Εκτίμηση των Παραμέτρων Αιματικής Ροής, πριν και μετά την εκτέλεση μονόπλευρης άσκησης του άνω άκρου, μετά από την απόφραξη του αντιβραχίου σε ενήλικες με και χωρίς μεταβολικές παθήσεις

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σακχαρώδης διαβήτης (ΣΔ) και η παχυσαρκία αποτελούν δύο από τις πλέον πιο διαδεδομένες μεταβολικές νόσους, και τις τελευταίες δεκαετίες εντοπίζονται ολοένα και συχνότερα στον γενικό πληθυσμό. Η μεγάλη επιδημιολογική εικόνα τους οφείλεται τόσο στον καθιστικό τρόπο ζωής και στις μη σωστές, κατά τους εξειδικευμένους επιστήμονες, διατροφικές συνήθειες όσο και στο προσδόκιμο επιβίωσης το οποίο αυξάνεται προοδευτικά χάρις την εξέλιξη των επιστημών της υγείας.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), ως ΣΔ ορίζεται μια χρόνια, μεταβολική ασθένεια στην οποία εντοπίζονται αυξημένα επίπεδα γλυκόζης ή σακχάρων στο αίμα, έχοντας ως αποτέλεσμα με την πάροδο του χρόνου την πρόκληση σοβαρών βλαβών στην καρδιά, τα αιμοφόρα αγγεία, τα μάτια, τα νεφρά και τα νεύρα. Ο πιο συνηθισμένος είναι ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 (ΣΔ2), ο οποίος εμφανίζεται πιο συχνά όταν το σώμα ενήλικων ατόμων γίνεται ανθεκτικό στην ινσουλίνη ή δεν παράγει αρκετή ινσουλίνη.

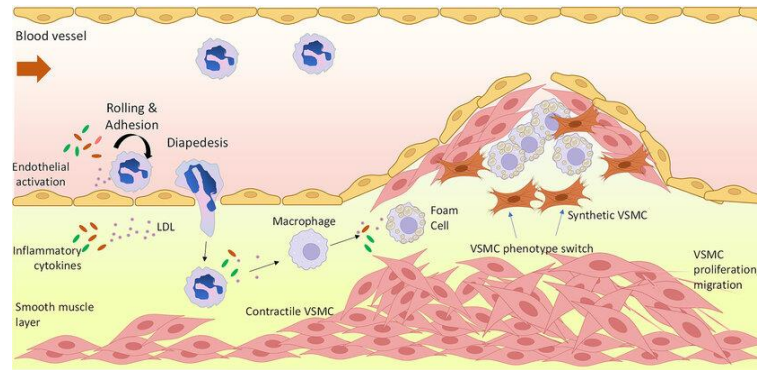
Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες ο επιπολασμός του ΣΔ2 έχει αυξηθεί δραματικά σε χώρες όλων των επιπέδων εισοδήματος (ΠΟΥ, 2025). Ως παχυσαρκία ορίζεται μια χρόνια σύνθετη ασθένεια με υπερβολικές εναποθέσεις λίπους που μπορούν να βλάψουν την υγεία. Η παχυσαρκία μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο ΣΔ2 και καρδιακές παθήσεις. Μπορεί να επηρεάσει την υγεία, αυξάνοντας την πιθανότητα κινδύνου εμφάνισης ορισμένων μορφών καρκίνου καθώς επίσης, να επηρεάζει την ποιότητα ζωής, όπως ο ύπνος και η κίνηση (Antar et al, 2023).



Προσδιορισμός του προβλήματος

Γενικότερα, τόσο ο ΣΔ όσο και η παχυσαρκία συνδέονται με την αθηροσκλήρωση. Η αθηροσκλήρωση είναι μια χρόνια φλεγμονώδης διαταραχή του αρτηριακού τοιχώματος που συχνά οδηγεί σε αναπηρία. Στα τελικά της στάδια, η αθηροσκλήρωση εκδηλώνεται ως αλλοίωση του εσωτερικού στρώματος του αρτηριακού τοιχώματος και συσσώρευση πλακών σε σημείο να οδηγήσει σε απόφραξη (occlusion) λόγω της επακόλουθης διάβρωσης ή της ρήξης των αθηρωματικών πλακών πράγμα που μπορεί να οδηγήσει και στον θάνατο. Εντατικές έρευνες και μελέτες κατέστησαν σαφές ότι η αθηροσκλήρωση έχει πολύπλοκη παθογένεια, όπου τα κύρια συστατικά της είναι η συσσώρευση λιπιδίων και η χρόνια φλεγμονή στο αρτηριακό τοίχωμα (Falk, 2006).

Η αθηροσκλήρωση συνδέεται με διαταραχή του μεταβολισμού των λιπιδίων και παρουσία υπερχοληστερολαιμίας (Miname & Santos, 2019). Τα αυξημένα επίπεδα της στο αίμα της χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (Low Density Lipoprotein) είναι γνωστό ότι αποτελεί σημαντικό παράγοντα κινδύνου για καρδιαγγειακές παθήσεις (Summerhill, Grechko, Yet, Sobenin, & Orekhov, 2019). Ωστόσο, η παθογένεια της νόσου φαίνεται να είναι περίπλοκη λόγω αλλαγών του μεταβολισμού των λιπιδίων και επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες με πιο σημαντικό αυτόν της φλεγμονής (Taleb, 2016). Οι αθηροσκληρωτικές βλάβες αναπτύσσονται στο σημείο της βλάβης του αγγειακού ενδοθηλίου (Σχήμα 1), οδηγώντας σε ανοδική ρύθμιση των μορίων αγγειακής προσκόλλησης (π.χ. VCAM1, ICAM) και έκφραση μονοκυτταρικής χυμοελεκτικής πρωτεΐνης-1 (π.χ. MCP-1/CCL2) χημειοελεκτικών (Vartak, Kumaresan & Brennan, 2022).



Σχήμα 1: Παθογένεια της αθηροσκλήρωσης ((Vartak, Kumaresan & Brennan, 2022).

Οι μηχανισμοί με τους οποίους η σωματική δραστηριότητα (άσκηση) μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης αθηροσκλήρωσης δεν έχουν επαρκώς αποσαφηνιστεί παρά ταύτα μπορεί να προκύψουν αλλαγές στον μεταβολισμό των λιπιδίων και των λιποπρωτεϊνών. Τα άτομα που ασκούνται έχουν συνήθως τις συγκεντρώσεις των επιπέδων της HDL χοληστερόλης περισσότερο αυξημένες σε σύγκριση με άτομα που δεν ασκούνται (Durstine & Haskell, 1994)

Επιπλέον, η σωματική άσκηση έχει ως αποτέλεσμα την αυξημένη διατμητική τάση (shear stress) στην επιφάνεια του ενδοθηλίου λόγω αύξησης της αιματικής ροής. Παράγονται αγγειοδιασταλτικές ενώσεις και ουσίες όπως προστακυκλίνη και μονοξείδιο του αζώτου (NO) λόγω της απόκρισης των ενδοθηλιακών κυττάρων σε βραχυχρόνιες διαφοροποιήσεις της διατμητικής καταπόνησης. Η άσκηση μέσω των παρατεταμένων αυξήσεων της διατμητικής τάσης έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρηθεί αυξημένη έκφραση του γονιδίου της συνθάσης του NO (Sessa, Pritchard, Seyedi, Wang & Hintze, 1994). Συνεπώς, αποδεικνύεται ότι η συστηματική άσκηση υποστρέφει την αρτηριακή απόφραξη, πιθανώς λόγω ενισχυμένης ενδοθηλιακής απελευθέρωσης του NO έχοντας ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ενδοθηλιακής λειτουργίας (Hornig, Maier & Drexler, 1996; Deler, McAllister & Laughline, 1993) κάτι το οποίο θα προσπαθήσουμε να ερευνήσουμε στην εν λόγω μελέτη μέσω της μυϊκής ενεργοποίησης (χρησιμοποιώντας αλτήρα) συνδυάζοντάς το με υπερσυστολική απόφραξη της αιματικής ροής.

Μέσα από τις μελέτες που αφορούν την επίδραση της άσκησης στα λιπίδια, τον μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών και την ενδοθηλιακή λειτουργία δύναται να ελεγχθεί η



εξέλιξη της αθηρωμάτωσης. Οι μελέτες αποκαλύπτουν τη δυνατότητα της άσκησης να επηρεάζει το μεταβολισμό των λιποπρωτεϊνών και τη λειτουργία του ενδοθηλίου παρά ταύτα δεν παρέχουν αρκετά δεδομένα σχετικά με τους αγγειοδραστικούς μηχανισμούς που ευθύνονται για αυτές τις αλλαγές. Κατά συνέπεια, έχει ενδιαφέρον να μελετηθεί η επίδραση της συμμετοχής ατόμων τόσο με ΣΔ όσο και με παχυσαρκία σε προγράμματα άσκησης με αντιστάσεις αποσκοπώντας την επίδραση τους στην εξέλιξη της αγγειακής απόφραξης και κατ' επέκταση της αθηροσκλήρωσης. Ως γνωστόν, διαθέσιμα δεδομένα δείχνουν ότι η φυσική δραστηριότητα σχετίζεται με μειωμένη καρδιαγγειακή νόσο και θνησιμότητα από όλες τις αιτίες στο γενικό πληθυσμό (Manson et al., 2002) και σε άτομα με ΣΔ2 (Gregg, Gerzoff, Caspersen, Williamson, & Narayan, 2003; Hu et al., 2004). Ειδικότερα, η προγραμματισμένη ή δομημένη σωματική δραστηριότητα, δηλαδή η συστηματική άσκηση, βρέθηκε να παράγει πρόσθετα οφέλη πέρα από αυτά που μπορεί να προσφέρει η φυσική δραστηριότητα σε άτομα με ΣΔ2 (Zanuso, Jimenez, Pugliese, Corigliano, & Balducci, 2010).

Τύποι μυϊκών συσπάσεων

Η άσκηση με αντιστάσεις εκτελείται με δύο τύπους μυϊκών συσπάσεων, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες και αποτελούν τις ισοτονικές (δυναμικές) και ισομετρικές (στατικές) συσπάσεις (Kounouris, Papadopoulos, Galanis, Dipla, & Zafeiridis, 2020). Τα διαφορετικά μοτίβα ροής αίματος μεταξύ δυναμικών και ισομετρικών συστολών, καθώς και οι διαφορές στην κατανάλωση οξυγόνου και στην ολική περιφερειακή αντίσταση, μπορεί να αλλάξουν το μέγεθος της αρτηριακής πίεσης και άλλες καρδιαγγειακές αποκρίσεις κατά τη διάρκεια των δύο τύπων άσκησης αντιστάσεων (Kounouris, et al., 2020). Λόγω των διαφορετικών μοτίβων, αθλητικοί σύλλογοι και επαγγελματίες υγείας φαίνεται να διστάζουν να χρησιμοποιήσουν την ισομετρική άσκηση στον ίδιο βαθμό με την δυναμική. Οι ανησυχίες και η διστακτικότητα αυτή σχετίζονται πιθανώς με τον φόβο υπερβολικών καρδιαγγειακών αποκρίσεων, που μπορεί να αντιπροσωπεύουν κίνδυνο για ανεπιθύμητα εγκεφαλοαγγειακά και καρδιακά συμβάντα (Pescatello et al., 2004; Pott, Van Lieshout, Ide, Madsen, & Secher, 2003; Matsuda,



Watanabe, Saito, Matsumura, & Ichikawa, 2007; Vlak, Rinkel, Greebe, van der Bom, & Algra, 2012).

Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία που να αναφέρεται σε κλινικούς πληθυσμούς όσον αφορά ερεθίσματα κατά την εφαρμογή άσκηση με αντιστάσεις, η οποία αποτελεί ένα είδος άσκησης απαραίτητο για την καλύτερη πρόγνωση σε ενήλικους με ή χωρίς καρδιομεταβολικές παθήσεις. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντική πληροφορία θα θεωρούσαμε την παρακολούθηση σε πιο τακτά χρονικά διαστήματα των καρδιαγγειακών αποκρίσεων, μέσω συσκευών συνεχούς καταγραφής αιμοδυναμικών δεικτών κατέχοντας περαιτέρω γνώση και την κατανόηση σε βάθος των φυσιολογικών μεταβολών. Για αυτούς τους λόγους κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω έρευνα με διαρκή παρακολούθηση των αιμοδυναμικών αποκρίσεων κατά τη διάρκεια ισοτονικής και ισομετρικής σύσπασης σε πληθυσμούς με και χωρίς χρόνιες παθήσεις.

Μέθοδοι αξιολόγησης της αγγειακής λειτουργίας

Οι μέθοδοι αξιολόγησης της αγγειακής λειτουργίας περιλαμβάνουν διάφορες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της υγείας και της απόδοσης των αγγείων, καθώς και για την ανίχνευση πιθανών διαταραχών στην κυκλοφορία του αίματος. Κάποιες από τις πιο κοινές μέθοδοι είναι:

Ανάλυση σφυγμικού κύματος (Pulse Wave Analysis - PWA): Αυτή η έμμεση μέθοδος αξιολογεί την αγγειακή λειτουργία μέσω της καταγραφής του παλμού και της ανάλυσης των χαρακτηριστικών του. Ενδέχεται να χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ελαστικότητας των αγγείων και της αρτηριακής υπέρτασης (Wilkinson, Cockcroft & Webb, 1998).

Υπερηχοκαρδιογράφημα Doppler (Doppler Cardiac Ultrasound): Χρησιμοποιεί ηχητικά κύματα για να μετρήσει τη ροή του αίματος στα αγγεία, επιτρέποντας την αξιολόγηση της ταχύτητας του αίματος και την ανίχνευση πιθανών στενώσεων ή άλλων αγγειακών προβλημάτων (Maitra, Bhattacharjee & Baidya, 2020).



Αγγειογραφία (Angiography): Μια διαδικασία που χρησιμοποιεί ακτινογραφίες και ειδικές σκιαγραφικές ουσίες για να δημιουργήσει εικόνες των αγγείων, συνήθως για να εντοπιστούν στενώσεις, θρόμβοι ή άλλες ανωμαλίες (Mintz et al., 1995). Σκοπός της αγγειογραφίας είναι να εξετάσει τα αιμοφόρα αγγεία, αρτηρίες ή φλέβες που υπάρχουν στο σώμα σας. Όταν αφορά τις αρτηρίες ονομάζεται και αρτηριογραφία, ενώ για τις φλέβες φλεβογραφία.

Μέτρηση της αγγειακής αντίστασης (Arterial Stiffness Measurement): Εξετάζει την ελαστικότητα των αρτηριών μέσω της μέτρησης της ταχύτητας διάδοσης του παλμού (Pulse Wave Velocity - PWV). Μια υψηλή ταχύτητα διάδοσης συνήθως υποδηλώνει αυξημένη αγγειακή ακαμψία, που συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο καρδιοαγγειακών παθήσεων (Budoff et al., 2022)

Μέθοδος πληθυσμογραφίας (Plethysmography): Χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της κυκλοφορίας του αίματος σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του σώματος (συνήθως τα άκρα). Ανιχνεύει τις μεταβολές στον όγκο του αίματος στα αγγεία και είναι χρήσιμη για την αξιολόγηση της περιφερικής κυκλοφορίας (Beardsmore, 2010).

Μέθοδος ροής αίματος (Blood Flow Measurement): Περιλαμβάνουν διάφορες τεχνικές όπως η υπερηχογραφία Doppler και άλλες μεθόδους για την εκτίμηση της ταχύτητας της ροής του αίματος σε διάφορα αγγεία (Tabrizchi & Pugsley, 2020).

Αξιολόγηση της εξαρτώμενη από τη ροή αγγειοδιαστολή (Flow-Mediated Dilatation - FMD): Μία μη επεμβατική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αγγειακής λειτουργίας, μετρώντας την ικανότητα των αγγείων να διαστέλλονται σε απάντηση στην αύξηση της ροής του αίματος (π.χ. μέσω του βραχιόνιου αρτηριακού αντανακλαστικού) (Celermajer et al., 1992).

Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG) και ανάλυση της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς: Αν και κυρίως χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της καρδιολογικής λειτουργίας, το ηλεκτροκαρδιογράφημα μπορεί να παρέχει πληροφορίες για τη λειτουργία των αγγείων και την καρδιακή ανατροφοδότηση που σχετίζεται με αγγειακή υγεία (Fye, 1994).



Εν κατακλείδι, κάθε μία από αυτές τις μεθόδους έχει τη δική της εφαρμογή και είναι χρήσιμη για διαφορετικούς τύπους αξιολόγησης της αγγειακής λειτουργίας ανάλογα με την κλινική κατάσταση του ασθενούς.

Άσκηση και αγγειοδραστικότητα

Η αγγειοδραστικότητα αναφέρεται στην ικανότητα των αιμοφόρων αγγείων να αντιδρούν σε εξωτερικά ερεθίσματα, όπως η εκτέλεση οποιασδήποτε μορφής άσκησης ή η αλλαγή των επιπέδων του οξυγόνου στο αίμα, με παράλληλη μεταβολή του αγγειακού αυλού ώστε να επιτευχθεί η ανάλογη ροή αίματος και η πίεση. Αυτή η διαδικασία είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της φυσιολογικής κυκλοφορίας του αίματος και τη σωστή μεταφορά οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών στους ιστούς του σώματος.

Όταν εκτελείτε άσκηση με αλτήρες, προκαλείται αύξηση της καρδιακής παροχής και της ροής του αίματος στους συμμετέχοντες μύες. Τα αγγεία διαστέλλονται (αγγειοδιαστολή) για να επιτύχουν μεγαλύτερη ροή αίματος και να εξασφαλίσουν την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών. Η εν λόγω αντίδραση μπορεί, σε βάθος χρόνου και μέσω της επανάληψης, να βοηθήσει στη βελτίωση της συνολικής αγγειοδραστικότητας. Συγκεκριμένα, η επίδραση της άσκησης με αλτήρες στην αγγειοδραστικότητα περιλαμβάνει:

1. *Βελτίωση της αγγειοδραστικότητας:* Η προοδευτική άσκηση (όπως με αλτήρες) μπορεί να ενισχύσει την ικανότητα των αιμοφόρων αγγείων να διαστέλλονται και να συστέλλονται, βελτιώνοντας την κυκλοφορία και τη υγεία της καρδιάς.

2. *Αύξηση της καρδιαγγειακής απόδοσης:* Με την συστηματική άσκηση, οι μύες και τα αιμοφόρα αγγεία γίνονται πιο αποτελεσματικά στην παροχή O₂ και την απομάκρυνση των παραπροϊόντων, βελτιώνοντας την καρδιακή απόδοση.

3. *Μείωση της αρτηριακής πίεσης:* Στην περίπτωση της άσκησης με αλτήρες, μπορεί να παρατηρηθεί βραχυπρόθεσμη αύξηση της πίεσης, αλλά σε βάθος χρόνου, η κανονική άσκηση μπορεί να βοηθήσει στην μείωση των τιμών της αρτηριακής πίεσης σε υπερτασικά άτομα.



4. *Αγγειοδιαστολή μετά την άσκηση*: Μετά από σωματική άσκηση, τα αιμοφόρα αγγεία παραμένουν σε διαστολή για κάποιο χρονικό διάστημα, επιτρέποντας το φαινόμενο της βελτιωμένης αιματικής κυκλοφορίας με σκοπό την πιο άμεση μυϊκή αποκατάσταση.

Η επίδραση της άσκησης με αλτήρες στην αγγειοδραστικότητα θα εξαρτηθεί από την ένταση, τη διάρκεια και τη συχνότητα της άσκησης, καθώς και από το επίπεδο φυσικής κατάστασης του ατόμου. (Green & Smith, 2018; Delaney, Arce-Esquivel, Kuroki & Laughlin, 2012).

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η συνεχής παρακολούθηση 4λεπτων περιόδων αποκατάστασης που ακολουθούν μετά από 2λεπτη βραχιόνια απόφραξη και η σύγκριση των παραμέτρων (καρδιακή συχνότητα, συστολική αρτηριακή πίεση, διαστολική αρτηριακή πίεση, διπλό γινόμενο κ.α.) της αιματικής ροής πριν και μετά από μία αυστηρά δομημένη, σύντομη συνεδρία ισοτονικής και ισομετρικής ενεργοποίησης του ενός άνω άκρου.

