



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΡΓΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

ΔΙΪΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

“Κλινική Άσκηση και Εφαρμογές της Τεχνολογίας στην Υγεία”

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

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Η επίδραση της αερόβιας άσκησης σε αιμοδυναμικούς και αυτόνομους δείκτες καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του θυρεοειδούς αδένα

Βόλακλη Μαρία [Α.Ε.Μ.12034]

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

3ο Μέλος: Σοφία Μπάτσιου, αφυπηρετήσασα Αν.Καθηγήτρια, *Τ.Ε.Φ.Α.Α. – Δ.Π.Θ.*

Κομοτηνή, 2025



DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

**SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION, SPORTS SCIENCE AND
OCCUPATIONAL THERAPY**

DEPARTMENT OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORTS SCIENCE

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 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)

MASTER DISSERTATION

**Effect of aerobic exercise on hemodynamic and autonomous cardiac
function in women with thyroid gland disorders**

Maria Volakli [R.N. 12034]

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: Helen Douđa, Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Member 3: Sofia Mpatsiou, Associate Professor D.P.E.S.S. - DUTH

Komotini, 2025



**© 2025 Διίδρυματικό 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.



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ-ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Απόστολο Σπάση, που είναι καθηγητής μου από την προπτυχιακή μου εκπαίδευση και από τον οποίο είχα την ευχάριστη τιμή να λάβω κι άλλες γνώσεις και να συνεργαστώ μαζί του στην έρευνά μου. Σε κάθε κρίσιμη στιγμή μπόρεσε να μου μεταφέρει ψυχραιμία και παρόλη την αναβλητικότητα μου πίστεψε σε μένα. Χωρίς την καθοδήγηση και τη βοήθειά του δεν θα είχα καταφέρει να εκπονήσω την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή και είμαι ευγνώμων που με στήριξε παρέχοντάς μου γνώσεις και εμπιστοσύνη.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην κα. Σοφία Μπάτσιου, επίσης καθηγήτριά μου από την προπτυχιακή μου εκπαίδευση, η οποία ήταν και είναι πάντα πηγή έμπνευσης και εμπιστοσύνης. Ακόμη, θα ήθελα να την ευχαριστήσω για τις στιγμές που πίστεψε σε μένα ακόμα και όταν δεν το έκανα εγώ, δίνοντάς μου πάντα δύναμη να συνεχίζω να εξελίσσομαι ως άνθρωπος και ως επιστήμονας φυσικής αγωγής και άσκησης.

Επίσης, ευχαριστώ από καρδιάς και την κα. Ελένη Δούδα, η οποία συντέλεσε στην ευχάριστη πορεία μου στις μεταπτυχιακές μου σπουδές, καθώς σε κάθε απορία ή ανησυχία ήταν εκεί να δώσει τη συμβουλή της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένειά μου και τους φίλους μου, που μου παρείχαν πάντα την αγάπη και τη στήριξή τους, δίχως δεύτερη σκέψη, βοηθώντας με έμπρακτα, με τη συμμετοχή τους, στο να ολοκληρώσω αυτό το σημαντικό κομμάτι της ζωής μου, το μεταπτυχιακό μου.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Βόλακλη Μαρία: Επίδραση της αερόβιας άσκησης σε αιμοδυναμικούς και αυτόνομους δείκτες καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του θυρεοειδούς αδένα.

(Υπό την επίβλεψη του Μέλους Ε.Ε.Π. κ. Απόστολου Σπάση)

Ο θυρεοειδής αδένας (ΘΑ) αποτελεί κομβικό όργανο στη ρύθμιση του μεταβολισμού. Οι διαταραχές του αδένα επηρεάζουν την παραγωγή ορμονών (TSH, T3 και T4) που προσλαμβάνονται από όλα τα κύτταρα του οργανισμού και ρυθμίζουν το μεταβολικό του ρυθμό. Η δυσλειτουργία του θυρεοειδούς προκαλεί αλλαγές στην καρδιακή συσπαστικότητα, την κατανάλωση οξυγόνου από την καρδιά, την καρδιακή παροχή, την αρτηριακή πίεση και την περιφερειακή αγγειακή αντίσταση. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να συγκρίνει αιμοδυναμικούς (ΚΣ, ΑΠ) και παραμέτρους της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (Μεταβλ.ΚΣ) σε γυναίκες με υποθυρεοειδισμό μετά από εφαρμογή διαφορετικών συνθηκών αερόβιας άσκησης. Το δείγμα αποτέλεσαν επτά (n=7) γυναίκες με διαταραχές του αδένα που ολοκλήρωσαν τρεις διαφορετικές συνθήκες αερόβιας άσκησης για 60 λεπτά σε ένταση περίπου 75% της μέγιστης ΚΣ. Οι δοκιμασίες περιλάμβαναν την συλλογή των εξεταζόμενων παραμέτρων σε συνολικά τέσσερα διαφορετικά πρωτόκολλα και συγκεκριμένα πριν και μετά από: i) ηρεμία (ελέγχου - Ε), ii) μία συνεδρία άσκησης (1 αερόβια - 1Α), iii) τρεις συνεχόμενες ημέρες με τρεις συνεδρίες άσκησης (3 αερόβια - 3Α), και iv) τρεις εναλλασσόμενες συνεδρίες άσκησης με ενδιάμεσες ημέρες ανάπαυσης (3ΑΕ). Για το λόγο αυτό προσδιορίστηκαν γραμμικοί δείκτες στο πεδίο χρόνου (Time – Domain) και απεικόνισης φάσματος (Frequency – Domain). Όλες οι συνεδρίες άσκησης εκτελέστηκαν την ίδια χρονική στιγμή της ημέρας, ενώ ακολουθήθηκε τυχαιοποιημένος σχεδιασμός με διασταυρούμενες τις υπάρχουσες αερόβιας συνθήκες κατά διαστήματα και σε τυχαία σειρά εκτέλεσης. Για κάθε σειρά δοκιμασιών μεσολαβούσε χρονικό διάστημα, τουλάχιστον 48 ωρών από την ολοκλήρωση της προηγούμενης συνθήκης και εκτελούνταν κάθε φορά την ίδια χρονική στιγμή στη διάρκεια



της ημέρας. Ενδεικτικά, με την ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε σημαντική μείωση ($p < 0,05$) στις προ-ασκησιακές τιμές της HF (High Frequency Power) ως δείκτης παρασυμπαθητικής ενεργοποίησης και στα δύο πρωτόκολλα μέγιστης άσκησης. Επιπλέον, οι δείκτες στο πεδίο χρόνου (Mean RR interval, rMSSD, SDNN) εμφάνισαν σημαντικές μειώσεις ($p < 0,001$) σε όλες τις μετα-ασκησιακές χρονικές στιγμές. Παρά ταύτα απαιτείται ενίσχυση του δείγματος για τη στοιχειοθέτηση ισχυρότερων συμπερασμάτων. Εν κατακλείδι, η εν λόγω πειραματική διαδικασία σκοπεύει να προσδιορίσει την αποτελεσματικότερη συνθήκη για την επίτευξη αμεσότερης αυτορρύθμισης, όσον αφορά στην αυτόνομη/αιμοδυναμική λειτουργία σε γυναίκες με διαταραχές ΘΑ.

Λέξεις κλειδιά: *διαταραχές θυρεοειδούς αδένος, γυναίκες, αερόβια άσκηση, αυτόνομη καρδιαγγειακή λειτουργία.*



ABSTRACT

Maria Volakli: Effect of aerobic exercise on hemodynamic and autonomous cardiac function in women with thyroid gland disorders

(Under the supervision of Specialized Teaching Staff Apostolos Spassis)

The thyroid gland (TG) is a key organ in regulating metabolism. Disorders of TG affect the production of hormones (TSH, T3 and T4) that are taken up by all cells in the body and regulate its metabolic rate. Gland dysfunction causes changes in heart contraction, oxygen consumption by the heart, cardiac output, blood pressure and peripheral vascular resistance. The aim of the present study was to compare hemodynamic (HP, HR) and parameters of heart rate variability (HRV) in women with hypothyroidism after participating in different aerobic exercise conditions. The sample consisted of seven ($n = 7$) women (mean \pm SD, age $43,8 \pm 10,9$) with TG disorders who completed three different aerobic exercise conditions for 60 minutes at an intensity of approximately 75% of HRmax. The trials included the collection of the examined parameters in a total of four different conditions and specifically before and after: i) rest (control - E), ii) one single bout of exercise (1 aerobic – 1SB), iii) three consecutive days with three exercise sessions (3 aerobics – 3CON), and iv) three alternating exercise sessions with intermediate rest days (3ALT). For this reason, linear indicators in the time domain (Time - Domain) and spectrum display (Frequency - Domain) were identified. All exercise sessions were performed at the same time of day, followed by randomized design with cross-sectional aerobic conditions at intervals and in random order. For each series of trials there was a time period of at least 48 hours from the completion of the previous condition. Indicatively, with the analysis of the data, a significant reduction ($p < 0,05$) was observed in the pre-exercise values of HF (High Frequency Power) as an indicator of parasympathetic activation in both maximal exercise protocols. In addition, time field indices (Mean RR interval, rMSSD, SDNN) showed significant decreases ($p < 0,001$) at all post-exercise time points. Nevertheless, reinforcement of the sample is required to substantiate stronger conclusions. In conclusion, this experimental procedure aims to determine the most effective condition



for achieving more immediate self-regulation, in terms of autonomic / hemodynamic function in women with TG disorders.

Keywords: *thyroid gland disorders, women, aerobic exercise, autonomic heart function*



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ-ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ	IV
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	V
ABSTRACT	VII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	XI
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	XII
I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
Προσδιορισμός του προβλήματος	14
Σκοπός.....	15
Σημασία της έρευνας.....	16
Υποθέσεις της έρευνας.....	16
Στατιστικές υποθέσεις	16
Οριοθετήσεις της έρευνας	17
Λειτουργικοί ορισμοί.....	17
II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	19
Φυσιολογία του θυρεοειδούς αδένα.....	19
Υποθυρεοειδισμός.....	20
Μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας	23
Μέθοδοι μέτρησης της HRV	24
Υποθυρεοειδισμός και καρδιά	26
Άσκηση και Υποθυρεοειδισμός	28
Άσκηση και Μεταβλητότητα Καρδιακής Συχνότητας	30
Συνεχόμενη ή διαλειμματική άσκηση στην Μεταβλ.ΚΣ.....	31
Εργοδιάδρομος ή εργοποδήλατο στην Μεταβλ.ΚΣ	32
Διάρκεια ή ένταση άσκησης στην Μεταβλ.ΚΣ.....	33
Μεμονωμένη ή επαναλαμβανόμενη άσκηση στην Μεταβλ.ΚΣ	33
III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	35
IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	40
V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	48



VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	52
VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	54

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

Σχήμα 1	Διακύμανση των τιμών της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων	41
Σχήμα 2	Διακύμανση των τιμών της καρδιακής συχνότητας πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης	42
Σχήμα 3	Διακύμανση των επιπέδων της συστολικής πίεσης πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης	43
Σχήμα 4	Διακύμανση των επιπέδων της διαστολικής πίεσης πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης	44
Σχήμα 5	Διακύμανση των επιπέδων του διπλού γινομένου πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης	45
Σχήμα 6	Διακύμανση των Μέσων RR διαστημάτων πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης	46
Σχήμα 7	Διακύμανση των τιμών της συνιστώσας υψηλής συχνότητας πριν και μετά την άσκηση	47

**ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

Εικόνα 1.	Καρδιοσυχνόμετρο (Polar H10 heart rate sensor)	35
Εικόνα 2	Συσκευή Holter πίεσης Ergoline	35
Εικόνα 2	Αρχική οθόνη	35
Εικόνα 3	Τελικός πίνακας μετρήσεων	35
Εικόνα 5	Ενδεικτική διακύμανση ΚΣ κατά την περπατητική άσκηση διάρκειας 60 λεπτών	35
Εικόνα 6	Αρχική οθόνη μέτρησης (Elite HRV)	
Εικόνα 7	Μετρήσεις στο πεδίου χρόνου και συχνοτήτων, (Elite HRV)	
Εικόνα 8	Ενδεικτική διακύμανση ΚΣ κατά την περπατητική άσκηση διάρκειας 60 λεπτών (Elite HRV)	36
Εικόνα 9	Πειραματικός σχεδιασμός	38
Εικόνα 10	Απεικόνιση μετρήσεων	38



Η επίδραση της αερόβιας άσκησης σε αιμοδυναμικούς και αυτόνομους δείκτες καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του θυροειδούς αδένα

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι διαταραχές του θυροειδούς αδένα εμφανίζονται σε διάφορες περιπτώσεις, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν, είτε λίγο είτε πολύ, τους ασθενείς ανάλογα με τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων. Οι ορμόνες του θυροειδούς παίζουν σημαντικό ρόλο στην φυσιολογική λειτουργία της καρδιάς και της φυσιολογίας των αγγείων, στην ανάπτυξη και λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) και στη ρύθμιση του μεταβολικού συστήματος (Dueñas et al, 2021, Udonic, Pena, Patham, Tabatabai & Kansara, 2017). Ο σύγχρονος τρόπος ζωής, οι γρήγοροι ρυθμοί της καθημερινότητας και τα καθιστικά επαγγέλματα οδηγούν τους ανθρώπους πλέον σε σωματική αδράνεια με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι παράγοντες κινδύνου για χρόνιες και καρδιαγγειακές παθήσεις, καρκίνο, σακχαρώδη διαβήτη και διαταραχές του θυροειδούς αδένα (Alansare, Alford, Lee, Church & Jung, 2018).

Σύμφωνα με την Αμερικάνικη Ένωση για το Θυροειδή (American Thyroid Association - ATA) η δουλειά του θυροειδούς είναι να παράγει θυροειδικές ορμόνες, οι οποίες εκκρίνονται στο αίμα και στη συνέχεια μεταφέρονται σε κάθε ιστό του σώματος. Όταν όμως παράγεται υπερβολική ποσότητα θυροειδικών ορμονών οδηγεί σε υπερθυροειδισμό ενώ όταν ο αδένας υπολειτουργεί οδηγεί σε υποθυροειδισμό (American Thyroid Association, 2017 & 2023). Πιο συγκεκριμένα ο υποθυροειδισμός είναι το νόσημα, κατά το οποίο η θυροειδοτρόπος ορμόνη (TSH) είναι αυξημένη, ενώ οι θυροειδικές ορμόνες (T3, T4) κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σώμα του ασθενούς να μη λειτουργεί κανονικά, επηρεάζοντας πολλά συστήματα του ανθρωπίνου οργανισμού και ιδιαίτερα το καρδιαγγειακό.

Ο υποθυροειδισμός πλήττει το 3% του παγκόσμιου γυναικείου πληθυσμού και ιδιαίτερα εκείνες άνω των 40 ετών. Εκτιμάται ότι επηρεάζει το 4-10% του παγκόσμιου



πληθυσμού ενώ υπολογίζεται πως το 12% του πληθυσμού των ΗΠΑ θα αναπτύξει μία πάθηση του θυρεοειδούς κατά τη διάρκεια της ζωής του (Leko, Gunjaca, Pleic & Zemunik, 2021; Udovcic, Pena, Patham, Tabatabai & Kansara, 2017).

Προσδιορισμός του προβλήματος

Ο υποθυρεοειδισμός συνδέεται με βραδυκαρδία, ελαφριά υπέρταση, διαστολική δυσλειτουργία, μειωμένη πίεση παλμού, κόπωση, οδηγεί σε αυξημένη αντίσταση των αγγείων συμβάλλοντας στη μείωση της καρδιακής παροχής, λόγω της χαμηλής καρδιακής συχνότητας και του όγκου παλμού ενώ μπορεί να αυξήσει την καρδιακή ανεπάρκεια (Celik et al., 2011; Udovcic, Pena, Patham, Tabatabai & Kansara, 2017.).

Ως γνωστόν, η στεφανιαία νόσος και η αθηροσκλήρωση εμφανίζονται και εξελίσσονται πιο γρήγορα σε ασθενείς με υποθυρεοειδισμό λόγω υπερχοληστερολαιμίας και υπέρτασης (Biondi & Klein, 2004; Klein & Danzi, 2016). Με αφορμή τα παραπάνω, όλο και περισσότεροι ερευνητές χρησιμοποιούν την ανάλυση της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (Μεταβλ.ΚΣ) ως δείκτη της εξέλιξης των καρδιαγγειακών νοσημάτων και ως εργαλείο αξιολόγησης της αυτόνομης καρδιακής λειτουργίας σε υψηλού κινδύνου πληθυσμιακές ομάδες (Celik et al., 2011). Προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει πως η Μεταβλ.ΚΣ μειώνεται τόσο στον υποκλινικό όσο και στον εμφανή υποθυρεοειδισμό. Για τους λόγους αυτούς και καθώς προβλέπεται ότι ο αριθμός των ασθενών θα αυξηθεί στο μέλλον, η ανάγκη για πρόληψη της πάθησης είναι επιτακτική ώστε να αποφευχθεί η νοσηρότητά της (Leko, Gunjaca, Pleic & Zemunik, 2021).