Σημασία της έρευνας

Οι βασικές καρδιαγγειακές παράμετροι, όπως η αρτηριακή πίεση (ΑΠ) και η καρδιακή συχνότητα (ΚΣ), μπορούν να μετρηθούν χρησιμοποιώντας σχετικά οικονομικό και μη επεμβατικό εξοπλισμό. Αντιθέτως, η μέτρηση πιο πολύπλοκων καρδιαγγειακών παραμέτρων, όπως η καρδιακή παροχή (ΚΠ), ο όγκος παλμού (ΟΠ) και η συνολική περιφερική αντίσταση (ΣΠΑ), είναι γενικά επεμβατικές και δεν είναι άμεσα διαθέσιμες, ωστόσο αποτελούν κρίσιμα μέτρα για το πώς λειτουργεί το καρδιαγγειακό σύστημα σε διαφορετικές καταστάσεις ομοιοστατικής ανισορροπίας, όπως κατά τη διάρκεια της άσκησης (Hodgson & Choate, 2012). Η εκτέλεση άσκησης σχετίζεται με αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητας στην οποία το καρδιαγγειακό σύστημα ανταποκρίνεται με την προσαρμογή της καρδιακής παροχής (Fresiello, Meyns, Di Molfetta, & Ferrari, 2016). Στην εν λόγω διαδικασία εμπλέκονται παράμετροι όπως η αύξηση της καρδιακής συχνότητας, η βελτίωση της συστολικότητας της καρδιάς, η ευκολότερη φλεβική



επιστροφή, η μεγαλύτερη αγγειακή διαστολή στα ασκούμενα άκρα και ο ευνοϊκότερος πνευμονικός αερισμός (Balady et al., 2010). Η ύπαρξη καρδιαγγειακών επιπλοκών επηρεάζει τους εν λόγω μηχανισμούς και οι ασθενείς παρουσιάζουν περιορισμένη καρδιοαναπνευστική ικανότητα και μειωμένη ποιότητα ζωής σε σχέση με υγιείς συνομήλικούς τους (Fresiello et al., 2016). Για το λόγο αυτό, η αιμοδυναμική παρακολούθηση κατά την διάρκεια δοκιμασιών άσκησης αναγνωρίζεται σήμερα ως ένα πολύτιμο διαγνωστικό εργαλείο για την έγκαιρη ανίχνευση ή την αξιολόγηση καρδιολογικών ασθενειών (Balady et al., 2010). Συνεπώς, οι συμπληρωματικές μέθοδοι απεικόνισης όταν συνδυαστούν με εφαρμοζόμενα πρωτόκολλα άσκησης, προσφέρουν μεγαλύτερη διαγνωστική ακρίβεια, παρέχοντας περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος (Balady et al., 2010).

Η σαφής κατανόηση των αναγκών του ασθενούς, του ιατρικού ιστορικού και της παρούσας κλινικής και φυσιολογικής κατάστασης είναι απαραίτητη προκειμένου να συνταγογραφηθεί και να διεξαχθεί με ασφάλεια οποιοδήποτε πρωτόκολλο άσκησης (Braith & Beck, 2008). Η παρούσα έρευνα δίνει νέα δεδομένα όσον αφορά τις αιμοδυναμικές αποκρίσεις μιας αυστηρά δομημένης συνεδρίας άσκησης με ισοτονική και ισομετρική ενεργοποίηση του κυρίαρχου άνω άκρου σε ενήλικες με ή χωρίς καρδιομεταβολικές παθήσεις.

Υποθέσεις της έρευνας

Η βασική ερευνητική υπόθεση της παρούσας εργασίας ήταν εάν:

- Ο παράγοντας *“ηλικία”* επηρεάζει τους αιμοδυναμικούς δείκτες και κατ’ επέκταση την αγγειοδραστικότητα του ενδοθελίου, πριν και μετά την εκτέλεση μονόπλευρης άσκησης του άνω άκρου και μετά από την απόφραξη του αντιβραχίου σε ενήλικες με και χωρίς μεταβολικές παθήσεις.
- Ο παράγοντας *“δραστηριότητα ή μη” των συμμετεχόντων* επηρεάζει τους αιμοδυναμικούς δείκτες και κατ’ επέκταση την αγγειοδραστικότητα του ενδοθελίου, πριν και μετά την εκτέλεση μονόπλευρης άσκησης του άνω άκρου και μετά από την απόφραξη του αντιβραχίου σε ενήλικες με και χωρίς μεταβολικές παθήσεις.



Στατιστικές υποθέσεις

Οι μηδενικές και οι εναλλακτικές υποθέσεις της παρούσας εργασίας ήταν:

H_0 : Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στην καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_1 : Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στην καρδιακή συχνότητα (ΚΣ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_0 : Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στη συστολική πίεση (ΣΑΠ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_1 : Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στη συστολική πίεση (ΣΑΠ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_0 : Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στη διαστολική πίεση (ΔΑΠ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_1 : Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στη διαστολική πίεση (ΔΑΠ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_0 : Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στο διπλό γινόμενο (ΔΓ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_1 : Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στο διπλό γινόμενο (ΔΓ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.



H_0 : Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στην καρδιακή παροχή (ΚΠ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_1 : Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στην καρδιακή παροχή (ΚΠ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_0 : Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στον όγκο παλμού (ΟΠ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_1 : Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στον όγκο παλμού (ΟΠ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_0 : Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στην ολική περιφερική αντίσταση αγγείων (ΟΠΑ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

H_1 : Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στην ολική περιφερική αντίσταση αγγείων (ΟΠΑ) μεταξύ της ομάδας των νεαρών, μη δραστήριων υπέρβαρων φοιτητών με την ομάδα των παχύσαρκων ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2.

Οριοθετήσεις της έρευνας

Οι οριοθετήσεις της παρούσας μελέτης σχετικά με την επιλογή του δείγματος ήταν οι εξής:

- Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά 20 ενήλικοι άντρες οι οποίοι διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες, μία των νεαρών και μία των ενηλίκων.
- Οι μεσήλικες αθλούμενοι ασκούνταν τουλάχιστον 3 φορές την εβδομάδα ήταν διαγνωσμένοι με ΣΔ2, ορισμένοι λάμβαναν καρδιολογική (β-αδρενεργικούς αποκλειστές), αντιδιαβητική φαρμακευτική αγωγή και ήταν παχύσαρκοι ($\Delta M\Sigma = 34,0 \pm 6,3 \text{ kg/m}^2$). Οι νεαροί ενήλικες δεν ήταν σωματικά ενεργοί και ήταν υπέρβαροι ($\Delta M\Sigma > 26 \text{ kg/m}^2$).
- Από την έρευνα αποκλείστηκαν άτομα του γυναικείου φύλου, καθώς και άτομα φυσιολογικού δείκτη μάζας σώματος ($18.5 - 25 \text{ kg/m}^2$) ή ανήλικοι.



Λειτουργικοί ορισμοί

Αγγειακή απόφραξη (vascular occlusion): Η αγγειακή απόφραξη είναι μια διαδικασία που εμποδίζει το αίμα να κινηθεί διαμέσου των αιμοφόρων αγγείων (αρτηρίες και φλέβες) του σώματος έχοντας ως επακόλουθο τη μείωση της παροχής οξυγόνου στον οργανισμό. Η αγγειοδραστικότητα μεγάλων αγγείων και αγγείων αντίστασης μπορεί να προκληθεί ως ένα βαθμό μέσω του ενδοθηλίου, το οποίο απελευθερώνει αγγειοδραστικές ουσίες όπως το μονοξείδιο του αζώτου (Joannides et al., 1995).

Αγγειακό ενδοθήλιο (κύτταρα ενδοθηλίου): Αποτελεί μια μονοστοιβάδα πεπλατυσμένων, λεπτών επιμήκων εμπύρηνων κυττάρων που παρέχει ένα φυσικό φραγμό μεταξύ του αυλού του αγγείου και του αγγειακού τοιχώματος. Αποτελεί βασικό εργαλείο για τη διατήρηση της αγγειακής ομοιόστασης, διαδικασία η οποία ρυθμίζεται κυρίως μέσω της απελευθέρωσης μεσολαβητών που ρυθμίζουν την πήξη του αίματος και τον αγγειακό τόνο (Di Francescomarino, Sciartilli, Di Valerio, Di Baldassarre & Gallina, 2009).

Αγγειοδραστικότητα (vasoreactivity): ορίζεται από την παρουσία θετικής απόκρισης σε αγγειοδιασταλτικά σε επεμβατική φαρμακολογική πρόκληση (inhaled nitric oxide, iv eproprostenoil, iv adenosine) (D Dunbar et all, 2013; Barst et all, 2011).

Αγγειοδραστικότητα Βραχιόνιας Αρτηρίας (brachial artery reactivity-BAR): Η μέτρηση της αντιδραστικότητας της βραχιόνιας αρτηρίας (BAR) σε απόκριση σε 5 λεπτά απόφραξης του αντιβραχίου είναι ένα επικυρωμένο μη επεμβατικό εργαλείο για την αξιολόγηση της παγκόσμιας αγγειακής υγείας και σχετίζεται με την αγγειοαντιδραστικότητα των στεφανιαίων αρτηριών (Anderson et al., 1995; Takase B et al., 1998). Η BAR μειώνεται σε άτομα με παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου (Najjar et al., 2005; Taddei S et al., 1995) και με προχωρημένη ηλικία (Celemajer et al., 1992).

Αθηροσκλήρωση (atherosclerosis): Η αθηροσκλήρωση είναι μια ασθένεια του εσωτερικού στρώματος των μεγάλων και μεσαίου μεγέθους αρτηριών που αναπτύσσεται με αργό ρυθμό πριν από την έναρξη κλινικών εκδηλώσεων, όπως ένα οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου ή ένα εγκεφαλικό επεισόδιο. (Jensen-Urstad & Johansson, 2001).

Αιμοδυναμικοί δείκτες (hemodynamic parameters): Χαρακτηρίζονται οι δείκτες με τους οποίους αντλούμε πληροφορίες για την λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος



τόσο της καρδιακής λειτουργίας όσο και της παροχής αίματος στον οργανισμό. Ορισμένοι από αυτούς τους δείκτες αποτελούν: η Καρδιακή Συχνότητα, η Συστολική Πίεση, η Διαστολική Πίεση, το Διπλό Γινόμενο, ο Όγκος Παλμού, η Καρδιακή Παροχή, Συνολική Περιφερική Αντίσταση Αγγείων, Καρδιακός Δείκτης.

Αρτηριακή απόφραξη (flow mediated dilation): μη αγγειακή μέθοδος που αποσκοπεί την αξιολόγηση πρώιμων αλλαγών της αγγειακής λειτουργίας με χρήση υπερηχογραφήματος υψηλής ανάλυσης (Celermajer et al., 1992. Η αγγειακή απόφραξη χρησιμοποιείται εκτενώς στην κλινική έρευνα και θεωρείται μια μη επεμβατική αξιολόγηση της ενδοθηλιακής λειτουργίας της αρτηρίας (Deanfield et al., 2007; Higashi, 2015).

Αρτηριακή Πίεση (arterial pressure): Είναι η πίεση που ασκεί το αίμα στο τοίχωμα των αρτηριών καθώς αυτό ρέει μέσα σε αυτές. Εξαρτάται από την ροή του αίματος (πόσο αίμα στέλνει η καρδιά μας σε κάθε συστολή) και από την αντίσταση που έχουν τα αγγεία στην ροή αυτή. Σε περίπτωση που η αρτηριακή πίεση είναι υψηλή, τότε η καρδιά πρέπει να λειτουργήσει εντονότερα για να διατηρηθεί επαρκώς η ροή του αίματος στο σώμα (Χρυσοχόου Χ., Τσιούφης Κ., 2021).

Β-αδρενεργικοί αποκλειστές (β-blockers): Οι β-αποκλειστές είναι φάρμακα που μπλοκάρουν τους αδρενεργικούς υποδοχείς στους οποίους επιδρούν οι ενδογενείς κατεχολαμίνες και κατά αυτό τον τρόπο έχουν αντίθετη δράση από τις κατεχολαμίνες. Χρησιμοποιούνται στην αρτηριακή υπέρταση, στη στεφανιαία νόσο και την καρδιακή ανεπάρκεια. Έχουν μεγαλύτερη επίδραση στα κύτταρα του φλεβοκόμβου και του κολποκοιλιακού κόμβου. Με την επίδραση στον φλεβοκόμβο μπορεί να κάνουν την καρδιακή συχνότητα πιο αργή και ενώ στον κολποκοιλιακό κόμβο μπορεί να καθυστερούν την κολποκοιλιακή αγωγή (Heart Rhythm Center, 2021).

Δείκτης μάζας σώματος (BMI): Είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της ποσότητας σωματικού λίπους στον οργανισμό χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις ύψους και βάρους. Μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση παραγόντων κινδύνου για ορισμένες καταστάσεις υγείας. Υπολογισμός: $\Delta\text{Μ}\Sigma = \frac{\text{Σωματικός βάρους}}{\text{ύψος}^2}$. (Zierle-Ghosh & Jan, 2021).

Διαστολική πίεση (diastolic pressure): ορίζεται ως η πίεση που ασκεί το αίμα στα τοιχώματα των αρτηριών όταν η καρδιά «χαλαρώνει» για να δεχτεί «νέο» αίμα. Οι



φυσιολογικές τιμές της σε υγιείς ενήλικες κυμαίνονται όταν είναι <80mmHg (Ελληνική Εταιρεία Μελέτης της Υπέρτασης, 2021).

Διπλό γινόμενο (rate pressure product - RPP): Αξιόπιστος δείκτης για τον έλεγχο της έντασης στην προπόνηση δύναμης ο οποίος υπολογίζεται με το γινόμενο της καρδιακής συχνότητας επί την αρτηριακή πίεση και εκφράζει τις απαιτήσεις του μυοκαρδίου σε οξυγόνο. Υπολογισμός: Διπλό Γινόμενο= Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα x Συστολική Πίεση (Gobel, Norstrom, Nelson, Jorgensen & Wang, 1978).

Ινσουλίνη (insuline): Η ινσουλίνη είναι μια σημαντική ορμόνη για τη ζωή, που παράγεται από το πάγκρεας. Ρυθμίζει πολλές μεταβολικές διεργασίες στο σώμα, με σκοπό να παίρνουν τα κύτταρά μας την απαραίτητη ενέργεια (Heals Pharmacy & More, 2023).

Ισομετρική άσκηση/προπόνηση (isometric exercise/training): Αναφέρεται στο είδος της σωματικής άσκησης που χαρακτηρίζεται από ισομετρική ή στατική μυϊκή σύσπαση. Ισομετρική ή στατική μυϊκή σύσπαση ορίζεται ως η παρατεταμένη μυϊκή δραστηριότητα με αυξανόμενη ένταση και χωρίς καμία αλλαγή του μήκους του μυϊκού ιστού ή αλλαγή της γωνίας της άρθρωσης που συμμετέχουν σε αυτή (Mitchell & Wildenthal, 1974)

Ιστοτονική άσκηση/προπόνηση (isotonic exercise/training): Περιλαμβάνει αλλαγές στο μήκος των μυών, η ένταση στους μύες παραμένει σταθερή και βελτιώνει τη μυϊκή δύναμη με κίνηση στην προσαρτημένη άρθρωση. Αυτή η μορφή άσκησης χτίζει μυϊκή δύναμη και αντοχή, χωρίς να επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό το καρδιαγγειακό σύστημα (Rezaeimanesh & Farsani, 2011).

Καρδιαγγειακές νόσοι (cardiovascular diseases, CVDs): σύμφωνα με τον ΠΟΥ είναι μια ομάδα διαταραχών της καρδιάς και των αιμοφόρων αγγείων όπου ανήκουν η στεφανιαία νόσος (coronary heart disease), η εγκεφαλοαγγειακή νόσος (cerebrovascular disease), η περιφερική αρτηριακή νόσος (peripheral arterial disease), η ρευματική καρδιοπάθεια (rheumatic heart disease), η συγγενής καρδιοπάθεια (congenital heart disease) και η εν τω βάθει φλεβική θρόμβωση και πνευμονική εμβολή (deep vein thrombosis and pulmonary embolism) (WHO, 2025)

Καρδιακή παροχή (cardiac output, CO): Ονομάζεται ο όγκος του αίματος που εξωθείται απ'την καρδιά κάθε λεπτό. Για ένα μέσο ενήλικα σε κατάσταση ηρεμίας η καρδιακή παροχή αντιστοιχεί σε 5 λίτρα το λεπτό (5 lt/min). Υπολογισμός: Καρδιακή



Παροχή = Όγκος Παλμού x Καρδιακή Συχνότητα. (Ασκληπιακό Πάρκο Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών, 2008)

Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα (maximum heart rate, HRmax): Είναι ο υψηλότερος αριθμός χτύπων ανά λεπτό της καρδιάς που μπορεί να εκτελέσει σε μια μέγιστη προσπάθεια. Υπολογισμός: Μέγιστη Καρδιακή Συχνότητα= 220 – Ηλικία (Μήτρου, 2020)

Μεταβολικές Παθήσεις (metabolic diseases or metabolic disorders): Εμφανίζονται όταν οι μη φυσιολογικές χημικές αντιδράσεις στο σώμα σας διαταράσσουν τη φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού. Όταν συμβεί αυτό, μπορεί να υπάρχει υπερβολική παραγωγή ή πολύ λιγοστή παραγωγή ορισμένων ουσιών που χρειάζεται ο οργανισμός για να παραμείνει υγιής. Υπάρχουν διάφορες ομάδες διαταραχών. Ορισμένες επηρεάζουν τη διάσπαση αμινοξέων, υδατανθράκων ή λιπιδίων. Κύρια αιτία ανάπτυξής τους είναι διαταραχές στην φυσιολογική λειτουργία οργάνων όπως το πάγκρεας και το ήπαρ.

Όγκος παλμού (stroke volume, SV): είναι η ποσότητα του αίματος που εξωθεί η καρδιά σε κάθε συστολή (Ασκληπιακό Πάρκο Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών, 2008).

Παχυσαρκία (obesity): σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, ορίζεται η παθολογική εκείνη κατάσταση που χαρακτηρίζεται από υπερβολικό σωματικό λίπος σε βαθμό τέτοιο που να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στον οργανισμό, οδηγώντας στην ελάττωση του προσδόκιμου επιβίωσης και την εμφάνιση αυξημένων προβλημάτων υγείας (Ελληνική Ιατρική Εταιρεία Παχυσαρκίας (WHO, 2025).

Σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 (diabetes mellitus type 2): Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) ορίζεται ως η μεταβολική νόσος που επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο το σώμα σας χρησιμοποιεί τη γλυκόζη για ενέργεια. Εμποδίζει το σώμα να χρησιμοποιεί σωστά την ινσουλίνη, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε υψηλά επίπεδα σακχάρου στο αίμα εάν δεν αντιμετωπιστεί (WHO, 2025).

Ολική περιφερική αντίσταση (total peripheral resistance, TPR): είναι το σύνολο δυνάμεων που ασκείται από τα αγγεία στο αίμα που διέρχεται μέσα από αυτά. Καθορίζεται από 3 παράγοντες: το μήκος των αιμοφόρων αγγείων στο σώμα, τη διάμετρος των αγγείων και το ιξώδες του αίματος. Παίζει ζωτικό ρόλο στον καθορισμό της αρτηριακής πίεσης (Trammel & Sagra, 2023).



Σύστημα αιμοδυναμικής παρακολούθησης (Finapres® NOVA): Καινοτόμος μη επεμβατική συνεχή παρακολούθηση αιμοδυναμικών δεικτών, χρησιμοποιώντας μόνο μια περιφαλαγγίδα δακτύλου, μέσω της κυματοειδούς απεικόνισης της αρτηριακής πίεσης του δακτύλου. Η μέτρηση της κυματομορφής αρτηριακής πίεσης στο δάκτυλο με Finapres (FINger Arterial PRESSure).

Συστολική Πίεση (Systolic Pressure): Είναι η πίεση που ασκείται στις αρτηρίες όταν η καρδιά συσπάται για να προωθήσει το αίμα μέσω των αρτηριών προς τα όργανα του σώματος. Οι φυσιολογικές τιμές της σε υγιείς ενήλικες κυμαίνονται όταν είναι <120mmHg. ((Ελληνική Εταιρεία Μελέτης της Υπέρτασης, 2021).

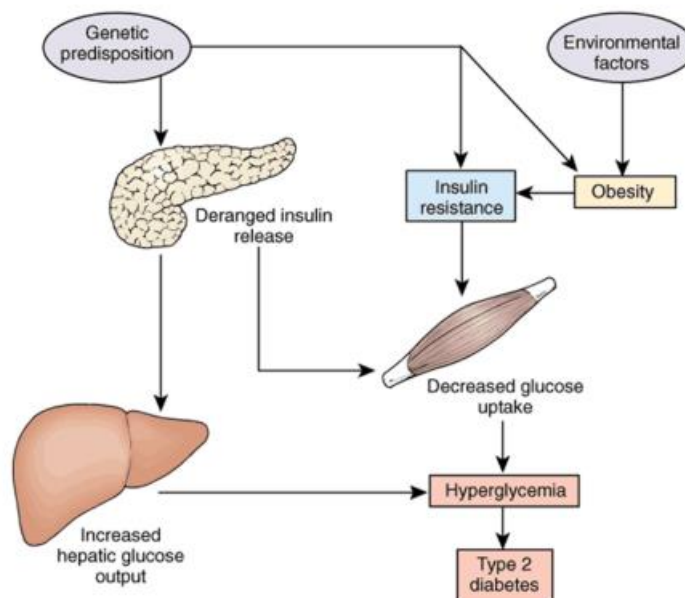
Υπερηχοκαρδιογράφημα Doppler (Doppler cardiac ultrasound): Χρησιμοποιεί ηχητικά κύματα για να μετρήσει τη ροή του αίματος στα αγγεία, επιτρέποντας την αξιολόγηση της ταχύτητας του αίματος και την ανίχνευση πιθανών στενώσεων ή άλλων αγγειακών προβλημάτων (Maitra, Bhattacharjee & Baidya, 2020).