Η άσκηση αποτελεί μια τέτοια μορφή πρόληψης των διαταραχών του θυρεοειδούς αδένου και κατ' επέκταση του υποθυρεοειδισμού. Η άσκηση όπως προκύπτει από τη διεθνή βιβλιογραφία, βοηθά στην αντιμετώπιση του υποθυρεοειδισμού σε γυναίκες, καθώς και στη βελτίωση της Μεταβλ.ΚΣ σε ηλικιωμένες που συμμετέχουν σε προγράμματα χαμηλής προς μέτριας έντασης άσκησης (Earnest, Blair & Church, 2012). Μάλιστα, οι Masroor και συν. (2018), μετά από μελέτη που διεξήγαγαν κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συνδυαστική άσκηση (αερόβια και άσκηση με αντιστάσεις) 4



εβδομάδων μπορεί να βελτιώσει την Μεταβλ.ΚΣ σε υπερτασικές γυναίκες, ηλικίας $40\pm 4,2$ ετών. Σημαντικές βελτιώσεις προέκυψαν και μετά από 12 εβδομάδες συνδυαστικής άσκησης σε ηλικιωμένες παχύσαρκες γυναίκες όσον αφορά στη συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση, καθώς και στη μείωση του άγχους και του σωματικού λίπους (Ha & So, 2012). Παρόμοια ήταν τα αποτελέσματα από έρευνα που διεξήχθη σε αδρανείς μεσήλικες, ότι διαφορετικές παρεμβάσεις άσκησης επιφέρουν βελτιώσεις στην Μεταβλ.ΚΣ (Navarro-Lomas et al., 2022).

Οι υπάρχουσες έρευνες στοχεύουν σε μεγαλύτερες ηλικιακές ομάδες και κάποιες είχαν ως δείγμα μόνο άνδρες. Αν και ο υποθυρεοειδισμός αποτελεί πρόβλημα και των δύο φύλων, οι γυναίκες είναι πέντε έως οκτώ φορές πιο πιθανό να αναπτύξουν κάποια ασθένεια του θυρεοειδούς σε σύγκριση με τους άνδρες. Εκτιμάται ότι μία στις οκτώ γυναίκες θα αναπτύξει προβλήματα του θυρεοειδούς αδένος κατά την διάρκεια της ζωής της (American Thyroid Association, 2014). Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αυτοάνοση φύση πολλών διαταραχών του θυρεοειδούς. Ο υποθυρεοειδισμός εμφανίζεται σε διάφορες φάσεις στη ζωή μιας γυναίκας, αφού επηρεάζεται από παράγοντες όπως είναι η εγκυμοσύνη, η προεμμηναπαισιακή και μετεμμηνοπαισιακή περίοδος (Mulder, 1998). Ευρήματα μετά-ανάλυσης φανέρωσαν ότι οι γυναίκες έχουν ταχύτερη καρδιακή συχνότητα και μικρότερη διακύμανση στον χρόνο μεταξύ των παλμών (Koenig et al., 2016). Κατά συνέπεια, έχει ενδιαφέρον να μελετηθεί η επίδραση της συμμετοχής σε στοχευμένα προγράμματα αερόβιας άσκησης ώστε να γίνει περαιτέρω διερεύνηση της μορφής, της έντασης και της διάρκειας αυτής που θα προσφέρουν καλύτερες προσαρμογές στους αυτόνομους δείκτες της καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με υποθυρεοειδισμό.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να συγκρίνει αιμοδυναμικούς (ΚΣ, ΑΠ) και παραμέτρους της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (ΜΚΣ) γυναικών με υποθυρεοειδισμό μετά από εφαρμογή διαφορετικών συνθηκών αερόβιας άσκησης.



Σημασία της έρευνας

Ο υποθυρεοειδισμός είναι μία πολυπαραγοντική πάθηση που επηρεάζεται από γενετικούς και δημογραφικούς παράγοντες, στρες, τη χρήση φαρμάκων, διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, καθώς και από την έλλειψη φυσικής δραστηριότητας (Leko, Gunjaca, Pleic & Zemunik, 2021). Από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με δείγμα γυναίκες με ή χωρίς υποκλινικό υποθυρεοειδισμό, διαπιστώθηκε ότι οι ασθενείς εμφάνιζαν χαμηλότερα επίπεδα φυσικής δραστηριότητας από τις υγιείς (Tanriverdi et al., 2019). Το συμπέρασμα αυτό τονίζει την αναγκαιότητα για συμμετοχή σε προγράμματα συστηματικής άσκησης των γυναικών με υποθυρεοειδισμό. Όσον αφορά τις άμεσες προσαρμογές της Μεταβλ.ΚΣ, σε υγιείς γυναίκες μετά από 4 μετρήσεις (3 ηρεμίας, 1 άσκησης) σε χρονικό διάστημα 7 ημερών, όπου την 4^η μέτρηση ακολουθούσε μέγιστη αυξανόμενη αερόβια δοκιμασία φάνηκε ότι δεν μπορεί να προβλεφθεί η καρδιαγγειακή αποκατάσταση συγκρινόμενη με τις συνθήκες ηρεμίας (Bechke et al., 2020). Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας στοχεύουν να δώσουν απαντήσεις σε μια πλειάδα ερωτημάτων σχετικά με την απόκριση καρδιαγγειακών και αυτόνομων δεικτών που αφορούν τον όγκο και την ένταση κάθε συνεδρίας στο πλαίσιο ενός μικρόκυκλου, σε γυναίκες με διαταραχές του θυρεοειδούς αδένος (ΘΑ).

Υποθέσεις της έρευνας

Οι βασικές ερευνητικές υποθέσεις της παρούσας εργασίας ήταν:

- Ο παράγοντας “άσκηση” επηρεάζει τους αιμοδυναμικούς (καρδιακή συχνότητα, αρτηριακή πίεση) δείκτες καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ.
- Ο παράγοντας “άσκηση” επηρεάζει τις παραμέτρους της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (μέσα RR διαστήματα, συνιστώσα υψηλής συχνότητας - HF) σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ.

Στατιστικές υποθέσεις

Οι μηδενικές και οι εναλλακτικές υποθέσεις της παρούσας εργασίας ήταν:



H₀: Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στις παραμέτρους της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ.

H₁: Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στις παραμέτρους της μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ.

H₀: Δεν υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στους αιμοδυναμικούς δείκτες καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ.

H₁: Υπάρχουν στατιστικές σημαντικές διαφορές στους αιμοδυναμικούς δείκτες καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ.

Οριοθετήσεις της έρευνας

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

- Στη μελέτη συμμετείχαν εθελοντικά 7 ενήλικες (νεαρές) γυναίκες, ηλικίας 40 ± 12.4 ετών, από την πόλη της Δράμας.
- Οι συμμετέχουσες δεν είχαν λάβει μέρος σε κάποια δομημένη μορφή άσκησης για τουλάχιστον έναν χρόνο πριν την έναρξη της μελέτης.
- Οι συμμετέχουσες λάμβαναν κανονικά την φαρμακευτική αγωγή τους κατά τη διάρκεια του παρεμβατικού προγράμματος.
- Από την έρευνα αποκλείστηκαν άτομα που λόγω επιπρόσθετων (συνοδών) παθήσεων ή πολύ κακής φυσικής κατάστασης δεν μπορούσαν να αθληθούν.

Λειτουργικοί ορισμοί

Μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας: αναφέρεται στη χρονική διακύμανση της περιόδου μεταξύ δύο διαδοχικών καρδιακών παλμών. Προσδιορίζεται μέσω των χρονικών διαστημάτων μεταξύ των κορυφώσεων R (RR διαστήματα) του συμπλέγματος QRS που απεικονίζεται σε ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα και περιγράφει τις μεταβολές στα RR διαστήματα ή ισοδύναμα, στο στιγμιαίο καρδιακό ρυθμό (Ελληνική Καρδιολογική Εταιρεία, 2011).

Καρδιακή συχνότητα: είναι ο αριθμός των παλμών που χτυπά η καρδιά ανά λεπτό. Ο καρδιακός ρυθμός συνήθως ονομάζεται σφυγμός ή συχνότητα (American Heart Association, 2024).



Αρτηριακή πίεση: είναι η δύναμη του αίματος που κινείται μέσα από τα αγγεία (American Heart Association, 2024).

Άσκηση: είναι η δομημένη, προγραμματισμένη, επαναλαμβανόμενη κίνηση που έχει στόχο τη βελτίωση ή τη διατήρηση μίας ή περισσότερων παραμέτρων της φυσικής κατάστασης (Caspersen, Powell, Christenson, 1985).

Φυσική Δραστηριότητα: ορίζεται σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ) ως οποιαδήποτε σωματική κίνηση που παράγεται από τους σκελετικούς μύες και απαιτεί ενεργειακή δαπάνη (World Health Organization WHO, 2024).

Θυροειδής αδένας: είναι ένας ενδοκρινής αδένας σε σχήμα πεταλούδας, που φυσιολογικά βρίσκεται στο κάτω μπροστινό μέρος του λαιμού. Παράγει θυροειδικές ορμόνες, οι οποίες εκκρίνονται στο αίμα και στη συνέχεια μεταφέρονται σε κάθε ιστό του σώματος (American Thyroid Association, 2017).

Υποθυρεοειδισμός: ο θυροειδής αδένας δεν μπορεί να παράγει αρκετή θυροειδική ορμόνη για να κρατήσει το σώμα σε φυσιολογική λειτουργία με αποτέλεσμα την ανίχνευση μικρών ποσοτήτων θυροειδικών ορμονών στο αίμα (American Thyroid Association, 2017).

Θυροειδίτιδα Hashimoto: είναι γνωστή και ως χρόνια λεμφοκυτταρική θυροειδίτιδα ή αυτοάνοση θυροειδίτιδα. Είναι μια αυτοάνοση διαταραχή κατά την οποία ο οργανισμός παράγει αντισώματα που βλάπτουν τον θυροειδή αδένά και προκαλούν φλεγμονή (American Thyroid Association, 2023).

Συμπαθητικό σύστημα: είναι μέρος του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Είναι περισσότερο γνωστό για το ρόλο του στην ανταπόκριση σε επικίνδυνες ή αγχωτικές καταστάσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ενεργοποιείται για να επιταχύνει τον καρδιακό ρυθμό, να παραδώσει αίμα σε περιοχές του σώματος που χρειάζονται περισσότερο οξυγόνο ή άλλες αντιδράσεις για αποφυγή από τον κίνδυνο (Cleveland Clinic, 2022).

Παρασυμπαθητικό σύστημα: εξισορροπεί το συμπαθητικό νευρικό σύστημα και αναφέρεται ως το τμήμα του αυτόνομου νευρικού συστήματος που είναι υπεύθυνο για την «ανάπαυση και την πέψη», δηλαδή υπεύθυνο να χαλαρώνει ή να μειώνει τις δραστηριότητες του σώματος (Cleveland Clinic, 2022).



II. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Φυσιολογία του θυρεοειδούς αδένος

Ο θυρεοειδής αδένος (ΘΑ) αποτελεί τον μεγαλύτερο αμιγώς ενδοκρινή αδένος. Βρίσκεται ακριβώς κάτω από τον λάρυγγα, στο κάτω μπροστινό μέρος του λαιμού και έχει σχήμα πεταλούδας. Η λειτουργία του είναι να παράγει θυρεοειδικές ορμόνες, οι οποίες μεταφέρονται σε κάθε ιστό του σώματος αφού πρώτα εκκριθούν στο αίμα (American Thyroid Association, 2019; Fox, 2013). Πιο αναλυτικά, κάποια σφαιρικά κυστίδια, τα θυρεοειδικά θυλάκια, μεταφέρουν ιόντα ιωδίου από την κυκλοφορία του αίματος στα αδενικά κύτταρα με τελικό προορισμό τη συγκέντρωσή τους στο εσωτερικό τους, μέσα στην κολλοειδή ουσία. Στη συνέχεια, τα ιόντα ιωδίου μετατρέπονται σε οξειδωμένη μορφή ιωδίου και συνδέονται με μια πρωτεΐνη που ονομάζεται θυροσφαιρίνη. Έτσι, σχηματίζεται η μονοϊωδοτυροσίνη (MIT) και η διωδοτυροσίνη (DIT). Όταν πραγματοποιείται σύζευξη μεταξύ δύο μορίων DIT προκύπτει η θυροξίνη (T4) ενώ όταν υπάρχει σύζευξη ενός μορίου DIT και ενός MIT προκύπτει η τριωδοθυρονίνη (T3) (Fox, 2013).

Η T4 είναι η κύρια θυρεοειδική ορμόνη που εκκρίνεται από τον θυρεοειδή αδένος και περιέχει τέσσερα άτομα ιωδίου. Για να ασκήσει τις επιδράσεις της μετατρέπεται σε T3 με την απομάκρυνση ενός ατόμου ιωδίου. Η ποσότητα της T4 που παράγεται από τον ΘΑ ελέγχεται από την θυρεοειδοτρόπο ορμόνη (TSH), η οποία παράγεται στον υποθάλαμο που βρίσκεται στη βάση του εγκεφάλου. Η ποσότητα της TSH που απελευθερώνεται από τον υποθάλαμο στο αίμα εξαρτάται από την ποσότητα της T4 που αντιλαμβάνεται. Αν ο υποθάλαμος αντιληφθεί πολύ λίγη T4, τότε παράγει περισσότερη TSH, ώστε ο ΘΑ να παράγει περισσότερη T4. Η παραγωγή TSH από τον υποθάλαμο σταματά, όταν η T4 στο αίμα υπερβεί ένα ορισμένο επίπεδο (American Thyroid Association, 2019).

Οι θυρεοειδικές ορμόνες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην φυσιολογική ανάπτυξη του ατόμου. Είναι απαραίτητες για την καλή λειτουργία των συστημάτων του οργανισμού. Βοηθούν το σώμα να χρησιμοποιεί ενέργεια, να παραμένει ζεστό και να λειτουργούν αποτελεσματικά ο εγκέφαλος, η καρδιά, οι μύες και άλλα όργανα του σώματος (American Thyroid Association 2019, Leko, Gunjaca, Pleic, Zemonik, 2021). Πιο



αναλυτικά συμβάλλουν στη ρύθμιση αφενός του μεταβολισμού, ο οποίος επηρεάζει το πώς το σώμα χρησιμοποιεί την ενέργεια και αφετέρου της θερμοκρασίας, καθώς ελέγχουν την παραγωγή θερμότητας στο σώμα. Ελέγχουν πόση πρωτεΐνη παράγει το σώμα και τον ρυθμό με τον οποίο χρησιμοποιούνται τα λίπη και οι υδατάνθρακες (Mayo Clinic, 2022). Είναι απαραίτητες για την γνωστική και φυσιολογική ανάπτυξη, γιατί υποστηρίζουν την ανάπτυξη του εγκεφάλου αλλά και ολόκληρου του οργανισμού. Στο καρδιαγγειακό σύστημα επηρεάζουν τον καρδιακό ρυθμό και την αρτηριακή πίεση ενώ στο πεπτικό οι ορμόνες του θυρεοειδούς ρυθμίζουν τη δραστηριότητα των ενζύμων και την κινητικότητα του γαστρεντερικού συστήματος (Celik et al., 2011; Dueñas et al., 2021; Leko, Gunjaca, Pleic & Zemonik, 2021). Η σωστή λειτουργία του θυρεοειδούς είναι απαραίτητη για την καλή υγεία.

Οι διαταραχές του ΘΑ είναι πολύ συχνές. Εκτιμάται ότι το 9-15% του ενήλικου γυναικείου πληθυσμού προσβάλλεται από αυτές ενώ ένα μικρότερο ποσοστό επηρεάζει τους άντρες (Klein & Danzi, 2016). Μία ανισορροπία μπορεί να οδηγήσει σε υποθυρεοειδισμό ή υπερθυρεοειδισμό με σοβαρές επιπτώσεις για την υγεία. Αποτέλεσμα μιας τέτοιας ανισορροπίας είναι αρκετές παθολογίες που σχετίζονται με το καρδιαγγειακό σύστημα, όπως η μειωμένη καρδιακή παροχή, η διαστολική δυσλειτουργία, η αυξημένη καρδιαγγειακή αντίσταση και οι ηλεκτρικές ανωμαλίες της καρδιάς (βραδυκαρδία και χαμηλή τάση) (American Thyroid Association, 2019, Celik et al., 2011).

Υποθυρεοειδισμός

Σύμφωνα με τη Αμερικάνικη Εταιρεία Θυρεοειδή (2017) ο υποθυρεοειδισμός είναι μια κατάσταση κατά την οποία ο ΘΑ υπολειτουργεί, δηλαδή δεν μπορεί να παράγει αρκετές ορμόνες του θυρεοειδούς ώστε το σώμα να λειτουργεί φυσιολογικά. Ο υποθυρεοειδισμός είναι πιο συχνός στις γυναίκες (περίπου το 3% του γυναικείου πληθυσμού) και σε άτομα άνω των 50 ετών, ενώ γενικότερα πλήττει το 4-10% του γενικού πληθυσμού (Mayo Clinic, 2022; Klein & Danzi, 2016; Udovcic, Pena, Patham, Tabatabai & Kansara, 2017).