II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Φυσιοπαθολογία Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2

Ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2 χαρακτηρίζεται από την ανεπάρκεια ινσουλίνης και την αντίσταση σε αυτήν, διεργασίες συνδεδεμένες με φλεγμονώδεις κυτοκίνες στο πλάσμα και υψηλά επίπεδα λιπαρών οξέων, έχοντας ως αποτέλεσμα την ανεπαρκή μεταφορά γλυκόζης στα κύτταρα στόχους, την αυξημένη διάσπαση του λίπους και αυξημένη ηπατική παραγωγή γλυκόζης. Η υπεργλυκαιμία που προκαλείται από την υπερέκκριση γλυκαγόνης από τα α -κύτταρα και την ανεπάρκεια ή μειωμένη έκκριση ινσουλίνης από τα β -κύτταρα (Σχήμα 2). Στην περίπτωση του ΣΔ2, η νόσος διαγιγνώσκεται επειδή οι ασθενείς δεν μπορούν να αυξήσουν την έκκριση ινσουλίνης για να αναπληρώσουν την αντίστασή τους στην ινσουλίνη, προκαλώντας έτσι τα υψηλά επίπεδα της γλυκόζης (υπεργλυκαιμία) στον οργανισμό (Khardori, 2022). Πιο συγκεκριμένα, η ινσουλίνη αδυνατεί να συνδεθεί με τους ειδικούς υποδοχείς, επομένως γίνεται λιγότερο αποτελεσματική στην πρόσληψη γλυκόζης και στη ρύθμιση της απελευθέρωσης γλυκόζης. Απαιτείται να υπάρχουν αυξημένες ποσότητες ινσουλίνης για να διατηρείται το επίπεδο της γλυκόζης σε φυσιολογικά ή ελαφρώς αυξημένα επίπεδα (Belleza, 2020).



Σχήμα 2: Φυσιοπαθολογία Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2 και εμφάνιση αντίστασης στην ινσουλίνη με μειωμένη έκκριση ινσουλίνης.



Διάγνωση Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2

Η διάγνωση του διαβήτη μπορεί να πραγματοποιηθεί από μια σειρά διαφόρων εξετάσεων που εφαρμόζονται από τον γιατρό ο οποίος συστήνει ανάλογα με την κλινική συμπτωματολογία που εμφανίζονται. Ορισμένα από αυτές τις εξετάσεις είναι: α) η δοκιμή γλυκόζης στο πλάσμα του αίματος σε ένα μόνο χρονικό σημείο μετά από ένα εύλογο χρονικό διάστημα νηστείας (συνήθως 8 ωρών) πίνοντας λίγο νερό, β) η δοκιμή γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης που παρέχει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα τους τελευταίους 3 μήνες, γ) δοκιμή γλυκόζης πλάσματος σε τυχαία χρονική στιγμή χωρίς να προηγηθεί η νηστεία εφόσον υπάρχει στο ιστορικό του ασθενούς η συμπτωματολογία, δ) η δοκιμή πρόκλησης γλυκόζης, η οποία χρησιμοποιείται συχνά στις εγκυμονούσες πραγματοποιώντας εξέταση αίματος 1 ώρα μετά την πόση γλυκού υγρού χωρίς να προηγηθεί νηστεία και ε) η δοκιμή ανοχής γλυκόζης το οποίο είναι το πιο ακριβό, απαιτεί νηστεία τουλάχιστον 8 ωρών, μέτρηση γλυκόζης στο αίμα μετά την νηστεία, πόση υγρού υψηλής περιεκτικότητας σε γλυκόζη και μετά από 2 ώρες μια δεύτερη εξέταση αίματος. Σε καθεμία από τις δοκιμές αυτές, ο γιατρός θα καθοδηγεί και δίνει ακριβείς πληροφορίες για την διαχείριση του διαβήτη σε όποιο στάδιο και επίπεδο βρίσκεται (American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2022).

Παράγοντες Κινδύνου Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2

Οι παράγοντες κινδύνου περιλαμβάνουν έναν πολύπλοκο συνδυασμό γενετικών, μεταβολικών και περιβαλλοντικών παραγόντων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους συμβάλλοντας στον επιπολασμό του. Η γενετική προδιάθεση έχει ισχυρή βάση καθώς η γενετική αρχιτεκτονική της νόσου είναι εξαιρετικά πολυγονιδιακή και απαιτούνται πρόσθετες μελέτες συσχέτισης (Fuchsberger et al., 2016; McCathy, 2010). Από επιδημιολογικές μελέτες δείχνουν ότι πολλές περιπτώσεις ΣΔ2 μπορούν να προληφθούν βελτιώνοντας τους τροποποιήσιμους παράγοντες κινδύνου όπως είναι: α) η παχυσαρκία που είναι ο ισχυρότερος παράγοντας κινδύνου σχετιζόμενος με την μεταβολικές διαταραχές που καταλήγουν σε αντίσταση στην ινσουλίνη, β) η χαμηλή σωματική



δραστηριότητα και γ) η ανθυγιεινή διατροφή (Bellou, Belbasis, Tzoulaki & Evangelou, 2018).

Χρόνιες Επιπλοκές Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2

Είναι πολύ σημαντικό να υπάρξει έλεγχος και ρύθμιση του ΣΔ καθώς πολλές είναι οι επιπλοκές που προκύπτουν σε βάθος χρόνου λόγω των μεταβολικών διαταραχών που υπόκειται ο οργανισμός. Σε αυτές συγκαταλέγονται: α) οι επιπλοκές στα αιμοφόρα αγγεία με σημαντικότερη την αθηροσκλήρωση που οδηγεί κατ' επέκταση σε καρδιακά και εγκεφαλικά επεισόδια, β) οι μικροβιακές λοιμώξεις καθώς λόγω των επιπέδων γλυκόζης τα κύτταρα άμυνας (λευκά αιμοσφαίρια) δεν μπορούν να τις καταπολεμήσουν αποτελεσματικά, γ) οι επιπλοκές στους οφθαλμούς, λόγω βλάβης αιμοφόρων αγγείων μπορεί να προκληθεί απώλεια όρασης, δ) οι βλάβες τόσο σε ήπαρ όσο και νεφρά, έχοντας γνωστό τις μη φυσιολογικές εναποθέσεις λίπους στο ήπαρ, ε) οι επιπλοκές στο νευρικό σύστημα (διαβητική πολυνευροπάθεια) και στ) προβλήματα στα κάτω άκρα που σχετίζονται τόσο με νευρικές και κυκλοφοριακές διαταραχές όσο και με το αυξημένο σωματικό βάρος (Brutsaert, 2023).

Άσκηση και Σακχαρώδης Διαβήτης τύπου 2

Η άσκηση παρέχει θεραπευτικά και προληπτικά οφέλη σε άτομα με ΣΔ καθώς επίσης έχει μεγάλη προγνωστική αξία για την εξέλιξη της νόσου. Μελέτες έχουν δείξει ότι η άσκηση συμβάλλει σημαντικά στην μείωση του ποσοστού θνησιμότητας (Lee & Skerrett, 2001; Church et al., 2004). Επιπλέον, μειώνονται τα ποσοστά εμφάνισης καρδιαγγειακών προβλημάτων όταν τα άτομα με ΣΔ2 διατηρούν την φυσική τους κατάσταση σε ικανοποιητικά επίπεδα (Seyoum, Estacio, Berhanu & Schrier, 2006).

Έχει διαπιστωθεί ότι η σωματική δραστηριότητα συμβάλλει σημαντικά στην μείωση πιθανότητας εμφάνισης επιπλοκών στο σακχαρώδη διαβήτη όπως βελτίωση της διαστολικής λειτουργίας (Gulsin, Swarbrick & Athithan, 2020) και επιβράδυνση της ανάπτυξης προχωρημένης αμφιβληστροειδοπάθειας, συχνότερη επιπλοκή στους οφθαλμούς σε άτομα με ΣΔ (Yan et al., 2021).



Αξίζει να σημειωθούν τα τρία κύρια οφέλη της άσκησης στην καθυστέρηση εμφάνισης του ΣΔ2. Πρώτον, η σύσπαση των κυττάρων των σκελετικών μυών προκαλεί αύξηση της ροής του αίματος στους μυς, ενισχύοντας την πρόσληψη γλυκόζης από το πλάσμα του αίματος, βελτιώνοντας την ευαισθησία την ινσουλίνη και αποτρέποντας την εμφάνιση φλεγμονής και οξειδωτικού στρες (Venkatasamy, Pericherla, Manthuruthil, Mishra & Hanno, 2013). Δεύτερον, η άσκηση συμβάλλει σημαντικά στην μείωση του ενδοκοιλιακού λίπους, βασικός παράγοντας κινδύνου εμφάνισης σακχαρώδη διαβήτη και την αντίσταση της ινσουλίνης (Strasser, 2013). Τέλος, η μέτριας έντασης άσκηση έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την πρόσληψη γλυκόζης κατά 40% (Ross, 2003)

Άσκηση και Ενδοθηλιακή δυσλειτουργία στον Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2

Όπως αναφέρθηκε η ενδοθηλιακή δυσλειτουργία αποτελεί μία από τις χρόνιες επιπλοκές που μπορεί να προκύψουν σε άτομα με ΣΔ2. Επομένως, ο έλεγχος της ενδοθηλιακής λειτουργίας έχει αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο στην παροχή πληροφοριών σε μηχανισμούς φυσιοπαθολογίας, σε εντοπισμό πρώιμης νόσου και καρδιαγγειακού κινδύνου, σε πρόληψη μελλοντικών συμβάντων και σε αποφυγή εξέλιξης της νόσου. Ειδικότερα, σε ασθενείς με ΣΔ έχουν εφαρμοστεί τεχνικές μέτρησης ενδοθηλιακής λειτουργίας, κυρίως επειδή συσχετίζονται με διαταραχή που ευθύνονται λόγω ενδοθηλιακής διαστολής και πιστεύεται ότι πολλές από τις επιπλοκές του ΣΔ όπως η στεφανιαία νόσος και αθηροσκλήρωση οφείλονται στη δυσλειτουργία του ενδοθηλίου. Επιπλέον, οι καρδιαγγειακές επιπλοκές αντιπροσωπεύουν την κύρια αιτία νοσηρότητας και θανάτου στον ΣΔ (Jarrete, Zanesco & Delbin, 2016).

Η ενδοθηλιακή δυσλειτουργία αποτελεί ο κύριος αιτιολογικός παράγοντας για μακρο- και μικροαγγειακές επιπλοκές στο ΣΔ (Avogaro, Kreutzenberg, & Fadini, 2008; Calles-Escandon & Cipolla, 2001). Η μειωμένη ενδοθηλιακή λειτουργία συσχετίζεται με τον ΣΔ2 περίπλοκα διότι ευθύνονται προδιαθετικοί παράγοντες της μεταβολικής αυτής νόσου όπως η παχυσαρκία, η δυσλιπιδαιμία και η αντίσταση στην ινσουλίνη (Eringa et al., 2013; Sena, Pereira & Seica, 2013).



Αποσκοπώντας την διατήρηση ή την μείωση της ενδοθηλιακής δυσλειτουργίας σε άτομα με ΣΔ2, έγινε προσπάθεια αφενός μέσω αλλαγών στον τρόπο ζωής των ασθενών και αφετέρου στοχεύοντας στη διατήρηση ή τη βελτίωση της λειτουργίας του τραυματισμένου ενδοθηλίου για να αποφευχθεί η επιδείνωση της βλάβης (Park & Park, 2015). Η σωματική άσκηση αποτελεί μία από τις δημοφιλέστερες αλλαγές στον τρόπο ζωής και ειδικός τρόπος πρόληψης και θεραπείας για την βελτίωση της ενδοθηλιακής διαστολής στις αρτηρίες και στον τρόπο λειτουργίας τους (Phillips, Mahmoud, Brown, & Haus, 2015).

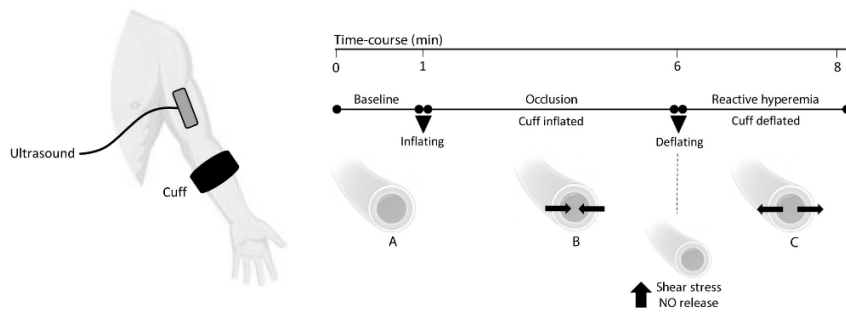
Άσκηση και Αρτηριακή Απόφραξη στον Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2

Το 1992 αναπτύχθηκε μία μη επεμβατική μέθοδος γνωστή ως αξιολόγηση της αντίδρασης της αγγειακής διαστολής (flow-mediated dilation, FMD) για να αξιολογηθούν οι πρώιμες αλλαγές της αγγειακής λειτουργίας με χρήση υπερηχογραφήματος υψηλής ανάλυσης (Celermajer et al., 1992). Η αγγειακή απόφραξη χρησιμοποιείται εκτενώς στην κλινική έρευνα και θεωρείται μια μη επεμβατική αξιολόγηση της ενδοθηλιακής λειτουργίας της αρτηρίας (Deanfield, Halcox & Rabelink, 2007; Higashi, 2015). Επιπλέον, έχει αποδειχτεί μια θετική συσχέτιση μεταξύ της στεφανιαίας απόκρισης στην ακετυλοχολίνη και της βραχιόνιας αγγειοδιασταλτικής απόκρισης στην αντιδραστική υπεραιμία επιβεβαιώνοντας την αξιοπιστία της χρήσης αυτής της μεθόδου (Anderson et al., 1995).

Κατά την εφαρμογή της δοκιμής, συνήθως στην βραχιόνιο αρτηρία αξιολογείται η αγγειοδιαστολή και μετά την πρόκληση σε ορισμένο χρόνο αγγειακής απόφραξης, παρατηρείται ως απόκριση σημαντική αύξηση της ροής του αίματος. Μετά από ταχεία απελευθέρωση της περιχειρίδας που έχει τοποθετηθεί γύρω από το αντιβράχιο για 5 λεπτά, προκαλείται αντιδραστική υπεραιμία. Μέσω αυτής της διαδικασίας, αυξάνεται η διατμητική τάση, ενεργοποιώντας μηχανοϋποδοχείς στα ενδοθηλιακά κύτταρα, προάγοντας την απελευθέρωση μονοξειδίου του αζώτου (Corretti et al., 2002) ελέγχοντας την λειτουργία του ενδοθηλίου στην υπέρταση και στην καρδιακή ανεπάρκεια. Η εν λόγω μη επεμβατική μέθοδος (Σχήμα 3) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αγγειακής λειτουργίας, αξιολογώντας την ικανότητα των αγγείων να διαστέλλονται ως απάντηση



στην αύξηση της ροής του αίματος μέσω του βραχιόνιου αρτηριακού αντανακλαστικού (Jarrete, Zanesco & Delbin, 2016).



Σχήμα 3: Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας για την αξιολόγηση της αντίδρασης της αγγειακής διαστολής (Flow-Mediated Dilatation - FMD)

Όσον αφορά το ΣΔ2, μέσα από έρευνες η δοκιμή έχει δείξει ότι είναι ισχυρά προγνωστικός δείκτης για καρδιακά επεισόδια στους ασθενείς με τη συγκεκριμένη μεταβολική νόσο. Ωστόσο, πρέπει να εξετάζονται και άλλοι παράμετροι καθώς η ενδοθηλιακή δυσλειτουργία δεν συσχετίζεται αποκλειστικά από την έλλειψη οξειδίου του αζώτου σε άτομα με ΣΔ.

Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι αυξάνεται η ροής του αίματος στο αντιβραχίου μετά από αγγειακή απόφραξη σε συνδυασμό με την επίδραση της σωματικής άσκησης σε άτομα με ΣΔ2 (de Moraes, Van Bavel, Gomes, & Tibiriçá, 2016; Fuchsjaeger-Mayrl, et al 2002; Kwon et al., 2011; Maiorana et al., 2001). Μελέτη έχει δείξει ότι η σωματική άσκηση σε άτομα με ΣΔ2 έχει επιφέρει ευεργετική επίδραση στην ενδοθηλιακή λειτουργία εφαρμόζοντας την δοκιμή της αγγειακής απόφραξης και αποτρέποντας τις καρδιαγγειακές επιπλοκές στην πληθυσμιακή αυτή ομάδα (Montero et al., 2013).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η συστηματική σωματική άσκηση συμβάλλει στην αύξηση της διαθεσιμότητας μονοξειδίου του αζώτου εντός των αγγείων (Zanesco & Antunes, 2007). Αυξάνεται η ροή του αίματος, έχοντας ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η διατημητική πίεση εντός των ενδοθηλιακών κυττάρων και να προκαλέσει διέγερση βιοχημικών σημάτων τα οποία α) απελευθερώνουν περισσότερο μονοξείδιο του αζώτου (λόγω αυξημένης δράσης της συνθάσης του μονοξειδίου του αζώτου του ενδοθηλίου, eNOS), β) συμβάλλουν όλοι οι συσχετιζόμενοι μοριακοί μηχανισμοί για να υπάρξει μειωμένη



αποδόμηση του μονοξειδίου του αζώτου και γ) βελτιώνεται η ενδοθηλιακή που αντικατοπτρίζει την καλύτερη πρόγνωση για άτομα με ΣΔ2. (Ashor et al., 2015; Gielen, Schuler, & Adams, 2010).

Άσκηση με αντιστάσεις σε άτομα με Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2

Η άσκηση με αντιστάσεις αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη μορφή προπόνησης κατά την οποία οι μύες συσπώνται υπό εξωτερική αντίσταση προερχόμενη από ελεύθερα βάρη, μηχανήματα με αντιστάσεις, λάστιχα και από καλλισθενικές ασκήσεις, οι οποίες εκτελούνται με το βάρος σώματος. Η προπόνηση με αντιστάσεις έχει κερδίσει δημοτικότητα λόγω τόσο της βελτίωσης της σύστασης του σώματος και της μυϊκής δύναμης και αντοχής όσο και τα οφέλη που προσφέρει συμπεριλαμβανομένων του βελτιωμένου γλυκαιμικού ελέγχου, του προφίλ των λιπιδίων του αίματος, της αρτηριακής πίεσης και της καρδιομεταβολικής υγείας των ασθενών με ΣΔ2 (Oliveira, Simões, Carvalho & Ribeiro, 2012; Ishiguro et al., 2015; Gordon, Benson, Bird & Fraser, 2016). Η άσκηση με αντιστάσεις αποτελεί μια αποτελεσματική παρέμβαση για τη διαχείριση του ΣΔ2 και προσφέρει μια έγκυρη εναλλακτική της αερόβιας άσκησης, η οποία μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να εφαρμοστεί δύσκολα όταν συνυπάρχουν εκτός του ΣΔ2 και άλλα προβλήματα υγείας όπως παχυσαρκία, οστεοαρθρίτιδα, περιφερική αγγειακή νόσο και άλλες σωματικές αναπηρίες (Codella, Ialacqua, Terruzzi & Luzi, 2018; Acosta-Manzano et al., 2020). Πολλές μελέτες που απέβλεπαν στη βελτίωση των βασικών αιμοδυναμικών παραμέτρων μέσω της εφαρμογής πρωτοκόλλων άσκησης με αντιστάσεις παραμένουν αντικρουόμενες (Ben et al. 1998; Kelley & Kelley, 2000).

Συνταγογράφηση της άσκησης και Σακχαρώδη Διαβήτη τύπου 2

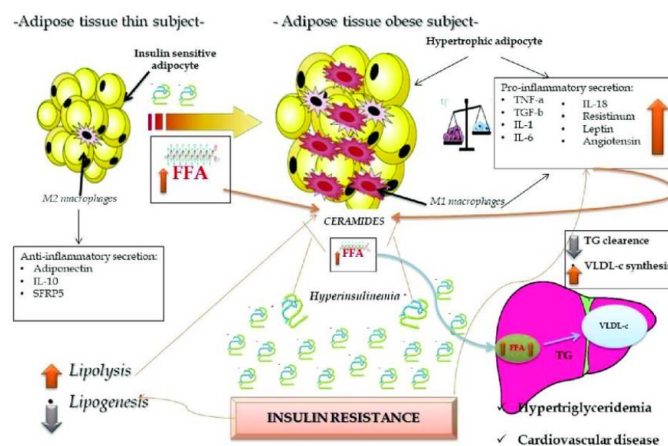
Η άσκηση αποτελεί μέθοδος θεραπείας για τον ΣΔ2 καθώς μπορεί να μειώσει την αντίσταση στην ινσουλίνη και να βοηθήσει στη διαχείριση της γλυκόζης προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο έναν υγιή τρόπο ζωής για τα άτομα αυτής της ομάδας. Μελέτες καταδεικνύουν ότι η συστηματική άσκηση ελαφριάς έως μέτριας έντασης μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τους ασθενείς. Κατά την έναρξη ενός καθορισμένου τακτικού



προγράμματος άσκησης, αναμένονται σημαντικές και ουσιαστικές βελτιώσεις στα άτομα με ΣΔ (Colberg et al., 2016). Η συνταγογράφηση πρέπει να γίνεται προσεκτικά καθώς η κακή χρήση σε συνδυασμό με τις επιπλοκές του διαβήτη μπορεί να επιφέρουν τα αντίθετα αποτελέσματα. Συνεπώς, συνίσταται ασκήσεις σταθερής και ελεγχόμενης έντασης ενώ μεγαλύτερα οφέλη μπορεί να επιφέρει η υψηλής έντασης διαλειμματική προπόνηση σε ασθενείς που μπορούν να ανταποκριθούν σε αυτή (Little et al., 2011).

Φυσιοπαθολογία της Παχυσαρκίας

Η παχυσαρκία σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) η παχυσαρκία ορίζεται ως η περίσσεια βάρους για ένα δεδομένο ύψος χρησιμοποιώντας την έννοια του δείκτη μάζας σώματος. Φυσιολογικό θεωρείται το βάρος ενός ατόμου όταν ο δείκτης μάζας σώματος κυμαίνεται μεταξύ 18.50 και 24.99. Οι υπέρβαροι θεωρούνται όσοι έχουν δείκτη μάζας σώματος μεγαλύτερο ή ίσο με 25 έως 29.99 και οι παχύσαρκοι, όσοι έχουν δείκτη μάζας σώματος μεγαλύτερο ή ίσο με 30. Η παχυσαρκία μπορεί να γίνει καλύτερα αντιληπτή και ως αυξημένη λιπαρότητα σε σχέση με το φυσιολογικό λίπος της μάζας του λιπώδους ιστού (Cinti S., 2002). Κατά την εξέλιξη της παχυσαρκίας πραγματοποιούνται ποικίλες μεταβολές στο λιπώδη ιστό που κυρίως αφορούν σε δομικές και λειτουργικές παραμέτρους του ιστού (Σχήμα 4). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη των μεταβολών του λιπώδους ιστού (υπερτροφικό λιποκύτταρο) μέσω προ-φλεγμονωδών εκκρίσεων ή η ρύθμιση των φυσιολογικών λειτουργιών ή εκκρίσεων (αντι-φλεγμονώδεις κυτταροκίνες) σε νορμοβαρή άτομα (Torres-Valadez, Sandoval-Parra & Zepeda 2020).



Σχήμα 4: Φαινοτυπική αλλαγή του λιποκυττάρου και η σχέση του με φλεγμονώδεις δείκτες.



Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί κατά τόσο ορισμένες μεταβολές είναι αναστρέψιμες ή μη με την απώλεια βάρους και αν παρατηρούνται μεταβολές στις διάφορες αποθήκες λίπους και στα διαφορετικά μοντέλα παχυσαρκίας. Παράλληλα πραγματοποιούνται μεταβολές σε άλλους ιστούς εκτός του λιπώδους στις διάφορες μορφές υπερβαρότητας όπως συνέβη με την ινσουλινοαντίσταση που συσχετίζεται με αυξημένη συχνότητα λιπώδους διήθησης του ήπατος σε άτομα με παχυσαρκία. Ομοίως, αυξημένη περιεκτικότητα σε ενδομυϊκού λίπους παρατηρείται και στους σκελετικούς μύες, ενώ στα περισσότερα όργανα υπάρχει σημαντική αύξηση των λιποκυττάρων (Scheen & Luyckx, 2002).

Στην παχυσαρκία, οι περισσότερες αποθήκες λίπους αποκτούν αισθητά μεγαλύτερο μέγεθος. Αυτό εκδηλώνεται ως τάση αύξησης του λόγου περιφέρειας μέσης προς περιφέρεια ισχίων (waist-hip ratio) και ερμηνεύεται λόγω της αύξησης του μεγέθους του ήπατος και του σπλαχνικού λιπώδους ιστού. Δεν έχει αποσαφηνιστεί ποιοι παράγοντες καθορίζουν την κατανομή του λιπώδους ιστού και έτσι οι συγκεκριμένες μεταβολές δεν αποδίδονται αποκλειστικά στους γνωστούς παράγοντες που συμμετέχουν στη ρύθμιση της κατανομής του λίπους, όπως τα γλυκοκορτικοειδή και οι ορμόνες του φύλου. Άλλοι παράγοντες που συμμετέχουν στην ομαλότερη ρύθμιση της κατανομής του λίπους είναι η εφαρμογή συστηματικών πρωτοκόλλων άσκησης, η οποία ευνοεί την συρρίκνωση του σπλαχνικού λίπους, ενώ η πρόσφατη πρόσληψη βάρους ευνοεί μόνο την αύξηση των σπλαχνικών αποθηκών λίπους (Bujalska, Kumar & Stewart, 1997; Janssen, Heymsfield, Allison, Kotler & Ross, 2002).

Παράγοντες Κινδύνου της Παχυσαρκίας

Οι παράγοντες κινδύνου μπορούν να διακριθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: μη τροποποιήσιμους που επικεντρώνονται σε γενετικό, εθνικό και κοινωνικοοικονομικό επίπεδο (Φιλίππα & Κανακά-Gantenbein, 2009) και στους τροποποιήσιμους που συμπεριλαμβάνουν τις ανθυγιεινές διατροφικές συνήθειες που σε μεγάλο βαθμό πιθανώς σχετίζονται με την υπερβολική ενεργειακή πρόσληψη και την πρόσληψη κακής ποιότητας φαγητού (Goran, Sothorn & Francis, 2006) και την έλλειψη φυσικής δραστηριότητας λόγω



πολλών ασχολιών καθιστικής μορφής στο χώρο εργασίας αλλά και στην ενασχόληση με τεχνολογικά μέσα (κινητό, Η/Υ κ.α.) (Gortmaker, 1996).

Χρόνιες Επιπλοκές της Παχυσαρκίας

Είναι γνωστό ότι η παχυσαρκία χαρακτηρίζεται μία από τις πιο ευρέως διαδεδομένες μεταβολικές νόσους γι' αυτό και χρήζει αναγκαία η αντιμετώπιση της καθώς με αυτό τον τρόπο προλαμβάνονται επιπλοκές που μπορούν εμφανιστούν μετέπειτα. Στις χρόνιες επιπλοκές της παχυσαρκίας αξίζει να σημειωθούν: α) η καρδιαγγειακή νόσος και η στεφανιαία νόσος, β) ο σακχαρώδης διαβήτης τύπου 2, γ) τα μυοσκελετικά και τα αρθρικά προβλήματα, δ) οι επιπλοκές του αναπνευστικού και του πεπτικού συστήματος, ε) ο καρκίνος και στ) οι ψυχολογικές/ψυχιατρικές διαταραχές (Ansari & Haboubi, 2020) .

Άσκηση και Παχυσαρκία

Η επίδραση της άσκησης για την αντιμετώπιση της παχυσαρκίας (μειώνοντας τη λιπώδη μάζα) έχει οφέλη που σχετίζονται με επιθυμητά κλινικά αποτελέσματα όπως η μείωση της ίδιας της μεταβολικής νόσου, η μείωση πιθανότητας εμφάνισης καρδιαγγειακής νόσου, η μείωση διαφόρων φλεγμονωδών αντιδράσεων και πολλών συναφών ασθενειών (Lee et al., 2013; Goldberg, Boaz, Matas, Goldberg & Shargorodsky, 2009; Maesako et al., 2012). Η άσκηση είναι μια αποδεδειγμένη μέθοδος για τη διαχείριση αυτής της ασθένειας σε συνδυασμό με ένα σωστό διατροφικό πρόγραμμα και είναι αναπόσπαστο μέρος όχι μόνο της απώλειας βάρους αλλά και της συνολικής υγείας (Ruban, Stoenchev, Ashrafian & Teare, 2014).

Άσκηση και Ενδοθηλιακή Δυσλειτουργία στην Παχυσαρκία

Όπως στον σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 έτσι και στην παχυσαρκία εντοπίζεται ενδοθηλιακή δυσλειτουργία ως χρόνια επιπλοκή στο καρδιαγγειακό σύστημα. Στην συγκεκριμένη ομάδα ασθενών εντοπίζεται αυξημένο οξειδωτικό στρες, πράγμα που



ενισχύει την καταστροφή του μονοξειδίου του αζώτου, προκαλώντας δυσλειτουργία στο ενδοθήλιο. Παράγοντες όπως η αντίσταση στην ινσουλίνη, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, και οι χαμηλές συγκεντρώσεις υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (HDL) αυξάνουν επίσης το οξειδωτικό στρες, συμβάλλοντας στη μειωμένη βιοδιαθεσιμότητα του μονοξειδίου του αζώτου (Evans, Goldfine, Maddux & Grodsky, 2002).

Αρκετές αναφορές δείχνουν ότι η απώλεια βάρους και οι αλλαγές στον τρόπο ζωής μπορούν να βελτιώσουν τη λειτουργία του ενδοθηλίου. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η συμβολή της άσκησης στη μείωση του βάρους βελτιώνουν την ενδοθηλιακή λειτουργία των αγγείων και μειώνουν τους εκλεκτικούς δείκτες ενεργοποίησης και πήξης του ενδοθηλίου σε άτομα με παχυσαρκία και μεταβολικό σύνδρομο ανεξάρτητα από το βαθμό ανοχής στη γλυκόζη (Hamdy et al., 2003; Sciacqua et al., 2003). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι έχει παρατηρηθεί βελτίωση της ενδοθηλιακής λειτουργίας σε παιδιά με παχυσαρκία παρεμβαίνοντας τόσο στη διατροφή όσο και στην καθημερινή τους φυσική δραστηριότητα (Woo et al., 2004).

Άσκηση και Αρτηριακή Απόφραξη στην Παχυσαρκία

Η μη επεμβατική μέθοδος γνωστή ως αξιολόγηση της αντίδρασης της αγγειακής διαστολής (Flow-Mediated Dilation, FMD) έχει μελετηθεί πολύ εξειδικευμένα σε άτομα που είναι παχύσαρκα. Τα αποτελέσματα της μεθόδου σε συσχέτιση με την επίδραση της άσκησης δεν είναι τόσο εμφανή και αυτό πιθανολογείται ότι αποδίδεται στην συννοσηρότητα που μπορεί να επιφέρουν τα άτομα που μελετήθηκαν εκτός της παχυσαρκίας που έχουν διαγνωστεί. Σε γενικές γραμμές, αποδείχτηκε ότι η άσκηση που αποσκοπεί στην απώλεια βάρους φέρει θετικά αποτελέσματα στην δοκιμή της αρτηριακής απόφραξης και συνιστάται περαιτέρω διερεύνηση της μεθόδου στην συγκεκριμένη κλινική ομάδα για την διεξαγωγή περισσότερων αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων (Son et al., 2017).



Άσκηση με αντιστάσεις και Παχυσαρκία

Η άσκηση με αντιστάσεις συνίσταται σε υπέρβαρα και παχύσαρκα άτομα, αλλά επειδή ο απώτερος σκοπός είναι η απώλεια σωματικού βάρους ή λίπους σε αυτή την πληθυσμιακή ομάδα, η αερόβια άσκηση είναι αυτή που έχει περισσότερα αποδεδειγμένα στοιχεία. Ωστόσο, η προπόνηση με αντιστάσεις μπορεί να αποτρέψει την πιθανή απώλεια άλιπης μάζας. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε, κατέληξαν ότι η προπόνηση με αντιστάσεις δεν επιφέρει ξεκάθαρα θετικά αποτελέσματα όσον αφορά τη μείωση του συνολικού σωματικού βάρους ή της λιπώδους μάζας. Ο συνδυασμός άσκησης με αντιστάσεις και αερόβια άσκηση είχε τα ίδια αποτελέσματα με την μεμονωμένη αερόβια άσκηση ευνοώντας επιπρόσθετα την αύξηση της άλιπης μάζας (Willis et al, 2012).

Συνταγογράφηση της άσκησης στην παχυσαρκία

Οι υπέρβαροι ή παχύσαρκοι ενήλικες ενθαρρύνονται να έχουν αυξημένη σωματική δραστηριότητα ακόμη και αν δεν αποσκοπούν την απώλεια βάρους, καθώς χάνουν βάρος επωφελούνται στην υγεία μειώνοντας τον κίνδυνο για σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 και εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων. Συνίσταται καθημερινή σωματική δραστηριότητα μέτριας έντασης τουλάχιστον 5 ημέρες την εβδομάδα σε συνεδρίες ελάχιστης διάρκειας 30 λεπτών (Jeffery, Wing, Sherwood & Tate, 2003). Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη συνεχή μέτριας έντασης αερόβια άσκηση αποσκοπώντας την απώλεια βάρους (ACSM, 2018). Οι μελέτες που σχεδιάζουν εφαρμογή προγραμμάτων άσκησης με έμφαση στην μυϊκή ενδυνάμωση και προκαλούν απώλεια βάρους είναι γενικότερα περιορισμένες στη διεθνή βιβλιογραφία. Ωστόσο, επιβάλλεται και συστήνεται η εφαρμογή πρωτοκόλλων ενδυνάμωσης κατά την υλοποίηση ισορροπημένων προγραμμάτων άσκησης (Jeffery, Wing, Sherwood & Tate, 2003).

Συμπεράσματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

Μέσα από την συγκεκριμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση, συμπεραίνουμε ότι ο ΣΔ2 και η παχυσαρκία αποτελούν δύο μεταβολικές παθήσεις οι οποίες χρήζουν προς μελέτη ειδικά ως προς τις επιπλοκές που προκαλούν στα αιμοφόρα αγγεία. Σημαντικότερο



αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας η εμφάνιση αθηροσκλήρωσης. Μέσω της εφαρμογής άσκησης και με τη βοήθεια που μας παρέχει η χρήση της μη επεμβατικής μεθόδου αξιολόγησης της αγγειακής λειτουργίας (Flow-mediated Dilation, FMD) αντλούμε πληροφορίες σχετικά με την αγγειακή λειτουργία αξιολογώντας τους αιμοδυναμικούς παραμέτρους και τα αποτελέσματα που επιφέρουν οι ανωτέρω σε αυτούς. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει αρκετή βιβλιογραφία στον συγκεκριμένο πληθυσμό σε ερεθίσματα άσκησης αντιστάσεων, η οποία όπως έγινε κατανοητό αποτελεί ένα είδος άσκησης απαραίτητο για την καλύτερη πρόγνωση της χρόνιας αυτής μεταβολικής πάθησης.

Επιπλέον, οι επιδράσεις του τύπου αυτού άσκησης σε χρόνιες παθήσεις αλλά και σε σύγκριση με αυτές υγιών νεαρών ατόμων θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική για την διαλεύκανση πιθανών προβληματισμών που υφίστανται. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντική θα αποτελούσε η παρακολούθηση σε πιο τακτά χρονικά διαστήματα των καρδιαγγειακών μεταβολών, όπως είναι εφικτό από αναλυτές που δίνουν τη δυνατότητα καταγραφής των παραμέτρων ανά παλμό, ενισχύοντας τη γνώση και την κατανόηση των φυσιολογικών μεταβολών σε χρονικό βάθος. Για αυτούς τους λόγους κρίνεται απαραίτητη η περαιτέρω έρευνα με διαρκή παρακολούθηση των αιμοδυναμικών αποκρίσεων κατά τη διάρκεια ισοτονικής και ισομετρικής σύσπασης σε πληθυσμούς με και χωρίς χρόνιες καρδιομεταβολικές παθήσεις.



III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά 20 ενήλικοι άντρες με ή χωρίς μεταβολικές παθήσεις, οι οποίοι χωρίστηκαν σε 2 ομάδες ανάλογα με την μεταβολική τους υγεία και τη χρονολογική τους ηλικία. Την πρώτη ομάδα αποτέλεσαν δέκα νεαροί (n=10) φοιτητές ηλικίας: $22,1 \pm 1,9$ ετών, ύψους: $180,1 \pm 9,6$ cm, σωματικού βάρους: $87,9 \pm 22,2$ kg, δείκτη μάζας σώματος: $26,79 \pm 4,9$ kg/m² και σωματικού λίπους: $24,9 \pm 7,0$ %. Επιπλέον, δεν ήταν σωματικά ενεργοί, δεν εκτελούσαν προπονήσεις με αντιστάσεις αλλά ήταν οριακά υπέρβαροι με δείκτη μάζας σώματος >25 kg/m². Την δεύτερη ομάδα αποτέλεσαν δέκα μεσήλικες (n=10) άντρες ηλικίας: $57,2 \pm 9,4$ ετών, ύψους: $173,7 \pm 8,7$ cm, σωματικού βάρους: $102,6 \pm 20,5$ kg, δείκτη μάζας σώματος: $34,0 \pm 6,3$ kg/m² και σωματικού λίπους: $35,5 \pm 7,2$ %. Οι συμμετέχοντες της δεύτερης ομάδας ακολουθούσαν ένα ήπιο πρόγραμμα εβδομαδιαίας σωματικής άσκησης το οποίο περιλάμβανε και προπονήσεις με αντιστάσεις, ήταν διαγνωσμένοι με σακχαρώδη διαβήτη τύπου II και ήταν παχύσαρκοι με δείκτη μάζας σώματος >30 kg/m². Αξίζει να σημειωθεί ότι λάμβαναν τη συνήθη διαβητολογική αγωγή (μετφορμίνη) και ένας στους τρεις λάμβανε και την σχετική την καρδιολογική αγωγή (β-αποκλειστές).

Από τους συμμετέχοντες το 50% ήταν μη καπνιστές, ένα στους δύο δεν κατανάλωνε τακτικά αλκοόλ, ενώ όλοι ακολουθούσαν μια ισορροπημένη διατροφή. Όσον αφορά το οικογενειακό τους ιστορικό, όλοι οι συμμετέχοντες δήλωναν μεταβολική νόσο των γονέων τους. Όλοι οι δοκιμαζόμενοι υπέγραφαν υπεύθυνη δήλωση για τη συμμετοχή τους στη μελέτη και έχοντας ενημερωθεί για την προστασία των προσωπικών τους στοιχείων, συμπλήρωναν μια φόρμα που περιλάμβανε ερωτήσεις για το ατομικό και οικογενειακό τους ιστορικό, αλλά και για την προπονητική τους κατάσταση.



Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν τον προσδιορισμό του ανθρωπομετρικού προφίλ του δείγματος, την αξιολόγηση των αιμοδυναμικών απαντήσεων κατά τη διάρκεια μιας αυστηρά δομημένης συνεδρίας άσκησης με ιστονική και ισομετρική ενεργοποίηση του κυρίαρχου άνω άκρου και την αξιολόγηση των επιπέδων γλυκόζης πριν και μετά από την συνεδρία. Από τα ανθρωπομετρικά χαρακτηριστικά μετρήθηκε το ύψος από όρθια θέση με αναστημόμετρο και με μηχανήμα ανάλυσης σύστασης σώματος υπολογίστηκε το βάρος και ο δείκτης μάζας σώματος [BMI (kg/m^2) = Σωματική μάζα / Ύψος από όρθια θέση²]. Επιπλέον με αναλυτή σύστασης σώματος, προσδιορίστηκε τόσο συνολικά όσο και τμηματικά, η λιπώδη και μυϊκή μάζα (άνω, κάτω άκρα και κορμό σώματος), το συνολικό νερό σώματος (TBW% και TBW), το σπλαχνικό λίπος και ο βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMR, kcal).