Πολλά είναι τα αίτια για τα οποία ο ΘΑ αδυνατεί να λειτουργήσει σωστά, με τον πιο συχνό να είναι τα αυτοάνοσα νοσήματα και πιο συγκεκριμένα η αυτοάνοση θυρεοειδίτιδα. Είναι μία κατάσταση στην οποία το ανοσοποιητικό σύστημα του σώματος επιτίθεται στον ΘΑ, μπερδεύοντας τα κύτταρα και τα ένζυμά του ως ξένους εισβολείς. Αυτή η επίθεση εμποδίζει την παραγωγή αρκετής θυρεοειδικής ορμόνης, προκαλώντας υποθυρεοειδισμό. Η κατάσταση είναι πιο συχνή στις γυναίκες και μπορεί να εμφανιστεί ξαφνικά ή να αναπτυχθεί αργά. Οι πιο κοινές μορφές είναι η θυρεοειδίτιδα του Χασιμότο και η ατροφική θυρεοειδίτιδα (American Thyroid Association, 2017; Mayo Clinic, 2022). Άλλοι λόγοι είναι η μερική ή ολική αφαίρεση του ΘΑ, όπου στη μερική αφαίρεση ο θυρεοειδής ίσως μπορεί να παράγει αρκετές ορμόνες για να διατηρεί τα επίπεδα των ορμονών στο αίμα σε φυσιολογικά επίπεδα. Επιπλέον, η ακτινοθεραπεία καθώς μπορεί να προκαλέσει μερική ή ολική καταστροφή του αδένου, ενώ η παραγωγή της θυρεοειδικής ορμόνης δύναται να εμποδιστεί και στις περιπτώσεις του συγγενούς υποθυρεοειδισμού όπου ένα νεογέννητο μωρό γεννιέται χωρίς ή με μερικώς ανεπτυγμένο θυρεοειδή αδένου. Επιπρόσθετα, η θυρεοειδίτιδα, η οποία είναι μία φλεγμονή, έχει την δυνατότητα να απελευθερώσει όλες τις ορμόνες ταυτόχρονα στο αίμα με αποτέλεσμα τον προσωρινό υπερθυρεοειδισμό, και έπειτα τον υποθυρεοειδισμό. Η λήψη φαρμάκων, όπως το λίθιο, η υπερβολική ή ελάχιστη ποσότητα ιωδίου και η βλάβη του υποθαλάμου-υπόφυσης αποτελούν αίτια εμφάνισης της διαταραχής (American Thyroid Association, 2017).

Ο υποθυρεοειδισμός μπορεί να μην προκαλεί εμφανή συμπτώματα στα πρώιμα στάδια. Αρχικά, παρατηρείται αύξηση βάρους και κούραση, τα οποία συχνά παρερμηνεύονται από τους ασθενείς ως παράγοντες γήρανσης. Όσο όμως αρχίζουν να επιβραδύνονται οι διαδικασίες του σώματος τα συμπτώματα γίνονται ολοένα και πιο εμφανή, τα οποία μπορεί να διαφέρουν από άτομο σε άτομο. Εξαρτώνται από τη σοβαρότητα της κατάστασης (American Thyroid Association, 2017; Mayo Clinic, 2022).

Πιο συγκεκριμένα, τα συμπτώματα του υποθυρεοειδισμού μπορεί να είναι:

- κούραση
- αυξημένη ευαισθησία στο κρύο
- δυσκοιλιότητα



- ξηρό δέρμα ή ωχρότητα
- αύξηση βάρους
- πρησμένο πρόσωπο
- μυϊκή αδυναμία
- μυϊκοί πόνοι, ευαισθησία και δυσκαμψία
- εμμηνορρυσιακοί κύκλοι που είναι πιο έντονοι από το συνηθισμένο ή ακανόνιστοι
- κατάθλιψη
- προβλήματα μνήμης
- πόνοι στις αρθρώσεις (Mayo Clinic, 2022; Office on Women's Health, 2024)

Τα συμπτώματα της απουσίας του αθεράπευτου υποθυρεοειδισμού περιλαμβάνουν:

- μειωμένη αίσθηση γεύσης και όσφρησης
- βραχνή φωνή
- πρησμένο πρόσωπο, χέρια και πόδια
- αργή ομιλία
- πάχυνση του δέρματος
- αραίωση μαλλιών/φρυδιών
- χαμηλή θερμοκρασία σώματος
- επιβραδυμένος καρδιακός ρυθμός (Mayo Clinic, 2022; Office on Women's Health, 2024)

Φαίνεται λοιπόν, πως ο υποθυρεοειδισμός είναι μια κατάσταση που πλήττει είτε σοβαρά είτε όχι τον ανθρώπινο οργανισμό και γι' αυτό θα πρέπει να αντιμετωπίζεται εγκαίρως και κατάλληλα από τους ειδικούς επιστήμονες της υγείας. Παρόλο που δεν μπορεί να θεραπευτεί, υπάρχει η δυνατότητα να έρθει υπό πλήρη έλεγχο, σχεδόν σε κάθε ασθενή. Η λήψη δισκίων θυροξίνης T4 μπορούν να αποκαταστήσουν τα επίπεδα θυρεοειδικής ορμόνης και κατ' επέκταση να εξασφαλίσουν την καλή λειτουργία του σώματος. Η συγκεκριμένη θεραπεία είναι κατάλληλη για όλους τους ασθενείς εκτός από εκείνους με σοβαρό υποθυρεοειδισμό (μυξοίδημα) (American Thyroid Association, 2017; Klein & Danzi, 2016).



Μεταβλητότητα καρδιακής συχνότητας

Ο όρος μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας (Μεταβλ.ΚΣ - HRV) ή διακύμανση του καρδιακού ρυθμού αναφέρεται στις μεταβολές που διαπιστώνονται στην καρδιακή συχνότητα από παλμό σε παλμό και αποτελεί εργαλείο που παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία της καρδιάς (Esco, Flatt & Williford, 2017). Οι μεταβολές αυτές επηρεάζονται από τη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος (ΑΝΣ), το οποίο περιλαμβάνει το συμπαθητικό και το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα. Το συμπαθητικό σύστημα είναι υπεύθυνο για την "αντίδραση μάχης ή φυγής" (fight-or-flight), αυξάνοντας την καρδιακή συχνότητα και μειώνοντας τη HRV ενώ το παρασυμπαθητικό είναι υπεύθυνο για την κατάσταση χαλάρωσης και αποκατάστασης (rest-and-digest), μειώνοντας την καρδιακή συχνότητα και αυξάνοντας τη Μεταβλ.ΚΣ (Thayer, Ahs, Fredrikson, Sollers & Wager, 2012; King, 2024). Πλέον χρησιμοποιείται όλο και πιο συχνά ως μία μη επεμβατική μέθοδος για την περιγραφή της επίδρασης του αυτόνομου νευρικού συστήματος στην καρδιακή λειτουργία και θεωρείται σημαντικός δείκτης της συνολικής υγείας και ευημερίας (Navarro-Lomas et al., 2022).

Η Μεταβλ.ΚΣ ηρεμίας έχει τον ρόλο του δείκτη ετοιμότητας ή αποκατάστασης υπολογίζοντας ή προβλέποντας την ικανότητα του ΑΝΣ να ανταποκρίνεται σε διάφορες απαιτήσεις. Όσο αυξάνονται οι τιμές της τόσο μεγαλύτερη είναι η επιρροή του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος, άρα το σώμα έχει καλύτερη ικανότητα αποθεραπείας-επανάκτησης, προσαρμοστικότητα στο άγχος και στις αλλαγές. Είναι ένδειξη καλής φυσικής κατάστασης και καλού ύπνου (Edmonds, Egan-Shuttler & Ives, 2020, King, 2024). Αντίθετα, η μείωση των τιμών συνδέεται με ελλιπή δράση του παρασυμπαθητικού νευρικού συστήματος και κατά συνέπεια μικρή ικανότητα αποθεραπείας-επανάκτησης, αυξημένο άγχος και κόπωση (Bechke et al., 2020; Navarro-Lomas et al., 2022). Από κλινικής άποψης, οι χαμηλές τιμές Μεταβλ.ΚΣ σχετίζονται με αυξημένο κίνδυνο κακοήθων κοιλιακών αρρυθμιών, με υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης καρδιομεταβολικών παθήσεων ή άλλων προβλημάτων υγείας, καθώς και πιθανή ανεπάρκεια του παρασυμπαθητικού συστήματος (Esco, Flatt & Williford, 2017; Navarro-Lomas et al., 2022).



Παράγοντες που επηρεάζουν την HRV είναι η ηλικία, η φυσική κατάσταση, το άγχος, ο ύπνος και γενικότερα ο τρόπος ζωής, όπως η διατροφή και η κατανάλωση αλκοόλ (Jandackova, Scholes, Britton & Steptoe, 2016, Imai et al., 1999; Thayer Ahs, Fredrikson, Sollers & Wager, 2012,). Το φύλο φαίνεται να αποτελεί και αυτό καθοριστικό προδιαθεσικό παράγοντα, εφόσον οι γυναίκες τείνουν να έχουν υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τους άντρες. Ωστόσο, ειδικότερα μετά την εμμηνόπαυση παρατηρείται πτώση των τιμών της HRV όπως και μείωση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας και αύξηση του κινδύνου για καρδιαγγειακές παθήσεις και αρρυθμίες (Earnest, Blair & Church, 2012). Έτσι, η μέτρησή της μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πολύτιμος προγνωστικός παράγοντας διαφόρων ασθενειών (Sacha, 2014).

Μέθοδοι μέτρησης της HRV

Η μέτρηση της Μεταβλ.ΚΣ μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Οι πιο κοινές μέθοδοι είναι:

- Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ): Παρέχει μέτρηση των καρδιακών κύκλων και των διαστημάτων μεταξύ τους. Είναι η πιο ακριβής μέθοδος για την καταγραφή της HRV, αλλά απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό (Cleveland Clinic, 2021).
- Παλμογράφος (PPG): Αν και λιγότερο ακριβής από το ΗΚΓ, η μέτρηση μέσω του παλμογράφου (συσσκευές που τοποθετούνται στο δάχτυλο και μετρούν τον παλμό και το επίπεδο οξυγόνου του αίματος) έχει γίνει πολύ δημοφιλής λόγω της εύκολης χρήσης του (Cleveland Clinic, 2021).
- Φορητές συσκευές και εφαρμογές: «έξυπνα» ρολόγια ή συσκευές/ζώνες παρακολούθησης καρδιοαναπνευστικής λειτουργίας και εφαρμογές για smartphones επίσης αποτελούν εργαλεία για παρακολούθηση της HRV (Cleveland Clinic, 2021).

Κατά τη μέτρηση της Μεταβλ.ΚΣ καταγράφονται διάφοροι δείκτες που συνεισφέρουν στην αξιολόγηση της λειτουργίας του αυτόνομου νευρικού συστήματος και της ισορροπίας του. Αυτοί οι δείκτες διακρίνονται σε μετρήσεις στην περιοχή του χρόνου, μετρήσεις στην περιοχή συχνοτήτων, ανάλυση χρόνου-συχνότητας, μη γραμμική και



χαοτική ανάλυση και ανάλυση με ευφυείς τεχνικές (Τσιπούρας, Γιαννακέας, Καρβούνης & Τζάλλας, 2015). Αναλυτικότερα μπορούμε να αναφέρουμε:

α) Μετρήσεις στην περιοχή χρόνου:

Οι χρονικοί δείκτες της HRV βασίζονται στην ανάλυση των διαστημάτων μεταξύ των διαδοχικών R-κύματος (ή RR-διαστήματα) στο ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ). Αυτοί οι δείκτες παρέχουν πληροφορίες για τη συνολική Μεταβλ.ΚΣ και την ισορροπία του αυτόνομου νευρικού συστήματος (ΑΝΣ). Παρουσιάζονται ως:

- SDNN (Standard Deviation of Normal-to-Normal intervals): Πρόκειται για την τυπική απόκλιση των διαστημάτων RR. Αντιπροσωπεύει τη συνολική HRV και τη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος. Χαμηλές τιμές SDNN συχνά συνδέονται με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων και άγχους (Τσιπούρας και συν., 2015).
- RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences): Είναι η τετραγωνική ρίζα του μέσου των τετραγώνων των διαδοχικών διαφορών των κανονικών διαστημάτων RR. Αντιπροσωπεύει την παρασυμπαθητική δραστηριότητα. Υψηλές τιμές RMSSD συνδέονται με αυξημένη παρασυμπαθητική δραστηριότητα και καλές συνθήκες αποκατάστασης (Τσιπούρας, και συν., 2015).
- SDD (Standard Deviation of Successive Differences): Είναι η τυπική απόκλιση των διαδοχικών διαφορών όλων των κανονικών διαστημάτων RR (Τσιπούρας, και συν., 2015).

β) Μετρήσεις στην περιοχή συχνότητων

Η ανάλυση HRV με βάση τη συχνότητα χωρίζει τις κυριότερες περιοχές της μεταβλητότητάς της σε διάφορες συχνότητες. Αυτές οι περιοχές παρέχουν πληροφορίες για τις διακυμάνσεις της καρδιακής λειτουργίας. Όλα αυτά, υπό την επιρροή του παρασυμπαθητικού και συμπαθητικού συστήματος και παρουσιάζονται ως:

- LF (Low Frequency): Το εύρος των συχνότητων κυμαίνεται μεταξύ 0.04 Hz και 0.15 Hz. Είναι συχνότητες που αποδίδονται κυρίως στη λειτουργία του συμπαθητικού νευρικού συστήματος (Τσιπούρας και συν., 2015).



- HF (High Frequency): Το εύρος των συχνοτήτων κυμαίνεται μεταξύ 0.15 Hz και 0.4 Hz. Συνήθως αναπαριστά την παρασυμπαθητική δραστηριότητα και γι' αυτό θεωρείται βασικός δείκτης της λειτουργίας του παρασυμπαθητικού συστήματος. Αποτελεί περιοχή συχνοτήτων στην οποία περιέχεται η αναπνοή (Hunt & Saengsuwan, 2018; Τσιπούρας, και συν., 2015).
- VLF (Very Low Frequency): Το εύρος των συχνοτήτων κυμαίνεται μεταξύ 0.0033 – 0.04 Hz. Οι συχνότητες αυτές συνδέονται με τη θερμορύθμιση, την πίεση των αγγείων και άλλους χημικούς παράγοντες (Τσιπούρας, και συν., 2015).
- LF/HF ratio (Low Frequency to High Frequency ratio): Ο λόγος μεταξύ της LF και της HF. Χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει την ισορροπία του αυτόνομου νευρικού συστήματος και πιο συγκεκριμένα εκφράζει τη λειτουργία του συμπαθητικού προς τη λειτουργία του παρασυμπαθητικού συστήματος. Ένας υψηλός λόγος LF/HF συνδέεται συνήθως με αυξημένη δραστηριότητα του συμπαθητικού συστήματος και αγχωτική κατάσταση, ενώ ένας χαμηλός λόγος συνδέεται με την επικράτηση του παρασυμπαθητικού συστήματος (χαλάρωση) (Τσιπούρας και συν., 2015).

Υποθυρεοειδισμός και καρδιά

Οι ορμόνες του θυρεοειδούς, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έχουν άμεσες επιδράσεις στη λειτουργία της καρδιάς, τα αιμοφόρα αγγεία, τα επίπεδα της χοληστερόλης και στο μυοκαρδιακό μεταβολισμό. Το καρδιαγγειακό σύστημα αποτελεί έναν από τους κύριους στόχους δράσεως τους επηρεάζοντας σημαντικά τη φυσιολογική λειτουργία τόσο της καρδιάς όσο των αγγείων (Arem, Rokey, Kiefe, Escalante & Rodriguez, 1996; Lillevang-Johansen et al., 2019, Udovcic, Pena, Patham & Tabatabai, Kansara, 2017,).

Ο υποθυρεοειδισμός συσχετίζεται με λειτουργικές και ανατομικές ανωμαλίες στην καρδιαγγειακή λειτουργία, οι οποίες είναι αποτέλεσμα της ελλιπούς και μειωμένης δράσης των θυρεοειδικών ορμονών στην καρδιά και στα περιφερικά αγγεία (Klein & Danzi, 2016). Σε ασθενείς με υποθυρεοειδισμό παρατηρείται μειωμένη καρδιακή παροχή και λειτουργία, που οφείλεται στην αυξημένη συστηματική αγγειακή αντίσταση. Πιο συγκεκριμένα, η καρδιακή συχνότητα μειώνεται προκαλώντας βραδυκαρδία γεγονός που



πιθανά επιφέρει μειωμένη καρδιακή παροχή. Το αποτέλεσμα αυτής είναι η εμφάνιση διαστολικής δυσλειτουργίας της αριστερής κοιλίας και ακολούθως, η εξασθένηση της ικανότητάς της να χαλαρώνει και να πραγματοποιεί πλήρωση με αίμα οδηγώντας σε προβλήματα όπως αυξημένη πνευμονική πίεση και καρδιακή ανεπάρκεια. Επηρεάζεται ακόμη η αρτηριακή πίεση καθώς η αντίσταση των αγγείων και η αρτηριακή σκληρία (ακαμψία ή δυσκαμψία) τους οδηγεί σε αύξηση της διαστολικής πίεσης και κατά συνέπεια σε υπέρταση (Klein, 1990).

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να αναφερθεί η στενή σχέση του υποθυρεοειδισμού με τις καρδιαγγειακές παθήσεις. Οι δύο κύριοι μηχανισμοί που τα συνδέουν είναι η προοδευτική εξέλιξη της αθηροσκλήρωσης και η δυσλειτουργία του μυοκαρδίου (Zúñiga, Balasubramanian, Mehmood, Al-Baldawi & Salazar 2024). Η αθηροσκλήρωση εμφανίζεται λόγω υπερχοληστερολαιμίας, δηλαδή εξαιτίας των αυξημένων επιπέδων χοληστερόλης, ειδικά της LDL, και σχετίζεται με τη στεφανιαία νόσο και το εγκεφαλικό, ενώ η δυσλειτουργία του μυοκαρδίου λόγω της έλλειψης θυρεοειδικών ορμονών (Klein & Danzi, 2016; Zúñiga, et al., 2024).

Πολλοί ερευνητές έχουν αναφερθεί στον αυξημένο κίνδυνο για έμφραγμα του μυοκαρδίου, εγκεφαλοαγγειακές παθήσεις και καρδιακή ανεπάρκεια, σε ασθενείς με υποθυρεοειδισμό διαπίστωση όμως που δεν έχει ελεγχθεί συστηματικά (Zúñiga, et al., 2024). Οι Lillevang-Johansen και συνεργάτες (2019), σε μία έρευνα που διεξήγαγαν στην Δανία, εξέτασαν τον κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών προβλημάτων σε 2.680 άτομα με διαφορετικής σοβαρότητας υποθυρεοειδισμό. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων διαπίστωσαν ότι οι ασθενείς με υποθυρεοειδισμό είχαν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων συγκριτικά με τα άτομα με φυσιολογική λειτουργία του ΘΑ. Τα άτομα μάλιστα που δεν λάμβαναν φαρμακευτική αγωγή για τη ρύθμιση της διαταραχής του ΘΑ παρουσίασαν κατά 83% αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης κάποιας μυοκαρδιακής πάθησης και τριπλάσιο κίνδυνο εμφάνισής της στην επόμενη πενταετία.

Η Μεταβλ.ΚΣ και ο υποθυρεοειδισμός παρουσιάζουν έντονη συσχέτιση και κατά συνέπεια η παρακολούθηση της HRV μπορεί να βοηθήσει στην εκτίμηση της λειτουργίας του αυτόνομου νευρικού συστήματος, της καρδιαγγειακής υγείας και της αποτελεσματικότητας/επάρκειας της αποκατάστασης (Arem, Rokey, Kiefe, Escalante &



Rodriguez, 1996). Σύμφωνα με επιστημονικά δεδομένα ο υποθυρεοειδισμός μπορεί να επηρεάσει την Μεταβλ.ΚΣ, με αρνητικές συνέπειες για την καρδιαγγειακή υγεία μέσω της ικανότητας του αυτόνομου νευρικού συστήματος να ρυθμίζει τον καρδιακό ρυθμό (Bogdan et al., 2024 ; Brusseau et al., 2022).

Έτσι, ο υποθυρεοειδισμός συνδέεται με μειωμένη Μεταβλ.ΚΣ δηλαδή με περιορισμένη διακύμανση στον καρδιακό ρυθμό, η οποία υποδηλώνει κακή λειτουργία του αυτόνομου νευρικού συστήματος, πιθανά ως αποτέλεσμα χρόνιου στρες ή ανισορροπίες μεταξύ των δύο μερών (συμπαθητικό και παρασυμπαθητικό). Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητα, η οποία με τη σειρά της αυξάνει τον καρδιακό ρυθμό και μειώνει τις τιμές της HRV. Αντίθετα, η παρασυμπαθητική δραστηριότητα μειώνεται με αποτέλεσμα να μειώνεται ο καρδιακός ρυθμός και να ενισχύεται η HRV (Bogdan et al., 2024 ; Brusseau et al., 2022).

Άσκηση και Υποθυρεοειδισμός

Με την έννοια «άσκηση» ορίζεται η στοχευμένη και οργανωμένη σωματική δραστηριότητα που στοχεύει στη βελτίωση ή διατήρηση της φυσικής κατάστασης, της υγείας και της ευεξίας του κάθε ατόμου. Η εκτέλεση άσκησης συνήθως περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες και δομημένες κινήσεις που προκαλούν σωματική ενεργοποίηση, με σκοπό την ενίσχυση της καρδιαγγειακής, μυϊκής και κινητικής λειτουργίας, καθώς επίσης και βελτίωση της αντοχής, της δύναμης, της ευλυγισίας και της ισορροπίας (ΠΟΥ, 2020).

Τα οφέλη που προκύπτουν από την εφαρμογή πρωτοκόλλων άσκησης για την υγεία είναι πολλαπλά. Ωστόσο, όλο και περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να χαρακτηριστούν σωματικά μη δραστήριοι με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι παράγοντες κινδύνου για εκδήλωση χρόνιων παθήσεων, θνησιμότητα, καρδιαγγειακών και μεταβολικών (καρκίνο και διαβήτη) παθήσεις. Πλέον, ένας στους πέντε ενήλικες ακολουθεί καθιστικό τρόπο ζωής ενώ ο ΠΟΥ και άλλοι οργανισμοί δηλώνουν ότι τα επίπεδα αδράνειας στο γενικό πληθυσμό παραμένουν υψηλά (Alansare, Alford, Lee, Church & Jung, 2018). Ο ΠΟΥ προτείνει σε ενήλικες, ηλικίας 18-64 ετών, άσκηση μέτριας έντασης για 150-300 λεπτά την εβδομάδα ή άσκηση υψηλής έντασης τουλάχιστον 75-150 λεπτά την εβδομάδα, άσκηση



με βάρη τουλάχιστον δύο ημέρες την εβδομάδα με ασκήσεις που ενδυναμώνουν τις βασικές μυϊκές ομάδες και συνδυασμό των δύο τύπων άσκησης (ΠΟΥ, 2020).

Τα ποσοστά συμμετοχής σε προγράμματα άσκησης φαίνεται να είναι ακόμη χαμηλότερα σε άτομα με υποθυρεοειδισμό σε σύγκριση με τον γενικό πληθυσμό. Αυτό σύμφωνα με τους Dueñas και συνεργάτες (2021) μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι διαταραχές στη λειτουργία του θυρεοειδούς πιθανά περιορίζει την ικανότητα των ατόμων να συμμετέχουν σε φυσικές δραστηριότητες, λόγω εμφάνισης συμπτωμάτων κόπωσης και αδυναμίας. Παρόλα αυτά σε έρευνα που διεξήγαγαν φάνηκε πως η άσκηση έχει θετική επίδραση αφενός προσφέροντας περισσότερη ενέργεια και ευεξία στους συμμετέχοντες, και αφετέρου μείωση του αισθήματος της κόπωσης. Τα ερευνητικά δεδομένα ενισχύουν την παρότρυνση για τακτική φυσική δραστηριότητα ως μέθοδο πρόληψης ή ελαχιστοποίησης των διαταραχών, όπως και για ενθάρρυνση της ενσωμάτωσης μέτριας έντασης άσκηση για τη ρύθμιση των ορμονών του θυρεοειδούς σε άτομα με υποθυρεοειδισμό.

Παρόμοια ευρήματα σημειώθηκαν και από τους Tanrıverdi και συν. (2019), οι οποίοι εξέτασαν την επίδραση της φυσικής δραστηριότητας σε γυναίκες με υποκλινικό υποθυρεοειδισμό. Το δείγμα αποτέλεσαν 32 γυναίκες με υποκλινικό υποθυρεοειδισμό και 28 υγιείς. Οι συμμετέχουσες χωρίστηκαν σε μία ομάδα άσκησης και μία ομάδα ελέγχου. Η πειραματική διαδικασία περιλάμβανε την παρακολούθηση της φυσικής δραστηριότητας για διάρκεια 3 μηνών. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η συστηματική άσκηση μπορεί πρώτα από όλα να βελτιώσει την καρδιοαναπνευστική αντοχή τους αλλά και τις τιμές των επιπέδων της αρτηριακής πίεσης. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν θετικές προσαρμογές όσον αφορά στη ρύθμιση του βάρους, τη βελτίωση της ευεξίας και της ψυχολογικής διάθεσης, τη μείωση των συμπτωμάτων άγχους και κατάθλιψης καθώς και τη βελτίωση της γενικής σωματικής υγείας. Συνεπώς, η εκτέλεση καθημερινά μέτριας έντασης άσκηση προάγει τους γενικότερους δείκτες φυσικής κατάστασης, δίχως να προκαλεί σωματική καταπόνηση. Η αλλαγή του καθιστικού τρόπου ζωής σε έναν πιο δραστήριο κρίνεται απαραίτητη καθώς μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την υγεία (Alansare, Alford, Lee, Church & Jung, 2018). Κατά συνέπεια, μπορούμε να



συμπεράνουμε την αναγκαιότητα της «δια βίου άσκησης» σε γυναίκες με υποκλινικό υποθυρεοειδισμό.

Άσκηση και Μεταβλητότητα Καρδιακής Συχνότητας

Η άσκηση έχει σημαντική επίδραση στην Μεταβλ.ΚΣ και αυτή η σχέση είναι καθοριστική για την καρδιαγγειακή υγεία. Αυτό οφείλεται στο ότι ο αυτόνομος έλεγχος παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση και στην αποκατάσταση της άσκησης αλλά και στο γεγονός ότι εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση, τον τύπο, τη διάρκεια της άσκησης και το αθλητικό υπόβαθρο (Gifford, Boos, Reynolds & Woods, 2018). Για αυτό λοιπόν, η HRV θεωρείται σημαντικός δείκτης που πρέπει λαμβάνεται υπόψη για το σχεδιασμό κατάλληλων προγραμμάτων άσκησης για τη βελτιστοποίηση παραμέτρων της φυσικής κατάστασης και της αποκατάστασης (Esco, Flatt & Williford, 2017; Hunt & Saengsuwan, 2018). Επιπρόσθετα, σε κλινικές καταστάσεις αποτελεί μέσο παρακολούθησης της καρδιαγγειακής ικανότητας αλλά και μέσο πρόληψης της υπερβολικής προπόνησης και της κόπωσης μετά την άσκηση (Gifford, Boos, Reynolds & Woods, 2018).

Σε μελέτη που διεξήχθη το 2012 (Earnest, Blair & Church) αξιολογήθηκε η σχέση μεταξύ της HRV και της συστηματικής άσκησης σε ηλικιωμένες γυναίκες. Το δείγμα αποτέλεσαν 365 μη δραστήριες γυναίκες, οι οποίες χωρίστηκαν σε δύο ομάδες (άσκησης και ελέγχου) ενώ η ομάδα άσκησης εκτέλεσε μέτριας έντασης άσκηση (50% της VO_{2max}) για ένα χρονικό διάστημα 6 μηνών. Πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός της HRV, κατά τις πρωινές ώρες, για χρονικό διάστημα 25 λεπτών σε χώρο με χαμηλό φωτισμό και ησυχία, ενώ οι μετρήσεις των RR διαστημάτων γινόταν την ίδια ώρα κάθε φορά πριν και μετά την άσκηση. Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι η συστηματική άσκηση μπορεί να βελτιώσει την HRV στις ηλικιωμένες γυναίκες και να εμφανίσει γρηγορότερη αποκατάσταση της HRV μετά την άσκηση. Κατά συνέπεια, το καρδιαγγειακό τους σύστημα είχε την ικανότητα γρήγορης επαναφοράς σε φυσιολογικά επίπεδα μετά την καταπόνηση, γεγονός που δείχνει καλύτερη φυσική κατάσταση και μεγαλύτερο έλεγχο του άγχους.



Συνεχόμενη ή διαλειμματική άσκηση στην Μεταβλ.ΚΣ

Ιδιαίτερα σημαντικά δεδομένα έρχονται να προστεθούν στην παγκόσμια επιστημονική βιβλιογραφία σχετικά με αιμοδυναμικούς και αυτόνομους δείκτες καρδιακής λειτουργίας σε διαφορετικές πληθυσμιακές ομάδες. Συγκεκριμένα, οι Alansare, Alford, Lee, Church και Jung (2018) σύγκριναν τις επιπτώσεις της υψηλής έντασης διαλειμματικής άσκησης (HIIT) σε σχέση με την μέτριας έντασης συνεχόμενη άσκηση (MICT) στις μεταβλητές της HRV, σε σωματικά αδρανείς ενήλικες άνδρες. Δεκατρείς (n=13) άνδρες πραγματοποίησαν μία δοκιμασία VO_{2peak} σε εργοποδήλατο για να προσδιοριστεί η ένταση της άσκησης και στη συνέχεια χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες. Στο πρόγραμμα HIIT, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν 20λεπτες δοκιμασίες ποδηλάτισης, με ένταση $\geq 90\%$ της μέγιστης καρδιακής συχνότητας (HR_{peak}), χωρισμένα σε δύο φάσεις με εναλλάξ έντονη ποδηλάτιση (100 στροφές/λεπτό) και ποδηλάτιση ενεργητικής αποκατάστασης (50 στροφές/λεπτό). Στο πρόγραμμα MICT εκτελούσαν 40 λεπτά συνεχούς ποδηλασία με ένταση 60–75% του HR_{peak} και διατηρούσαν ταχύτητα 60 στροφές/λεπτό. Και στις δύο ομάδες, σε κάθε συνεδρία, οι συμμετέχοντες εκτέλεσαν πέντε λεπτά προθέρμανση και πέντε λεπτά αποθεραπεία με ποδηλάτιση χαμηλής έντασης (40% HR_{peak}). Τα δεδομένα που καταγράφηκαν αφορούσαν την αρτηριακή πίεση και την Μεταβλ.ΚΣ, ενώ αναλύθηκαν τόσο οι μετρήσεις στο πεδίο χρόνου (ο αριθμός των διαστημάτων R-R, RMSSD) όσο και οι μετρήσεις στο πεδίο συχνοτήτων (F, HF, λόγος LF/HF). Οι δύο ομάδες ολοκλήρωσαν οκτώ συνεδρίες άσκησης στο χρόνο των δύο εβδομάδων. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι και τα δύο πρωτόκολλα άσκησης είχαν θετικές επιδράσεις στα επίπεδα της συστολικής αρτηριακής πίεσης και στους χρονικούς τομείς της HRV, καθώς και των μέσων RR διαστημάτων. Παρόλα αυτά, η δραστηριότητα του συμπαθητικού-παρασυμπαθητικού συστήματος (LF/HF) βελτιώθηκε μόνο μετά από οκτώ συνεδρίες HIIT.

Παρόμοια ήταν τα ευρήματα των Navarro-Lomas και συν. (2022), οι οποίοι διαπίστωσαν ότι διαφορετικές μορφές άσκησης οδήγησαν σε βελτίωση των παραμέτρων HRV (δηλαδή, SDNN, RMSSD και λόγος συμπαθητικού/παρασυμπαθητικού) σε 66 μεσήλικες που έκαναν καθιστική ζωή ($53,6 \pm 4,4$ ετών; 50% γυναίκες) και έλαβαν μέρος στην έρευνα. Η παρέμβαση αφορούσε τέσσερις (4) ομάδες: α) ελέγχου, β) συνδυασμένης



άσκησης (αερόβια + αντίσταση) βασισμένη στις συστάσεις του ΠΟΥ για φυσική δραστηριότητα, γ) υψηλής έντασης διαλειμματική άσκηση (HIIT) και δ) σε συνθήκη όπου εκτελέστηκε HIIT + EMS (ηλεκτρομυοδιέγερση). Όλες οι συνθήκες και τα πρωτόκολλα άσκησης προκάλεσαν σημαντικές μεταβολές στις παραμέτρους HRV ($p \leq 0,001$) δίχως στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p > 0,05$). Ισχυρές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν μεταξύ των θετικών προσαρμογών στην σύσταση σώματος και του καρδιομεταβολικού κινδύνου καθώς και των μεταβολών από τα διαφορετικά πρωτόκολλα άσκησης στην Μεταβλ.ΚΣ. Συμπερασματικά, τα εν λόγω αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι όλες οι διαφορετικές συνθήκες άσκησης προκάλεσαν ενίσχυση του παράγοντα HRV σε μη δραστήρια μεσήλικα άτομα.

Εργοδιάδρομος ή εργοποδήλατο στην Μεταβλ.ΚΣ

Εκτός από τη σύγκριση των επιδράσεων των διαφόρων μορφών άσκησης στη HRV γίνεται ερευνητική προσπάθεια να μελετηθεί και η διαφορά μεταξύ της άσκησης που εκτελέστηκε σε εργοδιάδρομο ή σε εργοποδήλατο. Ειδικότερα, οι Escó, Flatt και Williford (2017) συμπέραναν ότι η συνταγογράφηση της άσκησης σε άτομα υψηλού κινδύνου θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει την άσκηση σε εργοδιάδρομο έναντι του εργοποδήλατου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη καθυστέρηση στην αποκατάσταση του συμπαθητικού-παρασυμπαθητικού συστήματος (μείωση της HF και αύξηση της LF και του λόγου LF:HF) μετά από 30 λεπτά άσκησης σε σταθερό ρυθμό στο 65% VO_2R με εργοποδήλατο σε σύγκριση με τον εργοδιάδρομο. Δεκατέσσερις, φαινομενικά υγιείς άνδρες εκτέλεσαν σε δύο ξεχωριστές και τυχαίες ημέρες την παρέμβαση. Η HRV μετρήθηκε σε ύπτια θέση και η συνιστώσα υψηλής συχνότητας (HF) και χαμηλής συχνότητας (LF), καθώς και ο λόγος (LF/HF) καταγράφηκαν σε χρονικά διαστήματα των 5 λεπτών αμέσως πριν, 10-15 και 25-30 μετά από κάθε περίοδο άσκησης. Όλες οι μετρήσεις HRV επέστρεψαν προς την αρχική τιμή 30 λεπτά μετά την εκτέλεση του πρωτοκόλλου στον εργοδιάδρομο. Παρά ταύτα παρέμειναν σημαντικά διαφοροποιημένες σε σχέση με τις αρχικές τιμές όσον αφορά το πρωτόκολλο που εκτελέστηκε σε κυκλοεργόμετρο. Συνεπώς, παρατηρήθηκε μια μεγαλύτερη καθυστέρηση της αποκατάστασης (ανάκτησης) της HRV μετά την άσκηση σε κυκλοεργόμετρο σε



φαινομενικά υγιείς άνδρες. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν δημοσιευμένες μελέτες στις οποίες να συγκρίνονται τα δύο μέσα προπόνησης (ποδήλατο ή διάδρομος) όσον αφορά αυτόνομους δείκτες καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ.