Για την αιμοδυναμική παρακολούθηση χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα αιμοδυναμικής μη επεμβατικής συνεχής παρακολούθησης της αρτηριακής πίεσης που μετρείται στο δάκτυλο του εξεταζόμενου με μια περιφαλαγγίδα δακτύλου και υπολογίζοντας ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων (καρδιακή συχνότητα, καρδιακή παροχή, όγκο παλμού, διπλό γινόμενο κ.α.) μέσω της κυματοειδούς απεικόνισης της αρτηριακής πίεσης του δακτύλου. Επιπλέον, αξιολογήθηκαν τα επίπεδα της γλυκόζης αίματος με τη βοήθεια ενός σετ μετρητή γλυκόζης. Την ημέρα του ραντεβού πριν την έναρξη της αιμοδυναμικής παρακολούθησης οι δοκιμαζόμενοι ενημερώνονταν για τη φύση των μεταβλητών μέτρησης και παροτρύνονταν να παραμένουν όσο πιο ήρεμοι, ακίνητοι και αμίλητοι μπορούσαν ώστε να μην υπάρχουν μεταβολές στις τιμές των παραμέτρων που ευθύνονταν σε εξωγενείς παράγοντες.

Για την εξασφάλιση σταθερών συνθηκών εξέτασης των δοκιμαζόμενων, η διεξαγωγή όλων των παραπάνω μετρήσεων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο «Κλινικής Εργοφυσιολογίας & Φυσιολογίας της Άσκησης» του ΣΕΦΑΑ-ΔΠΘ σε ένα ήσυχο και απομονωμένο δωμάτιο κάτω από τις ίδιες προδιαγραφές.



Συνεδρία άσκησης

Η δομημένη συνεδρία άσκησης απαρτίζονταν από ισοτονική (δυναμική) και ισομετρική (στατική) ενεργοποίηση του κυρίαρχου άνω άκρου και διεξάγονταν σε καθιστή θέση καρέκλας ύψους 44 εκατοστών. Η διαδικασία συλλογής/καταγραφής των δεδομένων ολοκληρώθηκε σε μια μόνο συνεδρία, συγκρίνοντας τις προαναφερόμενες παραμέτρους πριν και μετά από μία αυστηρά δομημένη, σύντομη συνεδρία ισοτονικής και ισομετρικής ενεργοποίησης του ενός άνω άκρου.

Εξοπλισμός αξιολόγησης

Όλοι οι εξεταζόμενοι μετρήθηκαν με το καινοτόμο σύστημα αιμοδυναμικής παρακολούθησης Finapres® NOVA. Η εν λόγω μη επεμβατική συνεχή παρακολούθηση της αρτηριακής πίεσης χρησιμοποιώντας μόνο μια περιφραλαγγίδα δακτύλου, και υπολογίζει ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων (καρδιακή συχνότητα, καρδιακή παροχή, όγκο παλμού, διπλό γινόμενο κ.α.) μέσω της κυματοειδούς απεικόνισης της αρτηριακής πίεσης του δακτύλου.

Η μέτρηση της κυματομορφής αρτηριακής πίεσης στο δάκτυλο με Finapres (FINger Arterial PRESsure) εισήχθη στις αρχές της δεκαετίας του 1980, και επέτρεψε για πρώτη φορά μια αξιόπιστη μέτρηση του σήματος της αρτηριακής πίεσης ανά παλμό με μη επεμβατικό τρόπο (Imholz et al., 1998). Το Finapres αποτελείται από μια φουσκωτή περιφραλαγγίδα δακτύλο, έναν πληθυσμογράφο υπερύθρων και ένα αυτόματο σύστημα πίεσης για τη συνεχή ρύθμιση της πίεσης της περιφραλαγγίδας (Σχήμα 5).





Σχήμα 5: Παρουσίαση του συστήματος Finapres® NOVA Basic. Χρήση περιχειρίδας πιεσόμετρου, τοποθέτηση περιφλαγγίδας στο μέσο δάχτυλο, οθόνη ως μέσο κυματοειδούς απεικόνισης της αρτηριακής πίεσης του δακτύλου.

Πριν την έναρξη της μέτρησης ο κάθε δοκιμαζόμενος/η καθόταν σε μια καρέκλα αντικρίζοντας την κεντρική μονάδα και ξεκινούσε η διαδικασία σύνδεσης των απαραίτητων εξαρτημάτων για την διεξαγωγή της μέτρησης. Αναλυτικότερα, καθορίζονταν το κατάλληλο μέγεθος της περιφλαγγίδας από το μέγεθος της περιφέρειας του αντίχειρά στο μη κυρίαρχο χέρι, στο οποίο διεξάγονταν η μέτρηση.

Ακολούθως γίνονταν στο ίδιο χέρι μια περιχειρίδα για να επιτευχθεί η βαθμονόμηση (καλιμπράρισμα) και τέλος η απλή περιχειρίδα με μανόμετρο για να εκτελεστεί η διαδικασία της απόφραξης. Επιπλέον, οι συσκευές Finapres® περιλαμβάνουν τη μονάδα διόρθωσης ύψους (HCU) για τη δυνατότητα κινήσεων των χεριών κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Το HCU αντισταθμίζει την κατακόρυφη κίνηση του χεριού σε σχέση με το επίπεδο της καρδιάς και τις συνακόλουθες αλλαγές πίεσης στην αρτηριακή πίεση του δακτύλου (Finapres® NOVA Basic).

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με το σύστημα παρακολούθησης είναι:

- η καρδιακή συχνότητα (ΚΣ / Heart Rate) σε bpm
- η συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση (ΣΑΠ & ΔΑΠ /Systolic & Diastolic Arterial Pressure) σε mmHg.
- το διπλό γινόμενο (ΔΓ / Rate Pressure Product) σε mmHg/min και
- η καρδιακή παροχή (ΚΠ / Cardiac Output) σε l/ml
- ο όγκος παλμού (ΟΠ / Stroke Volume) σε ml και
- η συνολική περιφερική αντίσταση (ΣΠΑ / Total Peripheral Resistance) σε mmHg*s/ml.

Διαδικασία απόφραξης

Η απόφραξη με χρήση περιχειρίδας στο αντιβράχιο κάθε συμμετέχοντα πραγματοποιούνταν για έλεγχο της λειτουργίας του ενδοθηλίου, ενώ αναφέρεται ως μια τεχνική που χρησιμοποιείται στην ιατρική για να αξιολογήσει την ακεραιότητα και την αντίδραση των ενδοθηλιακών κυττάρων που καλύπτει τα εσωτερικά αγγειακά τοιχώματα. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται συχνά σε μελέτες της αγγειακής λειτουργίας και στην



εκτίμηση της ενδοθηλιακής δυσλειτουργίας ή φυσιολογικής λειτουργίας, η οποία μπορεί να είναι πρόδρομος δείκτης για μελλοντικές καρδιαγγειακές παθήσεις. Η περιχειρίδα εφαρμόστηκε στο άνω άκρο (αντιβράχιο) και χορηγήθηκε αέρας (180-200mmHg) προκαλώντας προσωρινή απόφραξη της ροής του αίματος για 2 λεπτά. Γενικότερα, κατά τη διάρκεια της εν λόγω διαδικασίας, το αγγειακό ενδοθήλιο αντιδρά με την παραγωγή νιτρικού οξειδίου (NO) και άλλων αγγειοδιασταλτικών παραγόντων που βοηθούν στην αξιολόγηση της ενδοθηλιακής λειτουργίας. Στην προκειμένη περίπτωση μελετήθηκε και αξιολογήθηκε η απόκριση των εξεταζόμενων αιμοδυναμικών δεικτών και η 4λεπτη διακύμανσή τους τόσο πριν όσο και μετά από την ιστονική και ισομετρική ενεργοποίηση.

Πειραματική διαδικασία συλλογής δεδομένων

Στον πειραματικό σχεδιασμό περιλάμβανε και εφαρμόστηκε το κάτωθεν πρωτόκολλο. Συγκεκριμένα, εκτελέστηκαν διαδοχικοί περίοδοι (ηρεμίας, απόφραξης και μυϊκής ενεργοποίησης) όπου περιλάμβαναν: ηρεμία (4 λεπτά), 1η απόφραξη (2 λεπτά), διάλειμμα (4 λεπτά), μυϊκή ενεργοποίηση*(Σχήμα....), διάλειμμα (4 λεπτά), 2η απόφραξη (2 λεπτά), ηρεμία (4 λεπτά).



Σχήμα 6: Σχηματική παρουσίαση του πειραματικού σχεδιασμού

Η μυϊκή ενεργοποίηση πραγματοποιήθηκε με αλτήρα 3,6kg και αρχικά εκτελέστηκε ιστονικά κάμψη/έκταση αγκώνα διάρκεια 2 λεπτών ακολουθούσε 4λεπτο διάλειμμα. Ακολούθως εκτελέστηκαν 3 σετς των 2 λεπτών ισομετρικής άσκησης (γωνία αγκώνα 90°) με μονόλεπτο διάλειμμα μεταξύ των σετς (Σχήμα 6). Η όλη διαδικασία μυϊκής ενεργοποίησης (ιστονική και ισομετρική) διήρκεσε συνολικά μαζί 14 λεπτά με ενδιάμεσο διάλειμμα 4 λεπτών (Σχήμα 7).



Σχήμα 7: Αναλυτική σχηματική παρουσίαση της μυϊκής ενεργοποίησης του αντιβραχίου.

Όλη η χρονική διάρκεια του πρωτόκολλου πειραματικού σχεδιασμού (αποφράξεις, μυϊκή ενεργοποίηση και διαλείμματα) διήρκεσαν 36 λεπτά.

Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (ANOVA repeated measures). Συγκεκριμένα, εξετάστηκε η επίδραση του ομάδας άσκησης (μεσήλικες, παχύσαρκοι διαβητικοί ή νεαροί υπέρβαροι), της χρονικής στιγμής απόφραξης (πριν ή μετά την ασκησιογενή ενεργοποίηση) και των ισοτονικών και ισομετρικών προσπαθειών, αλλά και της κύριας επίδρασης του πρωτοκόλλου άσκησης και της χρονικής στιγμής μέτρησης στη μεταβολή αιμοδυναμικών παραγόντων (όγκος παλμού, καρδιακή παροχή, καρδιακός δείκτης, διπλό γινόμενο, συνολική περιφερική αντίσταση, καρδιακή συχνότητα, συστολική αρτηριακή πίεση, διαστολική αρτηριακή πίεση). Συγκεκριμένα, εξετάστηκε με την ανάλυση διακύμανσης δύο (2) παραγόντων, δηλαδή των δύο (2) πρωτοκόλλων επί χρονικές στιγμές εκτέλεσης, με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις και στους δύο (2) παράγοντες (two – way ANOVA Repeated Measures). Επιμέρους σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων λήφθηκαν με το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων του Fisher LSD, ενώ το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.



IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα έρευνα αναλύθηκαν και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αιμοδυναμικών αποκρίσεων μιας αυστηρά δομημένης συνεδρίας άσκησης με ισοτονική και ισομετρική ενεργοποίηση του κυρίαρχου άνω άκρου σε ενήλικες (μεσήλικες & νεαρούς) με και χωρίς ΣΔ2, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των ομάδων (νεαροί & μεσήλικες) και της εκτέλεσης των 2 αποφράξεων (ομάδες x χρονικές στιγμές. Κατά την καταγραφή των 4λεπτων περιόδων αποκατάστασης παρατηρήθηκε κύρια επίδραση του παράγοντα ομάδα και των χρονικών στιγμών μέτρησης για την ΣΑΠ [F(8, 144)=2,8223, p=0,00615], την ΚΣ [F(8, 152)=2,0674, p=0,04231], το ΔΓ [F(8, 144)=3,1857, p=0,00234], την ΣΠΑ και την ΔΑΠ με οριακή αλληλεπίδραση (p=0,0802). Στο εν λόγω κεφάλαιο καταγράφονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας σε ότι αφορά τους αιμοδυναμικούς δείκτες.

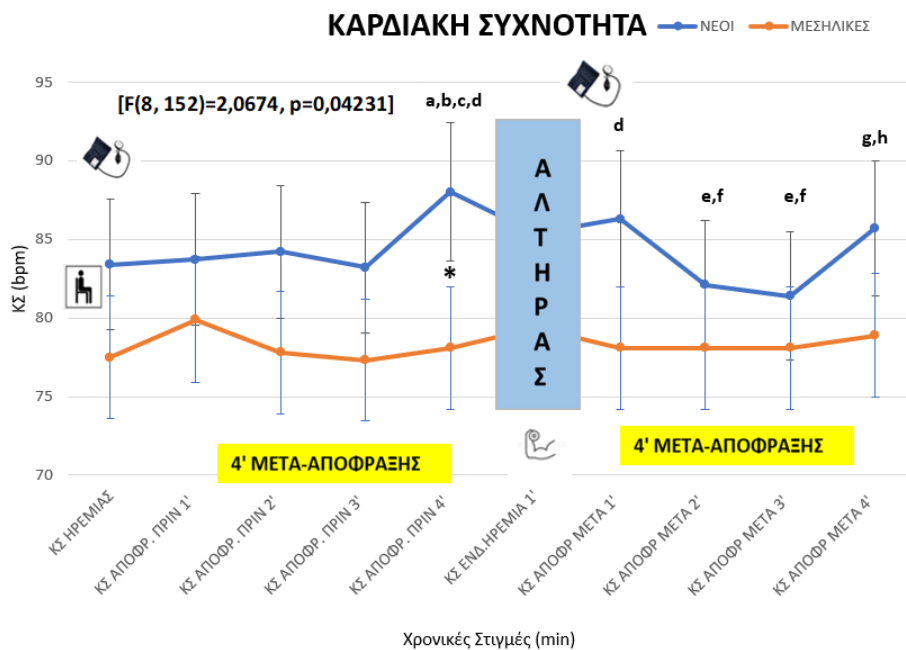
Ειδικότερα, καταγράφονται και αναλύονται οι μεταβολές που πραγματοποιήθηκαν μετά την 1^η και 2^η απόφραξη του αντιβραχίου ελέγχοντας την αγγειοδραστικότητα του ενδοθηλίου και το πόσο αυτή διαφοροποιείται όταν εκτελεστεί ήπια μυϊκή ενεργοποίηση. Συγκεκριμένα καταγράφηκαν και αναλύθηκαν οι διακυμάνσεις στις τιμές των επιπέδων:

- της καρδιακής συχνότητας,
- της συστολικής αρτηριακής πίεσης,
- του διπλού γινομένου
- της διαστολικής αρτηριακής πίεσης,
- της καρδιακής παροχής
- του όγκου παλμού και
- της συνολικής περιφερικής αντίστασης



Καρδιακή Συχνότητα

Πιο αναλυτικά, στην καρδιακή συχνότητα παρατηρούνται διαφορές στις τιμές της καρδιακής συχνότητας ηρεμίας λόγω διαφορά ηλικίας περίπου 35 χρόνων μεταξύ των δύο ομάδων. Μεταξύ των 2 ομάδων νεαρής και μέσης ηλικίας υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο 4^ο λεπτό μετά την 1^η απόφραξη [$F(8, 152)=2,0674, p=0,04231$]. Στην ομάδα των μεσηλικών δεν υπάρχουν έντονες διαφοροποιήσεις στις τιμές της καρδιακής συχνότητας καθ' όλη την διάρκεια της 30λεπτης δοκιμής. Απ' την άλλη πλευρά, η ομάδα των νέων παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις στο 4^ο λεπτό της 1^{ης} απόφραξης, και μετά την εφαρμογή της μυϊκής ενεργοποίησης και την 2^{ης} απόφραξης (Σχήμα 8).



Σχήμα 8: Καρδιακή συχνότητα σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.

* : στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) μεταξύ νεαρών και μεσηλικών ανδρών (μεταξύ των ομάδων)

a: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΣ ηρεμία"

b: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΣ μετά την 1^η απόφραξη και πριν την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

c: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΣ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"

d: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΣ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος"

e: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΣ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 4^ο λεπτό του διαλείμματος"

f: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΣ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

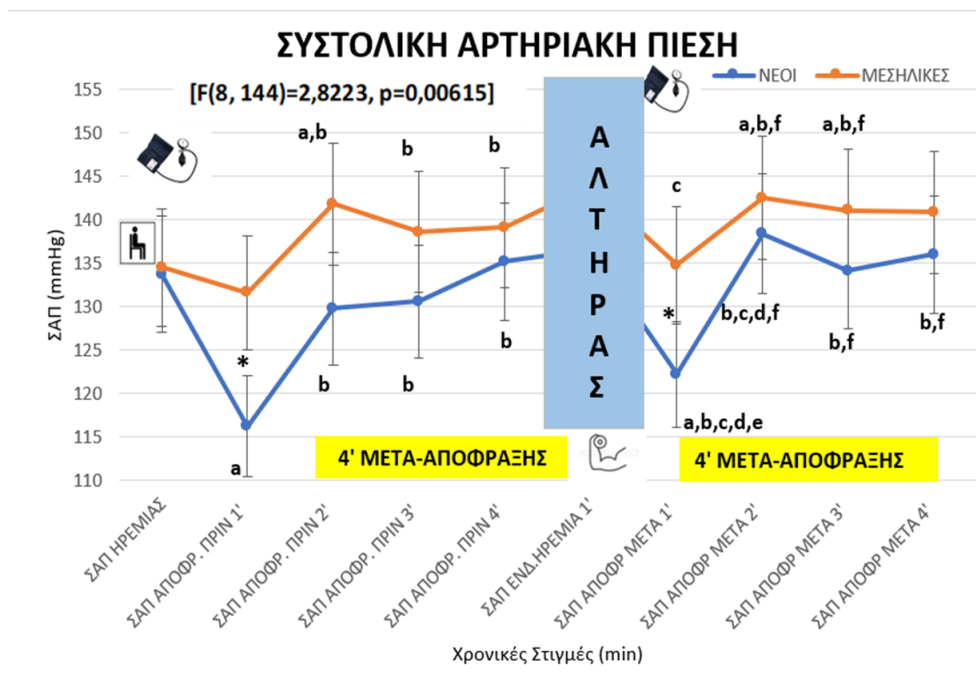
g: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΣ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"

h: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΣ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος"



Συστολική Αρτηριακή Πίεση

Όσον αφορά τη συστολική αρτηριακή πίεση (ΣΑΠ), οι δύο ομάδες εμφανίζουν σχεδόν ίσες τιμές στην ΣΑΠ ηρεμίας. Εφαρμόζοντας τις 2 αποφράξεις, παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στην 1η καταγραφή που περιλάμβανε το 1ο λεπτό των 2 τετράλεπτων περιόδων μεταξύ των δύο ομάδων νεαρής και μέσης ηλικίας [F(8, 144)=2,8223, p=0,00615]. Η ομάδα των μεσηλικών σε όλη την 30λεπτη δοκιμή εμφανίζουν συστηματικά υψηλότερες τιμές ΣΑΠ από την ομάδα των νέων και δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ των χρονικών στιγμών. Διακρίνεται στατιστικά σημαντική διαφορά σχεδόν όλων των χρονικών στιγμών πριν και μετά την μυϊκή ενεργοποίηση με το 1^ο λεπτό μετά την 1^η απόφραξη. Οι κύριες διαφοροποιήσεις εμφανίζονται στην ομάδα των νέων σε όλη την 30λεπτη δοκιμή και στατιστικά σημαντικές διαφορές όλων των χρονικών στιγμών πριν και μετά την μυϊκή ενεργοποίηση με το 1^ο λεπτό μετά τη 1^η απόφραξη (Σχήμα 9).



Σχήμα 9: Συστολική Αρτηριακή Πίεση σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.