Διάρκεια ή ένταση άσκησης στην Μεταβλ.ΚΣ

Αντικείμενο μελέτης αποτέλεσε και η επίδραση διαφορετικών εντάσεων άσκησης στην Μεταβλ.ΚΣ. Το 2018 οι Hunt και Saengsuwan διερεύνησαν τις αλλαγές στη HRV στις πολύ χαμηλές (ULF) και χαμηλές συχνότητες (VLF) σε σχέση με την ένταση και τον χρόνο κατά τη διάρκεια τρεξίματος σε εργοδιάδρομο. Η διαδικασία περιλάμβανε καταγραφή δεδομένων HRV σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις: ηρεμία (ξεκούραση), μέτρια ένταση άσκησης (40–59% της εφεδρικής καρδιακής συχνότητας - HRR) και έντονη ένταση άσκησης (60–89% της HRR). Η παρέμβαση ξεκινούσε με ζέσταμα (10'), συνέχιζε με ξεκούραση και τοποθέτηση ηλεκτροδίων (10'), μετά με καταγραφή της HRV ενώ οι συμμετέχοντες στεκόντουσαν ακίνητοι στον εργοδιάδρομο (5'). Ακολουθούσε πρώτα η άσκηση με σταθερή ταχύτητα για 45', σύμφωνα με την ένταση που είχε οριστεί (μέτρια ή έντονη), και έπειτα χαλάρωμα για 10'. Η συμμετοχή στις δοκιμές πραγματοποιήθηκε σε δύο ξεχωριστές ημέρες από υγιείς ενήλικες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η HRV, ειδικά στις πολύ χαμηλές (ULF) και χαμηλές (VLF) συχνότητες, μειώθηκε με την αύξηση της έντασης της άσκησης, όπως μειώθηκε και με την πάροδο του χρόνου κατά τη διάρκεια της άσκησης. Ωστόσο, παραμένει ασαφές αν αυτές οι αλλαγές οφείλονται στον ίδιο τον χρόνο ή στην αύξηση της καρδιακής συχνότητας που σχετίζεται με την καρδιαγγειακή απόκριση.

Μεμονωμένη ή επαναλαμβανόμενη άσκηση στην Μεταβλ.ΚΣ

Σε άλλη μελέτη εξετάστηκε η σχέση μεταξύ μιας μεμονωμένης ημερήσιας μέτρησης της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας και το μέσο όρο πολλαπλών μετρήσεων της HRV σε διαφορετικές ημέρες με την αποκατάσταση του καρδιακού ρυθμού (HRR) μετά από μέγιστη άσκηση. Τριάντα (n=30) υγιείς γυναίκες, ηλικίας $22,9 \pm 3,2$ ετών, συμμετείχαν στην έρευνα στη διάρκεια της οποίας συμπλήρωσαν 4 επισκέψεις. Αναλυτικότερα στις 3 πρώτες επισκέψεις, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε διάστημα 7 ημερών, καταγράφηκε



η HRV (RMSSD, SDNN) για διάρκεια 10 λεπτών με τις γυναίκες να βρίσκονται σε ύπτια θέση. Στην 4η επίσκεψη με την διεκπεραίωση των μετρήσεων ηρεμίας και της προθέρμανσης 5 λεπτών σε εργοδιάδρομο, οι συμμετέχουσες ολοκλήρωσαν μια μέγιστη δοκιμασία αερόβιας άσκησης κατά την οποία η κλίση αυξανόταν κατά 1% κάθε λεπτό μέχρι την επίτευξη κόπωσης κατά βούληση ενώ η ταχύτητα αποτελούσε επιλογή του δείγματος. Τέλος πραγματοποίησαν 5' αποθεραπεία με ταχύτητα βάδισης 1,5 mph και κλίση 2,5% ενώ ταυτόχρονα γινόταν η καταγραφή της HRR. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέτρηση HRV σε μία μόνο ημέρα παρέχει κάποιες χρήσιμες πληροφορίες για την αποκατάσταση, αλλά ίσως να μην είναι τόσο πλήρης ή ακριβής όσο οι μετρήσεις πολλών ημερών. Έτσι η προσέγγιση πολλών ημερών θα μπορούσε να παρέχει μια πιο λεπτομερή εικόνα του τρόπου με τον οποίο το σώμα ανακάμπτει με την πάροδο του χρόνου (Bechke et al., 2020).



III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Στη μελέτη συμμετείχαν 10 ενήλικες, αγύμναστες γυναίκες, ηλικίας 43 ± 14 ετών, ύψους $164,4 \pm 6,1$ cm, βάρους, $69,7 \pm 9,6$ kg και BMI $25,4 \pm 4,2$ kg/m², με διαταραχές του θυροειδούς αδένα. Συγκεκριμένα οι 6 γυναίκες έπασχαν από υποθυρεοειδισμό και οι 4 από θυρεοειδίτιδα Hashimoto. Η συμμετοχή του δείγματος στην έρευνα ήταν εθελοντική και όλες οι γυναίκες ακολουθούσαν κανονικά δίχως καμία διαφοροποίηση της φαρμακευτικής τους αγωγής καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

Περιγραφή οργάνων

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των μετρήσεων ήταν:

- 1) Ένας εργοδιάδρομος, για την δοκιμασία κοπώσεως και το παρεμβατικό πρόγραμμα, δηλαδή την εκτέλεση αερόβιας άσκησης διάρκειας 60 λεπτών.
- 2) Ένα καρδιοσυχνόμετρο (Polar H10 heart rate sensor), για την καταγραφή της καρδιακής συχνότητας μισή ώρα πριν και μισή ώρα μετά την εκτελούμενη αερόβια άσκηση. Η τοποθέτηση του καρδιοσυχνόμετρου σε κάθε συμμετέχουσα γινόταν από την ερευνήτρια (εικόνα 1).



Εικόνα 4 Καρδιοσυχνόμετρο (Polar H10 heart rate sensor)

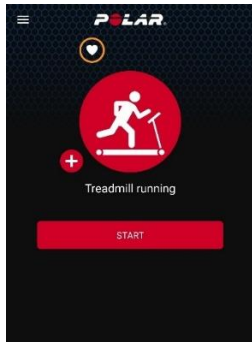
- 3) Μία συσκευή Holter πίεσης Ergoline (ErgoScanWin, Φορητό Σύστημα Καταγραφής της Αρτηριακής Πίεσης), για τη μέτρηση και καταγραφή της αρτηριακής πίεσης μισή ώρα πριν και μισή ώρα μετά την άσκηση. Η τοποθέτηση του συστήματος καταγραφής πίεσης γινόταν από την ερευνήτρια (εικόνα 2).



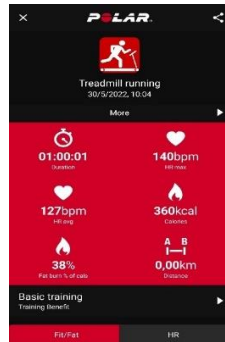
Εικόνα 2: Συσκευή Holter πίεσης Ergoline



- 4) Η ψηφιακή εφαρμογή κινητού (Polar Beat), για τη μέτρηση και την απεικόνιση της διακύμανσης της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της δοκιμασίας κοπώσεως (εικόνα: 3, 4 & 5).



Εικόνα 5: Αρχική οθόνη

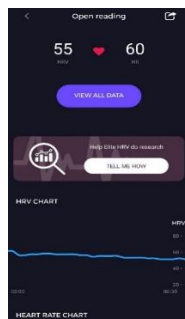


Εικόνα 6: Τελικός πίνακας μετρήσεων

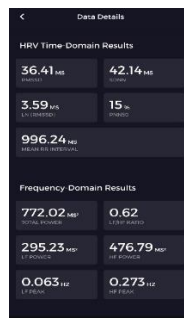


Εικόνα 5: Ενδεικτική διακύμανση ΚΣ κατά την περιπατητική άσκηση διάρκειας 60 λεπτών

- 5) Η ψηφιακή εφαρμογή κινητού (Elite HRV), για τη μέτρηση και την καταγραφή της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας, ανά πέντε λεπτά, μισή ώρα πριν και μετά την άσκηση (εικόνα: 6, 7 & 8).



Εικόνα 6: Αρχική οθόνη μέτρησης (Elite HRV)



Εικόνα 7: Μετρήσεις στο πεδίο χρόνου και συχνοτήτων, (Elite HRV)



Εικόνα 8: Ενδεικτική διακύμανση ΚΣ κατά την περιπατητική άσκηση διάρκειας 60 λεπτών (Elite HRV)

- 6) Ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής για την καταγραφή των στοιχείων του δείγματος (ονοματεπώνυμο, ηλικία, ύψος και βάρος) και την αποτύπωση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.



Πειραματική διαδικασία

Αρχικά, για να εκτιμηθεί η λειτουργική ικανότητα του δείγματος πραγματοποιήθηκε μία δοκιμασία κόπωσης (πρωτόκολλο Bruce), ώστε να οριστεί η ένταση της άσκησης περίπου στο 75% του VO_{2peak} . Πιο αναλυτικά, κάθε γυναίκα υποβλήθηκε σε μία μέγιστη δοκιμασία σε εργοδιάδρομο, στον οποίο, στο πρώτο επίπεδο δυσκολίας, περπατούσε με ταχύτητα 2,7 km/h και κλίση 10% για τρία λεπτά. Στο δεύτερο στάδιο η κλίση αυξήθηκε στο 12% και η ταχύτητα στα 4,0 km/h, στο τρίτο στάδιο επιλέχθηκε κλίση 14% και ταχύτητα 5,4 km/h, στο τέταρτο 16% και 6,7 km/h, αντίστοιχα. Η δοκιμασία ολοκληρώθηκε για κάποιες από τις συμμετέχουσες στο πέμπτο στάδιο και τελευταίο επίπεδο με κλίση στο 16% και ταχύτητα στα 8 km/h. Η χρονική διάρκεια κάθε σταδίου ορίστηκε στα 3 λεπτά. Κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας σε όλες τις συμμετέχουσες τοποθετήθηκε καρδιοσυχνόμετρο, το οποίο ήταν συνδεδεμένο με την ψηφιακή εφαρμογή, ώστε να συλλέγονται τα απαραίτητα δεδομένα.

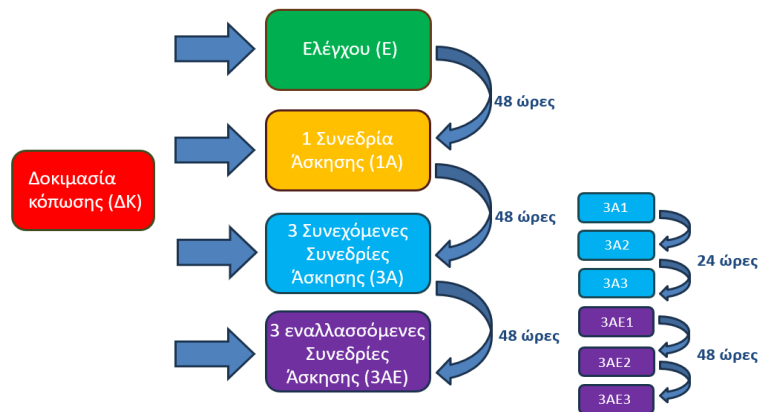
Ακολούθως, πραγματοποιήθηκαν 4 διασταυρούμενες συνθήκες με τυχαία σειρά επιλογής. Οι συνθήκες αυτές αποτελούνταν από 1 συνεδρία ελέγχου (E), ώστε να γίνει η μέτρηση και καταγραφή της καρδιακής συχνότητας, της αρτηριακής πίεσης και της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας σε κατάσταση ηρεμίας, 1 συνεδρία αερόβιας άσκησης (1A), 3 συνεχόμενες συνεδρίες άσκησης με κενό 24 ωρών μεταξύ των συνεδριών τους (3A) και 3 εναλλασσόμενες συνεδρίες άσκησης με κενό 48 ωρών (3AE). Σε όλες τις συνθήκες άσκησης οι ασκούμενες εκτελούσαν αερόβια, περιπατητική άσκηση διάρκειας 60 λεπτών σε εργοδιάδρομο δίχως διάλειμμα (συνεχόμενα). Για κάθε σειρά δοκιμασιών μεσολαβούσε χρονικό διάστημα 48 ωρών από την ολοκλήρωση της προηγούμενης συνθήκης και εκτελούνταν κάθε φορά περίπου την ίδια χρονική στιγμή στη διάρκεια της ημέρας, με μέγιστη απόκλιση μισής ώρας από την εναρκτήρια προπονητική μονάδα (Εικόνα: 9).

Ως προθέρμανση οι ασκούμενες έκαναν 5 λεπτά βάρδια στον εργοδιάδρομο σε μία ένταση στο 50% της HR_{peak} και στη συνέχεια η ένταση αυξανόταν στο 75% της HR_{peak} . Μέχρι να επιτευχθεί η στοχευμένη ένταση οι συμμετέχουσες εξακολουθούσαν να περπατάνε



στον εργοδιάδρομο με τις απαιτούμενες μεταβολές τόσο στην κλίση του όσο και την ταχύτητά του.

Πειραματικός Σχεδιασμός



Εικόνα 9 Πειραματικός σχεδιασμός

Η μέτρηση και καταγραφή των τιμών της αρτηριακής πίεσης, της καρδιακής συχνότητας και της Μεταβλ.ΚΣ, διεξάγονταν τόσο προ-ασκησιακά όσο και μετα-ασκησιακά. Τα δεδομένα λαμβάνονταν προ-ασκησιακά, σε κατάσταση ηρεμίας, μισή ώρα πριν την έναρξη της συνεδρίας στις εξής χρονικές στιγμές: 30', 15', 0'. Αντίθετα μετα-ασκησιακά αμέσως μετά τον τερματισμό της άσκησης, δηλαδή 0', 15' και 30' (Εικόνα: 10).



Εικόνα 10: Απεικόνιση μετρήσεων

Αναλυτικές μετρήσεις αυτόνομων καρδιακών λειτουργιών πραγματοποιήθηκαν με τον ίδιο τρόπο παράλληλα με τις παραπάνω. Η ανάλυση στο πεδίο του χρόνου έγινε μέσα από τις μετρήσεις για τα μέσα RR διαστήματα, ενώ η ανάλυση στο πεδίο συχνοτήτων μέσα από τη συνιστώσα υψηλής συχνότητας (HF POWER). Από την έρευνα αποκλείστηκαν άτομα που λόγω κάποιας επιπλέον παθολογίας ή πολύ κακής φυσικής κατάστασης δεν μπορούσαν να αθληθούν.



Πειραματική διαδικασία συλλογής δεδομένων

Προτού ξεκινήσει η μέτρηση, καταγράφονταν μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή τα προσωπικά στοιχεία της εξεταζόμενης (ονοματεπώνυμο, ηλικία, ύψος και βάρος) στο ErgoScanWin και γινόταν η τοποθέτηση του εξοπλισμού στα απαραίτητα σημεία. Πιο συγκεκριμένα το καρδιοσυχνόμετρο τοποθετούνταν στον θώρακα και το φορητό σύστημα καταγραφής πίεσης στον αριστερό βραχίονα. Αρχικά, για να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε μέτρηση το δείγμα έπρεπε να βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας. Για να επιτευχθεί αυτό βρισκόταν σε καθιστή θέση και σε έναν χώρο που δεν υπήρχαν θόρυβοι, εξωτερικές παρεμβολές και έντονο φως. Επιπλέον, παρέχονταν προφορικές οδηγίες ακολουθούσε η σωστή τοποθέτηση με μεγάλη προσοχή ώστε να αποφευχθεί η λήψη λανθασμένων δεδομένων που θα οδηγούσε σε λανθασμένες ή ελλιπείς καταγραφές και κατά συνέπεια σε εσφαλμένα αποτελέσματα. Εφόσον οι λήψεις είχαν πραγματοποιηθεί, τόσο προ-ασκησιακά όσο και μετα-ασκησιακά, ακολουθούσε η ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στατιστική ανάλυση

Η κύρια επίδραση των συνθηκών μέτρησης (E, 1A, 3A & 3AE), της χρονικής στιγμής μέτρησης αλλά και της κύριας επίδρασης των τεσσάρων πρωτοκόλλων (συνθηκών) εξετάστηκε με ανάλυση διακύμανσης με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (ANOVA Repeated Measures) και στους δύο παράγοντες (πρωτόκολλα X χρονικές στιγμές, 4x6). Επιμέρους σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων εντοπίστηκαν με πολλαπλές συγκρίσεις Scheffe. Το επίπεδο σημαντικότητας ορίστηκε στο $p < 0,05$.



IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Το δείγμα αποτέλεσαν αρχικά 10 ασκούμενες με διαταραχές του θυρεοειδούς αδένος αλλά μόνο οι 7, ηλικίας 40 ± 12.4 ετών (ύψος $163,9 \pm 5,4$ cm, βάρος, $64,6 \pm 8,6$ kg BMI $24,2 \pm 4,0$ kg/m²) κατάφεραν να ολοκληρώσουν την παρέμβαση. Οι 4 γυναίκες είχαν υποθυρεοειδισμό ενώ οι 3 θυρεοειδίτιδα Χασιμότο. Οι λόγοι που διέκοψαν οι ασκούμενες ήταν η μεγάλη διάρκεια της όλης παρέμβασης και κατά συνέπεια η μη αυστηρή τήρηση της πειραματικής διαδικασίας. Τα δεδομένα, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, καταγράφηκαν τόσο πριν και μετά την άσκηση όσο και κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτό που παρατηρήθηκε στις καταγραφές που έγιναν κατά την διάρκεια της άσκησης, δηλαδή αυτές της καρδιακής συχνότητας, είναι ότι κάποιες ασκούμενες ενώ διατηρούσαν σταθερά την ένταση στο 75% της HR_{peak}, εμφάνισαν απότομες αυξομειώσεις των τιμών της ΚΣ, χωρίς να το αντιλαμβάνονται μέχρις ότου να το δούνε στην εφαρμογή καταγραφής παλμών (Polar Beat). Ακολουθεί η ανάλυση και επεξήγηση των δεδομένων που σχετίζονται με αιμοδυναμικούς παράγοντες και αυτόνομων δεικτών της καρδιακής λειτουργίας.

Διακύμανση τιμών Καρδιακής Συχνότητας

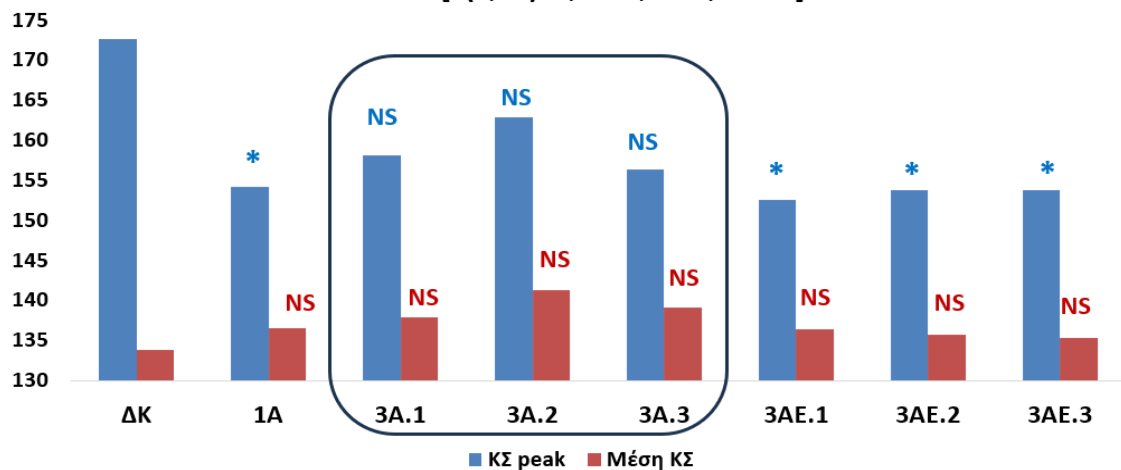
Σημαντικό είναι να ειπωθεί πως αυτή η «έντονη διακύμανση» στην ΚΣ παρουσιάστηκε στις ασκούμενες με θυρεοειδίτιδα Χασιμότο. Οι υπόλοιπες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό μας. Συγκεκριμένα, παρατηρείται στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των “συνθηκών μέτρησης” και των χρονικών στιγμών όσον αφορά τη διακύμανση της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων [$F(7,43)=5,6182$, $P=0,00012$].

Συγκεκριμένα, στο σχήμα 1 απεικονίζεται η διακύμανση της μέγιστης και της μέσης καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια της άσκησης. Αυτό που είναι σημαντικό να προσέξει κανείς είναι πως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις των μέγιστων καρδιακών συχνοτήτων στην συνθήκη «συνεχόμενη άσκηση» σε σχέση με την δοκιμασία κόπωσης (ΔΚ). Αντίθετα οι μέγιστες ΚΣ των άλλων συνθηκών έχουν στατιστικά



σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p < 0,05$) συγκριτικά με την ΔΚ. Επίσης, από την ανάλυση της συνθήκης «συνεχόμενη άσκηση» προκύπτει ότι η δεύτερη συνεδρία εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές και κατά συνέπεια τις υψηλότερες απαιτήσεις. Απόρροια αυτών είναι ότι οι συνεχόμενες συνεδρίες άσκησης επιβάρυναν καρδιαγγειακές περισσότερο το δείγμα μας, γεγονός που ίσως οφείλεται στη διάρκεια αποκατάστασης μεταξύ των συνεδριών, η οποία ήταν μόνο 24 ώρες. Ως προς τις μέσες ΚΣ δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με την ΔΚ.

ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (b/min) κατά την διάρκεια των πρωτοκόλλων
[F(7,43)=5,6182, P= 0,00012]



Σχήμα 1. Διακύμανση των τιμών της καρδιακής συχνότητας κατά τη διάρκεια των πρωτοκόλλων

*: στατιστικά σημαντικές στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p < 0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κοπώσεως
NS: μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p > 0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κοπώσεως

Ακολούθως, στο σχήμα 2 παρουσιάζεται η διακύμανση της ΚΣ πριν και μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων (συνθήκες μέτρησης). Με μία πρώτη ματιά, όπως αναμενόταν, παρατηρείται μία αύξηση των τιμών της ΚΣ ακριβώς μετά την ολοκλήρωση των πρωτοκόλλων άσκησης η οποία παρουσιάζεται στατιστικά διαφοροποιημένη ($p < 0,05$) με την ανάλογη χρονική στιγμή της ΔΚ κάτι που καταδεικνύει την μειωμένη επιβάρυνση όλων ανεξαρτήτως των χρονικών στιγμών για κάθε συνθήκη και πρωτόκολλο μέτρησης.

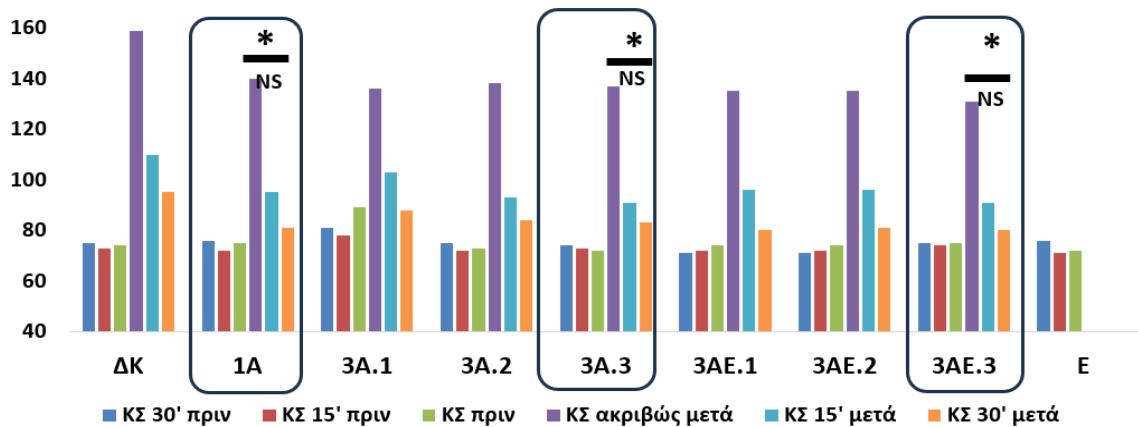
Συγκεκριμένα, παρατηρείται στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των “συνθηκών μέτρησης” και των χρονικών στιγμών όσον αφορά τη διακύμανση της καρδιακής συχνότητας πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης



[F(20,140)=15,133, P=0,0000]. Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση μίας συνεδρίας άσκησης (1A), της 3ης συνεχόμενης συνεδρίας άσκησης (3A.3) και της 3ης εναλλασσόμενης συνεδρίας άσκησης (3ΑΕ.3) και η στατιστική ανάλυση κατέδειξε ότι στις χρονικές στιγμές ακριβώς μετά την άσκηση, 15' μετά την άσκηση και 30' μετά την άσκηση υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p<0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κόπωσης. Ωστόσο, μεταξύ των 3 αυτών συνθηκών δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με όλες τις χρονικές στιγμές μετά την άσκηση.

ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ πριν και μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων

[F(20, 140)=15,133, P= 0,0000]



Σχήμα 2. Διακύμανση των τιμών της καρδιακής συχνότητας πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης

*: στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p<0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κοπώσεως

NS: μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p>0,05$) των συνθηκών 1A, 3A.3 και 3ΑΕ.3 σε σχέση με τις χρονικές στιγμές "ΚΣ ακριβώς μετά", "ΚΣ 15' μετά" και "ΚΣ 30' μετά"

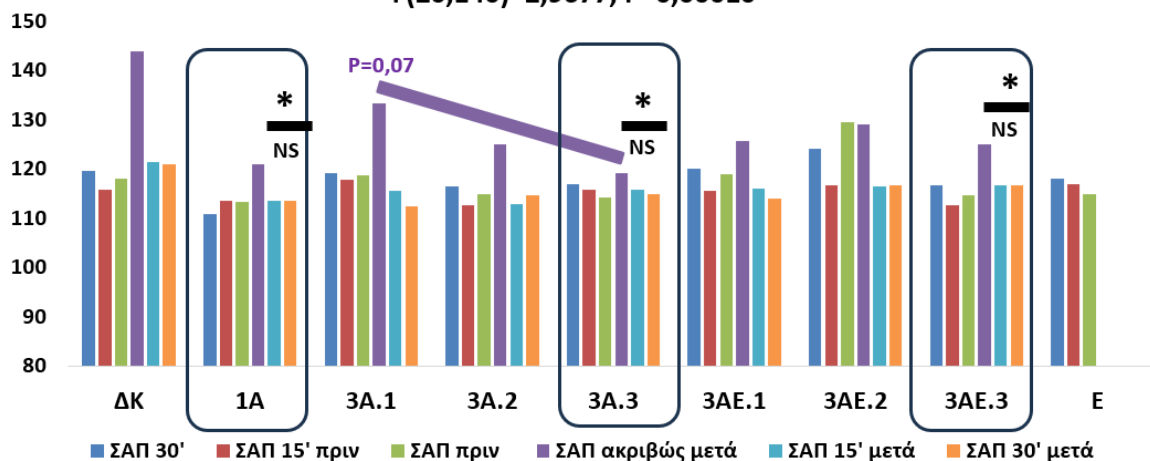
Διακύμανση επιπέδων Αρτηριακής Πίεσης

Στο σχήμα 3 που αφορά την συστολική αρτηριακή πίεση πριν και μετά την κάθε συνθήκη άσκησης παρατηρούνται οι ανάλογες διαφοροποιήσεις. Πιο συγκεκριμένα από τη συσχέτιση των συνθηκών 1A, 3A.3 και 3ΑΕ.3 με όλες τις χρονικές στιγμές μετά την άσκηση προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κόπωσης. Αντίθετα, μεταξύ των συνθηκών αυτών δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p>0,05$) σε σχέση με τις χρονικές στιγμές "ΣΑΠ ακριβώς



μετά", "ΣΑΠ 15' μετά" και "ΣΑΠ 30' μετά". Αυτό που αξίζει να επισημανθεί αφορά τις τιμές της ΣΑΠ που αποτυπώθηκαν στη συνθήκη των 3 συνεχόμενων συνεδριών άσκησης. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι η ΣΑΠ της συνθήκης 3A3 συγκριτικά με την 3A1 και την 3A2 καταγράφει μια πτώση εμφανίζοντας μία οριακή σημαντική διαφοροποίηση ($p=0,07$). Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν εντονότερες προσαρμογές στην εν λόγω συνθήκη άσκησης, εξαιτίας της διάρκειας αποκατάστασης (μόνο 24 ώρες) και της εμφάνισης σε μεγαλύτερο βαθμό του μετα-ασκησιακού υποτασικού φαινομένου. Αντιθέτως, στις υπόλοιπες συνθήκες αερόβιας άσκησης το εν λόγω φαινόμενο της υποχώρησης της ΣΑΠ εμφανίζεται ηπιότερα.

ΣΥΣΤΟΛΙΚΗ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΠΙΕΣΗ (mmHg) πριν και μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων $F(20,140)=2,9677, P=0,00010$



Σχήμα 3. Διακύμανση των επιπέδων της συστολικής πίεσης πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης.

*: στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p<0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κοπώσεως

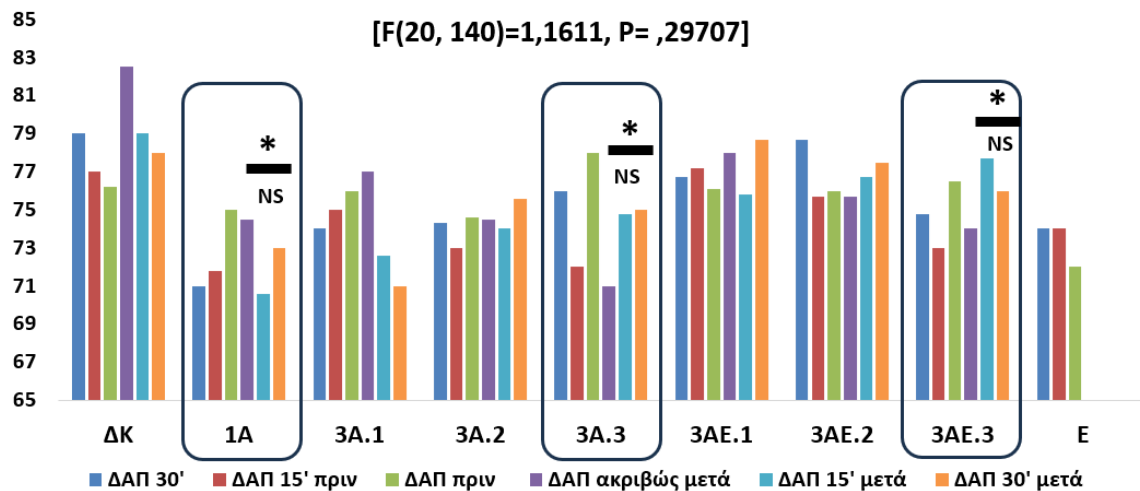
NS: μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p>0,05$) των συνθηκών 1A, 3A.3 και 3ΑΕ.3 σε σχέση με τις χρονικές στιγμές "ΣΑΠ ακριβώς μετά", "ΣΑΠ 15' μετά" και "ΣΑΠ 30' μετά"

Ως προς την διαστολική αρτηριακή πίεση (ΔΑΠ) παραθέτουμε απεικονιστικά την διακύμανση των τιμών της μέσω του σχήματος 4. Όπως και στο σχήμα 3 της ΣΑΠ έτσι και εδώ υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p<0,05$) όλων των χρονικών στιγμών μετά την άσκηση στις συνθήκες μίας συνεδρίας άσκησης, της 3^{ης} συνεχόμενης συνεδρίας άσκησης και της 3^{ης} εναλλασσόμενης συνεδρίας άσκησης σχετικά με την ΔΚ. Όταν όμως συγκριθούν οι τρεις αυτές συνθήκες μεταξύ τους προκύπτει πως δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με όλες τις χρονικές στιγμές μετά την άσκηση



[F(20,140)=1,11611, P=,29707]. Παρόλα αυτά μία πιο λεπτομερής ανάλυση της ΔΑΠ σε όλες τις συνθήκες και χρονικές στιγμές φανερώνει μια ανισορροπία σε σύγκριση με την ΣΑΠ, δείχνοντας μια καλύτερη ικανότητα προσαρμογής στην άσκηση αλλά και στην αποκατάσταση της ΣΑΠ.

ΔΙΑΣΤΟΛΙΚΗ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΠΙΕΣΗ (mmHg) πριν και μετά την εκτέλεση των πρωτοκόλλων



Σχήμα 4. Διακύμανση των επιπέδων της διαστολικής πίεσης πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης

*: στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p < 0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κοπώσεως

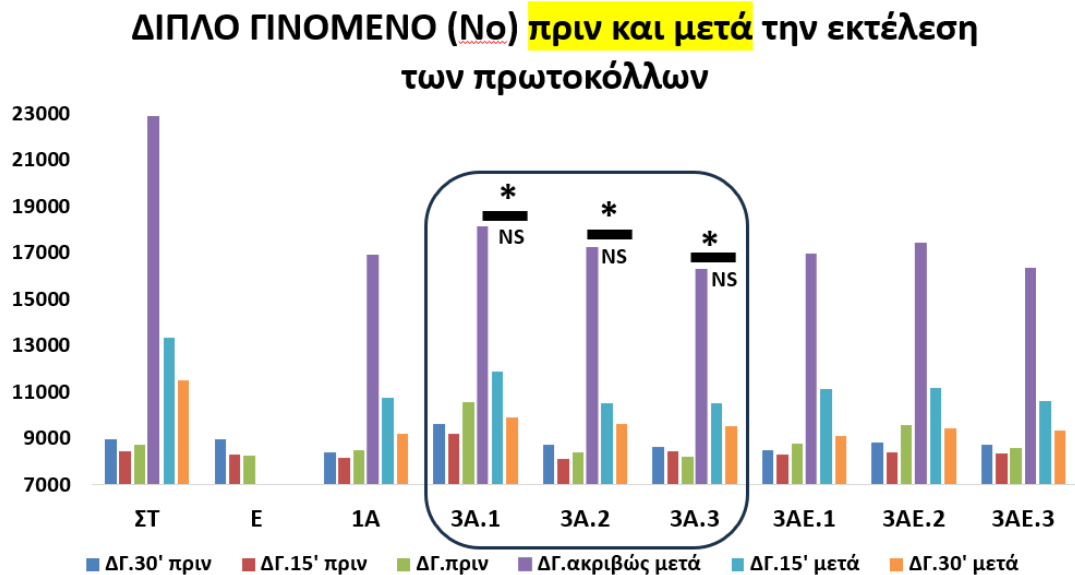
NS: μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p > 0,05$) των συνθηκών 1Α, 3Α.3 και 3ΑΕ.3 σε σχέση με τις χρονικές στιγμές "ΔΑΠ ακριβώς μετά", "ΔΑΠ 15' μετά" και "ΔΑΠ 30' μετά"

Διακύμανση επιβάρυνσης μέσω του Διπλού Γινόμενου

Το διπλό γινόμενο (ΔΓ), το οποίο χαρακτηρίζεται ως η σχέση της ΚΣ επί την ΣΑΠ, προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες. Πιο συγκεκριμένα, το σχήμα 5 αποτυπώνει τις τιμές του ΔΓ πριν και μετά την άσκηση. Από μία απλή παρατήρηση απορρέει η γνώση πως οι τιμές του ΔΓ αυξάνονται πολύ στη χρονική στιγμή «ακριβώς μετά» τα πρωτόκολλα άσκησης, λόγω των υψηλών τιμών της ΚΣ αλλά και της ΣΑΠ, δείχνοντας το στοιχείο της πιο έντονης αερόβιας επιβάρυνσης. Ωστόσο, αυτό που έχει ενδιαφέρον να αναφερθεί είναι τα δεδομένα από τις 3 συνεχόμενες συνεδρίες άσκησης (3Α). Αναλυτικότερα, και οι τρεις συνεχόμενες συνεδρίες αερόβιας άσκησης έχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με την ΔΚ αλλά δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p > 0,05$) μεταξύ



τους σε σχέση με τις χρονικές στιγμές “ΔΓ ακριβώς μετά”, “ΔΓ 15’ μετά” και “ΔΓ30’ μετά”. Επιπλέον, όπως και στην ΣΑΠ παρατηρείται μία πτώση των τιμών του ΔΓ μετά από κάθε προπονητική μονάδα, της συγκεκριμένης συνθήκης γεγονός που προδιαθέτει πως υπάρχει μεγαλύτερη απόκριση (και συνεπώς επιβάρυνση) όταν η αποκατάσταση ορίστηκε στις 24 ώρες.