*: στατιστικά σημαντικές διαφορές (p<0.05) μεταξύ νεαρών και μεσηλικών ανδρών (μεταξύ των ομάδων)

a: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΑΠ ηρεμίας"

b: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΑΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

c: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΑΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"

d: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΑΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος"

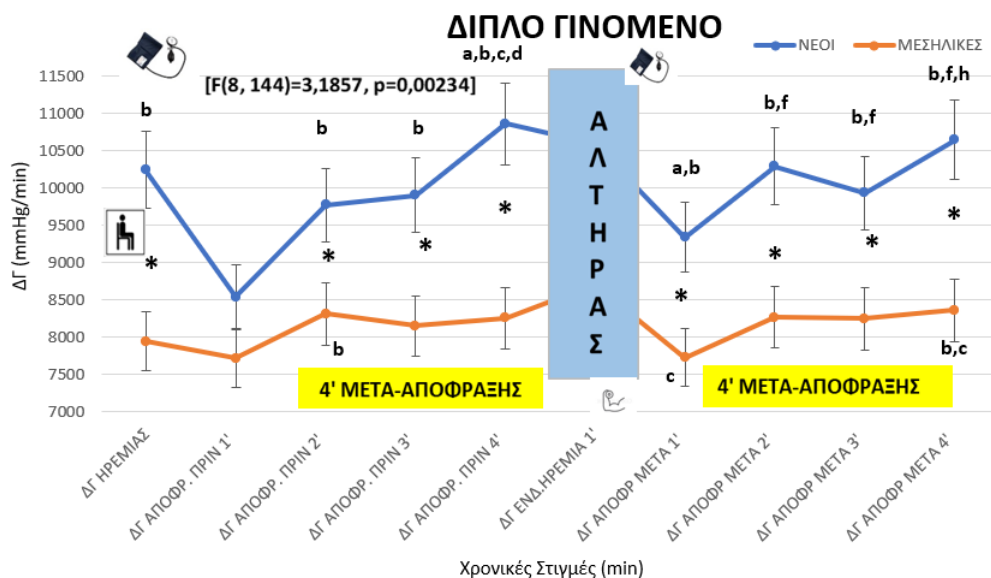
e: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΑΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 4^ο λεπτό του διαλείμματος"

f: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΑΠ μετά την 2η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"



Διπλό Γινόμενο

Όσον αφορά το διπλό γινόμενο (μέγιστη καρδιακή συχνότητα x συστολική πίεση) παρατηρείται μια γενικότερη αντιστροφή στις παρατηρούμενες τιμές των δύο ομάδων. Οι διαφοροποιημένες τιμές της αρχικής μέτρησης ηρεμίας οφείλεται κυρίως στη διαφορά ηλικίας (περίπου 35 χρόνια μεταξύ των ομάδων) και κατά συνέπεια στη διαφοροποιημένη μέγιστη καρδιακή συχνότητα. Ωστόσο, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές και αλληλεπιδράσεις [$F(8, 144)=3,1857, p=0,00234$] στο 2ο, 3ο και 4ο λεπτό μετά την πρώτη απόφραξη και στο 1ο, 2ο, 3ο και 4ο λεπτό μετά την δεύτερη απόφραξη με τάση να διευρύνονται οι αποκλείσεις στην πορεία της 4λεπτης μετα-αποφρακτικής περιόδου (Σχήμα 10).



Σχήμα 10: Διπλό γινόμενο σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.

*: στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p < 0.05$) μεταξύ νεαρών και μεσηλικών ανδρών (μεταξύ των ομάδων)

a: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΓ ηρεμίας"

b: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΓ μετά την 1^η απόφραξη και πριν την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

c: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΓ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"

d: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΓ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος"

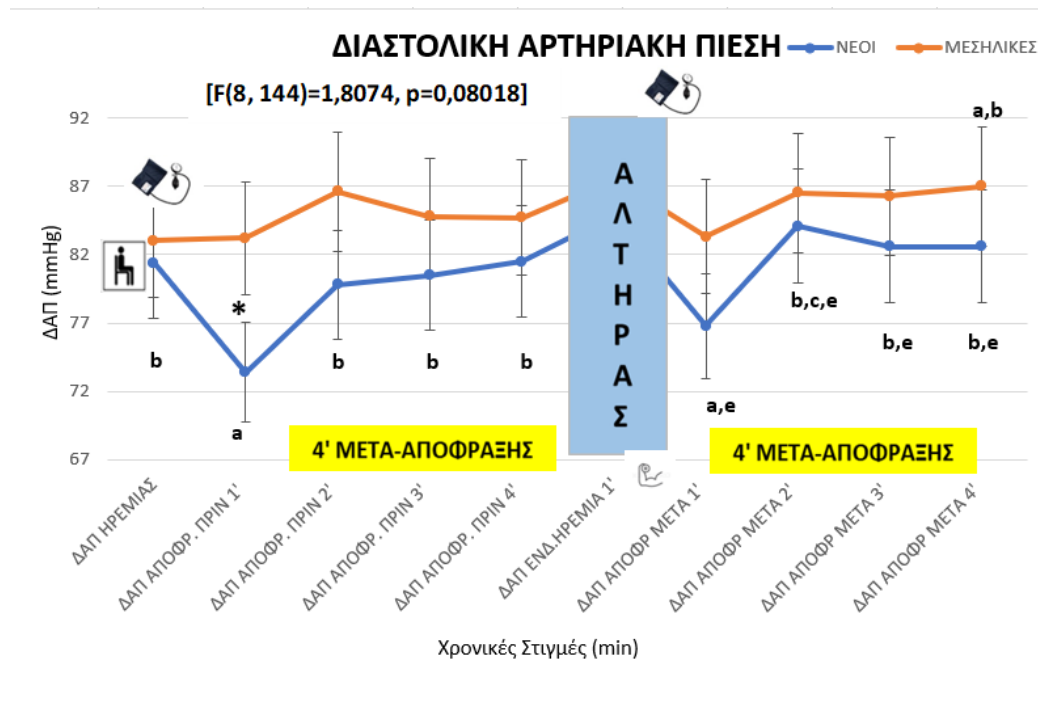
f: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΓ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

h: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΓ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος"



Διαστολική Αρτηριακή Πίεση

Στην ανάλυση, όσον αφορά την διαστολική αρτηριακή πίεση (ΔΑΠ), οι δύο ομάδες εμφανίζουν σχεδόν ίσες τιμές στην ΔΑΠ ηρεμίας. Υπάρχουν οριακά στατιστικά σημαντικές διαφορές που παρουσιάζονται στο 1ο λεπτό της 1ης τετράλεπτης περιόδου μεταξύ των ομάδων νεαρής και μέσης ηλικίας [F(8, 144)=1,8074, p=0,08018]. Μεμονωμένα, στην ομάδα των μεσηλικών δεν εμφανίζονται διαφοροποιήσεις. Αντιθέτως, στην ομάδα των νέων, έχουμε στατιστικά σημαντικές διαφορές σχεδόν όλων των χρονικών στιγμών σε σχέση με τα πρώτα μονόλεπτα που ακολουθούν τις 2 αποφράξεις (Σχήμα 11).



Σχήμα 11: Διαστολική Αρτηριακή Πίεση σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.

*: στατιστικά σημαντικές διαφορές (p<0.05) μεταξύ νεαρών και μεσηλικών ανδρών (μεταξύ των ομάδων)

a: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΑΠ ηρεμίας"

b: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΑΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

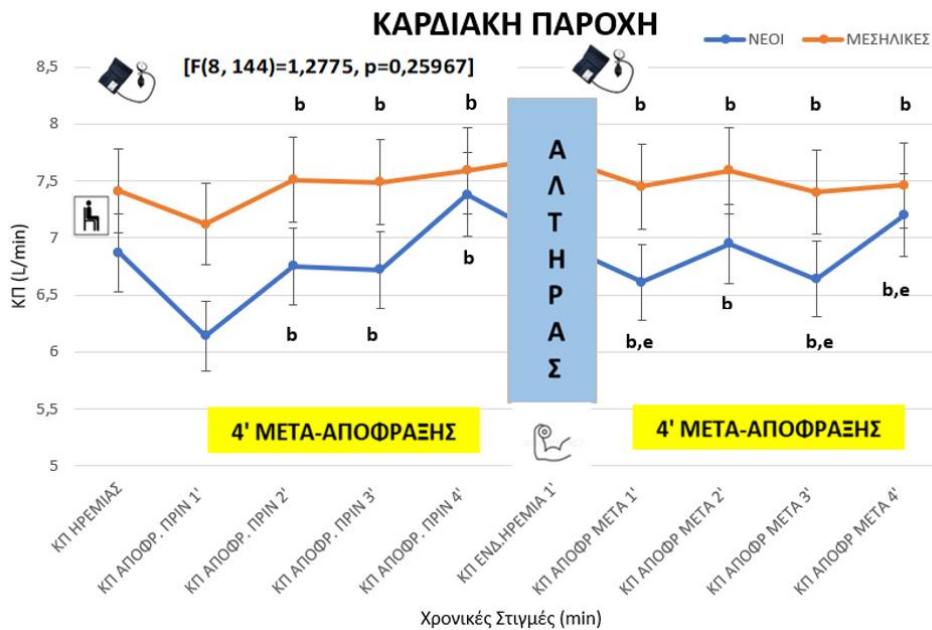
c: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΑΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"

e: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΔΑΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 4^ο λεπτό του διαλείμματος"



Καρδιακή Παροχή

Αναφορικά με την καρδιακή παροχή δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων νεαρής και μέσης ηλικίας [$F(8, 144)=1,2775, p=0,25967$]. Στους μεσήλικες δεν υπάρχουν έντονες διαφοροποιήσεις παρά μόνο στο 1^ο λεπτό της πρώτης απόφραξης. Αντιθέτως, στην ομάδα των νέων παρουσιάζονται έντονες διαφοροποιήσεις σε σχέση με το 1^ο λεπτό της πρώτης απόφραξης και κορύφωση στις τιμές του 4^{ου} λεπτού μετά από τις 2 αποφράξεις (Σχήμα 12).



Σχήμα 12: Καρδιακή Παροχή σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.

* : στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0.05$) μεταξύ νεαρών και μεσηλικών ανδρών (μεταξύ των ομάδων)

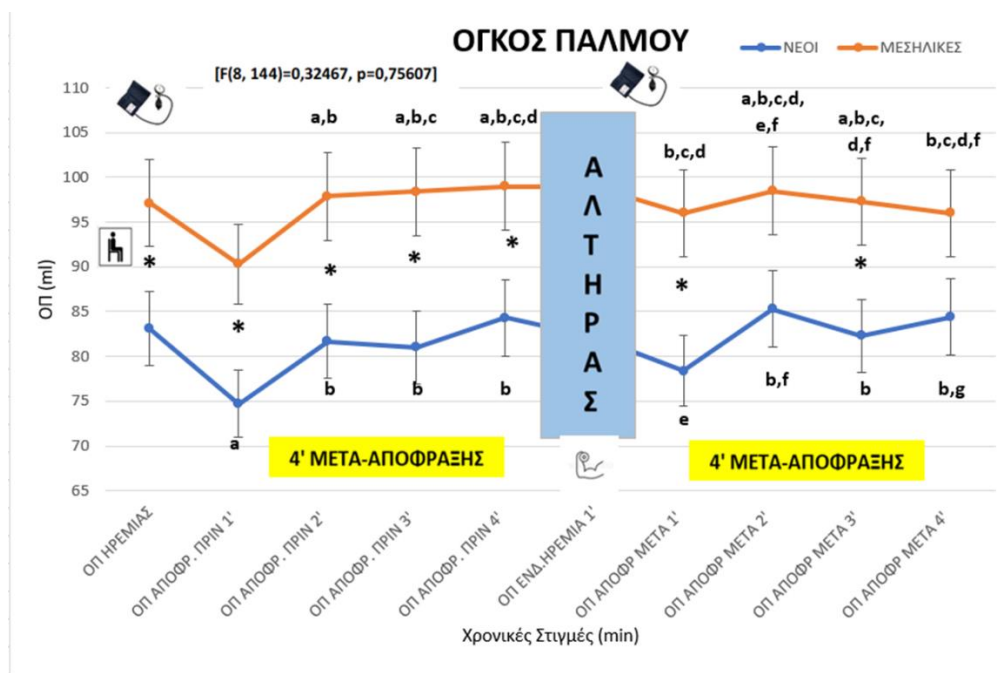
b: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

e: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΚΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 4^ο λεπτό του διαλείμματος"



Όγκος Παλμού

Αναφορικά με τον όγκο παλμού (ΟΠ), οι υψηλότερες τιμές στην ομάδα των μεσηλικών σε σχέση με τους νέους οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην λήψη φαρμακευτικής αγωγής (β-αδρενεργικών αποκλειστών) που λαμβάνουν στην πλειονότητα οι πρώτοι προκαλώντας μείωση της καρδιακής συχνότητας και αντισταθμιστικά αυξάνεται ο όγκος παλμού καθώς η καρδιά εξωθεί περισσότερο αίμα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 2 ομάδων νεαρής και μέσης ηλικίας την στιγμή ηρεμίας, σε όλες τις χρονικές στιγμές της τετράλεπτης περιόδου μετά την πρώτη απόφραξη και στο 1^ο και 3^ο λεπτό μετά την δεύτερη απόφραξη [F(8, 144)=0,32467, p=0,75607]. Επιπλέον, συγκεκριμένα στην ομάδα των μεσηλικών εντοπίζονται διαφοροποιήσεις της πρώτης απόφραξης σε όλες τις χρονικές στιγμές σε σχέση με την ηρεμία και το 1^ο λεπτό μετά την 1^η απόφραξη ενώ, στην ομάδα των εντοπίζονται κυρίως διαφοροποιήσεις σχεδόν όλων των χρονικών στιγμών σε σχέση με το 1^ο λεπτό μετά την 1^η απόφραξη. (Σχήμα 13).



Σχήμα 13: Όγκος παλμού σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.

*: στατιστικά σημαντικές διαφορές (p<0,05) μεταξύ νεαρών και μεσηλικών ανδρών (μεταξύ των ομάδων)

a: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΟΠ ηρεμίας"

b: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΟΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

c: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΟΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"

d: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΟΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος"

e: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΟΠ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 4^ο λεπτό του διαλείμματος"

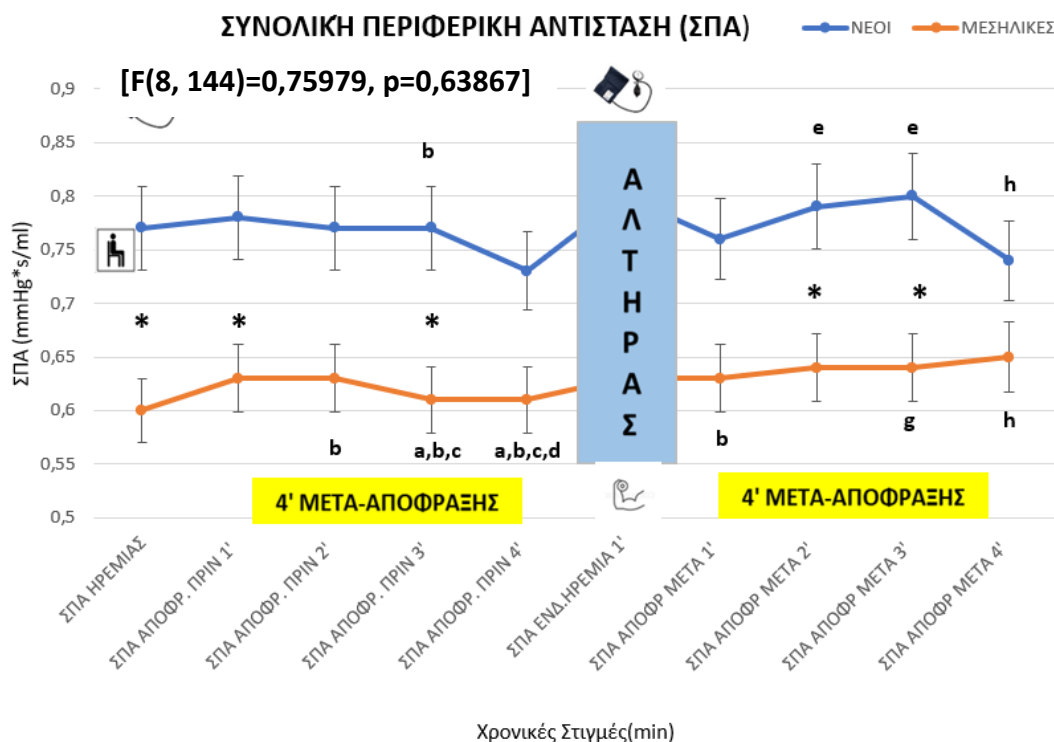
f: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΟΠ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

g: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΟΠ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"



Συνολική Περιφερική Αντίσταση

Στην ανάλυση όσον αφορά την συνολική περιφερική αντίσταση (ΣΠΑ), την χρονική στιγμή ηρεμίας στην αρχή και σε όλη την διάρκεια της 30λεπτης δοκιμής, οι νέοι έχουν υψηλότερες τιμές λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης μυϊκού ιστού που περιβάλλει την περιοχή του άνω άκρου. Παρατηρείται στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της ομάδας των νεαρών και εκείνης των μεσήλικων την χρονική στιγμή ηρεμίας, στο 1^ο και 3^ο λεπτό της τετράλεπτης περιόδου μετά την 1^η απόφραξη και στο 2^ο και 3^ο λεπτό της τετράλεπτης περιόδου μετά την 2^η απόφραξη [F(8, 144)=0,75979, p=0,63867]. Επιπλέον, στην ομάδα των νέων εντοπίζεται σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ του 2^{ου}, 3^{ου} και 4^{ου} λεπτού πριν την μυϊκή ενεργοποίηση και το 1^ο λεπτό μετά την 2^η απόφραξη σε σχέση με το 1^ο λεπτό που ακολουθεί μετά την εφαρμογή της 1^{ης} απόφραξης. (Σχήμα 14).



Σχήμα 14: Συνολική Περιφερική Αντίσταση σε μη δραστήριους υπέρβαρους νεαρούς άντρες και σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες.

*: στατιστικά σημαντικές διαφορές (p<0.05) μεταξύ νεαρών και μεσήλικων ανδρών (μεταξύ των ομάδων)

a: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΠΑ ηρεμίας"

b: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΠΑ μετά την 1^η απόφραξη και πριν την μυϊκή ενεργοποίηση στο 1^ο λεπτό του διαλείμματος"

c: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΠΑ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"

d: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΠΑ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος"

e: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΠΑ μετά την 1^η απόφραξη και πριν μυϊκή την ενεργοποίηση στο 4^ο λεπτό του διαλείμματος"

g: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΠΑ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 2^ο λεπτό του διαλείμματος"

h: στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τη χρονική στιγμή "ΣΠΑ μετά την 2^η απόφραξη και την μυϊκή ενεργοποίηση στο 3^ο λεπτό του διαλείμματος"



Τέλος, παρουσιάζεται η συνολική περιγραφική στατιστική, κατά την ηρεμία, όλων των μεταβλητών της αιματικής ροής των δραστήριων υπέρβαρων νεαρών ανδρών συγκριτικά με τους σωματικά δραστήριους παχύσαρκους μεσήλικες με μεταβολικές παθήσεις άνδρες (Πίνακα 1).

Πίνακας 1. Περιγραφική στατιστική του συνόλου των παραγόντων αιματικής ροής σε συνθήκες ηρεμίας.

		Μέσος όρος	Τυπικό σφάλμα (Std. Error)	95% Διαστήματα εμπιστοσύνης	
				Κάτω όριο	Άνω όριο
Καρδιακή Συχνότητα (bpm)	Νέοι (n=10)	84,34	0,636	83,092	85,588
	Μεσήλικες (n=10)	78,32	0,261	77,807	83,454
Συστολική Αρτηριακή Πίεση(mmHg)	Νέοι (n=10)	131,28	2,218	126,932	135,628
	Μεσήλικες (n=10)	138,88	1,268	136,393	141,366
Διαστολική Αρτηριακή Πίεση(mmHg)	Νέοι (n=10)	80,76	1,089	78,624	82,896
	Μεσήλικες (n=10)	85,3	0,543	84,234	86,366
Καρδιακή Παροχή (l/min)	Νέοι (n=10)	6,82	0,109	6,609	7,036
	Μεσήλικες (n=10)	7,47	0,049	7,375	7,569
Συνολική Περιφερική Αντίσταση (mmHg*s/ml)	Νέοι (n=10)	0,77	0,007	0,757	0,785
	Μεσήλικες (n=10)	0,63	0,004	0,617	0,636
Διπλό Γινόμενο (mmHg/min)	Νέοι (n=10)	10015,15	217,950	9587,967	10442,333
	Μεσήλικες (n=10)	8169,78	95,301	7982,989	8356,571
Όγκος Παλμού (ml)	Νέοι (n=10)	81,74	0,999	81,74	83,69
	Μεσήλικες (n=10)	96,95	0,816	95,35	98,55

Εν κατακλείδι, τα εν λόγω δεδομένα αποδεικνύουν ότι η εκτέλεση της απόφραξης του αντιβραχίου δύναται να διαφοροποιήσει σημαντικά ορισμένους αιμοδυναμικούς δείκτες, ενώ επηρεάζεται ιδιαίτερα τόσο από την ηλικία των συμμετεχόντων όσο και από την αγγειοδραστικότητα του ενδοθηλίου.