Σχήμα 5. Διακύμανση των επιπέδων του διπλού γινομένου πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης

*: στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p < 0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κόπωσης

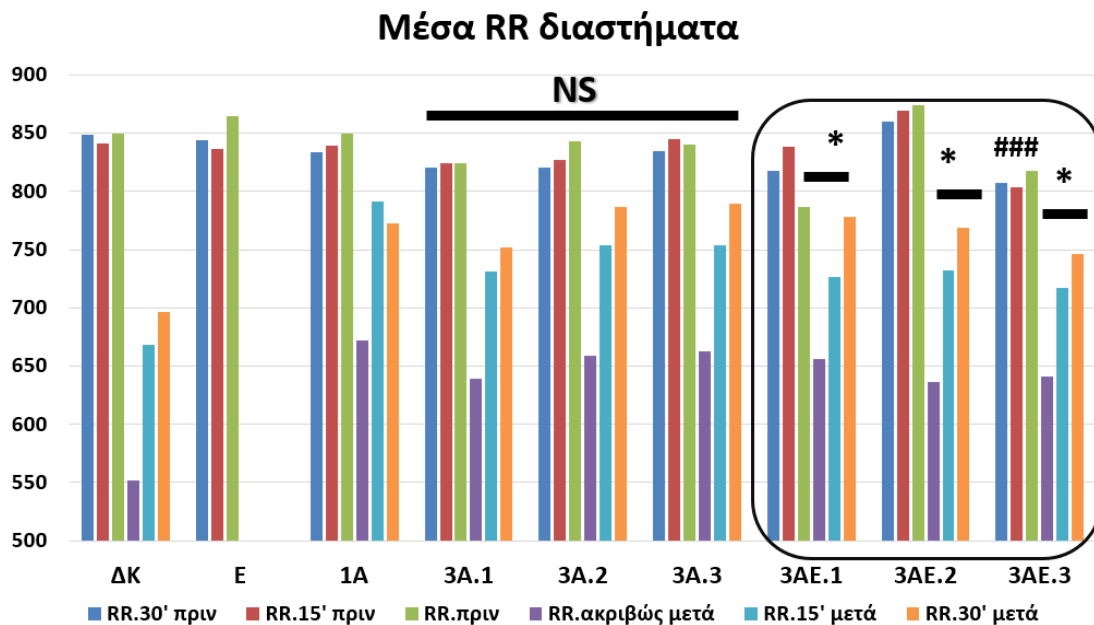
NS: μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p > 0,05$) των συνθηκών 3Α.1, 3Α.2 και 3Α.3 σε σχέση με τις χρονικές στιγμές “ΔΓ ακριβώς μετά”, “ΔΓ 15’ μετά” και “ΔΓ30’ μετά”

Διακύμανση Αυτόνομων Δεικτών

Στη συνέχεια αναλύονται αυτόνομοι δείκτες της καρδιακής λειτουργίας, δηλαδή τα μέσα RR διαστήματα και η συνιστώσα υψηλής συχνότητας (HF). Στο σχήμα 6 απεικονίζονται τα μέσα RR διαστήματα. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε στην συνθήκη των εναλλασσόμενων προπονήσεων, στις χρονικές στιγμές μετά την άσκηση, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τη ΔΚ ($p < 0,05$). Επίσης στην 3ΑΕ.3, σε όλες τις χρονικές στιγμές πριν την άσκηση εμφανίζεται στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με την 3ΑΕ.2. Κάτι τέτοιο δύναται να θεωρηθεί ότι μπορεί να οφείλεται στην επιβάρυνση που επιφέρει η αερόβια άσκηση μαζί με κόπωση και στρες με αυξημένη συμπαθητική δραστηριότητα. Εντούτοις, οι συνεχόμενες συνεδρίες άσκησης δεν είχαν



στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p>0,05$) σε σχέση με όλες τις χρονικές στιγμές μετά την συνθήκη άσκησης. Αξίζει να σχολιαστεί πως οι τιμές των μέσων διαστημάτων RR, σε όλες τις χρονικές στιγμές (μετρήσεις), τόσο πριν όσο και μετά στην συνθήκη συνεχόμενης αερόβιας άσκησης, παρουσιάζουν μία αύξηση μετά από κάθε συνεδρία, δηλώνοντας καλύτερη ικανότητα χαλάρωσης και κατά συνέπεια μεγαλύτερη ενεργοποίηση της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας.



Σχήμα 6 Διακύμανση των Μέσων RR διαστημάτων πριν και μετά για όλες τις συνθήκες και τα πρωτόκολλα μέτρησης

*: στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p<0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κοπώσεως

:στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p<0,05$) σε σχέση με την 3ΑΕ.2

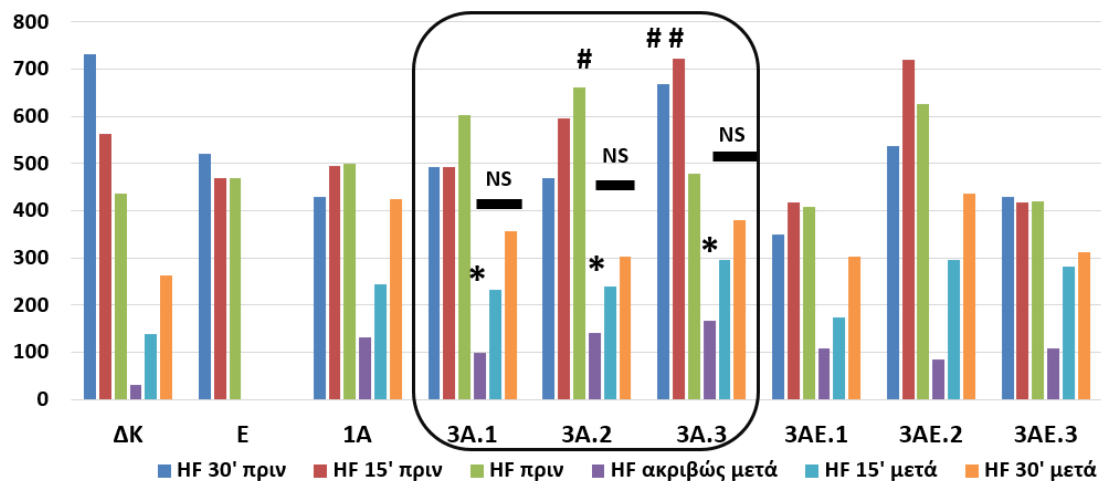
NS: μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p>0,05$) των συνθηκών 3Α.1,3Α.2.και 3Α.3 σε σχέση με τις χρονικές στιγμές "RR ακριβώς μετά", "RR 15' μετά" και "HF30' μετά"

Συνεχίζοντας στο σχήμα 7 αποτυπώνεται η συνιστώσα υψηλής συχνότητας (HF). Δίνοντας έμφαση στην συνθήκη των συνεχόμενων συνεδριών άσκησης προκύπτει ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p<0,05$), στη χρονική στιγμή "HF ακριβώς μετά", σε σχέση με τη ΔΚ. Παρατηρούμε αύξηση της HF, στις χρονικές στιγμές ακριβώς μετά την άσκηση, μεταξύ των 3 συνεχόμενων προπονήσεων. Η προοδευτικά άνοδος του εύρους συχνοτήτων δηλώνει την σταδιακή προσαρμογή στις απαιτήσεις της άσκησης, καθώς συνδέεται με καλύτερη ενεργοποίηση του παρασυμπαθητικού συστήματος και κατά συνέπεια καλύτερη ικανότητα αποσυμφόρησης (χαλάρωσης) του οργανισμού. Επιπλέον, υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p<0,05$) της συνθήκης



3A.2 στη χρονική στιγμή (μέτρηση) "HF ακριβώς πριν", και της συνθήκης 3A.3 στη μέτρηση "HF 30' πριν" και "HF 15' πριν", σε σχέση με την 3A.1. Αντίστοιχα οι υψηλές τιμές πριν την άσκηση υποδηλώνουν και εδώ καλύτερη παρασυμπαθητική δραστηριότητα με το πέρασμα των προπονητικών μονάδων, που έχουν διάστημα αποκατάστασης 24 ώρες μεταξύ τους. Τέλος, δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις ($p>0,05$) των 3 συνεχόμενων συνεδριών άσκησης σε σχέση με όλες τις χρονικές στιγμές που ακολουθούν μετά την άσκηση (ακριβώς μετά, 15' μετά & 30' μετά).

Συνιστώσα ΥΨΗΛΗΣ συχνότητας (HF)



Σχήμα 7 Διακύμανση των τιμών της συνιστώσας υψηλής συχνότητας πριν και μετά την άσκηση

*: στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p<0,05$) σε σχέση με την δοκιμασία κοπώσεως

:στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p<0,05$) σε σχέση με την 3A.1

NS: μη στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p>0,05$) των συνθηκών 3A.1,3A.2.και 3A.3 σε σχέση με τις χρονικές στιγμές "HF ακριβώς μετά", "HF 15' μετά" και "HF30' μετά"



V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να συγκρίνει αιμοδυναμικούς (ΚΣ, ΑΠ) και παραμέτρους της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας (Μεταβλ.ΚΣ) γυναικών με υποθυρεοειδισμό μετά από εφαρμογή τεσσάρων (4) διαφορετικών συνθηκών όπου οι τρεις (3) περιλάμβαναν πρωτόκολλα (συνθήκες) αερόβιας άσκησης, ενώ η μία (1) ήταν η συνθήκη ελέγχου. Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας επιβεβαιώθηκαν οι βασικές ερευνητικές υποθέσεις, ότι η άσκηση επηρεάζει αφενός τους αιμοδυναμικούς (καρδιακή συχνότητα, αρτηριακή πίεση) και αφετέρου τους αυτόνομους δείκτες (μέσα RR διαστήματα, συνιστώσα υψηλής συχνότητας - HF) καρδιακής λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ.

Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι η καρδιακή συχνότητα αυξάνεται με την έναρξη της άσκησης και ειδικότερα στις συνεχόμενες συνεδρίες άσκησης (συνθήκη 3Α). Πιο συγκεκριμένα υπάρχει μία σταδιακή αύξηση της συμπαθητικής δραστηριότητας και μία απόσυρση του παρασυμπαθητικού ελέγχου, αποδεικνύοντας την σημαντική επιβάρυνση που προκαλεί η συνεχόμενη εκτέλεση προπονητικών συνεδριών. Η επιβάρυνση αυτή είναι πιο έντονη όταν υπάρχει μικρότερος χρόνος αποκατάστασης (24 αντί για 48 ώρες) και ίσως οφείλεται στο γεγονός ότι οι συμμετέχουσες απείχαν από δομημένα συστηματικά εκτελούμενα προγράμματα άσκησης για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 1 χρόνο. Παρόλα αυτά, φάνηκε ότι οι 3 συνεδρίες είχαν μία σημαντική διαφορά. Η 3^η είχε χαμηλότερες τιμές από την 2^η υποδηλώνοντας πως υπήρχε καλύτερη προσαρμογή στην άσκηση καθώς και καλύτερη παρασυμπαθητική επικράτηση (Esco, Flatt & Williford, 2017; Jandackova, Scholes, Britton & Steptoe, 2016).

Με τη λήξη των συνεδριών παρατηρήθηκε σταδιακή πτώση των τιμών της καρδιακής συχνότητας (δίχως σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των ίδιων χρονικών στιγμών) σε όλες τις συνθήκες αερόβιας άσκησης. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται λόγω της προσπάθειας του αυτόνομου νευρικού συστήματος για αποκατάσταση της αυτόνομης ισορροπίας, με άμεση επιστροφή της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας και μείωση της συμπαθητικής ώστε να επανέλθει ο καρδιακός ρυθμός στις αρχικές του τιμές (Iellamo et al., 2002; Imai et al., 1994).



Η συστολική αρτηριακή πίεση (ΣΑΠ) σημείωσε έντονες μεταβολές ($p < 0,05$) μετά την άσκηση, με τις συνεχόμενες συνεδρίες άσκησης να ξεχωρίζουν για άλλη μία φορά. Η σταδιακή πτώση της ΣΑΠ σε αυτές τις συνεδρίες συνδέεται με καλύτερες προσαρμογές κατά την εκτέλεση της αερόβιας άσκησης. Στην έρευνα των Alansare και συν. (2018) παρατηρήθηκαν παρόμοιες βελτιώσεις της ΣΑΠ μετά από συμμετοχή σε παρέμβαση 8 συνεδριών μέτριας έντασης άσκησης, σε εργοποδήλατο, σε διάστημα 2 εβδομάδων. Διαφοροποίηση μεταξύ των ερευνών αποτέλεσε το μέσο άσκησης (εργοδιάδρομος/εργοποδήλατο), η ένταση (75% HR peak, 65-75% HRpeak) όπως και το φύλο. Ωστόσο η χρήση εργοδιαδρόμου αποτελεί πιο ασφαλές και αποτελεσματικό μέσο εξάσκησης για άτομα υψηλού κινδύνου (Esco, Flatt & Williford, 2017).

Ως προς την διαστολική αρτηριακή πίεση, σύμφωνα με τον Klein (1990) ο υποθυρεοειδισμός συνοδεύεται από διαστολική υπέρταση. Αυτό ίσως να εξηγεί τις έντονες διακυμάνσεις (απρόβλεπτες) τόσο πριν όσο και μετά την άσκηση, καθώς επίσης και τη διαφορά στην ομαλότητα όπως και την προσαρμογή της στην άσκηση συγκριτικά με την συστολική αρτηριακή πίεση.

Σχετικά με τη μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας και την εφαρμογή πρωτοκόλλων αερόβιας άσκησης οι δημοσιευμένες έρευνες, ιδιαίτερα για τις γυναίκες είναι ελλιπής, έχουν επικεντρωθεί κυρίως στις επιδράσεις της άσκησης υψηλών εντάσεων και χαμηλής διάρκειας (Gifford, Boos, Reynolds & Woods, 2018). Ακόμη, έχει βρεθεί ότι η ένταση της άσκησης είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την HRV, αφού όσο αυξάνεται η ένταση τόσο αυτή μειώνεται (Michael, Graham & Davis, 2017). Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη από τους Brockmann και Hunt (2023), οι περισσότερες τιμές της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας, μετά από 2 δοκιμασίες τρεξίματος (μεσολάβηση 48 ωρών) σε εργοδιάδρομο με διαφορετική ένταση (χαμηλή και υψηλή) φάνηκε να μειώνονται τόσο κατά τη διάρκεια της άσκησης (35') όσο και με την αυξανόμενη ένταση. Ιδιαίτερο εύρημα όμως αποτέλεσε το γεγονός ότι οι μειώσεις που σχετίστηκαν με την ένταση της άσκησης ήταν μεγαλύτερης σημαντικότητας σε σύγκριση με εκείνη της διάρκειας.



Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, δίνουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την διάρκεια, την ένταση και τη συχνότητα της άσκησης σε γυναίκες με υποθυρεοειδισμό. Η παρατεταμένη άσκηση (60 λεπτά) στο 75% HR_{peak} σε εργοδιάδρομο με μεσολάβηση 24 ωρών ανά συνεδρία είχε τις καλύτερες προσαρμογές, καθώς οι τιμές των μέσων RR διαστημάτων και της συνιστώσας υψηλής συχνότητας είχαν προοδευτικά τις υψηλότερες τιμές πριν την άσκηση, ανά συνεδρία, ενώ είχαν μία προοδευτική αύξηση, ανά συνεδρία ακριβώς μετά την άσκηση ως δείκτη παρασυμπαθητικής ενεργοποίησης. Ο μικρότερος χρόνος αποκατάστασης/ανάληψης ίσως έχει μεγαλύτερα οφέλη για την αυτόνομη λειτουργία της καρδιάς καθώς οδηγεί σε καλύτερη παρασυμπαθητική ενεργοποίηση. Επιπλέον, οι γυναίκες χαρακτηρίζονται από ένα πλεονέκτημα όσον αφορά την ανάληψη μετά από έντονη προπόνηση εξαιτίας της χαμηλής συμπαθητικής δραστηριότητας (Gifford, Boos, Reynolds & Woods, 2018).

Σε μετα-ανάλυση που πραγματοποιήθηκε το 2023 βρέθηκε ότι η άσκηση δεν έχει σημαντική επίδραση στη λειτουργία του θυρεοειδούς, ωστόσο μπορεί να οδηγήσει σε θετικά αποτελέσματα σχετικά με τη σωματική και ψυχική υγεία (Duñabeitia, González-Devesa, Varela-Martínez, Diz-Gómez & Ayán-Pérez, 2023). Ως προς τη σωματική υγεία διαπιστώθηκαν αξιοσημείωτα συμπεράσματα, καθώς με το πέρασμα των συνεδριών οι συμμετέχουσες “κατάφερναν” με μεγαλύτερη ευκολία την επιθυμητή ένταση και κατά συνέπεια έπρεπε να αυξάνουν περισσότερο είτε την ταχύτητα βάδισης ή την κλίση του εργοδιαδρόμου. Συμπερασματικά, το δείγμα είχε καλύτερες προσαρμογές στην άσκηση γεγονός που πιθανά οφείλεται στο ότι ήταν τελείως αγύμναστες.

Παράγοντας ο οποίος αποτέλεσε περιορισμό στην έρευνά μας ήταν η χρονική διάρκεια της ημερήσιας παρέμβασης, η οποία διαρκούσε συνολικά 2 ώρες. Σύμφωνα με τους Alansare, Alford, Lee, Church & Jung (2018) η έλλειψη χρόνου είναι αυτό που οδηγεί τους ενήλικες στην φυσική αδράνεια. Επιπλέον, γυναίκες με υποκλινικό υποθυρεοειδισμό έχουν μεγαλύτερα επίπεδα υποκινηκότητας (έλλειψη άσκησης) συγκριτικά με υγιείς γυναίκες, τονίζοντας την ανάγκη για συμμετοχή σε προγράμματα άσκησης (Tanriverdi et al., 2019). Είναι σημαντικό λοιπόν, να εφαρμόζονται τροποποιημένα πρωτόκολλα ή εναλλακτικά προγράμματα άσκησης τα οποία θα στοχεύουν στην παρότρυνση των



ασκούμενων για δια βίου συμμετοχή λαμβάνοντας υπόψη τον παράγοντα «ελεύθερος χρόνος» εκτός της βελτίωσης της καρδιαγγειακής υγείας (Alansare, Alford, Lee, Church & Jung, 2018).

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η αερόβια άσκηση και ιδιαίτερα η αερόβια άσκηση με διάστημα αποκατάστασης 24 ωρών αποτελεί ένα ισχυρό μέσο καρδιαγγειακής υγείας. Επίσης, ο έλεγχος και η καταγραφή της μεταβλητότητας της καρδιακής συχνότητας αποτελεί σημαντικό εργαλείο σε γυναίκες με υποθυρεοειδισμό καθώς ο υποθυρεοειδισμός μπορεί να προκαλέσει έντονες δυσλειτουργίες στην αυτόνομη λειτουργία της καρδιάς (Celik et al., 2011).



VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης προκύπτει ότι η αερόβια άσκηση διάρκειας 60' γυναικών με διαταραχές του θυρεοειδούς αδένος έχει θετική επίδραση στους αιμοδυναμικούς και αυτόνομους δείκτες καρδιακής λειτουργίας.

Συγκεκριμένα από την παρούσα έρευνα προκύπτει ότι:

- Οι συνεδρίες συνεχόμενης αερόβιας άσκησης απαιτούν υψηλότερες καρδιαγγειακές απαιτήσεις αλλά προσφέρουν καλύτερο έλεγχο αιμοδυναμικών παραγόντων.
- Η συστολική αρτηριακή πίεση φαίνεται να έχει καλή ικανότητα επαναφοράς (υποτασικό φαινόμενο) σε πιο φυσιολογικά επίπεδα, ιδιαίτερα στην συνθήκη των συνεχόμενων παρεμβάσεων.
- Η μεταβλητότητα της καρδιακής συχνότητας έχει τις καλύτερες προσαρμογές μετά από τις συνεδρίες συνεχόμενης αερόβιας άσκησης, λόγω της μεγαλύτερης παρασυμπαθητικής ενεργοποίησης.
- Η διάρκεια αποκατάστασης (μεσοδιάστημα μεταξύ δύο συνεδριών άσκησης) διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο, αφού οι 24 ώρες είχαν καλύτερες προσαρμογές από ότι οι 48 ώρες.
- Η ένταση της άσκησης (75% HR_{peak}) και η χρήση του εργοδιάδρομου ως μέσο άσκησης έχουν θετικές επιδράσεις στην υγεία των γυναικών με υποθυρεοειδισμό.

Συμπερασματικά, η αερόβια άσκηση και συγκεκριμένα τα πρωτόκολλα που εφαρμόζουν συνεχόμενες συνεδρίες αερόβιας άσκησης με διάστημα μεσολάβησης 24 ωρών δύναται να αποτελούν εργαλείο βελτίωσης των δεικτών της καρδιαγγειακής και αυτόνομης λειτουργίας σε γυναίκες με διαταραχές του ΘΑ. Η υιοθέτηση ενός περισσότερο δραστήριου τρόπου ζωής μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη ανταπόκριση του κεντρικού νευρικού συστήματος καθώς και στην καλύτερη μετα-ασκησιακή διαχείριση των απαιτήσεων που προκύπτουν από την άσκηση.



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.
- Μελέτη με πρωτόκολλα άσκησης μεγαλύτερης έντασης και χαμηλότερης διάρκειας ανά συνεδρία.
- Εφαρμογή πρωτόκολλου διαλειμματικής άσκησης.
- Εφαρμογή πρωτόκολλου άσκησης με αντιστάσεις που εστιάζει στην αύξηση της γενικής δύναμης ή στη βελτίωση της αντοχής στη δύναμη.
- Μελέτη που ο πειραματικός σχεδιασμός στοχεύει στην προοδευτική αύξηση της επιβάρυνσης/έντασης κατά την άσκηση.
- Μελέτη κατά την οποία διαφοροποιείται ο χρόνος αποκατάστασης μεταξύ των συνθηκών (πχ. ανά 12 ώρες, ανά 36 ή 72 ώρες).



VII. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alansare A., Alford K., Lee S., Church T., & Jung H.C. (2018). The Effects of High-Intensity Interval Training vs. Moderate-Intensity Continuous Training on Heart Rate Variability in Physically Inactive Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7),1508. DOI: 10.3390/ijerph15071508. PMID: 30018242.
- American Heart Association (2024). All About Heart Rate. <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure/the-facts-about-high-blood-pressure/all-about-heart-rate-pulse>
- American Thyroid Association (2017). Hypothyroidism. https://www.thyroid.org/wp-content/uploads/patients/brochures/Hypo_brochure.pdf
- American Thyroid Association (2019). Thyroid Function Tests. https://www.thyroid.org/wp-content/uploads/patients/brochures/FunctionTests_brochure.pdf
- Arem R., Rokey R., Kiefe C., Escalante L. & Rodriguez M. (1996). Cardiac systolic and diastolic function at rest and exercise in subclinical hypothyroidism: Effect of thyroid hormone therapy. *National Library of Medicine* 6(5),397-402. doi: 10.1089/thy.1996.6.397. PMID: 8936662.
- Bechke E., Kliszczewicz B., McLester C., Tillman M., Esco M. & Lopez R. (2020). An examination of single day vs. multi-day heart rate variability and its relationship to heart rate recovery following maximal aerobic exercise in females. *Scientific Reports*. 10,14760. doi: 10.1038/s41598-020-71747-8. PMID: [32901083](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32901083/).
- Biondi B. & Klein I. (2004). Hypothyroidism as a risk factor for cardiovascular disease. *Endocrin.*, 24(1),1-13. doi: 10.1385/ENDO:24:1:001. PMID: 15249698.
- Bogdan C., Ivan V. M., Apostol A., Sandu O. E., Maralescu F-M., Lighezan D. F. (2024). Hypothyroidism and Heart Rate Variability: Implications for Cardiac Autonomic Regulation. *MDPI Open Access Journals*, 14(12), 1261; <https://doi.org/10.3390/diagnostics14121261>
- Brockmann L., Hunt K. J. (2023) Heart rate variability changes with respect to time and exercise intensity during heart-rate-controlled steady-state treadmill running. *Scientific Reports*. 13(1):8515. doi: 10.1038/s41598-023-35717-0.



- Brusseau V., Tauveron I., Bagheri R., Ugbolue U.C., Magnon V., Navel V., J-B. & Dutheil F. (2022). Heart rate variability in hypothyroid patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 17(6): e0269277. doi: 10.1371/journal.pone.0269277. PMID: 35657799.
- Bull F. C., Al-Ansari S. S., Biddle S., Borodulin K., Buman M. P., Cardon G., Carty C., Chaput J-P., Chastin S., Chou R, Dempsey P. C., DiPietro L., Ekelund U., Firth J., Friedenreich C. M, Garcia L., Gichu M., Jago R, Katzmarzyk P. T., Lambert E., Leitzmann M., Milton K., Ortega F. B., Ranasinghe C., Stamatakis E., Tiedemann A., Troiano R. P., van der Ploeg H. P., Wari V. & Willumsen J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24),1451-1462. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102955.
- Caspersen C. J., Powell K. E. & Christenson G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2),126-31. PMID: 3920711.
- Celik A., Aytan P., Dursun H., Koc F., Ozbek K., Sagcan M., Kadi H., Ceyhan K., Onalan O. & Onrat E. (2011). Heart rate variability and heart rate turbulence in hypothyroidism before and after treatment. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 16(4),344-50. doi: 10.1111/j.1542-474X.2011.00461.x. PMID: 22008489.
- Cleveland Clinic (2021). Heart Rate Variability (HRV). <https://my.clevelandclinic.org/health/symptoms/21773-heart-rate-variability-hrv>
- Cleveland Clinic (2022). Parasympathetic Nervous System (PSNS). <https://my.clevelandclinic.org/health/body/23266-parasympathetic-nervous-system-psns>
- Cleveland Clinic (2022). Sympathetic Nervous System (SNS). <https://my.clevelandclinic.org/health/body/23262-sympathetic-nervous-system-sns-fight-or-flight>
- Dueñas O. H. R., Koolhaas C, Voortman T., Franco O. H., Arfan Ikram M., Peeters R. P. & Chaker L. (2021). Thyroid Function and Physical Activity: A Population-Based Cohort Study. *Thyroid Official Journal of the American Thyroid Association*, 31(6),870-875. doi: 10.1089/thy.2020.0517.
- Duñabeitia I., González-Devesa D., Varela-Martíne S., Diz-Gómez J. C., Ayán-Pérez C. (2023). Effect of physical exercise in people with hypothyroidism: systematic review and



- meta-analysis. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 83(8):523-532. doi: 10.1080/00365513.2023.2286651.
- Edmonds R., Egan-Shuttler J., Ives S., J. (2020). Heart Rate Variability Responses to a Training Cycle in Female Youth Rowers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(22):8391. doi: 10.3390/ijerph17228391.
- El Agaty S., Kirmani A. & Labban E. (2017) Heart rate variability analysis during immediate recovery from exercise in overweight/obese healthy young adult females. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 22(3), e12427. doi: 10.1111/anec.12427. PMID: 28012220
- Earnest C. P., Blair S. N. & Church T. S. (2012). Heart Rate Variability and Exercise in Aging Women. *Journal of Women's Health*, 21(3), 334-9. doi: 10.1089/jwh.2011.2932. PMID: 21967166
- Esco M. R., Flatt A. A. & Williford H. N. (2017). Postexercise heart rate variability following treadmill and cycle exercise: a comparison study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(3), 322-327. doi: 10.1111/cpf.12308.
- Fox S. I. (2013). Φυσιολογία του Ανθρώπου. Επιμέλεια Ελληνικής Έκδοσης: Μανδρούκας Κ. Ένατη έκδοση
- Gifford R. M., Boos C. J., Reynolds R. M. & Woods D. R., (2018). Recovery time and heart rate variability following extreme endurance exercise in healthy women. *Physiological Reports*, 6(21), e13905. doi: 10.14814/phy2.13905. PMID: 30381902
- Ha C-H. & So W-Y. (2012) Effects of Combined Exercise Training on Body Composition and Metabolic Syndrome Factors. *Iranian Journal of Public Health*, 41(8) ,20-6. PMID: 23113220.
- Hunt K. J. & Saengsuwan J. (2018). Changes in heart rate variability with respect to exercise intensity and time during treadmill running. *BioMedical Engineering OnLine*, 17(1), 128. doi: 10.1186/s12938-018-0561-x.
- Iellamo F., Legramante J. M., Pigozzi F., Spataro A., Norbiato G., Lucini D., Pagani M. (2002). Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation*. 105(23):2719-24. doi: 10.1161/01.cir.0000018124.01299.ae.
- Imai K., Sato H., Hori M., Kusuoka H., Ozaki H., Yokoyama H., Takeda H., Inoue M., Kamada T. (1994). Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in



athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 24(6):1529-35. doi: 10.1016/0735-1097(94)90150-3.

Jandackova V., Scholes S., Britton A. & Steptoe A. (2016). Are Changes in Heart Rate Variability in Middle-Aged and Older People Normative or Caused by Pathological Conditions? Findings From a Large Population-Based Longitudinal Cohort Study. *Journal of the American Heart Association*, 5(2), e002365. doi: 10.1161/JAHA.115.002365.

King M. (2024). What Is Heart Rate Variability? <https://www.webmd.com/heart/what-is-heart-rate-variability>

Klein I. (1990). Thyroid hormone and the cardiovascular system. *The American Journal of Medicine*. 88(6), 631-637.

Klein I. & Danzi S. (2016). Thyroid Disease and the Heart. *Current Problems in Cardiology*. 41(2), 65-92. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2015.04.002.

Koenig J. & Thayer J. F. (2016). Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 64,288-310. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.03.007. PMID: 26964804.

Leko M. B., Ivana Gunjača I., Pleić N. & TZemunik T. (2021). Environmental Factors Affecting Thyroid-Stimulating Hormone and Thyroid Hormone Levels. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(12), 6521. DOI: 10.3390/ijms22126521. PMID: 34204586.

Lillevang-Johansen M., Abrahamsen B., Jørgensen H. L., Brix T. H., Hegedüs L. (2019). Duration of Hyperthyroidism and Lack of Sufficient Treatment Are Associated with Increased Cardiovascular Risk. *Thyroid: Official Journal of The American Thyroid Association*. 332-340. doi: 10.1089/thy.2018.0320.

Masroor S., Bhati P., Verma S, Khan M.& Hussain M. E. (2018). Heart Rate Variability following Combined Aerobic and Resistance Training in Sedentary Hypertensive Women: A Randomised Control Trial. *Indian Heart Journal*. S28-S35. doi: 10.1016/j.ihj.2018.03.005.

Michael S., Graham K. S., Oam G. M. D. (2017). Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals-A Review. *Frontiers in Physiology*. 8:301. doi: 10.3389/fphys.2017.00301. eCollection 2017.



- Mulder J. E. (1998). Thyroid disease in women. *Medical Clinics of North America*, 82(1),103-25. [https://doi.org/10.1016/S0025-7125\(05\)70596-4](https://doi.org/10.1016/S0025-7125(05)70596-4)
- Navarro-Lomas, Dote-Montero M., Alcantara J. M. A., Plaza-Florido A., Castillo M. J. & Amaro-Gahete F. J. (2022). Different exercise training modalities similarly improve heart rate variability in sedentary middle-aged adults: the FIT-AGEING randomized controlled trial. *European Journal of Applied Physiology*, 122(8), 1863-1874. doi: 10.1007/s00421-022-04957-9.
- Office on Women’s Health. (2024). Thyroid disease. <https://womenshealth.gov/a-z-topics/thyroid-disease>
- Tanriverdi A., Kahraman B. O., Ozsoy I., Bayraktar F., Saydam B. O., S Acar 2, Ozpelit E., Akdeniz B. & Savci S. (2019). Physical activity in women with subclinical hypothyroidism. *Journal of Endocrinological Investigation*, 42(7),779-785. doi: 10.1007/s40618-018-0981-2.
- Τσιπούρας Μ, Γιαννακέας Ν, Καρβούνης Ε., Τζάλλας Α. (2015). Ιατρική Πληροφορική. Κεφάλαιο 8. 237-277.
- Thayer J. F., Ahs F., Fredrikson M., Sollers J. J.& Wager T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience & Biobehavioral Review*,. 36(2), 747-56. doi: 10.1016/j.neubiorev.2011.11.009. PMID: 22178086.
- Udovic M, Pena R. H., Patham B., Tabatabai L., Kansara A. (2017). Hypothyroidism and the Heart. *Methodist DeBakey Cardiovascular Journal*, 13(2), 55–59. doi: 10.14797/mdcj-13-2-55.
- World Health Organization (2024). Physical activity. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
- Zúñiga D., Balasubramanian S., Mehmood K T., Al-Baldawi S. & Salazar G. Z. (2024). Hypothyroidism and Cardiovascular Disease: A Review. *The Cureus Journal of Medical Science*, 16(1), e52512. doi: 10.7759/cureus.52512. PMID: 38370998.