V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα της μελέτης δίνουν σημαντικές πληροφορίες για τους αιμοδυναμικούς δείκτες, πριν και μετά την εκτέλεση μονόπλευρης άσκησης του άνω άκρου και μετά από την απόφραξη του αντιβραχίου σε ενήλικες με και χωρίς μεταβολικές παθήσεις. Ειδικότερα, στην καρδιακή συχνότητα παρατηρείται διαφοροποίηση μεταξύ των ομάδων στο 4^ο λεπτό μετά την 1^η απόφραξη, ενώ μεταξύ των χρονικών στιγμών εντοπίζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p < 0,05$) στην «ομάδα των νέων» πράγμα που δεν παρατηρείται στους μεσήλικες. Όσον αφορά, τις τιμές της συστολικής αρτηριακής πίεσης και της διαστολικής αρτηριακής πίεσης, ενώ οι δύο ομάδες κατά την στιγμή ηρεμίας εμφανίζουν παρόμοιες τιμές, η διακύμανση αφορά μόνο την ομάδα των νέων υποδηλώνοντας την υγιή ενδοθηλιακή λειτουργία κάτι το οποίο δεν ισχύει με την ομάδα των μεσηλικών όπου η τιμές των δεικτών της αρτηριακής πίεσης παραμένουν αμετάβλητες ($p > 0,05$). Επίσης, οι δύο ομάδες δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τις τιμές της καρδιακής παροχής. Αξίζει να σημειωθεί, ότι στην ομάδα των νέων παρατηρούνται: α) υψηλότερες τιμές του διπλού γινομένου λόγω μυοκαρδιακών δυνατοτήτων καταγραφής αυξημένων τιμών καρδιακής συχνότητας, β) υψηλότερες τιμές της συνολικής περιφερικής αντίστασης λόγω αναπτυγμένου μυϊκού ιστού που περιβάλλει την περιοχή του χεριού σε ένα νεαρό άτομο και γ) μειωμένες τιμές στον όγκο παλμού καθώς δεν λαμβάνουν φαρμακευτική αγωγή με β-αποκλειστές κάτι που συνέβαινε στους μεσήλικες και που οδηγούσε την καρδιά να εξωθεί περισσότερο αίμα κατά την ηρεμία.

Επιπλέον, στις δύο ηλικιακές ομάδες που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία εστίασαμε στη συνεχή παρακολούθηση 4λεπτων περιόδων αποκατάστασης που ακολουθούν μετά από 2λεπτη βραχιόνια απόφραξη. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αιμοδυναμικών παραμέτρων (καρδιακή συχνότητα, συστολική αρτηριακή πίεση, διαστολική αρτηριακή πίεση, διπλό γινόμενο κ.α.) της αιματικής ροής πριν και μετά από μία αυστηρά δομημένη, σύντομη συνεδρία ισοτονικής και ισομετρικής ενεργοποίησης του ενός άνω άκρου. Συνεπώς, η ηλικιακή διαφορά μεταξύ των ατόμων που αποτέλεσαν τις δύο ομάδες υπήρξε καθοριστικός παράγοντας που επηρέασε, με



έμμεσο ή άμεσο τρόπο, τα κάτωθεν συμπεράσματα. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκαν σημαντικές αλληλεπιδράσεις (ομάδες x χρονικές στιγμές) μεταξύ των δύο ομάδων (νεαροί & μεσήλικες) και μεταξύ των χρονικών στιγμών ανάμεσα στην εκτέλεση των δύο αποφράξεων.

Σε έρευνα που αφορούσε την ενδοθηλιακή δυσλειτουργία σε ομάδα υπερτασικών ασθενών μέσης ηλικίας (40-65 έτη), παρατηρήθηκε ότι η αρτηριακή πίεση μειώθηκε έπειτα από εκτέλεση πρωτόκολλου άσκησης στο ζεστό νερό (heated water-based exercise) (de Barros Cruz, Bocchi, Grassi, Guimaraes, 2017) σε αντίθεση με την ομάδα ατόμων μέσης ηλικίας με ΣΔ2, όπου η αρτηριακή πίεση (συστολική και διαστολική) παρουσίασε αιφνίδια πτώση μετά την πρώτη απόφραξη και διατήρησε τις μειωμένες τιμές της σε σταθερά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης του πρωτοκόλλου (πριν και μετά την μυϊκή ενεργοποίηση).

Σε μεγαλύτερες ηλικίες, σε ένα απόλυτα δομημένο πρόγραμμα βραχυχρόνιας άσκησης (4 εβδομάδες) είχε ως αποτέλεσμα σημαντικές βελτιώσεις στην αγγειακή λειτουργία σε ομάδα ηλικίας 73-90 ετών (τρίτης ηλικίας) (Dobrosielski et al., 2009) πράγμα που δεν συνέβη στις τιμές της ομάδας μεσήλικων της παρούσας έρευνας. Επιπλέον, σε άλλη περίπτωση όπου εφαρμόστηκε προπόνηση με δόνηση ολόκληρου του σώματος (whole-body vibration training) σε ασθενείς, ηλικίας πάνω από 65 έτη, με καρδιαγγειακή νόσο παρατηρήθηκε σημαντική διαφοροποίηση στον όγκο παλμού και στην συνολική περιφερική αντίσταση γεγονός που οφείλεται σε ένα βαθμό στην φαρμακευτική αγωγή (β-αποκλειστές) που λαμβάνουν οι ασθενείς αυτής της κατηγορίας όπως συνέβη στους μεσήλικες, καθιστώντας την μέθοδο ως μία αποτελεσματική στρατηγική για τη βελτίωση της ενδοθηλιακής λειτουργίας (Aoyama A. et al., 2019).

Σε μελέτη με απώτερο σκοπό την απώλεια βάρους υπέρβαρων και παχύσαρκων νεαρών γυναικών που συμμετείχαν που πραγματοποιήθηκε συνδυασμός αερόβιας προπόνησης και προπόνησης με αντιστάσεις σε μια χρονική περίοδο 16 εβδομάδων, διαπιστώθηκε βελτίωση της ενδοθηλιακής λειτουργίας αλλά δεν συσχετίστηκε με αλλαγές στους αιμοδυναμικούς δείκτες (Cotie, Josse, Phillips & MacDonald, 2014) όπως



διαπιστώθηκε στην παρούσα έρευνα όπου υπήρχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στους μεσήλικες με $\Delta\text{ΜΣ}>35\text{kg/m}^2$ και με την χρήση μικρής αντίστασης των 3,6kg.

Τέλος, σε ομάδα παχύσαρκων παιδιών ηλικίας 10 ετών που συμμετείχαν σε ένα συνδυαστικό πρόγραμμα διατροφής και άσκησης τόσο η καρδιακή συχνότητα όσο και η αρτηριακή πίεση παρουσίασαν σταδιακή μείωση μετά την πραγματοποίηση του (Ribeiro et al., 2005), ενώ στους υπέρβαρους νεαρούς της παρούσης έρευνας εμφάνισαν παροδική μείωση των τιμών της αρτηριακής πίεσης (συστολικής και διαστολικής) μετά το πρώτο λεπτό της απόφραξης πριν και μετά την μυϊκή ενεργοποίηση του αντιβραχίου και σταθερές τιμές στην καρδιακή συχνότητα με ήπιες μεταβολές πριν και μετά την μυϊκή ενεργοποίηση.

Από τα παραπάνω δεδομένα αποδεικνύεται ότι η εκτέλεση βραχιόνιας απόφραξης διαφοροποιεί σημαντικά ορισμένους αιμοδυναμικούς δείκτες. Λαμβάνοντας υπόψιν την ηλικία των ατόμων που αποτέλεσαν το δείγμα των δύο ομάδων (νεαροί, μεσήλικες) της εν λόγω ερευνητικής μελέτης καταλήγουμε στο ιδιαίτερο ρόλο που διαδραματίζει η αγγειοδραστικότητα δηλ ο μηχανισμός ή η ουσία που επιτρέπει την τροποποίηση του διαμετρήματος των αγγείων μέσω της αγγειοσύσπασης ή της αγγειοδιαστολής.



Προτάσεις για μελλοντικές μελέτες

Η παρούσα μελέτη δίνει την ευκαιρία για περαιτέρω εξέλιξή της. Αναφορικά, νέα σημεία ενδιαφέροντος θα μπορούσαν να είναι:

- Ο σχεδιασμός της μελέτης να εφαρμοστεί σε μεγαλύτερο δείγμα πληθυσμού.
- Ο πειραματικός σχεδιασμός να περιλαμβάνει και άλλα είδη άσκησης ή συνδυασμός διαφορετικών ειδών ασκήσεων.
- Πραγματοποίηση ανάλογης μελέτης σε δείγμα γυναικείου πληθυσμού.
- Πραγματοποίηση μελέτης αποκλειστικά σε άτομα τρίτης ηλικίας για τον εντοπισμό πιθανής ενδοθηλιακής δυσλειτουργίας.
- Εκτέλεση πρωτοκόλλου άσκησης με ενεργοποίηση των μυών στα κάτω άκρα.
- Χρήση μεγαλύτερης αντίστασης (φορτίο >3,6kg) κατά την εκτέλεση της μυϊκής ενεργοποίησης
- Πραγματοποίηση μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας απόφραξης (>2min).
- Εφαρμογή μεγαλύτερης υπερ-συστολικής συμπίεσης στην περιχειρίδα του πιεσόμετρου (>200mmHg).



VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι η μυϊκή ενεργοποίηση του αντιβραχίου μέσω της άσκησης με αντιστάσεις (κάμψη-έκταση αγκώνα με αλτήρα 3,6kg) και η εκτέλεση απόφραξης στο ίδιο χέρι (αντιβράχιο) προκαλούν μεταβολές στους αιμοδυναμικούς δείκτες και στην λειτουργικότητα του αγγειακού ενδοθηλίου των ασκουμένων συμμετεχόντων.

Συγκεκριμένα από την παρούσα έρευνα προκύπτει ότι οι σημαντικότεροι παράγοντες που συνηγορούν στην διαφοροποίηση των εξεταζόμενων αιμοδυναμικών δεικτών (ΚΣ, ΣΑΠ, ΔΑΠ, ΔΓ κτλ) είναι:

- Η διαφορά ηλικίας (35 χρόνια) μεταξύ των ατόμων που αποτέλεσαν τις δύο ομάδων.
- Η απουσία ή η παρουσία υποκείμενης μεταβολικής (παχυσαρκίας και ΣΔ2) νόσου.
- Η λήψη φαρμακευτικής αγωγής (β-αποκλειστές) από την πλειονότητα των συμμετεχόντων της ομάδας των μεσήλικων.
- Το διαφορετικό προπονητικό επίπεδο μεταξύ των δύο ομάδων καθώς οι μεσήλικες ακολουθούσαν ένα δομημένο εβδομαδιαίο πρόγραμμα άσκησης, ενώ οι νέοι διαβιούσα μια ήπια/καθιστική ζωή.
- Η διαφορετική μυϊκή σύσταση στην περιοχή του χεριού ενεργοποίησης, καθώς η ομάδα των νέων διέθετε αυξημένη μυϊκής μάζας στο ασκούμενο (ισοτονικά και ισομετρικά) άκρο.
- Η πιθανολογούμενη, ήπια, ενδοθηλιακή δυσλειτουργία που εμφανίζουν γενικότερα οι μεσήλικες λόγω της φυσιολογικής γήρανσης (εκφυλισμού) του αγγείου ή των αγγειακών αλλοιώσεων που πιθανολογούμε ότι προκαλεί ο ενεργός μεταβολική νόσος (ΣΔ2).

Συμπερασματικά, τα εν λόγω δεδομένα αποδεικνύουν ότι η εκτέλεση βραχιόνιας απόφραξης διαφοροποιεί σημαντικά βασικούς αιμοδυναμικούς δείκτες. Λαμβάνοντας υπόψιν την ηλικία των ατόμων που αποτέλεσαν το δείγμα των δύο ομάδων της εν λόγω ερευνητικής μελέτης καταλήγουμε στο ιδιαίτερο ρόλο που διαδραματίζει η



αγγειοδραστικότητα του ενδοθηλίου μέσω ενός ασκησιογενούς μηχανισμού. Ο εν λόγω φυσικός μηχανισμός οδηγεί στη βελτίωση της αγγειακής διαμέτρου (αγγειοδιαστολή – αγγειοσύσπαση) και στον αποτελεσματικότερο/ασφαλέστερο έλεγχο της αγγειακής πίεσης.



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Acosta-Manzano P, Rodriguez-Ayllon M, Acosta FM, Niederseer D, Niebauer J. Beyond general resistance training. Hypertrophy versus muscular endurance training as therapeutic interventions in adults with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2020;21(6): e13007. [[PubMed](#)]
- American Diabetes Association. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care.* 2014;37 Suppl 1: S81–S90. doi: 10.2337/dc14-S081. [[PubMed](#)]
- American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.* 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2018. [[Google Scholar](#)]
- American Diabetes Association Professional Practice Committee. Standards of medical care in diabetes—2022. *Diabetes Care.* 2022;45(suppl 1):1–16.7
- Anderson, T. J., Uehata, A., Gerhard, M. D., Meredith, I. T., Knab, S., Delagrange, D.,... Yeung, A. C. (1995). Close relation of endothelial function in the human coronary and peripheral circulations. *J Am Coll Cardiol*, 26(5), 1235-1241. [http://doi.org/10.1016/0735-1097\(95\)00327-4](http://doi.org/10.1016/0735-1097(95)00327-4)
- Ansari S., Haboubi H., Haboubi N. (2020, Adult obesity complications: challenges and clinical impact, *Ther Adv Endocrinol Metab*, doi: 10.1177/2042018820934955. [[PubMed](#)]
- Aoyama A., Yamaoka-Tojo M., Obara S., Shimizu E., Fujiyoshi K., Noda C., Matsunaga A., and Ako J. (2019), Acute Effects of Whole-Body Vibration Training on Endothelial Function and Cardiovascular Response in Elderly Patients with Cardiovascular Disease, *Int Heart J* 2019 Jul 27; 60(4):854-861.
- Ashor, A. W., Lara, J., Siervo, M., Celis-Morales, C., Oggioni, C., Jakovljevic, D. G., & Mathers J. C. (2015). Exercise Modalities and Endothelial Function: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Sports Medicine*, 45(2), 279-296. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0272-9>
- Avogaro A., Albiero M., Menegazzo L., de Kreutzenberg S., Fadini G.P. Endothelial dysfunction in diabetes: the role of reparatory mechanisms. *Diabetes Care.* 2011;34(Suppl 2): S285–90. [[PubMed](#)]



- Avogaro, A., Kreutzenberg, S. V. de, & Fadini, G. (2008). Endothelial dysfunction: causes and consequences in patients with diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 82 Suppl 2, 94-S101, <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2008.09.021>
- Ασκληπιακό Πάρκο Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών, 2008, <http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=311>
- Balady G.J. , Arena R., Sietsema K., Myers J., Coke L., Fletcher G.F., Forman D., Franklin B., Guazzi M., Gulati M., Keteyian S.J., Lavie C.J., Macko R., Mancini D., Milani R.V.; American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee of the Council on Clinical Cardiology; Council on Epidemiology and Prevention; Council on Peripheral Vascular Disease; Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research, Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 2010 Jul 13;122(2):191-225. [PubMed]
- de Barros Cruz L.G., Bocchi E.A., Grassi G., Guimaraes G.V. (2017), Neurohumoral and Endothelial Responses to Heated Water-Based Exercise in Resistant Hypertensive Patients. *Circ J.* 2017 Feb 24;81(3):339-345. [PubMed]
- Beardsmore C.S. (2010), *Paediatric Lung Function, Plethysmography* Page: 66-86 DOI: <https://doi.org/10.1183/1025448x.00011809>
- Bellou V., Belbasis L., Tzoulaki I., Evangelou E. Risk factors for type 2 diabetes mellitus: An exposure-wide umbrella review of meta-analyses. *PLoS ONE*. 2018;13:e0194127. doi: 10.1371/journal.pone.0194127. [PubMed]
- Belleza M., 2020, *Diabetes Mellitus, Medical-Surgical Nursing*, <https://nurseslabs.com/diabetes-mellitus/>
- Ben P.M. Imholz, Wouter Wieling, et al., (1998). Fifteen Years Experience with Finger Arterial Pressure Monitoring: Assessment of the Technology. *Cardiovascular Research* 38, 605–616. [PubMed]
- Braith E.W., Beck D.T., Resistance exercise: training adaptations and developing a safe exercise prescription, *Heart Failure Reviews* 2008 Feb;13(1):69-79. [PubMed]
- Brutsaert E.F., 2023, Complications of Diabetes Mellitus, *MSD Manual Consumer Version*, <https://www.msdmanuals.com/>
- Budoff M.J., Alpert B., Chirinos J.A., Fernhall B., Hamburg N., Kario K., Kullo I., Matsushita K., Miyoshi T., Tanaka H., Townsend R., Valensi P., (2022). Clinical Applications



- Measuring Arterial Stiffness: An Expert Consensus for the Application of Cardio-Ankle Vascular Index, *Am J Hypertens* 2022 May 10;35(5):441-453. [[PubMed](#)]
- Bujalska IJ, Apr. 1997, Kumar S, Stewart PM., Does central obesity reflect "Cushing's disease of the omentum"? *Lancet*. 26;349(9060):1210-3 [[PubMed](#)]
- Calles-Escandon, J., & Cipolla, M. (2001). Diabetes and Endothelial Dysfunction: A Clinical Perspective. *Endocrine Reviews*, 22(February), 36-52. [[PubMed](#)]
- Celermajer, D. S., Sorensen, K.E., Gooch, V. M., Spiegelhalter, D. J., Miller, O. I., Sullivan, I. D.,... Deanfield, J. E. (1992). Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis. *Lancet*, 340(8828), 1111-1115. [http://doi.org/10.1016/0140-6736\(92\)93147-F](http://doi.org/10.1016/0140-6736(92)93147-F)
- Church TS, Cheng YJ, Earnest CP, Barlow CE, Gibbons LW, Priest EL, Blair SN. Exercise capacity and body composition as predictors of mortality among men with diabetes. *Diabetes Care*. 2004;27(1):83–88. [[PubMed](#)]
- Cinti S., Nov 2002, Adipocyte differentiation and transdifferentiation: plasticity of the adipose organ. *J Endocrinol Invest*. 25(10):823-35. [[PubMed](#)]
- Codella R, Ialacqua M, Terruzzi I, Luzi L. May the force be with you: why resistance training is essential for subjects with type 2 diabetes mellitus without complications. *Endocrine*. 2018). [[PubMed](#)]
- Colberg S.R., Sigal R.J., Yardley J.E., Riddell M.C., Dunstan D.W., Dempsey P.C., Horton E.S., Castorino K., Deborah F Tate D.F., (2016) Physical Activity/Exercise and Diabetes: A Position Statement of the American Diabetes Association, *Diabetes Care*. 2016 Nov;39(11):2065-2079 [[PubMed](#)]
- Corretti, M. C., Anderson, T. J., Benjamin, E. J., Celermajer, D., Charbonneau, F., Creager, M. A., Vogel, R. (2002). Guidelines for the ultrasound assessment of endothelial-dependent flow-mediated vasodilation of the brachial artery: a report of the International Brachial Artery Reactivity Task Force. *Journal of the American College of Cardiology*, 39(2), 257-65. [http://doi.org/10.1016/S0735-1097\(01\)01746-6](http://doi.org/10.1016/S0735-1097(01)01746-6)
- Cotie L.M., Josse A.R., Phillips S.M. and MacDonald M.J., (2014) Endothelial function increases after a 16-week diet and exercise intervention in overweight and obese young women, *Biomed Res Int Epub* 2014 Mar 20, [[PubMed](#)]



- Deanfield, J. E., Halcox, J. P., & Rabelink, T. J. (2007). Endothelial function and dysfunction: Testing and clinical relevance. *Circulation*, 115(10), 1285-1295. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.652859>
- Delaney L.E., Arce-Esquivel A.A., Kuroki K., Laughlin M.H., (2012), Exercise training improves vasoreactivity in the knee artery, *Int J Sports Med*. 2012 Feb;33(2):114-22 [[PubMed](#)]
- Delep MD, McAllister RM, Laughline MH. Exercise training alters endothelium-dependent vasoreactivity of rat abdominal aorta. *J Appl Physiol* 1993; 75: 1354–1363. [[PubMed](#)]
- Di Francescomarino S., Sciartilli A., Di Valerio V., Di Baldassarre A, Gallina S. The effect of physical exercise on endothelial function. *Sports Med*. 2009;39(10):797–812. [[PubMed](#)]
- Dobrosielski D.A., Greenway F.L., Welsh D.A., Jazwinski S.M., Welsch M.A.; Louisiana Healthy Aging Study, (2009), Modification of vascular function after handgrip exercise training in 73- to 90-yr-old men, *Med Sci Sports Exerc*. 2009 Jul;41(7):1429-35. [[PubMed](#)]
- Durstine JL, Haskell WL. Effects of exercise training on plasma lipids and lipoproteins. *Exerc Sport Sci Rev* 1994; 22:477-521. [[PubMed](#)]
- Ellis H. Anatomy of the pancreas. *Surgery (Oxford)*. 2007; 25: 72-73
- Eringa, E. C., Serne, E. H., Meijer, R. I., Schalkwijk, C. G., Houben, A. J. H. M., Stehouwer, C. D. van Hinsbergh, V. W. M. (2013). Endothelial dysfunction in (pre)diabetes: characteristics, causative mechanisms and pathogenic role in type 2 diabetes. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*, 14(1), 39-48. <http://doi.org/10.1007/s11154-013-9239-7>
- Evans J.L., Goldfine I.D., Maddux B.A., Grodsky G.M., (2002), Oxidative stress and stress-activated signaling pathways: a unifying hypothesis of type 2 diabetes, *Endocr Rev*, 23 (5) pp. 599-622 [[GoogleScholar](#)]
- Ελληνική Εταιρεία Μελέτης της Υπέρτασης, 2021, 10 Μαρτίου, <https://www.anapnefstiki.gr/comzoo/ti-einai-i-artiriaki-piesi-kai-ti-i-ypertasi>
- Falk, E. Pathogenesis of atherosclerosis. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2006, 47 (Suppl. 8), C7. [[CrossRef](#)]



- Fresiello L., Meyns B., Di Molfetta A., Ferrari G., A Model of the Cardiorespiratory Response to Aerobic Exercise in Healthy and Heart Failure Conditions, *Front Physiol* 2016 Jun 8;7:189. [[PubMed](#)]
- Fuchsberger C., Flannick J., Teslovich T.M., Mahajan A., Agarwala V., Gaulton K.J., Ma C., Fontanillas P., Moutsianas L., McCarthy D.J., et al. The genetic architecture of type 2 diabetes. *Nature*. 2016;536:41–47. doi:10.1038/nature18642 . [[PubMed](#)]
[[Google Scholar](#)]
- Fuchsjäger-Mayrl G, Pleiner J, Wiesinger GF, Sieder AE, Quittan M, N. M., & Francesconi C, Seit HP, Francesconi M, Schmetterer L, W. M. (2002). Endothelial Function in Patients with Type 1 Diabetes, *Diabetes Care* 25(10). [[PubMed](#)]
- Fye W.B. A history of the origin, evolution, and impact of electrocardiography. *Am J Cardiol*. 1994 May 15;73(13):937-49. [[PubMed](#)]
- Gobel F.L., Norstrom L.A., Nelson R.R., Jorgensen C.R., Wang Y. (1978), The rate-pressure product as an index of myocardial oxygen consumption during exercise in patients with angina pectoris, *Circulation* Mar;57(3):549-56 [[PubMed](#)]
- Goldberg Y., Boaz M., Matas Z., Goldberg I., Shargorodsky M. Weight loss induced by nutritional and exercise intervention decreases arterial stiffness in obese subjects. *Clin Nutr*. 2009 Feb;28(1):21-5. [[PubMed](#)]
- Gordon B, Benson A, Bird S, Fraser S. Resistance training improves metabolic health in type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract*. 2009;83:157–75. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2008.11.024>.
- Gortmaker S.L., Must A., Sobol A.M., Peterson K., Colditz G.A., Dietz W.H. Television viewing as a cause of increasing obesity among children in the United States, 1986-1990. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1996; 150:356-62. [[PubMed](#)]
- Gregg E.W., Gerzoff R.B., Caspersen C.J., Williamson D.F., Venkat Narayan K.M., Relationship of walking to mortality among US adults with diabetes. *Arch Intern Med* Jun 23;163(12):1440-7. [[PubMed](#)]
- Gulsin GS, Swarbrick DJ, Athithan L, et al. Effects of Low-Energy Diet or Exercise on Cardiovascular Function in Working-Age Adults With Type 2 Diabetes: A Prospective, Randomized, Open-Label, Blinded End Point Trial. *Diabetes Care*. 2020;43(6):1300–1310. [[PubMed](#)]



- Hamdy O., Ledbury S., Mullooly C., Jarema C., Porter S., Ovalle K., Moussa A., Caselli A., Caballero E., Economides P. A., Veves A., Horton E. S., Lifestyle modification improves endothelial function in obese subjects with the insulin resistance syndrome. *Diabetes Care*, 26 (7) (2003), pp. 2119-2125 [[PubMed](#)]
- Handbook of Pediatric Obesity*. Edited by Goran M and Sothorn M. Taylor & Francis, 2006 (CRC Press); 311-332.
- Harris, R. A., Nishiyama, S. K., Wray, D. W., & Richardson, R. S. (2010). Ultrasound assessment of flow-mediated dilation. *Hypertension*, 55(5), 1075-1085. <http://doi.org/HYPERTENSIONAHA.110.150821>
- Heals Pharmacy & More, 2021, 7 Αυγούστου, <https://www.heals.gr/blog/>
- Heart Rhythm Center, β-bloggers, 2021, <http://www.eponline.gr/v-apokleistest/>
- Higashi, Y. (2015). Assessment of endothelial function. History, methodological aspects, and clinical perspectives. *International Heart Journal*, 56(2), 125-134. <http://doi.org/10.1536/ihj.14-385>
- Hodgson Y., Choate J., (2012). Continuous and noninvasive recording of cardiovascular parameters with the Finapres finger cuff enhances undergraduate student understanding of physiology. *Adv Physiol Educ* 2012 Mar;36(1):20-6. [[PubMed](#)]
- Hornig B., Maier V., Drexler H. Physical training improves endothelial function in patients with chronic heart failure. *Circulation* 1996; 93: 210-4. [[PubMed](#)]
- Hu F.B., Willett W.C., Li T., Stampfer M.J., Colditz G.A., Manson J.E., (2004). Adiposity as compared with physical activity in predicting mortality among women, *N Engl J Med* Dec 23;351(26):2694-703 [[PubMed](#)]
- Ishiguro H, Kodama S, Horikawa C, Fujihara K, Hirose A, Hirasawa R, et al. In search of the ideal resistance training program to improve glycemic control and its indication for patients with type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2015;46(1):67–77. [[PubMed](#)]
- Janssen I, Heymsfield SB, Allison DB, Kotler DP, Ross R., Apr. 2002, Body mass index and waist circumference independently contribute to the prediction of nonabdominal, abdominal subcutaneous, and visceral fat., *Am J Clin Nutr*. 75(4):683-8. [[PubMed](#)]
- Jarrete A. P., Zanesco A., Delbin M.A., Assessment of endothelial function by flow-mediated dilation in diabetic patients: Effects of physical exercise, *Motriz: rev. educ. fis.* 22 (1), 2016, <https://doi.org/10.1590/S1980-65742016000100001>



- Jeffery R.W., Wing R.R., Sherwood N.E., Tate D.F. Physical activity and weight loss: does prescribing higher physical activity goals improve outcome? *Am J Clin Nutr* 2003;78(4):684-9. [[PubMed](#)]
- Joannides R., Haefeli W.E., Linder L., Richard V., Bakkali E. H., Thuillez C., Lüscher T. F. (1995), Nitric oxide is responsible for flow-dependent dilatation of human peripheral conduit arteries in vivo. *Circulation*, 1314–1319. [[PubMed](#)]
- Kelley G.A. and Kelley K.S. (2000), Progressive resistance exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension* 35: 838–843. [[PubMed](#)]
- Khordori R., Type 2 Diabetes Mellitus: Practice Essentials, Background, *Pathophysiology Medicine* (2022)
- Kounoupis A., Papadopoulos S., Galanis N., Dipla K. , Zafeiridis A., (2020). Are Blood Pressure and Cardiovascular Stress Greater in Isometric or in Dynamic Resistance Exercise? *Sports (Basel)* Mar 28;8(4):41. [[PubMed](#)]
- Kwon, H. R., Min, K. W., Ahn, H. J., Seok, H. G., Lee, J. H., Park, G. S., & Han, K. A. (2011). Effects of Aerobic Exercise vs. Resistance Training on Endothelial Function in Women with Type 2 Diabetes Mellitus. *Diabetes & Metabolism Journal*, 35(4), 364-73. <http://doi.org/10.4093/dmj.2011.35.4.364>
- Lee I.M., Skerrett P.J. Physical activity and all-cause mortality: what is the dose-response relation? *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(6) Suppl: S459–471. [[PubMed](#)]
- Lee S., Deldin A.R., White D., Kim Y., Libman I, Rivera-Vega M., Kuk J.L., Sandoval S, Boesch C. & Arslanian S. Aerobic exercise but not resistance exercise reduces intrahepatic lipid content and visceral fat and improves insulin sensitivity in obese adolescent girls: a randomized controlled trial. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2013 Nov 15;305(10):E1222-9. [[PubMed](#)]
- Little J.P., Gillen J.B, Percival M.E., Safdar A., Tarnopolsky M.A., Punthakee Z., Jung M.E., Gibala M.J., (2011) Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes, *J Appl Physiol.* 2011 Dec;111(6):1554-60., [[PubMed](#)]
- Maesako M., Uemura K., Kubota M., Kuzuya A., Sasaki K., Hayashida N., Asada-Utsugi M., Watanabe K., Uemura M., Kihara T., Takahashi R, Shimohama S, Kinoshita A. Exercise is more effective than diet control in preventing high fat diet-induced β -



- amyloid deposition and memory deficit in amyloid precursor protein transgenic mice. *J Biol Chem*. 2012 Jun 29;287(27):23024-33. [[PubMed](#)]
- Maiorana, A., O'Driscoll, G., Cheetham, C., Dembo, L., Stanton, K., Goodman, C., Green, D. (2001). The effect of combined aerobic and resistance exercise training on vascular function in type 2 diabetes. *Journal of the American College of Cardiology*, 38(3), 860-866. [http://doi.org/10.1016/S0735-1097\(01\)01439-5](http://doi.org/10.1016/S0735-1097(01)01439-5)
- Maitra S., Bhattacharjee S., Baidya D.K. Correlation Between Doppler Derived Carotid Artery Corrected Flow Time and Pressure Transducer Derived Radial Artery Corrected Flow Time: A Prospective Observational Study. *Cardiovasc Eng Technol*. 2020 Apr;11(2):128-133. [[PubMed](#)]
- Manson J.E., Greenland P., LaCroix A.Z., Stefanick M.L., Mouton C.P., Oberman A., Perri M.G., Sheps D.S., Pettinger M.B., Siscovick D.S., (2002). *N Engl J Med*, Sep 5;347(10):716-25. [[PubMed](#)]
- Matsuda M., Watanabe K., Saito A., Matsumura K., Ichikawa M., (2007). Circumstances, activities, and events precipitating aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, Jan-Feb;16(1):25-9 [[PubMed](#)]
- McCarthy M.I. Genomics, type 2 diabetes, and obesity. *N. Engl. J. Med*. 2010;363:2339–2350. doi: 10.1056/NEJMra0906948. [[PubMed](#)]
- Miname, M.H.; Santos, R.D., (2019). Reducing cardiovascular risk in patients with familial hypercholesterolemia: Risk prediction and lipid management. *Prog. Cardiovasc. Dis*. 62, 414–422. [[PubMed](#)]
- Mintz G.S., Popma J.J., Pichard AD., Kent K.M., Satler L.F., Chuang Y.C., Ditrano C.J., Leon M.B. Patterns of calcification in coronary artery disease. A statistical analysis of intravascular ultrasound and coronary angiography in 1155 lesions. *Circulation*. 1995 Apr 01;91(7):1959-65. [[PubMed](#)]
- Mitchell J.H., Wildenthal K. Static (Isometric) Exercise and The Heart: Physiological and Clinical Considerations. *Annu Rev Med*. 1974(25):369–81. doi: 10.1146/annurev.me.25.020174.002101. [[PubMed](#)]
- Montero, D., Walther, G., Benamo, E., Perez-Martin, a, & Vinet, a. (2013). Effects of exercise training on arterial function in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 43(11), 1191-1199. <http://doi.org/10.1007/s40279-013-0085-2>



- de Moraes, R., Van Bavel, D., Gomes, M. de B., & Tibiriçá, E. (2016). Effects of non-supervised low intensity aerobic exercise training on the microvascular endothelial function of patients with type 1 diabetes: a non-pharmacological interventional study. *BMC Cardiovascular Disorders*, 16(1), 23. <http://doi.org/10.1186/s12872-016-0191-9>
- Μήτρου Κ., Performance Store, 2020, 5 Απριλίου, <https://performance-store.gr/>
- Oliveira C, Simões M, Carvalho J, Ribeiro J. Combined exercise for people with type 2 diabetes mellitus: a systematic review. *Diabetes Res Clin Pract.* 2012;98. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2012.08.004>
- Park K., & Park W. J. (2015). Endothelial Dysfunction : Clinical Implications in Cardiovascular Disease and Therapeutic Approaches. *J Korean Med Sci*, 30, 1213-1225. <http://doi.org/10.3346/jkms.2015.30.9.1213>
- Pescatello L.S., Guidry M.A., Blanchard B.E., Kerr A., Taylor A.L., Johnson A.N., Maresh C.M., Rodriguez N., Thompson P.D., Exercise intensity alters postexercise hypotension, *J Hypertens*, 2004 Oct;22(10):1881-8 [[PubMed](#)]
- Phillips, S. A., Mahmoud, A. M., Brown, M. D., & Haus, J. M. (2015). Exercise interventions and peripheral arterial function: Implications for cardio-metabolic disease. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 57(5), 521-534. [[ScienceDirect](#)]
- Pott F., Van Lieshout J.J., Ide K., Madsen P., Secher N.H., (2003). Middle cerebral artery blood velocity during intense static exercise is dominated by a Valsalva maneuver. *J Appl Physiol*, Apr;94(4):1335-44, [[PubMed](#)]
- Rezaeimanesh D, Farsani PA: The effect of a 6 week isotonic training period on lower body muscle emg changes in volleyball players. *Procedia Soc Behav Sci*, 2011, 30: 2129–2133. [[Google Scholar](#)]
- Ribeiro M.M., Silva A.G., Santos N.S., Guazzelle I., Matos L.N.J, Trombetta I.C., Halpern A., Negrão C.E. and Villares S.M.F. (2005), Diet and Exercise Training Restore Blood Pressure and Vasodilatory Responses During Physiological Maneuvers in Obese Children, *Circulation*, Volume 111, Number 15 [[PubMed](#)]
- Ross R. (2003). Does exercise without weight loss improve insulin sensitivity? *Diabetes Care*. 26:944–945. doi: 10.2337/diacare.26.3.944. [[PubMed](#)]
- Ruban A., Stoenchev K., Ashrafian H., Teare J. Current treatments for obesity. *Clin Med (Lond)*. 2019 May;19(3):205-212. [PMC free article] [[PubMed](#)]



- Scheen AJ, Luyckx FH., Dec. 2002, Obesity and liver disease, *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 16(4):703-16. Review. [[PubMed](#)]
- Sciacqua A., Candigliota M., Ceravolo R., Scozzafava A., Sinopoli F., Corsonello A., Sesti G., Perticone F. (2003). Weight loss in combination with physical activity improves endothelial dysfunction in human obesity. *Diabetes Care*, 26 (6) pp. 1673-1678 [[PubMed](#)]
- Sena, C. M., Pereira, A. M., & Seica, R. (2013). Endothelial dysfunction - A major mediator of diabetic vascular disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease*, 1832(12), 2216-2231. <http://doi.org/10.1016/j.bbadis.2013.08.006>
- Sessa W.C., Pritchard K, Seyedi N., Wang J., Hintze T.H., (1994). Chronic exercise in dogs increases coronary vascular nitric oxide production and endothelial cell nitric oxide synthase gene expression. *Circ Res*, 74: 349-53. [[PubMed](#)]
- Seyoum B., Estacio R.O., Berhanu P., Schrier R.W. (2006). Exercise capacity is a predictor of cardiovascular events in patients with type 2 diabetes mellitus. *Diab Vasc Dis Res.* 3(3):197–201. [[PubMed](#)]
- Son Y., Kim K., Jeon S., Kang M., Lee S., Park Y., (2017). Effect of Exercise Intervention on Flow-Mediated Dilation in Overweight and Obese Adults: Meta-Analysis, *International Journal of Vascular Medicine* Volume 2017, Issue 1, <https://doi.org/10.1155/2017/7532702>
- Strasser B. Physical activity in obesity and metabolic syndrome. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2013;1281:141–159. doi: 10.1111/j.1749-6632.2012.06785.x. [[PubMed](#)]
- Summerhill, V.I.; Grechko, A.V.; Yet, S.F.; Sobenin, I.A.; Orekhov, A.N. The atherogenic role of circulating modified lipids in atherosclerosis. *Int. J. Mol. Sci.* 2019, 20, 3561. [[PubMed](#)]
- Tabrizchi R. , Pugsley M.K. (2000), Methods of blood flow measurement in the arterial circulatory system, *J Pharmacol Toxicol Methods*, Sep-Oct;44(2):375-84. [[PubMed](#)]
- Taleb, S. (2016). Inflammation in atherosclerosis. *Arch. Cardiovasc. Dis.*, 109, 708–715. [[PubMed](#)]
- Thijssen, D. H. J., Black, M. a, Pyke, K. E., Padilla, J., Atkinson, G., Harris, R. Green, D. J. (2011). Assessment of flow-mediated dilation in humans: a methodological and physiological guideline. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 300(1), H2-H12. <http://doi.org/10.1152/ajpheart.01158.2010>



- Torres-Valadez R., Sandoval-Parra M.G., and Zepeda Carrillo E.A., (2020), *Obesity and Food Addiction: Consumption of High-Fructose Corn Syrup and the Effectiveness of Clinical-Nutritional Management*, "Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry", August 2020. <https://www.researchgate.net/publication/352523671>
- Vartak T., Kumaresan S. and Brennan E., (2022). Decoding microRNA drivers in atherosclerosis, *Biosci Rep.* 2022 Jul 29;42(7) [[PubMed](#)]
- Venkatasamy V.V., Pericherla S., Manthuruthil S., Mishra S., Hanno R. Effect of Physical activity on Insulin Resistance, Inflammation and Oxidative Stress in Diabetes Mellitus. *J. Clin. Diagn. Res.* 2013;7:1764–1766. doi: 10.7860/JCDR/2013/6518.3306 [[PubMed](#)]
- Vlak M.H.M. , Rinkel G.J.E., Greebe P., van der Bom J.G., Algra A., (2012). Trigger factors for rupture of intracranial aneurysms in relation to patient and aneurysm characteristics. *Case Reports* Jul;259(7):1298-302 [[PubMed](#)]
- Vuckovic K.M., Piano M.R. & Phillips S.A., (2013), Effects of Exercise Interventions on Peripheral Vascular Endothelial Vasoreactivity in Patients with Heart Failure with Reduced Ejection Fraction. *Heart, Lung and Circulation*, Volume 22, Issue 5, May 2013, Pages 328-340 [[PubMed](#)]
- Widlansky M.E., Gokce N., Keaney J.F. Jr, Vita J.A., (2003). The clinical implications of endothelial dysfunction. *J Am Coll Cardiol.*, 42(7):1149–60. [[PubMed](#)]
- Wilkinson I.B., Cockcroft J.R. & Webb D.J. (1998), Pulse wave analysis and arterial stiffness, *J Cardiovasc Pharmacol* 1998;32 Suppl 3:S33-7. [[PubMed](#)]
- Willis L.H., Slentz C.A., Bateman L.A., Shields A.T., Piner L.W., Bales C.W., Houmard J.A., Kraus W.E., (2012). Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults, *Randomized Controlled Trial* 113(12):1831-7. [[PubMed](#)]
- Wirth A., Wabitsch M., Hauner H. The prevention and treatment of obesity (2014). *Dtsch Arztebl Int.*, Oct 17;111(42):705-13. [[PubMed](#)]
- Woo K.S., Chook P., Yu C.W., Sung R.Y.T., Qiao M., Leung S.L.F., Lam C.W.K., Metreweli C., David & Celermajer S. Effects of diet and exercise on obesity-related vascular dysfunction in children. *Circulation*, 109 (16) (2004), pp. 1981-1986 [[PubMed](#)]
- World Health Association, 2025, Diabetes Mellitus Type 2 & Obesity <https://www.who.int/health-topics/>



- Yan X, Han X, Wu C, Shang X, Zhang L, He M., (2021). Effect of physical activity on reducing the risk of diabetic retinopathy progression: 10-year prospective findings from the 45 and Up Study. *PLoS One*,16(1): e0239214. [[PubMed](#)]
- ZanESCO, A., & Antunes, E. (2007). Effects of exercise training on the cardiovascular system: pharmacological approaches. *Pharmacology & Therapeutics*, 114(3), 307-317. <http://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2007.03.010>
- Zanuso S., Jimenez A., Pugliese G., Corigliano G., Balducci S., (2010). Exercise for the management of type 2 diabetes: a review of the evidence, *Review*, Mar;47(1):15-22. [[PubMed](#)]
- Zierle-Ghosh A, Jan A. *Physiology, Body Mass Index* [Updated 2021 Jul 22]. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535456/>). In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. [[PubMed](#)]
- Φίλιππα Ν., Κανακά- Gantenbein Χ. (2009) Παιδική παχυσαρκία. Εντοπισμός του προβλήματος, παράγοντες κινδύνου και θεραπεία, Δελτ. Α' Παιδιατρ. Κλιν. Πανεπ Αθηνών 56, 41-47
- Χρυσοχόου Χ., Τσιούφης Κ., Ελληνική Καρδιολογική Εταιρεία, 2021, 25 Νοεμβρίου, <https://www.hcs.gr/astheneis-koino/artiriaki-piesi/>